



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0038499

(51)⁸ G01N 21/88; G01N 1/22; G01N 11/02

(13) B

(21) 1-2018-00608

(22) 10/08/2016

(86) PCT/US2016/046327 10/08/2016

(87) WO2017/034807 02/03/2017

(30) 62/210,193 26/08/2015 US

(45) 25/01/2024 430

(43) 25/05/2018 362A

(73) ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC. (US)

13900 NW Science Park Drive, Portland, OR 97229, United States of America

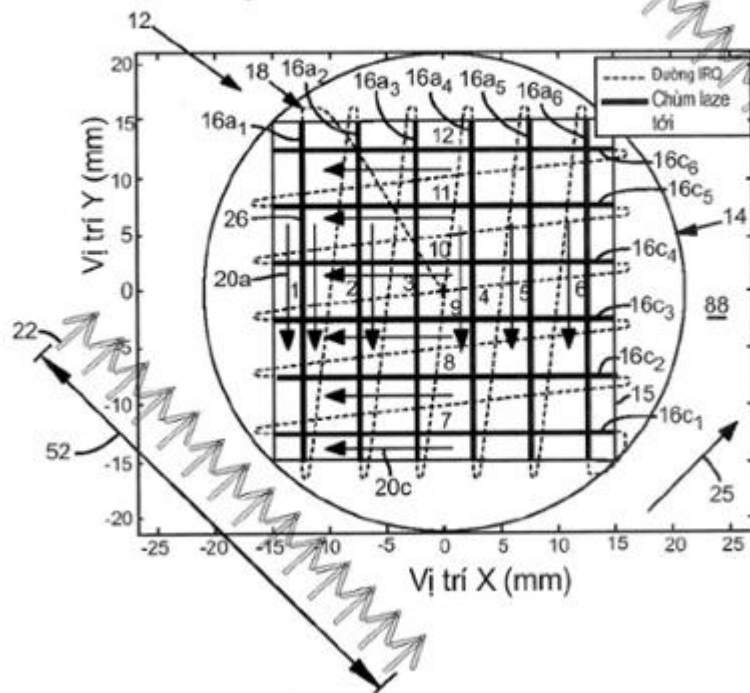
(72) FINN, Daragh (IE); FERGUSON, Robert A. (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) HỆ THỐNG XỬ LÝ LAZE ĐỂ XỬ LÝ VẬT GIA CÔNG VÀ PHƯƠNG PHÁP
TĂNG CƯỜNG ĐẶC TÍNH MÉP CỦA HIỆU ỨNG VẬT LIỆU DO QUÉT LAZE
NGANG QUA VẬT GIA CÔNG

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống xử lý laze để xử lý vật gia công và phương pháp tăng cường đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do quét laze ngang qua vật gia công nhờ sử dụng hệ thống xử lý laze. Việc áp dụng các chiều quét laze (20) mà chéo và ngược với chiều dòng chất khí trội (25) làm cân bằng các đặc tính chất lượng và độ gọn sóng của các đường vạch dầu (26) vuông góc mà được tạo ra nhờ những lần quét laze. Việc định vị và trình tự của các chặng quét để tạo ra kết cấu đặc trưng rộng hơn so với độ rộng của đường vạch dầu (26) là có thể được điều khiển để tăng cường chất lượng và các đặc tính gọn sóng của các mép của kết cấu đặc trưng đó.

Định tuyến đường đi một chiều của chùm
Trình tự đường XY để kẻ ô trên silic



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp quét laze, cụ thể là đề cập đến hệ thống và phương pháp điều khiển chiều quét laze so với chiều của dòng chất khí hoặc so với trình tự quét.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần lớn các sản phẩm bán dẫn và các sản phẩm liên quan, chẳng hạn tranzito, điôt, điôt phát sáng, thiết bị MEMS (Micro ElectroMechanical System - vi hệ thống cơ điện tử), kết cấu dẫn sóng phẳng, và mạch tích hợp, là được chế tạo dưới dạng một lượng lớn các phần tử mà được sản xuất đồng thời trên vật gia công lớn, chẳng hạn lát (wafer). Lát này thường bao gồm Si, GaAs, GaP, InP, saphia, hoặc vật liệu khác, hoặc các tổ hợp của chúng. Quá trình tạo ra các thiết bị thường được thực hiện phần lớn bằng các kỹ thuật chế tạo thông thường, chẳng hạn kỹ thuật in ảnh litô, oxi hoá, cấy ghép, lắng đọng, ăn mòn, tăng trưởng epitaxi, và/hoặc phủ quay. Khi hoàn tất các lát đã chứa đầy thiết bị này, thì các thiết bị riêng lẻ phải được tách riêng ra, quy trình này thường được gọi là “kẻ ô”. Các thiết bị riêng lẻ này được gọi là “ô kẻ” hoặc “các ô kẻ”. Diện tích trên lát mà ở giữa các bộ phận hoạt động của các ô kẻ kề nhau được gọi là “đường kẻ” hoặc “làn kẻ ô”. Các đường kẻ này được giới hạn ở độ rộng đường kẻ nhỏ nhất do vật liệu lát mà bị loại bỏ hoặc bị phá huỷ trong quy trình kẻ ô. Diện tích lát mà bị loại bỏ hoàn toàn bởi quy trình kẻ ô có thể được gọi là “diện tích bị cắt” hoặc “khía”, còn phần còn lại của đường kẻ phải chứa vùng phá hỏng bất kỳ xung quanh diện tích bị cắt này và sự mất đồng chỉnh hoặc sự lệch bất kỳ khỏi độ thẳng của nhát cắt.

