



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0048280
(51)^{2014.01} **B23K 26/067**; B23K 26/70; B23K 26/382; B23K 26/082; B23K 26/36 (13) **B**

-
- (21) 1-2018-00522 (22) 08/09/2016
(86) PCT/US2016/050804 08/09/2016 (87) WO 2017/044646 16/03/2017
(30) 62/216,102 09/09/2015 US; 62/241,624 14/10/2015 US; 62/271,446 28/12/2015 US;
62/294,991 12/02/2016 US; 62/366,984 26/07/2016 US
(45) 25/07/2025 448 (43) 25/06/2018 363A
(73) ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC. (US)
13900 NW Science Park Drive, Portland, OR 97229, United States of America
(72) UNRATH, Mark (US); YANG, Chuan (CN); KLEINERT, Jan (DE); PEEPLES,
Mark (US); OWENS, Hugh (US); BYRNE, Gwendolyn (US); ZHANG, Haibin
(CA); REDD, Justin (US); NEUFELD, Corie (US); BROOKHYSER, James (US);
OSAKO, Yasu (JP); ALPAY, Mehmet (US); LIN, Zhibin (CN); REICHEL, Patrick
(US); NUCKOLLS, Tim (US); MATSUMOTO, Hisashi (JP); RYDER, Chris (US).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)
-

(54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XỬ LÝ VẬT GIA CÔNG

(21) 1-2018-00522

(57) Sáng chế đề xuất giải pháp để có thể cải thiện thiết bị và các kỹ thuật xử lý các vật gia công bằng laze, và các chức năng mới có thể được tạo ra. Một số phương án đề cập đến quy trình xử lý các vật gia công theo cách mà độ chính xác, năng suất, v.v., được tăng cường. Các phương án khác thì đề cập đến phép đo độ cao Z trong thời gian thực, và khi phù hợp, thì bù cho các độ lệch nhất định về độ cao Z. Các phương án khác nữa thì đề cập đến hoạt động điều chế các mẫu quét, các đặc tính chùm, v.v., để tạo thuận lợi cho việc tạo ra kết cấu đặc trưng, tránh sự tích lũy nhiệt ngoài ý muốn, hoặc tăng cường năng suất xử lý. Nhiều phương án và những cơ cấu khác cũng được mô tả chi tiết. Sáng chế cũng đề xuất phương pháp để tạo ra lỗ via ở vật gia công, phương pháp để tạo ra kết cấu đặc trưng ở vật gia công, phương pháp và thiết bị để xử lý vật gia công, cơ cấu quang học và thiết bị âm-quang.

100

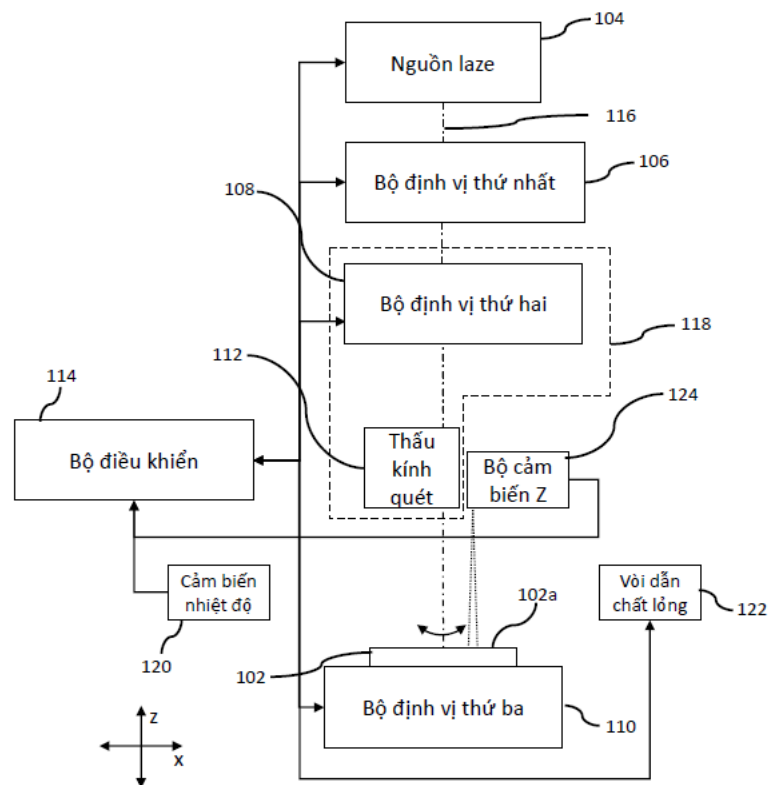


Fig.1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến thiết bị xử lý laze và phương pháp xử lý các vật gia công bằng laze.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Sự bào mòn vật liệu bằng các nguồn sáng dạng xung đã được nghiên cứu kể từ khi phát minh ra laze. Các báo cáo năm 1982 về các polyme được ăn mòn bằng bức xạ laze excimer cực tím (UltraViolet - UV) đã kích thích các nghiên cứu rộng rãi về tiến trình vi cơ. Kể từ đó, sự nghiên cứu khoa học và công nghiệp trong lĩnh vực này đã tăng mạnh - chủ yếu với thành quả là việc các kết cấu đặc trưng tương đối nhỏ có thể được khoan, được phay, được đánh dấu, và được sao chép nhờ việc sử dụng laze. Nhiều ứng dụng tiềm năng khác nhau của laze trong các ngành công nghiệp sản xuất công nghệ cao đã và sẽ tiếp tục được phát triển và được thực hiện. Ví dụ, laze là công cụ hữu ích để phay hoặc khoan lỗ, tạo rãnh, v.v., và tạo ra các kết cấu đặc trưng khác trên nhiều loại vật liệu. Sự kết hợp của độ phân giải cao, độ chính xác cao, tốc độ cao, và độ linh hoạt cao đã giúp cho kỹ thuật xử lý laze được chấp nhận trong nhiều ngành công nghiệp, bao gồm ngành sản xuất các vật gia công chẳng hạn như mạch tích hợp, ổ đĩa cứng, thiết bị in ấn, thiết bị hiển thị, thiết bị liên lạc, v.v.. Tuy nhiên, xu thế trong nhiều ngành công nghiệp có xu hướng là yêu cầu tạo ra nhiều kết cấu đặc trưng hơn, tạo ra các kết cấu đặc trưng nhỏ hơn, tạo ra các kết cấu đặc trưng với mật độ cao hơn, v.v., từ đó đạt tới các giới hạn của các công nghệ xử lý bằng laze hiện có để xử lý các vật gia công với mức độ chấp nhận được về độ chính xác, chất lượng, năng suất và độ linh hoạt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một phương án, sáng chế đề xuất phương pháp tạo lỗ via trên vật gia công, phương pháp này bao gồm bước quét mảnh trục chùm (mà theo đó các xung laze có thể được hướng lên vật gia công) so với vật gia công, và phân phối các xung laze đến vật gia công này tại các vị trí điểm.

Theo phương án khác, sáng chế đề xuất phương pháp tạo lỗ via trên vật gia công, phương pháp này bao gồm bước di chuyển trục chùm so với vật gia công nhờ sử dụng bộ định vị mà bao gồm AOD (Acousto-Optic Deflector - bộ làm lệch âm-quang) trong lúc hướng các xung laze theo đường đi của chùm mà tạo thành trục chùm, để tạo ra lỗ via có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng khoảng quét của AOD này.

Theo phương án khác, sáng chế đề xuất phương pháp tạo kết cấu đặc trưng trên vật gia công, phương pháp này bao gồm bước di chuyển trục chùm so với vật gia công sao cho các nhóm xung laze được phân phối đến vật gia công theo các đường quét, và đối với mỗi đường quét, thì xung laze cuối cùng được phân phối đến vị trí gần ranh giới của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra hơn so với vị trí mà xung laze đầu tiên được phân phối vào đó.

Theo phương án khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp xử lý vật gia công, phương pháp này bao gồm bước di chuyển trục chùm so với vật gia công trong khoảng quét, trong đó kích thước của khoảng quét thứ nhất theo chiều thứ nhất là nhỏ hơn kích thước của khoảng quét thứ nhất theo chiều thứ hai.

Theo phương án khác nữa, sáng chế đề xuất thiết bị để xử lý vật gia công, nhờ sử dụng các chùm năng lượng laze, thiết bị này có thể bao gồm các đầu quét từ thứ nhất đến thứ tư; tầng thứ nhất được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển thứ nhất cho các đầu quét thứ nhất và thứ ba, và tầng thứ hai được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển thứ hai cho các đầu quét thứ nhất và thứ hai.

Theo phương án khác nữa, sáng chế đề xuất thiết bị mà có thể bao gồm các bộ phân phối để định hướng chùm năng lượng laze giữa các đường đi của chùm.

Theo phương án khác, sáng chế đề xuất cơ cấu quang học, để sử dụng trong thiết bị xử lý vật gia công bằng laze, cơ cấu này có thể bao gồm vỏ chứa có cổng vào quang và cổng ra quang, trong đó vỏ chứa này bao gồm ít nhất một cơ cấu chỉnh cân được tạo kết cấu để tạo thuận lợi cho việc đồng chỉnh quang đối với đường đi của chùm trong thiết bị này với ít nhất một cổng được chọn từ nhóm bao gồm cổng vào quang và cổng ra quang này. Cơ cấu quang học này có thể còn bao gồm ít nhất hai thành phần quang học được gắn trong vỏ chứa này và được đồng chỉnh quang với cổng vào quang và cổng ra quang này.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất thiết bị âm-quang (Acousto-Optic - AO), thiết bị này có thể bao gồm tế bào AO, bộ biến đổi siêu âm, bộ hấp thụ, và tấm làm mát tiếp xúc nhiệt với mặt của tế bào AO này mà kéo dài giữa bộ biến đổi siêu âm và bộ hấp thụ này. Các đặc tính truyền nhiệt của tấm làm mát này có thể biến thiên theo chiều kéo dài từ đầu ghép nối và đầu hấp thụ sao cho tấm làm mát này có thể: a) loại bỏ ít nhiệt hơn khỏi vùng tâm của tế bào AO mà nằm tương đối xa khỏi ít nhất một đầu được chọn từ nhóm bao gồm đầu ghép nối và đầu hấp thụ, và b) loại bỏ tương đối nhiều nhiệt hơn khỏi vùng chu vi của tế bào AO mà tương đối gần với ít nhất một đầu được chọn từ nhóm bao gồm đầu ghép nối và đầu hấp thụ.

Theo phương án khác, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm bước dẫn động hệ thống AOD để điều chế xung laze nhận được sao cho hệ số M^2 và/hoặc kiểu profin cường độ trong không gian của xung laze đã được điều chế là khác với kiểu profin cường độ trong không gian của xung laze nhận được.

Theo phương án khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm bước tạo ra các xung laze có bước sóng nằm trong khoảng từ 9 μm đến 11 μm và làm lệch đường đi của chùm mà theo đó các xung này lan truyền, nhờ sử dụng bộ làm lệch âm-quang (Acousto-Optic Deflector - AOD) mà bao gồm tế bào AO có chứa nguyên tố gecmani.

Theo phương án khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp tạo kết cấu đặc trưng trên vật gia công mà bao gồm kết cấu dẫn điện (electrical conductor structure) được sắp xếp tiếp xúc nhiệt với kết cấu điện môi, phương pháp này có thể bao gồm bước gián tiếp bào mòn kết cấu dẫn điện này nhờ sử dụng các xung laze có bước sóng nhỏ hơn 1 μm . Phương pháp khác để tạo kết cấu đặc trưng trên vật gia công cũng có thể bao gồm bước làm lệch chùm xung laze để chiếu vào các vị trí điểm và gián tiếp bào mòn lớp vật liệu.

Theo phương án khác nữa, sáng chế đề xuất phương pháp xử lý vật gia công, phương pháp này có thể bao gồm bước phân phối chùm năng lượng laze thứ nhất và chùm năng lượng laze thứ hai theo trục chùm chung để bào mòn vật gia công, trong đó chùm năng lượng laze thứ nhất có bước sóng mà ít nhất một phần của vật gia công là trong suốt đối với bước sóng đó, và được đặc trưng bởi các xung laze có độ rộng xung thứ nhất đủ ngắn để gây ra sự hấp thụ phi tuyến đối với ánh sáng ở phần này của

vật gia công, và trong đó thời điểm mà tại đó các xung laze trong chùm năng lượng laze thứ nhất được tạo ra là độc lập với hoạt động tạo ra chùm năng lượng laze thứ hai.

Như có thể thấy, sáng chế xác định một lượng lớn vấn đề (ví dụ, liên quan đến độ chính xác, chất lượng, năng suất, v.v., mà khó khắc phục được với thiết bị xử lý laze thông thường hoặc các kỹ thuật xử lý laze thông thường), và nêu chi tiết nhiều phương án, nhiều ví dụ, nhiều cách thức thực hiện, nhiều cách kết hợp, v.v., mà khắc phục được các vấn đề đó, để tạo ra các khả năng mới hoặc cải thiện các khả năng, v.v..

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ thiết bị để xử lý vật gia công, theo một phương án.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ bộ định vị thứ hai của thiết bị được thể hiện trên Fig.1, theo một phương án.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện sơ đồ các khoảng quét thứ hai của bộ định vị thứ hai được thể hiện trên Fig.2, theo một số phương án.

Các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6 là các hình vẽ thể hiện sơ đồ mối quan hệ trong không gian giữa khoảng cảm biến và khoảng quét thứ hai, theo một số phương án.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ thiết bị đa đầu để xử lý vật gia công, theo một phương án.

Fig.8 và Fig.9 là các hình vẽ thể hiện sơ đồ hình chiếu bằng và hình chiếu cạnh của hệ thống xử lý vật gia công, để sử dụng với thiết bị chẳng hạn như các thiết bị được thể hiện trên Fig.1 và Fig.7, theo một phương án.

Fig.10 là hình vẽ thể hiện lưu đồ quy trình liên quan đến thiết bị đa đầu được thể hiện trên Fig.7, theo một phương án.

Các hình vẽ từ Fig.11 đến Fig.24 là các hình vẽ thể hiện sơ đồ các kỹ thuật để quét khoảng cảm biến và khoảng quét thứ hai, theo một số phương án.

Các hình vẽ từ Fig.25 đến Fig.28 là các hình vẽ thể hiện sơ đồ các kỹ thuật để quét điểm xử lý, theo một số phương án.

Fig.29, Fig.29A và Fig.29B là các hình vẽ thể hiện sơ đồ kỹ thuật quét để tạo điều kiện thuận lợi cho việc loại bỏ vật liệu không đẳng hướng, theo một phương án. Cụ thể là, Fig.29 là hình vẽ thể hiện mẫu quét được chồng lên hình chiếu bằng của vật

gia công cần xử lý. Fig.29A và Fig.29B là các hình vẽ thể hiện sơ đồ các mặt cắt của kết cấu đặc trưng được tạo ra nhờ sử dụng mẫu quét được thể hiện trên Fig.29, lần lượt cắt theo các đường XXIXA-XXIXA và XXIXB-XXIXB’.

Các hình vẽ từ Fig.30 đến Fig.32 là các hình vẽ thể hiện sơ đồ thiết bị đa nguồn, theo một số phương án.

Fig.33 là hình vẽ thể hiện sơ đồ cách thức kết hợp các chùm năng lượng laze ở thiết bị đa nguồn, theo một phương án.

Các hình vẽ từ Fig.34 đến Fig.37 là các hình vẽ thể hiện sơ đồ các kỹ thuật để quản lý các phụ tải nhiệt trong tế bào AO, theo một số phương án.

Fig.38 là hình vẽ thể hiện sơ đồ hệ thống loại bỏ phụ phẩm, theo một phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ví dụ sẽ được mô tả ở đây dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trừ khi được nêu rõ khác đi, trên các hình vẽ, thì các kích thước, vị trí, v.v., của các thành phần, các kết cấu đặc trưng, các phần tử, v.v., cũng như các khoảng cách bất kỳ giữa chúng, là không nhất thiết phải đúng tỷ lệ, mà được phóng to cho rõ. Các số chỉ dẫn giống nhau được dùng để chỉ các phần tử giống nhau trên khắp các hình vẽ. Do đó, các số chỉ dẫn giống nhau hoặc tương tự nhau có thể được mô tả dựa vào các hình vẽ khác, ngay cả khi chúng không được đề cập cũng không được mô tả trên hình vẽ tương ứng. Ngoài ra, ngay cả các phần tử mà không được biểu thị bằng các số chỉ dẫn cũng có thể được mô tả dựa vào các hình vẽ khác.

Các thuật ngữ được sử dụng ở đây chỉ để nhằm mục đích mô tả các phương án ví dụ cụ thể chứ không nhằm mục đích giới hạn. Nếu không được nói khác đi, thì tất cả các thuật ngữ (bao gồm các thuật ngữ kỹ thuật và các thuật ngữ khoa học) được sử dụng ở đây cũng có ý nghĩa như vẫn thường được người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực hiểu. Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thì các từ ngữ chỉ dạng số ít, chẳng hạn “một”, cũng được dự tính là bao gồm cả dạng số nhiều, trừ khi ngữ cảnh nêu rõ khác đi. Cần hiểu rằng các từ ngữ như “bao gồm” và/hoặc “gồm có”, như được sử dụng trong bản mô tả này, là xác định sự hiện diện của các dấu hiệu, các số nguyên, các bước, các hoạt động, các phần tử, và/hoặc các thành phần được nêu, nhưng không

loại trừ sự hiện diện hoặc sự bổ sung thêm của một hoặc nhiều dấu hiệu, số nguyên, bước, hoạt động, phần tử, thành phần khác, và/hoặc các nhóm của chúng. Nếu không được nói khác đi, thì khoảng giá trị được nêu bao gồm cả giới hạn trên lẫn giới hạn dưới của khoảng đó, cũng như các khoảng con bất kỳ giữa chúng. Nếu không được nói khác đi, thì các từ ngữ chẳng hạn như “thứ nhất”, “thứ hai,” v.v., là chỉ được dùng để phân biệt phần tử này với phần tử khác. Ví dụ, một nút có thể được gọi bằng thuật ngữ là “nút thứ nhất”, và tương tự, nút khác có thể được gọi bằng thuật ngữ là “nút thứ hai”, hoặc ngược lại.

Nếu không được nói khác đi, thì các từ ngữ như “khoảng” “khoảng đó,” v.v., có nghĩa là các lượng, kích thước, công thức, thông số, và các đại lượng và các đặc tính khác, là không chính xác và không nhất thiết phải chính xác, mà có thể là gần đúng và/hoặc lớn hơn hoặc nhỏ hơn, theo ý muốn, để phản ánh các dung sai, các hệ số chuyển đổi, việc làm tròn, sai số đo, v.v., và các hệ số khác mà người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực đã biết. Các từ ngữ tương đối về mặt không gian, chẳng hạn “bên dưới”, “dưới”, “phía dưới”, “bên trên”, và “phía trên”, v.v., là có thể được sử dụng ở đây để tiện cho việc mô tả mối quan hệ của phần tử hoặc dấu hiệu này với phần tử hoặc dấu hiệu khác, như được thể hiện trên các hình vẽ. Cần hiểu rằng các từ ngữ tương đối về mặt không gian này là nhằm bao trùm những sự định hướng khác ngoài sự định hướng được thể hiện trên các hình vẽ. Ví dụ, nếu một vật thể trên các hình vẽ được lộn ngược, thì các phần tử mà được mô tả là “bên dưới” hoặc “dưới” các phần tử hoặc các cơ cấu khác sẽ được định hướng là “bên trên” các phần tử hoặc các cơ cấu đó. Do đó, từ ngữ ví dụ “dưới” có thể chứa cả sự định hướng bên trên lẫn sự định hướng bên dưới. Một vật thể có thể được định hướng theo cách khác (ví dụ, được xoay 90 độ hoặc có sự định hướng khác) và các dấu hiệu mô tả tương đối về mặt không gian mà được sử dụng ở đây có thể được hiểu theo đó.

Các phần đề mục được sử dụng ở đây là chỉ nhằm mục đích tổ chức sắp xếp, và nếu không được nêu rõ khác đi, thì không được hiểu là giới hạn đối tượng được mô tả. Cần hiểu rằng có thể có nhiều dạng, phương án và tổ hợp khác nhau mà không nằm ngoài các nguyên lý của sáng chế, do đó, sáng chế không bị giới hạn ở các phương án ví dụ được nêu ở đây. Thay vào đó, các ví dụ và các phương án này được mô tả để

sáng chế trở nên thông suốt và hoàn chỉnh, và chuyển tải phạm vi của sáng chế đến những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực.

I. Khái quát

Các phương án được mô tả ở đây đề cập chung đến các phương pháp và các thiết bị để xử lý bằng laze (hoặc nói theo cách đơn giản hơn, là “xử lý”) vật gia công. Nói chung là quy trình xử lý này được thực hiện, hoàn toàn hoặc một phần, bằng cách chiếu bức xạ laze vào vật gia công, để gia nhiệt, làm nóng chảy, làm bay hơi, bào mòn, làm nứt, làm bay màu, đánh bóng, làm nhám, cacbon hoá, tạo bọt, hoặc làm thay đổi một hoặc nhiều thuộc tính hoặc đặc tính của một hoặc nhiều vật liệu mà vật gia công được tạo ra từ đó (ví dụ, xét về mặt thành phần hoá học, thì là cấu trúc nguyên tử, cấu trúc ion, cấu trúc phân tử, cấu trúc điện tử, vi cấu trúc, cấu trúc nano, mật độ, độ nhót, chỉ số khúc xạ, độ từ thẩm, hằng số điện môi, kết cấu, màu sắc, độ cứng, khả năng truyền bức xạ điện từ, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các yếu tố đó). Các vật liệu cần xử lý có thể có mặt ở bên ngoài vật gia công trước hoặc trong quá trình xử lý, hoặc có thể nằm hoàn toàn bên trong vật gia công (tức không có mặt ở bên ngoài vật gia công) trước hoặc trong quá trình xử lý.

Các ví dụ cụ thể về quy trình mà có thể được thực hiện bằng thiết bị xử lý laze theo sáng chế bao gồm khoan lỗ via hoặc tạo lỗ khác, cắt, đục, hàn, vạch dấu, chạm trổ, đánh dấu (ví dụ, đánh dấu bề mặt, đánh dấu bề mặt ngầm, v.v.), truyền đạt thuận cảm ứng laze, làm sạch, làm mất màu, sửa chữa điểm ảnh sáng (ví dụ, làm tối bộ lọc màu, cải biến vật liệu OLED (Organic Light Emitting Diode - điốt phát sáng hữu cơ), v.v.), bóc lớp phủ, tạo hoa văn bề mặt (ví dụ, làm nhám, làm nhẵn, v.v.), hoặc tổ hợp bất kỳ của các hoạt động này. Do đó, một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng mà có thể được tạo ra trên hoặc trong vật gia công, nhờ quy trình xử lý đó, có thể bao gồm các phần mở, các khe, các lỗ via hoặc các lỗ khác, các rãnh, các đường vạch dấu, các khía, các vùng hốc, các vết dẫn, các mối tiếp xúc thuận trở, các mẫu cản, các dấu hiệu mà người hoặc máy đọc được (ví dụ, bao gồm một hoặc nhiều vùng ở trong hoặc trên vật gia công mà có một hoặc nhiều đặc tính phân biệt về mặt thị giác hoặc về mặt kết cấu), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Các kết cấu đặc trưng chẳng hạn như các phần mở, các khe, các lỗ via, các lỗ, v.v., có thể có hình dạng phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ

(ví dụ, hình tròn, hình elip, hình vuông, hình chữ nhật, hình tam giác, hình khuyên, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các hình này) khi nhìn trên hình chiếu bằng. Ngoài ra, các kết cấu đặc trưng chẳng hạn như các phần mở, các khe, các lỗ via, các lỗ, v.v., có thể kéo dài xuyên hoàn toàn qua vật gia công (ví dụ, để tạo thành cái được gọi là “các lỗ via xuyên”, “các lỗ xuyên” v.v.) hoặc chỉ xuyên một phần qua vật gia công (ví dụ, để tạo thành cái được gọi là “các lỗ via tịt”, “các lỗ tịt”, v.v.).

Các vật gia công mà có thể được xử lý có thể có đặc điểm chung là được tạo ra từ một hoặc nhiều kim loại, polyme, gốm, vật liệu composit, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng (ví dụ, dưới dạng hợp kim, hợp chất, hỗn hợp, dung dịch, dạng tổng hợp, v.v.). Các ví dụ cụ thể về các vật gia công mà có thể được xử lý bao gồm các tấm bảng mạch in (Printed Circuit Board - PCB) (ở đây còn được gọi là “các tấm PCB”), PCB, các mạch in dẻo (Flexible Printed Circuit - FPC), các mạch tích hợp (Integrated Circuit - IC), các gói IC (IC Package - ICP), các điốt phát sáng (Light-Emitting Diode - LED), các gói LED, các lát bán dẫn, các đế thiết bị điện tử hoặc quang học (ví dụ, các đế được làm từ Al_2O_3 , AlN , BeO , Cu , GaAS , GaN , Ge , InP , Si , SiO_2 , SiC , $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (trong đó $0,0001 < x < 0,9999$), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ hoặc hợp kim bất kỳ của chúng), các khung dẫn, các phôi khung dẫn, các vật phẩm được làm từ nhựa, thuỷ tinh chưa gia cường, thuỷ tinh gia cường bằng nhiệt, thuỷ tinh gia cường hoá học (ví dụ, bằng quy trình trao đổi ion), thạch anh, saphia, nhựa, silic, v.v., các thành phần của các thiết bị hiển thị điện tử (ví dụ, các đế có các TFT (Thin Film Transistor - tranzito màng mỏng), các bộ lọc màu, các mảng LED hữu cơ (OLED), các mảng LED chấm lượng tử, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, được tạo ra trên đó), các thấu kính, gương, các bộ bảo vệ màn hình, cánh tua bin, bột, màng, lá, tấm, khuôn (ví dụ, các khuôn sáp, các khuôn dùng cho quy trình đúc phun, đúc chính xác, v.v.), vải (được dệt, được bọc nỉ, v.v.), các dụng cụ phẫu thuật, đồ cấy ghép y tế, hàng hoá được đóng gói cho người tiêu dùng, giày, xe đạp, ô tô, các linh kiện cho ngành ô tô hoặc hàng không (ví dụ, khung, tấm thân, v.v.), các đồ gia dụng (ví dụ, lò vi sóng, lò nướng, tủ lạnh, v.v.), các hộp chứa thiết bị (ví dụ, dành cho đồng hồ, máy tính, điện thoại thông minh, máy tính bảng, các thiết bị điện tử đeo được, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

Theo đó, các vật liệu mà có thể được xử lý bao gồm một hoặc nhiều kim loại chẳng hạn như Al , Ag , Au , Cu , Fe , In , Mg , Pt , Sn , Ti , v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của

chúng (ví dụ, dưới dạng hợp kim, dạng composit, v.v.), các oxit kim loại dẫn điện (ví dụ, ITO (Indium Zinc Oxide - indĩ-kẽm-oxit), v.v.), các polyme dẫn điện trong suốt, gốm, sáp, nhựa, các chất điện môi vô cơ (ví dụ, được dùng làm cấu trúc điện môi xen giữa các lớp, chẳng hạn silic oxit, nitrat silic, silic oxy nitrit, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), các chất điện môi có hằng số điện môi thấp (ví dụ, metyl silsesquioxan (Methyl SilsesQuioxane - MSQ), hydro silsesquioxan (Hydrogen SilsesQuioxane - HSQ), tetraetyl orthosilicat flo hoá (Fluorinated Tetraethyl Orthosilicate - FTEOS), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), các chất điện môi hữu cơ (ví dụ, chất có tên là SILK, chất benzoxiclobuten, Nautilus, (tất cả được sản xuất bởi Dow), polyflotetraetylen, (được sản xuất bởi DuPont), chất có tên là FLARE, (được sản xuất bởi Allied Chemical), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), sợi thủy tinh, vật liệu polyme (polyamit, polyimit, polyeste, polyaxetal, polycacbonat, polyphenylen ete được cải biến, polybutylen terephtalat, polyphenylen sulfua, polyete sulfon, polyete imit, polyete ete xeton, polyme tinh thể lỏng, acrylonitril butadien styren, và hợp chất, dạng composit, hoặc hợp kim bất kỳ của chúng), da, giấy, các vật liệu tích tụ (ví dụ, màng tích tụ của ANJINOMOTO, còn được gọi là “ABF” (Anjinomoto Build-up Film), v.v.), tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh (ví dụ, FR4), prepreg (phiến nửa đặc), chất cản hàn, v.v., hoặc dạng composit, dạng tấm bất kỳ, hoặc tổ hợp khác của chúng.

II. Hệ thống - Khái quát

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của thiết bị để xử lý vật gia công, theo một phương án của sáng chế.

Theo phương án được thể hiện trên Fig.1, thì thiết bị 100, để xử lý vật gia công, bao gồm nguồn laze 104 để tạo ra các xung laze, bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ ba 110, thấu kính quét 112 và bộ điều khiển 114. Trong phần mô tả sau đây, lưu ý rằng bộ định vị thứ nhất 106 là tùy ý (tức là, thiết bị 100 không nhất thiết phải bao gồm bộ định vị thứ nhất 106), miễn là thiết bị 100 có bao gồm bộ định vị thứ hai 108 hoặc bộ định vị thứ ba 110. Tương tự như vậy, lưu ý rằng bộ định vị thứ hai 108 là tùy ý (tức là, thiết bị 100 không nhất thiết phải bao gồm bộ định vị thứ hai 108), miễn là thiết bị 100 có bao gồm bộ định vị thứ nhất 106 hoặc bộ định vị thứ ba 110. Cuối cùng, lưu ý rằng bộ định vị thứ ba 110 là tùy ý (tức là, thiết

bị 100 không nhất thiết phải bao gồm bộ định vị thứ ba 110), miễn là thiết bị 100 có bao gồm bộ định vị thứ nhất 106 hoặc bộ định vị thứ hai 108.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị 100 còn bao gồm một hoặc nhiều thành phần quang học (ví dụ, bộ mở rộng chùm, bộ tạo dạng chùm, các lá khẩu, bộ lọc, ống chuẩn trực, thấu kính, gương, bộ phân cực, tấm sóng, phần tử quang học nhiễu xạ, phần tử quang học khúc xạ, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) để hội tụ, mở rộng, chuẩn trực, tạo dạng, phân cực, lọc, chia, kết hợp, cắt xén, hoặc thay đổi, điều hoà, định hướng, theo dõi hoặc đo các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze 104 theo một hoặc nhiều đường đi của chùm (ví dụ, đường đi của chùm 116) đến thấu kính quét 112. Cần lưu ý thêm rằng một hoặc nhiều trong số các thành phần nêu trên có thể được bố trí, hoặc rằng thiết bị 100 có thể còn bao gồm một hoặc nhiều thành phần bổ sung, như được bộc lộ trong các patent Mỹ số 4,912,487, 5,633,747, 5,638,267, 5,751,585, 5,847,960, 5,917,300, 6,314,473, 6,430,465, 6,700,600, 6,706,998, 6,706,999, 6,816,294, 6,947,454, 7,019,891, 7,027,199, 7,133,182, 7,133,186, 7,133,187, 7,133,188, 7,245,412, 7,259,354, 7,611,745, 7,834,293, 8,026,158, 8,076,605, 8,158,493, 8,288,679, 8,404,998, 8,497,450, 8,648,277, 8,680,430, 8,847,113, 8,896,909, 8,928,853, 9,259,802 hoặc trong các công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2014/0026351, 2014/0197140, 2014/0263201, 2014/0263212, 2014/0263223, 2014/0312013, hoặc trong patent Đức số DE102013201968B4, hoặc trong công bố đơn patent quốc tế số WO2009/087392, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, mỗi trong số các tài liệu đó được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn.

Các xung laze mà được truyền qua thấu kính quét 112 sẽ lan truyền theo trục chùm để được phân phối đến vật gia công 102. Các xung laze mà được phân phối đến vật gia công 102 có thể được đặc trưng là có profin cường độ trong không gian kiểu Gaussian hoặc profin cường độ trong không gian không phải kiểu Gaussian (tức là “có hình dạng”) (ví dụ, profin cường độ trong không gian kiểu “mũ chóp cao”). Không phụ thuộc vào kiểu profin cường độ trong không gian, profin cường độ trong không gian cũng có thể được đặc trưng theo hình dạng tiết diện của xung laze lan truyền theo trục chùm (hoặc đường đi của chùm 116), mà có thể là hình tròn, hình elip, hình chữ nhật, hình tam giác, hình lục giác, hình vòng, v.v., hoặc có hình dạng tùy ý. Các xung laze được phân phối có thể được đặc trưng khi tới vật gia công 102 tại kích thước điểm

nằm trong khoảng từ 2 μm đến 200 μm . Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “kích thước điểm” được dùng để chỉ đường kính hoặc độ rộng tối đa trong không gian của xung laser được phân phối tại vị trí mà ở đó trục chùm đi qua vùng của vật gia công 102 mà cần được xử lý, ít nhất một phần, bởi xung laser được phân phối đó (còn được gọi là “điểm xử lý”, “vị trí điểm”, hoặc gọi một cách đơn giản hơn là “điểm”).

Nhằm mục đích mô tả ở đây, thì kích thước điểm là được đo dưới dạng khoảng cách hướng kính hoặc khoảng cách ngang từ trục chùm đến nơi mà mật độ quang giảm xuống còn ít nhất là $1/e^2$ mật độ quang tại trục chùm. Nói chung, kích thước điểm của xung laser sẽ là nhỏ nhất tại chỗ thắt chùm. Tuy nhiên, cần hiểu rằng kích thước điểm có thể được làm nhỏ hơn 2 μm hoặc lớn hơn 200 μm . Do đó, ít nhất một xung laser mà được phân phối đến vật gia công 102 có thể có kích thước điểm lớn hơn hoặc bằng 2 μm , 3 μm , 5 μm , 7 μm , 10 μm , 15 μm , 30 μm , 35 μm , 40 μm , 45 μm , 50 μm , 55 μm , 80 μm , 100 μm , 150 μm , 200 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, ít nhất một xung laser được phân phối có thể có kích thước điểm nhỏ hơn 200 μm , 150 μm , 100 μm , 80 μm , 55 μm , 50 μm , 45 μm , 40 μm , 35 μm , 30 μm , 15 μm , 10 μm , 7 μm , 5 μm , 3 μm , 2 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Theo một phương án, các xung laser được phân phối đến vật gia công 102 có thể có kích thước điểm nằm trong khoảng từ 25 μm đến 60 μm . Theo phương án khác, các xung laser được phân phối đến vật gia công 102 có thể có kích thước điểm nằm trong khoảng từ 35 μm đến 50 μm .

A. Nguồn laser

Nói chung, nguồn laser 104 là hoạt động được để tạo ra các xung laser. Như vậy, nguồn laser 104 có thể bao gồm nguồn laser xung, nguồn laser CW (Continuous Wave - sóng liên tục), nguồn laser QCW (Quasi Continuous Wave - sóng tựa liên tục), laser chế độ loạt, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Trong trường hợp mà nguồn laser 104 bao gồm nguồn laser QCW hoặc CW, thì nguồn laser 104 có thể còn bao gồm khối mở cổng xung (ví dụ, bộ điều chế âm-quang (Acousto-Optic Modulator - AOM), bộ bấm chùm, v.v.) để điều chế về mặt thời gian đối với chùm bức xạ laser mà được xuất ra từ nguồn laser QCW hoặc CW đó. Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị 100 có thể tùy ý bao gồm một hoặc nhiều tinh thể tạo sóng hài (còn được gọi là “các

ting thể chuyển đổi bước sóng”) được tạo cấu hình để chuyển đổi bước sóng của ánh sáng mà được xuất ra bởi nguồn laser 104. Theo đó, các xung laser mà cuối cùng được phân phối đến vật gia công 102 có thể được đặc trưng là có một hoặc nhiều bước sóng thuộc một hoặc nhiều trong số các dải là dải cực tím (Ultra-Violet - UV), dải có thể nhìn thấy được (ví dụ, tím, xanh lam, xanh lục, đỏ, v.v.), hoặc dải hồng ngoại (InfraRed - IR) (ví dụ, cận hồng ngoại (near-IR - NIR) trải dài trong dải bước sóng từ 750 nm đến 1,4 μm , dải IR bước sóng ngắn (Short-Wavelength IR - SWIR) trải dài trong dải bước sóng từ 1,4 μm đến 3 μm , dải IR bước sóng trung (Mid-Wavelength IR - MWIR) trải dài trong dải bước sóng từ 3 μm đến 8 μm , hoặc dải IR bước sóng dài (Long-Wavelength IR - LWIR) trải dài trong dải bước sóng từ 8 μm đến 15 μm) của phổ điện từ, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo phương án khác, nguồn laser 104 có thể được tạo ra dưới dạng nguồn laser QCW hoặc CW và không bao gồm khối mở cổng xung. Theo phương án đó, nguồn laser 104 có thể tạo ra chùm laser liên tục (không phải dạng xung) để sau đó lan truyền theo đường đi của chùm 116. Do đó, nguồn laser 104 có thể được đặc trưng theo nghĩa rộng là hoạt động được để tạo ra chùm năng lượng laser, mà có thể được coi là loạt xung laser hoặc chùm laser liên tục, mà sau đó có thể được làm lan truyền theo đường đi của chùm 116. Tuy nhiên phương án ở đây đề cập đến các xung laser, nhưng cần hiểu rằng theo cách khác, hoặc ngoài ra, thì các chùm liên tục cũng có thể được sử dụng khi thích hợp.

Các xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có thể có độ rộng xung hay thời lượng xung (tức dựa trên độ rộng tối đa tại nửa cực đại (Full-Width at Half-Maximum - FWHM) của công suất quang của xung theo thời gian) nằm trong khoảng từ 10 fs (femtosecond - femtô giây) đến 900 ms (millisecond - mili giây). Tuy nhiên, cần hiểu rằng độ rộng xung có thể được làm nhỏ hơn 30 fs hoặc lớn hơn 900 ms. Do đó, ít nhất một xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có thể có độ rộng xung lớn hơn hoặc bằng 10 fs, 15 fs, 30 fs, 50 fs, 100 fs, 150 fs, 200 fs, 300 fs, 500 fs, 700 fs, 750 fs, 850 fs, 900 fs, 1 ps, 2 ps (picosecond - picô giây), 3 ps, 4 ps, 5 ps, 7 ps, 10 ps, 15 ps, 25 ps, 50 ps, 75 ps, 100 ps, 200 ps, 500 ps, 1 ns (nanosecond - nanô giây), 1,5 ns, 2 ns, 5 ns, 10 ns, 20 ns, 50 ns, 100 ns, 200 ns, 400 ns, 800 ns, 1000 ns, 2 μs (microsecond - micro giây), 5 μs , 10 μs , 50 μs , 100 μs , 300 μs , 500 μs , 900 μs , 1 ms, 2 ms, 5 ms, 10 ms, 20

ms, 50 ms, 100 ms, 300 ms, 500 ms, 900 ms, 1 s, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, ít nhất một xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có thể có độ rộng xung nhỏ hơn 1 s, 900 ms, 500 ms, 300 ms, 100 ms, 50 ms, 20 ms, 10 ms, 5 ms, 2 ms, 1 ms, 300 ms, 900 μ s, 500 μ s, 300 μ s, 100 μ s, 50 μ s, 10 μ s, 5 μ s, 1 μ s, 800 ns, 400 ns, 200 ns, 100 ns, 50 ns, 20 ns, 10 ns, 5 ns, 2 ns, 1,5 ns, 1 ns, 500 ps, 200 ps, 100 ps, 75 ps, 50 ps, 25 ps, 15 ps, 10 ps, 7 ps, 5 ps, 4 ps, 3 ps, 2 ps, 1 ps, 900 fs, 850 fs, 750 fs, 700 fs, 500 fs, 300 fs, 200 fs, 150 fs, 100 fs, 50 fs, 30 fs, 15 fs, 10 fs, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Theo một phương án, các xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có độ rộng xung nằm trong khoảng từ 3 ps đến 15 ps. Theo phương án khác, các xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có độ rộng xung nằm trong khoảng từ 5 ps đến 7 ps.

Các xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có thể có công suất trung bình nằm trong khoảng từ 100 mW đến 50 kW. Tuy nhiên, cần hiểu rằng công suất trung bình này có thể được làm nhỏ hơn 100 mW hoặc lớn hơn 50 kW. Do đó, các xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có thể có công suất trung bình lớn hơn hoặc bằng 100 mW, 300 mW, 500 mW, 800 mW, 1 W, 2 W, 3 W, 4 W, 5 W, 6 W, 7 W, 10 W, 15 W, 18 W, 25 W, 30 W, 50 W, 60 W, 100 W, 150 W, 200 W, 250 W, 500 W, 2 kW, 3 kW, 20 kW, 50 kW, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, các xung laser mà được nguồn laser 104 xuất ra có thể có công suất trung bình nhỏ hơn 50 kW, 20 kW, 3 kW, 2 kW, 500 W, 250 W, 200 W, 150 W, 100 W, 60 W, 50 W, 30 W, 25 W, 18 W, 15 W, 10 W, 7 W, 6 W, 5 W, 4 W, 3 W, 2 W, 1 W, 800 mW, 500 mW, 300 mW, 100 mW, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Các xung laser có thể được nguồn laser 104 xuất ra với tốc độ lặp xung nằm trong khoảng từ 5 kHz đến 1 GHz. Tuy nhiên, cần hiểu rằng tốc độ lặp xung có thể nhỏ hơn 5 kHz hoặc lớn hơn 1 GHz. Do đó, các xung laser có thể được nguồn laser 104 xuất ra với tốc độ lặp xung lớn hơn hoặc bằng 5 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 175 kHz, 225 kHz, 250 kHz, 275 kHz, 500 kHz, 800 kHz, 900 kHz, 1 MHz, 1,5 MHz, 1,8 MHz, 1,9 MHz, 2 MHz, 2,5 MHz, 3 MHz, 4 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 50 MHz, 70 MHz, 100 MHz, 150 MHz, 200 MHz, 250 MHz, 300 MHz, 350 MHz, 500 MHz, 550 MHz, 700 MHz, 900 MHz, 2 GHz, 10 GHz, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, các xung laser có thể được nguồn laser 104 xuất ra với tốc độ lặp xung nhỏ

hơn 10 GHz, 2 GHz, 1 GHz, 900 MHz, 700 MHz, 550 MHz, 500 MHz, 350 MHz, 300 MHz, 250 MHz, 200 MHz, 150 MHz, 100 MHz, 90 MHz, 70 MHz, 50 MHz, 20 MHz, 10 MHz, 5 MHz, 4 MHz, 3 MHz, 2,5 MHz, 2 MHz, 1,9 MHz, 1,8 MHz, 1,5 MHz, 1 MHz, 900 kHz, 800 kHz, 500 kHz, 275 kHz, 250 kHz, 225 kHz, 175 kHz, 100 kHz, 50 kHz, 5 kHz, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Ngoài bước sóng, độ rộng xung, công suất trung bình và tốc độ lặp xung, thì các xung laser mà được phân phối đến vật gia công 102 có thể được đặc trưng bởi một hoặc nhiều đặc tính khác, chẳng hạn như năng lượng xung, công suất đỉnh, v.v., mà có thể được chọn (ví dụ, tùy ý dựa trên một hoặc nhiều đặc tính khác, chẳng hạn bước sóng, độ rộng xung, công suất trung bình và tốc độ lặp xung, v.v.) để chiếu vào vật gia công 102 tại điểm xử lý với mật độ quang (được đo bằng đơn vị W/cm^2), độ thông (được đo bằng đơn vị J/cm^2), v.v., đủ để xử lý vật gia công 102 (ví dụ, để tạo ra một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng mà có một hoặc nhiều đặc tính mong muốn, để ngăn không cho vật gia công 102 bị hỏng ngoài ý muốn trong quá trình tạo ra (các) kết cấu đặc trưng đó, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

Các ví dụ về các loại laser của nguồn laser 104 có thể là laser khí (ví dụ, laser cacbon đioxit, laser cacbon monoxit, laser excimer, v.v.), laser chất rắn (ví dụ, laser Nd:YAG, v.v.), laser que, laser sợi quang, laser que tinh thể photonic/laser sợi quang, laser khối chất rắn hoặc laser sợi quang khóa kiểu thụ động (passively mode-locked), laser màu nhuộm, laser điốt khóa kiểu, laser dạng xung (ví dụ, các laser dạng xung ms, ns, ps, fs), laser CW, laser QCW, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Tùy theo cấu hình của chúng mà các laser khí (ví dụ, laser cacbon đioxit, v.v.) có thể được tạo cấu hình để hoạt động trong một hoặc nhiều chế độ (ví dụ, trong chế độ CW, chế độ QCW, chế độ dạng xung, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Các ví dụ cụ thể về các nguồn laser mà có thể được dùng làm nguồn laser 104 bao gồm một hoặc nhiều nguồn laser chẳng hạn như: dòng laser BOREAS, HEGOA, SIROCCO hoặc CHINOOK do EOLITE sản xuất; dòng laser PYROFLEX do PYROPHOTONICS sản xuất; dòng laser PALADIN Advanced 355 hoặc DIAMOND (ví dụ, dòng DIAMOND E, G, J-2, J-3, J-5) do COHERENT sản xuất; dòng laser PULSTAR hoặc FIRESTAR do SYNRAD sản xuất; dòng laser TRUFLOW (ví dụ, TRUFLOW 2000, 2700, 3000, 3200, 3600, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 10000, 12000, 15000, 20000), dòng laser TRUCOAX (ví dụ,

TRUCOAX 1000) hoặc dòng laze TRUDISK, TRUPULSE, TRUDIODE, TRUFIBER, hoặc TRUMICRO, tất cả đều do TRUMPF sản xuất; dòng laze FCPA μ JEWEL hoặc FEMTOLITE do IMRA AMERICA sản xuất; dòng laze TANGERINE và SATSUMA (và dòng máy dao động MIKAN và T-PULSE) do AMPLITUDE SYSTEMES sản xuất; dòng laze CL, CLPF, CLPN, CLPNT, CLT, ELM, ELPF, ELPN, ELPP, ELR, ELS, FLPN, FLPNT, FLT, GLPF, GLPN, GLR, HLPN, HLPP, RFL, TLM, TLPN, TLR, ULPN, ULR, VLM, VLPN, YLM, YLPF, YLPN, YLPP, YLR, YLS, FLPM, FLPMT, DLM, BLM, hoặc DLR do IPG PHOTONICS sản xuất (ví dụ, bao gồm GPLN-100-M, GPLN-500-QCW, GPLN-500-M, GPLN-500-R, GPLN-2000-S, v.v.), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

B. Bộ định vị thứ nhất

Bộ định vị thứ nhất 106 được sắp xếp, được đặt hoặc được bố trí trên đường đi của chùm 116 và hoạt động được để làm nhiễu xạ, phản xạ, khúc xạ, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ trong số các hoạt động này, các xung laze mà được nguồn laze 104 tạo ra (tức là, để “làm lệch” các xung laze này) để gây ra sự di chuyển cho đường đi của chùm 116 (ví dụ, so với thấu kính quét 112), và do đó, gây ra sự di chuyển cho trục chùm so với vật gia công 102. Nói chung là bộ định vị thứ nhất 106 được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển cho trục chùm so với vật gia công 102 theo các trục (hoặc các chiều) X và Y. Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng trục X (hoặc chiều X) cần được hiểu là trục (hoặc chiều) vuông góc với các trục (hoặc các chiều) Y và Z được thể hiện.

Sự di chuyển của trục chùm so với vật gia công 102, mà được gây ra bởi bộ định vị thứ nhất 106, nói chung là được giới hạn sao cho điểm xử lý có thể được quét, được di chuyển hoặc được đặt trong trường quét thứ nhất hoặc “khoảng quét thứ nhất” mà kéo dài từ 0,01 mm đến 4,0 mm theo các chiều X và Y. Tuy nhiên, cần hiểu rằng khoảng quét thứ nhất có thể kéo dài ít hơn 0,01 mm hoặc nhiều hơn 4,0 mm theo phương bất kỳ trong số các chiều X hoặc Y này (ví dụ, tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như kết cấu của bộ định vị thứ nhất 106, vị trí của bộ định vị thứ nhất 106 theo đường đi của chùm 116, kích thước chùm của các xung laze tới bộ định vị thứ nhất 106, kích thước điểm, v.v.). Do đó, khoảng quét thứ nhất có thể kéo dài, theo phương bất kỳ trong số các chiều X và Y này, một khoảng cách lớn hơn hoặc bằng

0,04 mm, 0,1 mm, 0,5 mm, 1,0 mm, 1,4 mm, 1,5 mm, 1,8 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 3,5 mm, 4,0 mm, 4,2 mm, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, khoảng quét thứ nhất có thể kéo dài, theo phương bất kỳ trong số các chiều X và Y này, một khoảng cách nhỏ hơn 5 mm, 4,2 mm, 4,0 mm, 3,5 mm, 3,0 mm, 2,5 mm, 2,0 mm, 1,8 mm, 1,5 mm, 1,4 mm, 1,0 mm, 0,5 mm, 0,1 mm, 0,04 mm, 0,01 mm, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “kích thước chùm” có nghĩa là đường kính hoặc độ rộng của xung laze, và có thể được đo dưới dạng khoảng cách hướng kính hoặc khoảng cách ngang tính từ trục chùm đến chỗ mà ở đó mật độ quang giảm xuống còn $1/e^2$ mật độ quang tại trục lan truyền theo đường đi của chùm 116. Do đó, theo một số phương án, thì kích thước tối đa của khoảng quét thứ nhất (ví dụ, theo các chiều X hoặc Y, hoặc phương khác) có thể lớn hơn hoặc bằng kích thước tối đa tương ứng (được đo trên mặt phẳng X-Y) của kết cấu đặc trưng (ví dụ, phần mở, hốc, lỗ via, rãnh, v.v.) cần được tạo ra trên vật gia công 102. Tuy nhiên theo phương án khác, thì kích thước tối đa của khoảng quét thứ nhất có thể nhỏ hơn kích thước tối đa của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra.

Nói chung, tốc độ (còn được gọi là “tốc độ định vị”) mà ở đó bộ định vị thứ nhất 106 có thể định vị điểm xử lý tại vị trí bất kỳ trong khoảng quét thứ nhất (nhờ đó di chuyển trục chùm) là nằm trong khoảng từ 50 kHz (hoặc khoảng đó) đến 10 MHz (hoặc khoảng đó). Ở đây, khoảng này còn được gọi là băng thông định vị thứ nhất. Ở đây, nghịch đảo của tốc độ định vị được gọi là “chu kỳ định vị”, và được dùng để chỉ lượng thời gian tối thiểu cần thiết để thay đổi vị trí điểm xử lý từ vị trí này sang vị trí bất kỳ khác trong khoảng quét thứ nhất. Do đó, bộ định vị thứ nhất 106 có thể được đặc trưng bởi chu kỳ định vị trong khoảng từ 20 μ s (hoặc khoảng đó) đến 0,1 μ s (hoặc khoảng đó). Theo một phương án, băng thông định vị thứ nhất là nằm trong khoảng từ 100 kHz (hoặc khoảng đó) đến 2 MHz (hoặc khoảng đó). Ví dụ, băng thông định vị thứ nhất là 1 MHz (hoặc khoảng đó).

Bộ định vị thứ nhất 106 có thể được bố trí dưới dạng gương hoặc dây gương MEMS (Micro Electro Mechanical System - hệ thống vi cơ điện tử), hệ thống AOD (Acousto Optic Deflector - bộ làm lệch âm-quang), hệ thống EOD (Electro-Optic Deflector - bộ làm lệch điện tử-quang), phần tử FSM (Fast-Steering Mirror - gương lái nhanh) mà bao gồm bộ dẫn động áp điện, bộ dẫn động điện giảo, bộ dẫn động cuộn

dây âm thanh, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một phương án, bộ định vị thứ nhất 106 được bố trí dưới dạng hệ thống AOD bao gồm ít nhất một (ví dụ, một, hai, v.v.) hệ thống AOD đơn phần tử, ít nhất một (ví dụ, một, hai, v.v.) hệ thống AOD dạng dây đã định pha, v.v. hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Cả hai hệ thống AOD này đều bao gồm tế bào AO được tạo ra từ vật liệu chẳng hạn như Ge kết tinh, PbMoO_4 , hoặc TeO_2 , SiO_2 dạng thủy tinh, thạch anh, As_2S_3 , v.v.. Như được sử dụng ở đây, hệ thống AOD “đơn phần tử” là hệ thống AOD chỉ có phần tử biến đổi siêu âm đơn được ghép nối về mặt âm với tế bào AO, còn hệ thống AOD dạng “dây đã định pha” thì bao gồm dây đã định pha gồm ít nhất hai phần tử biến đổi siêu âm được ghép nối về mặt âm với tế bào AO chung.

Như những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực có thể thấy, công nghệ âm-quang (AO) (ví dụ, AOD, AOM, v.v.) tận dụng các hiệu ứng nhiễu xạ gây ra bởi việc các sóng âm lan truyền qua tế bào AO để điều chế một hoặc nhiều đặc tính của sóng quang (tức chùm năng lượng laze, theo sáng chế) mà đồng thời lan truyền qua tế bào AO đó. Thông thường, tế bào AO có thể hỗ trợ cả sóng âm lẫn sóng quang trong cùng một vùng. Sóng âm gây ra sự xáo trộn chỉ số khúc xạ trong tế bào AO. Các sóng âm thường được phóng vào tế bào AO bằng cách dẫn động phần tử biến đổi siêu âm tại một hoặc nhiều tần số RF (Radio Frequency - tần số vô tuyến). Bằng cách điều khiển các đặc tính của sóng âm (ví dụ, biên độ, tần số, pha, v.v.) thì một hoặc nhiều đặc tính của sóng quang lan truyền có thể được điều chế theo cách có điều khiển để gây ra sự di chuyển đường đi của chùm 116 (ví dụ, so với thấu kính quét 112). Cũng cần hiểu rằng các đặc tính của sóng âm mà được phóng vào tế bào AO là có thể được điều khiển bằng các kỹ thuật đã biết để làm suy giảm năng lượng trong chùm năng lượng laze khi nó đi qua tế bào AO. Theo đó, hệ thống AOD cũng có thể được vận hành để điều chế năng lượng xung (tương ứng theo đó là độ thông, công suất đỉnh, mật độ quang, công suất trung bình, v.v.) của các xung laze mà cuối cùng được phân phối đến vật gia công 102.

Cần hiểu rằng vật liệu mà từ đó tế bào AO được tạo ra là phụ thuộc vào bước sóng của các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm 116 để tới tế bào AO. Ví dụ, vật liệu chẳng hạn như Ge kết tinh có thể được sử dụng khi bước sóng của các xung laze cần được làm lệch nằm trong khoảng từ 2 μm (hoặc khoảng đó) đến 12 μm

(hoặc khoảng đó), các vật liệu chẳng hạn như thạch anh và TeO_2 có thể được sử dụng khi bước sóng của các xung laser cần được làm lệch nằm trong khoảng từ 200 nm (hoặc khoảng đó) đến 5 μm (hoặc khoảng đó).

Cần hiểu rằng các hệ thống AOD là các phần tử phân tán, và do đó, sẽ làm lệch theo mong muốn các xung laser mà có độ rộng vạch phổ hẹp phù hợp (ví dụ, dựa trên độ rộng tối đa tại nửa cực đại (Full-Width at Half-Maximum - FWHM) của mật độ phổ công suất quang trong xung). Nguồn laser 104 mà được tạo cấu hình để tạo ra các xung laser có một hoặc nhiều bước sóng thuộc một hoặc nhiều trong số các dải là dải cực tím, dải có thể nhìn thấy được, hoặc dải NIR, thường sẽ tạo ra các xung laser có độ rộng vạch phổ hẹp phù hợp. Các nguồn laser 104, chẳng hạn các laser khí CW công suất cao (ví dụ, các laser CW cacbon đioxit hoặc cacbon monoxit với công suất trung bình lớn hơn khoảng 300 W) và các laser khí CW hoặc dạng xung công suất thấp khác (ví dụ, với công suất trung bình nhỏ hơn khoảng 300 W) có thể tương tự tạo ra các xung laser có độ rộng vạch phổ hẹp phù hợp trong các dải SWIR, MWIR hoặc LWIR. Thông thường, các laser khí dạng xung công suất cao (ví dụ, các laser dạng xung cacbon đioxit hoặc cacbon monoxit với công suất trung bình lớn hơn khoảng 300 W), mà có khả năng tạo ra các xung laser, là dựa trên kiến trúc hệ thống laser MOPA (Master Oscillator Power Amplifier - bộ khuếch đại công suất của bộ dao động chủ).