Thông thường, thao tác kẻ ô được thực hiện bằng lưỡi cưa lát hoặc bằng kỹ thuật “vạch dấu và cắt đứt”, trong đó lát được khía, thường là bằng mũi kim cương, rồi sau đó được chia ra theo đường vạch dấu này. Do các vấn đề với việc vạch dấu và cắt đứt, chẳng hạn năng suất thấp, nên các lưỡi cưa kẻ ô đã trở thành công cụ chiếm ưu thế để kẻ ô trên các lát. Các lưỡi cắt lát thông thường thường có kích thước hẹp vào khoảng 50 μm đến 200 μm theo trục cắt của chúng và tạo ra những nhát cắt rộng hơn so với các

lưỡi đó. Các lưỡi cắt lát đó hiện nay cần phải rộng như thế để, ví dụ, chịu được ứng suất của những nhát cắt thẳng để thắng được độ bền và xuyên qua chiều dày của các lát thông thường. Những nhát cắt rộng mà được thực hiện bằng các lưỡi cắt cơ học đó sẽ làm giảm đáng kể số lượng hàng và cột ô kê mà có thể vừa trên mỗi lát.

Sự mong muốn giảm diện tích bị cắt đó đã dẫn đến việc thử dùng laze trong quy trình kê ô. Laze có tiềm năng tạo ra độ rộng đường kê nhỏ nhất có thể, do độ rộng khía có thể rất nhỏ và khả năng đồng chỉnh chính xác của laze với vật gia công. Do đó, kỹ thuật cưa bằng laze là giải pháp thay thế hấp dẫn so với các kỹ thuật kê ô thông thường. Tuy nhiên, việc phân tách bằng laze đối với vật liệu lát là chậm hơn nhiều so với khi thực hiện bằng lưỡi cắt, nên kích thước đường kê nói chung là vẫn đủ lớn để chứa độ rộng của các lưỡi kê ô, quy trình này có thể được sử dụng làm bước thứ hai sau khi các đường vạch dấu bằng laze đã được tạo ra. Một số trong số những quy trình lai giữa laze và lưỡi kê ô này đã được phát triển; tuy nhiên, độ rộng đường kê vẫn còn tương đối lớn. Patent Mỹ số RE 43,400 thể hiện các ưu điểm của việc dùng laze để phân tách các vật gia công đã chứa đầy thiết bị.

Những tiến bộ về các thông số laze và các kỹ thuật xử lý đã giảm được thời gian thông qua và chi phí phân cách vật liệu lát mà không cần sử dụng các lưỡi cưa cơ học, chẳng hạn các lưỡi kê ô. Tuy nhiên, các quy trình kê ô bằng laze có thể được cải thiện thêm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần bản chất kỹ thuật của sáng chế này nhằm giới thiệu các dấu hiệu ở dạng giản lược mà sẽ được mô tả chi tiết hơn về sau. Phần tóm lược này không nhằm xác định các dấu hiệu chủ chốt hay thiết yếu của đối tượng được yêu cầu bảo hộ, cũng không nhằm xác định phạm vi của đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp tăng cường đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do laze khi quét laze ngang qua vật gia công, phương pháp này bao gồm các bước: định hướng tương đối trường xử lý laze và vật gia công tại trạm xử lý của hệ thống xử lý laze; thiết lập, từ nguồn cung cấp chất khí, dòng chất khí vào theo chiều chất khí vào ngang qua ít nhất một phần của bề mặt chính của vật gia công, trong đó chất khí trong dòng chất khí vào này có vận tốc chất khí vào dương theo chiều chất khí vào; thiết lập, từ nguồn chân không, dòng chất khí ra theo chiều chất khí ra ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và