Bất kỳ hệ thống nào trong số các hệ thống AOD nêu trên cũng đều có thể được bố trí dưới dạng hệ thống AOD đơn trục (ví dụ, được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển cho trục chùm theo một chiều), hoặc dưới dạng hệ thống AOD đa trục (ví dụ, được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển cho trục chùm theo nhiều chiều, ví dụ, các chiều X và Y) bằng cách làm lệch đường đi của chùm 116. Nói chung, hệ thống AOD đa trục có thể được bố trí dưới dạng hệ thống đa tế bào hoặc hệ thống đơn tế bào. Hệ thống đa tế bào đa trục thì thường bao gồm nhiều hệ thống AOD, mỗi trong số các hệ thống đó được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển trục chùm theo một trục khác nhau. Ví dụ, một hệ thống đa tế bào đa trục có thể bao gồm hệ thống AOD thứ nhất (ví dụ, hệ thống AOD đơn phần tử hoặc dạng dây đã định pha) được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển trục chùm theo chiều X (ví dụ, “hệ thống AOD theo trục X”), và hệ thống AOD thứ hai (ví dụ, hệ thống AOD đơn phần tử hoặc dạng dây đã định pha) được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển trục chùm theo chiều Y (ví dụ, “hệ thống AOD theo trục Y”). Hệ

thống đơn tế bào đa trục (ví dụ, “hệ thống AOD theo trục X/Y”) thì thường bao gồm một hệ thống AOD được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển trục chùm theo các chiều X và Y. Ví dụ, một hệ thống đơn tế bào có thể bao gồm ít nhất hai phần tử biến đổi siêu âm được ghép nối về mặt âm với các mặt phẳng, các mặt, các đầu, v.v., khác nhau của tế bào AO chung.

C. Bộ định vị thứ hai

Tương tự như bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108 được bố trí trên đường đi của chùm 116 và hoạt động được để làm nhiễu xạ, phản xạ, khúc xạ, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các hoạt động này, các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze 104 và được cho đi qua bộ định vị thứ nhất 106, để gây ra sự di chuyển trục chùm (ví dụ, theo các chiều X và Y) so với vật gia công 102, nhờ sự di chuyển của đường đi của chùm 116 so với thấu kính quét 112. Sự di chuyển của trục chùm so với vật gia công 102, mà được gây ra bởi bộ định vị thứ hai 108, nói chung là được giới hạn để điểm xử lý có thể được quét, được di chuyển hoặc được đặt trong trường quét hoặc “khoảng quét” thứ hai mà kéo dài theo các chiều X và/hoặc Y trên diện tích lớn hơn khoảng quét thứ nhất. Xét về kết cấu được mô tả ở đây, cần hiểu rằng sự di chuyển của trục chùm mà được gây ra bởi bộ định vị thứ nhất 106 là có thể diễn ra chồng chéo với sự di chuyển của trục chùm mà được gây ra bởi bộ định vị thứ hai 108. Do đó, bộ định vị thứ hai 108 là hoạt động được để quét khoảng quét thứ nhất trong khoảng quét thứ hai.

Theo một phương án, khoảng quét thứ hai kéo dài từ 1 mm đến 50 mm theo chiều X và/hoặc chiều Y. Theo phương án khác, khoảng quét thứ hai kéo dài từ 15 mm đến 30 mm theo chiều X và/hoặc chiều Y. Tuy nhiên, cần hiểu rằng bộ định vị thứ hai 108 có thể được tạo kết cấu sao cho khoảng quét thứ hai kéo dài ít hơn 1 mm hoặc nhiều hơn 50 mm theo phương bất kỳ trong số chiều X hoặc chiều Y. Do đó, theo một số phương án, thì kích thước tối đa của khoảng quét thứ hai (ví dụ, theo các chiều X hoặc Y, hoặc phương khác) có thể lớn hơn hoặc bằng kích thước tối đa tương ứng (khi được đo trên mặt phẳng X-Y) của kết cấu đặc trưng (ví dụ, lỗ via, rãnh, đường vạch dấu, vùng hốc, vết dẫn, v.v.) cần được tạo ra trên vật gia công 102. Tuy nhiên

theo phương án khác, thì kích thước tối đa của khoảng quét thứ hai có thể nhỏ hơn kích thước tối đa của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra.

Nói chung, tốc độ định vị mà nhờ đó bộ định vị thứ hai 108 có thể định vị điểm xử lý tại vị trí bất kỳ trong khoảng quét thứ hai (nhờ đó di chuyển trục chùm trong khoảng quét thứ hai và/hoặc quét khoảng quét thứ nhất trong khoảng quét thứ hai) là nằm trong khoảng (ở đây còn được gọi là “băng thông định vị thứ hai”) nhỏ hơn băng thông định vị thứ nhất. Theo một phương án, băng thông định vị thứ hai nằm trong khoảng từ 900 Hz đến 5 kHz. Theo phương án khác, băng thông định vị thứ nhất nằm trong khoảng từ 2 kHz đến 3 kHz (ví dụ, khoảng 2,5 kHz).

Bộ định vị thứ hai 108 có thể được bố trí dưới dạng hệ thống gương điện kế bao gồm hai thành phần gương điện kế, trong đó thành phần gương điện kế này được sắp xếp để gây ra sự di chuyển của trục chùm so với vật gia công 102 theo chiều X và thành phần gương điện kế kia được sắp xếp để gây ra sự di chuyển của trục chùm so với vật gia công 102 theo chiều Y. Tuy nhiên theo các phương án khác, thì bộ định vị thứ hai 108 có thể được bố trí dưới dạng hệ thống gương đa giác quay, v.v.. Do đó, cần hiểu rằng tùy theo kết cấu cụ thể của bộ định vị thứ hai 108 và bộ định vị thứ nhất 106 mà băng thông định vị thứ hai có thể lớn hơn hoặc bằng băng thông định vị thứ nhất.

D. Bộ định vị thứ ba

Bộ định vị thứ ba 110 hoạt động được để gây ra sự di chuyển của vật gia công 102 so với thấu kính quét 112, và theo đó, là sự di chuyển của vật gia công 102 so với trục chùm. Sự di chuyển của vật gia công 102 so với trục chùm nói chung là được giới hạn sao cho điểm xử lý có thể được quét, được di chuyển hoặc được đặt trong trường quét hoặc “khoảng quét” thứ ba mà kéo dài theo chiều X và/hoặc chiều Y trên diện tích lớn hơn khoảng quét thứ hai. Theo một phương án, khoảng quét thứ ba này kéo dài từ 25 mm đến 2 m theo chiều X và/hoặc chiều Y. Theo phương án khác, khoảng quét thứ ba này kéo dài từ 0,5 m đến 1,5 m theo chiều X và/hoặc chiều Y. Nói chung là kích thước tối đa của khoảng quét thứ ba (ví dụ, theo các chiều X hoặc Y, hoặc phương khác) sẽ lớn hơn hoặc bằng kích thước tối đa tương ứng (được đo trên mặt phẳng X-Y) của kết cấu đặc trưng bất kỳ cần được tạo ra trên vật gia công 102. Tùy ý,

bộ định vị thứ ba 110 có thể được tạo kết cấu để di chuyển vật gia công 102 so với trục chum trong khoảng quét kéo dài theo chiều Z (ví dụ, trên khoảng từ 1 mm đến 50 mm). Do đó, khoảng quét thứ ba có thể kéo dài theo chiều X, chiều Y và/hoặc chiều Z.

Xét về kết cấu được mô tả ở đây, cần hiểu rằng sự di chuyển của trục chum mà được gây ra bởi bộ định vị thứ nhất 106 và/hoặc bộ định vị thứ hai 108 là có thể diễn ra chồng chéo với sự di chuyển của vật gia công 102 mà được gây ra bởi bộ định vị thứ ba 110. Do đó, bộ định vị thứ ba 110 là hoạt động được để quét khoảng quét thứ nhất và/hoặc khoảng quét thứ hai trong khoảng quét thứ ba. Nói chung, tốc độ định vị mà nhờ đó bộ định vị thứ ba 110 có thể định vị điểm xử lý tại vị trí bất kỳ trong khoảng quét thứ ba (nhờ đó di chuyển vật gia công 102, quét khoảng quét thứ nhất trong khoảng quét thứ ba, và/hoặc quét khoảng quét thứ hai trong khoảng quét thứ ba) là nằm trong khoảng (ở đây còn được gọi là “băng thông định vị thứ ba”) nhỏ hơn băng thông định vị thứ hai. Theo một phương án, băng thông định vị thứ ba này vào khoảng 10 Hz (hoặc khoảng đó), hoặc nhỏ hơn.

Theo một phương án, bộ định vị thứ ba 110 được bố trí dưới dạng một hoặc nhiều tầng thẳng (ví dụ, mỗi tầng có khả năng gây ra sự chuyển động tịnh tiến cho vật gia công 102 theo chiều X, chiều Y và/hoặc chiều Z), một hoặc nhiều tầng quay (ví dụ, mỗi tầng có khả năng gây ra sự chuyển động quay cho vật gia công 102 quanh trục song song với chiều X, chiều Y và/hoặc chiều Z), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một phương án, bộ định vị thứ ba 110 bao gồm tầng X để di chuyển vật gia công 102 theo chiều X, và tầng Y được đỡ bởi tầng X (và nhờ đó có thể di chuyển được theo chiều X nhờ tầng X) để di chuyển vật gia công 102 theo chiều Y. Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị 100 cũng có thể bao gồm bộ tùy ý (ví dụ, khối đá granit) để đỡ bộ định vị thứ ba 110.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị 100 có thể bao gồm mâm cặp tùy ý được ghép nối với bộ định vị thứ ba 110, mà vật gia công 102 có thể được kẹp, được cố định, được giữ, được bắt chặt hoặc được đỡ về mặt cơ học vào đó. Theo một phương án, vật gia công 102 có thể được kẹp, được cố định, được giữ, được bắt chặt hoặc được đỡ sao cho tiếp xúc trực tiếp với bề mặt đỡ chính, thường là phẳng, của mâm cặp. Theo phương án khác, vật gia công 102 có thể được kẹp, được cố định,

được giữ, được bắt chặt hoặc được đỡ sao cho được đặt cách khỏi bề mặt đỡ của mâm cặp. Theo phương án khác, vật gia công 102 có thể được cố định, được giữ, hoặc được bắt chặt bằng lực (ví dụ, lực tĩnh điện, lực chân không, lực từ) mà được tác động vào vật gia công 102 từ mâm cặp, hoặc tồn tại giữa vật gia công 102 và mâm cặp.

Như đã được mô tả, thiết bị 100 sử dụng hệ thống được gọi là hệ thống định vị “xếp chồng”, trong đó vị trí của các thành phần, chẳng hạn như bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, thấu kính quét 112, v.v., là được giữ đứng yên ở thiết bị 100 (ví dụ, nhờ một hoặc nhiều cơ cấu đỡ, khung, v.v., như đã biết trong lĩnh vực) so với vật gia công 102, mà được làm di chuyển nhờ bộ định vị thứ ba 110. Theo phương án khác, bộ định vị thứ ba 110 có thể được sắp xếp và được tạo kết cấu để di chuyển một hoặc nhiều thành phần chẳng hạn bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, thấu kính quét 112, v.v., và vật gia công 102 có thể được giữ đứng yên. Theo phương án khác nữa, thiết bị 100 có thể sử dụng hệ thống định vị trục chia mà trong đó một hoặc nhiều thành phần chẳng hạn như bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, thấu kính quét 112, v.v., là được mang bởi một hoặc nhiều tầng thẳng hoặc tầng quay. Theo phương án đó, thì bộ định vị thứ ba 110 bao gồm một hoặc nhiều tầng thẳng hoặc tầng quay được sắp xếp và được tạo kết cấu để di chuyển một hoặc nhiều thành phần chẳng hạn như bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, thấu kính quét 112, v.v., và một hoặc nhiều tầng thẳng hoặc tầng quay được sắp xếp và được tạo kết cấu để di chuyển vật gia công 102. Do đó, bộ định vị thứ ba 110 gây ra sự di chuyển cho vật gia công 102, thấu kính quét 112 (hoặc đầu quét được liên kết với thấu kính quét 112, như được mô tả dưới đây). Một số ví dụ về các hệ thống định vị trục chia mà có thể được sử dụng theo cách có lợi ở thiết bị 100 bao gồm hệ thống bất kỳ trong số các hệ thống được bộc lộ trong các patent Mỹ số 5,751,585, 5,798,927, 5,847,960, 6,706,999, 7,605,343, 8,680,430, 8,847,113, hoặc trong công bố đơn patent Mỹ số 2014/0083983, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, mỗi trong số các tài liệu này được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo phương án khác, một hoặc nhiều thành phần, chẳng hạn bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, thấu kính quét 112, v.v., là có thể được mang bởi cánh tay rôbot đa trục có khớp (ví dụ, cánh tay 2, 3, 4, 5, hoặc 6 trục). Theo phương án đó, thì bộ định vị thứ hai 108 và/hoặc thấu kính quét 112 là có thể tùy ý được mang

bởi bàn tay rôbot của cánh tay rôbot đó. Theo phương án khác nữa, thì vật gia công 102 có thể được mang trực tiếp trên bàn tay rôbot của cánh tay rôbot đa trục có khớp (tức là, không có bộ định vị thứ ba 110). Theo phương án khác nữa, bộ định vị thứ ba 110 có thể được mang trên bàn tay rôbot của cánh tay rôbot đa trục có khớp.

D. Thấu kính quét

Thấu kính quét 112 (ví dụ, được tạo ra dưới dạng thấu kính đơn giản, hoặc thấu kính ghép) nói chung là được tạo kết cấu để hội tụ các xung laze mà được định hướng theo đường đi của chùm, thường là để tạo ra chỗ thắt chùm mà có thể được đặt vào điểm xử lý mong muốn. Thấu kính quét 112 có thể được tạo ra dưới dạng thấu kính f-theta, thấu kính viễn tâm, thấu kính axicon (trong trường hợp đó, một loạt chỗ thắt chùm được tạo ra, tạo thành các điểm xử lý được đặt dịch khỏi nhau theo trục chùm), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một phương án, thấu kính quét 112 được tạo ra dưới dạng thấu kính tiêu cự cố định và được ghép nối với bộ dẫn động thấu kính (không được thể hiện trên hình vẽ) mà được tạo kết cấu để di chuyển thấu kính quét 112 (ví dụ, để thay đổi vị trí của chỗ thắt chùm theo trục chùm). Ví dụ, bộ dẫn động thấu kính có thể được tạo ra dưới dạng cuộn dây âm thanh được tạo kết cấu để tịnh tiến thẳng thấu kính quét 112 theo chiều Z. Theo phương án khác, thấu kính quét 112 được tạo ra dưới dạng thấu kính tiêu cự biến thiên (ví dụ, thấu kính zoom, hay thấu kính được gọi là “thấu kính chất lỏng” mà bao gồm các công nghệ đang được COGNEX, VARIOPTIC cung cấp, v.v.) mà có khả năng được dẫn động (ví dụ, qua bộ dẫn động thấu kính) để thay đổi vị trí của chỗ thắt chùm theo trục chùm.

Theo một phương án, thấu kính quét 112 và bộ định vị thứ hai 108 được hợp nhất vào vỏ chứa chung hoặc “đầu quét” 118. Do đó, theo một phương án mà trong đó thiết bị 100 bao gồm bộ dẫn động thấu kính, thì bộ dẫn động thấu kính có thể được ghép nối với thấu kính quét 112 (ví dụ, để cho phép sự di chuyển của thấu kính quét 112 trong đầu quét 118, so với bộ định vị thứ hai 108). Theo cách khác, bộ dẫn động thấu kính có thể được ghép nối với đầu quét 118 (ví dụ, để cho phép sự di chuyển của chính đầu quét 118, trong trường hợp đó thì thấu kính quét 112 và bộ định vị thứ hai 108 sẽ di chuyển cùng nhau). Theo phương án khác, thấu kính quét 112 và bộ định vị thứ hai 108 được đưa vào các vỏ chứa khác nhau (ví dụ, để vỏ chứa mà thấu kính quét

112 được đưa vào đó di chuyển được so với vỏ chứa mà bộ định vị thứ hai 108 được đưa vào đó). Các thành phần của đầu quét 118, hoặc toàn bộ bản thân đầu quét 118, có thể là của cơ cấu dạng môđun, để thành phần của đầu quét 118 có thể được tháo ra một cách đơn giản và được thay bằng thành phần khác, để một đầu quét 118 có thể được tháo ra một cách đơn giản và được thay bằng đầu quét khác, v.v..

E. Bộ điều khiển

Nói chung, bộ điều khiển 114 là được ghép nối theo cách giao tiếp được (ví dụ, qua một hoặc nhiều liên kết giao tiếp bằng dây hoặc không dây, chẳng hạn USB (Universal Serial Bus - buýt nối tiếp vạn năng), mạng Ethernet, Firewire, Wi-Fi, RFID (Radio Frequency IDentification - nhận dạng tần số vô tuyến), NFC (Near Field Communication - giao tiếp trường gần), Bluetooth, Li-Fi, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) với một hoặc nhiều thành phần của thiết bị 100, chẳng hạn nguồn laze 104, bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ ba 110, bộ dẫn động thấu kính, v.v., và nhờ đó hoạt động được đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114.

Ví dụ, bộ điều khiển 114 có thể điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, hoặc bộ định vị thứ ba 110, để gây ra sự chuyển động tương đối giữa trục chùm và vật gia công, để gây ra sự chuyển động tương đối giữa điểm xử lý và vật gia công 102 theo đường đi hoặc quỹ đạo (ở đây còn được gọi là “quỹ đạo xử lý”) ở vật gia công 102. Cần hiểu rằng hai bộ định vị bất kỳ trong số các bộ định vị này, hoặc tất cả ba trong số các bộ định vị này, là có thể được điều khiển sao cho hai bộ định vị (ví dụ, bộ định vị thứ nhất 106 và bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ nhất 106 và bộ định vị thứ ba 110, hoặc bộ định vị thứ hai 108 và bộ định vị thứ ba 110), hoặc tất cả ba bộ định vị này, đồng thời gây ra sự chuyển động tương đối giữa điểm xử lý và vật gia công 102 (nhờ đó gây ra “sự chuyển động tương đối đa hợp” giữa trục chùm và vật gia công). Tất nhiên là tại thời điểm bất kỳ, có thể điều khiển chỉ một bộ định vị (ví dụ, bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108 hoặc bộ định vị thứ ba 110) để gây ra sự chuyển động tương đối giữa điểm xử lý và vật gia công 102 (nhờ đó gây ra “sự chuyển động tương đối không đa hợp” giữa trục chùm và vật gia công).

Các tín hiệu điều khiển để ra lệnh sự chuyển động tương đối đa hợp hoặc không đa hợp có thể được tính toán trước, hoặc được xác định trong thời gian thực. Theo ví dụ khác, bộ điều khiển 114 có thể điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất 106 để thay đổi hình dạng điểm hoặc kích thước điểm của các xung laze được phân phối đến điểm xử lý (ví dụ, bằng cách di tần tín hiệu RF mà được cấp đến một hoặc nhiều phần tử biến đổi siêu âm của một hoặc nhiều hệ thống AOD ở bộ định vị thứ nhất 106, bằng cách cấp tín hiệu RF được tạo dạng phổ đến một hoặc nhiều phần tử biến đổi siêu âm của một hoặc nhiều hệ thống AOD ở bộ định vị thứ nhất 106, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của những cách này).

Một số ví dụ về các hoạt động mà một hoặc nhiều trong số các thành phần nêu trên có thể được điều khiển để thực hiện bao gồm các hoạt động, các chức năng, các quy trình, và các phương pháp bất kỳ, v.v., như được bộc lộ trong các patent Mỹ số 4,912,487, 5,633,747, 5,638,267, 5,751,585, 5,847,960, 5,917,300, 6,314,473, 6,430,465, 6,700,600, 6,706,998, 6,706,999, 6,816,294, 6,947,454, 7,019,891, 7,027,199, 7,133,182, 7,133,186, 7,133,187, 7,133,188, 7,245,412, 7,259,354, 7,611,745, 7,834,293, 8,026,158, 8,076,605, 8,288,679, 8,404,998, 8,497,450, 8,648,277, 8,680,430, 8,847,113, 8,896,909, 8,928,853, 9,259,802, hoặc trong các công bố đơn patent Mỹ số 2014/0026351, 2014/0197140, 2014/0263201, 2014/0263212, 2014/0263223, 2014/0312013, hoặc trong patent Đức số DE102013201968B4, hoặc trong đơn patent quốc tế số WO2009/087392, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Nói chung, bộ điều khiển 114 bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo ra các tín hiệu điều khiển nêu trên khi thực thi các lệnh. Bộ xử lý có thể được cung cấp dưới dạng bộ xử lý lập trình được (ví dụ, bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý của máy tính thông dụng, bộ vi xử lý, bộ xử lý tín hiệu số, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) mà được tạo cấu hình để thực thi các lệnh. Các lệnh mà (các) bộ xử lý có thể thực thi được có thể được thực hiện bằng phần mềm, phần sụn, v.v., hoặc dưới dạng hệ mạch phù hợp bất kỳ mà bao gồm các thiết bị logic lập trình được (Programmable Logic Device - PLD), các mảng cổng lập trình được dạng trường (Field-Programmable Gate Array - FPGA), các mảng đối tượng lập trình được dạng trường (Field-Programmable Object Array - FPOA), các mạch tích hợp chuyên dụng

(Application-Specific Integrated Circuit - ASIC) - bao gồm hệ mạch số, hệ mạch tương tự và hệ mạch tương tự/số hỗn hợp, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Việc thực hiện các lệnh có thể diễn ra trên một bộ xử lý, rải rác giữa các bộ xử lý, song song giữa các bộ xử lý trong một thiết bị hoặc giữa mạng thiết bị, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của những cách này.

Theo một phương án, bộ điều khiển 114 bao gồm phương tiện hữu hình, chẳng hạn bộ nhớ máy tính, mà bộ xử lý có thể truy cập được (ví dụ, thông qua một hoặc nhiều liên kết giao tiếp dùng dây hoặc không dây). Như được sử dụng ở đây, “bộ nhớ máy tính” bao gồm các phương tiện từ tính (ví dụ, băng từ, ổ đĩa cứng, v.v.), đĩa quang, bộ nhớ bán dẫn khả biến hoặc bất biến (ví dụ, RAM (Random Access Memory - bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên), ROM (Read Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc), bộ nhớ flash (bộ nhớ chớp nhoáng) loại NAND, bộ nhớ flash loại NOR, bộ nhớ SONOS (silic oxit nitrat oxit silic), v.v.), v.v., và có thể được truy cập cục bộ, từ xa (ví dụ, qua mạng), hoặc tổ hợp của chúng. Nói chung, các lệnh này có thể được lưu dưới dạng phần mềm máy tính (ví dụ, mã thực thi được, các tệp tin, các lệnh, v.v., các tệp tin thư viện, v.v.), mà có thể dễ dàng được tạo ra bởi những người trong lĩnh vực, dựa vào những phần mô tả được cung cấp ở đây, ví dụ, được viết bằng các ngôn ngữ như C, C++, Visual Basic, Java, Python, Tel, Perl, Scheme, Ruby, v.v.. Các phần mềm máy tính thường được lưu ở một hoặc nhiều cấu trúc dữ liệu mà được mang bởi bộ nhớ máy tính.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng một hoặc nhiều bộ dẫn động (ví dụ, bộ dẫn động RF, bộ dẫn động servo, bộ dẫn động đường truyền, nguồn công suất, v.v.) có thể được ghép nối theo cách giao tiếp được với đầu vào của một hoặc nhiều thành phần chẳng hạn như nguồn laze 104, bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ ba 110, bộ dẫn động thấu kính, cơ cấu bù độ cao Z (xem phần dưới đây), v.v.. Theo một phương án, mỗi bộ dẫn động thường bao gồm đầu vào mà bộ điều khiển 114 được ghép nối theo cách giao tiếp được vào đó, và nhờ đó bộ điều khiển 114 hoạt động được để tạo ra một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển (ví dụ, các tín hiệu kích hoạt, v.v.), mà có thể được truyền đến (các) đầu vào của một hoặc nhiều bộ dẫn động mà được liên kết với một hoặc nhiều thành phần của thiết bị 100. Do đó, các thành phần chẳng hạn như nguồn laze 104, bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai

108, bộ định vị thứ ba 110, bộ dẫn động thấu kính, v.v., là đáp ứng lại các tín hiệu điều khiển mà bộ điều khiển 114 tạo ra.

Theo phương án khác, và tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng, một hoặc nhiều bộ điều khiển bổ sung nữa (ví dụ, các bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần) có thể tùy ý được ghép nối theo cách giao tiếp được với đầu vào của bộ dẫn động mà được ghép nối theo cách giao tiếp được với các thành phần (và nhờ đó được liên kết với thành phần đó) chẳng hạn như nguồn laze 104, bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ ba 110, bộ dẫn động thấu kính, cơ cấu thực hiện việc bù độ cao Z, v.v.. Theo phương án này, mỗi bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần có thể được ghép nối theo cách giao tiếp được với bộ điều khiển 114 và hoạt động được để tạo ra, đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển nhận được từ bộ điều khiển 114, một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển (ví dụ, các tín hiệu kích hoạt, v.v.), mà sau đó có thể được truyền đến (các) đầu vào của (các) bộ dẫn động mà nó được ghép nối theo cách giao tiếp được vào đó. Theo phương án này, bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần có thể được tạo cấu hình tương tự như đã được mô tả đối với bộ điều khiển 114.

Theo phương án khác mà trong đó một hoặc nhiều bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần được sử dụng, thì bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần mà được liên kết với thành phần này (ví dụ, nguồn laze 104) có thể được ghép nối theo cách giao tiếp được với bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần mà được liên kết với thành phần kia (ví dụ, bộ định vị thứ nhất 106, v.v.). Theo phương án này, một hoặc nhiều trong số các bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần này có thể hoạt động được để tạo ra một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển (ví dụ, các tín hiệu kích hoạt, v.v.) đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển nhận được từ một hoặc nhiều bộ điều khiển riêng của mỗi thành phần khác.

III. Các phương án về bộ định vị thứ hai

Tuy các phương án cụ thể ở phần về bộ định vị thứ hai 108 này là được mô tả liên quan đến thiết bị 100, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc tổ hợp bất kỳ của các phương án này, là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị xử lý laze bất kỳ mà khác với thiết bị 100. Theo một số phương án, bộ

định vị thứ hai 108 được tạo ra dưới dạng hệ thống gương điện kế bao gồm các thành phần gương điện kế (ví dụ, mỗi thành phần đều bao gồm gương) được bố trí trên đường đi của chùm.

Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.2, hệ thống gương điện kế này được tạo ra dưới dạng hệ thống gương điện kế 200, mà bao gồm thành phần gương điện kế thứ nhất 202a và thành phần gương điện kế thứ hai 202b. Thành phần gương điện kế thứ nhất 202a bao gồm gương thứ nhất 204a được ghép nối với cơ cấu gắn thứ nhất 206a, mô tơ thứ nhất 208a để làm quay gương thứ nhất 204a qua cơ cấu gắn thứ nhất 206a, và tùy ý, bộ dò vị trí (không được thể hiện trên hình vẽ) được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu vị trí tương ứng với sự chuyển động quay của cơ cấu gắn thứ nhất 206a quanh trục quay thứ nhất 210a, ví dụ, để cho phép điều khiển servo vòng lặp kín đối với mô tơ thứ nhất 208a. Tương tự, thành phần gương điện kế thứ hai 202b bao gồm gương thứ hai 204b, cơ cấu gắn thứ hai 206b và mô tơ thứ hai 208b, mỗi trong số đó cũng được tạo kết cấu như đã mô tả trên đây đối với thành phần gương điện kế thứ nhất 202a. Thành phần gương điện kế thứ hai 202b có thể tùy ý bao gồm bộ dò vị trí (không được thể hiện trên hình vẽ) được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu vị trí tương ứng với sự chuyển động quay của cơ cấu gắn thứ hai 206b quanh trục quay thứ hai 210b, ví dụ, để cho phép điều khiển servo vòng lặp kín đối với mô tơ thứ hai 208b.

Như được thể hiện làm ví dụ trên hình vẽ, gương thứ nhất 204a được bố trí tại vị trí thứ nhất trên đường đi của chùm 116 (ví dụ, nằm tương đối xa thấu kính quét 112) và gương thứ hai 204b được bố trí tại vị trí thứ hai trên đường đi của chùm 116 (ví dụ, nằm tương đối gần thấu kính quét 112). Gương thứ nhất 204a có thể quay được quanh trục quay thứ nhất 210a (ví dụ, trục Y) để phản xạ các xung laze và gây ra sự di chuyển của đường đi của chùm 116 (nhờ đó gây ra sự di chuyển của trục chùm trong khoảng quét thứ hai mà kéo dài, ví dụ, một khoảng cách $d(x)$ theo chiều X. Tương tự, gương thứ hai 204b có thể quay được quanh trục quay thứ hai 210b (ví dụ, trục X) để phản xạ các xung laze và gây ra sự di chuyển cho đường đi của chùm 116 (nhờ đó gây ra sự di chuyển của trục chùm trong khoảng quét thứ hai mà kéo dài, ví dụ, một khoảng cách $d(y)$ theo chiều Y. Theo một số phương án, các khoảng cách $d(x)$ và $d(y)$ có thể nằm trong khoảng từ 1 mm đến 200 mm, như đã mô tả trên đây. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các khoảng cách $d(x)$ và $d(y)$ này có thể nằm trong khoảng nhỏ hơn 1 mm hoặc

lớn hơn 200 mm. Do đó, các khoảng cách $d(x)$ và $d(y)$ này có thể lớn hơn hoặc bằng 1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm, 25 mm, 50 mm, 100 mm, 150 mm, 160 mm, 170 mm, 200 mm, v.v.. Tương tự, các khoảng cách $d(x)$ và $d(y)$ này có thể nhỏ hơn 200 mm, 170 mm, 160 mm, 150 mm, 100 mm, 50 mm, 25 mm, 10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

A. Sai số viễn tâm

Theo một phương án, hệ thống gương điện kế 200 được tạo kết cấu sao cho đường đi của chùm, khi được làm lệch trước hết là bởi gương thứ nhất 204a và tiếp theo là bởi gương thứ hai 204b, giao với đồng tử của thấu kính quét 112 (hoặc giao với thấu kính quét 112 tại vị trí nằm trong vùng lân cận của đồng tử này) khi trục chùm được di chuyển trong khoảng quét thứ hai. Tuy nhiên, đã phát hiện thấy rằng một số dạng kết cấu của hệ thống gương điện kế 200 sẽ làm cho đường đi của chùm, khi được làm lệch trước hết bởi gương thứ nhất 204a và tiếp theo là bởi gương thứ hai 204b, giao với thấu kính quét 112 tại vị trí bị dịch khỏi đồng tử của nó (hoặc giao với thấu kính quét 112 tại vị trí nằm ngoài vùng lân cận nêu trên của đồng tử), từ đó tạo ra các sai số viễn tâm mà làm cho các xung laze bị phân phối đến các vị trí bị dịch khỏi vị trí của các điểm xử lý mong muốn. Ví dụ, các tác giả sáng chế đã phát hiện thấy rằng độ dịch vị trí $\pm 0,8 \mu\text{m}$ (theo chiều X và chiều Y) là có thể được nhận thấy đối với mỗi góc lệch là 1° tại gương thứ nhất 204a, tùy theo độ cao theo chiều Z của bề mặt gia công. Lượng dịch vị trí ít hơn nhiều cũng được nhận thấy đối với mỗi góc lệch tại gương thứ hai 204b. Tuy không muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể nào, nhưng tin rằng khoảng cách từ gương thứ nhất 204a đến thấu kính quét 112 (mà lớn hơn khoảng cách giữa gương thứ hai 204b và thấu kính quét 112) chủ yếu góp phần vào việc tạo ra các sai số viễn tâm và các độ dịch vị trí quan sát thấy. Các độ dịch vị trí này cuối cùng có thể làm giảm độ chính xác vị trí khi mà các kết cấu đặc trưng, chẳng hạn như các lỗ via, được khoan.

Để cho phép giữ được độ chính xác vị trí để nhờ đó các kết cấu đặc trưng, chẳng hạn như các lỗ via, được khoan, thì thành phần gương điện kế thứ nhất 202a có thể được dẫn động (ví dụ, đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114, đáp lại dòng điện được xuất ra bởi bộ dẫn động servo mà được nối với

thành phần gương điện kế thứ nhất 202a, v.v.) để làm quay gương thứ nhất 204a quanh trục quay thứ nhất 210a để gây ra sự di chuyển của đường đi của chùm 116 để gây ra sự di chuyển của trục chùm trong khoảng quét thứ hai mà kéo dài, ví dụ, một khoảng cách $d'(x)$, nhỏ hơn $d(x)$, theo chiều X. Khi giới hạn kích thước của khoảng quét thứ hai theo chiều X, thì kích thước của khoảng quét thứ hai theo chiều Y có thể được tăng lên đến khoảng cách $d'(y)$, mà có thể lớn hơn khoảng cách $d(y)$ như đã được mô tả làm ví dụ trên đây. Xem, ví dụ, Fig.3, mà thể hiện các khoảng quét thứ hai theo hai phương án của sáng chế. Khoảng quét thứ hai 302a biểu thị khoảng quét thông thường mà trong đó các khoảng cách $d(x)$ và $d(y)$ là bằng nhau. Khoảng quét thứ hai 302b biểu thị khoảng quét khác mà trong đó các khoảng cách $d'(x)$ và $d'(y)$ là không bằng nhau (tức là, khoảng cách $d'(x)$ nhỏ hơn khoảng cách $d'(y)$). Trong các quy trình chẳng hạn như các quy trình khoan lỗ via, thì khoảng cách $d'(x)$ có thể nằm trong khoảng từ 0,04 mm đến 200 mm. Tuy nhiên, cần hiểu rằng khoảng cách $d'(x)$ có thể nhỏ hơn 0,04 mm hoặc lớn hơn 200 mm. Ví dụ, khoảng cách $d'(x)$ có thể lớn hơn 0,04 mm, 0,1 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 40 mm, 70 mm, 100 mm, 150 mm, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này, trong khi vẫn nhỏ hơn khoảng cách $d'(y)$. Tương tự, khoảng cách $d'(x)$ có thể nhỏ hơn 30 mm, 25 mm, 20 mm, 15 mm, 10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Khi phát hiện thấy bất kỳ độ dịch vị trí không mong muốn nào mà bị gây ra bởi các sai số viễn tâm mà bị tạo ra khi quay gương thứ hai 204b, thì thành phần gương điện kế thứ hai 202b có thể được dẫn động theo cách tương tự để làm quay gương thứ hai 204b quanh trục quay thứ hai 210b để gây ra sự di chuyển của đường đi của chùm 116 để gây ra sự di chuyển của trục chùm trong khoảng quét thứ hai mà kéo dài, ví dụ, một khoảng cách đã được thay đổi mà nhỏ hơn $d(y)$ theo chiều Y (trong đó khoảng cách đã được thay đổi này là lớn hơn khoảng cách $d'(x)$).

Tuy nhiên, cần hiểu rằng sai số viễn tâm có thể được giảm hoặc được triệt tiêu bằng cách thay hệ thống gương điện kế 200 bằng bộ định vị chẳng hạn như phần tử FSM (Fast Steering Mirror - gương lái nhanh) hai trục (ví dụ, có khả năng làm lệch đường đi của chùm theo chiều X và chiều Y) mà bao gồm bộ dẫn động áp điện, bộ dẫn động điện giao, bộ dẫn động cuộn dây âm thanh, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

IV. Các phương án về phép đo và bù độ cao Z

Thông thường, độ dài của phần của đường đi của chùm mà kéo dài từ đầu ra của thiết bị 100 (ví dụ, là thấu kính quét 112 theo phương án được thể hiện này) đến vị trí điểm xử lý mong muốn (tức là, khoảng cách mà xung laze đi khi vừa ra khỏi thiết bị 100 cho đến khi nó được phân phối đến vật gia công tại điểm xử lý đó) được gọi là “độ cao Z”. Đối với nhiều quy trình xử lý bằng laze, thì các xung laze thường cho chất lượng điểm xử lý tốt nhất (ví dụ, xét về mặt kích thước, hình dạng, và sự đồng nhất) và độ thông cao nhất tại chỗ thắt chùm (tức là, khi kích thước điểm của xung laze được phân phối tại điểm xử lý là bằng (hay ít nhất là gần bằng) kích thước điểm tại chỗ thắt chùm). Tuy nhiên, các quy trình xử lý bằng laze khác thì không yêu cầu kích thước điểm của xung laze được phân phối tại điểm xử lý phải bằng (hay thậm chí là gần bằng) kích thước điểm tại chỗ thắt chùm. Tuy nhiên, sự sai lệch về kích thước điểm của xung laze được phân phối tại điểm xử lý mong muốn so với kích thước điểm mong muốn có thể làm cho độ thông trở nên thấp ngoài ý muốn, và làm thay đổi kích thước và sự phân bố cường độ của xung laze được phân phối tại điểm xử lý mong muốn. Những sự sai lệch này có thể ảnh hưởng đến chất lượng và/hoặc năng suất của quy trình xử lý laze.

Để bảo đảm rằng xung laze mà được phân phối đến điểm xử lý mong muốn sẽ có kích thước điểm mong muốn, thì thiết bị 100 có thể tùy ý bao gồm bộ cảm biến độ cao Z 124 được tạo cấu hình để đo khoảng cách giữa (hoặc đặc tính biểu thị khoảng cách giữa) thấu kính quét 112 và vùng của bề mặt gia công 102a (còn được gọi là “khoảng cảm biến” của bề mặt gia công 102a). Như được sử dụng ở đây, khoảng cách đo được này (hoặc đặc tính biểu thị khoảng cách đo được) cũng được gọi là “độ cao Z đo được của bề mặt gia công”. Ngoài ra, khi bộ cảm biến độ cao Z 124 được tạo cấu hình để đo khoảng cách (hoặc đặc tính của nó) giữa thấu kính quét 112 cụ thể và vùng của bề mặt gia công 102a, thì bộ cảm biến độ cao Z 124 cũng có thể được mô tả như là bộ cảm biến độ cao Z mà được liên kết với thấu kính quét 112 cụ thể đó (hoặc được liên kết với đầu quét cụ thể mà bao gồm thấu kính quét đó), hay một cách đơn giản hơn, là “bộ cảm biến độ cao Z được liên kết”. Bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể được cung cấp như bộ cảm biến xê dịch, bộ cảm biến khoảng cách, bộ cảm biến vị trí, v.v.,

phù hợp hoặc có lợi bất kỳ, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Các ví dụ về các bộ cảm biến mà có thể được dùng làm bộ cảm biến độ cao Z 124 bao gồm bộ cảm biến tam giác đặc laze, bộ cảm biến profin laze, bộ cảm biến laze quét đồng tiêu, bộ cảm biến xê dịch giao thoa đồng tiêu, bộ cảm biến khí áp kế, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo một phương án, bộ cảm biến độ cao Z 124 được cố định vị trí so với thấu kính quét 112 được liên kết của nó (ví dụ, bộ cảm biến độ cao Z 124 được ghép nối với đầu quét 118, vỏ chứa thấu kính quét, v.v., hoặc được ghép nối với khung mà đầu quét 118 được ghép nối vào đó). Trong trường hợp này, vị trí của khoảng cảm biến so với khoảng quét thứ hai (ví dụ, khi được đo trên mặt phẳng X-Y) là được cố định. Theo phương án khác, thiết bị 100 được tạo kết cấu sao cho bộ cảm biến độ cao Z 124 và thấu kính quét 112 là có thể di chuyển được so với nhau. Ví dụ, bộ cảm biến độ cao Z có thể di chuyển được (ví dụ, theo chiều X, chiều Y hoặc chiều Z, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các phương đó) so với thấu kính quét 112 (ví dụ, bộ cảm biến độ cao Z 124 được ghép nối với tầng thẳng hoặc tầng quay mà được ghép nối với đầu quét 118 hoặc với khung, côngxon, đường ray, v.v., khác mà được liên kết với thiết bị 100). Theo phương án khác, bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể được cố định vị trí ở thiết bị 100, và thấu kính quét 112 có thể di chuyển được (ví dụ, theo chiều X, Y hoặc Z, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các phương này) so với bộ cảm biến độ cao Z 124.

Bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể tạo ra một hoặc nhiều tín hiệu (ví dụ, “các tín hiệu độ cao Z”), dữ liệu (ví dụ, dữ liệu về độ cao Z), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng (được gọi chung là “thông tin về độ cao Z”) cho biết độ cao Z đo được của bề mặt gia công, và xuất đến bộ điều khiển 114. Ở dạng thô, thì thông tin về độ cao Z mà được tạo ra hoặc được xuất ra từ bộ cảm biến độ cao Z 124 là có thể có nhiều. Đôi khi, nhiều này có thể quá lớn đối với việc tạo ra cơ sở tin cậy để xác định xem độ cao Z của bề mặt gia công có nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước hay không (ví dụ, $\pm 60 \mu\text{m}$, $\pm 70 \mu\text{m}$, $\pm 80 \mu\text{m}$, $\pm 90 \mu\text{m}$, $\pm 100 \mu\text{m}$, v.v.) so với độ cao Z tham chiếu của bề mặt gia công. Nếu thông tin về độ cao Z “thô” đó quá nhiều, thì nó có thể được xử lý (ví dụ, được lọc, được làm mịn, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các hoạt động đó) tại bộ cảm biến độ cao Z 124, tại bộ điều khiển 114, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, để thu được độ cao Z “đã được xử lý” của bề mặt gia công, để có thể tạo cơ sở để xác

định xem độ cao Z của bề mặt gia công có nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước hay không.

Theo một phương án, các mục của thông tin về độ cao Z thô hoặc đã được xử lý là được lưu giữ (ví dụ, trong cấu trúc dữ liệu mà được mang bởi bộ nhớ máy tính, chẳng hạn như bộ đệm của bộ điều khiển 114). Mỗi mục của thông tin về độ cao Z có thể được lưu giữ kết hợp với mục thông tin tương ứng mà cho biết vị trí của khoảng cảm biến so với khoảng quét thứ ba (ở đây còn được gọi là “vị trí cảm biến”) khi thu được kết quả đo độ cao Z mà được liên kết với mục thông tin về độ cao Z đó. Các thông tin cho biết vị trí cảm biến có thể được thu thập hoặc được trích xuất (ví dụ, tại bộ điều khiển 114) từ một hoặc nhiều tín hiệu (ví dụ, các tín hiệu của bộ mã hoá) mà được bộ định vị thứ ba 110 tạo ra và xuất đến bộ điều khiển 114, và có thể được cho xét về vị trí theo chiều X, Y hoặc Z, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Nói chung là khoảng cách giữa các vị trí cảm biến có thể phụ thuộc vào một hoặc nhiều yếu tố, chẳng hạn như vật gia công 102 cần xử lý, kiểu xử lý cần thực hiện, vị trí cần tạo ra kết cấu đặc trưng trên hoặc trong vật gia công 102, độ chính xác mong muốn khi cần tạo ra kết cấu đặc trưng trên hoặc trong vật gia công 102, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các yếu tố đó. Theo một phương án, khoảng cách giữa các vị trí cảm biến là nằm trong khoảng từ 0,1 mm đến 6 mm (ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,2 mm đến 5 mm). Theo phương án khác (ví dụ, mà trong đó vật gia công 102 là PCB, và quy trình xử lý bao gồm hoạt động khoan lỗ via), thì khoảng cách giữa các vị trí cảm biến là nằm trong khoảng từ 0,5 mm đến 1,5 mm (ví dụ, 1 mm, hoặc khoảng đó). Tuy nhiên, cần hiểu rằng khoảng cách giữa các vị trí cảm biến có thể nhỏ hơn 0,1 mm hoặc lớn hơn 6 mm. Khoảng cách giữa hai cặp vị trí cảm biến liên kế có thể không đổi, hoặc có thể biến thiên. Theo một phương án, các phép đo độ cao Z có thể được kích hoạt đáp lại tín hiệu điều khiển nhận được từ bộ điều khiển 114 (ví dụ, mà được tạo ra và được xuất ra khi nhận được một hoặc nhiều tín hiệu của bộ mã hoá mà được xuất ra bởi bộ định vị thứ ba 110, v.v.), đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu của bộ mã hoá mà nhận được từ bộ định vị thứ ba 110, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo phương án khác, mục thông tin về độ cao Z (và thông tin về vị trí liên quan của nó) là chỉ được lưu khi độ cao Z của bề mặt gia công được cho biết là nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước. Theo phương án này, bộ điều khiển

114 có thể được tạo cấu hình để xử lý thông tin về độ cao Z để xác định xem độ cao Z của bề mặt gia công (ví dụ, khi được đo hoặc được xử lý) tại vị trí cụ thể có nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước hay không (và lưu thông tin về độ cao Z và thông tin về vị trí khi kết quả xác định được là có). Theo phương án khác, bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể được tạo cấu hình để xử lý thông tin về độ cao Z để xác định xem độ cao Z của bề mặt gia công (ví dụ, khi được đo hoặc được xử lý) có nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước hay không (và xuất thông tin về độ cao Z đó đến bộ điều khiển 114 khi xác định được là có).

Nếu độ cao Z của bề mặt gia công (ví dụ, khi được đo hoặc được xử lý) được xác định (ví dụ, bởi bộ điều khiển 114 hoặc bộ cảm biến độ cao Z 124) là nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước, thì bộ điều khiển 114 có thể tạo ra và xuất một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển đến bộ dẫn động thấu kính, bộ định vị thứ ba 110, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, để bù cho lượng biến thiên hoặc sự sai lệch đo được bên ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước này (ví dụ, để xung laze được phân phối sẽ có kích thước điểm mong muốn tại điểm xử lý mong muốn). Hoạt động bù độ cao Z có thể được thực hiện bằng cách xuất ra một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển để dẫn động một hoặc nhiều cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z sao cho xung laze được phân phối sẽ có kích thước điểm mong muốn tại điểm xử lý mong muốn. Các ví dụ về các cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z , mà có thể được sử dụng theo các phương án được mô tả ở đây, sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Việc bù độ cao Z trong thời gian thực là đơn giản nếu đã biết độ cao Z của bề mặt gia công. Tuy nhiên, độ cao Z của bề mặt gia công có thể là chưa biết (hoặc có thể là chưa biết với độ chính xác cần thiết) trước khi vật gia công 102 được xử lý. Theo một phương án, độ cao Z của bề mặt gia công tại tất cả các vị trí mà ở đó vật gia công 102 cần được xử lý là được đo trước khi quy trình xử lý laze đối với vật gia công 102 bắt đầu. Tuy nhiên, phép đo “ngoại tuyến” đó đối với độ cao Z của bề mặt gia công có thể cần quá nhiều thời gian hoặc chi phí khi vật gia công 102 là lớn. Điều này đặc biệt đúng nếu khoảng thời gian cho trước mà cần thiết để hoàn tất công việc xử lý bằng laze là tương đối ngắn, nếu khoảng được cảm biến của bộ cảm biến độ cao Z là nhỏ so với kích thước của vật gia công 102, v.v.. Ngoài ra, sự biến thiên về độ cao Z của bề mặt gia công có thể đủ lớn để khiến các quy trình xử lý bằng laze không thể đáp

ứng được các yêu cầu về chất lượng được quy định. Do đó, có thể tốt hơn nếu đo độ cao Z của bề mặt gia công trong thời gian thực, trong lúc xử lý vật gia công, thay vì trước khi xử lý vật gia công.

Để tạo thuận lợi cho việc đo độ cao Z của bề mặt gia công trong thời gian thực, thì bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể được sắp xếp và được tạo kết cấu sao cho khoảng cảm biến nằm trong khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, nằm một phần hoặc hoàn toàn trong khoảng quét thứ hai 302b, để trọng tâm hoặc vùng tâm khác của khoảng cảm biến đó nằm trong hoặc ngoài khoảng quét thứ hai 302b). Do đó, theo một phương án, việc bù cho sự biến thiên hoặc sự sai lệch dò được về độ cao Z của bề mặt gia công có thể được thực hiện ngay khi xác định được rằng lượng thiên hoặc sai lệch dò được là nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định. Tuy nhiên, thời gian đáp ứng của cơ cấu thực hiện việc bù độ cao Z có thể quá lâu, và cần phải được bù (ví dụ, bằng cách làm trễ trình tự xử lý laze cho đến khi lượng biến thiên hoặc sai lệch dò được về độ cao Z của bề mặt gia công đã được bù). Dưới đây, những độ trễ do thời gian đáp ứng của các cơ cấu thực hiện việc bù độ cao Z sẽ được gọi là “những độ trễ thời gian đáp ứng”. Hoạt động xử lý thông tin thô về độ cao Z (ví dụ, để thu được độ cao Z “đã được xử lý” của bề mặt gia công) cũng có thể là nguồn gây trễ (còn được gọi là “độ trễ xử lý”) mà có thể cần được bù theo cách tương tự. Tuy nhiên, nếu thời gian đáp ứng và những độ trễ xử lý là tương đối nhỏ so với tốc độ mà khoảng quét thứ hai được di chuyển so với vật gia công (hoặc ngược lại), thì những độ trễ đó không cần phải được bù.

Trong một số trường hợp, có thể khó thu được kết quả đo chính xác về độ cao Z của bề mặt gia công khi khoảng cảm biến được đặt trong khoảng quét thứ hai 302b như đã mô tả trên đây. Do đó, theo các phương án khác, bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể được sắp xếp và được tạo kết cấu sao cho khoảng cảm biến này nằm hoàn toàn bên ngoài khoảng quét thứ hai 302b. Ví dụ, và như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6, bộ cảm biến độ cao Z 124 được sắp xếp và được tạo kết cấu sao cho khoảng cảm biến 402 được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều Y (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.4), theo chiều X (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.5), hoặc theo chiều X và chiều Y (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.6.). Tuy các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6 thể hiện rằng khoảng cảm biến 402 là được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều -X, chiều -Y, hoặc chiều -X và -Y, nhưng cần hiểu rằng khoảng cảm biến 402

cũng có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều bất kỳ trong số các chiều $-X$, $+X$, $-Y$, hoặc $+Y$, hoặc tổ hợp bất kỳ của các chiều này. Theo các phương án được thể hiện trên Fig.4 và Fig.6, thì khoảng cách hay bước $p(y)$ giữa khoảng quét thứ hai 302b và khoảng cảm biến 402 theo chiều Y (tức là, khi được đo từ tâm của mỗi trong số các vùng này theo chiều Y) là bằng khoảng cách $d'(y)$ của khoảng quét thứ hai 302b. Tương tự, theo các phương án được thể hiện trên Fig.5 và Fig.6, thì khoảng cách hay bước $p(x)$ giữa khoảng quét thứ hai 302b và khoảng cảm biến 402 theo chiều X (tức là, khi được đo từ tâm của mỗi trong số các vùng này theo chiều X) là bằng khoảng cách $d'(x)$ của khoảng quét thứ hai 302b. Tuy nhiên theo các phương án khác, thì các khoảng cách $p(y)$ và $p(x)$ có thể lần lượt lớn hơn hoặc nhỏ hơn so với các khoảng cách $d'(y)$ và $d'(x)$ tương ứng.

Theo các ví dụ được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6, thì khoảng cảm biến 402 gần như có hình tròn, với đường kính nằm trong khoảng từ 1 mm đến 3 mm. Theo một phương án, khoảng cảm biến 402 này có đường kính nằm trong khoảng từ 1,5 mm đến 2 mm. Tuy nhiên, cần hiểu rằng khoảng cảm biến 402 có thể có đường kính nhỏ hơn 1 mm hoặc lớn hơn 3 mm. Ví dụ, khoảng cảm biến 402 có thể có đường kính bằng hoặc lớn hơn khoảng cách bất kỳ trong số các khoảng cách $d(x)$, $d'(x)$, $d(y)$ hoặc $d'(y)$ nêu trên. Tuy nhiên, theo các phương án ví dụ khác, thay vì có hình tròn, thì hình dạng của khoảng cảm biến 402 có thể gần như là hình tam giác, hình vuông, hình chữ nhật, hình elip, v.v.. Theo phương án ví dụ khác nữa, thì hình dạng và kích thước của khoảng cảm biến 402 có thể gần giống hình dạng và kích thước của khoảng quét thứ hai 302b. Theo một phương án, bộ cảm biến độ cao Z 124 được tạo cấu hình để tạo ra thông tin về độ cao Z để cho biết độ cao Z trung bình của bề mặt gia công đo được trong khoảng cảm biến 402. Theo phương án khác, bộ cảm biến độ cao Z 124 được tạo cấu hình để tạo ra thông tin về độ cao Z để cho biết độ cao Z thực tế hoặc trung bình của bề mặt gia công đo được tại nhiều điểm trong khoảng cảm biến 402.

Do đó, việc đặt khoảng cảm biến 402 so với khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, mà có thể được đặc trưng bởi chiều mà theo đó khoảng cảm biến 402 được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b, bước giữa khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) là có thể linh hoạt. Ví dụ, việc đặt khoảng cảm biến 402 so với khoảng quét thứ hai 302b có thể tương ứng với sự chuyển động

tương đối của khoảng quét thứ hai 302b và vật gia công 102 trong quá trình xử lý laze. Sự chuyển động tương đối đó có thể được đặc trưng bởi các thông số chẳng hạn như tốc độ chuyển động, chiều chuyển động - mà có thể là theo chiều X hoặc chiều Y, hoặc một hoặc nhiều chiều mà không phải là chiều X và chiều Y, hoặc tổ hợp bất kỳ của các chiều đó, v.v..

Do đó, theo một phương án, khoảng cảm biến 402 có thể được dịch so với khoảng quét thứ hai 302b theo chiều khác với chiều mà theo đó khoảng quét thứ hai 302b được làm cho di chuyển so với vật gia công 102 (ví dụ, khi di chuyển thấu kính quét 112, vật gia công 102, hoặc tổ hợp của chúng, bằng cách dẫn động bộ định vị thứ ba 110). Ví dụ, khoảng cảm biến 402 có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều -X (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.5 hoặc Fig.6) hoặc theo chiều +X nếu trong quá trình xử lý laze dự định mà khoảng quét thứ hai 302b được làm di chuyển theo chiều +Y hoặc -Y so với vật gia công 102. Việc dịch khoảng cảm biến 402 theo cách này có thể có lợi cho việc đo độ cao Z của bề mặt gia công trong thời gian thực nhưng cũng dễ bị ảnh hưởng bởi thời gian đáp ứng và những độ trễ xử lý nêu trên. Ngoài ra, việc dịch khoảng cảm biến 402 như đã mô tả trên đây có thể gặp phải vấn đề nếu hoạt động xử lý laze được thực hiện tại mép của vật gia công 102 và khoảng cảm biến 402 không nằm trên vật gia công 102 hoặc chỉ nằm một phần trên vật gia công 102. Tuy nhiên, các vấn đề này (hoặc khả năng gặp phải vấn đề) có thể được cải thiện hoặc được tránh bằng cách thực hiện kỹ thuật quét theo một hoặc nhiều phương án được mô tả làm ví dụ dưới đây, khi xử lý vật gia công 102.

Theo phương án khác, khoảng cảm biến 402 có thể được dịch so với khoảng quét thứ hai 302b theo chiều giống với chiều mà theo đó khoảng quét thứ hai 302b được làm cho di chuyển so với vật gia công 102 (ví dụ, khi di chuyển thấu kính quét 112, vật gia công 102, hoặc tổ hợp của chúng, bằng cách dẫn động bộ định vị thứ ba 110). Ví dụ, khoảng cảm biến 402 có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều -Y (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.4 hoặc Fig.6) nếu trong quá trình xử lý laze dự định mà khoảng quét thứ hai 302b được làm cho di chuyển theo chiều -Y so với vật gia công 102. Việc dịch khoảng cảm biến 402 theo cách này có thể có lợi cho việc đo độ cao Z của bề mặt gia công trong thời gian thực nhưng cũng dễ bị ảnh hưởng bởi những độ trễ nêu trên. Ngoài ra, và tùy theo vật gia công 102 đang được xử

lý, thì việc dịch khoảng cảm biến 402 như đã mô tả trên đây sẽ thường (mặc dù không nhất thiết phải luôn luôn) chỉ được thực hiện nếu khoảng cảm biến 402 được dịch theo cùng chiều mà theo đó khoảng quét thứ hai 302b được làm cho di chuyển so với vật gia công 102. Tuy nhiên, vấn đề này có thể được giảm nhẹ bằng cách bố trí nhiều bộ cảm biến độ cao Z (ví dụ, được tạo kết cấu và được sắp xếp sao cho tạo ra nhiều khoảng cảm biến, mỗi khoảng được bố trí trên các đầu đối nhau của khoảng quét thứ hai 302b). Vấn đề này cũng có thể được giảm nhẹ bằng cách thực hiện kỹ thuật quét theo một hoặc nhiều phương án được mô tả làm ví dụ dưới đây, khi xử lý vật gia công 102.

Theo các phương án mà trong đó trọng tâm hoặc vùng tâm khác của khoảng cảm biến 402 được đặt hoàn toàn bên ngoài khoảng quét thứ hai 302b, thì bộ điều khiển 114 bù cho lượng biến thiên hoặc lượng sai lệch dò được mà được chỉ thị bởi mục thông tin về độ cao Z khi vị trí xử lý là giống với vị trí cảm biến mà được liên kết với mục thông tin về độ cao Z đó. Theo phương án khác, việc bù cho lượng biến thiên hoặc lượng sai lệch dò được là được thực hiện khi vị trí xử lý nằm trong khoảng cách được quy định (ví dụ, trong khoảng 400 μm , 200 μm , 100 μm , 80 μm , 60 μm , 50 μm , 30 μm , 15 μm , v.v.) của vị trí cảm biến. Khoảng cách được quy định này có thể là cố định, hoặc có thể là biến thiên tùy theo các yếu tố chẳng hạn như tốc độ mà khoảng quét thứ hai 302b được quét, thời gian đáp ứng của cơ cấu thực hiện việc bù độ cao Z, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các yếu tố đó. Hoạt động bù đó có thể được thực hiện tương tự như vậy theo các phương án mà trong đó trọng tâm hoặc vùng tâm khác của khoảng cảm biến 402 nằm trong khoảng quét thứ hai 302b, hoặc khoảng cảm biến 402 được đặt một phần trong khoảng quét thứ hai 302b nhưng trọng tâm hoặc vùng tâm khác của khoảng cảm biến 402 thì nằm ngoài khoảng quét thứ hai 302b.

Vị trí xử lý có thể là vị trí (ví dụ, được xác định so với khoảng quét thứ ba) mà ở đó xung laze hiện tại cần được phân phối đến điểm xử lý trong quá trình xử lý vật gia công, vị trí trọng tâm tương ứng với các vị trí mà ở đó loạt xung laze cần được phân phối tuần tự đến các điểm xử lý được phân bố trong không gian trong quá trình xử lý vật gia công, một phần của khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, mép của nó, trọng tâm hoặc vùng bên trong khác của nó), một phần của khoảng quét thứ nhất (ví dụ, mép của nó, trọng tâm hoặc vùng bên trong khác của nó), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các vị trí này. Thông tin cho biết vị trí xử lý có thể được thu thập hoặc được trích xuất (ví

dụ, tại bộ điều khiển 114) từ một hoặc nhiều tín hiệu (ví dụ, các tín hiệu của bộ mã hoá) mà được tạo ra và được xuất đến bộ điều khiển 114 bởi bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ ba 110, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, từ thông tin mô tả quỹ đạo xử lý, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Tuy các phương án cụ thể ở phần liên quan đến việc đặt khoảng cảm biến 402 này đã được mô tả liên quan đến khoảng quét thứ hai 302b, nhưng cần hiểu rằng theo các phương án khác, thì bộ cảm biến độ cao Z 124 có thể được sắp xếp và được tạo kết cấu sao cho khoảng cảm biến 402 được dịch theo cách tương tự như vậy khỏi các khoảng quét khác, chẳng hạn khoảng quét thứ hai 302a. Ngoài ra, tuy các phương án cụ thể ở phần liên quan đến độ cao Z này đã được mô tả liên quan đến thiết bị 100, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc tổ hợp bất kỳ của các phương án này, là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị xử lý laze bất kỳ mà khác với thiết bị 100. Ngoài ra, tuy các phương án cụ thể ở phần liên quan đến phép đo độ cao Z và bù độ cao Z, v.v., này đã được mô tả liên quan đến thiết bị xử lý laze và các quy trình xử lý bằng laze, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể được thực hiện với thiết bị phù hợp bất kỳ khác, chẳng hạn như thiết bị khoan cơ học, thiết bị cắt hoặc khoan bằng nước, máy cắt bằng chùm electron, máy mài thổi, v.v., mà được tạo kết cấu để xử lý vật gia công.

A. Các phương án ví dụ về các cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z

i. Bộ dẫn động thấu kính

Theo một phương án, cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z có thể bao gồm bộ dẫn động thấu kính nêu trên. Ví dụ, bộ dẫn động thấu kính này có thể được dẫn động để điều chỉnh vị trí của chỗ thắt chùm theo trục chùm (ở đây còn được gọi là “độ cao Z hội tụ”, khi được đo từ đồng tử ra của thấu kính quét 112), để xung laze được phân phối sẽ có kích thước điểm mong muốn tại điểm xử lý mong muốn.

ii. Bộ định vị thứ nhất

Theo một phương án, bộ định vị thứ nhất 106 có thể bao gồm gương hoặc dây gương MEMS, như đã được mô tả làm ví dụ trên đây, mà có thể được dẫn động để thực hiện việc bù độ cao Z bằng cách thay đổi hình dạng điểm hoặc kích thước điểm

của các xung laze được phân phối đến vật gia công 102. Theo phương án khác, bộ định vị thứ nhất 106 có thể bao gồm một hoặc nhiều hệ thống AOD, như đã được mô tả làm ví dụ trên đây, mà có thể được dẫn động (ví dụ, khi cấp một hoặc nhiều tín hiệu RF vào một hoặc nhiều phần tử biến đổi siêu âm, mà mỗi trong số các phần tử này đều được ghép nối về mặt âm với một hoặc nhiều tế bào AO) để thực hiện việc bù độ cao Z. Các phương án ví dụ về việc dẫn động hệ thống AOD sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Tuy các phương án ví dụ này được mô tả liên quan đến hệ thống AOD được kết hợp trong thiết bị chẳng hạn như thiết bị 100 hoặc 700, nhưng cần hiểu rằng các phương án ví dụ này cũng có thể được thực hiện một cách phù hợp với bất kỳ thiết bị dựa trên laze nào mà bao gồm hệ thống AOD, cho dù thiết bị dựa trên laze đó có phải là thiết bị xử lý laze hay không.

a. Các tín hiệu RF được di tần

Theo một phương án, khi bộ định vị thứ nhất 106 bao gồm hệ thống AOD (ví dụ, hệ thống AOD đa trục), thì hệ thống AOD này có thể được dẫn động bằng cách di tần tín hiệu RF được cấp đến một hoặc nhiều phần tử biến đổi siêu âm của hệ thống AOD khi các xung laze đi qua tế bào AO mà được ghép nối về mặt âm vào đó. Việc di tần tín hiệu RF được cấp có tác dụng là tạo ra sự thay đổi về tiêu cự của chùm xung laze đi ra khỏi hệ thống AOD. Khi thay đổi tiêu cự, thì kích thước điểm hiệu dụng của các xung laze được phân phối đến vật gia công 102 cũng thay đổi tương ứng. Mức độ mà tiêu cự được thay đổi có thể được đặc trưng như sau:

$$F = v^2 / \left(\lambda * \frac{df}{dt} \right),$$

trong đó F là tiêu cự hiệu dụng được tạo ra do sự di tần, v là vận tốc âm trong tế bào AO, λ là bước sóng của các xung laze và df/dt là tốc độ thay đổi tần số RF được cấp vào phần tử biến đổi siêu âm. Như có thể thấy, chiều mà tiêu cự được thay đổi (tức là, tiến về phía hoặc ra xa khỏi vật gia công 102) là được cho bởi dấu của F (mà có thể là dương hoặc âm, tùy thuộc vào việc tần số đó được điều chế để tăng hay giảm theo thời gian).

Nói chung là việc di tần tín hiệu RF được cấp có tác dụng tốt đối với các xung laze ngắn hơn so với khoảng thời gian di chuyển của sóng âm qua khẩu độ được chiếu bởi chùm xung laze đó. Có thể khó thay đổi một cách hiệu quả được tiêu cự của chùm

xung laser mà được tạo ra bởi nguồn laser 104, chẳng hạn laser QCW, bởi vì các laser QCW không có (một cách hiệu quả) khoảng thời gian tắt laser giữa các xung mà trong đó tần số di tần có thể được xóa về giá trị bắt đầu. Theo đó, có thể dễ hơn nếu thực hiện kỹ thuật di tần với các laser dạng xung rời rạc, để khoảng quét di tần (quanh các tần số AOD trung tâm mà cần thiết để định vị điểm) có thể được thiết đặt phù hợp khi xung laser đi qua AOD. Tuy nhiên, các kỹ thuật di tần cũng có thể được sử dụng với các laser CW hoặc QCW nếu khối mở cổng xung cũng được sử dụng.

Mức độ mà hệ thống AOD có thể gây ra sự di chuyển cho trục chùm là tỷ lệ thuận với tần số của tín hiệu RF được cấp. Khi tần số RF được cấp được di tần, thì tần số sóng âm sẽ biến thiên trên độ rộng của xung laser (được đo cắt ngang so với đường đi của chùm 116) mà đi qua tế bào AO, và độ lệch của đường đi của chùm 116 sẽ tỷ lệ thuận với tần số trung bình trên xung laser đi qua này. Tần số trung bình này có thể được thiết đặt hoặc được cân chỉnh phù hợp để gây ra sự di chuyển mong muốn cho trục chùm. Tuy nhiên, những sự biến thiên về xung laser và/hoặc thời điểm tín hiệu điều khiển AOD có thể làm dịch tần số trung bình này, và từ đó tạo ra sai số vị trí điểm (tức là, làm cho xung laser được phân phối đến vật gia công 102 tại vị trí khác với vị trí điểm mong muốn). Ví dụ, một hệ thống AOD có khoảng quét thứ nhất là 150 μm (ví dụ, trên băng thông 30 MHz). Do đó, lượng lệch đường đi của chùm trên mỗi MHz sẽ là 150 μm /30 MHz, hay 5 μm /MHz. Nếu tốc độ di tần mong muốn là 30 MHz/ μs , thì lượng biến thiên thời điểm là 10 ns sẽ tạo ra sai số lệch đường đi của chùm là 1,5 μm (tức là, $(5 \mu\text{m}/\text{MHz}) \cdot (30 \text{ MHz}/\mu\text{s}) \cdot (10 \text{ ns})$).

Sự biến thiên về xung laser và/hoặc thời điểm tín hiệu điều khiển AOD đó thường xảy ra từ hệ mạch hoặc các hoạt động trong bộ điều khiển 114 (do nó có thể được thực hiện theo những cách khác nhau), những sự biến động ở các bộ dẫn động, việc tạo ra các xung laser từ nguồn laser 104, v.v.. Ở một số nguồn laser (chẳng hạn laser sợi quang diốt dạng xung), thì lượng biến động giữa tín hiệu kích hoạt laser đầu vào và xung laser tương ứng mà cuối cùng được tạo ra có thể tương đối thấp ($< 10 \text{ ns}$). Ở các nguồn laser khác (ví dụ, các laser được bơm bằng diốt chuyển mạch Q), thì lượng biến thiên có thể lớn hơn (ví dụ, do sự đồng bộ ngẫu nhiên của hoạt động chuyển mạch Q nội tại và động học của hốc cộng hưởng laser). Ví dụ, laser UV chuyển mạch Q thông thường có thể có lượng bất định thời điểm khoảng $\pm 15 \text{ ns}$ giữa tín hiệu kích hoạt laser

đầu vào và xung laze tương ứng cuối cùng được tạo ra. Ngoài ra, một FPGA thông thường có thể có xung nhịp cơ bản chạy với chu kỳ xung nhịp 20 ns. Do đó, bộ điều khiển 114 mà bao gồm FPGA đó sẽ gây ra thêm một lượng bất định thời điểm là ± 10 ns nữa. Những sự bất định thời điểm này có thể gây ra sai số định vị cho các xung laze mà cuối cùng được phân phối đến vật gia công 102 (tức là, sự biến thiên hoặc sự sai lệch về vị trí thực tế mà trong đó xung laze được phân phối lệch khỏi điểm xử lý mong muốn). Tùy theo các kết cấu đặc trưng cụ thể cần được tạo ra trong quá trình xử lý mà sai số định vị này có thể là quan trọng hoặc không quan trọng.

Khi thực hiện việc bù độ cao Z thì sai số định vị nêu trên có thể là quan trọng. Trong các tình huống đó, thì sự đồng bộ giữa đầu ra của tín hiệu kích hoạt đến nguồn laze 104 (ví dụ, để tạo ra xung laze), đầu ra của tín hiệu kích hoạt đến hệ thống AOD (ví dụ, để cấp một hoặc nhiều tín hiệu RF được di tần), và hoạt động tạo ra các xung laze của nguồn laze 104, có thể được cải thiện. Ví dụ, theo phương án mà trong đó nguồn laze 104 dựa vào xung nhịp nội tại để kích hoạt đầu ra của các xung laze, thì xung nhịp nội tại đó có thể được đồng bộ (ví dụ, nhờ PLL (Phase Lock Loop - vòng khoá pha), mạch logic mở cổng, v.v.) với xung nhịp nội tại của bộ điều khiển 114 mà khởi tạo tín hiệu kích hoạt đó đến hệ thống AOD. Ngoài ra, xung nhịp bất kỳ mà liên quan đến quá trình tạo ra bản thân chuỗi di tần (ví dụ, xung nhịp mà được sử dụng bởi mạch tổng hợp số trực tiếp (Direct Digital Synthesizer - DDS), v.v.) là có thể được đồng bộ theo cách tương tự. Sự đồng bộ này có thể giảm lượng bất định thời điểm xuống chỉ còn lượng bất định thời điểm do các hiệu ứng hốc cộng hưởng laze ngẫu nhiên.

b. Các tín hiệu RF được tạo dạng phổ

Theo một phương án, khi bộ định vị thứ nhất 106 bao gồm hệ thống AOD (ví dụ, hệ thống AOD đa trục), thì hệ thống AOD này có thể được dẫn động bằng cách cấp tín hiệu RF đã được tạo dạng phổ đến một hoặc nhiều phân tử biến đổi siêu âm khi các xung laze đi qua tế bào AO mà được ghép nối về mặt âm vào đó. Theo phương án này, hình dạng của phổ trong tín hiệu RF được cấp là được chọn để thay đổi hệ số M^2 (trong lĩnh vực này còn được biết đến với cái tên “hệ số phẩm chất chùm” hoặc “hệ số lan truyền chùm”) của chùm xung laze ra khỏi hệ thống AOD. Khi thay đổi hệ số M^2 , thì kích thước điểm hiệu dụng của các xung laze được phân phối đến vật gia

công 102 cũng thay đổi tương ứng. Mức độ mà hệ số M^2 có thể được thay đổi là tương ứng với bề rộng của phổ trong tín hiệu RF được cấp (ví dụ, phổ tương đối rộng sẽ có tác động mạnh hơn đối với hệ số M^2 so với phổ tương đối hẹp). Nói chung là việc tạo dạng cho thành phần phổ của tín hiệu RF được cấp - như được mô tả ở đây - là có tác dụng tốt đối với các xung laser dài hơn so với khoảng thời gian di chuyển của sóng âm qua khẩu độ được chiếu bởi chùm xung laser đó.

Theo các phương án mà trong đó các xung laser có profin cường độ trong không gian Gaussian đối xứng theo phương hướng kính là cần được phân phối đến vật gia công 102 (và giả sử rằng các xung laser được xuất ra bởi nguồn laser 104 là có profin cường độ trong không gian Gaussian), thì phổ của tín hiệu RF được cấp cũng có thể có hình dạng Gaussian. Do đó, theo một phương án, loại tín hiệu RF thứ nhất mà có thể được cấp là có thể được đặc trưng dưới dạng tín hiệu tương đối hẹp tạo đỉnh nhọn trong miền thời gian (có nghĩa là pha không đổi, hoặc gần như không đổi, giữa tất cả các tần số trong phổ tín hiệu được cấp). Loại tín hiệu này có tiềm năng ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả nhiễu xạ tổng thể của tế bào AOD. Theo đó, theo phương án khác, loại tín hiệu RF thứ hai mà có thể được cấp là có thể được đặc trưng dưới dạng tín hiệu tương đối nhẵn, trông gần giống sự dao động đơn tần số (ví dụ, tín hiệu mà trong đó biên độ của một đỉnh dao động là gần giống như biên độ của mọi đỉnh dao động khác). Tín hiệu RF đó có thể bao gồm tín hiệu tựa tuần hoàn. Không giống như các tín hiệu RF có đỉnh nhọn, thì các tín hiệu RF đã được tạo dạng phổ này có thể được xây dựng để không ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả nhiễu xạ của tế bào AO.

Các tín hiệu RF đã được tạo dạng phổ phù hợp có thể được tạo ra nhờ sử dụng kỹ thuật phù hợp bất kỳ. Theo một phương án, tín hiệu RF được tạo dạng phổ có thể được tạo ra bằng quy trình mà bao gồm bước chọn tần số trung tâm ω_0 mong muốn, để thiết đặt vị trí trọng tâm của chùm được điều chế, chọn độ rộng phổ σ_ω mong muốn, để thiết đặt kích thước điểm hiệu dụng của xung laser tại vật gia công 102, chọn độ phân giải tần số r_ω mong muốn, để thiết đặt khoảng cách của các tần số rời rạc để dẫn động, và nhập tần số trung tâm ω_0 , độ rộng phổ σ_ω và độ phân giải tần số r_ω chọn được vào thuật toán chẳng hạn như thuật toán Gerchberg-Saxton, để tính gần đúng các thuộc tính phổ mong muốn cho tín hiệu RF cần được cấp, thông qua việc xác định các pha cần thiết cho mỗi tần số. Theo phương án này, hệ thống AOD có thể được thiết kế sao

cho chùm xung laze tới tế bào AO sẽ chiếu vào một lượng tương đối lớn các chu kỳ con cách của tế bào AO (ví dụ, kích thước chùm 6 mm tới tế bào AO thạch anh với tốc độ lặp xung là 100 MHz sẽ chiếu vào nhiều hơn 100 chu kỳ), nhờ đó thu được kết quả gần đúng phù hợp so với phổ Gaussian đối với phần lớn các trường hợp thực tiễn. Sau đó, kết quả gần đúng này có thể được áp dụng (ví dụ, tại bộ điều khiển 114) để tạo ra một hoặc nhiều tín hiệu RF được tạo dạng phổ thích hợp để cấp vào hệ thống AOD. Bằng cách làm biến thiên độ rộng phổ σ_ω mà được nhập vào thuật toán gần đúng, thì phổ của tín hiệu RF được cấp có thể được làm biến thiên để làm biến thiên độ rộng phổ trong tín hiệu RF được cấp. Ngoài ra, đường đi của chùm 116 có thể được làm lệch bằng cách làm biến thiên tần số trung tâm ω_0 mà được nhập vào thuật toán gần đúng này. Do đó, có thể thấy rằng độ rộng phổ σ_ω , tần số trung tâm ω_0 , và độ phân giải tần số r_ω , hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, có thể được làm biến thiên cùng nhau hoặc riêng biệt nhau.

iii. Bộ định vị thứ ba

Theo phương án khác, cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z có thể bao gồm bộ định vị thứ ba 110. Ví dụ, bộ định vị thứ ba 110 có thể được dẫn động để di chuyển vật gia công 102 sao cho độ cao Z của bề mặt gia công nằm trong cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước (nhờ đó cho phép đặt chỗ thắt chùm của xung laze được phân phối vào điểm xử lý mong muốn).

iv. Các phương án ví dụ khác về các cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z

Theo một phương án, cơ cấu để thực hiện việc bù độ cao Z có thể bao gồm thành phần chẳng hạn như thấu kính, gương hoặc dây gương MEMS, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo phương án này, cơ cấu đó có thể được sử dụng (ví dụ, ngoài bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ ba 110, thấu kính quét 112 hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng ra), và có thể được bố trí trên đường đi của chùm 116 tại vị trí bất kỳ “phía ngược dòng” hoặc “phía xuôi dòng” về mặt quang học so với bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, bộ định vị thứ ba 110, thấu kính quét 112, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Khi được bố trí dưới dạng thấu kính, thì thấu kính này có thể được bố trí dưới dạng thấu kính tiêu cự cố định và được ghép nối với bộ dẫn động thấu kính (ví dụ, cuộn dây âm thanh, v.v.) mà được tạo kết cấu để tịnh tiến thấu kính này theo đường đi của chùm 116, nhờ đó thay đổi vị trí của chỗ thắt chùm theo trục chùm. Theo phương

án khác, thấu kính này có thể được tạo ra dưới dạng thấu kính tiêu cự biến thiên (ví dụ, thấu kính zoom, hay thấu kính được gọi là “thấu kính chất lỏng” mà bao gồm các công nghệ đang được COGNEX, VARIOPTIC cung cấp, v.v.) mà có khả năng được dẫn động (ví dụ, qua bộ dẫn động thấu kính) để thay đổi vị trí của chỗ thất chùm theo trục chùm.

V. Các phương án về các kết cấu của đầu quét

Theo phương án được thể hiện trên Fig.1, thì thiết bị 100 bao gồm đầu quét 118 đơn. Tuy nhiên theo phương án khác, thì thiết bị 100 có thể được tạo ra với nhiều đầu quét (ví dụ, 2, 3, 4, 5, 6, 8, v.v.), mỗi trong số đó có thể hoặc không được tạo ra theo cách đã mô tả đối với đầu quét 118. Việc tạo ra thiết bị 100 với nhiều đầu quét (tức là dưới dạng “thiết bị đa đầu”) có thể cải thiện năng suất của các quy trình xử lý laze của thiết bị 100. Các đầu quét khác nhau của thiết bị đa đầu đó có thể được gắn, được tạo kết cấu, được điều khiển, được dẫn động, v.v., theo cách giống nhau hoặc theo cách khác nhau, hoặc tổ hợp bất kỳ của những tình trạng này.

Ví dụ, theo một phương án, một hoặc nhiều đặc tính của các thấu kính quét của các đầu quét khác nhau có thể là giống nhau hoặc khác nhau. Các đặc tính ví dụ của thấu kính quét có thể bao gồm loại (ví dụ, f-theta, viễn tâm, axicon, v.v.), tiêu cự, khẩu độ số, hợp phần vật liệu, việc có/không có các lớp phủ, hợp phần lớp phủ, v.v..

Theo ví dụ khác, bộ định vị (ví dụ, bộ định vị thứ hai 108 nêu trên) có thể được kết hợp vào đầu quét, còn đầu quét khác có thể có hoặc không có bộ định vị nào được kết hợp hay được liên kết với nó. Ngoài ra, một hoặc nhiều đặc tính của các bộ định vị của các đầu quét khác nhau có thể giống nhau hoặc khác nhau. Các đặc tính ví dụ của các bộ định vị có thể bao gồm số lượng bộ định vị (ví dụ, 1, 2, 3, v.v.) của đầu quét 702, kiểu (ví dụ, bộ định vị kiểu cơ học, chẳng hạn gương điện kế, gương hoặc dây gương MEMS, bộ dẫn động áp điện, bộ dẫn động điện giảo, bộ dẫn động cuộn dây âm thanh, v.v., bộ định vị thể rắn chẳng hạn như AOD, EOD, v.v.) của mỗi bộ định vị của đầu quét, băng thông định vị, kích thước khoảng quét, hình dạng khoảng quét, nhà sản xuất, phần mềm điều khiển, v.v.. Tương tự, bộ định vị của đầu quét 702 này có thể được dẫn động theo (các) tín hiệu điều khiển giống như bộ định vị của một hoặc nhiều đầu quét 702 khác. Theo cách khác, bộ định vị của đầu quét 702 này có thể

được dẫn động theo tín hiệu điều khiển khác với bộ định vị của một hoặc nhiều đầu quét 702 khác.

Theo một phương án, các đầu quét khác nhau có thể được gắn trong thiết bị theo cách giống nhau, hoặc theo những cách khác nhau. Ví dụ, ít nhất một (hoặc tất cả) đầu quét có thể được cố định (ví dụ, vào khung được kết hợp trong thiết bị) để đứng yên trong thiết bị. Theo ví dụ khác, ít nhất một (hoặc tất cả) đầu quét có thể chuyển động được trong thiết bị. Khi chuyển động được, thì ít nhất hai (hoặc tất cả) đầu quét có thể di chuyển được (ví dụ, tịnh tiến thẳng, quay, v.v.) theo cùng chiều, hoặc theo các chiều khác nhau, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các chiều đó. Khi được tạo kết cấu để di chuyển được theo cùng chiều, thì ít nhất hai (hoặc tất cả) đầu quét có thể di chuyển được với tốc độ bằng nhau (ví dụ, để không xảy ra sự chuyển động tương đối giữa các đầu quét đó) hoặc với tốc độ khác nhau (ví dụ, để xảy ra sự chuyển động tương đối giữa các đầu quét đó). Để tạo thuận lợi cho sự di chuyển, thì thiết bị này có thể bao gồm một hoặc nhiều giàn giáo, các tầng thẳng, các tầng quay, những cánh tay rôbot có khớp, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, được ghép nối theo cách có lợi với một hoặc nhiều trong số các đầu quét đó. Các tầng đó có thể là một phần của bộ định vị thứ ba 110 nêu trên (và nhờ đó được dẫn động theo một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển mà được dự định để gây ra sự chuyển động tương đối giữa trục chùm và vật gia công 102, như đã mô tả trên đây), hoặc có thể là tách biệt với bộ định vị thứ ba 110 (và nhờ đó được dẫn động theo một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển mà được dự định cho mục đích nào đó mà không phải là để gây ra sự chuyển động tương đối giữa trục chùm và vật gia công 102, ví dụ, để cho phép điều chỉnh sự đồng chỉnh giữa mỗi đầu quét và một hoặc nhiều vật gia công cần được xử lý bằng thiết bị đa đầu này).

Theo một số phương án, thiết bị đa đầu nêu trên có thể bao gồm một bộ cảm biến độ cao Z, chẳng hạn bộ cảm biến độ cao Z 124 nêu trên, hoặc có thể bao gồm nhiều bộ cảm biến độ cao Z đó. Theo một số phương án, một bộ cảm biến độ cao Z có thể được liên kết với một đầu quét, hoặc có thể được liên kết với nhiều đầu quét (ví dụ, 2, 3, 4, 5, 6, 8, v.v.). Theo một phương án, số lượng bộ cảm biến độ cao Z được bao gồm là bằng số lượng đầu quét ở thiết bị đa đầu, và mỗi bộ cảm biến độ cao Z được liên kết với một đầu quét.

Các dấu hiệu nhất định của thiết bị đa đầu đã được mô tả trên đây, sau đây, các kết cấu liên quan đến thiết bị đa đầu này theo một số phương án sẽ được mô tả chi tiết hơn làm ví dụ dựa vào Fig.7.

Khi được bố trí dưới dạng thiết bị đa đầu, thì thiết bị 100 (được gọi là thiết bị đa đầu 700 trên Fig.7) có thể bao gồm bốn đầu quét, chẳng hạn đầu quét thứ nhất 702a, đầu quét thứ hai 702b, đầu quét thứ ba 702c và đầu quét thứ tư 702d (mỗi đầu quét đó được gọi chung là đầu quét 702, hoặc gọi chung là các đầu quét 702). Các nhóm đầu quét 702 có thể được đỡ bởi đường ray chung. Ví dụ, đầu quét thứ nhất 702a và đầu quét thứ ba 702c có thể cùng được đỡ bởi đường ray thứ nhất 704a, và đầu quét thứ hai 702b và đầu quét thứ tư 702d có thể cùng được đỡ bởi đường ray thứ hai 704b. Ở đây, đường ray thứ nhất 704a và đường ray thứ hai 704b cũng được gọi chung là đường ray 704 hoặc các đường ray 704.

Nói chung là mỗi đường ray 704 có thể được cố định ở thiết bị 100 để là đứng yên hoặc chuyển động được (ví dụ, được tịnh tiến thẳng theo chiều X, theo chiều Y, hoặc theo chiều nào đó khác, hoặc quanh trục song song với chiều X hoặc chiều Y, hoặc được làm quay quanh trục song song với chiều nào đó khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Ví dụ, theo phương án được thể hiện này, thì đường ray thứ nhất 704a có thể được ghép nối với tầng (không được thể hiện trên hình vẽ) mà được tạo kết cấu để di chuyển đường ray thứ nhất 704a theo chiều X (ví dụ, như được biểu diễn bằng mũi tên 706), và đường ray thứ hai 704b được cố định ở thiết bị đa đầu 700 để đứng yên.

Nói chung, các đầu quét 702 mà được mang bởi đường ray 704 là có thể được ghép nối với đường ray 704 để đứng yên hoặc chuyển động được (ví dụ, được tịnh tiến thẳng theo chiều X, theo chiều Y, hoặc theo chiều nào đó khác, hoặc quanh trục song song với chiều X hoặc chiều Y, hoặc được làm quay quanh trục song song với chiều nào đó khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Ví dụ, theo phương án được thể hiện này, thì đầu quét thứ ba 702c và đầu quét thứ tư 702d là được cố định để đứng yên so với lần lượt đường ray thứ nhất 704a và đường ray thứ hai 704b, còn đầu quét thứ nhất 702a được ghép nối với tầng Y thứ nhất 708a (mà cũng có thể được mang bởi đường ray thứ nhất 704a) để di chuyển được theo chiều Y (ví dụ, như được biểu diễn bằng hình mũi tên 710) và đầu quét thứ hai 702b được ghép nối với tầng Y thứ hai 708b

(mà cũng có thể được mang bởi đường ray thứ hai 704b) để di chuyển được theo chiều Y (một cách độc lập với, hoặc cùng với, đầu quét thứ nhất 702a). Theo cách khác, đầu quét thứ nhất 702a và đầu quét thứ hai 702b có thể được ghép nối với tầng Y chung (không được thể hiện trên hình vẽ) mà được ghép nối theo cách di chuyển được với đường ray thứ nhất 704a và/hoặc đường ray thứ hai 704b (ví dụ, nhờ cơ cấu liên kết cơ học phù hợp hoặc có lợi bất kỳ giữa đường ray thứ nhất 704a và đường ray thứ hai 704b). Do đó, với kết cấu như đã mô tả trên đây, thì đầu quét thứ nhất 702a là di chuyển được theo chiều X và chiều Y, đầu quét thứ hai 702b di chuyển được theo chiều Y (ví dụ, cùng với đầu quét thứ nhất 702a), đầu quét thứ ba 702c di chuyển được theo chiều X (ví dụ, cùng với đầu quét thứ nhất 702a), và đầu quét thứ tư 702d là được cố định để đứng yên.

Nói chung, mỗi đầu quét 702 được làm thích ứng để nhận các xung laze mà lan truyền theo một hoặc nhiều đường đi của chùm, chẳng hạn đường đi của chùm 116 nêu trên, từ một hoặc nhiều nguồn laze, chẳng hạn nguồn laze 104 nêu trên. Ví dụ, theo phương án được thể hiện này, thì các xung laze là được tạo ra từ nguồn laze 104 đơn, và được cải biến (ví dụ, được làm hội tụ, được mở rộng, được làm chuẩn trực, được tạo dạng, được phân cực, được lọc, được chia, hoặc được cải biến, được điều hoà hoặc được định hướng, v.v.) bởi hệ thống quang học 712 tùy ý. Hệ thống quang học 712 này có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần quang học mà bao gồm bộ mở rộng chùm, bộ tạo dạng chùm, lá khẩu, tinh thể tạo sóng hài, bộ lọc, ống chuẩn trực, thấu kính, gương, bộ phân cực, phần tử quang học nhiễu xạ, phần tử quang học khúc xạ, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một phương án, hệ thống quang học 712 tùy ý này có thể bao gồm kết cấu bất kỳ của các thành phần quang học như được mô tả làm ví dụ trong trường hợp các đường ray quang học tạo ảnh dạng môđun trong patent Mỹ số 6,433,301, mà được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo phương án được thể hiện này, các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze 104 (và tùy ý, được cho đi qua hệ thống quang học 712) là được lan truyền qua bộ phân phối chùm sơ cấp 714 để hướng, một cách đồng thời và/hoặc luân phiên nhau, các xung laze theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 116a1 và đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 116a2 (mỗi đường này được gọi chung là đường đi của chùm sơ cấp 116a hoặc các đường đi của chùm sơ cấp 116a). Theo một phương án, bộ phân phối

chùm sơ cấp 714 được cung cấp dưới dạng AOM, và các đường đi của chùm sơ cấp 116a được bố trí dưới dạng các đường đi của chùm bậc không và bậc một mà được liên kết với AOM này (ví dụ, như được mô tả làm ví dụ trong patent Mỹ số 7,133,187 nêu trên). Nói chung là hiệu suất nhiễu xạ của AOM không phải là 100%. Do đó, ít nhất một phần năng lượng sẽ luôn bị truyền theo đường đi của chùm sơ cấp 116a, ngay cả khi AOM được dẫn động để chọn đường đi của chùm bậc một. Do đó, và theo một phương án tùy ý, thì năng lượng mà bị truyền theo đường đi của chùm bậc không là có thể được chặn hoặc được ngăn chặn không cho tới bề mặt gia công 102a, bằng cách vận hành bộ định vị thứ nhất 106, bộ định vị thứ hai 108, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, một cách thích hợp. Tuy nhiên theo phương án khác, một trong số các đường đi của chùm sơ cấp 116a có thể được bố trí dưới dạng đường đi của chùm bậc một dương của AOM, và đường còn lại trong số các đường đi của chùm sơ cấp 116a này có thể được bố trí dưới dạng đường đi của chùm bậc một âm của AOM. Theo phương án này, cơ cấu triệt tiêu chùm (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được bố trí để nhận năng lượng bị truyền theo chùm bậc không của AOM.

Khi được bố trí dưới dạng AOM, thì bộ phân phối chùm sơ cấp 714 có thể tùy ý được vận hành (ví dụ, đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114, bởi bộ điều khiển khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), để bấm hoặc cắt lát, về mặt thời gian, các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze 104 (và tùy ý, được cho đi qua hệ thống quang học 712), để chặn, triệt tiêu hoặc làm suy giảm một hoặc nhiều xung laze (một cách toàn bộ) mà được tạo ra bởi nguồn laze 104 (và tùy ý, được cho đi qua hệ thống quang học 712), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các hoạt động này. Ví dụ, AOM này có thể được vận hành để chặn, triệt tiêu hoặc làm suy giảm ít nhất một phần của một hoặc nhiều (hoặc tất cả) xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze 104 (và tùy ý, được cho đi qua hệ thống quang học 712). Một hoặc nhiều phần của xung laze có thể được chặn, được triệt tiêu hoặc được làm suy giảm để tạo ra một hoặc nhiều xung laze có độ rộng xung đã được giảm tương đối, thời gian lên ngắn hơn hoặc dài hơn, thời gian xuống ngắn hơn hoặc dài hơn, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Việc chặn hoặc triệt tiêu một hoặc nhiều xung laze trong loạt xung laze được tạo ra tuần tự còn được gọi là “chọn xung”. Việc chọn xung có thể được thực hiện khi

nào phù hợp hoặc khi nào cần. Ví dụ, nếu quỹ đạo xử lý cần thiết để tạo ra các kết cấu đặc trưng (ví dụ, các lỗ via) quy định rằng ít nhất một số lần di chuyển, trong số những lần di chuyển từ kết cấu đặc trưng này đến kết cấu đặc trưng kia để được quét qua bởi điểm xử lý, sẽ tốn cùng một lượng thời gian là T_m , thì các xung laze có thể được nguồn laze 104 tạo ra với tốc độ lặp xung là $1/T_m$. Sau đó, đối với những lần di chuyển từ kết cấu đặc trưng này đến kết cấu đặc trưng kia bất kỳ mà cần được quét qua bởi điểm xử lý trong một lượng thời gian mà là bội số nguyên k của T_m (ví dụ, $k \cdot T_m$), thì bộ phân phối chùm sơ cấp 714 (ví dụ, khi được bố trí dưới dạng AOM) có thể được vận hành để chặn các xung bất kỳ mà được tạo ra trong khoảng thời gian $k \cdot T_m$ này.

Trong một số trường hợp, sự thay đổi về tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze được nguồn laze 104 tạo ra sẽ làm thay đổi, theo cách có thể đo đạc được, profin cường độ theo thời gian của các xung laze được tạo ra. Các thay đổi đó có thể được đặc trưng (ví dụ, ở bước cân chỉnh tiền xử lý, v.v.) và bộ phân phối chùm sơ cấp 714 (ví dụ, khi được bố trí dưới dạng AOM) có thể được vận hành để bù cho các thay đổi được đặc trưng trước đó (ví dụ, bằng cách chặn, triệt tiêu hoặc làm suy giảm ít nhất một phần của một hoặc nhiều (hoặc tất cả) xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze 104). Kết quả là, các xung laze mà lan truyền theo các đường đi của chùm sơ cấp 116a có thể có các profin cường độ theo thời gian đồng đều (hoặc ít nhất là gần như đồng đều), không phụ thuộc vào sự thay đổi về tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze được tạo ra.

Theo các phương án khác, bộ phân phối chùm sơ cấp 714 có thể được bố trí dưới dạng một hoặc nhiều bộ phân cực, bộ chia chùm, gương bẫy quay, gương đa giác quay, hệ thống gương điện kế cộng hưởng, bộ điều chế điện từ-quang (Electro-Optic Modulator - EOM), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Việc sử dụng EOM để điều khiển các đường đi của chùm so le và/hoặc kết hợp các đường đi của chùm là được mô tả chi tiết trong patent Mỹ số 8,374,206, mà được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn. Cũng cần hiểu rằng hệ thống quang học 712 tùy ý nêu trên có thể cùng được bố trí theo các đường đi của chùm sơ cấp 116a tại vị trí phía xuôi dòng của bộ phân phối chùm sơ cấp 714, thay vì phía ngược dòng của bộ phân phối chùm sơ cấp 714 như đã được thể hiện. Theo phương án khác, các hệ thống quang học 712 tùy ý có thể được bố trí phía xuôi dòng của bộ phân phối chùm sơ cấp 714, với mỗi hệ

thống quang học 712 tùy ý được đặt trên một đường đi của chùm sơ cấp 116 khác nhau.

Các xung laze mà được định hướng theo đường đi của chùm sơ cấp 116a tiếp tục được phân phối bởi bộ phân phối chùm thứ cấp thứ nhất 716a và bộ phân phối chùm thứ cấp thứ hai 716b (mỗi bộ phân phối đó được gọi chung là bộ phân phối chùm thứ cấp 716 hoặc các bộ phân phối chùm thứ cấp 716). Bộ phân phối chùm thứ cấp thứ nhất 716a được tạo kết cấu để hướng, một cách đồng thời và/hoặc luân phiên nhau, các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm thứ cấp thứ nhất 116a1 đến đường đi của chùm thứ cấp thứ nhất 116b1 và đường đi của chùm thứ cấp thứ hai 116b2. Tương tự, bộ phân phối chùm thứ cấp thứ hai 716b được tạo kết cấu để hướng, một cách đồng thời và/hoặc luân phiên nhau, các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm thứ cấp thứ hai 116a2 đến đường đi của chùm thứ cấp thứ ba 116b3 và đường đi của chùm thứ cấp thứ tư 116b4. Theo phương án được thể hiện này, mỗi bộ phân phối chùm thứ cấp 716 là được bố trí dưới dạng hệ thống bao gồm bộ chia chùm và gương. Ví dụ, bộ phân phối chùm thứ cấp thứ nhất 716a bao gồm bộ chia chùm 718 và gương 720. Tuy nhiên theo các phương án khác, bộ phân phối chùm thứ cấp 716 bất kỳ cũng có thể được bố trí dưới dạng AOM, một hoặc nhiều bộ phân cực, bộ chia chùm, gương bẻ quay, gương đa giác quay, bộ điều chế điện từ-quang (EOM), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Mỗi trong số đường đi của chùm thứ cấp thứ nhất 116b1, đường đi của chùm thứ cấp thứ hai 116b2, đường đi của chùm thứ cấp thứ ba 116b3 và đường đi của chùm thứ cấp thứ tư 116b4 (mỗi trong số đó được gọi chung là đường đi của chùm thứ cấp 116b hoặc các đường đi của chùm thứ cấp 116b) lan truyền đến một đầu quét 702 khác nhau. Ví dụ, theo phương án được thể hiện này, thì quang trình sơ cấp thứ nhất 116a1 là được chia bởi bộ chia chùm 718 của bộ phân phối chùm thứ cấp thứ nhất 716a để tạo thành đường đi của chùm thứ cấp thứ nhất 116b1 và đường đi của chùm thứ cấp thứ ba 116b3, và quang trình sơ cấp thứ hai 116a2 là được chia bởi bộ chia chùm 718 của bộ phân phối chùm thứ cấp thứ nhất 716b để tạo thành đường đi của chùm thứ cấp thứ hai 116b2 và đường đi của chùm thứ cấp thứ tư 116b4. Đường đi của chùm thứ cấp thứ nhất 116b1 được hướng đến đầu quét thứ nhất 702a, đường đi của chùm thứ cấp thứ hai 116b2 được hướng đến đầu quét thứ hai 702b, đường đi của chùm thứ cấp

thứ ba 116b3 được hướng đến đầu quét thứ ba 702c và đường đi của chùm thứ cấp thứ tư 116b4 được hướng đến đầu quét thứ tư 702d. Theo phương án được thể hiện này, mỗi đường đi của chùm thứ cấp 116b phục vụ tập hợp các đầu quét 702 trên chỉ một đường ray 704. Tuy nhiên, cần hiểu rằng đường đi của chùm sơ cấp 116a bất kỳ cũng có thể được chia sao cho các đường đi của chùm thứ cấp 116b liên quan của nó có thể được phân phối đến các đầu quét 702 trên các đường ray 704 khác nhau.

Theo phương án được thể hiện này, thì các cơ cấu quang học, chẳng hạn như cơ cấu quang học thứ nhất 722a, cơ cấu quang học thứ hai 722b, cơ cấu quang học thứ ba 722c và cơ cấu quang học thứ tư 722d (mỗi cơ cấu được gọi chung là cơ cấu quang học 722 hoặc các cơ cấu quang học 722), là được bố trí trên các đường đi của chùm thứ cấp 116b, sao cho cơ cấu quang học 722 được bố trí trên đường đi của chùm thứ cấp 116b tại vị trí phía ngược dòng của đầu quét 702 mà được bố trí trên cùng đường đi của chùm thứ cấp 116b đó. Do đó, theo phương án được thể hiện này, thì đường đi của chùm thứ cấp thứ nhất 116b1 lan truyền qua cơ cấu quang học thứ nhất 722a đến đầu quét thứ nhất 702a, đường đi của chùm thứ cấp thứ hai 116b2 lan truyền qua cơ cấu quang học thứ hai 722b đến đầu quét thứ hai 702b, đường đi của chùm thứ cấp thứ ba 116b3 lan truyền qua cơ cấu quang học thứ ba 722c đến đầu quét thứ ba 702c và đường đi của chùm thứ cấp thứ tư 116b4 lan truyền qua cơ cấu quang học thứ tư 722d đến đầu quét thứ tư 702d. Tuy nhiên, cần hiểu rằng số lượng cơ cấu quang học 722 có thể ít hơn so với số lượng đầu quét 702.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng hệ thống quang đường vòng (ví dụ, bao gồm một hoặc nhiều gương, các AOM, các bộ định vị (ví dụ, các hệ thống gương điện kế, các gương lái nhanh, v.v.), các bộ chia chùm, các chuyển mạch quang, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) là có thể được bố trí trên đường đi của chùm thứ cấp 116b bất kỳ để đi vòng qua cơ cấu quang học 722 tương ứng. Do đó, khi có hệ thống quang đường vòng được bố trí trên đường đi của chùm thứ cấp 116b cụ thể bất kỳ, thì cơ cấu quang học 722 có thể được loại bỏ về mặt chức năng khỏi đường đi của chùm thứ cấp 116b cụ thể đó. Theo cách khác, một hoặc nhiều (hoặc tất cả) trong số các cơ cấu quang học 722 có thể được lược bỏ hoàn toàn khỏi thiết bị 700.

Mỗi cơ cấu quang học 722 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ định vị, chẳng hạn bộ định vị thứ nhất 106 nêu trên, và tùy ý, một hoặc nhiều tấm nửa sóng, các lá

khẩu, các thấu kính chuyển tiếp, các gương, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng (ví dụ, tất cả được bố trí trong vỏ chứa chung mà có cổng vào quang và cổng ra quang, được cố định vào khung chung, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Các cơ cấu quang học 722 khác nhau có thể được tạo kết cấu, được điều khiển, được dẫn động, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các hoạt động này, theo cách giống nhau hoặc theo cách khác nhau. Do đó, bộ định vị của cơ cấu quang học 722 này có thể có cùng loại hoặc khác loại (hoặc cùng loại nhưng khác đặc tính) so với bộ định vị của một hoặc nhiều cơ cấu quang học 722 khác. Các đặc tính ví dụ của các bộ định vị có thể bao gồm số lượng bộ định vị (ví dụ, 1, 2, 3, v.v.) của cơ cấu quang học 722, loại của mỗi bộ định vị của cơ cấu quang học 722, băng thông định vị, kích thước của khoảng quét, hình dạng của khoảng quét, nhà sản xuất, phần mềm điều khiển, v.v.. Tương tự, bộ định vị của cơ cấu quang học 722 này có thể được dẫn động theo (các) tín hiệu điều khiển giống như bộ định vị của một hoặc nhiều cơ cấu quang học 722 khác. Theo cách khác, bộ định vị của cơ cấu quang học 722 này có thể được dẫn động theo tín hiệu điều khiển khác với bộ định vị của một hoặc nhiều cơ cấu quang học 722 khác. Các bộ định vị của các cơ cấu quang học 722 khác nhau có thể được dẫn động đồng thời, tuần tự, ngẫu nhiên, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của những cách này. Mỗi cơ cấu quang học 722 có thể được đóng gói một cách riêng lẻ dưới dạng cơ cấu dạng môđun, để nó có thể được tháo ra hoặc được thay thế một cách có lựa chọn so với cơ cấu quang học 722 khác.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng vỏ chứa, khung, v.v., của một hoặc nhiều trong số các cơ cấu quang học 722 có thể bao gồm cơ cấu chỉnh cân được tạo kết cấu để tạo thuận lợi cho việc đồng chỉnh quang đường đi của chùm thứ cấp 116b tương ứng trong thiết bị đa đầu 700 với ít nhất một thành phần của cơ cấu quang học 722 (ví dụ, với bộ định vị, lá khẩu, thấu kính chuyển tiếp, gương, cổng vào quang, cổng ra quang, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Do đó, thiết bị đa đầu 700 có thể còn bao gồm khung, lẫy gài, v.v., mà được tạo kết cấu để gài với cơ cấu chỉnh cân đó của cơ cấu quang học 722.

Như được thể hiện làm ví dụ trên Fig.7, bộ phân phối chùm sơ cấp 714 phân phối chuỗi xung laze đến vào tập hợp đường đi của chùm sơ cấp 116a (ví dụ, hai đường đi của chùm sơ cấp 116a), và các bộ phân phối chùm thứ cấp 716 phân phối các chuỗi xung laze đến vào tập hợp đường đi của chùm thứ cấp 116b (ví dụ, bốn đường đi của

chùm thứ cấp 116b). Tuy nhiên theo phương án khác, thì một trong số các bộ phân phối chùm thứ cấp 716 mà được bố trí trên đường đi của chùm sơ cấp 116a được chọn có thể được lược bỏ (ví dụ, cùng với cơ cấu quang học 722 tương ứng mà được bố trí trên đường đi của chùm thứ cấp 116b phía xuôi dòng từ đó), và các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp 116a được chọn đó có thể được hướng đến đầu quét 702 (ví dụ, nhờ sự trợ giúp của một hoặc nhiều gương, v.v.).

Nói chung, và với kết cấu như đã mô tả trên đây, thì một hoặc nhiều thành phần của thiết bị đa đầu 700 (ví dụ, bộ phân phối chùm thứ nhất 714, các bộ phân phối chùm thứ hai 716, các bộ định vị thứ nhất 106 ở các cơ cấu quang học 722, các bộ định vị thứ hai 108 ở các đầu quét 702, v.v.) là có thể được vận hành (ví dụ, đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114 (xem Fig.1) sao cho các xung laze (hoặc các loạt xung laze) được truyền từ một đầu quét 702 đến vật gia công (không được thể hiện trên hình vẽ) đồng thời với các xung laze (hoặc các loạt xung laze) từ ít nhất một đầu quét 702 khác (hoặc tất cả các đầu quét 702 khác) đến vật gia công. Theo một phương án, sự hoạt động của thiết bị đa đầu 700 là được điều khiển sao cho các xung laze (hoặc các loạt xung laze) được phân phối từ một đầu quét 702, mà được đỡ bởi đường ray 704, đồng thời với các xung laze (hoặc các loạt xung laze) mà được phân phối từ đầu quét 702 khác (hoặc tất cả các đầu quét 702 khác) mà được đỡ bởi cùng một đường ray 704 đó. Theo phương án khác, các xung laze (hoặc các loạt xung laze) là được phân phối từ các đầu quét 702 khác nhau, mà được đỡ bởi đường ray 704 chung (ví dụ, cùng được đỡ bởi đường ray thứ nhất 704a hoặc đường ray thứ hai 704b) tại những thời điểm khác nhau.

Cần hiểu rằng thiết kế tổng thể của thiết bị đa đầu 700, bao gồm các khoảng cách mong muốn về mặt quang học giữa các thành phần, là có thể ảnh hưởng đến việc định vị tương đối của hệ thống quang học 712 tùy ý và/hoặc các thành phần của nó, bộ phân phối chùm sơ cấp 714, các bộ phân phối chùm thứ cấp 716, các cơ cấu quang học 722 và các thành phần của chúng, và các đầu quét 702 và/hoặc các thành phần của chúng. Một số gương gập 724 có thể được sử dụng để tạo thuận lợi cho việc gập các đường đi của chùm khác nhau (ví dụ, đường đi của chùm sơ cấp 116a, các đường đi của chùm thứ cấp 116b, v.v., mà mỗi trong số các đường đó được gọi chung là đường đi của chùm 116 hoặc các đường đi của chùm 116) mà theo đó các xung laze lan truyền,

ví dụ, để tránh các chướng ngại vật, để tạo ra các độ dài đoạn mong muốn, để cải thiện sự đồng chỉnh, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Một số trong số các gương gấp 724 này, chẳng hạn gương gấp thứ nhất 724a và gương gấp thứ hai 724b, có thể được đỡ lần lượt bởi đường ray thứ nhất 704a và đường ray thứ hai 704b. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, một hoặc cả hai trong số gương gấp thứ nhất 724a và gương gấp thứ hai 724b có thể được đỡ trực tiếp hoặc gián tiếp bởi một hoặc nhiều tầng thẳng hoặc tầng quay mà đường ray 704 được đỡ vào đó.

Với kết cấu như đã mô tả trên đây, thì các đầu quét 702 của thiết bị đa đầu 700 có thể được dùng để đồng thời và/hoặc tuần tự xử lý nhiều vật gia công riêng biệt, hoặc có thể được dùng để đồng thời và/hoặc tuần tự xử lý một vật gia công. Khi nhiều đầu quét 702 được dùng để xử lý nhiều vật gia công (ví dụ, một cách đồng thời), thì thiết bị 100 có thể được cung cấp với nhiều bộ định vị thứ ba 110, mỗi trong số các bộ định vị đó có thể hoạt động được để di chuyển vật gia công tương ứng so với đầu quét. Trong trường hợp này, các bộ định vị thứ ba có thể được vận hành để di chuyển các vật gia công so với nhau, hoặc cùng nhau (tức là, để không gây ra sự chuyển động tương đối nào giữa các vật gia công), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của những cách này.

VI. Các phương án về hệ thống xử lý vật gia công

Để tạo thuận lợi cho việc nạp các vật gia công vào hoặc đỡ các vật gia công khỏi thiết bị, chẳng hạn như thiết bị 100 hoặc thiết bị đa đầu 700 (mỗi trong số các thiết bị đó được gọi chung là thiết bị), thì có thể sử dụng hệ thống xử lý vật gia công mà hoạt động được để vận chuyển các vật gia công lên hoặc khỏi bộ định vị thứ ba 110 (ví dụ, đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển mà được xuất ra bởi bộ điều khiển 114, bởi bộ điều khiển khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

Theo một phương án, và như được thể hiện trên Fig.8 và Fig.9, hệ thống xử lý vật gia công này có thể được bố trí dưới dạng hệ thống xử lý vật gia công 800 mà bao gồm khoang chứa được tạo kết cấu để chứa một hoặc nhiều vật gia công, mà có thể chưa được xử lý bởi thiết bị này, đã được xử lý một phần bởi thiết bị này, đã được xử lý hoàn toàn bởi thiết bị này, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Hệ thống xử lý vật gia công 800 này có thể được bố trí kế tiếp thiết bị này để tạo thuận lợi cho việc vận chuyển các vật gia công. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.9, hệ thống xử lý vật gia

công 800 có thể được bố trí kế tiếp bên trên (ví dụ, bên 802) mà đỡ bộ định vị thứ ba 110 (mà tùy ý, về phần mình, có thể đỡ mâm cặp 902). Hệ thống xử lý vật gia công 800 có thể bao gồm cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 hoạt động được để vận chuyển vật gia công 102 từ vùng xử lý thứ nhất 804 của hệ thống xử lý vật gia công 800 đến thiết bị. Hệ thống xử lý vật gia công 800 này cũng có thể bao gồm cơ cấu vận chuyển thứ hai (không được thể hiện trên hình vẽ) hoạt động được để vận chuyển vật gia công 102 đến vùng xử lý thứ hai 806 của hệ thống xử lý vật gia công 800 từ thiết bị này. Cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 và cơ cấu vận chuyển thứ hai có thể được bố trí dưới dạng cánh tay robot (ví dụ, có bàn tay robot tại một đầu của nó để gài vào vật gia công, v.v.), hệ thống xử lý đa trục lăn (roll-to-roll), chẳng hạn hệ thống ROLL MASTER do NORTHFIELD AUTOMATION SYSTEMS sản xuất, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo một phương án, các vật gia công mà cần được vận chuyển bằng cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 là được đồng chỉnh trước ở vùng xử lý thứ nhất 804, để khi cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 vận chuyển vật gia công từ vùng xử lý thứ nhất 804 đến thiết bị, thì vật gia công sẽ được đặt tại vị trí định trước và/hoặc có hướng định trước trên hoặc bên trên bộ định vị thứ ba 110. Theo phương án khác, các vật gia công cần được vận chuyển bằng cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 là chưa được đồng chỉnh trước ở vùng xử lý thứ nhất 804, do đó, cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 có thể đồng chỉnh vật gia công tại vị trí định trước và/hoặc hướng định trước trên hoặc bên trên bộ định vị thứ ba 110 theo kỹ thuật phù hợp hoặc có lợi bất kỳ (ví dụ, như được bộc lộ làm ví dụ trong patent Mỹ số 7,834,293 nêu trên).

Theo một phương án, thiết bị này có thể được tạo kết cấu để tạo thuận lợi cho việc vận chuyển các vật gia công đến và khỏi hệ thống xử lý vật gia công 800. Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.10, thiết bị đa đầu 700 có thể bao gồm bộ định vị thứ ba (không được thể hiện trên hình vẽ) được tạo kết cấu để di chuyển vật gia công 102 (mà có thể tùy ý được đỡ bởi mâm cặp 902) trong vùng di chuyển vật gia công 1000. Như được thể hiện trên Fig.10, vùng di chuyển vật gia công 1000 bao gồm vùng nạp vật gia công 1002, vùng dỡ vật gia công 1004 và vùng xử lý vật gia công 1006. Vùng nạp vật gia công 1002 được đồng chỉnh với cơ cấu vận chuyển thứ nhất 900 của hệ thống xử lý vật gia công 800, vùng dỡ vật gia công 1004 được đồng chỉnh với cơ cấu vận

chuyển thứ hai của hệ thống xử lý vật gia công 800, và vùng xử lý vật gia công 1006 được đồng chỉnh với các đầu quét 702 của thiết bị đa đầu 700.