dòng chất khí ra thiết lập chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi ngang qua bề mặt chính của vật gia công, và trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra cùng nhau tạo ra các đặc tính dòng chất khí lũy tích ngang qua bề mặt chính của vật gia công; quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze so với vật gia công, trong đó chùm laze này tới vật gia công theo chiều quét laze thứ nhất và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ nhất mà được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi; và quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze tương ứng so với vật gia công, trong đó chùm laze này tới vật gia công theo chiều quét laze thứ hai và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ hai mà được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi, trong đó chiều quét laze thứ hai là cắt ngang chiều quét laze thứ nhất.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, sáng chế đề xuất phương pháp tăng cường đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do laze khi quét laze ngang qua vật gia công, phương pháp này bao gồm các bước: định hướng tương đối trường xử lý laze và vật gia công tại trạm xử lý của hệ thống xử lý laze; thiết lập, từ nguồn cung cấp chất khí, dòng chất khí vào theo chiều chất khí vào ngang qua ít nhất một phần của bề mặt chính của vật gia công, trong đó chất khí trong dòng chất khí vào này có vận tốc chất khí vào dương theo chiều chất khí vào; thiết lập, từ nguồn chân không, dòng chất khí ra theo chiều chất khí ra ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra thiết lập chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công, và trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra cùng nhau tạo ra các đặc tính dòng chất khí lũy tích ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công; quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze so với vật gia công, trong đó chùm laze này tới vật gia công theo chiều quét laze thứ nhất và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ nhất mà được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi để tạo ra đường vạch dấu thứ nhất có giá trị gợn sóng thứ nhất; và quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze tương ứng so với vật gia

công, trong đó chùm laze này tới vật gia công theo chiều quét laze thứ hai và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ hai mà được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi để tạo ra đường vạch dấu thứ hai có giá trị gợn sóng thứ hai, trong đó đường vạch dấu thứ hai này là vuông góc với đường vạch dấu thứ nhất, và trong đó giá trị gợn sóng thứ hai là nằm trong khoảng 0,3 micron của giá trị gợn sóng thứ nhất.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, sáng chế đề xuất phương pháp tăng cường đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do laze khi quét laze ngang qua vật gia công, phương pháp này bao gồm các bước: định hướng tương đối trường xử lý laze và vật gia công tại trạm xử lý của hệ thống xử lý laze; thiết lập, từ nguồn cung cấp chất khí, dòng chất khí vào theo chiều chất khí vào ngang qua ít nhất một phần của bề mặt chính của vật gia công, trong đó chất khí trong dòng chất khí vào này có vận tốc chất khí vào dương theo chiều chất khí vào; thiết lập, từ nguồn chân không, dòng chất khí ra theo chiều chất khí ra ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra thiết lập chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công, và trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra cùng nhau tạo ra dòng chất khí lũy tích có vận tốc dòng chất khí ngang qua ít nhất phần này của vật gia công; quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze so với vật gia công, trong đó chùm laze tới vật gia công theo chiều quét laze thứ nhất và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ nhất và tạo ra một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ mà có thể cản trở khả năng mà chùm laze tới vật gia công một cách chính xác so với vị trí được định hướng của trục xử lý của chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất và có thể gây ra sự biến động của đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do laze, trong đó chiều quét laze thứ nhất là cắt ngang chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi, trong đó chiều quét laze thứ nhất này bao gồm thành phần chiều quét laze thứ nhất mà song song và ngược lại với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi, và trong đó chiều quét laze thứ nhất so với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi sẽ hạn chế một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ nêu trên; và quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze tương ứng so với vật gia công, trong đó chùm laze này tới vật gia

công theo chiều quét laze thứ hai và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ hai và tạo ra một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ mà có thể cản trở khả năng mà chùm laze tới vật gia công một cách chính xác so với vị trí được định hướng của trục xử lý của chùm laze theo chiều quét laze thứ hai và có thể gây ra sự biến động của đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do laze, trong đó chiều quét laze thứ hai là cắt ngang chiều quét laze thứ nhất, trong đó chiều quét laze thứ hai là cắt ngang chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi, trong đó chiều quét laze thứ hai này bao gồm thành phần chiều quét laze thứ hai mà song song và ngược lại với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi, và trong đó chiều quét laze thứ hai này so với chiều dòng chất khí lũy tích hoặc chiều dòng chất khí trôi sẽ hạn chế một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ nêu trên.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, sáng chế đề xuất hệ thống xử lý laze để xử lý vật gia công có bề mặt chính và một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng được tạo ra trên bề mặt chính này, trong đó bề mặt chính này có diện tích bề mặt, và trong đó hệ thống xử lý laze này tạo ra trường xử lý có hướng trường xử lý có trục trường xử lý thứ nhất và trục trường xử lý thứ hai vuông góc với trục trường xử lý thứ nhất, hệ thống này bao gồm: trạm xử lý có hướng trạm xử lý có trục trạm xử lý thứ nhất và trục trạm xử lý thứ hai vuông góc với trục trạm xử lý thứ nhất; mâm cặp được làm thích ứng để đặt vật gia công ở trạm xử lý mà ở đó vật gia công có thể được định vị, sao cho ít nhất một trong số các kết cấu đặc trưng nêu trên được định hướng so với hướng trạm xử lý hoặc hướng trường xử lý; laze được làm thích ứng để tạo ra chùm laze; hệ thống định vị chùm bao gồm một hoặc nhiều tầng để đỡ mâm cặp hoặc vật gia công, hệ thống định vị chùm này còn bao gồm bộ định vị nhanh có trường quét nhỏ hơn vật gia công, trong đó trường xử lý laze là nằm trong trường quét này để trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc bằng trường quét, trong đó hệ thống định vị chùm này được làm thích ứng để định vị trường xử lý ở nhiều vị trí lân cận nhau trên vật gia công, và trong đó hệ thống định vị chùm này được làm thích ứng để quét chùm laze theo trục xử lý của chùm laze để tới vật gia công; cơ cấu tạo dòng chất khí bao gồm thiết bị tạo dòng chất khí vào được làm thích ứng để thiết lập dòng chất khí vào có vận tốc chất khí vào dương theo chiều chất khí vào ngang qua ít nhất là trường xử lý nằm bên trên một phần của bề mặt chính của vật gia công, trong đó cơ cấu tạo dòng chất khí này còn bao gồm cổng chất khí ra được làm thích ứng để thiết