Với kết cấu như đã mô tả trên đây, thì trình tự ví dụ để xử lý các vật gia công bằng thiết bị đa đầu 700 có thể diễn ra như sau. Nếu mâm cặp 902 vẫn chưa nằm trong vùng nạp vật gia công 1002, thì bộ định vị thứ ba bắt đầu được vận hành để di chuyển mâm cặp 902 vào vùng nạp vật gia công 1002 và rôbôt thứ nhất được vận hành để vận chuyển vật gia công 102 từ vùng xử lý thứ nhất 804 lên mâm cặp 902. Tiếp theo, bộ định vị thứ ba được vận hành để di chuyển mâm cặp 902, mà vật gia công 102 được vận chuyển đã được đỡ trên đó lúc này, (ví dụ, theo chiều X, theo chiều Y, hoặc tổ hợp các chiều này, chẳng hạn theo hình mũi tên 1008) từ vùng nạp vật gia công 1002 đến vùng xử lý vật gia công 1006 (ví dụ, trong sự đồng chỉnh với một hoặc nhiều trong số các đầu quét 702). Một hoặc nhiều xung laze được phân phối lên vật gia công 102 qua một hoặc nhiều trong số các đầu quét 702 để xử lý vật gia công 102. Sau khi đã xử lý xong, thì bộ định vị thứ ba được vận hành để di chuyển mâm cặp 902 (ví dụ, theo chiều X, theo chiều Y, hoặc kết hợp các chiều này, chẳng hạn theo hình mũi tên 1010) từ vùng xử lý vật gia công 1006 vào vùng đỡ vật gia công 1004, và cơ cấu vận chuyển thứ hai được vận hành để vận chuyển vật gia công 102 đã được xử lý từ mâm cặp 902 vào vùng xử lý thứ hai 806. Sau đó, bộ định vị thứ ba có thể được vận hành để di chuyển mâm cặp 902 (ví dụ, chỉ theo chiều Y, chẳng hạn theo hình mũi tên 1012) từ vùng đỡ vật gia công 1004 vào vùng nạp vật gia công 1002, và trình tự nêu trên có thể được lặp lại nếu cần.

Theo một phương án, bộ định vị thứ ba 110 có thể được vận hành để di chuyển mâm cặp 902 nhanh hơn theo chiều này so với chiều còn lại. Ví dụ, bộ định vị thứ ba 110 có thể được vận hành để di chuyển mâm cặp 902 nhanh hơn theo chiều Y so với chiều X. Theo một phương án cụ thể, bộ định vị thứ ba 110 bao gồm tầng X và tầng Y (ví dụ, được bố trí theo kết cấu xếp chồng). Tầng X được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển của mâm cặp theo chiều X tại tốc độ thứ nhất, và tầng Y được tạo kết cấu để gây ra sự di chuyển của mâm cặp theo chiều Y tại tốc độ thứ hai lớn hơn tốc độ thứ nhất.

Như được thể hiện trên Fig.10, vật gia công 102 có thể được chia về mặt khái niệm thành bốn vùng (ví dụ, vùng thứ nhất I, vùng thứ hai II, vùng thứ ba III và vùng

thứ tư IV) mà tương ứng với các vị trí của các đầu quét 702 ở thiết bị đa đầu 700. Theo đó, khi vật gia công 102 được đặt trong vùng xử lý vật gia công 1006, thì thiết bị đa đầu 700 có thể được vận hành để gây ra sự chuyển động tương đối giữa vật gia công 102 và các đầu quét 702 mà từ đó các xung laze được phân phối trong quá trình xử lý (tức là, để tới vật gia công 102). Kết quả là, vùng thứ nhất I có thể được xử lý bởi các xung laze mà được phân phối từ đầu quét thứ nhất 702a, vùng thứ hai II có thể được xử lý bởi các xung laze được phân phối từ đầu quét thứ hai 702b, vùng thứ ba III có thể được xử lý bởi các xung laze được phân phối từ đầu quét thứ ba 702c, và vùng thứ tư IV có thể được xử lý bởi các xung laze mà được phân phối từ đầu quét thứ tư 702d. Cần hiểu rằng thiết bị đa đầu 700 cũng có thể được vận hành để gây ra sự chuyển động tương đối nêu trên để nhiều vùng của vật gia công 102 có thể được xử lý (ví dụ, một cách tuần tự hoặc luân phiên) bởi các xung laze được phân phối từ đầu quét 702 chung.

Theo một phương án, các vị trí tương đối của các đầu quét 702 trong thiết bị đa đầu 700 có thể được điều chỉnh như đã được mô tả làm ví dụ trên đây để tương ứng với các kích thước của vật gia công 102 cụ thể cần được xử lý, để tương ứng với các kích thước của các vùng ở vật gia công 102 cụ thể cần được xử lý, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Tuy các phương án cụ thể ở phần về hệ thống xử lý vật gia công 800 này là được mô tả liên quan đến thiết bị đa đầu 700, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị 100 hoặc thiết bị xử lý laze bất kỳ khác mà không phải là thiết bị 100, hoặc thiết bị bất kỳ khác (ví dụ, các máy khoan cơ học, thiết bị cắt hoặc khoan bằng nước, các máy cắt bằng chùm electron, các máy mài thổi, v.v.) mà được tạo kết cấu theo cách có lợi hoặc theo cách phù hợp để gia công vật gia công 102.

VII. Các phương án về các kỹ thuật quét

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “kỹ thuật quét” có thể là cách thức mà trong đó điểm xử lý được quét (ví dụ, trong khoảng quét thứ nhất, khoảng quét thứ hai, khoảng quét thứ ba, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) so với vật gia công 102, cách thức mà trong đó khoảng quét thứ nhất được quét trong khoảng quét thứ hai, cách thức mà trong đó khoảng quét bất kỳ trong số khoảng quét thứ nhất hoặc khoảng quét thứ

hai được quét trong khoảng quét thứ ba, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Nói chung, kỹ thuật quét có thể được đặc trưng bởi một hoặc nhiều thông số chẳng hạn như quỹ đạo xử lý mà theo đó điểm xử lý được quét, chiều (tức là chiều mà theo đó điểm xử lý, khoảng quét thứ nhất, khoảng quét thứ hai, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, được quét), tốc độ quét (tức là tốc độ mà ở đó điểm xử lý, khoảng quét thứ nhất, khoảng quét thứ hai, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, được quét), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

A. Tạo điều kiện cho hoạt động đo, bù độ cao Z, v.v..

Theo các phương án được mô tả ở phần này, thì thiết bị 100 bao gồm bộ cảm biến độ cao Z, chẳng hạn bộ cảm biến độ cao Z 124, mà được cố định vị trí so với thấu kính quét 112. Kết quả là, bất cứ khi nào sự chuyển động tương đối giữa khoảng quét thứ hai 302b và vật gia công 102 được gây ra (tức là, bất cứ khi nào khoảng quét thứ hai “được quét”, mà có thể được thực hiện bằng cách vận hành bộ định vị thứ ba 110), thì khoảng cảm biến 402 cũng được quét cùng (ví dụ, theo cùng chiều và cùng tốc độ) với khoảng quét thứ hai 302b. Khoảng quét thứ hai 302b (và theo đó là khoảng cảm biến 402) có thể được quét với tốc độ quét nằm trong khoảng từ 25 mm/giây đến 200 mm/giây. Theo một phương án, tốc độ quét này nằm trong khoảng từ 50 mm/giây đến 100 mm/giây. Tùy theo các yếu tố chẳng hạn như tốc độ xử lý, tốc độ và/hoặc độ chính xác mà các phép đo độ cao Z có thể được thực hiện, sự biến thiên về địa hình bề mặt của bề mặt gia công 102a, v.v., thì tốc độ quét có thể nhỏ hơn 25 mm/giây hoặc lớn hơn 200 mm/giây.

Như đã nêu trên, việc dịch khoảng cảm biến 402 so với khoảng quét thứ hai 302b, như đã mô tả trên đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6, có thể dẫn đến các vấn đề nhất định trong quá trình xử lý vật gia công 102. Tuy nhiên, các vấn đề này (hoặc khả năng mắc các vấn đề) có thể được cải thiện hoặc được tránh khỏi bằng cách quét mảnh khoảng quét thứ hai 302b (và theo đó là khoảng cảm biến 402) theo quỹ đạo xử lý để xác định mẫu quét mà bao gồm các dải hoặc các đoạn (ví dụ, mà có thể là thẳng, cong, hoặc kết hợp các dạng này) mà song song hoặc không song song với nhau. Hoạt động quét mảnh có thể được thực hiện theo kỹ thuật quét một chiều, kỹ thuật quét mảnh hai chiều, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, các ví dụ về mỗi trong

số các kỹ thuật đó được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Cần hiểu rằng khoảng quét 302b (và theo đó là khoảng cảm biến 402) có thể được quét vector, được sắp xếp theo kỹ thuật bước-và-lặp lại, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, ngoài việc (hoặc thay vì việc) được quét mảnh.

Để tạo thuận lợi cho việc mô tả các kỹ thuật quét mảnh ở đây, thì mỗi phần của vật gia công mà trùng với một đoạn của mẫu quét mảnh sẽ còn được gọi là “đoạn” của vật gia công, hoặc một cách đơn giản hơn, là “đoạn vật gia công”. Nói chung, mỗi đoạn vật gia công bao gồm phần của vật gia công mà cần được xử lý bằng thiết bị 100 (ví dụ, để tạo ra một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng, v.v.). Tuy nhiên theo một phương án, ít nhất một đoạn vật gia công không bao gồm phần nào của vật gia công mà cần được xử lý bằng thiết bị 100.

Hai đoạn vật gia công bất kỳ có thể chồng nhau, liền kề nhau, hoặc được đặt cách khỏi nhau. Ở đây, hai đoạn vật gia công song song được coi là “kề” nhau nếu không có đoạn vật gia công xen giữa nào (dù là song song hay không song song) giữa chúng. Do đó, hai đoạn vật gia công có thể là kề nhau nếu chúng liền kề hoặc được đặt cách khỏi nhau. Theo các phương án mà trong đó tồn tại nhiều cặp đoạn vật gia công song song nhau và được đặt cách nhau, thì các khoảng cách giữa các đoạn vật gia công của ít nhất hai cặp đoạn vật gia công có thể bằng nhau hoặc khác nhau. Ngoài ra, khoảng cách giữa cặp đoạn vật gia công kề nhau bất kỳ có thể được thiết đặt thủ công (ví dụ, bởi người dùng) hoặc tự động (ví dụ, tại bộ điều khiển 114), v.v., hoặc kết hợp những cách này. Khi được thiết đặt tự động, thì khoảng cách giữa cặp đoạn vật gia công kề nhau bất kỳ có thể được thiết đặt theo độ dài (hoặc độ rộng) của khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét), theo vị trí đặt khoảng cảm biến 402 so với khoảng quét thứ hai 302b, theo kích thước và/hoặc hình dạng của khoảng cảm biến 402, theo độ tối ưu hoá của hàm chi phí mà biểu thị, ví dụ, tổng lượng thời gian cần thiết để xử lý tất cả trong số các đoạn vật gia công), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Như được sử dụng ở đây, chiều mà trong đó khoảng quét thứ hai 302b được quét mảnh trong lúc các xung laze được phân phối đến vật gia công (nhờ đó tạo thành điểm xử lý) được gọi là “chiều quét”. Tương tự, chiều quét còn là chiều mà trong đó khoảng cảm biến 402 được quét trong lúc các kết quả đo độ cao Z được thu thập. Theo

các phương án được mô tả dưới đây, thì độ rộng của đoạn vật gia công (ví dụ, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét) là bằng độ dài (hoặc độ rộng) của khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét). Tuy nhiên theo phương án khác, thì độ rộng của đoạn vật gia công là nhỏ hơn, hoặc lớn hơn, độ dài (hoặc độ rộng) của khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét). Cũng theo các phương án được mô tả dưới đây, thì tất cả các đoạn vật gia công của cùng một vật gia công có thể có độ rộng bằng nhau (ví dụ, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét). Theo các phương án khác, ít nhất hai trong số các đoạn vật gia công có thể có độ rộng khác nhau (ví dụ, trong đó ít nhất một trong số các độ rộng này là nhỏ hơn, lớn hơn hoặc bằng độ dài (hoặc độ rộng) của khoảng quét thứ hai 302b, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét). Ngoài ra, độ rộng của đoạn vật gia công bất kỳ có thể được thiết đặt thủ công (ví dụ, bởi người dùng), tự động (ví dụ, tại bộ điều khiển 114), v.v., hoặc kết hợp những cách này. Khi được thiết đặt tự động, thì độ rộng của đoạn vật gia công có thể được thiết đặt theo độ dài (hoặc độ rộng) của khoảng quét thứ hai 302b (ví dụ, khi được đo theo chiều vuông góc với chiều quét), theo vị trí đặt khoảng cảm biến 402 so với khoảng quét thứ hai 302b, theo kích thước và/hoặc hình dạng của khoảng cảm biến 402, theo độ tối ưu hoá của hàm chi phí mà biểu thị, ví dụ, tổng lượng thời gian cần thiết để xử lý tất cả trong số các đoạn vật gia công), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Mặc dù các phương án cụ thể về các kỹ thuật quét nhất định, các phép đo độ cao Z, bù độ cao Z, v.v., là được mô tả liên quan đến thiết bị 100 ở phần này, nhưng cần hiểu rằng bất kỳ trong số các phương án này hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị đa đầu 700. Cần hiểu thêm rằng các phương án được mô tả ở phần này là có thể được thực hiện với thiết bị xử lý laze đơn đầu hoặc đa đầu được trang bị phù hợp bất kỳ khác với các thiết bị đã được mô tả ở đây, hoặc thiết bị bất kỳ khác (ví dụ, máy khoan cơ học, thiết bị cắt hoặc khoan bằng nước, máy cắt bằng chùm electron, máy mài thổi, v.v.) mà được tạo kết cấu theo cách có lợi hoặc theo cách phù hợp để gia công vật gia công 102.

i. Quét một chiều

Theo kỹ thuật quét mảnh một chiều, thì khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b được quét tuần tự theo đoạn vật gia công chung theo một chiều quét.

Khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b cũng được quét theo các đoạn vật gia công kề nhau theo một chiều quét.

Để tạo thuận lợi cho việc quét mảnh một chiều, thì thiết bị 100 có thể bao gồm bộ cảm biến độ cao Z được sắp xếp và được tạo kết cấu để chiếu khoảng cảm biến 402 mà được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo cùng chiều với chiều quét. Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.4 hoặc Fig.6, nếu chiều quét là chiều -Y, thì khoảng cảm biến 402 cũng có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều -Y. Theo ví dụ khác, và như được thể hiện trên Fig.5 hoặc Fig.6, nếu chiều quét là chiều -X, thì khoảng cảm biến 402 cũng có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều -X.

Trước khi xử lý, thì vị trí tương đối giữa vật gia công và khoảng cảm biến 402 được thiết đặt ban đầu sao cho khoảng cảm biến 402 được đồng chỉnh tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công của vật gia công cần được xử lý. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.11, khoảng cảm biến 402 (được dịch khỏi khoảng quét thứ hai như đã được mô tả dựa vào Fig.4) là được đồng chỉnh tại đầu của đoạn vật gia công 1102 hiện tại cần được xử lý. Tương tự, như được thể hiện trên Fig.15, khoảng cảm biến 402 (được dịch khỏi khoảng quét thứ hai như đã được mô tả dựa vào Fig.5) là được đồng chỉnh tại đầu của đoạn vật gia công 1502 hiện tại cần được xử lý.

Sau khi khoảng cảm biến 402 được đồng chỉnh với đoạn vật gia công hiện tại, thì khoảng quét thứ hai 302b và khoảng cảm biến 402 được quét cùng nhau, theo đoạn này theo chiều quét (ví dụ, theo chiều -Y hoặc chiều -X, như được thể hiện lần lượt trên Fig.12 và Fig.16). Theo đó, khoảng cảm biến 402 được quét theo đoạn vật gia công hiện tại cần được xử lý, trước khoảng quét thứ hai 302b. Trong quá trình quét khoảng cảm biến 402, thì các kết quả đo độ cao Z tại các vị trí cảm biến khác nhau được thu thập và tùy ý được lưu giữ (và, tùy ý nữa, được xử lý như đã được mô tả trên đây).

Trong khi quét khoảng quét thứ hai 302b thì các xung laze có thể được phân phối đến các phần của đoạn vật gia công hiện tại cần được xử lý. Nếu độ cao Z của bề mặt gia công (ví dụ, như được đo hoặc được xử lý, và được lưu giữ trước đó) tại vị trí cảm biến cụ thể được xác định là nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định trước, thì việc bù độ cao Z có thể được thực hiện (ví dụ, như đã được mô tả trên đây)

khi vị trí xử lý là trùng với (hoặc nằm trong khoảng cách được quy định của) vị trí cảm biến cụ thể này.

Sau khi xử lý đoạn vật gia công hiện tại (ví dụ, khi khoảng quét thứ hai 302b nằm tại hoặc gần cuối đoạn vật gia công hiện tại, như được thể hiện trên Fig.13 hoặc Fig.17), thì vị trí tương đối giữa vật gia công và khoảng cảm biến 402 được đánh chỉ số để khoảng cảm biến 402 được đồng chỉnh tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công tiếp theo cần được xử lý (ví dụ, đoạn 1104 hoặc đoạn 1504, như được thể hiện lần lượt trên Fig.14 và Fig.18) và quy trình nêu trên có thể được lặp lại.

ii. Quét hai chiều

Theo kỹ thuật quét mảnh hai chiều, thì khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b được quét tuần tự theo đoạn vật gia công chung theo các chiều quét ngược nhau. Mỗi trong số khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b cũng được quét theo các đoạn vật gia công kề nhau theo các chiều quét ngược nhau.

Để tạo thuận lợi cho việc quét mảnh hai chiều, thì thiết bị 100 có thể bao gồm bộ cảm biến độ cao Z được sắp xếp và được tạo kết cấu để chiếu khoảng cảm biến 402 mà được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều khác với chiều quét. Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.4 hoặc Fig.6, nếu chiều quét là chiều +X hoặc chiều -X, thì khoảng cảm biến 402 có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều +Y hoặc chiều -Y. Theo ví dụ khác, và như được thể hiện trên Fig.5 hoặc Fig.6, nếu chiều quét là chiều +Y hoặc chiều -Y, thì khoảng cảm biến 402 có thể được dịch khỏi khoảng quét thứ hai 302b theo chiều +X hoặc chiều -X.

Trước khi xử lý, thì vị trí tương đối giữa vật gia công và khoảng cảm biến 402 được thiết đặt ban đầu sao cho khoảng cảm biến 402 được đồng chỉnh tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công cần được xử lý. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.19, khoảng cảm biến 402 (được dịch khỏi khoảng quét thứ hai như đã được mô tả dựa vào Fig.5) là được đồng chỉnh tại đầu của đoạn vật gia công 1100a1 nêu trên. Tương tự, như được thể hiện trên Fig.22, khoảng cảm biến 402 (được dịch khỏi khoảng quét thứ hai như đã được mô tả dựa vào Fig.4) là được đồng chỉnh tại đầu của đoạn vật gia công 1502 nêu trên.

Sau khi khoảng cảm biến 402 được đồng chỉnh với đoạn vật gia công cần được xử lý, thì khoảng quét thứ hai 302b và khoảng cảm biến 402 được quét, cùng nhau, để

khoảng cảm biến 402 được quét theo chiều quét thứ nhất (ví dụ, theo chiều -Y hoặc chiều -X như lần lượt được thể hiện bởi hình mũi tên trên Fig.20 hoặc Fig.23) theo đoạn vật gia công cần được xử lý (ví dụ, đoạn 1100a1 hoặc đoạn 1502, như được thể hiện lần lượt trên Fig.21 và Fig.24). Trong quá trình quét khoảng cảm biến 402 theo chiều quét thứ nhất, thì các kết quả đo độ cao Z tại các vị trí cảm biến khác nhau theo đoạn vật gia công sẽ được thu thập và tùy ý được lưu giữ (và, tùy ý nữa, được xử lý như đã được mô tả trên đây).

Sau khi đo đoạn vật gia công cần được xử lý bằng bộ cảm biến độ cao Z 124 (ví dụ, khi khoảng cảm biến 402 nằm tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công 1100a1 hoặc 1502 cần được xử lý, như được thể hiện trên Fig.20 hoặc Fig.23), thì vị trí tương đối giữa vật gia công và khoảng cảm biến 402 được đánh chỉ số để khoảng cảm biến 402 được đồng chỉnh tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công khác cần được xử lý (ví dụ, đoạn 1104 hoặc đoạn 1504, như được thể hiện lần lượt trên Fig.21 và Fig.24). Do theo các phương án được mô tả ở đây thì bộ cảm biến độ cao Z 124 là được cố định vị trí so với thấu kính quét 112, nên khoảng quét thứ hai 302b cũng trở nên được đồng chỉnh tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công mà được đo trước đó bởi bộ cảm biến độ cao Z 124 (ví dụ, đoạn 1100a1 hoặc đoạn 1502 được đo trước đó, như được thể hiện lần lượt trên Fig.21 và Fig.24).

Sau khi đánh chỉ số khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b như đã mô tả trên đây, thì khoảng quét thứ hai 302b và khoảng cảm biến 402 được quét, cùng nhau, theo chiều quét thứ hai ngược với chiều quét thứ nhất (ví dụ, theo chiều +Y hoặc chiều +X như được thể hiện bởi các hình mũi tên lần lượt trên Fig.21 hoặc Fig.24). Kết quả là, khoảng cảm biến 402 được quét theo đoạn vật gia công khác cần được xử lý (ví dụ, theo đoạn 1104 hoặc đoạn 1504, như được thể hiện lần lượt trên Fig.21 và Fig.24) trong khi khoảng quét thứ hai 302b được quét theo đoạn vật gia công được đo trước đó (tức là, theo đoạn 1100a1 hoặc đoạn 1502, như được thể hiện lần lượt trên Fig.21 và Fig.24).

Trong quá trình quét khoảng cảm biến 402 theo chiều quét thứ hai, thì các kết quả đo độ cao Z tại các vị trí cảm biến khác nhau được thu thập và tùy ý được lưu giữ (và, tùy ý nữa, được xử lý như đã được mô tả trên đây). Trong khi quét khoảng quét thứ hai 302b theo chiều quét thứ hai, thì các xung laze có thể được phân phối đến các

phần của đoạn vật gia công được đo trước đó (tức là, đoạn 1100a1 hoặc đoạn 1502, như được thể hiện lần lượt trên Fig.21 và Fig.24). Nếu độ cao Z của bề mặt gia công (ví dụ, như được đo hoặc được xử lý) tại vị trí cảm biến cụ thể được xác định là nằm ngoài cửa sổ xử lý độ cao Z danh định định trước, thì việc bù độ cao Z có thể được thực hiện (ví dụ, như đã được mô tả trên đây) khi vị trí xử lý là trùng với (hoặc nằm trong khoảng cách được quy định của) vị trí cảm biến cụ thể này.

Sau khi đoạn vật gia công được đo trước đó (ví dụ, đoạn vật gia công 1100a1 hoặc 1502) đã được xử lý và đoạn vật gia công khác (ví dụ, chưa được xử lý) (ví dụ, đoạn vật gia công 1104 hoặc 1504) đã được đo, thì hoạt động đánh chỉ số có thể được thực hiện lại để đồng chỉnh khoảng cảm biến 402 tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công khác (không được thể hiện trên hình vẽ) cần được đo, và để đồng chỉnh khoảng quét thứ hai 302b tại hoặc gần đầu của đoạn vật gia công được đo trước đó (ví dụ, đoạn 1104 hoặc đoạn 1504). Sau khi đồng chỉnh, thì khoảng cảm biến 402 và khoảng quét thứ hai 302b được quét, cùng nhau, theo chiều quét thứ nhất, và các quy trình nêu trên, mà bao gồm các bước đo, xử lý, bù độ cao Z, v.v., có thể được lặp lại.

B. Tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động tạo kết cấu đặc trưng

Như đã nêu trên, bộ định vị thứ nhất 106 có băng thông định vị thứ nhất nằm trong khoảng từ 50 kHz đến 10 MHz, và do đó, có thể được dùng để nhanh chóng quét điểm xử lý trong khoảng quét thứ nhất để tạo ra một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng (ví dụ, một hoặc nhiều phần mở, các lỗ via, các rãnh, các khe, các đường vạch dấu, các vùng hốc, v.v.) trên vật gia công 102. Cũng như đã nêu trên, kích thước tối đa của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra trên vật gia công 102 (ví dụ, khi được đo trên mặt phẳng X-Y) là có thể nhỏ hơn hoặc bằng kích thước tối đa của khoảng quét thứ nhất (ví dụ, theo chiều X hoặc chiều Y). Tuy nhiên theo phương án khác, thì kích thước tối đa của kết cấu đặc trưng có thể lớn hơn kích thước tối đa của khoảng quét thứ nhất.

Nói chung, bộ định vị thứ nhất 106 có thể được vận hành để quét điểm xử lý theo chiều X (ví dụ, theo chiều +X hoặc chiều -X) và/hoặc theo chiều Y (ví dụ, theo chiều +Y hoặc chiều -Y) trong khi bộ định vị thứ hai 108 quét khoảng quét thứ nhất theo chiều X (ví dụ, theo chiều +X hoặc theo chiều -X), trong khi bộ định vị thứ hai 108 quét khoảng quét thứ nhất theo chiều Y (ví dụ, theo chiều +Y hoặc -Y), trong khi bộ định vị thứ ba 110 quét khoảng quét thứ nhất và/hoặc khoảng quét thứ hai theo

chiều X (ví dụ, theo chiều +X hoặc -X), trong khi bộ định vị thứ ba 110 quét khoảng quét thứ nhất và/hoặc khoảng quét thứ hai theo chiều Y (ví dụ, theo chiều +Y hoặc -), hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Tuy nhiên, cần hiểu rằng bộ định vị thứ nhất 106 có thể được vận hành để quét điểm xử lý theo chiều X (ví dụ, theo chiều +X hoặc -X) và/hoặc theo chiều Y (ví dụ, theo chiều +Y hoặc -Y) khi bộ định vị thứ hai 108 đang không quét khoảng quét thứ nhất, khi bộ định vị thứ ba 110 đang không quét khoảng quét thứ nhất hoặc khoảng quét thứ hai, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Cũng cần hiểu rằng, tại thời điểm bất kỳ, thì chiều mà theo đó (hoặc trong đó) điểm xử lý được quét bởi bộ định vị thứ nhất 106 là có thể giống hoặc khác chiều mà theo đó (hoặc trong đó) khoảng quét thứ nhất được quét trong khoảng quét thứ hai bởi bộ định vị thứ hai 108, chiều mà theo đó (hoặc trong đó) khoảng quét thứ nhất được quét trong khoảng quét thứ ba bởi bộ định vị thứ ba 110, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo một số phương án, vật gia công 102 là được cung cấp dưới dạng tấm PCB, PCB, FPC, IC, ICP, thiết bị bán dẫn, v.v.. Do đó, vật gia công 102 có thể bao gồm một hoặc nhiều kết cấu cấu thành, chẳng hạn như kết cấu dẫn điện (ví dụ, màng, lá kim loại, v.v., mà có thể được tạo ra từ đồng, hợp kim đồng, kết cấu nối dây mà bao gồm một hoặc nhiều kim loại chẳng hạn như đồng, titan, titan nitrat, tantan, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), kết cấu điện môi (ví dụ, màng tích tụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh, vật liệu điện môi xen giữa các lớp, vật liệu điện môi có hằng số điện môi thấp, chất cản hàn, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Khi được cung cấp dưới dạng tấm PCB hoặc PCB, thì vật gia công 102 có thể bao gồm kết cấu điện môi (ví dụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh) được dính vào lớp chất dẫn thứ nhất (ví dụ, lá đồng hoặc hợp kim đồng, mà có thể có bề mặt lộ được làm tối đi - ví dụ, bằng phản ứng hoá học, bằng quy trình làm tối bằng laze, v.v. - hoặc không được làm tối đi) tại mặt thứ nhất của nó, và tùy ý, vào lớp chất dẫn thứ hai (ví dụ, bề, vết, lá kim loại, v.v., mà được tạo ra từ đồng hoặc hợp kim đồng) tại mặt thứ hai của nó mà đối diện với mặt thứ nhất. Một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng (ví dụ, một hoặc nhiều phần mở, khe, rãnh, lỗ via tịt, lỗ via xuyên, lỗ via dạng khe, v.v.) có thể được tạo ra ở hoặc trên một hoặc nhiều thành phần của vật gia công 102 bằng cách loại bỏ vật liệu khỏi đó (ví dụ, trong quá trình cắt, khoan, chạm trổ, đi dây, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của những quá trình này) do sự bào mòn của vật liệu. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ

“vùng có kết cấu đặc trưng” là vùng của vật gia công 102 mà cần được xử lý để tạo kết cấu đặc trưng.

Nói chung, và nếu không được nói khác đi một cách rõ ràng, thì thuật ngữ “bào mòn” có thể là “bào mòn trực tiếp”, “bào mòn gián tiếp”, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Sự bào mòn trực tiếp của vật liệu trong vật gia công 102 xảy ra khi nguyên nhân nổi trội của sự bào mòn là sự phân huỷ của vật liệu khi vật liệu hấp thụ năng lượng trong chùm năng lượng laze được phân phối (ví dụ, hấp thụ tuyến tính, hấp thụ phi tuyến, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Sự bào mòn gián tiếp (còn được gọi là sự “thăng hoa”) của vật liệu ở vật gia công 102 xảy ra khi nguyên nhân nổi trội của sự bào mòn là sự tan chảy và bay hơi do nhiệt sinh ra ở, và được chuyển đến từ, vật liệu liền kề mà hấp thụ năng lượng trong chùm năng lượng laze được phân phối.

Theo một phương án, kết cấu đặc trưng có thể được tạo ra để kéo dài, hoàn toàn hoặc một phần, qua một hoặc nhiều thành phần của vật gia công 102 (ví dụ, một hoặc nhiều kết cấu dẫn điện, một hoặc nhiều kết cấu điện môi, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Theo một phương án, kết cấu dẫn điện hoặc kết cấu điện môi này có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 5 μm đến 500 μm . Tuy nhiên, cần hiểu rằng kết cấu dẫn điện hoặc kết cấu điện môi có thể có độ dày nhỏ hơn 5 μm hoặc lớn hơn 500 μm . Do đó, độ dày của kết cấu dẫn điện hoặc kết cấu điện môi có thể lớn hơn hoặc bằng 1 μm , 3 μm , 5 μm , 10 μm , 15 μm , 18 μm , 20 μm , 25 μm , 30 μm , 35 μm , 40 μm , 50 μm , 70 μm , 80 μm , 100 μm , 110 μm , 120 μm , 250 μm , 300 μm , 350 μm , 400 μm , 450 μm , 550 μm , 600 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, độ dày này có thể nhỏ hơn 550 μm , 450 μm , 400 μm , 350 μm , 300 μm , 250 μm , 120 μm , 110 μm , 100 μm , 80 μm , 70 μm , 50 μm , 40 μm , 35 μm , 25 μm , 20 μm , 18 μm , 15 μm , 10 μm , 5 μm , 3 μm , 1 μm , 0,5 μm , 0,1 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Nói chung, phần đỉnh của kết cấu đặc trưng này có thể có đường kính (tức “đường kính đỉnh”) nằm trong khoảng từ 5 μm đến 300 μm . Tuy nhiên, cần hiểu rằng đường kính đỉnh này có thể nhỏ hơn 5 μm hoặc lớn hơn 300 μm . Do đó, đường kính đỉnh này có thể lớn hơn hoặc bằng 5 μm , 10 μm , 20 μm , 30 μm , 40 μm , 50 μm , 80 μm , 100 μm , 120 μm , 150 μm , 200 μm , 250 μm , 150 μm , 200 μm , 250 μm , 300 μm , 320 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, đường kính đỉnh này có thể nhỏ hơn 350 μm , 300 μm , 250 μm , 200 μm , 150 μm , 120 μm , 100 μm , 80 μm ,

50 μm , 40 μm , 30 μm , 20 μm , 10 μm , 5 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Nói chung, phần đáy của kết cấu đặc trưng có thể có đường kính (tức “đường kính đáy”) nhỏ hơn hoặc bằng đường kính đỉnh. Sự chênh lệch giữa đường kính đỉnh và đường kính đáy ở đây được gọi là “độ thôn” của kết cấu đặc trưng, hay một cách đơn giản là “độ thôn của kết cấu đặc trưng”. Độ thôn của kết cấu đặc trưng cho biết độ dốc của vách sườn của kết cấu đặc trưng trong vật gia công 102. Thường mong muốn là tạo ra các kết cấu đặc trưng có độ thôn tương đối nhỏ (ví dụ, để tạo thuận lợi cho việc tạo ra một số lượng lớn các kết cấu đặc trưng trong vùng tương đối nhỏ của vật gia công 102). Nếu kết cấu đặc trưng là lỗ via, thì độ thôn tương đối nhỏ có thể tạo thuận lợi cho việc mạ hoặc lắp lỗ một cách tin cậy. Một yếu tố ảnh hưởng đến độ thôn là độ sâu của kết cấu đặc trưng được tạo ra; các kết cấu đặc trưng có độ sâu tương đối nhỏ thì có xu hướng là có độ thôn bằng không, hoặc độ thôn nhỏ hơn so với các kết cấu đặc trưng có độ sâu tương đối lớn. Theo ví dụ này, độ thôn của kết cấu đặc trưng được tạo ra trong vật gia công 102 có thể nhỏ hơn hoặc bằng 20 μm . Ví dụ, độ thôn này có thể nhỏ hơn hoặc bằng 18 μm , 15 μm , 12 μm , 10 μm , 9 μm , 8 μm , 7.5 μm , 7 μm , 6 μm , 5 μm , 4 μm , 3 μm , 2 μm , 1 μm , 0,5 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Nói chung, độ sâu của kết cấu đặc trưng là được đo theo trục (ở đây còn được gọi là “trục của kết cấu đặc trưng”) mà kéo dài qua phần đỉnh và phần đáy của kết cấu đặc trưng. Theo một phương án, độ sâu của kết cấu đặc trưng là tương ứng với độ dày của một hoặc nhiều kết cấu mà trong đó kết cấu đặc trưng được tạo ra (trong trường hợp đó, kết cấu đặc trưng sẽ kéo dài hoàn toàn qua một hoặc nhiều kết cấu đó). Theo phương án khác, độ sâu của kết cấu đặc trưng không tương ứng với độ dày của kết cấu mà trong đó kết cấu đặc trưng được tạo ra (trong trường hợp đó, kết cấu đặc trưng kéo dài chỉ một phần qua kết cấu đó). Do đó, kết cấu đặc trưng có thể có độ sâu nằm trong khoảng từ 5 μm đến 250 μm (hoặc nhỏ hơn 5 μm hoặc lớn hơn 250 μm). Ví dụ, kết cấu đặc trưng có thể có độ sâu lớn hơn hoặc bằng 1 μm , 3 μm , 5 μm , 10 μm , 15 μm , 18 μm , 20 μm , 25 μm , 30 μm , 35 μm , 40 μm , 50 μm , 70 μm , 80 μm , 100 μm , 110 μm , 120 μm , 250 μm , 300 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, độ sâu này có thể nhỏ hơn 300 μm , 250 μm , 120 μm , 110 μm , 100 μm , 80 μm , 70

μm , 50 μm , 40 μm , 35 μm , 25 μm , 20 μm , 18 μm , 15 μm , 10 μm , 5 μm , 3 μm , 1 μm , 0,5 μm , 0,1 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Nói chung, quá trình tạo kết cấu đặc trưng có thể được thực hiện bằng cách quét điểm xử lý theo quỹ đạo xử lý mà xác định một hoặc nhiều mẫu quét (ví dụ, bằng cách điều khiển bộ định vị thứ nhất 106 để quét điểm xử lý theo một hoặc nhiều mẫu quét tương ứng trong khoảng quét thứ nhất). Tùy theo một hoặc nhiều yếu tố, chẳng hạn như độ sâu mong muốn của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra, (các) vật liệu cần được loại bỏ trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng, một hoặc nhiều thông số của chùm xung laze cần được phân phối trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, thì kết cấu đặc trưng có thể được tạo ra bằng cách quét điểm xử lý chỉ một lần, hoặc nhiều lần, theo mẫu quét (còn được gọi là mẫu quét “tạo kết cấu đặc trưng”). Khi điểm xử lý được quét nhiều lần theo mẫu quét, thì điểm xử lý có thể được quét lặp đi lặp lại theo mẫu quét đó (tức là, cùng một mẫu quét có thể được sử dụng lặp đi lặp lại). Theo phương án khác, ít nhất hai mẫu quét khác nhau có thể được sử dụng trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng. Trong trường hợp cùng một mẫu quét được sử dụng lặp đi lặp lại, thì mẫu quét được sử dụng sau đó có thể có cùng hướng (ví dụ, được đo so với trục kết cấu đặc trưng), hoặc khác hướng, so với hướng của mẫu quét được sử dụng trước đó.

Mặc dù các phương án cụ thể về các kỹ thuật quét nhất định ở phần này là được mô tả liên quan đến thiết bị 100, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị đa đầu 700. Cần hiểu thêm rằng các phương án được mô tả ở phần này là có thể được thực hiện với thiết bị xử lý laze đơn đầu hoặc đa đầu được trang bị phù hợp bất kỳ khác với các thiết bị đã được mô tả ở đây, hoặc thiết bị phù hợp bất kỳ khác (ví dụ, máy khoan cơ học, thiết bị cắt hoặc khoan bằng nước, máy cắt bằng chùm electron, máy mài thổi, v.v.) mà được tạo kết cấu theo cách có lợi hoặc theo cách phù hợp để xử lý vật gia công 102.

i. Các phương án ví dụ về các mẫu quét

Các ví dụ về các mẫu quét để tạo ra các kết cấu đặc trưng, chẳng hạn các lỗ via hoặc các lỗ khác, các phần mở, các hốc, các rãnh, v.v., bao gồm các mẫu quét 2500, 2600, 2700 và 2800, được thể hiện lần lượt trên Fig.25, Fig.26, Fig.27 và Fig.28, v.v.,

hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Nói chung, mẫu quét này có thể giống với, hoặc vạch ra, mẫu mảnh (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.25), đa giác sao hoặc đa giác hình sao (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.26), hình xoắn ốc hoặc tập hợp các hình cung hoặc các hình tròn (được bố trí đồng tâm hoặc theo cách khác, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.27), hình tròn (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.28), tập hợp các hình tròn, hoặc một hoặc nhiều hình dạng (ví dụ, hình elip, hình tam giác, hình vuông, hình chữ nhật, hoặc các hình đều hoặc không đều khác, v.v.), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một phương án, một hoặc nhiều mẫu quét (ví dụ, một hoặc nhiều mẫu quét 2500, 2600, 2700 hoặc 2800, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) có thể được dùng để loại bỏ vật liệu (ví dụ, nhờ sự bào mòn trực tiếp, sự bào mòn gián tiếp, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) khỏi một hoặc nhiều kết cấu dẫn điện, một hoặc nhiều kết cấu điện môi, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng, chẳng hạn phần mở hình tròn, lỗ via, v.v..

Trên các hình vẽ từ Fig.25 đến Fig.28, đường nét đứt 2502 biểu thị ranh giới mong muốn, tại bề mặt gia công 102a, của kết cấu đặc trưng (ví dụ, phần mở hình tròn hoặc lỗ via, theo ví dụ này) cần được tạo ra ở kết cấu dẫn điện hoặc kết cấu điện môi của vật gia công 102. Nhằm mục đích mô tả với ví dụ này, khi được tạo ra ở vật gia công 102, thì kết cấu đặc trưng có thể được đặc trưng là bao gồm “phần đỉnh” được tạo ra tại bề mặt gia công 102a và kéo dài theo trục vào vật gia công 102 (ví dụ, để kết thúc trong vật gia công 102, hoặc kéo dài xuyên hoàn toàn qua vật gia công 102). Do đó, phần của kết cấu đặc trưng mà kết thúc trong vật gia công 102 hoặc hiện hữu tại mặt kia của vật gia công 102 có thể được gọi ở đây là “phần đáy” của kết cấu đặc trưng.

Tuy các hình vẽ từ Fig.25 đến Fig.28 thể hiện ranh giới 2502 của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra (ở đây còn được gọi là “ranh giới kết cấu đặc trưng”) dưới dạng hình tròn, nhưng cần hiểu rằng ranh giới đó có thể có hình dạng phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ (ví dụ, hình elip, hình vuông, hình chữ nhật, hình tam giác, hình lục giác, hình không đều, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Theo các phương án được mô tả ở đây, thì hình dạng của ranh giới 2502 tại phần đỉnh và phần đáy của kết cấu đặc trưng là giống nhau hoặc tương tự nhau (ví dụ, hình tròn). Theo các phương án khác (ví dụ, mà trong đó việc loại bỏ vật liệu là được thực hiện nhờ sự bào mòn trực tiếp,

và nhiều mẫu quét được quét trong quá trình xử lý vật liệu), thì ranh giới 2502 tại phần đỉnh của kết cấu đặc trưng có thể khác với hình dạng của ranh giới 2502 tại phần đáy của kết cấu đặc trưng. Ví dụ, phần đỉnh của kết cấu đặc trưng có thể có ranh giới 2502 là hình tròn, còn phần đáy của kết cấu đặc trưng có thể có ranh giới 2502 là hình elip, hình chữ nhật, v.v.).

Tâm của các vị trí dành cho các điểm xử lý trong mẫu quét (mỗi trong số đó được gọi chung là “vị trí điểm” hoặc “các vị trí điểm”) là được biểu thị bởi các hình thoi 2504. Tuy các mẫu quét 2500, 2600, 2700 và 2800 được thể hiện là có kiểu sắp xếp cụ thể của các vị trí điểm 2504 được thể hiện, nhưng cần hiểu rằng mẫu quét bất kỳ có thể bao gồm nhiều hoặc ít vị trí điểm hơn, với kiểu sắp xếp phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ. Sự sắp xếp của các vị trí điểm 2504 (mà có thể được đặc trưng bởi số lượng vị trí điểm, vị trí của các điểm, bước giữa các vị trí điểm kề nhau, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), trong mẫu quét hoặc được bố trí theo đường quét chung, là có thể biến thiên tùy theo các yếu tố chẳng hạn như độ dẫn nhiệt, độ khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng, độ hấp thụ quang, v.v., của vật liệu ở tại hoặc ở gần vị trí điểm, độ nhớt của vật liệu ở tại hoặc ở gần vị trí điểm trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng, độ hấp thụ quang (so với chùm năng lượng laze được phân phối) của vật liệu ở tại hoặc gần vị trí điểm, việc có hay không có kết cấu dẫn điện hoặc kết cấu điện môi bất kỳ gần vị trí điểm, kết cấu hình học của kết cấu dẫn điện hoặc kết cấu điện môi bất kỳ gần vị trí điểm, kích thước điểm, kiểu và hình dạng của profin cường độ trong không gian, độ rộng xung, độ thông, tốc độ lặp xung, tốc độ quét, kích thước và hình dạng của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Nói chung, sự sắp xếp của các vị trí điểm mà cùng được bố trí theo đường quét này của mẫu quét cụ thể là có thể giống hoặc khác với sự sắp xếp của các vị trí điểm mà cùng được bố trí theo đường quét khác của mẫu quét cụ thể đó.

Trong số các vị trí điểm 2504, thì vị trí điểm 2504a biểu thị vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét mà cần được chiếu xung laze, và vị trí điểm 2504b biểu thị điểm cuối cùng trong mẫu quét này mà cần được chiếu xung laze. Theo đó, đường nét liền mà nối các vị trí điểm 2504 biểu thị trình tự mà trong đó các vị trí điểm 2504 được chiếu vào (ví dụ, bởi một hoặc nhiều xung laze được phân phối). Tuy nhiên, cần hiểu rằng các vị trí điểm 2504 trong mẫu quét có thể được chiếu vào theo trình tự mong muốn

bất kỳ khác (từ đó thay đổi hình dạng của đường nét liền này), và thậm chí có thể được chiếu vào một cách ngẫu nhiên. Tại thời điểm bất kỳ trong quá trình xử lý, thì vị trí điểm 2540 trong mẫu quét có thể được đặc trưng là vị trí điểm được chiếu vào trước đó (tức là vị trí điểm mà các xung laze đã được phân phối vào đó), vị trí điểm được chiếu vào hiện tại (tức là vị trí điểm mà các xung laze đang được phân phối vào đó) và vị trí điểm cần được chiếu vào (tức là vị trí điểm mà các xung laze sẽ được phân phối vào đó).

Theo một phương án, sự sắp xếp của các vị trí điểm 2504 và trình tự mà các vị trí điểm 2504 được chiếu vào là tùy ý được chọn để giảm hoặc tránh sự tích lũy nhiệt ngoài ý muốn (ví dụ, vốn có thể gây ra tình trạng nứt, chảy, bay hơi, bào mòn, kết tinh, tôi luyện, cacbon hoá, oxi hoá, v.v. ngoài ý muốn) trong vật gia công 102 trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng. Theo phương án khác (và như sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây), thì sự sắp xếp của các vị trí điểm 2504 và trình tự mà các vị trí điểm 2504 được chiếu vào là tùy ý được chọn để tác động vào (ví dụ, làm giảm) độ thuận của kết cấu đặc trưng mà cuối cùng được tạo ra. Theo phương án khác, sự sắp xếp của các vị trí điểm 2504 và trình tự mà các vị trí điểm 2504 được chiếu vào là tùy ý được chọn để xúc tiến quá trình gia nhiệt cho vật gia công 102 theo cách mà tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo ra một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng trên hoặc trong vật gia công 102 một cách hiệu quả.

Tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như tốc độ lặp xung, băng thông định vị thứ nhất, mẫu quét cần được quét, v.v., thì ít nhất hai xung laze tuần tự về mặt thời gian (ví dụ, 2 xung laze, 3 xung laze, 5 xung laze, 8 xung laze, 10 xung laze, 20 xung laze, v.v.) có thể được phân phối đến cùng một vị trí điểm 2504, hoặc đến các vị trí điểm 2504 khác nhau. Trong trường hợp này, tốc độ lặp xung có thể nói chung là được đặc trưng là lớn hơn băng thông định vị thứ nhất. Tuy nhiên theo phương án khác, tốc độ lặp xung này có thể nhỏ hơn hoặc bằng băng thông định vị thứ nhất. Khoảng thời gian mà trong đó các xung laze tuần tự về mặt thời gian được phân phối vào cùng một vị trí điểm 2504 (hoặc được phân phối trong vùng lân cận cục bộ của vị trí điểm 2504 chung) được gọi ở đây là “thời gian ngụ” liên quan đến vị trí điểm 2504 đó. Nhằm mục đích mô tả, thì một xung laze được coi là được phân phối đến vùng lân cận cục bộ của một vị trí điểm 2504 nếu nó được phân phối đến trong phạm vi 1 μm

của vị trí điểm 2504 đó. Theo một phương án, một xung laze được coi là được phân phối đến vùng lân cận cục bộ của một vị trí điểm 2504 nếu nó được phân phối đến trong phạm vi 10,0 μm , 8,0 μm , 7,0 μm , 6,0 μm , 5,0 μm , 4,0 μm , 3,5 μm , 3,0 μm , 2,5 μm , 2,0 μm , 1,5 μm , 1,0 μm , 0,9 μm , 0,8 μm , 0,75 μm , 0,7 μm , 0,65 μm , 0,6 μm , 0,5 μm , 0,4 μm , 0,3 μm , 0,25 μm , 0,2 μm , 0,15 μm , 0,1 μm , 0,08 μm , 0,05 μm , 0,01 μm , hoặc nhỏ hơn 0,01 μm , của vị trí điểm 2504 đó.

Theo các phương án được thể hiện này, mẫu quét có thể được đặc trưng là bao gồm một hoặc nhiều chuỗi vị trí điểm 2504 được chiếu vào tuần tự. Mỗi chuỗi vị trí điểm 2504 đó có thể nói chung là được đặc trưng là được bố trí theo đường quét chung. Nói chung, các vị trí điểm được chiếu vào tuần tự mà được bố trí trên đường quét chung là gần nhau hơn so với các vị trí điểm được chiếu vào tuần tự mà được bố trí trên các đường quét khác nhau. Đường quét có thể là thẳng (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.25 hoặc Fig.26), cong (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.27 hoặc Fig.28), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các dạng đó. Ví dụ, mẫu quét 2500 được thể hiện trên Fig.25 thì bao gồm các đường quét thẳng và song song nhau, còn mẫu quét 2600 được thể hiện trên Fig.26 thì bao gồm các đường quét thẳng và chéo nhau. Các đường quét trong mẫu quét 2600 kéo dài theo các trục mà kéo dài theo phương hướng kính (hoặc gần như hướng kính) từ tâm của ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 (hoặc từ vùng tâm mà bao quanh tâm của ranh giới kết cấu đặc trưng 2502) về phía ranh giới kết cấu đặc trưng 2502. Mẫu quét 2700 được thể hiện trên Fig.27 bao gồm các đường quét hình cung được sắp xếp đồng tâm (đường quét ngoài cùng theo phương hướng kính trong số đó kéo dài theo ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 mong muốn). Mẫu quét 2800 trên Fig.28 bao gồm một đường quét hình cung (ví dụ, kéo dài theo ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 mong muốn).

Ít nhất một xung laze được phân phối đến mỗi vị trí điểm 2504. Theo một phương án, nhiều xung laze được phân phối đến một hoặc nhiều vị trí điểm 2504 (hoặc được phân phối trong vùng lân cận cục bộ của vị trí điểm 2504 chung). Nói chung là số lượng xung laze bằng nhau được phân phối đến ít nhất hai vị trí điểm 2504 của mẫu quét, hoặc số lượng xung laze khác nhau có thể được phân phối đến ít nhất hai vị trí điểm 2504 của mẫu quét.

Nói chung, bước giữa các vị trí điểm 2504 kề nhau được coi là lớn hơn khoảng cách được bao quanh trong vùng lân cận cục bộ của vị trí điểm 2504. Theo một phương án, bước giữa các vị trí điểm kề nhau trong mẫu quét có thể nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 50 μm . Tương tự, bước giữa các vị trí điểm 2504 kề nhau mà được bố trí theo đường quét chung là có thể nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 50 μm . Do đó, bước giữa các vị trí điểm 2504 kề nhau (trong mẫu quét, nói chung, hoặc được bố trí theo đường quét chung) là có thể lớn hơn hoặc bằng 0,1 μm , 0,2 μm , 0,3 μm , 0,4 μm , 0,5 μm , 1 μm , 1,5 μm , 2 μm , 3 μm , 3,5 μm , 4,5 μm , 5 μm , 10 μm , 15 μm , 20 μm , 30 μm , 40 μm , 55 μm , 60 μm , 80 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này, hoặc nhỏ hơn 50 μm , 40 μm , 30 μm , 20 μm , 15 μm , 10 μm , 5 μm , 4,5 μm , 3,5 μm , 3 μm , 2 μm , 1,5 μm , 1 μm , 0,5 μm , 0,4 μm , 0,3 μm , 0,2 μm , 0,1 μm , 0,08 μm , 0,05 μm , 0,01 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Nhằm mục đích mô tả ở đây, thì bước giữa các vị trí điểm được đo là khoảng cách giữa tâm của hai vị trí điểm kề nhau. Hai vị trí điểm được coi là kề nhau nếu không tồn tại vị trí điểm xen giữa nào giữa chúng.

Trong số các cặp vị trí điểm 2504 kề nhau (trong mẫu quét, nói chung, hoặc được bố trí theo đường quét chung), thì bước giữa chúng có thể là không đổi, biến thiên, hoặc kết hợp cả hai. Theo một phương án, bước giữa các vị trí điểm kề nhau mà được bố trí theo đường quét chung là có thể tăng hoặc giảm theo chiều kéo dài từ vị trí điểm mà ở đó một xung laser được phân phối và vị trí điểm khác mà ở đó xung laser được phân phối sau đó. Do đó, bước giữa các vị trí điểm kề nhau mà được bố trí theo đường quét chung là có thể không đổi, có thể tăng, hoặc có thể giảm, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, trong lúc di chuyển theo đường quét đó. Nói chung, kích thước điểm của các xung laser được phân phối, và bước giữa các cặp vị trí điểm 2504 kề nhau, là có thể được chọn hoặc được thiết đặt sao cho các diện tích điểm được chiếu bởi các xung laser mà được phân phối đến cặp vị trí điểm 2504 kề nhau là chồng nhau, hoặc không chồng nhau.

Theo một phương án, sự sắp xếp của các đường quét (mà có thể được đặc trưng bởi số lượng đường quét, hướng của đường quét này so với đường quét khác, hướng của đường quét so với ranh giới 2502, độ dài của đường quét, bước giữa các đường quét kề nhau, v.v.) trong mẫu quét là không bị giới hạn ở những sự sắp xếp như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.25 đến Fig.28, và có thể biến thiên tùy theo một hoặc

nhiều yếu tố chẳng hạn như đã được mô tả trên đây về sự sắp xếp của các vị trí điểm 2504. Do đó, mẫu quét có thể có số lượng đường quét lẻ hoặc số lượng đường quét chẵn. Theo một phương án, số lượng đường quét trong mẫu quét có thể nằm trong khoảng từ 1 đến 64. Ví dụ, số lượng đường quét trong mẫu quét là lớn hơn hoặc bằng 2, 4, 8, 16, 32, 50, 60, v.v., hoặc nhỏ hơn 64, 32, 16, 8, 4, 2. Cũng cần hiểu rằng mẫu quét có thể có nhiều hơn 64 đường quét. Trong một mẫu quét, thì ít nhất một số trong số các đường quét có thể được sắp xếp đối xứng (hoặc ít nhất là gần như đối xứng) hoặc được sắp xếp bất đối xứng. Các ví dụ về những sự sắp xếp đối xứng bao gồm những sự sắp xếp đối xứng quay (tức là, đối xứng quay bậc n , trong đó n là số nguyên bất kỳ lớn hơn 1, chẳng hạn 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 50, v.v.), và những sự sắp xếp đối xứng phản xạ.

ii. Những điểm xem xét về việc loại bỏ vật liệu không đẳng hướng

a. Lý thuyết

Thông qua các thực nghiệm và việc dựng mô hình đa vật lý, các tác giả sáng chế đã hướng các xung laze theo trục chùm mà đã được quét (với sự thay đổi nhỏ nhất hoặc không có sự thay đổi nào về góc tới của trục chùm tại bề mặt gia công 102a) theo đường quét (ví dụ, kéo dài theo chiều +X, như được thể hiện trên Fig.29), và phân phối các xung laze đó để trực tiếp bào mòn vật gia công 102 (ví dụ, kết cấu điện môi chẳng hạn như ABF, chất cản hàn, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh, v.v.) để tạo ra các rãnh trên đó, chẳng hạn rãnh 2900 mà được thể hiện dưới dạng sơ đồ trên Fig.29, Fig.29A và Fig.29B. Trên Fig.29, đường quét mà theo đó chùm xung laze được quét bao gồm các vị trí điểm (tức là “ n ” vị trí điểm, trong đó n là 2, 3, 4, 5, v.v.), và diện tích điểm mà được chiếu bởi một hoặc nhiều xung laze mà được phân phối đến vị trí điểm thứ nhất được biểu thị là 2906a, diện tích điểm mà được chiếu bởi một hoặc nhiều xung laze mà được phân phối đến vị trí điểm thứ hai được biểu thị là 2906b, v.v., và diện tích điểm mà được chiếu bởi một hoặc nhiều xung laze mà được phân phối đến vị trí điểm cuối cùng (ở đây còn được gọi là “vị trí điểm đầu cuối”) được biểu thị là 2906n. Trong quá trình thực hiện các thực nghiệm, thì các rãnh có độ dài nằm trong khoảng từ vài vài chục μm đến vài mili mét đã được tạo ra. Fig.29A và Fig.29B là các hình vẽ thể hiện các mặt cắt của rãnh được thể hiện trên Fig.29, được cắt lần lượt theo các đường XXIXA-XXIXA và XXIXB-XXIXB’ trên Fig.29. Như được sử dụng ở đây,

đường quét mà theo đó các vị trí điểm này được bố trí được gọi là “đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng”. Khi được tạo ra như đã mô tả trên đây, thì đầu kết thúc 2902 của rãnh 2900 đã không được phát hiện là có độ trơn ít hơn so với đầu bắt đầu 2904 của rãnh 2900 (xem Fig.29B) khi các xung laze được phân phối với tốc độ lặp xung đủ cao, và được đặc trưng bởi các thông số khác chẳng hạn như kích thước điểm, công suất trung bình, v.v., đủ để trực tiếp bào mòn vật gia công 102. Do đó, quy trình tạo rãnh nêu trên có vẻ là có các thuộc tính loại bỏ vật liệu không đẳng hướng. Tuy không nhất thiết muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể nào, nhưng các phép mô phỏng có thể cho thấy rằng hiện tượng loại bỏ vật liệu không đẳng hướng này là (ít nhất một phần) bị gây ra bởi ít nhất một trong số hai yếu tố.

Một trong số các yếu tố đó liên quan đến nhiệt độ của vùng của vật gia công 102 trước khi nó được chiếu các xung laze. Lúc đầu, vật gia công 102 tương đối nguội khi vị trí điểm đầu tiên theo đường quét được chiếu các xung laze, và kết quả là cơ chế loại bỏ vật liệu tại vị trí điểm đầu tiên đó tương đối không hiệu quả. Sau đó, sau khi một số lượng xung laze đã được phân phối, thì độ trơn của vách sườn thu được, mà được tạo ra trong vật gia công 102 tại vị trí điểm đầu tiên đó, là tương đối lớn. Tuy nhiên, sau khi một số xung laze đã được phân phối, thì nhiệt bắt đầu tích lũy trong vật gia công 102 quanh vị trí điểm được chiếu do sự khuếch tán nhiệt trong vật gia công 102. Do đó, vào lúc mà vị trí điểm cuối cùng trên đường quét được chiếu một hoặc nhiều xung laze, thì một lượng nhiệt đáng kể đã được tích lũy tại vị trí điểm cuối cùng đó. Nhiệt năng này được tin là làm tăng hiệu suất loại bỏ vật liệu khỏi vật gia công 102. Kết quả là, sau khi một số lượng xung laze đã được phân phối theo đường quét đó, thì độ trơn của vách sườn thu được mà được tạo ra trong vật gia công 102 tại vị trí điểm cuối cùng đó trên đường quét là tương đối nhỏ.

Yếu tố còn lại trong số các yếu tố đó liên quan đến nhiệt độ và áp suất của đám hơi sinh ra tại điểm xử lý khi vật liệu được bào mòn trực tiếp khỏi vật gia công 102. Khi chùm xung laze được quét theo đường quét, thì nhiệt độ và áp suất cao trong đám hơi đó có thể làm bay hơi, tan chảy hoặc ăn mòn vật liệu xung quanh điểm xử lý được chiếu trên vật gia công. Nghi ngờ rằng sự ăn mòn này sẽ mạnh mẽ hơn nếu vật liệu quanh điểm xử lý được chiếu đã tích lũy nhiệt (ví dụ, mà sinh ra do một hoặc nhiều xung laze được phân phối trước đó). Áp suất cao sinh ra do đám hơi tổng hợp đó sẽ

gây ra sự chuyển động thủy động lực học đối với vật liệu bị ăn mòn, và chuyển vật liệu bị ăn mòn đó khỏi vùng trong và xung quanh điểm xử lý được chiếu, nhờ đó tạo ra vách sườn trong vật gia công 102 mà có độ thuận tương đối nhỏ. Ngoài ra, khi các xung laze được phân phối đến một hoặc nhiều vị trí điểm được chiếu sau đó khác theo đường quét, thì vật liệu bị ăn mòn nằm trong rãnh có thể được làm cho bình lưu hoặc được chuyển về phía vị trí điểm được chiếu trước đó, điều này có thể làm tăng độ thuận của vách sườn được tạo ra ở vật gia công 102 tại vị trí điểm được chiếu trước đó. Trên Fig.29B, vách sườn 2902 mà có độ thuận tương đối nhỏ có thể được đặc trưng là nghiêng (so với đáy của rãnh 2900) với góc $\Phi3$ nhỏ hơn góc $\Phi2$, tức là góc mà vách sườn 2904 (có độ thuận tương đối lớn) có thể được đặc trưng là nghiêng so với đáy của rãnh 2900. Độ thuận của vách sườn trung gian này của rãnh 2900 (ví dụ, như được thể hiện trên mặt cắt trên Fig.29A), có thể biến thiên từ đầu bắt đầu đến đầu kết thúc của rãnh 2900, khi vị trí đo độ thuận di chuyển từ đầu bắt đầu đến đầu kết thúc đó. Do đó, góc $\Phi1$ có thể nhỏ hơn hoặc bằng góc $\Phi2$. Theo một số phương án, góc $\Phi1$ có thể lớn hơn góc $\Phi2$.

b. Độ thuận của vách sườn

Các thuộc tính loại bỏ vật liệu không đẳng hướng của quy trình tạo rãnh nêu trên có thể được làm thích ứng để được chọn để tác động vào (ví dụ, làm giảm) độ thuận của vách sườn của kết cấu đặc trưng (ví dụ, phần mở hoặc lỗ via, như đã mô tả trên đây) hoặc rãnh, đường vạch dấu, vùng hốc, v.v.. Ví dụ, quá trình tạo kết cấu đặc trưng có thể được thực hiện bằng cách quét điểm xử lý theo một hoặc nhiều mẫu quét như đã mô tả trên đây. Tuy nhiên theo phương án này, mẫu quét này bao gồm một hoặc nhiều đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng. Kết quả là, đối với kích thước điểm cụ thể, và tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như độ sâu của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra, (các) kết cấu mà trong đó kết cấu đặc trưng được tạo ra, v.v., thì độ thuận của vách sườn của kết cấu đặc trưng (ví dụ, lỗ via, rãnh, đường vạch dấu, vùng hốc, v.v.) mà được tạo ra bằng cách quét điểm xử lý theo mẫu quét có một hoặc nhiều đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng (ví dụ, theo cách đã được mô tả đối với mẫu quét 2600) là có thể được giảm so với độ thuận của vách sườn của kết cấu đặc trưng mà được tạo ra chỉ bằng cách quét chùm xung laze theo đường

quét mà chỉ kéo dài theo ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn (ví dụ, theo cách đã được mô tả đối với các mẫu quét 2700 và 2800).

Ngược lại, và tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như độ sâu của kết cấu đặc trưng cần được tạo ra, (các) kết cấu mà trong đó kết cấu đặc trưng được tạo ra, v.v., thì độ thuận của vách sườn giống như khi thu được bằng cách quét chùm xung laze có kích thước điểm tương đối nhỏ theo đường quét kéo dài theo ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn (ví dụ, theo cách đã được mô tả đối với các mẫu quét 2700 và 2800) là có thể thu được bằng cách quét chùm xung laze có kích thước điểm tương đối lớn theo mẫu quét mà có một hoặc nhiều đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng. Khi khả thi, thì có thể mong muốn tạo ra các kết cấu đặc trưng nhờ sử dụng các kích thước điểm lớn hơn tương đối khi: a) các kích thước điểm tương đối lớn là dễ tạo ra hơn so với các kích thước điểm tương đối nhỏ; b) các điểm tương đối lớn dễ thích ứng hơn với những sự biến thiên hoặc sai lệch về độ cao Z của bề mặt gia công bên ngoài các cửa sổ xử lý độ cao Z danh định (ví dụ, do khoảng Rayleigh tương đối lớn); và c) khoảng làm lệch của các bộ định vị, chẳng hạn các hệ thống AOD, có thể bị tăng lên với các kích thước điểm lớn hơn tương đối (vì độ lệch AOD, đối với tốc độ cập nhật và băng thông định vị cụ thể, là tỷ lệ thuận với kích thước điểm của các xung laze được phân phối đến vật gia công 102).

Như được sử dụng ở đây, đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng là đường quét (kéo dài trên mặt phẳng quét, tức là mặt phẳng X-Y theo phương án được thể hiện trên Fig.29) mà có trục giao với ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn tại góc nằm trong khoảng từ 60° đến 120° khi được đo trên mặt phẳng quét này. Cần hiểu rằng góc giao giữa trục của đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng và ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn là có thể phụ thuộc vào các yếu tố chẳng hạn như kích thước điểm, kiểu và hình dạng của profin cường độ trong không gian, độ dẫn nhiệt, độ khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng, v.v., của vật liệu của vật gia công tại hoặc gần các vị trí điểm cần được chiếu các xung laze được phân phối, độ nhót của vật liệu của vật gia công tại hoặc gần các vị trí điểm cần được chiếu các xung laze được phân phối, độ rộng xung, độ thông, tốc độ lặp xung, tốc độ mà điểm xử lý được di chuyển theo quỹ đạo xử lý mà xác định mẫu quét, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Do đó, góc giao giữa trục của đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng và ranh giới kết cấu đặc

trung mong muốn có thể nhỏ hơn 60° hoặc lớn hơn 120° . Ví dụ, trục của đường quét có thể giao với ranh giới mong muốn với góc lớn hơn hoặc bằng $50^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ, 85^\circ, 87^\circ, 88,5^\circ, 90^\circ, 91,5^\circ, 93^\circ, 95^\circ, 100^\circ, 105^\circ, 110^\circ, 115^\circ, 120^\circ$, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Tương tự, trục của đường quét có thể giao với ranh giới mong muốn đó với góc nhỏ hơn $130^\circ, 120^\circ, 115^\circ, 110^\circ, 105^\circ, 100^\circ, 95^\circ, 93^\circ, 91,5^\circ, 90^\circ, 88,5^\circ, 87^\circ, 85^\circ, 80^\circ, 75^\circ, 70^\circ, 65^\circ, 60^\circ$, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Theo một phương án, bước giữa các vị trí điểm đầu cuối kề nhau của cặp đường quét trong mẫu quét là nằm trong khoảng từ $0,5\text{ }\mu\text{m}$ đến $50\text{ }\mu\text{m}$, hoặc có thể nhỏ hơn $0,5\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn $50\text{ }\mu\text{m}$. Do đó, bước giữa các vị trí điểm 2504c kề nhau (trong mẫu quét, nói chung, hoặc được bố trí theo đường quét chung) có thể lớn hơn hoặc bằng $0,5\text{ }\mu\text{m}, 1\text{ }\mu\text{m}, 1,5\text{ }\mu\text{m}, 2\text{ }\mu\text{m}, 3\text{ }\mu\text{m}, 3,5\text{ }\mu\text{m}, 4,5\text{ }\mu\text{m}, 5\text{ }\mu\text{m}, 10\text{ }\mu\text{m}, 15\text{ }\mu\text{m}, 20\text{ }\mu\text{m}, 30\text{ }\mu\text{m}, 40\text{ }\mu\text{m}, 55\text{ }\mu\text{m}$, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này, hoặc nhỏ hơn $60\text{ }\mu\text{m}, 55\text{ }\mu\text{m}, 40\text{ }\mu\text{m}, 30\text{ }\mu\text{m}, 20\text{ }\mu\text{m}, 15\text{ }\mu\text{m}, 10\text{ }\mu\text{m}, 5\text{ }\mu\text{m}, 4,5\text{ }\mu\text{m}, 3,5\text{ }\mu\text{m}, 3\text{ }\mu\text{m}, 2\text{ }\mu\text{m}, 1,5\text{ }\mu\text{m}, 1\text{ }\mu\text{m}, 0,5\text{ }\mu\text{m}, 0,1\text{ }\mu\text{m}$, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Hai đường quét được coi là kề nhau nếu không tồn tại đường quét xen giữa nào giữa chúng.

Mẫu quét 2600, được thể hiện trên Fig.26, là một ví dụ về mẫu quét chứa nhiều đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng. Ở mẫu quét 2600 này, thì đường quét trong vùng 2602 là ví dụ về đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng, và vị trí điểm 2504c là vị trí điểm đầu cuối của đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng này. Tuy Fig.26 thể hiện rằng mẫu quét 2600 bao gồm 27 đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng, nhưng cần hiểu rằng các mẫu quét, chẳng hạn như mẫu quét 2600, có thể có nhiều hơn hoặc ít hơn 27 đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng (ví dụ, tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như hình dạng của ranh giới mong muốn, sự khác biệt kích thước tương đối giữa ranh giới mong muốn và kích thước điểm, kiểu và hình dạng của profin cường độ trong không gian của các xung laze được phân phối, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

Tuy Fig.26 thể hiện rằng mỗi đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng có kiểu sắp xếp các vị trí điểm giống nhau, nhưng cần hiểu rằng sự sắp xếp của các vị trí điểm của một hoặc nhiều (hoặc tất cả) trong số các đường quét loại bỏ vật liệu không

đẳng hướng là có thể khác so với phương án được thể hiện này. Ngoài ra, sự sắp xếp của các vị trí điểm của một hoặc nhiều đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng trong một mẫu quét là có thể giống hoặc khác với sự sắp xếp của các vị trí điểm của ít nhất một đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng khác trong mẫu quét đó. Do đó, tuy Fig.26 thể hiện rằng mỗi đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng bao gồm 4 vị trí điểm, nhưng cần hiểu rằng đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng bất kỳ là có thể có nhiều hơn hoặc ít hơn 4 vị trí điểm. Ví dụ, số lượng vị trí điểm mà đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng (chẳng hạn đường quét loại bỏ vật liệu không đẳng hướng mà được thể hiện trên vùng 2602) có thể có thể là 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, hoặc nhiều hơn.

iii. Những điểm xem xét về sự tích lũy nhiệt cục bộ

Tuỳ theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như bước sóng, độ rộng xung, tốc độ lặp xung, công suất trung bình, v.v., của các xung laze được phân phối đến vật gia công 102, sự hấp thụ tuyến tính của vật liệu tại vị trí điểm (ví dụ, so với bước sóng của xung laze được phân phối đến vị trí điểm đó), độ dẫn nhiệt, độ khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng, v.v., của vật liệu tại hoặc gần vị trí điểm, mẫu quét mà theo đó điểm xử lý cần được quét, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, thì nhiệt sinh ra do việc phân phối các xung laze đến một hoặc nhiều vị trí điểm có thể khuếch tán từ vị trí điểm được chiếu và tích lũy trong các vùng của vật gia công 102 mà nằm ngoài điểm xử lý, từ đó làm tăng nhiệt độ của vật gia công 102 tại các vùng bên ngoài điểm xử lý.

Nếu nhiệt được tích lũy đó làm tăng nhiệt độ tại vùng của vật gia công 102 mà nằm tại hoặc gần điểm xử lý cần được chiếu vào, và nếu nhiệt độ tăng đó lớn hơn nhiệt độ ngưỡng (tức là “nhiệt độ ngưỡng xử lý”), thì hiệu suất mà vật gia công 102 có thể được xử lý sau đó (ví dụ, bào mòn trực tiếp, bào mòn gián tiếp, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) có thể được ảnh hưởng theo hướng tích cực. Nói chung là nhiệt độ ngưỡng xử lý của vật liệu cần được xử lý là lớn hơn hoặc bằng điểm nóng chảy hoặc nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh của vật liệu cần được xử lý. Tuy nhiên theo phương án khác, nhiệt độ ngưỡng xử lý đó có thể nhỏ hơn (ví dụ, 98%, 95%, 93%, 90%, 89%, 87%, 85%, 80%, 75%, 70%, 65%, hoặc 50% của) điểm nóng chảy hoặc nhiệt độ chuyển hoá thuỷ tinh của vật liệu cần được xử lý.

Trong một số trường hợp, nhiệt được tích lũy có thể làm tăng nhiệt độ ở các vùng của vật gia công 102 mà không được dự định xử lý (mỗi trong số các vùng đó còn được gọi ở đây là “vùng không có kết cấu đặc trưng” của vật gia công 102). Nếu nhiệt độ đó đủ cao, thì vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102 có thể trở nên bị hỏng ngoài ý muốn (ví dụ, trở nên bị nứt, chảy, bong lớp, tôi, v.v. ngoài ý muốn). Do đó, có thể tốt hơn nếu xử lý vật gia công 102 theo cách mà tránh được sự tích lũy nhiệt ngoài ý muốn ở các vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102. Như được sử dụng ở đây, nhiệt độ mà ở đó vùng của vật gia công 102 trở nên bị hỏng ngoài ý muốn sẽ được gọi là “nhiệt độ ngưỡng phá hỏng”. Cần hiểu rằng nhiệt độ ngưỡng phá hỏng của vùng không có kết cấu đặc trưng bất kỳ của vật gia công 102 có thể phụ thuộc vào một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như độ dày, độ dẫn nhiệt, độ khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng, v.v., độ hấp thụ quang (so với chùm năng lượng laze được phân phối), v.v., của vật liệu bất kỳ tại hoặc gần vị trí điểm hoặc trong vùng không có kết cấu đặc trưng, cũng như độ dẫn nhiệt, độ khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng, kích thước và hình dạng của các kết cấu nằm trong vùng xung quanh vùng không có kết cấu đặc trưng, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

a. Tăng cường sự tích lũy nhiệt cục bộ: Bào mòn gián tiếp

Tuy những điểm xem xét về sự tích lũy nhiệt có thể nói chung là liên quan đến nhau tùy theo các đặc tính của vật gia công 102, cách thức mà trong đó vật gia công 102 được xử lý, v.v., nhưng các điểm đó có thể liên quan đặc biệt đến nhau khi vật gia công 102 được xử lý bằng kỹ thuật bào mòn gián tiếp. Ví dụ, khi vật gia công 102 được cung cấp dưới dạng PCB bao gồm kết cấu điện môi (ví dụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh) được dính vào lớp chất dẫn thứ nhất (ví dụ, lá đồng hoặc hợp kim đồng) tại mặt thứ nhất của nó, và tùy ý, vào lớp chất dẫn thứ hai (ví dụ, bệ, vết, lá kim loại, v.v., mà được tạo ra từ đồng hoặc hợp kim đồng) tại mặt thứ hai của nó mà đối diện với mặt thứ nhất, thì vật gia công 102 có thể được xử lý (ví dụ, bằng cách hướng chùm xung laze theo trục chùm để phân phối các xung laze đến vật gia công 102) để gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất, nhờ đó tạo ra phần mở để để lộ ra kết cấu điện môi.

Theo phương án ví dụ này, lớp chất dẫn thứ nhất có thể có độ dày nằm trong khoảng từ khoảng 5 μm (hoặc khoảng đó) đến khoảng 50 μm (hoặc khoảng đó). Ví

dụ, lớp chất dẫn thứ nhất có thể có độ dày bằng (hoặc gần bằng) 7 μm , 8 μm , 9 μm , 10 μm , 12 μm , 15 μm , 17 μm , 18 μm , 20 μm , 25 μm , 30 μm , 35 μm , 40 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Kết cấu điện môi có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 30 μm (hoặc khoảng đó) đến 200 μm (hoặc khoảng đó). Ví dụ, kết cấu điện môi có thể có độ dày bằng (hoặc gần bằng) 50 μm , 60 μm , 70 μm , 80 μm , 90 μm , 100 μm , 110 μm , 120 μm , 140 μm , 180 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này. Phần mở mà được tạo ra bởi sự bào mòn gián tiếp có thể có đường kính đỉnh hoặc đường kính đáy nằm trong khoảng từ 30 μm (hoặc khoảng đó) đến 350 μm (hoặc khoảng đó). Ví dụ, đường kính đỉnh hoặc đường kính đáy của phần mở đó có thể bằng (hoặc gần bằng) 30 μm , 40 μm , 50 μm , 60 μm , 70 μm , 80 μm , 90 μm , 100 μm , 110 μm , 120 μm , 150 μm , 200 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này.

Theo một phương án, chùm xung laze mà được phân phối đến bề mặt gia công 102a (tức là, lớp chất dẫn thứ nhất) là có bước sóng nằm trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ, profin cường độ trong không gian kiểu Gaussian hoặc không phải kiểu Gaussian, độ rộng xung lớn hơn hoặc bằng 1 ns (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 1 ns, 1,5 ns, 2 ns, 2,5 ns, 5 ns, 7 ns, 10 ns, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này), kích thước điểm nhỏ hơn đường kính đỉnh hoặc đường kính đáy của phần mở cần được tạo ra (ví dụ, kích thước điểm nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , 25 μm , 20 μm , 15 μm , 12 μm , 10 μm , 9 μm , 8 μm , 5 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này), công suất trung bình lớn hơn hoặc bằng 100 W (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 120 W, 150 W, 180 W, 200 W, 225 W, 250 W, 275 W, 300 W, 350 W, 500 W, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này), và được phân phối đến bề mặt gia công 102a tại tốc độ lặp xung lớn hơn hoặc bằng 100 MHz (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 125 MHz, 150 MHz, 175 MHz, 200 MHz, 250 MHz, 300 MHz, 350 MHz, 500 MHz, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Các xung laze mà có các đặc tính nêu trên là thường có thể được tạo ra bởi, hoặc có nguồn gốc từ, các nguồn laze chẳng hạn như các nguồn laze CW, các nguồn laze QCW, v.v.. Các vật liệu mà thường được dùng để tạo ra lớp chất dẫn thứ nhất (tức là, đồng hoặc hợp kim đồng) có xu hướng hấp thụ ánh sáng xanh lục tương đối hiệu quả. Theo đó, theo ví dụ nêu trên, thì bước làm tối bề mặt lộ của lớp chất dẫn thứ nhất (tức là, bề mặt của lớp chất dẫn thứ nhất mà quay mặt khỏi kết cấu điện môi) - tức quy trình thường được sử dụng khi gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ

nhất nhờ sử dụng các xung laze có bước sóng trong dải LWIR của phổ điện từ - là có thể được lược bỏ nếu muốn.

Trục chùm có thể được di chuyển (ví dụ, khi vận hành bộ định vị thứ nhất 106) để quét điểm xử lý theo mẫu quét, chẳng hạn mẫu quét 2800, tại tốc độ quét lớn hơn hoặc bằng 10 m/giây (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 12 m/giây, 13 m/giây, 14 m/giây, 15 m/giây, 16 m/giây, 18 m/giây, 20 m/giây, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo một phương án, mẫu quét 2800 nằm hoàn toàn trong khoảng quét thứ nhất của bộ định vị thứ nhất 106, nhưng cần hiểu rằng mẫu quét 2800 có thể lớn hơn khoảng quét thứ nhất đó. Theo ví dụ này, bước giữa các vị trí điểm 2504 kề nhau trong mẫu quét là không đổi, và thời gian ngụ liên quan đến mỗi vị trí điểm 2504 là bằng thời gian ngụ liên quan đến vị trí điểm 2504 bất kỳ khác (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 1 μ m, hoặc khoảng đó).

Với các thông số theo ví dụ nêu trên, thì lớp chất dẫn thứ nhất có thể được bào mòn gián tiếp để tạo ra phần mở ở đó. Trong quá trình bào mòn gián tiếp, thì các vị trí điểm 2504 của mẫu quét 2800 được chiếu vào tuần tự (tức là, bằng cách phân phối một hoặc nhiều xung laze vào đó) để sinh và tích lũy nhiệt trong lớp chất dẫn thứ nhất. Nhiệt này tản đi hoặc được truyền từ các vùng của lớp chất dẫn thứ nhất 102 tại các vị trí điểm 2504 được chiếu vào trước đó và hiện tại và tích lũy trong các vùng của lớp chất dẫn thứ nhất tại một hoặc nhiều vị trí điểm 2504 cần được chiếu vào. Nhiệt mà tích lũy trong vùng của lớp chất dẫn thứ nhất tại điểm cần được xử lý sẽ có tác dụng làm tăng nhiệt độ của lớp chất dẫn thứ nhất tại vùng đó, và còn được truyền vào vùng của kết cấu điện môi dưới đó. Nhiệt cũng có thể tích lũy trong các vùng khác của lớp chất dẫn thứ nhất, chẳng hạn tại các vị trí điểm 2504 được chiếu vào trước đó (ví dụ, trong trường hợp mà vùng của lớp chất dẫn thứ nhất tại vị trí điểm 2504 được chiếu vào trước đó vẫn chưa được bào mòn gián tiếp). Trong quá trình xử lý, thì nhiệt mà được truyền vào kết cấu điện môi sẽ tích lũy, và có tác dụng làm bay hơi vùng của kết cấu điện môi bên dưới và liền kề với vùng của lớp chất dẫn thứ nhất. Nếu vùng của lớp chất dẫn thứ nhất chưa đạt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ ngưỡng xử lý của nó trước khi vùng của kết cấu điện môi dưới đó đã được làm bay hơi, thì sự bay hơi của vùng của kết cấu điện môi này có tác dụng tạo ra túi hoặc không gian (ví dụ, vùng áp suất cao chứa khí nóng tăng áp, các hạt, v.v., mà được tạo ra khi làm bay hơi

kết cấu điện môi) bên dưới lớp chất dẫn thứ nhất. Sau đó, khi vùng đó của lớp chất dẫn thứ nhất bên trên túi đó đạt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ ngưỡng xử lý của nó, thì áp suất mà được tích tụ trong túi đó có tác dụng đẩy hoặc làm bật ra vùng đó của lớp chất dẫn thứ nhất từ vật gia công 102 để làm lộ ra kết cấu điện môi nằm dưới.

Vùng của lớp chất dẫn thứ nhất bên trên túi có thể nằm tại vị trí điểm cần được chiếu vào. Trong trường hợp này, khi vùng đó cuối cùng được chiếu một hoặc nhiều xung laze, thì nó có thể đạt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ ngưỡng xử lý của lớp chất dẫn thứ nhất. Trong một số trường hợp, trong quá trình xử lý, thì vùng của lớp chất dẫn thứ nhất bên trên túi tại vị trí điểm cần được chiếu vào có thể đạt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ ngưỡng xử lý của lớp chất dẫn thứ nhất sau khi vùng đó đã tích lũy nhiệt mà được tản từ các vị trí điểm được chiếu vào trước đó hoặc hiện tại khác. Ngoài ra, trong một số trường hợp trong quá trình xử lý, thì vùng của lớp chất dẫn thứ nhất bên trên túi có thể nằm tại vị trí điểm được chiếu vào trước đó. Trong trường hợp này, vùng đó có thể đạt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ ngưỡng xử lý của lớp chất dẫn thứ nhất khi nó đã tích lũy nhiệt được tản đến từ vị trí điểm được chiếu vào trước đó bất kỳ khác, từ vị trí điểm được chiếu vào hiện tại, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, túi có thể được hình thành bên dưới vùng của lớp chất dẫn thứ nhất tại vị trí điểm đầu tiên 2504a của mẫu quét 2800, nhưng vùng đó của lớp chất dẫn thứ nhất có thể không đạt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ ngưỡng xử lý của nó cho đến khi một hoặc nhiều vị trí điểm, chẳng hạn các vị trí điểm 2504e, 2504f, v.v., được chiếu vào sau đó.

Khi thực hiện quy trình gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất bằng cách quét điểm xử lý theo mẫu quét 2800, thì cần hiểu rằng đường kính nhỏ nhất và lớn nhất có thể đạt được của phần mở (tại đỉnh hoặc đáy của lớp chất dẫn thứ nhất) sẽ phụ thuộc vào một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như kích thước điểm, độ rộng xung, tốc độ lặp xung, công suất trung bình, v.v., của các xung laze được phân phối, tốc độ quét, độ dày của lớp chất dẫn thứ nhất, các đặc tính nhiệt của lớp chất dẫn thứ nhất và kết cấu điện môi, sự sắp xếp của các vị trí điểm trong mẫu quét 2800, v.v.. Ví dụ, đường kính nhỏ nhất có thể đạt được của phần mở mà được tạo ra nhờ sử dụng các xung laze được phân phối có kích thước điểm cụ thể sẽ thường bị giới hạn vào khoảng từ 1,5 lần (hoặc

khoảng đó) đến 2 lần (hoặc khoảng đó) kích thước điểm cụ thể đó. Đường kính lớn nhất có thể đạt được của phần mở mà được tạo ra nhờ sử dụng các xung laze được phân phối có kích thước điểm cụ thể sẽ thường tương ứng với đường kính lớn nhất mà có thể thu được trước khi vùng bất kỳ trong ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 (ví dụ, vùng tâm của nó) không thể tích lũy được đủ lượng nhiệt trong quá trình xử lý để cho phép sự bào mòn gián tiếp. Do đó, và tùy theo một hoặc nhiều trong số các yếu tố nêu trên, thì việc quét chùm xung laze được phân phối mà có kích thước điểm là 15 μm (hoặc khoảng đó) theo mẫu quét 2800 có thể tạo ra phần mở ở lớp chất dẫn thứ nhất với đường kính nằm trong khoảng từ 25 μm (hoặc khoảng đó) đến 80 μm (hoặc khoảng đó). Tương tự, nếu kích thước điểm là 30 μm (hoặc khoảng đó) được sử dụng, thì có thể tạo ra phần mở có đường kính nằm trong khoảng từ 60 μm (hoặc khoảng đó) đến 200 μm (hoặc khoảng đó). Cần hiểu rằng có thể tạo ra phần mở có đường kính bất kỳ (ví dụ, không phụ thuộc vào kích thước điểm được sử dụng, bằng cách thêm một hoặc nhiều vị trí điểm bổ sung vào mẫu quét 2800 (ví dụ, tại vùng tâm của nó) để bảo đảm rằng tất cả các vùng được bao quanh bởi ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 mong muốn sẽ tích lũy được đủ lượng nhiệt trong quá trình xử lý để cho phép sự bào mòn gián tiếp.

Theo phương án ví dụ được mô tả trên đây, thì lớp chất dẫn thứ nhất là được xử lý bằng cách quét điểm xử lý theo mẫu quét 2800 sao cho bước giữa các vị trí điểm 2504 kề nhau là không đổi và thời gian ngụ ở mỗi vị trí điểm 2504 là bằng thời gian ngụ ở vị trí điểm 2504 bất kỳ khác. Tuy nhiên theo các phương án khác, thì các thông số chẳng hạn như thời gian ngụ, bước, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể được điều chỉnh để điều khiển cách thức mà nhiệt được tích lũy trong lớp chất dẫn thứ nhất. Cần hiểu rằng việc chọn các thông số đó (chẳng hạn thời gian ngụ và bước) trong mẫu quét bất kỳ (bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, mẫu quét 2800) là có thể phụ thuộc vào một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như đường kính của ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 mong muốn, độ dày của lớp chất dẫn thứ nhất, độ dày của kết cấu điện môi, kết cấu hình học của lớp chất dẫn thứ hai, năng suất mong muốn của quy trình tạo ra phần mở ở lớp chất dẫn thứ nhất, v.v., độ rộng xung, kích thước điểm, công suất trung bình, v.v., của các xung laze được phân phối đến lớp chất dẫn thứ nhất, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Các phương án ví dụ về việc điều chỉnh một số thông số của kỹ thuật quét sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Cần hiểu rằng các phương án ví dụ này

có thể được thực hiện để điều khiển cách thức mà nhiệt được tích lũy trong vật gia công 102, không phụ thuộc vào loại vật gia công 102 đang được xử lý hoặc (các) kết cấu đặc trưng cần được tạo ra trong quá trình xử lý.

b. Điều khiển sự tích lũy nhiệt cục bộ: Thời gian ngụ

Theo một phương án, thời gian ngụ ở mỗi vị trí điểm trong mẫu quét (ví dụ, mẫu quét 2500, 2600, 2700, 2800, v.v.) là bằng nhau. Tuy nhiên theo phương án khác, thời gian ngụ ở ít nhất một vị trí điểm trong một mẫu quét là khác với thời gian ngụ ở ít nhất một vị trí điểm trong mẫu quét đó. Thời gian ngụ có thể được điều khiển bằng cách điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất 106 (ví dụ, để quét điểm xử lý trong khoảng quét thứ nhất), bộ định vị thứ hai 108 (ví dụ, để quét điểm xử lý hoặc khoảng quét thứ nhất trong khoảng quét thứ hai), bằng cách tạm ngừng phân phối các xung laze đến vật gia công 102 (ví dụ, nhờ sử dụng khối mở cổng xung, không được thể hiện trên hình vẽ), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Những sự khác biệt về thời gian ngụ, giữa các vị trí điểm khác nhau trong mẫu quét chung hoặc theo đường quét chung, là có thể được chọn, được điều chế hoặc được thiết đặt để bảo đảm rằng nhiệt độ của vật gia công 102 tại một hoặc nhiều (hoặc tất cả) điểm xử lý của mẫu quét sẽ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ ngưỡng xử lý trong quá trình xử lý. Ví dụ, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên của mẫu quét cần được chiếu có thể dài hơn thời gian ngụ ở một hoặc nhiều (hoặc tất cả) vị trí điểm khác của mẫu quét đó. Theo ví dụ khác, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên theo đường quét cần được chiếu (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) có thể bằng hoặc dài hơn thời gian ngụ ở một hoặc nhiều (hoặc tất cả) vị trí điểm khác mà được bố trí theo đường quét đó. Theo ví dụ khác nữa, thời gian ngụ ở vị trí điểm bất kỳ theo đường quét cần được chiếu (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể lớn hơn hoặc bằng thời gian ngụ ở vị trí điểm liền kề (hoặc vị trí điểm bất kỳ khác) mà được bố trí theo đường quét đó mà cần được chiếu sau đó. Theo ví dụ khác nữa, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên theo đường quét cụ thể cần được chiếu (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể bằng hoặc dài hơn thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên theo đường quét khác (mà có thể là hoặc không phải là kề với vị trí điểm đầu tiên đó của đường quét cụ thể đó) cần được chiếu sau đó.

Những sự khác biệt về thời gian ngủ, giữa các vị trí điểm khác nhau trong mẫu quét chung hoặc theo đường quét chung, cũng có thể được chọn, được điều chế hoặc được thiết đặt để bảo đảm rằng nhiệt độ của vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102 sẽ bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ ngưỡng phá hỏng trong quá trình xử lý vật gia công 102. Ví dụ, thời gian ngủ ở vị trí điểm cuối cùng của mẫu quét cần được chiếu có thể ngắn hơn thời gian ngủ ở một hoặc nhiều (hoặc tất cả) vị trí điểm khác của mẫu quét đó. Theo ví dụ khác, thời gian ngủ ở vị trí điểm cuối cùng theo đường quét cần được chiếu (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm cuối cùng trong mẫu quét cần được chiếu) có thể bằng hoặc ngắn hơn thời gian ngủ ở một hoặc nhiều (hoặc tất cả) vị trí điểm khác mà được bố trí theo đường quét đó. Theo ví dụ khác nữa, thời gian ngủ ở vị trí điểm cần được chiếu vào bất kỳ theo đường quét (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét) là có thể ngắn hơn hoặc bằng thời gian ngủ ở vị trí điểm bất kỳ khác được chiếu vào trước đó mà được bố trí theo đường quét đó. Theo ví dụ khác nữa, thời gian ngủ ở vị trí điểm đầu tiên theo đường quét này mà cần được chiếu (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể bằng hoặc dài hơn thời gian ngủ ở vị trí điểm đầu tiên theo đường quét khác cần được chiếu sau đó.

Bằng cách kéo dài thời gian ngủ ở vị trí điểm này so với một hoặc nhiều vị trí điểm khác trong mẫu quét (hoặc được bố trí theo đường quét chung), thì cách thức mà vùng của vật gia công (ví dụ, tại vị trí điểm được chiếu vào trước đó, vị trí điểm được chiếu vào hiện tại, vị trí điểm cần được chiếu vào, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) tích lũy nhiệt (ví dụ, mà được tạo ra do hoạt động phân phối các xung laze đến một hoặc nhiều vị trí điểm được chiếu vào trước đó, do hoạt động phân phối các xung laze đến vị trí điểm được chiếu vào hiện tại, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) là có thể được điều khiển để cho phép sự bào mòn hiệu quả hoặc các quy trình xử lý hiệu quả khác, trong khi tránh được việc làm hỏng ngoài ý muốn đối với các vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102.

Dựa vào phần nêu trên, và tiếp tục với phương án ví dụ nêu trên (mà trong đó phần mở là được tạo ra ở lớp chất dẫn thứ nhất của PCB bằng cách bào mòn gián tiếp), thì cần hiểu rằng thời gian ngủ ở một hoặc nhiều vị trí điểm 2504 của mẫu quét 2800 là có thể khác với ở vị trí điểm bất kỳ trong số các vị trí điểm 2504 còn lại của mẫu

quét 2800. Ví dụ, điểm xử lý có thể được quét theo mẫu quét 2800 sao cho thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên 2504a của mẫu quét 2800 là dài hơn thời gian ngụ ở tất cả các vị trí điểm 2504 khác của mẫu quét 2800. Nói chung, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên 2504a là được thiết đặt với thời lượng đủ để bảo đảm rằng phần của lớp chất dẫn thứ nhất tại một hoặc nhiều vị trí điểm 2504 mà cần được chiếu vào sau khi vị trí điểm đầu tiên 2504a (ví dụ, một hoặc nhiều trong số vị trí điểm thứ hai 2504e, vị trí điểm thứ ba 2504f, v.v., trong mẫu quét 2800) có thể được bào mòn gián tiếp khi một hoặc nhiều trong số các vị trí điểm 2504 cần được chiếu vào đó cuối cùng được chiếu vào. Tuy ý, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên 2504a có thể được thiết đặt sao cho vùng của lớp chất dẫn thứ nhất tại vị trí điểm đầu tiên 2504a đó được bào mòn gián tiếp khi vị trí điểm đầu tiên 2504a đó được chiếu vào. Tuy nhiên, nói chung là thời gian ngụ ở mỗi trong số các vị trí điểm 2504 là có thể được thiết đặt sao cho nhiệt độ của vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102 (ví dụ, vùng bất kỳ trong kết cấu điện môi mà liền kề với hoặc gần lớp chất dẫn thứ hai) thấp hơn nhiệt độ ngưỡng phá hỏng trong quá trình xử lý lớp chất dẫn thứ nhất. Theo một phương án, trong mẫu quét 2800, thì thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên 2504a, hoặc vị trí điểm 2504 bất kỳ khác của mẫu quét 2800, là có thể lớn hơn hoặc bằng chu kỳ định vị nêu trên của bộ định vị thứ nhất 106. Theo một phương án, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên 2504a có thể nằm trong khoảng từ 2 μ s (hoặc khoảng đó) đến 9 μ s (hoặc khoảng đó) (ví dụ, thời gian ngụ ở vị trí điểm đầu tiên 2504a có thể bằng (hoặc gần bằng) 2 μ s, 3 μ s, 4 μ s, 5 μ s, 6 μ s, 7 μ s, 8 μ s, 9 μ s, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo phương án khác, thời gian ngụ ở các vị trí điểm 2504 khác với vị trí điểm đầu tiên 2504a là có thể bằng 1 μ s (hoặc khoảng đó).

c. Điều khiển sự tích lũy nhiệt cục bộ: Bước

Theo một phương án, bước giữa các vị trí điểm kề nhau trong mẫu quét, giữa các vị trí điểm kề nhau theo đường quét chung, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là bằng nhau. Tuy nhiên theo phương án khác, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau này và cặp vị trí điểm kề nhau khác (tức là, trong cùng một mẫu quét, theo đường quét chung, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) là có thể khác nhau. Bước có thể được điều khiển bằng cách điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất 106 (ví dụ, để quét điểm xử lý trong khoảng quét thứ nhất), bộ định vị thứ hai 108 (ví dụ, để quét điểm xử lý hoặc

khoảng quét thứ nhất trong khoảng quét thứ hai), bộ định vị thứ ba 110 (ví dụ, để quét khoảng quét thứ nhất hoặc khoảng quét thứ hai trong khoảng quét thứ ba), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Những sự khác biệt về bước, giữa các vị trí điểm khác nhau trong mẫu quét chung hoặc theo đường quét chung, là có thể được chọn, được điều chế hoặc được thiết đặt để bảo đảm rằng nhiệt độ của vật gia công 102 tại một hoặc nhiều (hoặc tất cả) điểm xử lý của mẫu quét sẽ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ ngưỡng xử lý trong quá trình xử lý. Ví dụ, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên trong một mẫu quét cần được chiếu là có thể nhỏ hơn bước giữa một hoặc nhiều (hoặc tất cả) cặp vị trí điểm kề nhau khác của mẫu quét đó. Theo ví dụ khác, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên theo đường quét cần được chiếu (trong đó cặp vị trí điểm kề nhau đó không phải là cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể ngắn hơn hoặc bằng bước giữa một hoặc nhiều (hoặc tất cả) cặp vị trí điểm kề nhau khác mà được bố trí theo đường quét đó. Theo ví dụ khác nữa, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau bất kỳ theo đường quét cần được chiếu (trong đó cặp vị trí điểm kề nhau đó không phải là cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể nhỏ hơn hoặc bằng bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau bất kỳ khác được bố trí theo cùng đường quét mà cần được chiếu sau đó. Theo ví dụ khác nữa, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên theo đường quét cụ thể cần được chiếu (trong đó cặp vị trí điểm kề nhau đó không phải là cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể ngắn hơn hoặc bằng bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên khác trên đường quét khác (mà có thể kê hoặc không kê với vị trí điểm đầu tiên của đường quét cụ thể đó) mà cần được chiếu sau đó.

Những sự khác biệt về bước, giữa các cặp vị trí điểm kề nhau khác nhau trong mẫu quét chung hoặc theo đường quét chung, là có thể được chọn, được điều chế hoặc được thiết đặt để bảo đảm rằng nhiệt độ của vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102 sẽ bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ ngưỡng phá hỏng trong quá trình xử lý vật gia công 102. Ví dụ, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau cuối cùng của một mẫu quét cần được chiếu là có thể dài hơn bước giữa một hoặc nhiều (hoặc tất cả) cặp vị trí điểm kề nhau khác của mẫu quét đó. Theo ví dụ khác, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau cuối cùng theo đường quét cần được chiếu (trong đó cặp vị trí điểm kề nhau đó

không phải là cặp vị trí điểm cuối cùng trong mẫu quét cần được chiếu) là có thể bằng hoặc dài hơn thời gian ngụ ở một hoặc nhiều (hoặc tất cả) vị trí điểm khác mà được bố trí theo cùng đường quét đó. Theo ví dụ khác nữa, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau bất kỳ theo đường quét cần được chiếu (trong đó vị trí điểm đó không phải là vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét) là có thể bằng hoặc dài hơn bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau bất kỳ được chiếu vào trước đó mà được bố trí theo cùng đường quét đó. Theo ví dụ khác nữa, bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên theo đường quét cần được chiếu này (trong đó cặp vị trí điểm kề nhau đó không phải là cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên trong mẫu quét) là có thể ngắn hơn hoặc bằng bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau đầu tiên theo đường quét khác của mẫu quét đó mà cần được chiếu sau đó.

Bằng cách rút ngắn bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau này so với một hoặc nhiều cặp vị trí điểm kề nhau khác trong mẫu quét (hoặc được bố trí theo đường quét chung), thì cách thức mà vùng của vật gia công (ví dụ, tại vị trí điểm được chiếu vào trước đó, vị trí điểm được chiếu vào hiện tại, vị trí điểm cần được chiếu vào, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) tích lũy nhiệt (ví dụ, mà được tạo ra do hoạt động phân phối các xung laze đến một hoặc nhiều vị trí điểm được chiếu vào trước đó, do hoạt động phân phối các xung laze đến vị trí điểm được chiếu vào hiện tại, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) là có thể được điều khiển để cho phép sự bào mòn hiệu quả hoặc các quy trình xử lý hiệu quả khác, trong khi tránh được việc làm hỏng ngoài ý muốn đối với các vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102.

Dựa vào phần nêu trên, và tiếp tục với phương án ví dụ nêu trên (mà trong đó phần mở là được tạo ra ở lớp chất dẫn thứ nhất của PCB bằng cách bào mòn gián tiếp), thì cần hiểu rằng bước giữa một hoặc nhiều cặp vị trí điểm 2504 kề nhau của mẫu quét 2800 là có thể khác hoặc giống với bước giữa cặp bất kỳ trong số các cặp vị trí điểm 2504 kề nhau còn lại của mẫu quét 2800. Ví dụ, theo một phương án, bước giữa các cặp vị trí điểm kề nhau trong mẫu quét 2800 là có thể tăng (ví dụ, một cách tuyến tính hoặc không tuyến tính, một cách đồng đều hoặc không đồng đều, một cách liên tục hoặc không liên tục, v.v.) từ vị trí điểm đầu tiên 2504a đến vị trí điểm cuối cùng 2504b. Theo phương án khác, bước giữa các cặp vị trí điểm kề nhau trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự này trong mẫu quét 2800 là có thể khác với bước giữa các cặp vị trí điểm kề nhau trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự bất kỳ khác trong

mẫu quét 2800. Ví dụ, bước giữa mỗi trong số các cặp vị trí điểm kề nhau trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất trong mẫu quét 2800 là có thể nhỏ hơn bước giữa mỗi trong số các cặp vị trí điểm kề nhau trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai trong mẫu quét 2800. Nói chung, các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là được chiếu vào trước các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm thứ hai. Do đó, nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất bao gồm ít nhất là các vị trí điểm 2504a, 2504e và 2504f, và nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai bao gồm ít nhất là các vị trí điểm 2504b, 2504g và 2504h. Theo một phương án, số lượng vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là nằm trong khoảng từ 1% đến 95% tổng số vị trí điểm của mẫu quét 2800, và các vị trí điểm bất kỳ mà không được bao gồm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất thì được bao gồm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai.

Theo một phương án, bước giữa mỗi trong số các cặp vị trí điểm kề nhau trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là không đổi, và số lượng vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là nằm trong khoảng từ 1% đến 95% tổng số vị trí điểm của mẫu quét 2800. Theo phương án này, số lượng vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là bằng (hoặc gần bằng) 3%, 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này).

iv. Những điểm xem xét khác về các mẫu quét

a. Mẫu quét một vị trí điểm

Theo các phương án nêu trên, thì mẫu quét đã được mô tả là bao gồm nhiều vị trí điểm được chiếu vào tuần tự, và vật gia công 102 có thể được xử lý để tạo kết cấu đặc trưng bằng cách quét điểm xử lý theo mẫu quét để chiếu vào các vị trí điểm khác nhau đó. Tuy nhiên theo phương án khác, thì mẫu quét có thể bao gồm chỉ một vị trí điểm, và vật gia công 102 có thể được xử lý (ví dụ, được bào mòn, được đánh dấu, được nung chảy, v.v.) một cách đơn giản bằng cách hướng một hoặc nhiều xung laze vào một vị trí điểm đó (hoặc phân phối trong vùng lân cận cục bộ của một vị trí điểm đó). Mẫu quét đó được gọi ở đây là “mẫu quét một vị trí điểm”. Ví dụ, một vị trí điểm của mẫu quét có thể được chiếu lặp đi lặp lại bởi nhiều xung laze để trực tiếp bào mòn

vật gia công 102 (ví dụ, để tạo ra kết cấu đặc trưng chẳng hạn như lỗ via tịt, lỗ via xuyên, hoặc hốc, lỗ hoặc phần mở khác trên vật gia công 102). Quy trình bào mòn trực tiếp kiểu này thường được gọi là quy trình “đốt”.

Theo ví dụ khác, khi vật gia công 102 được cung cấp dưới dạng PCB chẳng hạn như đã được mô tả trên đây ở phần “Tăng cường sự tích lũy nhiệt cục bộ: sự bào mòn gián tiếp”, thì vật gia công 102 có thể được xử lý để trực tiếp hoặc gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất, nhờ đó tạo ra phần mở để lộ ra vùng của kết cấu điện môi. Theo một phương án, các xung laze mà được phân phối đến một vị trí điểm nêu trên là có thể có bước sóng nằm trong dải UV của phổ điện từ, và có một hoặc nhiều đặc tính khác phù hợp để trực tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất. Theo phương án khác, các xung laze mà được phân phối đến một vị trí điểm đó có thể có bước sóng nằm trong dải IR bước sóng dài (Long-Wavelength IR - LWIR) của phổ điện từ (tức là, các xung laze đó thường được tạo ra từ nguồn laze 104 là laze cacbon đioxit), và có một hoặc nhiều đặc tính khác phù hợp để gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất. Theo phương án khác nữa, các xung laze mà được phân phối đến một vị trí điểm nêu trên là có thể có bước sóng nằm trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ, và có một hoặc nhiều đặc tính khác phù hợp để gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất.

Các xung laze mà có bước sóng nằm trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ là thường có thể được tạo ra với công suất trung bình cao hơn nhiều so với các xung laze tương ứng mà có bước sóng trong dải UV của phổ điện từ, để cho phép xử lý vật gia công 102 với năng suất cao hơn. Ngoài ra, các xung laze có bước sóng trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ có thể được hội tụ vào kích thước điểm nhỏ hơn nhiều so với các xung laze có bước sóng trong dải LWIR của phổ điện từ, điều này cho phép tạo ra các kết cấu đặc trưng nhỏ hơn ở vật gia công 102. Ngoài ra, và như đã nêu trên, các vật liệu mà thường được dùng để tạo ra lớp chất dẫn thứ nhất (tức là, đồng hoặc hợp kim đồng) có xu hướng hấp thụ ánh sáng xanh lục tương đối hiệu quả. Theo đó, bước làm tối bề mặt lộ của lớp chất dẫn thứ nhất (tức là, bề mặt của lớp chất dẫn thứ nhất mà quay mặt khỏi kết cấu điện môi) - tức quy trình thường được sử dụng khi gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất nhờ sử dụng các

xung laze có bước sóng trong dải LWIR của phổ điện từ - là có thể được lược bỏ nếu muốn.

Nói chung, chùm xung laze mà được phân phối đến bề mặt gia công 102a (tức là, lớp chất dẫn thứ nhất) là có bước sóng trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ, có profin cường độ trong không gian kiểu Gaussian hoặc không phải kiểu Gaussian, độ rộng xung lớn hơn hoặc bằng 1 ns (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 1 ns, 1,5 ns, 2 ns, 2,5 ns, 5 ns, 7 ns, 10 ns, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này), kích thước điểm nhỏ hơn đường kính đỉnh hoặc đường kính đáy của phần mở cần được tạo ra (ví dụ, kích thước điểm nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , 25 μm , 20 μm , 15 μm , 12 μm , 10 μm , 9 μm , 8 μm , 5 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này), công suất trung bình lớn hơn hoặc bằng 100 W (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 120 W, 150 W, 180 W, 200 W, 225 W, 250 W, 275 W, 300 W, 350 W, 500 W, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này).

Theo một phương án, các xung laze có bước sóng xanh lục nêu trên được phân phối đến bề mặt gia công 102a (tức là lớp chất dẫn thứ nhất) tại tốc độ lặp xung lớn hơn hoặc bằng 100 MHz (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 125 MHz, 150 MHz, 175 MHz, 200 MHz, 250 MHz, 300 MHz, 350 MHz, 500 MHz, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Các xung laze mà có các đặc tính nêu trên là thường có thể được tạo ra bởi, hoặc có nguồn gốc từ, các nguồn laze chẳng hạn như các nguồn laze CW, các nguồn laze QCW, v.v.. Tuy nhiên theo các phương án khác, thì các nguồn laze khác mà có thể tạo ra các xung laze bước sóng xanh lục có năng lượng xung nằm trong khoảng từ 100 μJ (hoặc khoảng đó) đến 50 mJ (hoặc khoảng đó) trên thang thời gian là một hoặc nhiều micro giây (ví dụ, chế độ loạt gồm các xung ns hoặc ps trong nhiều micro giây, hoặc chế độ loạt mà trong đó loạt được lặp lại chính nó mỗi micro giây hoặc nhanh hơn, v.v.) là cũng có thể được sử dụng để tạo ra phần mở ở lớp chất dẫn thứ nhất.

Cần hiểu rằng thời gian ngụ ở một vị trí điểm đó là có thể nằm trong khoảng từ 1 μs (hoặc khoảng đó) đến 30 μs (hoặc khoảng đó), tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như độ dày của lớp chất dẫn thứ nhất, các thuộc tính hấp thụ của bề mặt, các thông số laze nhất định (ví dụ, năng lượng xung, độ rộng xung, tốc độ lặp xung, kích thước điểm và hình dạng điểm, v.v.), v.v..

b. Tạo kết cấu đặc trưng tuần tự so với tạo kết cấu đặc trưng đồng thời

Theo một phương án, chùm xung laze được phân phối có thể được dùng để tạo ra nhiều kết cấu đặc trưng trong hoặc trên vật gia công 102 theo cách tuần tự. Tức là, trục chùm, mà theo đó các xung laze được phân phối đến vật gia công 102, được di chuyển để quét điểm xử lý tổng hợp theo mẫu quét thứ nhất, chẳng hạn mẫu quét bất kỳ trong số các mẫu quét nêu trên hoặc mẫu quét bất kỳ khác (hoặc tập hợp thứ nhất của các mẫu quét đó) cho đến khi kết cấu đặc trưng thứ nhất được tạo ra. Sau khi kết cấu đặc trưng thứ nhất đã được tạo ra, thì trục chùm được di chuyển đến vùng khác của vật gia công 102 để quét điểm xử lý tổng hợp theo mẫu quét thứ hai, chẳng hạn mẫu quét bất kỳ trong số các mẫu quét nêu trên hoặc mẫu quét bất kỳ khác (hoặc tập hợp thứ hai của các mẫu quét đó) cho đến khi kết cấu đặc trưng thứ hai được tạo ra. Một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng bổ sung nữa có thể được tạo ra sau đó một cách tuần tự theo cách đó.

Theo phương án khác, chùm xung laze được phân phối có thể được dùng để tạo ra nhiều kết cấu đặc trưng trong hoặc trên vật gia công 102 một cách đồng thời. Tức là, trục chùm, mà theo đó các xung laze được phân phối đến vật gia công 102, được di chuyển để quét luân phiên điểm xử lý tổng hợp theo nhiều mẫu quét. Ví dụ, trục chùm có thể được di chuyển sao cho một hoặc nhiều xung laze được phân phối đến một hoặc nhiều (nhưng không phải tất cả) vị trí điểm của mẫu quét thứ nhất, và sau đó, trục chùm được quét sao cho một hoặc nhiều xung laze được phân phối đến một hoặc nhiều (nhưng không phải tất cả) vị trí điểm của mẫu quét thứ hai. Sau đó, trục chùm có thể được di chuyển sao cho một hoặc nhiều xung laze được phân phối đến một hoặc nhiều vị trí điểm cần được chiếu vào của mẫu quét thứ nhất (hoặc của tập hợp các mẫu quét thứ nhất) hoặc đến một hoặc nhiều (nhưng không phải tất cả) vị trí điểm của mẫu quét thứ ba (hoặc của tập hợp các mẫu quét thứ ba), v.v.. Quy trình di chuyển trục chùm và luân phiên phân phối các xung laze đến một hoặc nhiều vị trí điểm của các mẫu quét khác nhau có thể được lặp lại cho đến khi tất cả các vị trí điểm của mẫu quét thứ nhất (hoặc tập hợp mẫu quét thứ nhất) đã được chiếu vào (tức là, để tạo ra kết cấu đặc trưng thứ nhất), cho đến khi tất cả các vị trí điểm của mẫu quét thứ hai (hoặc tập hợp mẫu quét thứ hai) đã được chiếu vào (tức là, để tạo ra kết cấu đặc trưng thứ hai), v.v.. Việc tạo ra nhiều kết cấu đặc trưng một cách đồng thời có thể có ích trong việc ngăn không

cho các vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102 trở nên bị hỏng ngoài ý muốn do nhiệt mà vốn sẽ tích lũy trong quá trình tạo ra một kết cấu đặc trưng hoặc trong quá trình tạo ra các kết cấu đặc trưng một cách tuần tự.