lập dòng chất khí ra theo chiều chất khí ra ngang qua ít nhất là trường xử lý nằm bên trên phần nêu trên của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra này được làm thích ứng để thiết lập chiều dòng chất khí trội ngang qua ít nhất là trường xử lý nằm bên trên phần nêu trên của bề mặt chính của vật gia công, và trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra này được làm thích ứng để cùng nhau tạo ra các đặc tính dòng chất khí lũy tích ngang qua ít nhất là trường xử lý nằm bên trên phần nêu trên của bề mặt chính của vật gia công; và bộ điều khiển được làm thích ứng để điều khiển, trong trường xử lý và trong dục duy trì dòng chất khí vào và dòng chất khí ra, hoạt động quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze so với vật gia công, sao cho chiều quét laze thứ nhất được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí trội và sao cho chùm laze tới vật gia công theo chiều quét laze thứ nhất và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ nhất, trong đó bộ điều khiển này còn được làm thích ứng để điều khiển, trong trường xử lý và trong dục duy trì dòng chất khí vào và dòng chất khí ra, hoạt động quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze tương ứng so với vật gia công, sao cho chiều quét laze thứ hai được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí trội và sao cho chùm laze tới vật gia công theo chiều quét laze thứ hai và tác động đến vật liệu theo chiều quét laze thứ hai, và trong đó chiều quét laze thứ hai là cắt ngang chiều quét laze thứ nhất.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ hai là vuông góc với chiều quét thứ nhất.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ nhất tạo góc $135^\circ \pm 22,5^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ nhất tạo góc $135^\circ \pm 11,25^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ nhất tạo góc $135^\circ \pm 5,125^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ hai tạo góc $225^\circ \pm 22,5^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ hai tạo góc $225^\circ \pm 11,25^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều quét thứ hai tạo góc $225^\circ \pm 5,125^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều dòng chất khí trội là gần như không đổi trong những lần quét theo chiều quét laze thứ nhất và chiều quét laze thứ hai.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, hiệu ứng vật liệu do laze nêu trên bao gồm khía, dấu, lỗ via xuyên, lỗ via tịt, rãnh, hoặc sự bào mỏng.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, hiệu ứng vật liệu do laze nêu trên bao gồm sự bào mòn do laze.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ nêu trên bao gồm một hoặc nhiều trong số: mảnh vụn bay, khói, sự thay đổi chiết suất, sự thay đổi áp suất không khí, sự thay đổi nhiệt độ, và sự chảy rối của không khí.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chiều dòng chất khí trội là song song hoặc cộng tuyến với trục trạm xử lý thứ nhất, trong đó vật gia công bao gồm tập hợp các đường kẻ giữa các kết cấu đặc trưng, các thiết bị, hoặc các ô kẻ của vật gia công, và trong đó tập hợp đường kẻ này được đồng chỉnh chéo với trục trạm xử lý thứ nhất.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chất khí nêu trên bao gồm không khí.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chùm laze nêu trên bao gồm các xung laze có năng lượng xung lớn hơn hoặc bằng $2 \mu\text{J}$.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, chùm laze nêu trên bao gồm các xung laze có năng lượng xung lớn hơn hoặc bằng $6 \mu\text{J}$.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, bước quét chùm laze bao gồm bước phân phối các xung laze đến vật gia công với kích thước miếng nhỏ hơn hoặc bằng $5 \mu\text{m}$.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, bước quét chùm laser bao gồm bước phân phối các xung laser có kích thước điểm nhất định vào bề mặt chính của vật gia công, trong đó kích thước chồng chéo điểm giữa các xung laser tuần tự là nhỏ hơn hoặc bằng 50% kích thước điểm này.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, bước quét vẫn chùm laser cũ hoặc chùm laser khác theo chiều quét laser thứ hai là diễn ra sau khi quét chùm laser đó theo chiều quét thứ nhất trong một khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 0,5 giây.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, đặc tính mép nêu trên bao gồm một hoặc nhiều trong số độ thẳng, độ sâu, và mật độ quang.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, hiệu ứng vật liệu do laser nêu trên tạo thành các kết cấu đặc trưng quét kéo dài theo chiều quét laser thứ nhất và chiều quét laser thứ hai, trong đó các kết cấu đặc trưng quét kéo dài này có độ rộng vuông góc có độ lệch chuẩn nhỏ hơn 0,5 micron.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, hiệu ứng vật liệu do laser nêu trên tạo thành kết cấu đặc trưng quét thứ nhất theo chiều quét laser thứ nhất, trong đó kết cấu đặc trưng quét thứ nhất này có mép sơ cấp thứ nhất và mép thứ cấp thứ nhất đối diện nhau, trong đó hiệu ứng vật liệu do laser này tạo thành kết cấu đặc trưng quét thứ hai theo chiều quét laser thứ hai, trong đó kết cấu đặc trưng quét thứ hai này có mép sơ cấp thứ hai và mép thứ cấp thứ hai đối diện nhau, trong đó mỗi trong số các mép này có thể được biểu diễn dưới dạng đường thẳng khớp trung bình tương ứng, trong đó đỉnh và đáy của mỗi mép có thể được biểu diễn dưới dạng các giá trị tuyệt đối so với đường thẳng khớp trung bình tương ứng này, trong đó độ lệch chuẩn của các giá trị tuyệt đối của mỗi mép đến đường thẳng khớp trung bình tương ứng của nó là nhỏ hơn 0,3 micron.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, bước quét chùm laser theo chiều quét laser thứ nhất có sử dụng một hoặc nhiều trong số: gương được dẫn động bằng điện kế, gương lái nhanh, máy quét đa giác quay, và thiết bị âm-quang.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, bước quét chùm laser theo chiều quét laser thứ nhất có sử dụng một hoặc nhiều gương được dẫn động bằng điện kế.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội là liên tục.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì chùm laser được quét trong tập hợp quét gồm nhiều chặng để tạo ra kết cấu đặc trưng được kéo dài mà có độ dài kết cấu đặc trưng và độ rộng kết cấu đặc trưng, trong đó mỗi chặng quét laser để tạo ra kết cấu đặc trưng được kéo dài sẽ quét chùm laser theo chiều quét thứ nhất, và trong đó hiệu ứng vật liệu do laser của mỗi chặng của tập hợp quét này là chồng lên ít nhất một trong số chặng khác của tập hợp quét này.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì các chặng nêu trên bao gồm ít nhất là chặng đầu tiên và chặng cuối cùng, trong đó kết cấu đặc trưng quét kéo dài nêu trên có mép sơ cấp kéo dài và mép thứ cấp kéo dài đối diện nhau và đường trung bình nằm cách đều mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, trong đó chặng đầu tiên của tập hợp quét này được đặt gần đường trung bình này hơn là gần mỗi trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, và trong đó chặng cuối cùng được đặt tại một trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì các chặng nêu trên bao gồm ít nhất là chặng đầu tiên và chặng cuối cùng, trong đó kết cấu đặc trưng quét kéo dài nêu trên có mép sơ cấp kéo dài và mép thứ cấp kéo dài đối diện nhau và đường trung bình nằm cách đều mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, và trong đó chặng đầu tiên được đặt tại một trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, và trong đó chặng cuối cùng của tập hợp quét nêu trên được đặt gần đường trung bình này hơn là gần mỗi trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì đường vạch dấu là được tạo ra bởi mỗi chặng trong tập hợp quét, trong đó phần lớn trong số các chặng trong tập hợp quét này tạo ra các đường vạch dấu không chồng nhau đối với các đường vạch dấu được tạo ra tuần tự theo thời gian.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì các chặng nêu trên bao gồm ít nhất là chặng thứ nhất và chặng thứ hai, và trong đó chặng thứ nhất và chặng thứ hai này sử dụng các công thức thông số laze khác nhau.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì trục chùm có chuyển động trong lần quét laze thứ nhất theo chiều thứ nhất.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội là được tối đa hoá về động lực dòng chảy bao quanh trường quét, và vận tốc quét chùm laze theo chiều quét thứ nhất là được tối đa hoá so với công thức thông số để đạt được chất lượng mong muốn của hiệu ứng do laze.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội di chuyển một khoảng cách bên trên vật gia công mà lớn hơn một nửa kích thước trục chính của trường quét.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì trục xử lý của chùm laze có vị trí chùm so với vật gia công trong quá trình xử lý laze, và trong đó dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội di chuyển một khoảng cách bên trên vật gia công mà độc lập với vị trí chùm so với vật gia công.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì trục xử lý của chùm laze có vị trí trục chùm so với vật gia công trong quá trình xử lý laze, và trong đó dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội di chuyển một khoảng cách bên trên vật gia công mà độc lập với vị trí trục chùm so với vật gia công.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất khi chuyển động tương đối bao gồm bước quét chùm laze theo các đường quét song song theo chiều quét laze thứ nhất trước bước quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai khi chuyển động tương đối.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì trường quét có chu vi hình chữ nhật, và trong đó chiều quét thứ nhất là song song với trục chéo của trường quét này.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì trường quét này có kích thước trục chính của trục chính mà chia đôi trường quét này,