Các kết cấu đặc trưng mà được tạo ra một cách tuần tự hoặc đồng thời như được mô tả ở các phương án nêu trên là có thể giống nhau hoặc khác nhau. Ít nhất một số trong số các kết cấu đặc trưng được tạo ra một cách tuần tự hoặc đồng thời đó có thể được sắp xếp trong không gian so với nhau trong hoặc trên vật gia công 102 sao cho có thể đồng thời nằm trong khoảng quét thứ nhất, trong khoảng quét thứ hai, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Do đó, tùy theo kích thước của các kết cấu đặc trưng mà cuối cùng được tạo ra và khoảng cách giữa các kết cấu đặc trưng đó, thì khoảng quét thứ nhất hoặc khoảng quét thứ hai có thể chứa ít nhất hai kết cấu đặc trưng mà được tạo ra một cách tuần tự hoặc đồng thời.

Theo một phương án (ví dụ, khi vật gia công 102 được cung cấp dưới dạng PCB chẳng hạn như đã được mô tả trên đây ở phần “Tăng cường sự tích lũy nhiệt cục bộ: sự bào mòn gián tiếp”), thì vật gia công 102 có thể được xử lý để tuần tự hoặc đồng thời tạo ra nhiều kết cấu đặc trưng, chẳng hạn các phần mở, ở lớp chất dẫn thứ nhất bằng cách quét các xung laze được phân phối (ví dụ, mà có các đặc tính như đã được mô tả ở phần “Mẫu quét một vị trí điểm”, hoặc có một hoặc nhiều đặc tính khác phù hợp để tạo thuận lợi cho việc bào mòn gián tiếp lớp chất dẫn thứ nhất) trong số các mẫu quét một vị trí điểm khác nhau. Theo phương án khác (ví dụ, khi vật gia công 102 được cung cấp dưới dạng kết cấu điện môi chẳng hạn như màng tích tụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh, vật liệu điện môi xen giữa các lớp, vật liệu điện môi có hằng số điện môi thấp, chất cản hàn, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng), thì vật gia công 102 có thể được xử lý để tuần tự hoặc đồng thời tạo ra nhiều kết cấu đặc trưng, chẳng hạn một hoặc nhiều lỗ via (ví dụ, một hoặc nhiều lỗ via tịt hoặc lỗ via xuyên), các hốc, các lỗ, các phần mở, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, bằng cách quét chùm xung laze được phân phối (ví dụ, có một hoặc nhiều đặc tính khác phù hợp để tạo thuận lợi cho việc bào mòn trực tiếp kết cấu điện môi) trong số các mẫu quét một vị trí điểm khác nhau. Nói chung, các xung laze mà được tạo ra bởi các laze chế độ loạt (hoặc các laze khác mà hoạt động trong chế độ loạt) sẽ thường được tạo ra với tốc độ lặp xung thấp hơn 100 MHz (tức là, thường bằng hoặc dưới 10 kHz). Theo đó, nếu các

xung laze theo mỗi trong số hai phương án nêu trên được phân phối đến bề mặt gia công 102a với tốc độ lặp xung lớn hơn hoặc bằng (hoặc nhỏ hơn) 100 MHz, thì nhiều kết cấu đặc trưng có thể được tạo ra (tức là, ở lớp chất dẫn thứ nhất hoặc ở kết cấu điện môi) bằng cách vận hành bộ định vị thứ nhất 106 để quét các xung laze được phân phối vào các mẫu quét một vị trí điểm khác nhau mà đồng thời được bao quanh bởi khoảng quét thứ nhất. Nếu các xung laze được phân phối đến bề mặt gia công 102a với tốc độ lặp xung là 10 kHz hoặc nhỏ hơn, thì nhiều kết cấu đặc trưng có thể được tạo ra bằng cách vận hành bộ định vị thứ hai 108 để quét các xung laze được phân phối vào các mẫu quét một vị trí điểm khác nhau mà đồng thời được bao quanh bởi khoảng quét thứ hai.

VIII. Các phương án về việc điều chế các đặc tính chùm

Như đã nêu trên, chùm năng lượng laze (dù là liên tục hay dạng xung) mà được phân phối đến vật gia công 102 trong quá trình xử lý vật gia công 102 là có thể được đặc trưng bởi một hoặc nhiều đặc tính chẳng hạn như bước sóng, công suất trung bình, kiểu profin cường độ trong không gian, hệ số M^2 , hình dạng profin cường độ trong không gian, kích thước điểm, mật độ quang, độ thông, v.v.. Khi chùm năng lượng laze đó bao gồm một hoặc nhiều xung laze, thì chùm đó cũng có thể được đặc trưng bởi một hoặc nhiều đặc tính chẳng hạn như tốc độ lặp xung, độ rộng xung, năng lượng xung, công suất đỉnh, v.v.. Tất cả trong số các đặc tính này của chùm năng lượng laze (dù là liên tục hay dạng xung) được gọi chung ở đây là “các đặc tính” của chùm năng lượng laze, hay một cách đơn giản là “các đặc tính chùm”. Các đặc tính chùm của các xung laze được phân phối đến vị trí điểm chung (hoặc được phân phối đến vùng xung quanh vị trí điểm chung) là có thể giống nhau hoặc khác nhau. Ví dụ, một hoặc nhiều đặc tính chẳng hạn như kích thước điểm, năng lượng xung, tốc độ lặp xung, v.v., của các xung laze được phân phối tuần tự mà được phân phối đến vị trí điểm chung (hoặc được phân phối đến vùng xung quanh vị trí điểm chung) là có thể không đổi, có thể tăng, có thể giảm, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Tương tự, các đặc tính chùm của các xung laze mà được phân phối đến các vị trí điểm khác nhau của mẫu quét chung là có thể giống nhau hoặc khác nhau.

Các đặc tính, chẳng hạn như kích thước điểm, là có thể được điều chỉnh bằng cách vận hành một hoặc nhiều trong số các cơ cấu thực hiện việc bù độ cao Z, mà đã

được mô tả trên đây. Các đặc tính chẳng hạn như hệ số M^2 và hình dạng profin cường độ trong không gian là có thể được điều chỉnh bằng cách vận hành một hoặc nhiều hệ thống AOD (ví dụ, khi được bố trí dưới dạng bộ định vị thứ nhất 106, hoặc theo cách khác) theo cách như đã được mô tả trên đây. Ngoài ra, các kỹ thuật mà đã được mô tả trên đây đối với việc vận hành hệ thống AOD để thay đổi hệ số M^2 là có thể được cải biến để điều chỉnh kiểu profin cường độ trong không gian của chùm xung laze, theo cách như đã được mô tả trên đây. Ví dụ, phổ của tín hiệu RF cần được cấp đến một hoặc nhiều bộ biến đổi của hệ thống AOD (ví dụ, khi được bố trí dưới dạng bộ định vị thứ nhất 106, hoặc theo cách khác) là có thể được tạo dạng để có profin phổ không phải kiểu Gaussian (ví dụ, profin phổ hình chữ nhật hoặc profin phổ “mũ chóp cao”). Khi tín hiệu RF đó được cấp đến một hoặc nhiều bộ biến đổi của hệ thống AOD (ví dụ, khi được bố trí dưới dạng bộ định vị thứ nhất 106, hoặc theo cách khác), thì xung laze ra khỏi hệ thống AOD này là có thể được thay đổi theo cách mà tạo ra xung laze có kiểu profin cường độ trong không gian không phải kiểu Gaussian tương ứng (ví dụ, profin cường độ trong không gian hình chữ nhật hoặc “mũ chóp cao”). Theo một phương án, tín hiệu RF được tạo dạng phổ đó không được di tần. Theo phương án khác, tín hiệu RF được tạo dạng phổ đó có thể được di tần. Do đó, tùy theo cách thức mà trong đó hệ thống AOD được dẫn động (tức là, đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu RF được cấp), thì xung laze ra khỏi hệ thống AOD là có thể khác với xung laze tới về một hoặc nhiều đặc tính chẳng hạn như hệ số M^2 , kiểu profin cường độ trong không gian, hình dạng profin cường độ trong không gian và kích thước điểm. Các đặc tính chùm này và các đặc tính chùm khác cũng có thể được thay đổi theo cách phù hợp hoặc theo cách mong muốn bất kỳ khác mà đã biết trong lĩnh vực hoặc đã được bộc lộ ở đây (ở phần này hoặc ở phần khác).

Nói chung, một hoặc nhiều (hoặc tất cả) đặc tính chùm là có thể được giữ không đổi (hoặc ít nhất là gần như không đổi), có thể được điều chế (ví dụ, để gần như không phải là không đổi), hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, trong quá trình xử lý vật gia công 102. Các phương án ví dụ mà trong đó một hoặc nhiều đặc tính chùm có thể được thay đổi trong quá trình xử lý kết cấu đặc trưng sẽ được mô tả dưới đây. Mặc dù các phương án cụ thể về việc điều chế các đặc tính chùm ở phần này là được mô tả liên quan đến thiết bị 100, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc

tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị đa đầu 700. Cần hiểu thêm rằng các phương án được mô tả ở phần này là có thể được thực hiện với thiết bị xử lý laze đơn đầu hoặc đa đầu được trang bị phù hợp bất kỳ khác với các thiết bị đã được mô tả ở đây.

i. Tạo kết cấu đặc trưng ở các vật gia công đa lớp

Các vật gia công có kết cấu đa lớp có thể được xử lý để tạo ra một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng mà kéo dài xuyên qua nhiều lớp của vật gia công đó. Theo một phương án, vật gia công 102 đa lớp có thể được xử lý để tạo ra kết cấu đặc trưng chẳng hạn như phần mở, khe, lỗ via hoặc lỗ, rãnh, đường vạch dấu, khía, vùng hốc, v.v., khác, mà kéo dài ít nhất một phần qua hai lớp khác nhau của vật gia công 102 đa lớp đó. Các lớp khác nhau của vật gia công 102 đa lớp có thể được tạo ra từ các vật liệu khác nhau, có các đặc tính hấp thụ quang khác nhau (ví dụ, so với chùm năng lượng laze được phân phối), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo đó, kết cấu đặc trưng có thể được tạo ra ở vật gia công 102 đa lớp bằng cách bào mòn lớp thứ nhất của vật gia công 102 nhờ sử dụng chùm năng lượng laze được phân phối mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ nhất để, ví dụ, làm lộ ra lớp thứ hai của vật gia công 102. Sau đó, lớp thứ hai của vật gia công 102 có thể được bào mòn nhờ sử dụng chùm năng lượng laze được phân phối mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ hai khác với tập hợp đặc tính chùm thứ nhất (ví dụ, về bước sóng, công suất trung bình, kiểu profin cường độ trong không gian, hệ số M^2 , hình dạng profin cường độ trong không gian, kích thước điểm, mật độ quang, độ thông, tốc độ lặp xung, độ rộng xung, công suất đỉnh, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Đặc tính bất kỳ trong tập hợp đặc tính chùm thứ hai có thể giống với đặc tính tương ứng trong tập hợp đặc tính chùm thứ nhất, miễn là ít nhất một đặc tính là lớn hơn, nhỏ hơn, hoặc khác với đặc tính tương ứng trong tập hợp đặc tính chùm thứ nhất.

Ví dụ, vật gia công 102 đa lớp có thể được cung cấp dưới dạng tấm PCB hoặc PCB mà bao gồm kết cấu điện môi (ví dụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh) được dính vào lớp chất dẫn thứ nhất (ví dụ, lá đồng hoặc hợp kim đồng, mà có thể có bề mặt lộ được làm tối đi - ví dụ, bằng phản ứng hoá học, bằng quy trình làm tối bằng laze, v.v. - hoặc không được làm tối đi) tại mặt thứ nhất của nó, và tùy ý, vào lớp chất dẫn thứ hai (ví dụ, bề, vết, lá kim loại, v.v., mà được tạo ra từ đồng hoặc hợp kim đồng)

tại mặt thứ hai của nó mà đối diện với mặt thứ nhất. Vật gia công 102 đa lớp có thể được xử lý để tạo ra lỗ via kéo dài xuyên hoàn toàn qua lớp chất dẫn thứ nhất và ít nhất một phần qua kết cấu điện môi. Lỗ via này có thể kết thúc tại lớp chất dẫn thứ hai (trong trường hợp đó, lỗ via này là lỗ via tịt), hoặc có thể kéo dài xuyên hoàn toàn qua lớp chất dẫn thứ hai (trong trường hợp đó, lỗ via này có thể là lỗ via xuyên).

Theo ví dụ nêu trên, chùm năng lượng laze, mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ nhất, có thể được phân phối đến lớp chất dẫn thứ nhất (ví dụ, và tùy ý, được quét theo kỹ thuật quét đã được mô tả làm ví dụ trên đây) ở bước xử lý thứ nhất, để trực tiếp hoặc gián tiếp bào mòn lớp chất dẫn thứ nhất để tạo ra phần mở để làm lộ ra kết cấu điện môi. Sau đó, ở bước xử lý thứ hai, thì chùm năng lượng laze, mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ hai, có thể được phân phối qua phần mở này đến kết cấu điện môi (ví dụ, và tùy ý, được quét theo kỹ thuật quét đã được mô tả làm ví dụ trên đây) để trực tiếp bào mòn kết cấu điện môi này để tạo ra lỗ kéo dài vào kết cấu điện môi này.

Theo một phương án, các tập hợp đặc tính chùm thứ nhất và thứ hai này có thể giống nhau về bước sóng (ví dụ, chùm năng lượng laze được phân phối có thể có bước sóng nằm trong dải UV, dải có thể nhìn thấy được hoặc dải IR của phổ điện từ), nhưng có thể khác nhau về độ thông, mật độ quang, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, ở bước xử lý thứ nhất thì độ thông có thể lớn hơn so với ở bước xử lý thứ hai. Giữa bước xử lý thứ nhất và bước xử lý thứ hai, thì độ thông có thể được điều chỉnh bằng cách giảm năng lượng xung của chùm xung laze được phân phối, bằng cách tăng kích thước điểm của chùm xung laze được phân phối, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của những cách đó. Ví dụ, kích thước điểm của chùm xung laze được phân phối ở bước xử lý thứ hai (tức “kích thước điểm thứ hai”) là có thể được tăng lên so với kích thước điểm của chùm xung laze được phân phối ở bước xử lý thứ nhất (tức “kích thước điểm thứ nhất”) để giảm độ thông tại điểm xử lý (ví dụ, xuống dưới độ thông ngưỡng mà các vật liệu, mà lớp chất dẫn thứ nhất và lớp chất dẫn thứ hai được tạo ra từ đó, có thể được bào mòn trực tiếp) mà không làm giảm công suất trung bình. Kết quả là, số lượng xung cần thiết để tạo ra lỗ ở kết cấu điện môi có thể được giữ tương đối thấp, và có thể tránh làm hỏng các kết cấu dẫn lân cận. Theo một số phương án, kích thước điểm thứ nhất có thể nằm trong khoảng từ 2 μm (hoặc khoảng đó) đến 35 μm (hoặc khoảng đó) và

kích thước điểm thứ hai, mà lớn hơn kích thước điểm thứ nhất, có thể nằm trong khoảng từ 40 μm (hoặc khoảng đó) đến 150 μm (hoặc khoảng đó). Ví dụ, kích thước điểm thứ nhất có thể bằng (hoặc gần bằng) 2 μm , 3 μm , 5 μm , 7 μm , 10 μm , 15 μm , 20 μm , 25 μm , 30 μm , 35 μm , v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này, và kích thước điểm thứ hai có thể bằng (hoặc gần bằng) 40 μm , 50 μm , 60 μm , 80 μm , 100 μm , 125 μm , 140 μm , 155 μm , v.v..

ii. Những điểm xem xét về sự tích lũy nhiệt cục bộ

Theo một phương án, một hoặc nhiều đặc tính chùm (ví dụ, năng lượng xung, tốc độ lặp xung, độ rộng xung, công suất trung bình, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) là có thể được chọn, được điều chế hoặc được thiết đặt để bảo đảm rằng nhiệt độ của vùng không có kết cấu đặc trưng của vật gia công 102 sẽ bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ ngưỡng phá hỏng trong quá trình xử lý vật gia công 102 (ví dụ, trong khoảng thời gian mà trong đó một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng được tạo ra ở vật gia công 102). Việc điều chế một hoặc nhiều đặc tính chùm có thể được thực hiện độc lập với các thông số liên quan đến kỹ thuật quét bất kỳ mà được dùng để tạo kết cấu đặc trưng, hoặc có thể được thực hiện kết hợp với hoạt động điều chế một hoặc nhiều thông số kỹ thuật quét (ví dụ, thời gian ngủ, bước, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

Ví dụ, và tiếp tục với phương án ví dụ nêu trên mà trong đó phần mở là được tạo ra ở lớp chất dẫn thứ nhất của PCB bằng cách bào mòn gián tiếp (ví dụ, bằng cách quét điểm xử lý theo mẫu quét 2800), thì năng lượng xung của các xung laze được phân phối đến bề mặt gia công 102a (tức là, đến bề mặt lộ của lớp chất dẫn thứ nhất) là có thể được điều chế sao cho năng lượng xung của một hoặc nhiều xung laze được phân phối đến vị trí điểm cuối cùng 2504b của mẫu quét 2800 là nhỏ hơn năng lượng xung của một hoặc nhiều xung laze được phân phối đến vị trí điểm đầu tiên 2504a của mẫu quét 2800. Ví dụ, một hoặc nhiều xung laze mà được phân phối đến vị trí điểm cuối cùng 2504b là có thể có năng lượng xung nằm trong khoảng 75% (hoặc khoảng đó) đến 20% (hoặc khoảng đó) năng lượng xung của một hoặc nhiều xung được phân phối đến vị trí điểm đầu tiên 2504a (ví dụ, bằng, hoặc gần bằng, 80%, 75%, 70%, 65%, 60%, 55%, 50%, 45%, 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15%, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này, so với năng lượng xung của một hoặc nhiều xung được phân phối đến vị trí điểm đầu tiên 2504a. Theo một phương án, năng lượng xung của các xung

laze được phân phối đến các vị trí điểm trong mẫu quét 2800 là có thể giảm (ví dụ, một cách tuyến tính hoặc không tuyến tính, một cách đồng đều hoặc không đồng đều, một cách liên tục hoặc không liên tục, v.v.) từ vị trí điểm đầu tiên 2504a đến vị trí điểm cuối cùng 2504b.

Theo phương án khác, năng lượng xung của các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự này trong mẫu quét 2800 là có thể khác với năng lượng xung của các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự bất kỳ khác trong mẫu quét 2800. Ví dụ, năng lượng xung của các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất trong mẫu quét 2800 là có thể lớn hơn năng lượng xung của các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai trong mẫu quét 2800. Nói chung, các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là được chiếu vào trước các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai. Do đó, nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất bao gồm ít nhất là các vị trí điểm 2504a, 2504e và 2504f, và nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai bao gồm ít nhất là các vị trí điểm 2504b, 2504g và 2504h. Theo một phương án, số lượng vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là nằm trong khoảng từ 1% đến 95% tổng số vị trí điểm của mẫu quét 2800, và các vị trí điểm bất kỳ mà không được bao gồm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất thì được bao gồm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ hai.

Theo một phương án, năng lượng xung của các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là không đổi, và số lượng vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là nằm trong khoảng từ 1% đến 95% tổng số vị trí điểm của mẫu quét 2800. Theo phương án này, số lượng vị trí điểm trong nhóm vị trí điểm có thể chiếu vào tuần tự thứ nhất là bằng (hoặc gần bằng) 3%, 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này).

IX. Hậu xử lý

Đôi khi, việc xử lý bổ sung có thể được thực hiện sau khi kết cấu đặc trưng đã được tạo ra (ví dụ, bằng cách quét điểm xử lý theo một hoặc nhiều mẫu quét tạo kết

cấu đặc trưng, chẳng hạn như đã được mô tả trên đây, hoặc theo một hoặc nhiều mẫu quét khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Việc xử lý bổ sung (ví dụ, với sự có mặt của không khí môi trường, chất khí hoặc chất lỏng oxi hoá, chất khí hoặc chất lỏng khử, chất khí hoặc chất lỏng trơ, chân không, v.v.) là có thể được thực hiện để loại bỏ vật liệu (ví dụ, vật liệu thừa sinh ra trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng, hoặc còn sót lại trên hoặc trong kết cấu đặc trưng sau khi kết cấu đặc trưng được tạo ra) khỏi bề mặt đáy của vùng vách bên của kết cấu đặc trưng, để tiếp tục loại bỏ một hoặc nhiều phần của vật gia công 102 tại ranh giới kết cấu đặc trưng (ví dụ, để đạt được ranh giới kết cấu đặc trưng gần giống ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn hơn, v.v.), để gia nhiệt, tôi, nung chảy, cacbon hoá, oxy hoá, khử, ăn mòn hoá học hoặc làm biến đổi (ví dụ, nhờ sử dụng chất phản ứng hoạt hoá bằng ánh sáng, v.v.), hoặc xử lý một hoặc nhiều vật liệu mà trong đó kết cấu đặc trưng được xác định, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của các hoạt động đó. Theo đó, một hoặc nhiều kỹ thuật hậu xử lý có thể được thực hiện bằng cách quét điểm xử lý theo một hoặc nhiều mẫu quét hậu xử lý, mà có thể giống hoặc khác với mẫu bất kỳ trong số các mẫu tạo kết cấu đặc trưng nêu trên.

Nói chung, một hoặc nhiều đặc tính của mẫu quét hậu xử lý (ví dụ, bao gồm sự sắp xếp của các vị trí điểm, độ gần của các vị trí điểm đến ranh giới kết cấu đặc trưng, v.v.), một hoặc nhiều đặc tính chùm được chọn hoặc được sử dụng trong quá trình hậu xử lý, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể giống hoặc khác với các đặc tính tương ứng của mẫu quét tạo kết cấu đặc trưng, và có thể giống hoặc khác với các đặc tính tương ứng của các đặc tính chùm được chọn hoặc được sử dụng trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng. Theo một phương án, một hoặc nhiều kỹ thuật hậu xử lý có thể được thực hiện đối với kết cấu đặc trưng đã được tạo ra, trước khi tạo ra kết cấu đặc trưng khác. Tuy nhiên theo phương án khác, một hoặc nhiều kỹ thuật hậu xử lý có thể được thực hiện đối với các kết cấu đặc trưng chỉ sau khi tất cả các kết cấu đặc trưng đó đã được tạo ra.

Các phương án ví dụ về các kỹ thuật hậu xử lý sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Mặc dù các phương án cụ thể về việc điều chế các đặc tính chùm ở phần này là được mô tả liên quan đến thiết bị 100, nhưng cần hiểu rằng phương án bất kỳ trong số các phương án này, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, là có thể được thực hiện liên quan đến thiết bị đa đầu 700. Cần hiểu thêm rằng các phương án được mô tả ở phần này là

có thể được thực hiện với thiết bị xử lý lazer đơn đầu hoặc đa đầu được trang bị phù hợp bất kỳ khác với các thiết bị đã được mô tả ở đây.

i. Làm sạch lỗ via

Kết cấu đặc trưng, chẳng hạn lỗ via tịt, có thể được tạo ra ở vật gia công bằng cách trực tiếp bào mòn kết cấu điện môi (ví dụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh) để tạo ra lỗ ở đó, để làm lộ ra, tại phần đáy của nó, lớp chất dẫn (ví dụ, bệ, vết, lá kim loại, v.v., mà được tạo ra từ đồng hoặc hợp kim đồng). Nói chung, lỗ có thể được tạo ra nhờ sử dụng chùm năng lượng lazer được phân phối mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ nhất. Vật liệu thừa (ví dụ, bao gồm vật liệu nhựa) có thể sót lại trong lỗ via tịt (ví dụ, trên lớp chất dẫn lộ), điều này có thể ngăn cản sự bám dính chắc chắn của màng kim loại được tạo ra sau đó trong lỗ via tịt này, làm giảm diện tích hiệu dụng khả dụng tại phần đáy của lỗ via tịt này để tiếp xúc điện với lớp đồng lộ, v.v.. Do đó, có thể có lợi nếu loại bỏ (một phần hoặc hoàn toàn) vật liệu thừa đó. Theo một phương án, vật liệu thừa đó có thể được loại bỏ nhờ sử dụng chùm năng lượng lazer được phân phối mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ hai khác với tập hợp đặc tính chùm thứ nhất (ví dụ, về bước sóng, công suất trung bình, kiểu profin cường độ trong không gian, hệ số M^2 , hình dạng profin cường độ trong không gian, kích thước điểm, mật độ quang, độ thông, tốc độ lặp xung, độ rộng xung, công suất đỉnh, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Đặc tính bất kỳ trong tập hợp đặc tính chùm thứ hai có thể giống với đặc tính tương ứng trong tập hợp đặc tính chùm thứ nhất, miễn là ít nhất một đặc tính là lớn hơn, nhỏ hơn, hoặc khác với đặc tính tương ứng trong tập hợp đặc tính chùm thứ nhất. Chùm năng lượng lazer mà được đặc trưng bởi tập hợp đặc tính chùm thứ hai đó có thể được phân phối vào phần mở mà được tạo ra ở kết cấu điện môi đến lớp chất dẫn được làm lộ ra và vật liệu thừa nằm trên đó. Chùm năng lượng lazer đó có thể tùy ý được quét (ví dụ, theo kỹ thuật quét đã được mô tả làm ví dụ trên đây) để trực tiếp hoặc gián tiếp bào mòn vật liệu thừa trên lớp chất dẫn được làm lộ ra mà không bào mòn lớp chất dẫn được làm lộ ra đó.

Theo một phương án, các tập hợp đặc tính chùm thứ nhất và thứ hai này có thể giống nhau về bước sóng (ví dụ, chùm năng lượng lazer được phân phối có thể có bước sóng nằm trong dải UV, dải có thể nhìn thấy được hoặc dải IR của phổ điện từ), kiểu profin cường độ trong không gian (ví dụ, profin cường độ trong không gian kiểu

Gaussian), nhưng có thể khác nhau về kích thước điểm, hệ số M^2 , v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, kích thước điểm của chùm năng lượng laser được phân phối ở bước xử lý thứ hai có thể lớn hơn kích thước điểm của chùm năng lượng laser được phân phối ở bước xử lý thứ nhất. Tương tự, hệ số M^2 của chùm năng lượng laser được phân phối có thể được điều chỉnh để thu được chùm năng lượng laser được phân phối có kích thước điểm hiệu dụng lớn hơn ở bước xử lý thứ hai so với ở bước xử lý thứ nhất. Việc điều chỉnh kích thước điểm hoặc hệ số M^2 có thể được thực hiện nhờ sử dụng kỹ thuật phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ (ví dụ, như đã được mô tả trên đây ở phần “Các phương án về việc điều chế các đặc tính chùm”). Ở bước xử lý thứ hai, thì điểm xử lý có thể được quét (ví dụ, để chiếu vào nhiều vị trí điểm theo mẫu quét) theo ý muốn. Nếu kích thước điểm (hoặc kích thước điểm hiệu dụng) tại điểm xử lý ở bước xử lý thứ hai là đủ lớn, thì số lượng vị trí điểm để chiếu vào bằng điểm xử lý có thể được giảm (ví dụ, xuống còn một hoặc hai vị trí điểm).

Theo phương án khác, các tập hợp đặc tính chùm thứ nhất và thứ hai này có thể giống nhau về bước sóng (ví dụ, chùm năng lượng laser được phân phối có thể có bước sóng nằm trong dải UV, dải có thể nhìn thấy được hoặc dải IR của phổ điện từ), nhưng có thể khác nhau về kiểu profin cường độ trong không gian, hình dạng profin cường độ trong không gian, kích thước điểm, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, chùm năng lượng laser được phân phối ở bước xử lý thứ nhất có thể có profin cường độ trong không gian kiểu Gaussian với hình dạng gần như tròn, và có kích thước điểm tương đối nhỏ. Tuy nhiên, chùm năng lượng laser được phân phối ở bước xử lý thứ hai có thể có profin cường độ trong không gian không phải kiểu Gaussian (ví dụ, profin cường độ trong không gian kiểu “mũ chóp cao”, v.v.) với hình tròn hoặc không tròn (ví dụ, hình vuông, v.v.) và có kích thước điểm tương đối lớn. Việc điều chỉnh kiểu profin cường độ trong không gian, hình dạng profin cường độ trong không gian và kích thước điểm là có thể được thực hiện nhờ sử dụng kỹ thuật phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ (ví dụ, như đã được mô tả trên đây ở phần “Các phương án về việc điều chế các đặc tính chùm”). Ở bước xử lý thứ hai, thì điểm xử lý có thể được quét (ví dụ, để chiếu vào nhiều vị trí điểm theo mẫu quét) theo ý muốn. Nếu kích thước điểm (hoặc kích thước điểm hiệu dụng) tại điểm xử lý ở bước xử lý thứ hai là đủ lớn, thì số lượng vị trí

điểm để chiếu vào bằng điểm xử lý có thể được giảm (ví dụ, xuống còn một hoặc hai vị trí điểm).

a. Làm sạch lỗ via tịt - Vùng tâm

Khi tạo các kết cấu đặc trưng, chẳng hạn các lỗ via tịt (ví dụ, xuyên qua kết cấu điện môi, để làm lộ ra lớp đồng tại phần đáy của nó), thì vật liệu thừa (ví dụ, vật liệu điện môi) có thể xuất hiện tại vùng tâm của phần đáy của lỗ via tịt (ví dụ, trên lớp chất dẫn điện mà được làm lộ ra tại phần đáy của lỗ via tịt đó). Đây có thể là trường hợp thường xảy ra khi sử dụng các mẫu quét tạo kết cấu đặc trưng mà được đặc trưng bởi tương đối ít (hoặc không có) vị trí điểm nằm trong vùng tâm của ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn (ví dụ, cũng như với mẫu quét 2600 được thể hiện trên Fig.26).

Để loại bỏ (một phần hoặc hoàn toàn) vật liệu thừa đó, thì mẫu quét hậu xử lý (ở đây còn được gọi là “mẫu quét làm sạch vùng tâm”) có thể được quét. Nói chung là mẫu quét làm sạch vùng tâm này bao gồm một hoặc nhiều vị trí điểm được bố trí ở vùng tâm của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đáy của kết cấu đặc trưng. Fig.26 là hình vẽ thể hiện một phương án ví dụ về mẫu quét làm sạch vùng tâm. Mẫu quét làm sạch vùng tâm này bao gồm một hoặc nhiều vị trí điểm (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.26, mẫu quét làm sạch vùng tâm này bao gồm các vị trí điểm 2504') được đặt trong vùng tâm của ranh giới kết cấu đặc trưng (ví dụ, trong vùng tâm của ranh giới 2502, mà được bao quanh trong vùng 2602). Trong số các vị trí điểm 2504', thì vị trí điểm 2504a' biểu thị vị trí điểm đầu tiên cần được chiếu xung laze trong quá trình làm sạch vùng tâm, và vị trí điểm 2504b' biểu thị vị trí điểm cuối cùng cần được chiếu xung laze trong quá trình làm sạch vùng tâm. Theo đó, đường nét liền mà nối các vị trí điểm 2504' biểu thị trình tự mà trong đó các vị trí điểm 2504 được chiếu vào (ví dụ, bởi một hoặc nhiều xung laze được phân phối). Tuy nhiên, cần hiểu rằng các vị trí điểm 2504' này có thể được chiếu vào theo trình tự mong muốn bất kỳ khác (từ đó thay đổi hình dạng của đường nét liền này), và thậm chí có thể được chiếu vào một cách ngẫu nhiên.

Nói chung, các xung laze mà được phân phối đến các vị trí điểm trong quá trình quét mẫu quét làm sạch vùng tâm này sẽ không chiếu vào các vùng của vật gia công 102 tại ranh giới kết cấu đặc trưng. Tuy nhiên, tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như kích thước điểm, sự phân bố cường độ trong không gian, v.v., của các xung laze được phân phối, kích thước và hình dạng của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần

đỉnh của kết cấu đặc trưng, kích thước và hình dạng của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đáy của kết cấu đặc trưng, độ sâu của kết cấu đặc trưng, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, thì một hoặc nhiều vùng của vật gia công 102 tại ranh giới kết cấu đặc trưng (ví dụ, tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trưng) có thể được chiếu bằng ít nhất một phần của một hoặc nhiều xung laze được phân phối.

b. Làm sạch lỗ via tịt - Vùng chu vi

Khi tạo các kết cấu đặc trưng, chẳng hạn các lỗ via tịt (ví dụ, xuyên qua kết cấu điện môi, để làm lộ ra lớp đồng tại phần đáy của nó) nhờ sử dụng các mẫu quét chẳng hạn như đã được mô tả trên đây dựa vào các hình vẽ từ Fig.25 đến Fig.28, thì vật liệu thừa (ví dụ, vật liệu điện môi) có thể xuất hiện tại vùng chu vi của phần đáy của lỗ via tịt đó (ví dụ, tại hoặc gần vùng mà ở đó vách sườn của lỗ via tịt gặp lớp chất dẫn điện được làm lộ ra tại phần đáy của nó).

Để loại bỏ (một phần hoặc hoàn toàn) vật liệu thừa đó, thì mẫu quét hậu xử lý (ở đây còn được gọi là “mẫu quét làm sạch vùng chu vi”) có thể được quét. Mẫu quét làm sạch vùng chu vi này có thể bao gồm một hoặc nhiều vị trí điểm được bố trí trong vùng chu vi của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đáy của kết cấu đặc trưng. Theo một phương án, các vị trí điểm chẳng hạn như các vị trí điểm 2504a, 2504b và 2504d của mẫu quét 2500, các vị trí điểm 2504c của mẫu quét 2600, các vị trí điểm 2504b và 2504d của mẫu quét 2700 và các vị trí điểm 2504 của mẫu quét 2800, v.v., là có thể được coi là nằm trong phần chu vi của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đáy của kết cấu đặc trưng (nếu các mẫu quét 2500, 2600, 2700 hoặc 2800 đó được quét thực sự khi phần đáy của kết cấu đặc trưng được tạo ra). Theo phương án khác, các vị trí điểm của mẫu quét làm sạch vùng chu vi có thể nằm trong vùng lân cận cục bộ của các vị trí điểm nêu trên. Nhằm mục đích mô tả, thì vị trí điểm của mẫu quét làm sạch vùng chu vi sẽ được coi là nằm trong vùng lân cận cục bộ của một trong số các vị trí điểm nêu trên nếu nó nằm trong phạm vi 1 μm của một trong số các vị trí điểm nêu trên (ví dụ, trong phạm vi 0,8 μm , 0,75 μm , 0,7 μm , 0,65 μm , 0,6 μm , 0,5 μm , 0,4 μm , 0,3 μm , 0,25 μm , 0,2 μm , 0,15 μm , 0,1 μm , 0,08 μm , 0,05 μm , 0,01 μm , hoặc nhỏ hơn 0,01 μm , của một trong số các vị trí điểm nêu trên). Nếu cần làm sạch cả vùng tâm lẫn vùng chu vi của lỗ via tịt, thì vùng chu vi có thể được làm sạch trước hoặc sau khi vùng tâm được làm sạch.

Nói chung, các xung laze mà được phân phối đến các vị trí điểm trong quá trình quét mẫu quét làm sạch vùng chu vi sẽ chiếu vào một hoặc nhiều vùng của vật gia công 102 tại ranh giới kết cấu đặc trưng (ví dụ, tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trưng). Tuy nhiên, tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như kích thước điểm, sự phân bố cường độ trong không gian, v.v., của các xung laze được phân phối, kích thước và hình dạng của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đỉnh của kết cấu đặc trưng, kích thước và hình dạng của ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đáy của kết cấu đặc trưng, độ sâu của kết cấu đặc trưng, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, thì các xung laze có thể được phân phối đến các vị trí điểm của mẫu quét làm sạch vùng tâm sao cho không chiếu vào các vùng của vật gia công 102 tại ranh giới kết cấu đặc trưng.

ii. Tinh chỉnh ranh giới kết cấu đặc trưng

Theo một phương án, các vị trí điểm của các mẫu quét nêu trên mà kề với ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 mong muốn (ví dụ, các vị trí điểm 2504a, 2504b và 2504d của mẫu quét 2500, các vị trí điểm 2504c của mẫu quét 2600, các vị trí điểm 2504b và 2504d của mẫu quét 2700 và các vị trí điểm 2504 của mẫu quét 2800) là được sắp xếp đủ gần với ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn, để khi một hoặc nhiều xung laze được phân phối vào đó, thì vật liệu được loại bỏ khỏi vật gia công 102 để tạo ra ít nhất một phần của ranh giới kết cấu đặc trưng 2502 mong muốn. Theo phương án khác, vật liệu mà được loại bỏ khỏi vật gia công 102 tại các vị trí điểm đó không nhất thiết phải tạo ra phần nào của ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn. Theo mỗi trong số hai phương án đó, thì mẫu quét hậu xử lý mà bao gồm một hoặc nhiều đường quét kéo dài theo ít nhất một phần của ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn (ở đây còn được gọi là “mẫu quét cải thiện ranh giới”) là có thể được quét (ví dụ, để cải thiện độ nhẵn của vách sườn, cải thiện độ trung thực của ranh giới kết cấu đặc trưng thu được trên thực tế so với hình dạng của ranh giới kết cấu đặc trưng mong muốn, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

iii. Thời điểm hậu xử lý

Theo một phương án, các kỹ thuật hậu xử lý, chẳng hạn như đã được mô tả trên đây, là có thể được thực hiện ngay sau khi kết cấu đặc trưng đã được tạo ra. Tức là, xung laze có thể được phân phối đến vị trí điểm đầu tiên trong mẫu quét hậu xử lý ngay sau khi xung laze cuối cùng đã được phân phối đến vị trí điểm trong mẫu quét

tạo kết cấu đặc trưng. Ví dụ, quy trình tinh chỉnh ranh giới, hoặc quy trình làm sạch vùng tâm hoặc vùng chu vi, có thể được thực hiện ngay sau khi kết cấu đặc trưng, chẳng hạn lỗ via tịt, đã được tạo ra. Theo phương án khác, kỹ thuật hậu xử lý này (ví dụ, quy trình làm sạch vùng chu vi) có thể được thực hiện ngay sau khi kỹ thuật hậu xử lý khác (ví dụ, quy trình làm sạch vùng tâm) đã được hoàn tất. Trong ngữ cảnh này, “ngay sau” có nghĩa là lượng thời gian trôi qua từ lúc hoàn thành quy trình tạo kết cấu đặc trưng (hoặc quy trình hậu xử lý được thực hiện trước) đến quy trình hậu xử lý được thực hiện sau là bằng (hoặc ít nhất là gần bằng) chu kỳ định vị ngắn nhất, dài nhất, hoặc trung bình (ví dụ, của bộ định vị thứ nhất 106 trong quy trình tạo kết cấu đặc trưng hoặc quy trình hậu xử lý được thực hiện trước). Theo một phương án, chu kỳ định vị của bộ định vị thứ nhất 106 là nhỏ hơn 20 μs (hoặc khoảng đó). Ví dụ, chu kỳ định vị của bộ định vị thứ nhất 106 có thể nhỏ hơn hoặc bằng 15 μs , 10 μs , 5 μs , 3 μs , 2 μs , 1 μs , 0,8 μs , 0,5 μs , 0,3 μs , 0,1 μs , v.v..

Trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng, thì nhiệt có thể tích lũy trong vật gia công 102 ở các vùng xung quanh nơi mà kết cấu đặc trưng được tạo ra (ví dụ, do sự hấp thụ năng lượng trong các xung laze được phân phối của một hoặc nhiều vật liệu ở vật gia công 102, do sự truyền nhiệt qua một hoặc nhiều vật liệu ở vật gia công 102, v.v.). Do đó, nhiệt độ của các vùng ở vật gia công 102 xung quanh nơi mà kết cấu đặc trưng được tạo ra có thể tăng lên đáng kể trong quá trình tạo kết cấu đặc trưng. Khi muốn loại bỏ vật liệu (ví dụ, vật liệu của kết cấu điện môi) khỏi một hoặc nhiều vùng ở vật gia công 102 tại ranh giới kết cấu đặc trưng (ví dụ, khi hậu xử lý để tinh chỉnh ranh giới kết cấu đặc trưng), thì nhiệt năng được tích lũy này trong vật liệu cần được loại bỏ sẽ làm tăng hiệu quả hậu xử lý theo cách có lợi.

Tuy nhiên, khi muốn loại bỏ vật liệu (ví dụ, vật liệu thừa) tại phần đáy của kết cấu đặc trưng (ví dụ, khi hậu xử lý để làm sạch vùng tâm hoặc vùng chu vi tại phần đáy của kết cấu đặc trưng), thì nhiệt năng được tích lũy ở một hoặc nhiều vùng của vật gia công 102 (ví dụ, tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trưng) có thể tạo thuận lợi cho việc loại bỏ các phần của vật gia công 102 tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trưng nếu các xung laze, mà được phân phối đến các vị trí điểm trong quá trình làm sạch vùng tâm hoặc vùng chu vi, chiếu vào các phần đó của vật gia công 102. Kết quả là, ranh giới kết cấu đặc trưng tại phần đỉnh của kết cấu đặc trưng có thể bị mở rộng

ngoài ý muốn trong lúc quét mẫu quét hậu xử lý, chẳng hạn mẫu quét làm sạch vùng tâm hoặc mẫu quét làm sạch vùng chu vi.

Để khắc phục vấn đề nêu trên, thì một khoảng thời gian trễ có thể được xen vào giữa từ lúc hoàn tất quy trình tạo kết cấu đặc trung (hoặc quy trình hậu xử lý được thực hiện trước) đến quy trình hậu xử lý được thực hiện sau, chẳng hạn quy trình làm sạch vùng tâm hoặc quy trình làm sạch vùng chu vi. Thời lượng của khoảng thời gian trễ này được chọn hoặc được thiết đặt để cho phép nhiệt năng trong vật gia công 102 (ví dụ, tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trung) tản đi (tức là, để cho phép các vùng của vật gia công 102 tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trung trở nên nguội) để các phần của vật gia công 102 tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trung sẽ không bị loại bỏ khi được chiếu các xung laze mà được phân phối trong quá trình làm sạch vùng tâm hoặc vùng chu vi. Nói chung, khoảng thời gian trễ này là dài hơn chu kỳ định vị ngắn nhất, dài nhất, hoặc trung bình (ví dụ, của bộ định vị thứ nhất 106 trong quy trình tạo kết cấu đặc trung hoặc quy trình hậu xử lý được thực hiện trước). Theo một phương án, và khi chu kỳ định vị là nhỏ hơn $20\ \mu\text{s}$ (hoặc khoảng đó), thì khoảng thời gian trễ là lớn hơn $20\ \mu\text{s}$ (hoặc khoảng đó). Ví dụ, khoảng thời gian trễ đó có thể lớn hơn hoặc bằng $22\ \mu\text{s}$, $25\ \mu\text{s}$, $30\ \mu\text{s}$, $35\ \mu\text{s}$, $40\ \mu\text{s}$, $45\ \mu\text{s}$, $50\ \mu\text{s}$, $55\ \mu\text{s}$, $60\ \mu\text{s}$, v.v.. Cần hiểu rằng khoảng thời gian trễ đó có thể được chọn hoặc được thiết đặt tùy theo một hoặc nhiều yếu tố chẳng hạn như độ dẫn nhiệt, độ khuếch tán nhiệt, nhiệt dung riêng, độ nhớt, v.v., của (các) vật liệu của vật gia công 102 tại hoặc gần phần đỉnh của kết cấu đặc trung, độ rộng xung, độ thông, tốc độ lặp xung, v.v., của các xung laze được phân phối trong quá trình hậu xử lý, năng suất mong muốn để xử lý vật gia công 102 (mà bao gồm hoạt động tạo ra các kết cấu đặc trung, và thực hiện quy trình hậu xử lý, v.v.), v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

X. Các phương án về việc loại bỏ các phụ phẩm

Khi một hoặc nhiều kết cấu đặc trung, chẳng hạn phần mở, khe, lỗ via, lỗ, rãnh, đường vạch dấu, khía, vùng hốc, v.v., được tạo ra trong vật gia công 102 bằng quy trình xử lý bằng laze, thì các chất phụ phẩm chẳng hạn như hơi (ví dụ, chứa các hạt có kích thước mặt cắt ngang lớn nhất nằm trong khoảng $0,01\ \mu\text{m}$ đến khoảng $4\ \mu\text{m}$), bụi (ví dụ, chứa các hạt có kích thước mặt cắt ngang lớn nhất nằm trong khoảng $0,1\ \mu\text{m}$ đến khoảng $0,7\ \text{mm}$), các mảnh vật gia công hoặc mảnh vụn khác (ví dụ, có kích thước

mặt cắt ngang lớn nhất lớn hơn khoảng $0,7\text{ }\mu\text{m}$) có thể được tạo ra. Trong một số trường hợp (ví dụ, trong quá trình khoan hoặc cắt), thì các chất phụ phẩm đó được làm bật ra từ vật gia công 102 và bị lắng đọng lại lên bề mặt gia công 102a của vật gia công 102. Trong các trường hợp khác (ví dụ, trong quá trình cắt để tạo lỗ xuyên hoặc kết cấu đặc trưng khác mà kéo dài xuyên qua vật gia công 102), thì một hoặc nhiều mảnh hoặc mảnh vụn khác không được làm bật ra khỏi vật gia công 102, mà thay vào đó, vẫn kẹt ở vật gia công 102 (ví dụ, tại khía được tạo ra ở vật gia công 102 trong quá trình cắt). Tùy theo kích thước của lỗ xuyên hoặc kết cấu đặc trưng khác mà kéo dài xuyên qua vật gia công 102, thì phân mảnh hoặc mảnh vụn khác của vật gia công 102 có thể có kích thước tối đa lớn hơn đáng kể (ví dụ, ít nhất một bậc độ lớn) so với kích thước điểm của năng lượng laze được phân phối trong quá trình xử lý. Để tạo thuận lợi cho việc loại bỏ các phụ phẩm đó, thì hệ thống loại bỏ phụ phẩm có thể được sử dụng.

Theo một phương án, và như được thể hiện trên Fig.38, hệ thống loại bỏ phụ phẩm đó có thể được bố trí dưới dạng hệ thống loại bỏ phụ phẩm 3800, hệ thống này bao gồm khung 3802 để đỡ vật gia công 102, dao thổi khí 3804 được bố trí bên trên khung 3802, và thùng thu gom 3806 được bố trí bên dưới khung 3802.

Khi được đỡ bởi khung 3802, thì vật gia công 102 (ví dụ, PCB, FPC, phôi khung dẫn, v.v.) là đã được xử lý và có thể có hơi hoặc bụi dính trên bề mặt gia công 102a. Nếu vật gia công 102 đã được xử lý để tạo ra lỗ xuyên hoặc kết cấu đặc trưng khác mà kéo dài qua đó, thì một hoặc nhiều phân mảnh hoặc mảnh vụn khác có thể còn lại trong lỗ xuyên đó hoặc bị kẹt ở vật gia công 102 (ví dụ, tại khía được tạo ra ở vật gia công 102 trong quá trình cắt). Vật gia công 102 có thể được vận chuyển từ thiết bị xử lý laze lên khung 3802 bởi cơ cấu vận chuyển chẳng hạn như cánh tay rôbốt (ví dụ, có bàn tay rôbốt tại đầu của nó để gài với vật gia công, v.v.), hệ thống xử lý đa trục lăn, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Trong trường hợp này, cơ cấu vận chuyển này có thể được điều khiển đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114, bởi bộ điều khiển khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo một phương án, dao thổi khí 3804 được ghép nối với bộ dẫn động (không được thể hiện trên hình vẽ) và một hoặc nhiều tầng thẳng hoặc các cơ cấu liên kết cơ học khác (ví dụ, các ray dẫn hướng, v.v.) mà hoạt động được để di chuyển dao thổi

khí 3804 bên trên vật gia công 102 (ví dụ, theo trục X, như được biểu diễn bằng hình mũi tên 3808, theo trục Y, hoặc tổ hợp bất kỳ của các trục này) trong lúc vật gia công 102 được giữ đứng yên. Theo phương án khác, khung 3802 được ghép nối với bộ dẫn động (không được thể hiện trên hình vẽ) và một hoặc nhiều tầng thẳng hoặc các cơ cấu liên kết cơ học khác (ví dụ, các ray dẫn hướng, v.v.) mà hoạt động được để di chuyển khung 3802 (và theo đó là vật gia công 102) bên dưới dao thổi khí 3804 (ví dụ, theo trục X, như được biểu diễn bằng hình mũi tên 3808, theo trục Y, hoặc tổ hợp bất kỳ của các trục này). Theo mỗi trong số hai phương án đó, bộ dẫn động này có thể được điều khiển đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114, bởi bộ điều khiển khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Dao thổi khí 3804 có thể được cung cấp dưới dạng dao thổi khí dùng khí nén, dao thổi khí dùng máy thổi, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, và bao gồm vòi 3804a được tạo kết cấu để tạo ra luồng không khí áp suất cao hoặc chất khí khác lên bề mặt gia công 102a với đủ lực để thổi bụi hoặc các hạt khỏi bề mặt gia công 102a, để làm bật các phân mảnh hoặc các mảnh vụn bị kẹt khác khỏi vật gia công 102, v.v.. Các phân mảnh hoặc các mảnh vụn bật ra khác (được thể hiện chung bằng số chỉ dẫn 3810) rơi vào thùng thu gom 3806 (ví dụ, nhờ tác dụng của trọng lực, luồng không khí áp suất cao mà được tạo ra bởi dao thổi khí 3804, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng). Theo một phương án, hệ thống kiểm tra quang học tự động hoá (Automated Optical Inspection - AOI) (không được thể hiện trên hình vẽ) cũng có thể được sử dụng để kiểm tra xem các phụ phẩm đã được loại bỏ theo ý muốn chưa. Dao thổi khí 3804 và hệ thống AOI tùy ý có thể được điều khiển đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển được xuất ra bởi bộ điều khiển 114, bởi bộ điều khiển khác, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Sau khi vật gia công 102 đã được xử lý đã được thổi luồng áp suất cao mà được tạo ra bởi dao thổi khí 3804, thì vật gia công 102 có thể được vận chuyển (ví dụ, đến khoang chứa của thiết bị xử lý vật liệu chẳng hạn như thiết bị xử lý vật liệu 800, trở lại thiết bị xử lý laser để xử lý tiếp, v.v.).

XI. Các phương án về việc sử dụng nhiều nguồn laser

Các vật gia công nhất định có thể được đặc trưng là không đồng nhất về hợp phần hoặc là vật liệu tổng hợp. Các ví dụ về các vật gia công đó bao gồm các tấm PCB,

PCB, tấm epoxy được gia cường bằng thuỷ tinh, prepreg, vật liệu tích tụ, FPC, IC, ICP, LED, gói LED, v.v.. Đôi khi, các vật gia công không đồng nhất hoặc các vật gia công tổng hợp đó (được gọi chung ở đây là “các vật gia công đa hợp”) là được tạo ra từ một hoặc nhiều thành phần trong suốt đối với bước sóng của các xung laze được phân phối đến vật gia công 102 (ở đây được gọi là “thành phần vật gia công trong suốt”), ngoài các thành phần không trong suốt đối với bước sóng của các xung laze được phân phối đến vật gia công 102 (ở đây được gọi là “thành phần vật gia công không trong suốt”). Trong ngữ cảnh này, một thành phần của vật gia công 102 có thể được coi là thành phần vật gia công trong suốt nếu nó được tạo ra từ vật liệu có phổ hấp thụ tuyến tính nằm trong băng thông cụ thể của các xung laze được phân phối, và độ dày sao cho tỷ lệ phần trăm ánh sáng được truyền qua vật liệu (ví dụ, theo trục chùm) là lớn hơn 10%, lớn hơn 25%, lớn hơn 50%, lớn hơn 75%, lớn hơn 80%, lớn hơn 85%, lớn hơn 90%, lớn hơn 95%, lớn hơn 98%, hoặc lớn hơn 99%.

Như có thể thấy, có thể khó xử lý hiệu quả được vật gia công đa hợp mà có thành phần được làm từ vật liệu trong suốt đối với bước sóng của các xung laze được phân phối, đặc biệt là khi độ rộng xung của các xung laze được phân phối đó lớn hơn vài chục picô giây. Tuy việc sử dụng các xung laze “cực ngắn” (tức các xung laze có độ rộng xung nhỏ hơn vài chục picô giây, và thường có độ rộng xung nằm trong khoảng femtô giây) có thể xử lý hiệu quả được các thành phần vật gia công trong suốt nhờ sự hấp thụ phi tuyến, nhưng việc sử dụng các xung laze cực ngắn đó để xử lý các vật gia công đa hợp cũng chưa thoả đáng bởi vì lượng vật liệu được loại bỏ bởi mỗi xung laze cực ngắn là tương đối nhỏ. Để khắc phục các vấn đề này, thì một số phương án theo sáng chế đề xuất thiết bị có nhiều nguồn laze (ở đây còn được gọi là “thiết bị đa nguồn”) để xử lý vật gia công đa hợp (được tạo ra từ cả thành phần vật gia công trong suốt lẫn thành phần vật gia công không trong suốt).

Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.30, thì thiết bị đa nguồn theo một phương án, chẳng hạn thiết bị 3000, có thể bao gồm nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b. Nói chung, mỗi trong số nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b đều hoạt động được để tạo ra năng lượng laze đủ để xử lý thành phần vật gia công không trong suốt của vật gia công đa hợp. Ngoài ra, nguồn laze thứ nhất

3002a cũng nói chung là hoạt động được để tạo ra năng lượng laser đủ để xử lý thành phần vật gia công trong suốt của vật gia công đa hợp này.

Nói chung, mỗi trong số nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b có thể được bố trí như đã được mô tả làm ví dụ trên đây đối với nguồn laser 104. Theo đó, mỗi trong số nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b có thể bao gồm nguồn laser xung, nguồn laser CW, nguồn laser QCW, nguồn laser chế độ loạt, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Trong trường hợp mỗi trong số nguồn laser thứ nhất 3002a hoặc nguồn laser thứ hai 3002b bao gồm nguồn laser QCW hoặc nguồn laser CW, thì nguồn laser đó có thể tùy ý bao gồm khối mở cổng xung (ví dụ, bộ điều chế âm-quang (Acousto-Optic Modulator - AOM), bộ băm chùm, v.v.) để điều chế về mặt thời gian đối với chùm bức xạ laser được xuất ra từ nguồn laser QCW hoặc nguồn laser CW. Theo một phương án, mỗi trong số nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b là được cung cấp dưới dạng nguồn laser xung. Theo phương án khác, nguồn laser thứ nhất 3002a được cung cấp dưới dạng nguồn laser xung, còn nguồn laser thứ hai 3002b thì được cung cấp dưới dạng nguồn laser QCW hoặc nguồn laser CW và bao gồm khối mở cổng xung để điều chế về mặt thời gian đối với chùm bức xạ laser được xuất ra từ nguồn laser QCW hoặc nguồn laser CW này.

Tùy theo tính chất hoặc hợp phần của các thành phần khác nhau trong vật gia công đa hợp, thì nguồn laser thứ hai 3002b cũng có thể hoạt động được để tạo ra năng lượng laser đủ để xử lý thành phần vật gia công trong suốt của vật gia công đa hợp. Ví dụ, trong quá trình xử lý vật gia công đa hợp (ví dụ, tấm epoxy được gia cường bằng thủy tinh) mà có thành phần vật gia công trong suốt (ví dụ, sợi thủy tinh) được nhúng trong (hoặc tiếp xúc với) thành phần vật gia công không trong suốt (ví dụ, vật liệu nhựa), thì thành phần vật gia công không trong suốt đó có thể được xử lý trực tiếp (ví dụ, được nung chảy, được làm bay hơi, được bào mòn, được cacbon hoá, v.v.) khi tiếp xúc với năng lượng laser mà được tạo ra bởi nguồn laser thứ nhất 3002a hoặc nguồn laser thứ hai 3002b. Trong quá trình hoặc nhờ quá trình xử lý trực tiếp thành phần vật gia công không trong suốt, thì thành phần vật gia công trong suốt có thể trở nên được xử lý gián tiếp. Ví dụ, thành phần vật gia công trong suốt có thể được làm nứt, được gia nhiệt, được làm mất màu (ví dụ, bằng phản ứng hoá học mà xảy ra nhờ ánh sáng hoặc nhiệt, giữa thành phần vật gia công trong suốt và thành phần vật gia công không

trong suốt), được phủ (ví dụ, bằng thành phần vật gia công không trong suốt, bằng gốc của thành phần vật gia công không trong suốt, v.v.). Quy trình xử lý gián tiếp đó đối với thành phần vật gia công trong suốt có thể tạo thuận lợi cho quá trình xử lý trực tiếp sau đó nhờ sự ảnh hưởng của năng lượng laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ hai 3002b. Tùy theo tính chất hoặc hợp phần của các thành phần khác nhau trong vật gia công đa hợp mà quá trình xử lý trực tiếp sau đó có thể là quan trọng.

Nói chung, nguồn laze thứ nhất 3002a là hoạt động được để xuất ra các xung laze có độ rộng xung thứ nhất, và nguồn laze thứ hai 3002b là hoạt động được để xuất ra các xung laze có độ rộng xung thứ hai lớn hơn độ rộng xung thứ nhất. Ví dụ, độ rộng xung thứ nhất có thể nhỏ hơn 500 ps (ví dụ, nhỏ hơn 450 ps, 25 ps, 15 ps, 10 ps, 7 ps, 5 ps, 4 ps, 3 ps, 2 ps, 1 ps, 900 fs, 850 fs, 750 fs, 700 fs, 500 fs, 400 fs, 300 fs, 200 fs, 150 fs, 100 fs, 50 fs, 30 fs, 15 fs, 10 fs, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo một phương án, độ rộng xung thứ hai có thể lớn hơn hoặc bằng 500 ps (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 600 ps, 700 ps, 800 ps, 900 ps, 1 ns, 1,5 ns, 2 ns, 5 ns, 10 ns, 20 ns, 50 ns, 100 ns, 200 ns, 400 ns, 800 ns, 1000 ns, 2 μ s, 5 μ s, 10 μ s, 50 μ s, 100 μ s, 200 μ s, 300 μ s, 500 μ s, 900 μ s, 1 ms, 2 ms, 5 ms, 10 ms, 20 ms, 50 ms, 100 ms, 300 ms, 500 ms, 900 ms, 1 s, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo phương án khác, nguồn laze thứ hai 3002b là được cung cấp dưới dạng nguồn laze QCW hoặc nguồn laze CW và không bao gồm khối mở cổng xung (ví dụ, để nguồn laze thứ hai 3002b có thể tạo ra chùm năng lượng laze QCW hoặc CW).

Nói chung, nguồn laze thứ nhất 3002a là hoạt động được để xuất ra các xung laze tại tốc độ lặp xung thứ nhất, và nguồn laze thứ hai 3002b là hoạt động được để xuất ra các xung laze tại tốc độ lặp xung thứ hai lớn hơn tốc độ lặp xung thứ nhất. Ví dụ, tốc độ lặp xung thứ hai có thể lớn hơn hoặc bằng 100 kHz (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 150 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 800 kHz, 900 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 50 MHz, 70 MHz, 100 MHz, 150 MHz, 200 MHz, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo một phương án, tốc độ lặp xung thứ hai là bằng 150 MHz (hoặc khoảng đó) và tốc độ lặp xung thứ nhất là bằng 1 MHz (hoặc khoảng đó). Theo cách khác, nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b có thể hoạt động được để xuất ra các xung laze với tốc độ lặp xung bằng nhau (hoặc ít nhất là gần như bằng nhau).

Theo một phương án, nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b là hoạt động được để tạo ra chùm năng lượng laser có (các) bước sóng ít nhất là gần như bằng nhau, và băng thông phổ ít nhất là gần như bằng nhau (tức là, khi được đo tại FWHM). Ví dụ, nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b là hoạt động được để tạo ra chùm năng lượng laser có một hoặc nhiều bước sóng nằm trong dải có thể nhìn thấy được (ví dụ, dải xanh lục) của phổ điện từ. Theo phương án khác, ít nhất một trong số bước sóng và băng thông phổ của năng lượng laser mà được tạo ra bởi nguồn laser thứ nhất 3002a là có thể khác với (ví dụ, lớn hơn, nhỏ hơn, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) năng lượng laser mà được tạo ra bởi nguồn laser thứ hai 3002b.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị 3000 cũng bao gồm một hoặc nhiều thành phần quang học (ví dụ, bộ mở rộng chùm, bộ tạo dạng chùm, lá khẩu, tinh thể tạo sóng hài, bộ lọc, ống chuẩn trực, thấu kính, gương, bộ phân cực, tấm sóng, phần tử quang học nhiễu xạ, phần tử quang học khúc xạ, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng) để hội tụ, mở rộng, chuẩn trực, tạo dạng, phân cực, lọc, chia, kết hợp, xén, hoặc thay đổi, điều hoà hoặc định hướng năng lượng laser mà được tạo ra bởi nguồn laser thứ nhất 3002a và lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a. Tương tự, thiết bị 3000 có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần quang học để hội tụ, mở rộng, chuẩn trực, tạo dạng, phân cực, lọc, chia, kết hợp, cắt xén, hoặc thay đổi, điều hoà hoặc định hướng năng lượng laser mà được tạo ra bởi nguồn laser thứ hai 3002b và lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b.

Năng lượng laser lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a và đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b có thể được kết hợp trong không gian theo cách phù hợp bất kỳ. Ví dụ, gương gập 3006 có thể được bố trí để hướng đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b vào bộ kết hợp chùm 3008, mà cũng được bố trí trên đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a. Khi ra khỏi bộ kết hợp chùm 3008, thì năng lượng laser có thể lan truyền theo đường đi của chùm 116c (ví dụ, tương ứng với đường đi của chùm 116 trên Fig.1) đến hệ thống phân phối chùm chẳng hạn như hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010.

Nói chung, hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ định vị, chẳng hạn bộ định vị thứ nhất 106 nêu trên, bộ định vị thứ hai 108 nêu trên, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, mà được bố trí như đã được mô tả làm ví dụ

trên đây. Tuy nhiên theo các phương án nhất định, thì bộ kết hợp chùm 3008 có thể thay đổi trạng thái phân cực của năng lượng laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a hoặc đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b. Kết quả là, năng lượng laze lan truyền theo đường đi của chùm 116c có thể được đặc trưng bởi các trạng thái phân cực (ví dụ, các trạng thái phân cực p, các trạng thái phân cực s, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo những cách thức thực hiện đó, thì hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 không bao gồm các thành phần mà tương đối nhạy cảm với trạng thái phân cực của năng lượng laze tới đó (ví dụ, hệ thống AOD mà nói chung là nhạy cảm hoạt động đối với năng lượng laze phân cực tuyến tính tại hướng cụ thể). Thay vào đó, hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 bao gồm một hoặc nhiều thành phần mà tương đối không nhạy cảm phân cực, chẳng hạn hệ thống gương điện kế, gương hoặc dây gương MEMS, FSM, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Tuy không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng thiết bị 3000 có thể còn bao gồm một hoặc nhiều thành phần chẳng hạn như bộ định vị thứ ba 110 nêu trên, thấu kính quét (ví dụ, thấu kính quét 112 nêu trên), bộ điều khiển (ví dụ, bộ điều khiển 114 nêu trên), hoặc thành phần bất kỳ khác mà đã được mô tả trên đây đối với thiết bị 100 hoặc 700, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng.

Theo một phương án, bộ điều khiển 114 điều khiển sự hoạt động của nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b để cho phép thiết đặt hoặc điều chỉnh độ dịch thời gian giữa (hoặc độ chồng thời gian của) một hoặc nhiều xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và một hoặc nhiều xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ hai 3002b. Để tạo thuận lợi cho việc thiết đặt hoặc điều chỉnh đó, thì theo một phương án, thiết bị 3000 có thể còn bao gồm một hoặc nhiều máy đồng bộ, máy dao động, v.v., như được mô tả trong công bố đơn patent quốc tế số WO2015/108991, mà được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo phương án khác, bộ điều khiển 114 không điều khiển sự hoạt động của nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b để cho phép thiết đặt hoặc điều chỉnh độ dịch thời gian giữa (hoặc độ chồng nhau của) các xung laze bất kỳ mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và các xung laze bất kỳ mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ hai 3002b. Trong trường hợp này, thiết bị 3000 không bao gồm máy

đồng bộ, máy dao động, v.v., như được mô tả trong công bố đơn patent quốc tế số WO2015/108991 nêu trên. Thay vào đó, việc điều khiển hoạt động tương đối đối với nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b được thực hiện mà không phụ thuộc vào mối quan hệ về thời gian của các xung laser được tạo ra bởi nguồn laser thứ nhất 3002a so với hoạt động tạo năng lượng laser của nguồn laser thứ hai 3002b (mà có thể là dạng xung hoặc liên tục). Theo đó, nguồn laser thứ nhất 3002a có thể được vận hành để tạo ra năng lượng laser mà không phụ thuộc vào việc nguồn laser thứ hai 3002b có được vận hành để tạo ra năng lượng laser hay không. Các tín hiệu kích hoạt mà được truyền đến nguồn laser thứ nhất 3002a và nguồn laser thứ hai 3002b có thể được đồng bộ với nhau theo cách phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ, hoặc có thể không được đồng bộ chút nào.

Như đã nêu trên, năng lượng laser lan truyền theo đường đi của chùm 116c có thể có nhiều trạng thái phân cực. Thay vì giới hạn các thành phần trong hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 ở các thành phần tương đối không nhạy phân cực, thì thiết bị đa nguồn có thể được bố trí để thay đổi trạng thái phân cực của năng lượng laser được truyền bởi bộ kết hợp chùm 3008. Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.31, thì thiết bị đa nguồn theo một phương án, chẳng hạn thiết bị 3100, có thể được bố trí như đã được mô tả trên đây đối với thiết bị 3000, nhưng có thể còn bao gồm tấm sóng 3102 (ví dụ, tấm nửa sóng) được bố trí trên đường đi của chùm 116c để thay đổi các trạng thái phân cực của năng lượng laser được truyền bởi bộ kết hợp chùm 3008, và bộ phân cực 3104 để lọc một phần của năng lượng laser được truyền bởi tấm sóng 3102. Sau đó, năng lượng laser mà được truyền bởi bộ phân cực 3104 có thể lan truyền theo đường đi của chùm 116d (ví dụ, tương ứng với đường đi của chùm 116 trên Fig.1) đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010. Theo một phương án, một hoặc cả hai trong số tấm sóng 3102 và bộ phân cực 3104 có thể được điều chỉnh (ví dụ, được làm quay quanh trục của đường đi của chùm 116c) để điều chỉnh tỷ lệ giữa lượng công suất trong chùm năng lượng laser lan truyền theo đường đi của chùm 116d, mà xuất phát từ nguồn laser thứ nhất 3002a, so với lượng công suất trong chùm mà xuất phát từ nguồn laser thứ hai 3002b. Theo đó, năng lượng laser lan truyền theo đường đi của chùm 116d có thể chứa hỗn hợp công suất là 50:50 xuất phát lần lượt từ nguồn laser thứ nhất và nguồn laser thứ hai, hoặc tỷ lệ phù hợp hoặc mong muốn bất kỳ khác (ví dụ, 60:40,

70:30, 80:20, 90:10, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này). Theo phương án này, hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 có thể được bố trí như đã được mô tả trên đây đối với thiết bị 3000, hoặc có thể được bố trí để bao gồm một hoặc nhiều thành phần nhạy phân cực, chẳng hạn như hệ thống AOD như đã được mô tả làm ví dụ trên đây.

Theo phương án khác, và như được thể hiện trên Fig.32, thì thiết bị đa nguồn theo một phương án, chẳng hạn thiết bị 3200, có thể được bố trí như đã được mô tả trên đây đối với thiết bị 3100, nhưng có thể còn bao gồm hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202 được ghép nối quang với bộ phân cực 3104 (ví dụ, qua đường đi của chùm 116d2), còn hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 thì được ghép nối quang với bộ phân cực 3104 qua đường đi của chùm 116d1. Hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202 có thể được tạo kết cấu theo cách giống như (hoặc khác với) hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010. Theo phương án được thể hiện trên Fig.32, thì mỗi trong số các đường đi của chùm 116d1 và 116d2 là tương ứng với một trường hợp khác nhau của đường đi của chùm 116 trên Fig.1. Theo phương án này, tấm sóng 3102 và bộ phân cực 3104 (được thể hiện ở đây dưới dạng khối chia chùm phân cực) là được tạo kết cấu sao cho mỗi trong số các đường đi của chùm 116d1 và 116d2 chứa một nửa (hoặc ít nhất là gần như một nửa) công suất quang xuất phát từ nguồn laze thứ nhất 3002a, và một nửa (hoặc ít nhất là gần như một nửa) công suất quang xuất phát từ nguồn laze thứ hai 3002b. Tấm sóng bổ sung 3204 (ví dụ, tấm nửa sóng) được bố trí trên đường đi của chùm 116d1 để thay đổi trạng thái phân cực của năng lượng laze được truyền bởi bộ chia chùm phân cực lập phương 3104.

Theo phương án khác, ở thiết bị 3200, thì tấm nửa sóng 3102, bộ phân cực 3104 và tấm nửa sóng 3204 có thể được lược bỏ và được thay bằng gương bẫy quay, gương đa giác quay, hệ thống gương điện kế cộng hưởng, v.v., hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, để phân phối năng lượng laze theo các đường đi của chùm 116d1 và 116d2. Trong trường hợp này, thì hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 và hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202 không chứa thành phần nhạy phân cực nào.

Theo phương án khác, và như được thể hiện trên Fig.33, thì thiết bị đa nguồn theo một phương án, chẳng hạn thiết bị 3300, có thể bao gồm bộ phân phối chùm 3302 được tạo kết cấu để hướng, theo những cách khác nhau, các xung laze mà được xuất

ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010, đến hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Trong trường hợp này, bộ phân phối chùm 3302 có thể bao gồm tế bào AO 3304, phần tử biến đổi siêu âm 3306 được ghép nối về mặt âm với đầu này của tế bào AO 3304, và bộ hấp thụ 3308 được ghép nối về mặt âm với đầu kia của tế bào AO 3304 mà đối diện với phần tử biến đổi siêu âm 3306.

Như được thể hiện, nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b có thể được đồng chỉnh (hoặc một hoặc nhiều thành phần quang học có thể được bố trí) sao cho các xung laze mà lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a và đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b có thể hoàn toàn (hoặc ít nhất là gần như hoàn toàn) chồng nhau tại vùng nằm trong tế bào AO 3304 (ví dụ, được biểu thị bằng chấm màu đen). Ngoài ra, ánh sáng trong các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a và đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b có thể được tạo ra hoặc được điều hoà theo cách phù hợp bất kỳ để có trạng thái phân cực cần thiết để được làm nhiễu xạ một cách phù hợp trong tế bào AO 3304, để được làm lệch một cách phù hợp bởi hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 hoặc hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202.

Phần tử biến đổi siêu âm 3306 tạo ra sóng âm trong tế bào AO 3304 khi được dẫn động bởi tín hiệu RF được cấp, trong đó công suất của tín hiệu RF được cấp đó được điều chế (trong khi vẫn giữ tần số RF không đổi) để điều khiển công suất của các xung laze được làm lệch trong tế bào AO 3304. Khi không có tín hiệu RF được cấp nào thì không có sóng âm nào được tạo ra trong tế bào AO 3304 bởi phần tử biến đổi siêu âm 3306, và các xung laze bất kỳ mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b, mà tới tế bào AO 3304, là có thể đi qua tế bào AO 3304 đến hệ thống tương ứng trong số hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 và hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202. Ví dụ, khi không có tín hiệu RF nào được cấp đến phần tử biến đổi siêu âm 3306, thì các xung laze mà lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a sẽ được cho đi qua tế bào AO 3304 để lan truyền theo đường đi của chùm 116d1 đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010, và tương tự, các xung laze mà lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b là được cho đi qua tế bào AO 3304 để lan truyền theo đường đi của chùm 116d2 đến hệ thống phân phối

chùm thứ hai 3202. Do đó, đường đi của chùm 116d1 cấu thành đường đi của chùm bậc không đối với nguồn laze thứ nhất 3002a, và đường đi của chùm 116d2 cấu thành đường đi của chùm bậc không đối với nguồn laze thứ hai 3002b.

Khi tín hiệu RF có mức công suất thứ nhất (ví dụ, “mức công suất đầy đủ”) được cấp đến phần tử biến đổi siêu âm 3306, thì phần lớn công suất (ví dụ, khoảng 90%) trong các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a sẽ được làm lệch bởi tế bào AO 3304 để lan truyền theo đường đi của chùm 116d2 đến hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202, và tương tự, phần lớn công suất (ví dụ, khoảng 90%) trong các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b sẽ được làm lệch bởi tế bào AO 3304 để lan truyền theo đường đi của chùm 116d1 đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010. Trong trường hợp này, thì lượng công suất dư (ví dụ, khoảng 10%) trong các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ nhất 3004a sẽ được cho đi qua tế bào AO 3304 để lan truyền theo đường đi của chùm 116d1 đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010, và tương tự, lượng công suất dư (ví dụ, khoảng 10%) trong các xung laze lan truyền theo đường đi của chùm sơ cấp thứ hai 3004b sẽ được cho đi qua tế bào AO 3304 để lan truyền theo đường đi của chùm 116d2 đến hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202.

Dựa vào phần nêu trên, cần hiểu rằng khi phần tử biến đổi siêu âm 3306 được dẫn động hết công suất, thì khoảng 90% công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và khoảng 10% công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ hai 3002b sẽ được phân phối đến hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202, còn khoảng 90% công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ hai 3002b và khoảng 10% công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a là được phân phối đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010. Lượng công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi một nguồn laze bất kỳ và cuối cùng được phân phối đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 và hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202 là có thể tiếp tục được điều chế bằng cách làm biến thiên công suất của tín hiệu RF được cấp đến phần tử biến đổi siêu âm 3306. Ví dụ, khi tín hiệu RF có mức công suất thứ hai, mà bằng 50% mức công suất thứ nhất, được cấp đến phần tử biến đổi siêu âm 3306, thì khoảng 50% công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b là được phân

phối đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 và đến hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202. Mức công suất của tín hiệu RF được cấp có thể được giữ không đổi trong lúc vật gia công 102 được xử lý để tạo ra kết cấu đặc trưng, hoặc có thể được làm biến thiên trong quá trình tạo ra kết cấu đặc trưng riêng lẻ.

Tuy thiết bị đa nguồn 3300 đã được mô tả là bao gồm cả hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 lẫn hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202, nhưng cần hiểu rằng thiết bị đa nguồn 3300 có thể chỉ bao gồm hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 hoặc chỉ bao gồm hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202. Trong trường hợp này, hệ thống phân phối chùm được lược bỏ có thể được thay bằng cơ cấu triệt tiêu chùm.

Nói chung, tốc độ (còn được gọi là “tốc độ điều chế”) mà công suất của tín hiệu RF được cấp có thể được làm biến thiên để nhờ đó điều chế lượng công suất trong các xung laze mà cuối cùng được phân phối đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 hoặc hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202, từ nguồn laze thứ nhất 3002a hoặc nguồn laze thứ hai 3002b, là nằm trong khoảng từ 50 kHz (hoặc khoảng đó) đến 10 MHz (hoặc khoảng đó). Theo một phương án, tốc độ điều chế đó nằm trong khoảng từ 100 kHz (hoặc khoảng đó) đến 2 MHz (hoặc khoảng đó). Theo phương án khác, tốc độ điều chế đó là 1 MHz (hoặc khoảng đó). Do đó, các mức công suất tương đối của các xung laze, mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a và nguồn laze thứ hai 3002b và cuối cùng được phân phối đến mỗi trong số hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 hoặc hệ thống phân phối chùm thứ hai 3202, là có thể được thay đổi nhanh chóng trong lúc xử lý vật gia công 102, bằng cách chỉ cần điều chế mức công suất của tín hiệu RF được cấp đến phần tử biến đổi siêu âm 3306.

Ví dụ, nếu cần sử dụng hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 để tạo ra kết cấu đặc trưng chẳng hạn như lỗ via (ví dụ, lỗ via tịt, lỗ via xuyên, v.v.) ở vật gia công đa lớp mà bao gồm kết cấu dẫn điện (ví dụ, màng, lá kim loại, v.v., mà có thể được tạo ra từ đồng, hợp kim đồng, v.v.) được bố trí (ví dụ, được lắng đọng, được dán, v.v.) trên bề mặt đỉnh của vật gia công đa hợp, chẳng hạn tấm vật liệu epoxy được gia cường bằng thủy tinh, thì công suất của tín hiệu RF được cấp có thể được thiết đặt lúc đầu sao cho trên 50% (ví dụ, ít nhất 55%, ít nhất 60%, ít nhất 75%, ít nhất 80%, ít nhất 85%, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này) công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ hai 3002b là được phân phối đến hệ thống phân phối

chùm thứ nhất 3010 để tạo ra phần mở ở lớp chất dẫn điện để làm lộ ra vật gia công đa hợp này. Sau đó, công suất của tín hiệu RF được cấp có thể nhanh chóng được điều chế sao cho trên 50% (ví dụ, ít nhất 55%, ít nhất 60%, ít nhất 75%, ít nhất 80%, ít nhất 85%, v.v., hoặc giữa bất kỳ trong số các giá trị này) công suất trong các xung laze mà được tạo ra bởi nguồn laze thứ nhất 3002a là được phân phối đến hệ thống phân phối chùm thứ nhất 3010 để tạo ra lỗ via ở vật gia công đa hợp này.

XII. Các phương án về việc quản lý nhiệt

A. Quản lý nhiệt đối với vật gia công

Đôi khi, trong quá trình xử lý vật gia công, thì nhiệt độ của môi trường gần bề mặt gia công 102a của vật gia công 102 có thể tăng lên do nhiệt sinh ra do sự tương tác laze-vật liệu giữa các xung laze được phân phối và vật gia công. Đó có thể là trường hợp khi thực hiện quy trình xử lý laze, chẳng hạn như khoan lỗ via, ở các vật gia công chẳng hạn như các tấm PCB. Nếu lượng tăng nhiệt độ đó trở nên đủ cao, thì vật gia công có thể giãn nở ngoài ý muốn, điều này có thể làm giảm độ chính xác khi khoan các lỗ via. Để cho phép giữ được độ chính xác vị trí khi khoan các lỗ via ở vật gia công 102, thì thiết bị 100 có thể tùy ý được cung cấp với hệ thống kiểm soát nhiệt độ.

Theo một phương án, hệ thống kiểm soát nhiệt này bao gồm bộ cảm biến nhiệt độ 120 được ghép nối với đầu vào của bộ điều khiển 114, và vòi dẫn chất lỏng được kiểm soát nhiệt độ 122. Bộ cảm biến nhiệt độ 120 này được tạo cấu hình để đo nhiệt độ (hoặc đặc tính chỉ thị nhiệt độ) của môi trường (ví dụ, không khí môi trường) ở gần bề mặt gia công 102a. Vòi dẫn chất lỏng được kiểm soát nhiệt độ 122 được tạo kết cấu để gây ra dòng thể khí được kiểm soát nhiệt độ (ví dụ, không khí) vào môi trường xung quanh bề mặt gia công 102a. Thông thường, nhiệt độ của dòng thể khí mà được gây ra bởi vòi dẫn chất lỏng 122 sẽ tương đối ngược so với nhiệt độ mà bộ cảm biến nhiệt độ 120 đo được. Do đó, dòng thể khí này có thể mang nhiệt khỏi môi trường xung quanh bề mặt gia công 102a (và theo đó, cũng mang nhiệt khỏi vật gia công). Theo một phương án, thiết bị 100 có thể bao gồm vòi thu gom như được bộc lộ trong công bố đơn patent Mỹ số 2014/0026351 (và vòi lưu động trong đó sẽ phân phối chất lỏng được kiểm soát nhiệt độ, nhờ đó hoạt động như vòi dẫn chất lỏng được kiểm soát nhiệt độ đã được mô tả ở đây).

Trong quá trình hoạt động, thì bộ cảm biến nhiệt độ 120 có thể tạo ra một hoặc nhiều tín hiệu (ví dụ, “các tín hiệu nhiệt độ”) cho biết nhiệt độ đo được (hoặc đặc tính của nó) và xuất đến bộ điều khiển 114. Bộ điều khiển 114 có thể xử lý (các) tín hiệu nhiệt độ đó để xác định xem nhiệt độ đo được có nằm ngoài cửa sổ xử lý nhiệt độ danh định định trước hay không (ví dụ, ± 10 độ C, ± 5 độ C, ± 2 độ C, v.v.). Nếu nhiệt độ đo được được xác định là nằm ngoài cửa sổ xử lý nhiệt độ danh định (ví dụ, cao hơn cửa sổ xử lý nhiệt độ danh định), thì bộ điều khiển 114 có thể tạo ra và xuất một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển đến vòi dẫn chất lỏng được kiểm soát nhiệt độ 122 để gây ra dòng chất lỏng có nhiệt độ khác với (ví dụ, thấp hơn) nhiệt độ đo được, để đưa nhiệt độ của môi trường xung quanh bề mặt gia công 102a trở lại cửa sổ xử lý nhiệt độ danh định này. Theo phương án được thể hiện này, thì bộ điều khiển 114 có thể được coi là một phần của hệ thống kiểm soát nhiệt độ này, miễn là nó được ghép nối theo cách giao tiếp được với bộ cảm biến nhiệt độ 120 và vòi dẫn chất lỏng 122. Tuy nhiên theo các phương án khác, thì bộ cảm biến nhiệt độ 120 và vòi dẫn chất lỏng 122 có thể được ghép nối với bộ điều khiển khác (không được thể hiện trên hình vẽ, nhưng có kết cấu và cách hoạt động giống hoặc tương tự như của bộ điều khiển 114) mà được liên kết với hệ thống kiểm soát nhiệt độ này. Tuy hệ thống kiểm soát nhiệt độ nêu trên đã được mô tả là thành phần tùy ý của thiết bị 100, nhưng cần hiểu rằng hệ thống kiểm soát nhiệt độ đó có thể được kết hợp vào thiết bị khác (ví dụ, thiết bị xử lý laze, hoặc thiết bị khác) mà không phải là thiết bị 100.

B. Quản lý nhiệt đối với tế bào AO

Như đã nêu trên, các sóng âm thường được phóng vào tế bào AO bằng cách dẫn động phần tử biến đổi siêu âm, mà được ghép nối về mặt âm với một đầu của tế bào AO (còn được gọi là “đầu ghép nối”), tại một hoặc nhiều tần số RF. Thiết bị AO ví dụ (mà có thể là AOM, AOD, v.v.), mà có kết cấu như đã được mô tả trên đây, được thể hiện trên Fig.34 và Fig.35. Như được thể hiện trên Fig.34 và Fig.35, thiết bị AO 3400 được nêu làm ví dụ bao gồm tế bào AO 3402, phần tử biến đổi siêu âm 3404 được ghép nối về mặt âm với đầu ghép nối của tế bào AO 3402, và bộ hấp thụ 3406 được ghép nối về mặt âm với đầu hấp thụ của tế bào AO 3402, mà đối diện với đầu ghép nối. Trên Fig.34 và Fig.35, chùm năng lượng laze 3408 được thể hiện là đi vào tế bào AO 3402 qua mặt đầu vào của nó.

Các sóng âm mà lan truyền qua tế bào AO 3402 sẽ sinh nhiệt, mà được làm thoát ra theo cách có lợi để ngăn không cho tế bào AO 3402 bị phân huỷ (ví dụ., về mặt quang học, về mặt vật lý, v.v.). Phương pháp thông thường để làm nguội tế bào AO 3402 là gắn các tấm làm mát vào tế bào AO 3402 tại các vị trí mà sẽ không gây nhiều cho sự lan truyền của các sóng quang từ mặt đầu vào đến mặt đầu ra của tế bào AO. Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.34 và Fig.35, tấm làm mát thứ nhất 3408 có thể được ghép nhiệt với mặt thoát nhiệt thứ nhất của tế bào AO 3402, và tấm làm mát thứ hai 3410 có thể được ghép nhiệt với mặt thoát nhiệt thứ hai của tế bào AO 3402 mà đối diện với mặt thoát nhiệt thứ nhất. Nói chung, mặt thoát nhiệt thứ nhất và mặt thoát nhiệt thứ hai này có thể được đặc trưng là các mặt được đặt đối diện nhau của tế bào AO 3402, mà không bị che bởi phần tử biến đổi siêu âm 3304 hoặc bộ hấp thụ 3406. Ngoài ra, chùm năng lượng laze thường không lan truyền qua mặt thoát nhiệt thứ nhất và mặt thoát nhiệt thứ hai này.

Nói chung, tế bào AO 3402 có thể có kích thước dài (khi được đo từ mặt đầu vào đến mặt đầu ra) nằm trong khoảng từ 15 mm (hoặc khoảng đó) đến 35 mm (hoặc khoảng đó). Theo một phương án, độ dài của tế bào AO 3402 có thể nằm trong khoảng từ 18 mm đến 30 mm. Theo phương án khác, độ dài của tế bào AO 3402 là nằm trong khoảng từ 20 mm đến 30 mm. Theo phương án khác nữa, độ dài của tế bào AO 3402 là nằm trong khoảng từ 22 mm đến 28 mm. Tuy nhiên, cần hiểu rằng tế bào AO 3402 có thể có độ dài nhỏ hơn 15 mm, hoặc lớn hơn 30 mm.

Nói chung, tế bào AO 3402 có thể có kích thước dày (khi được đo từ mặt thoát nhiệt thứ nhất đến mặt thoát nhiệt thứ hai) nằm trong khoảng từ 15 mm (hoặc khoảng đó) đến 35 mm (hoặc khoảng đó). Theo một phương án, độ dày của tế bào AO 3402 có thể nằm trong khoảng từ 18 mm đến 30 mm. Theo phương án khác, độ dày của tế bào AO 3402 là nằm trong khoảng từ 20 mm đến 30 mm. Theo phương án khác nữa, độ dày của tế bào AO 3402 là nằm trong khoảng từ 22 mm đến 28 mm. Tuy nhiên, cần hiểu rằng tế bào AO 3402 có thể có độ dày nhỏ hơn 15 mm, hoặc lớn hơn 30 mm. Cũng cần hiểu rằng độ dày của tế bào AO 3402 có thể lớn hơn, bằng hoặc nhỏ hơn độ dài của tế bào AO 3402.

Nói chung, tế bào AO 3402 có thể có kích thước rộng (khi được đo từ đầu ghép nối đến đầu hấp thụ) nằm trong khoảng từ 15 mm (hoặc khoảng đó) đến 35 mm (hoặc

khoảng đó). Theo một phương án, độ rộng của tế bào AO 3402 có thể nằm trong khoảng từ 18 mm đến 30 mm. Theo phương án khác, độ rộng của tế bào AO 3402 là nằm trong khoảng từ 20 mm đến 30 mm. Theo phương án khác nữa, độ rộng của tế bào AO 3402 là nằm trong khoảng từ 22 mm đến 28 mm. Tuy nhiên, cần hiểu rằng tế bào AO 3402 có thể có độ rộng nhỏ hơn 15 mm, hoặc lớn hơn 30 mm. Cũng cần hiểu rằng độ rộng của tế bào AO 3402 là có thể lớn hơn, bằng hoặc nhỏ hơn bất kỳ trong số độ dài hoặc độ dày của tế bào AO 3402.

Tấm làm mát thứ nhất 3408 và tấm làm mát thứ hai 3410 nói chung là được làm mát bằng nước chảy qua một hoặc nhiều con kênh được tạo ra ở đó. Ví dụ, và như được thể hiện trên Fig.35, mỗi trong số tấm làm mát thứ nhất 3408 và tấm làm mát thứ hai 3410 đều bao gồm kênh làm mát được tạo ra ở đó (ví dụ, kênh hình chữ U, trong đó chỉ có đầu của các con kênh đó được thể hiện). Trên Fig.35, các đầu 3502a và 3502b lần lượt là đầu vào và đầu ra của kênh làm mát được tạo ra ở tấm làm mát thứ nhất 3408. Tương tự, các đầu 3504a và 3504b lần lượt là đầu vào và đầu ra của kênh làm mát được tạo ra ở tấm làm mát thứ hai 3410. Máy bơm (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được bố trí để tạo ra dòng chất làm mát (ví dụ, nước) qua mỗi kênh làm mát (ví dụ, để chất làm mát đi vào kênh làm mát qua đầu vào 3502a hoặc 3504a, và đi ra khỏi kênh làm mát qua lần lượt đầu ra 3502b hoặc 3504b, để loại bỏ nhiệt khỏi tế bào AO 3402).

Các tấm làm mát, chẳng hạn như đã được mô tả trên đây, là được tạo kết cấu để loại bỏ lượng nhiệt gần như bằng nhau khỏi tâm của tế bào AO 3402 như khi chúng loại bỏ nhiệt khỏi đầu ghép nối và đầu hấp thụ. Tuy nhiên, lượng nhiệt sinh ra tại đầu ghép nối của tế bào AO 3402 có thể là cao so với vùng tâm của tế bào AO 3402, và thậm chí có thể cao hơn nữa tại đầu hấp thụ của tế bào AO 3402. Các gradien nhiệt cũng có thể xuất hiện trên kích thước dài và kích thước dày của tế bào AO 3402, với mức độ ít hơn. Các gradien nhiệt đủ lớn trong tế bào AO 3402 có thể gây ra các hiệu ứng tạo thấu kính nhiệt, làm giảm hiệu suất nhiễu xạ, gây ra các sai số làm lệch, v.v., ngoài ý muốn.

Thông thường, các hiệu ứng có hại của các gradien nhiệt lớn ngoài ý muốn trong tế bào AO 3402 là được giảm thiểu hoặc được tránh bằng cách hạn chế chùm năng lượng laze, mà lan truyền qua tế bào AO 3402, vào trong một thể tích tương đối

nhỏ (ở đây còn được gọi là “thể tích làm việc”) của tế bào AO 3402 (ví dụ, từ 4 mm đến 5 mm, đo theo kích thước rộng). Tuy nhiên, mong muốn là tăng thể tích làm việc đó của tế bào AO 3402 lên, ít nhất là theo kích thước rộng. Do đó, theo một số phương án, thiết bị AO được tạo kết cấu để loại bỏ nhiệt không đồng đều, trong đó nhiệt được loại bỏ khỏi vùng tâm của tế bào AO 3402 là ít hơn so với các vùng chu vi của tế bào AO 3402 (tức là, các vùng của tế bào AO 3402 mà nằm tại hoặc gần đầu ghép nối, tại hoặc gần đầu hấp thụ, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng).

Theo một số phương án, việc loại bỏ nhiệt không đồng đều là được thực hiện bằng cách cung cấp tấm làm mát “không đồng đều” mà được tạo kết cấu để loại bỏ ít nhiệt khỏi vùng tâm của tế bào AO 3402 hơn so với khỏi một hoặc nhiều vùng chu vi của tế bào AO 3402, thay vì tấm làm mát chẳng hạn như tấm làm mát thứ nhất 3408 hoặc tấm làm mát thứ hai 3410.

Ví dụ, tấm làm mát không đồng đều có thể được tạo ra với một hoặc nhiều rãnh, hố, v.v., mà được tạo ra ở bề mặt thoát nhiệt của nó (ví dụ, bề mặt mà tạo thành giao diện nhiệt với mặt thoát nhiệt thứ nhất hoặc mặt thoát nhiệt thứ hai của tế bào AO 3402) tại vị trí tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402. Khi được bố trí tiếp xúc nhiệt với mặt thoát nhiệt của tế bào AO 3402, thì một hoặc nhiều rãnh, hố, v.v., đó sẽ giúp tạo thành các lỗ rỗng trong vùng tâm của tế bào AO 3402, mà có tác dụng cản trở sự truyền nhiệt (tức là, so với giao diện nhiệt giữa tế bào AO 3402 và tấm làm mát không đồng đều này). Xem, ví dụ, Fig.36.

Theo ví dụ khác, tấm làm mát không đồng đều có thể được tạo ra với một hoặc nhiều lỗ rỗng, kênh, v.v., mà được tạo ra ở bên trong của nó (ví dụ, được đặt cách khỏi bề mặt thoát nhiệt) tại vị trí tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402. Khi được bố trí tiếp xúc nhiệt với mặt thoát nhiệt của tế bào AO 3402, thì một hoặc nhiều lỗ rỗng, hố, v.v., đó sẽ có tác dụng cản trở sự truyền nhiệt từ vùng tâm của tế bào AO 3402. Xem, ví dụ, Fig.36.

Theo ví dụ khác, tấm làm mát không đồng đều có thể được tạo ra với một hoặc nhiều lỗ rỗng, kênh, v.v., mà được tạo ra ở bên trong của nó (ví dụ, được đặt cách khỏi bề mặt thoát nhiệt), cũng như các rãnh được tạo ra trên bề mặt của nó, tại vị trí tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402, để tạo ra kết cấu được gọi là kết cấu “nghe

nhệt” mà được giảm dung tích dẫn nhiệt truyền từ tế bào AO 3402. Một ví dụ về kết cấu ghen nhiệt đó, mà bao gồm các ống dẫn làm mát, được thể hiện trên Fig.37.

Theo ví dụ khác nữa, tấm làm mát không đồng đều có thể được làm từ nhiều vật liệu có các đặc tính truyền nhiệt khác nhau. Ví dụ, tấm làm mát không đồng đều này có thể được làm từ vật liệu thứ nhất có độ dẫn nhiệt thứ nhất tại vị trí tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402, và vật liệu thứ hai có độ dẫn nhiệt thứ hai (cao hơn độ dẫn nhiệt thứ nhất) tại một hoặc nhiều vị trí tương ứng với vùng chu vi của tế bào AO 3402.

Theo ví dụ khác nữa, tấm làm mát không đồng đều có thể bao gồm một hoặc nhiều kênh làm mát, được tạo ra như đã được mô tả trên đây, nhưng nhiều kênh làm mát hơn có thể được đặt tại vùng của tấm làm mát này mà tương ứng với vùng chu vi của tế bào AO 3402 so với tại vùng của tấm làm mát này mà tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402. Theo một cách thức thực hiện, tấm làm mát không đồng đều này có thể không chứa kênh làm mát nào ở vùng của tấm làm mát này mà tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402.

Theo ví dụ khác nữa, tấm làm mát không đồng đều có thể bao gồm một hoặc nhiều kênh làm mát, mà được tạo ra như đã mô tả trên đây, nhưng tốc độ dòng chảy của chất làm mát qua một hoặc nhiều kênh làm mát tại vùng của tấm làm mát này mà tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402 là có thể thấp hơn tốc độ dòng chảy của chất làm mát qua một hoặc nhiều kênh làm mát tại vùng của tấm làm mát này mà tương ứng với vùng chu vi của tế bào AO 3402.

Theo ví dụ khác, tấm làm mát không đồng đều có thể được tạo kết cấu một cách đơn giản để tiếp xúc nhiệt với mặt thoát nhiệt tại một hoặc nhiều vị trí tương ứng với vùng chu vi của tế bào AO 3402, nhưng không phải tại vị trí tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402.

Theo phương án khác, việc loại bỏ nhiệt không đồng đều có thể được thực hiện bằng cách bố trí tấm làm mát tiếp xúc nhiệt với mặt thoát nhiệt của tế bào AO 3402 chỉ tại vùng tương ứng với vùng chu vi của tế bào AO 3402, hoặc bằng cách bố trí phần tử gia nhiệt tiếp xúc nhiệt với mặt thoát nhiệt tại vị trí tương ứng với vùng tâm của tế bào AO 3402, hoặc tổ hợp bất kỳ của những cách này. Theo phương án này, phần tử gia nhiệt này có tác dụng gia nhiệt cho vùng tâm của tế bào AO 3402 để giảm

(những) sự chênh lệch nhiệt độ trong tế bào AO 3402 giữa vùng tâm và một hoặc nhiều trong số các vùng chu vi của nó.

XIII. Kết luận

Phần nêu trên đã thể hiện các phương án và các ví dụ của sáng chế, và không nhằm giới hạn sáng chế. Tuy một số phương án và ví dụ cụ thể đã được mô tả dựa vào các hình vẽ, nhưng những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực sẽ dễ dàng thấy rằng nhiều phương án cải biến đối với các phương án và các ví dụ đã được bộc lộ đó, cũng như các phương án khác, là có thể được tạo ra mà không nằm ngoài nguyên lý và các ưu điểm của sáng chế. Theo đó, tất cả những phương án cải biến đó đều nằm trong phạm vi của sáng chế, như được xác định ở các điểm yêu cầu bảo hộ. Ví dụ, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ thấy rằng đối tượng của câu, đoạn, ví dụ, hoặc phương án bất kỳ là có thể được kết hợp với đối tượng của một số hoặc tất cả trong số các câu, đoạn, ví dụ hoặc phương án còn lại, ngoại trừ các trường hợp mà những sự kết hợp đó loại trừ lẫn nhau. Do đó, phạm vi của sáng chế là được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị để xử lý vật gia công bao gồm kết cấu dẫn điện trong tiếp xúc nhiệt với kết cấu điện môi, thiết bị này bao gồm:

nguồn laze hoạt động được để tạo ra chùm năng lượng laze;

bộ định vị thứ nhất được sắp xếp trong đường đi của chùm mà theo đó chùm năng lượng laze có thể lan truyền đến vật gia công và chiếu vào vật gia công ở điểm xử lý, trong đó bộ định vị thứ nhất là hoạt động được để gây ra sự di chuyển cho đường đi của chùm so với vật gia công;

bộ điều khiển được ghép nối theo cách giao tiếp được với bộ định vị thứ nhất và được tạo kết cấu để tạo ra một hoặc nhiều tín hiệu điều khiển mà bộ định vị thứ nhất là đáp ứng lại đó để làm cho bộ định vị thứ nhất để quét điểm xử lý so với vật gia công theo kỹ thuật quét để phân phối ít nhất một xung laze từ chùm năng lượng laze đến mỗi trong số các vị trí điểm trên vật gia công,

trong đó các đặc tính của chùm năng lượng laze và kỹ thuật quét là sao cho các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm:

a) làm bay hơi vùng thứ nhất của kết cấu điện môi, nhờ đó tạo ra vùng áp suất cao giữa vùng thứ nhất của kết cấu điện môi và vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện, và

b) gia nhiệt vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện sao cho ít nhất một phần của vùng thứ nhất được gia nhiệt của kết cấu dẫn điện là có thể bật ra khỏi vật gia công bởi vùng áp suất cao.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó chùm năng lượng laze có bước sóng nhỏ hơn 1 μm .

3. Thiết bị theo điểm 2, trong đó chùm năng lượng laze có bước sóng nằm trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ.

4. Thiết bị theo điểm 3, trong đó các xung laze được phân phối đến vật gia công tại tốc độ lặp xung lớn hơn hoặc bằng 100 MHz.

5. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các xung laze được phân phối đến vật gia công có độ rộng xung lớn hơn hoặc bằng 1 ns.
6. Thiết bị theo điểm 1, trong đó chùm năng lượng laze có công suất trung bình lớn hơn hoặc bằng 100 W.
7. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze là có thể phân phối được đến vật gia công là lớn hơn so với tốc độ mà với đó các vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze.
8. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze là có thể phân phối được đến vật gia công là bằng với tốc độ mà với đó các vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze.
9. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, bộ định vị thứ nhất được vận hành để quét điểm xử lý sao cho vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze ở tốc độ nằm trong khoảng từ 50 kHz đến 10 MHz.
10. Thiết bị theo điểm 9, trong đó tốc độ là từ 2 MHz đến 10 MHz.
11. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, bước giữa một cặp vị trí điểm kề nhau được chiếu với ít nhất một xung laze là bằng với bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau khác được chiếu với ít nhất một xung laze.
12. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, bước giữa một cặp vị trí điểm kề nhau được chiếu với ít nhất một xung laze là khác nhau với bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau khác được chiếu với ít nhất một xung laze.
13. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, khoảng thời gian mà trong đó một vị trí điểm của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze là bằng với khoảng thời gian mà trong đó vị trí điểm khác của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze.
14. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, khoảng thời gian mà trong đó một vị trí điểm của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze là khác nhau với khoảng thời gian mà trong đó vị trí điểm khác của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze.

15. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các vị trí điểm được sắp xếp trong mẫu quét hình tròn.

16. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ định vị thứ nhất bao gồm hệ thống bộ làm lệch âm-quang (acousto-optic deflector, AOD).

17. Thiết bị theo điểm 16, còn bao gồm bộ định vị thứ hai được sắp xếp trong đường đi của chùm ở vị trí phía xuôi dòng về mặt quang học từ hệ thống AOD, trong đó bộ định vị thứ hai là hoạt động được để gây ra sự di chuyển cho đường đi của chùm so với vật gia công.

18. Thiết bị theo điểm 1, trong đó, theo kỹ thuật quét, tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze là có thể phân phối được đến vật gia công là nhỏ hơn so với tốc độ mà với đó các vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze.

19. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất sao cho các xung laze được phân phối đến vật gia công ở trình tự của các vị trí điểm gia nhiệt vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện thành ít nhất 50% của điểm nóng chảy của kết cấu dẫn điện.

20. Thiết bị theo điểm 19, trong đó bộ điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất sao cho các xung laze được phân phối đến vật gia công ở trình tự của các vị trí điểm làm nóng chảy vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện.

21. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất để tạo ra phần mở trong kết cấu dẫn điện có đường kính nằm trong khoảng từ 25 μm đến 200 μm .

22. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển sự hoạt động của bộ định vị thứ nhất để tạo ra phần mở trong kết cấu dẫn điện có đường kính nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2 lần kích thước điểm mà tại đó vật gia công được chiếu bởi xung laze được phân phối đến vị trí điểm của các vị trí điểm.

23. Phương pháp để xử lý vật gia công bao gồm kết cấu dẫn điện trong tiếp xúc nhiệt với kết cấu điện môi, phương pháp này bao gồm các bước:

quét chùm năng lượng laze theo kỹ thuật quét để phân phối ít nhất một xung laze từ chùm năng lượng laze đến mỗi trong số các vị trí điểm trên vật gia công,

trong đó các đặc tính của chùm năng lượng laze và kỹ thuật quét là sao cho các xung laze được phân phối đến các vị trí điểm:

a) làm bay hơi vùng thứ nhất của kết cấu điện môi, nhờ đó tạo ra vùng áp suất cao giữa vùng thứ nhất của kết cấu điện môi và vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện, và

b) gia nhiệt vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện sao cho ít nhất một phần của vùng thứ nhất được gia nhiệt của kết cấu dẫn điện là có thể bật ra khỏi vật gia công bởi vùng áp suất cao,

trong đó phương pháp này được thực hiện sử dụng thiết bị theo điểm 1.

24. Phương pháp theo điểm 23, trong đó chùm năng lượng laze có bước sóng nhỏ hơn 1 μm .

25. Phương pháp theo điểm 24, trong đó chùm năng lượng laze có bước sóng nằm trong dải xanh lục có thể nhìn thấy được của phổ điện từ.

26. Phương pháp theo điểm 25, trong đó các xung laze được phân phối đến vật gia công tại tốc độ lặp xung lớn hơn hoặc bằng 100 MHz.

27. Phương pháp theo điểm 23, trong đó các xung laze có độ rộng xung lớn hơn hoặc bằng 1 ns.

28. Phương pháp theo điểm 23, trong đó chùm năng lượng laze có công suất trung bình lớn hơn hoặc bằng 100 W.

29. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze là có thể phân phối được đến vật gia công là lớn hơn so với tốc độ mà với đó các vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze.

30. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze là có thể phân phối được đến vật gia công là bằng với tốc độ mà với đó các vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze.

31. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, điểm xử lý được quét sao cho vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze ở tốc độ nằm trong khoảng từ 50 kHz đến 10 MHz.

32. Phương pháp theo điểm 31, trong đó tốc độ là từ 2 MHz đến 10 MHz.

33. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, bước giữa một cặp vị trí điểm kề nhau được chiếu với ít nhất một xung laze là bằng với bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau khác được chiếu với ít nhất một xung laze.

34. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, bước giữa một cặp vị trí điểm kề nhau được chiếu với ít nhất một xung laze là khác nhau với bước giữa cặp vị trí điểm kề nhau khác được chiếu với ít nhất một xung laze.

35. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, khoảng thời gian mà trong đó một vị trí điểm của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze là bằng với khoảng thời gian mà trong đó vị trí điểm khác của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze.

36. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, khoảng thời gian mà trong đó một vị trí điểm của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze là khác nhau với khoảng thời gian mà trong đó vị trí điểm khác của các vị trí điểm được chiếu bởi năng lượng laze.

37. Phương pháp theo điểm 23, trong đó các vị trí điểm được sắp xếp trong mẫu quét hình tròn.

38. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, tốc độ lặp xung mà tại đó các xung laze là có thể phân phối được đến vật gia công là nhỏ hơn so với tốc độ mà với đó các vị trí điểm khác nhau của các vị trí điểm được chiếu với ít nhất một xung laze.

39. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, các xung laze được phân phối đến vật gia công ở trình tự của các vị trí điểm gia nhiệt vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện thành ít nhất 50% của điểm nóng chảy của kết cấu dẫn điện.

40. Phương pháp theo điểm 39, trong đó, theo kỹ thuật quét, các xung laze được phân phối đến vật gia công ở trình tự của các vị trí điểm làm nóng chảy vùng thứ nhất của kết cấu dẫn điện.

41. Phương pháp theo điểm 23, trong đó kết cấu dẫn điện có độ dày ít nhất 1 μm .

42. Phương pháp theo điểm 41, trong đó kết cấu dẫn điện có độ dày ít nhất 5 μm .

43. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, sự quét của chùm năng lượng laze tạo ra phần mở trong kết cấu dẫn điện có đường kính nằm trong khoảng từ 25 μm đến 200 μm .

44. Phương pháp theo điểm 23, trong đó, theo kỹ thuật quét, sự quét của chùm năng lượng laze tạo ra phần mở trong kết cấu dẫn điện có đường kính nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2 lần kích thước điểm mà tại đó vật gia công được chiếu bởi xung laze được phân phối đến vị trí điểm của các vị trí điểm.