trong đó chiều chất khí vào là gần như vuông góc với trục chính của trường quét này, trong đó thể tích dòng chất khí mà đi theo chiều chất khí vào là có kích thước bề rộng của dòng vuông góc với chiều chất khí vào, và trong đó kích thước bề rộng của dòng là lớn hơn kích thước trục chính.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì kích thước trục chính là bằng đường kính của trường quét, hoặc trục chính này là bằng trục chéo của trường quét.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì việc chùm laze tới vật gia công sẽ tạo ra một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ mà có thể cản trở khả năng mà chùm laze tới vật gia công một cách chính xác so với vị trí được định hướng của trục xử lý của chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất, và có thể gây ra sự biến động về đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do laze, và trong đó chiều quét laze thứ nhất và chiều quét laze thứ hai so với chiều dòng chất khí trội sẽ hạn chế một hoặc nhiều đặc tính chất khí bất lợi cục bộ này.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì trục xử lý của chùm laze được làm chuyển động liên tục trong và giữa bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất khi chuyển động tương đối và bước quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì mỗi trong số bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất khi chuyển động tương đối và bước quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai là được thực hiện trên nhiều trường quét lân cận trên vật gia công trong khi vẫn duy trì chiều dòng chất khí trội của dòng chất khí vào và dòng chất khí ra.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì cơ cấu tạo dòng chất khí được làm thích ứng để được di chuyển cùng với sự di chuyển của trường quét để chiều dòng chất khí trội được duy trì trên các trường quét trên vật gia công.