1/15

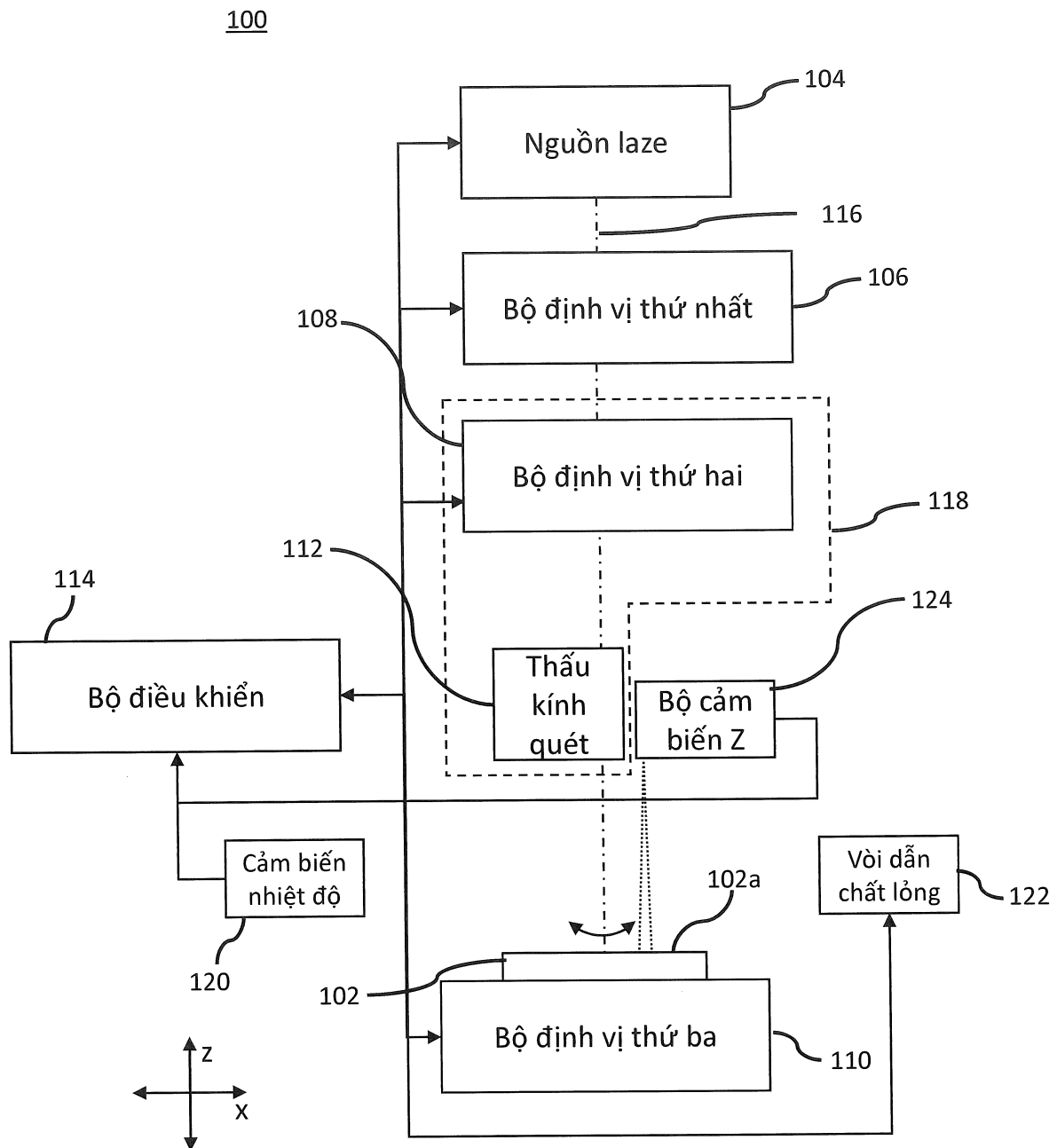


Fig.1

2/15

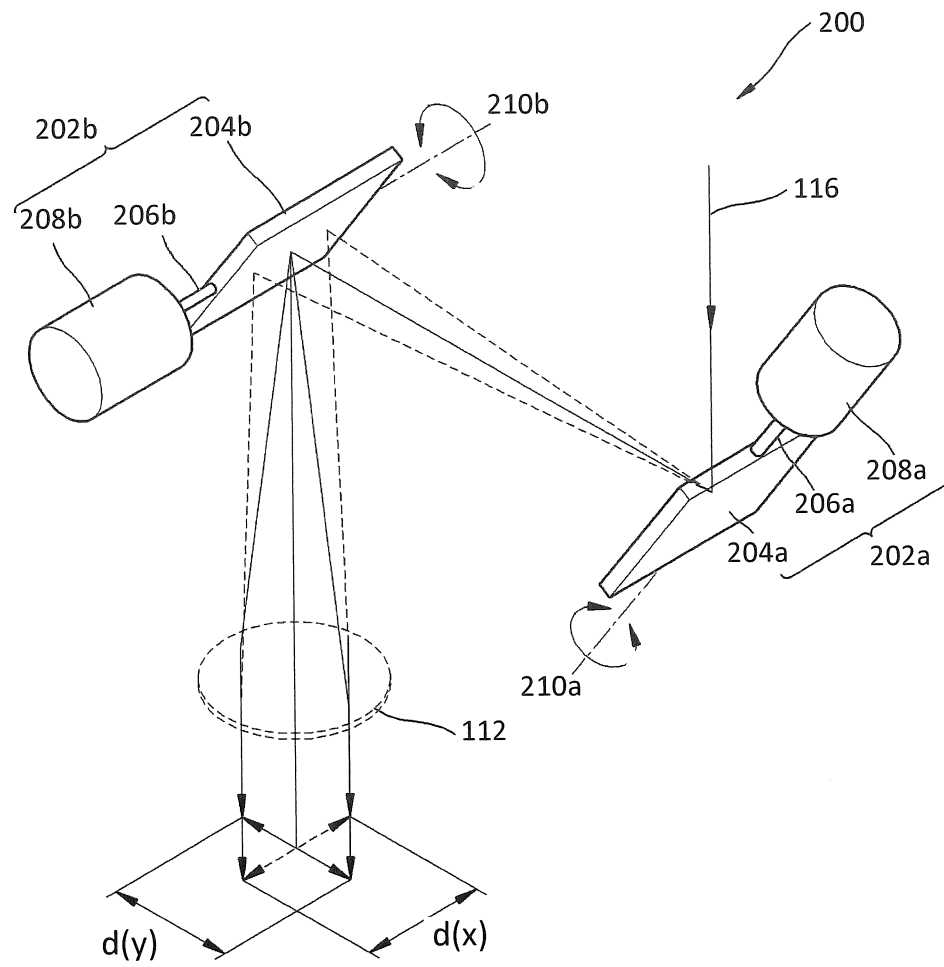


Fig.2

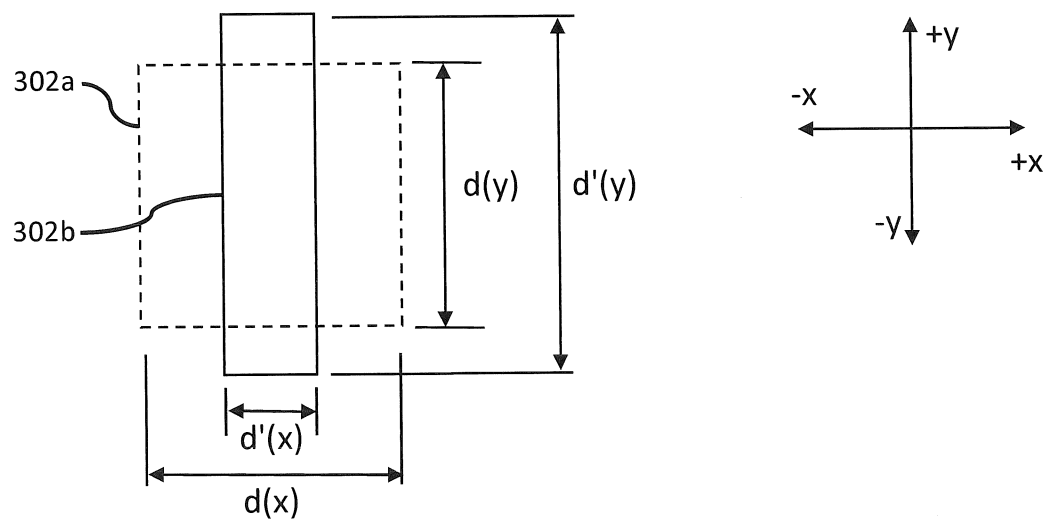


Fig.3

3/15

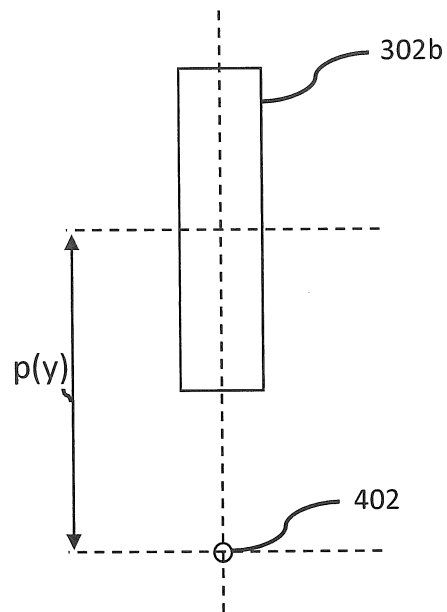


Fig.4

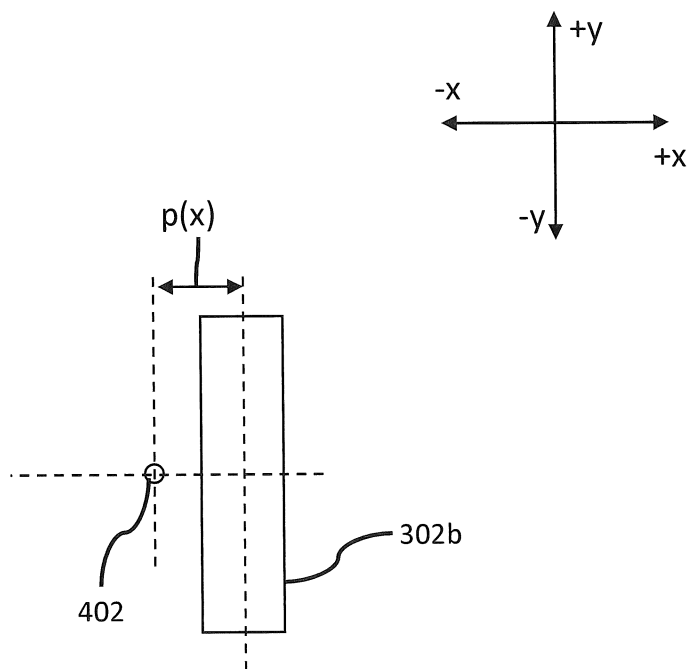


Fig.5

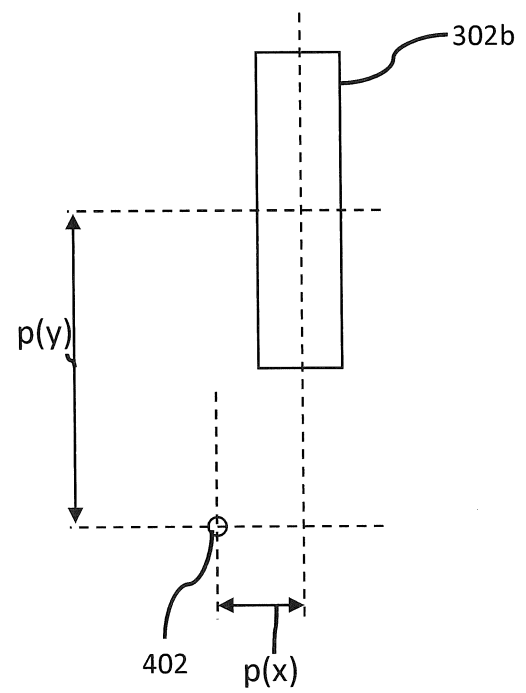


Fig.6

4/15

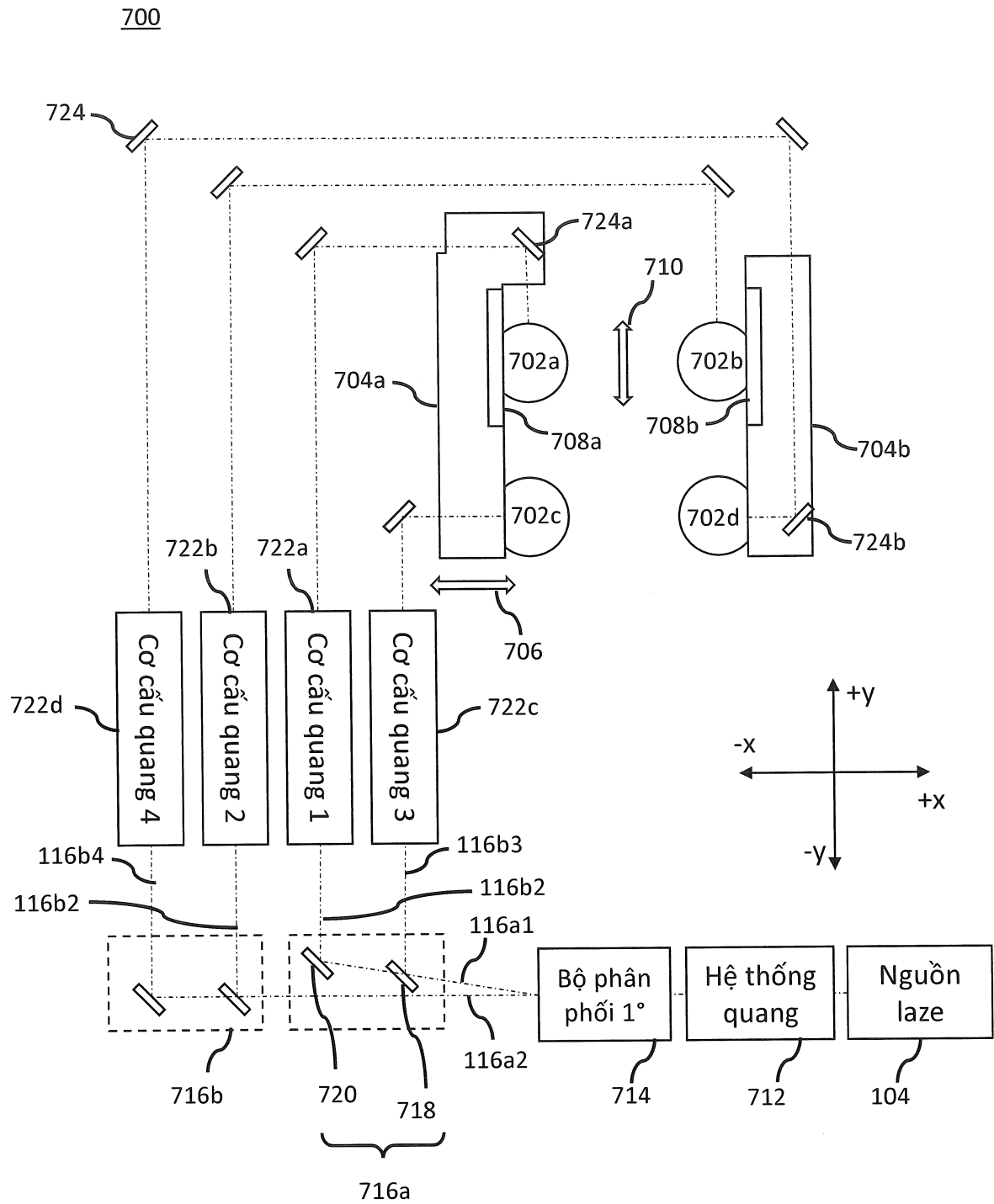


Fig.7

5/15

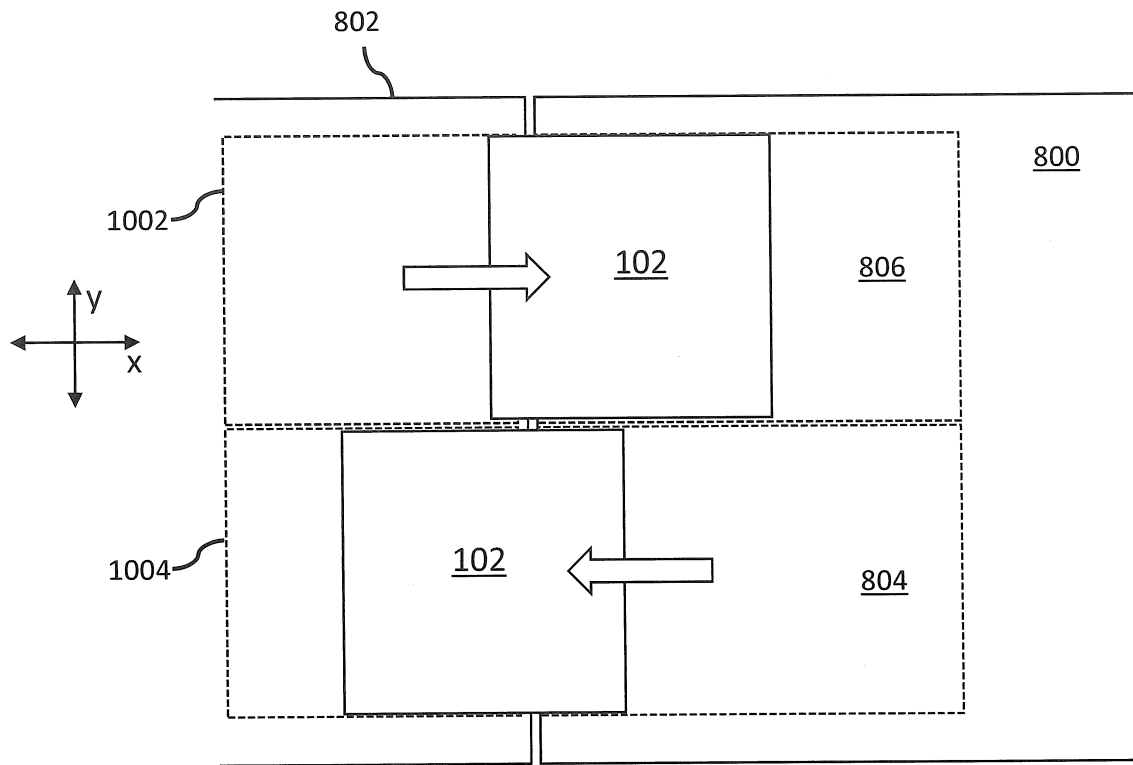


Fig. 8

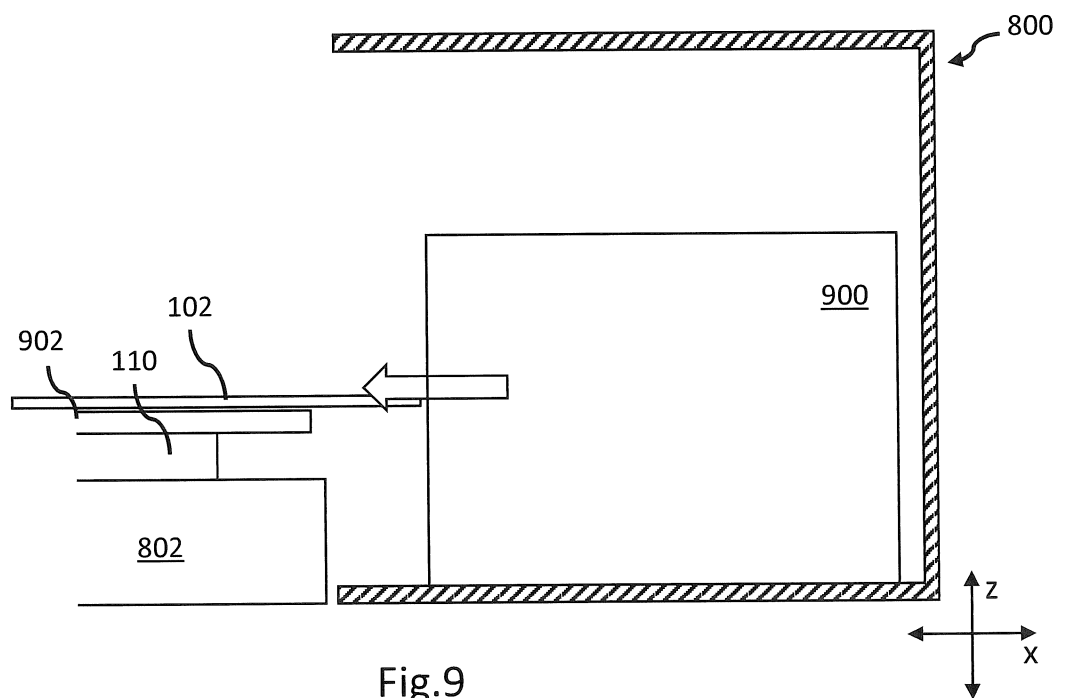


Fig. 9

6/15

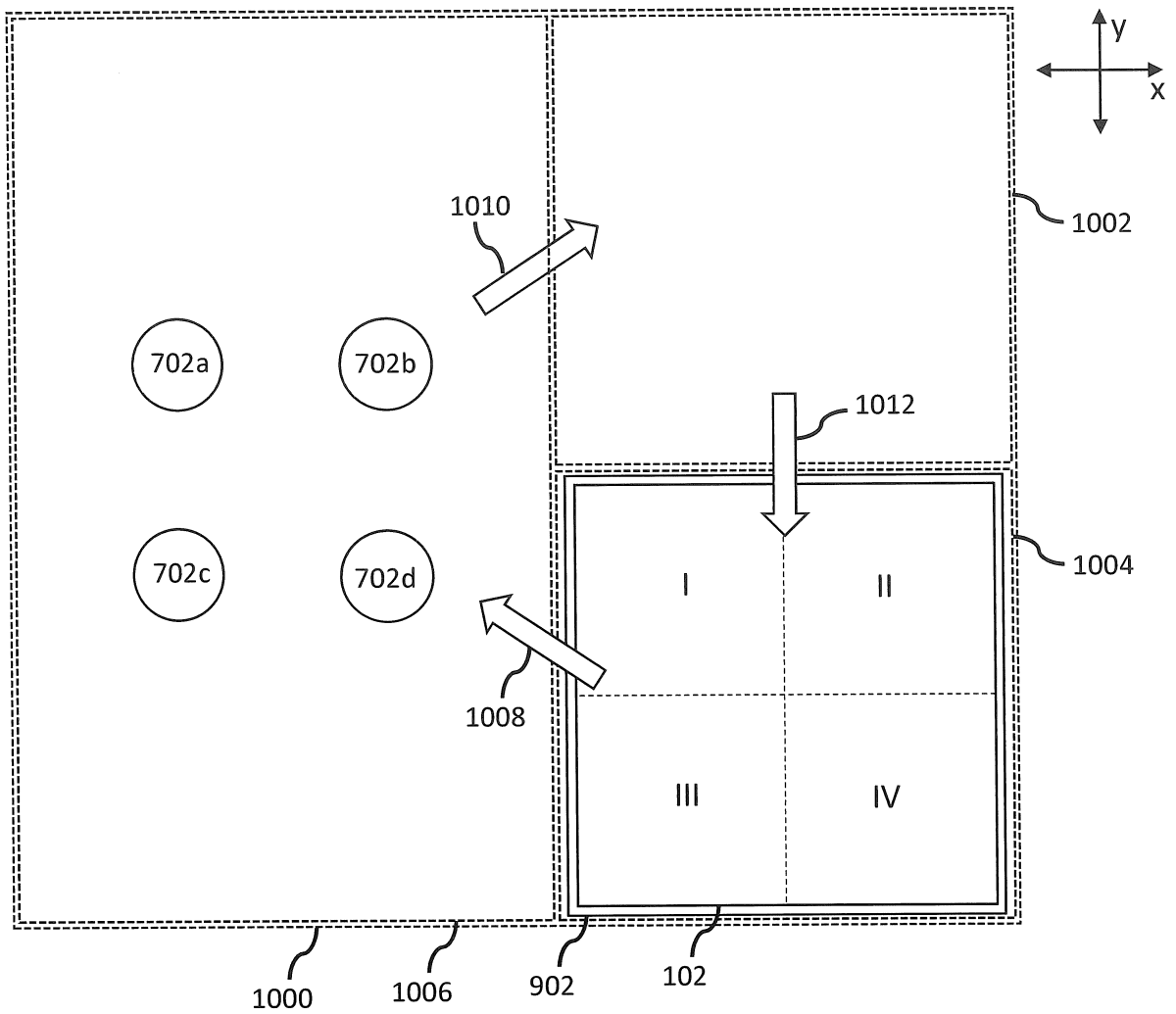


Fig.10

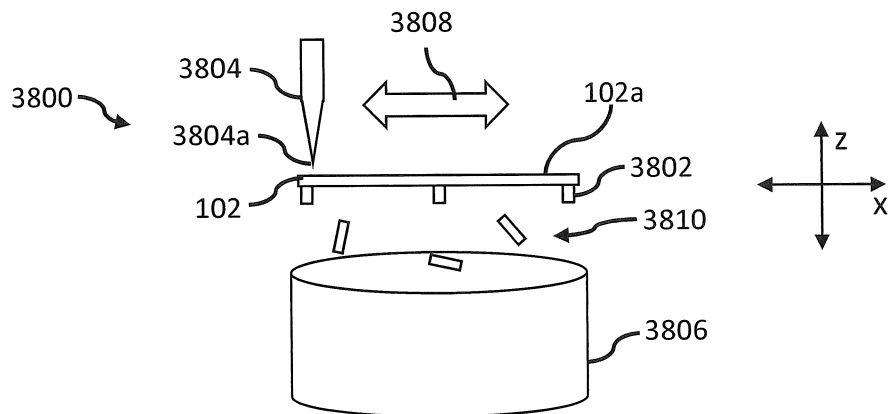


Fig.38

7/15

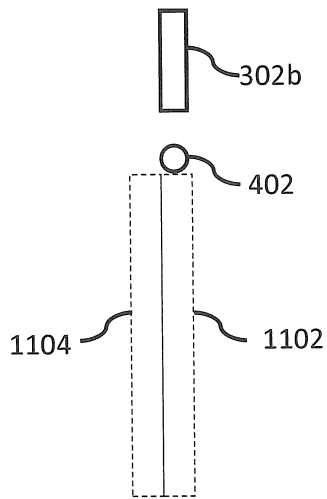


Fig. 11

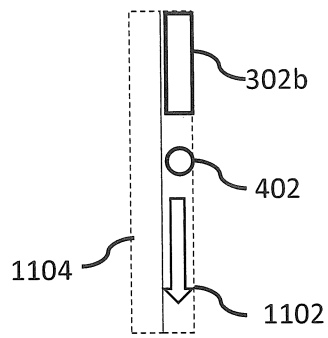


Fig. 12

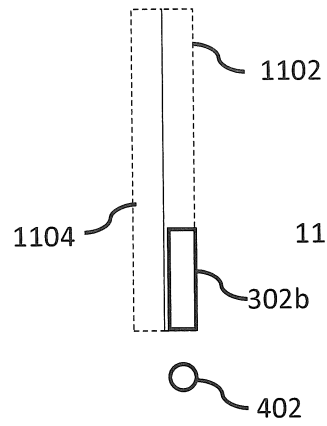


Fig. 13

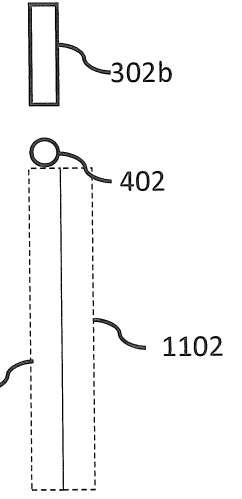


Fig. 14

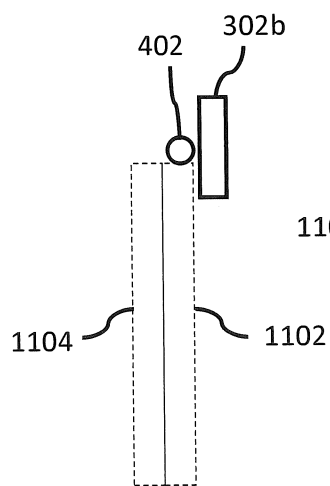
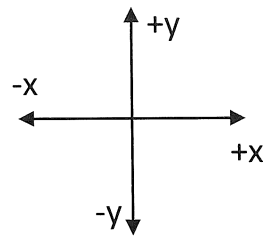


Fig. 19

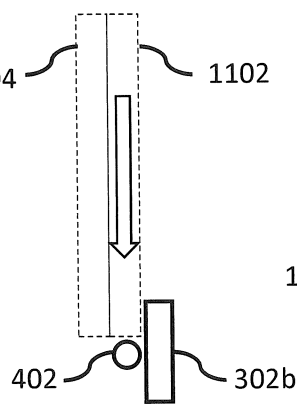


Fig. 20

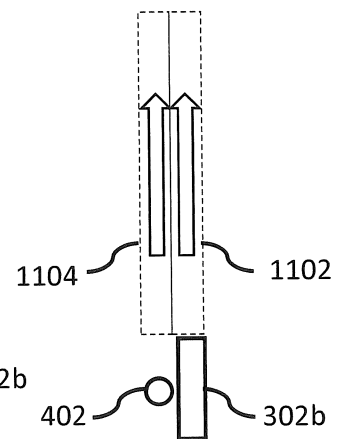
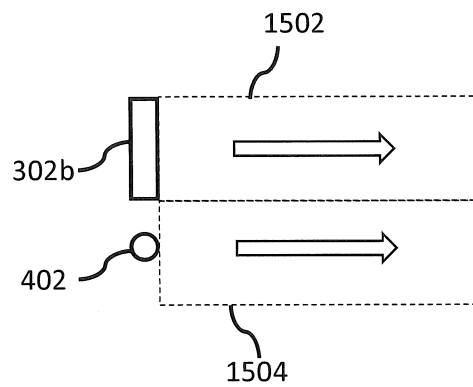
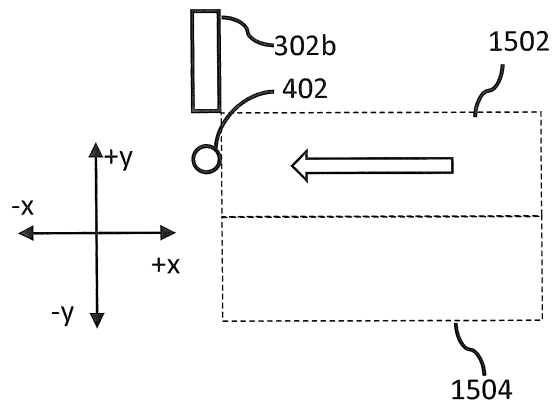
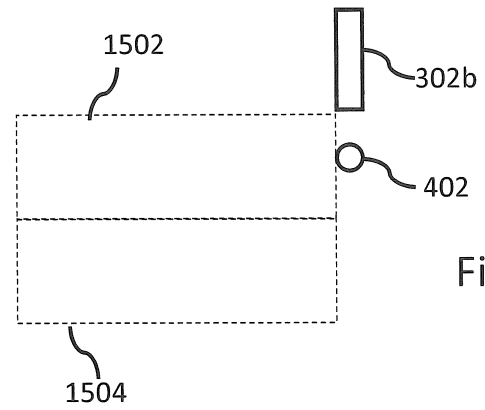
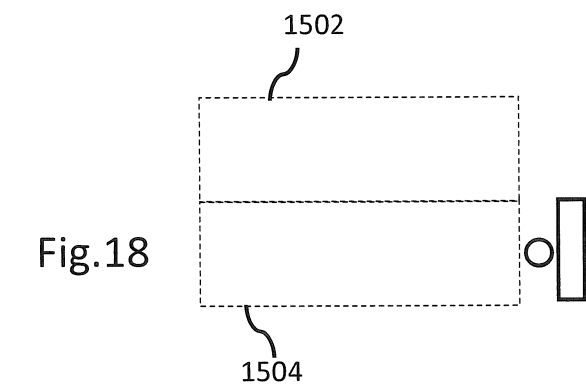
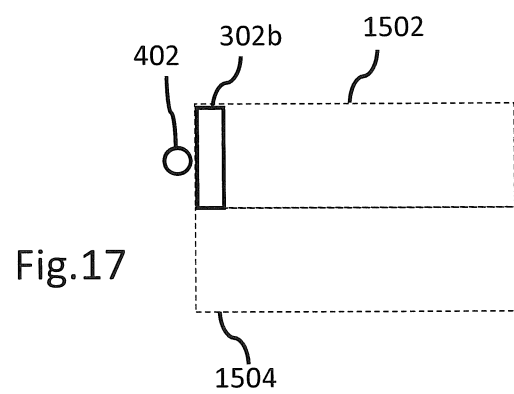
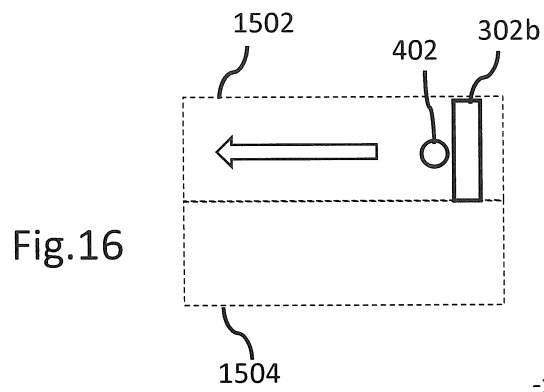
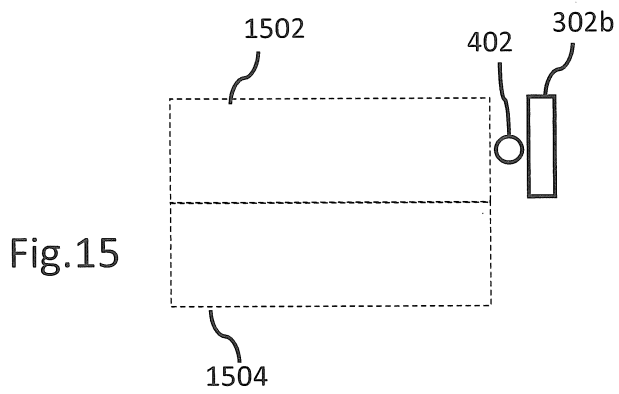


Fig. 21

8/15



9/15

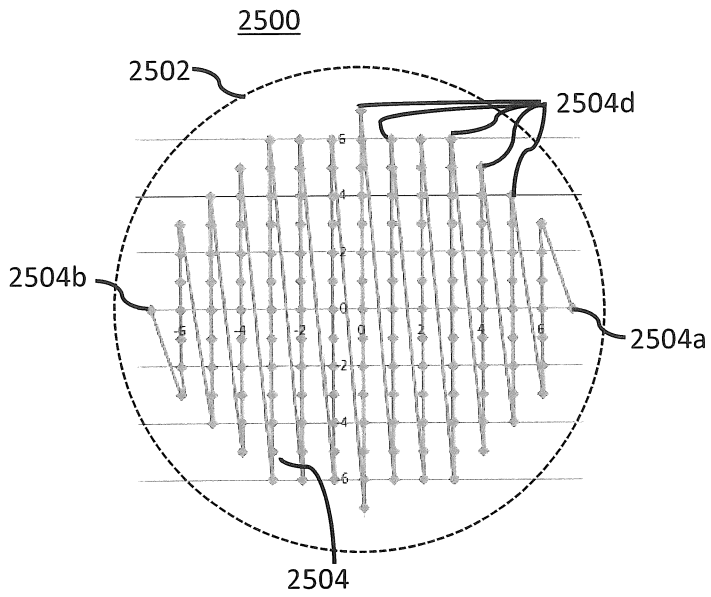


Fig.25

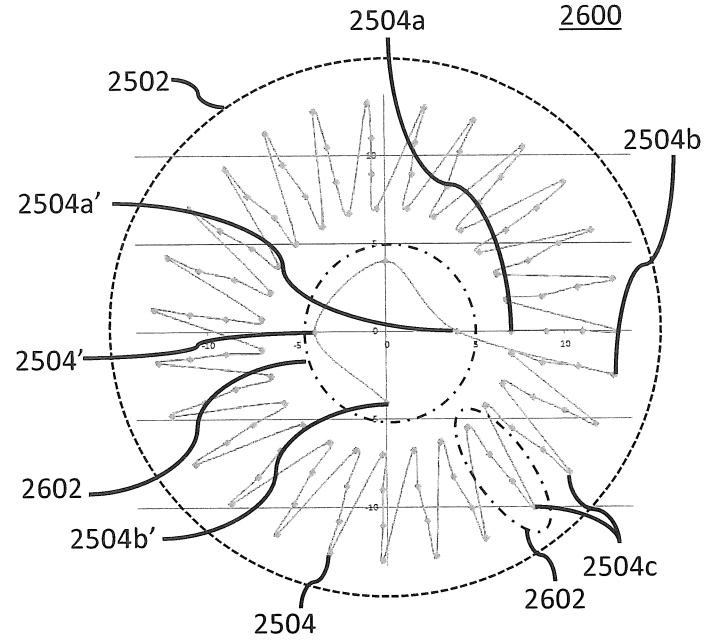


Fig.26

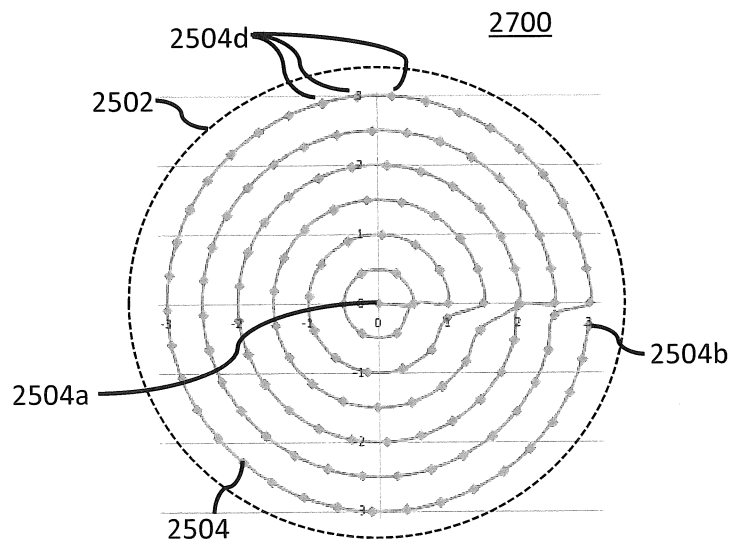
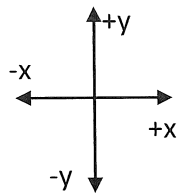
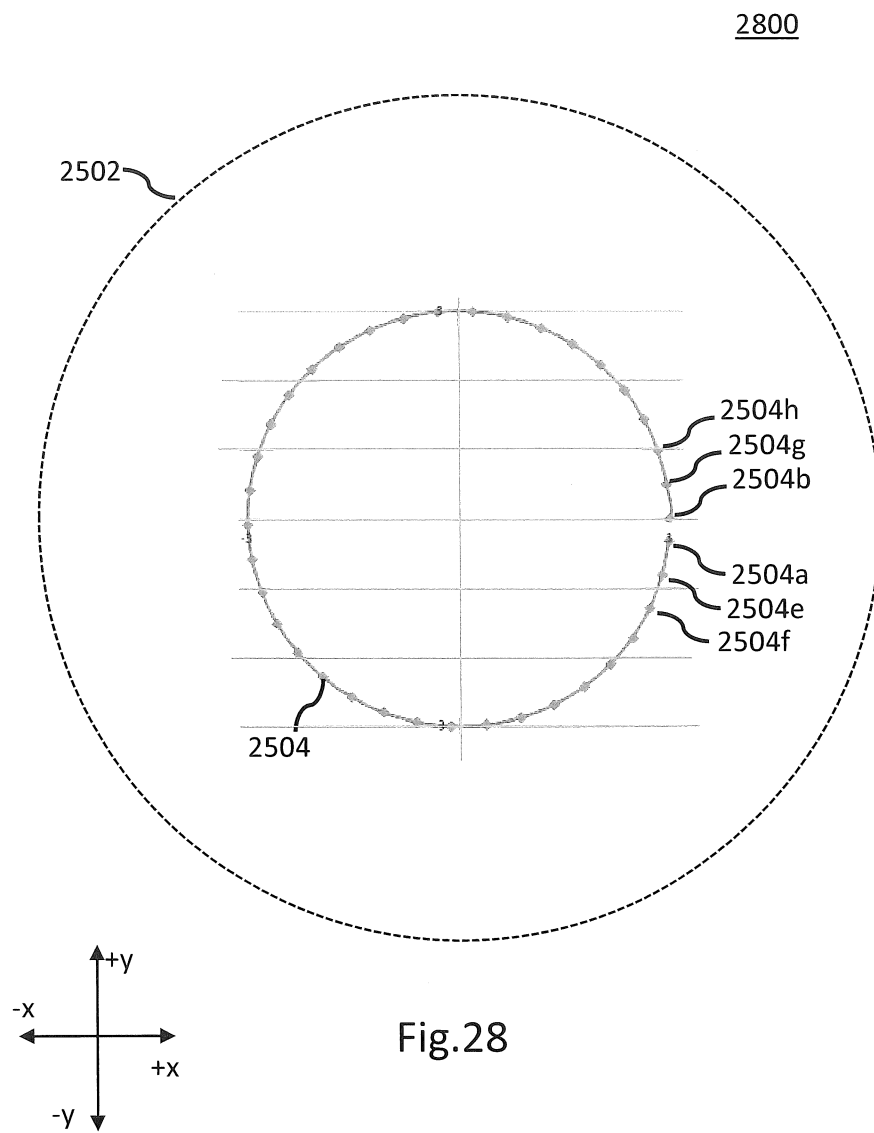


Fig.27

10/15



11/15

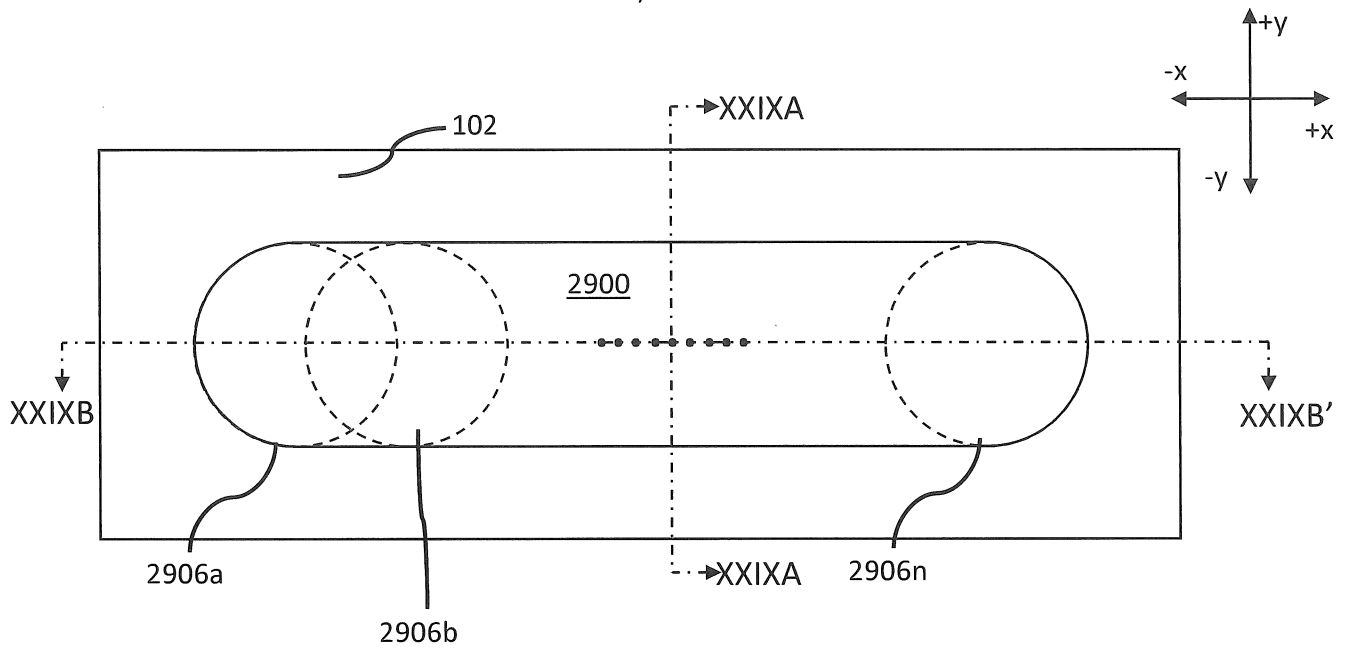


Fig. 29

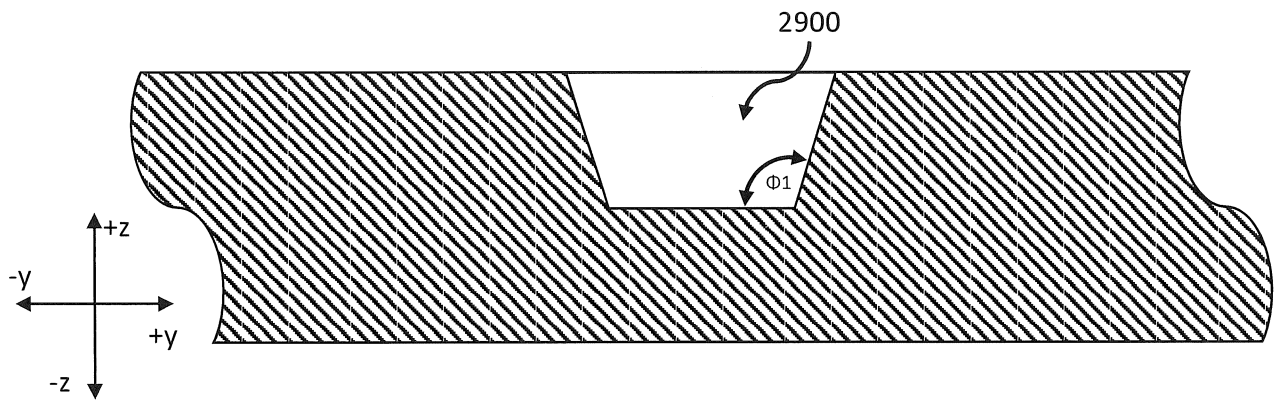


Fig. 29A

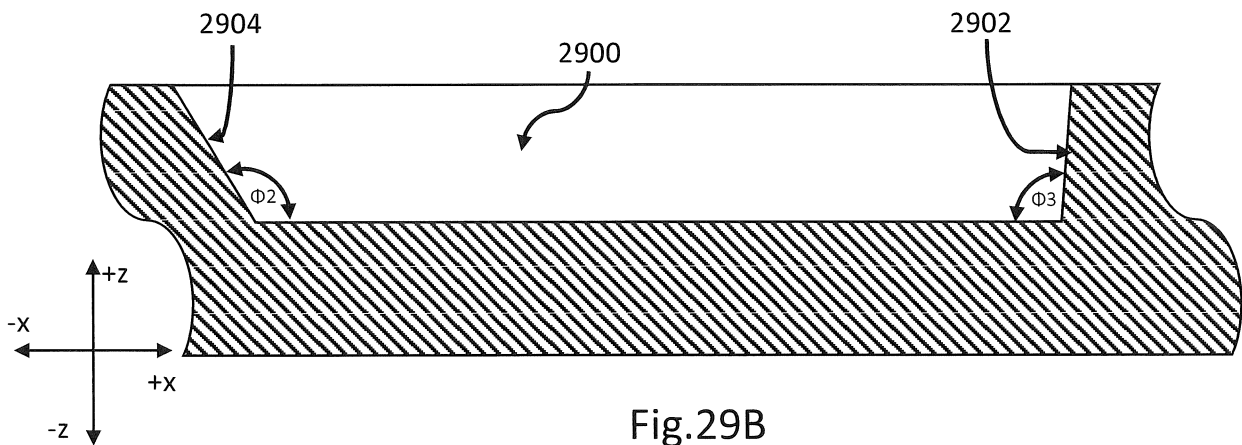


Fig. 29B

12/15

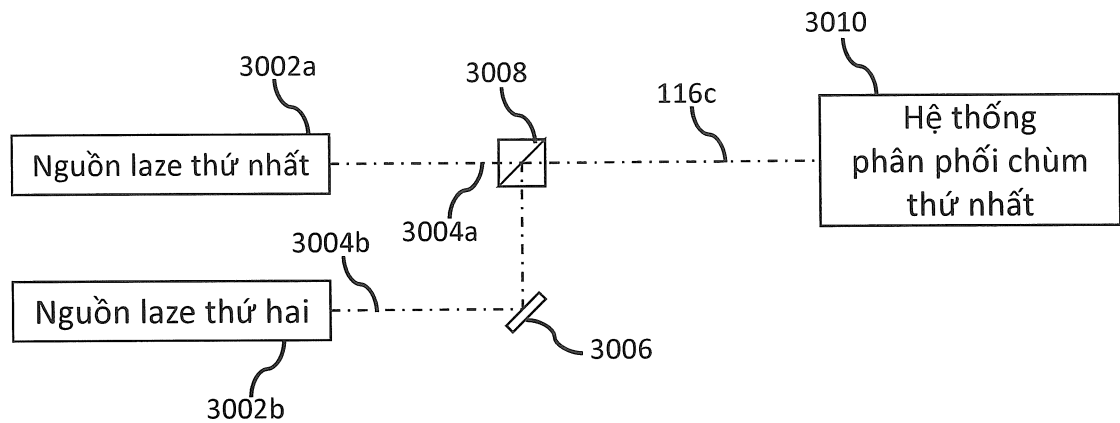
3000

Fig.30

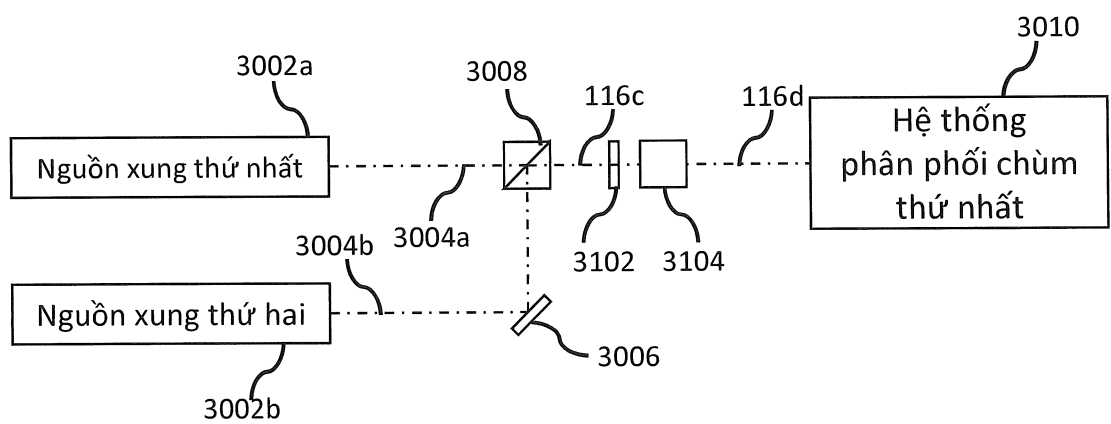
3100

Fig.31

13/15

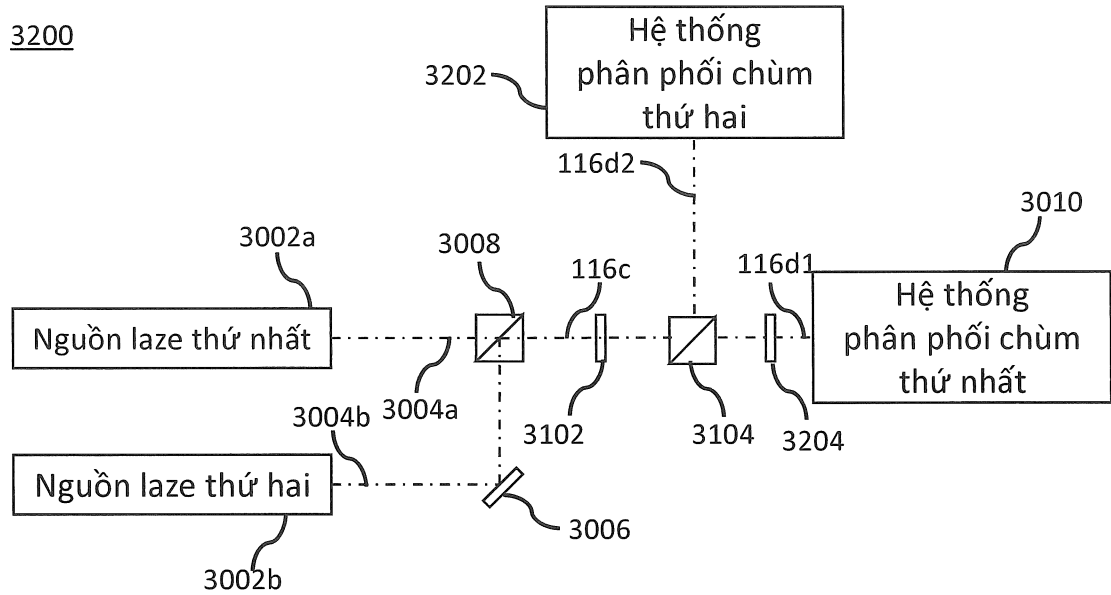


Fig.32

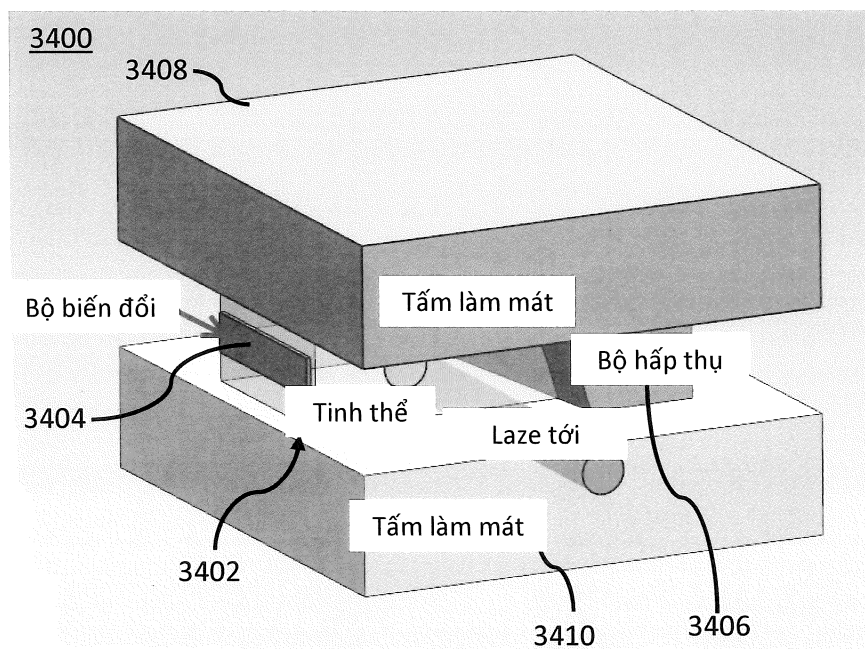


Fig.34

14/15

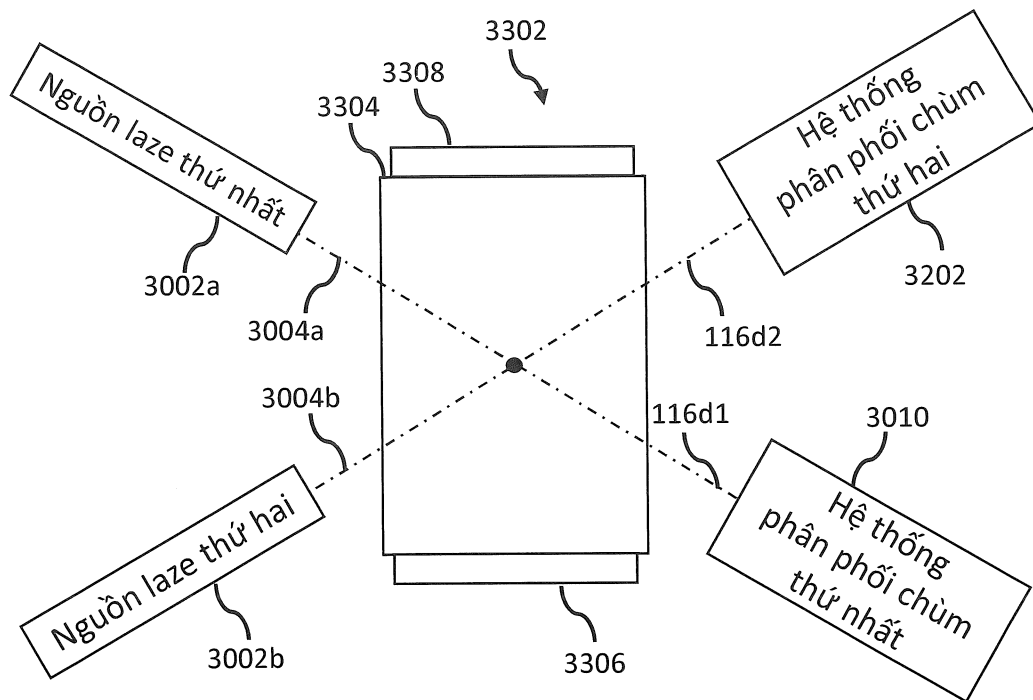
3300

Fig.33

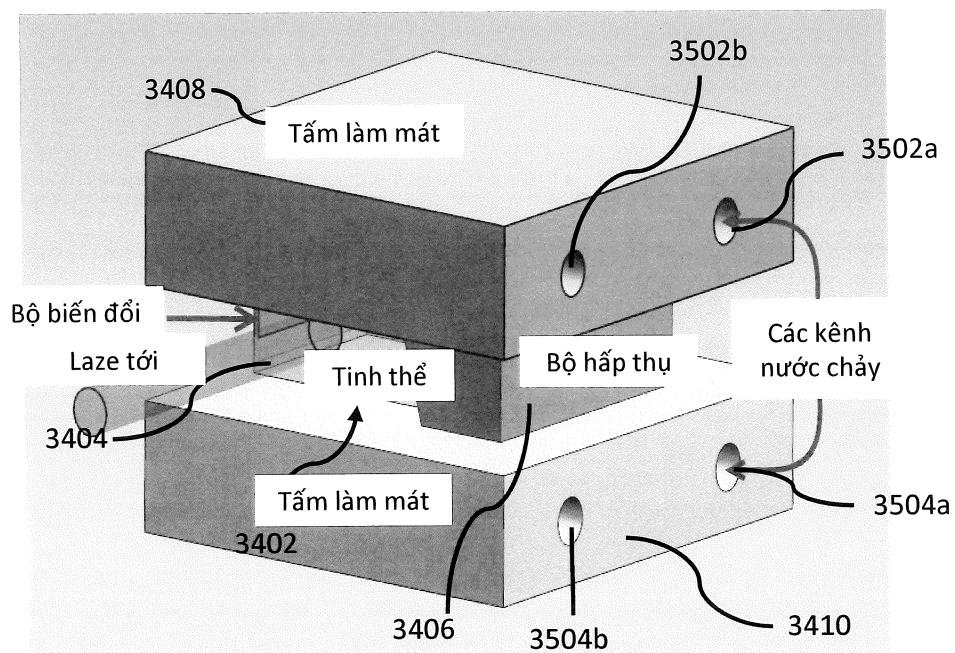


Fig.35

15/15

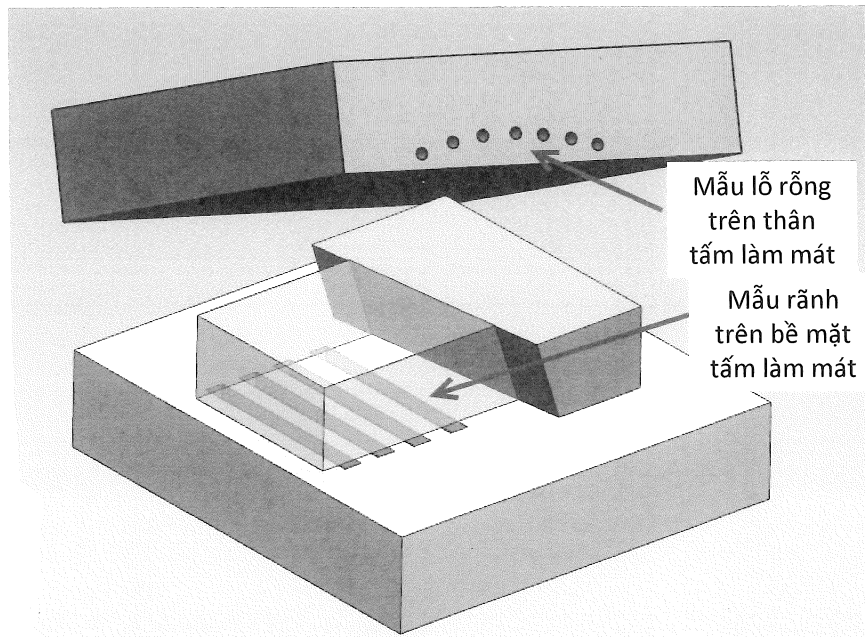


Fig.36

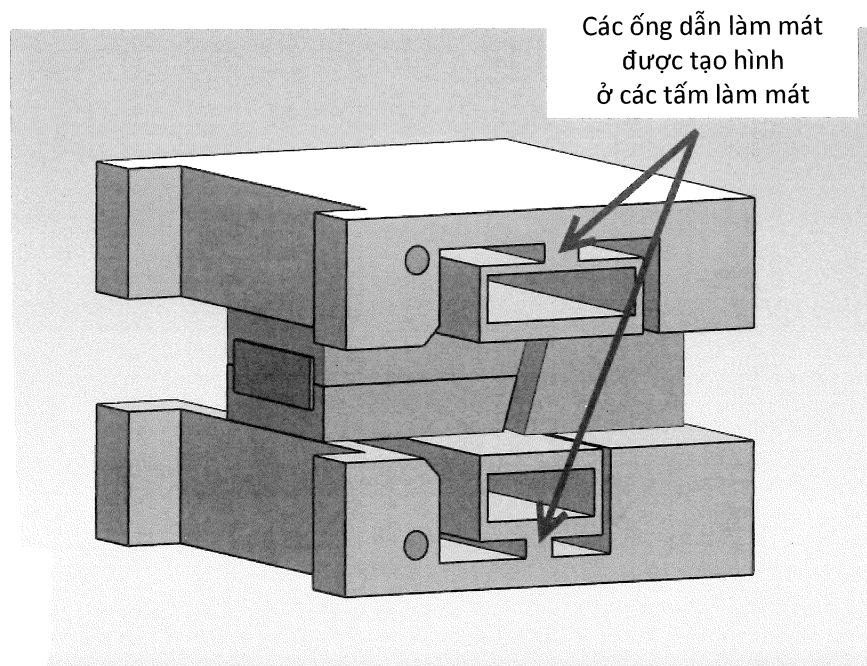


Fig.37