Theo một số phương án bổ sung, phương án lũy tích, hoặc phương án thay thế, thì vật gia công bao gồm một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng có hướng của kết cấu đặc trưng, trong đó trạm xử lý có hướng trạm xử lý thứ nhất có trục trạm xử lý thứ nhất và trục trạm xử lý thứ hai vuông góc với trục trạm xử lý thứ nhất, trong đó trục xử lý của chùm

laze đi chuyển trong trường quét mà có hướng trường quét có trục trường quét thứ nhất và trục trường quét thứ hai vuông góc với trục trường quét thứ nhất, và trong đó hướng của kết cấu đặc trưng là được định hướng so với hướng trạm xử lý hoặc hướng trường quét

Một trong số các ưu điểm của các phương án này là việc các đường vạch dấu, mà được tạo ra dọc theo hai chiều quét vuông góc nhau mà chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí, là có các đặc tính gọn sóng tương tự nhau và có chất lượng tốt. Chất lượng xử lý tổng thể được cải thiện, tạo điều kiện thuận lợi cho các mép vạch dấu thẳng hơn, ít sự gọn sóng mép và ít nguệch ngoạc hơn, chất lượng vạch dấu của các đường vạch dấu vuông góc là đồng nhất hoặc đều nhau, các vách sườn hoặc góc côn sâu hơn, độ rộng khía đều hơn (có độ lệch chuẩn thấp hơn), độ chính xác vị trí được cải thiện, và ít nhiễu và các giá trị ngoại lai hơn. Việc độ rộng khía đều hơn, việc độ chính xác vị trí được cải thiện, và việc ít nhiễu và các giá trị ngoại lai hơn sẽ cho phép dự đoán được các sai rộng khía nhỏ hơn, điều này có thể cho phép mật độ mạch điện lớn hơn trên vật gia công.

Các khía cạnh và các ưu điểm bổ sung sẽ được làm rõ trong phần mô tả chi tiết các phương án ví dụ sau đây dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ giản lược của đường cắt thông thường trên vật gia công.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của hai đường vạch dấu kề nhau mà được tạo ra với chiều xử lý laze vuông góc với chiều dòng chất khí.

Fig.3A là hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các đường cong khớp được chồng mà là các đường cong được chồng và kẻ ra các đường bao mép của các mép được vạch dấu của đường vạch dấu, để thể hiện tiêu chuẩn đo sự gọn sóng.

Fig.3B là hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các đường khớp trung bình được chồng (các đường thẳng được kéo dài bởi các đường nét đứt) mà được khớp vào các mép được vạch dấu của đường vạch dấu được nêu làm ví dụ, và còn thể hiện đường cong được chồng mà kẻ ra đường bao mép của một trong số các mép được vạch dấu để thể hiện tiêu chuẩn đo độ nhám.

Fig.3C là hình vẽ thể hiện ví dụ bằng hình ảnh và phương trình để xác định trung bình số học của độ nhám.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện biểu đồ các kết quả thực nghiệm được dùng để xác định độ gọn sóng khi vạch dấu đối với vài biến số trong các điều kiện điều khiển không đổi khác.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý mặc định so với chiều dòng chất khí.

Fig.6A, Fig.6B, và Fig.6C là các hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các cặp đường vạch dấu song song mà được tạo ra theo chiều cắt thông thường với các năng lượng khác nhau.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ xác định chiều cắt so với chiều dòng chất khí.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện bảng thể hiện sự nguệch ngoạc tối thiểu khi các thao tác vạch dấu được thực hiện đối với vài biến số trong các điều kiện điều khiển không đổi khác.

Fig.9A và Fig.9B là các hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các cặp đường vạch dấu song song mà được tạo ra theo chiều quét khác tại các năng lượng khác nhau.

Fig.10A là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý chéo so với chiều dòng chất khí.

Fig.10B là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý chéo khác so với chiều dòng chất khí.

Fig.11A là hình vẽ thể hiện sơ đồ trình tự vạch dấu một chiều giản lược trên vật gia công.

Fig.11B, Fig.11C, và Fig.11D là các hình vẽ thể hiện đồ thị của các biên dạng chuyển động tương ứng được nêu làm ví dụ của gia tốc, vận tốc, và vị trí theo thời gian mà tương ứng với trình tự vạch dấu một chiều giản lược trên Fig.11A.

Fig.11E là hình vẽ thể hiện sơ đồ trình tự vạch dấu một chiều giản lược khác trên vật gia công.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ, theo một phương án, của trình tự trường quét mà phối hợp với chiều dòng chất khí và hướng xử lý trên Fig.10B.

Fig.13A là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý được đề xuất so với chiều dòng chất khí.

Fig.13B là hình vẽ thể hiện sơ đồ trình tự trường được đề xuất để phối hợp với hướng xử lý được đề xuất và chiều dòng chất khí trên Fig.13A.

Fig.14 là hình vẽ thể hiện sơ đồ áp dụng nhiều đường vạch dấu chồng nhau để tạo ra kết cấu đặc trưng, chẳng hạn khía, trên vật gia công.

Fig.15 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sơ đồ áp dụng các công thức thông số khác nhau cho các đường vạch dấu chồng nhau mà được dùng để tạo ra kết cấu đặc trưng.

Fig.16A và Fig.16B là các hình vẽ thể hiện sơ đồ các trình tự quét khác nhau cho các đường vạch dấu chồng nhau để tạo ra kết cấu đặc trưng.

Fig.17 là hình vẽ thể hiện sơ đồ giản lược của hệ thống gia công vi cơ bằng laze có sử dụng cơ cấu tạo dòng chất khí và có khả năng thực hiện phối hợp dòng chất khí và các kỹ thuật quét.

Fig.18A là hình vẽ thể hiện hình chiếu bằng giản lược, theo một phương án ví dụ, của cơ cấu tạo dòng chất khí được định hướng trên trường quét để dòng chất khí lưu tích được định hướng chéo so với các đường quét được dự định.

Fig.18B là hình vẽ thể hiện hình phối cảnh nhìn từ trên, đằng sau, và sườn phải của cơ cấu tạo dòng chất khí trên Fig.18A.

Fig.18C là hình vẽ thể hiện hình nhìn từ dưới, đằng trước, và sườn trái của cơ cấu tạo dòng chất khí trên Fig.18A.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ví dụ sẽ được mô tả dưới đây dựa vào các hình vẽ kèm theo. Có thể có nhiều dạng và phương án thực hiện 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 phương án ví dụ 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 hiểu biết trung bình trong lĩnh vực. Trên các hình vẽ, thì các kích thước và các kích thước tương đối của các thành phần có thể không đúng tỷ lệ và/hoặc được phóng to lên cho rõ. 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. 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 thêm 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.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ giản lược của đường gia công uốn khúc 10 thông thường bên trên vật gia công 12, chẳng hạn lát đã chứa đầy mạch điện và có các đường kẻ, được định hướng so với trường quét 14 (hoặc vùng quét 14) của hệ thống gia công vi cơ bằng laze 60 (Fig.17). Vật gia công 12 có thể được làm di chuyển so với trục chùm laze cố định, hoặc trục chùm laze có thể được làm di chuyển so với vật gia công 12 đứng yên, hoặc cả trục chùm laze lẫn vật gia công 12 có thể được làm di chuyển so với nhau. Do các thiết bị mạch tích hợp (Integrated Circuit - IC) được tạo ra sao cho chúng được phân cách bởi các đường kẻ (và các đường quét 16) vuông góc, nên giải pháp thông thường là định hướng vật gia công 12 sao cho các đường quét 16 có hướng cụ thể so với các trường quét 14 được dự định của hệ thống gia công vi cơ bằng laze 60, để được đồng chỉnh dọc trục chính xác với trục X và trục Y của các trường quét 14 (và các trường xử lý 15).

Như được thể hiện trên Fig.1, đường đi của trục chùm qua trường quét 14 trên vật gia công 12 có thể bao gồm các đường quét 16 (được biểu diễn bằng các đường nét đậm, chẳng hạn 16a, 16b, 16c, và 16d), trong đó chùm laze tới vật gia công 12, và các đường không tới 17 ((yêu cầu ngắt (interrupt request - IRQ)) (được biểu diễn bằng các đường nét đứt), mà trong đó chùm laze được ngăn không cho tới vật gia công 12 (laze có thể được tắt đi hoặc chùm laze có thể được làm lệch hướng hoặc được chặn). Thông thường, các đường quét 16 được nối với nhau bởi các đường không tới 17. Đường đi của trục chùm này có thể được quét bởi một chặng hoặc nhiều chặng trên trường quét 14, hoặc một hoặc nhiều trong số các đường quét 16 có thể được chọn cho một hoặc nhiều chặng.

Những lần quét tuần tự thông thường là được thực hiện theo các đường vạch dấu 16a₁ và 16b₁ được đặt cách nhau theo các trục Y theo các chiều quét hoặc các chiều xử lý 20a và 20b ngược nhau. Những lần quét bổ sung thì được thực hiện tuần tự theo các chiều quét 20 ngược nhau cho đến khi tất cả các đường quét 16 (chẳng hạn 16a₂, 16b₂, 16a₃, và 16b₃) theo các trục Y đã được xử lý. Sau khi tất cả các đường quét 16 theo các

trục Y đã được xử lý, thì những lần quét tuần tự sẽ được thực hiện theo các đường vạch dấu 16c₁ và 16d₁ được đặt cách nhau theo các trục X theo các chiều quét hoặc các chiều xử lý 20c và 20d ngược nhau. Sau đó, những lần quét bổ sung được thực hiện tuần tự theo các chiều quét 20 ngược nhau cho đến khi tất cả các đường quét 16 (chẳng hạn 16c₂, 16d₂, 16c₃, và 16d₃) theo trục X đã được xử lý. Những lần quét này có thể được thực hiện bởi một hoặc nhiều phần tử của hệ thống định vị chùm, chẳng hạn một hoặc nhiều gương 96 được dẫn động bằng điện kế (ví dụ, một cặp điện kế (Fig.17)).

Tuy thuật ngữ “vạch dấu” có thể được dùng để thể hiện hiệu ứng vật liệu cụ thể do laze, nhưng thuật ngữ “vạch dấu” và những dạng phái sinh của nó (chẳng hạn đường vạch dấu) là được sử dụng ở đây với nghĩa chung là hiệu ứng vật liệu bất kỳ do laze (kiểu xử lý laze bất kỳ) mà được tạo ra nhờ sự chuyển động tương đối giữa trục xử lý của chùm laze và vật gia công 12. Ví dụ, việc vạch dấu có thể bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các hoạt động tạo khía, rãnh, đường bào, lỗ via xuyên, lỗ via tịt, hoặc dấu (tại bề mặt vật gia công hoặc bên dưới bề mặt này); khoan; xử lý xoắn ốc; cắt; kê ô; cắt lát; đánh dấu; bào mòn; và tôi luyện. Ngoài việc đánh dấu laze hoặc các ứng dụng phân tách thiết bị ra, thì các kỹ thuật được bộc lộ ở đây cũng có thể được sử dụng cho ứng dụng bất kỳ mà trong đó cần có các đặc tính khía-mép tốt, chẳng hạn cắt xén điện trở hoặc đào rãnh để lắp các đường bằng kim loại.

Tương tự, thuật ngữ “quét” được dùng để thể hiện sự di chuyển tương đối giữa trục xử lý của chùm laze và vật gia công 12; tuy nhiên, thuật ngữ “quét” cũng thường được dùng để thể hiện sự di chuyển của trục chùm laze. Sự di chuyển của trục chùm laze có thể được thực hiện nhờ sử dụng một hoặc nhiều trong số: gương 96 được dẫn động bằng điện kế (Fig.17), gương lái nhanh, máy quét đa giác quay, và thiết bị âm-quang. Các hệ thống khác để di chuyển trục chùm cũng có thể được sử dụng thay thế hoặc bổ sung. Để cho đơn giản, thì phần mô tả này sẽ chủ yếu (nhưng không phải chỉ) tập trung vào các hệ thống định vị chùm 82 (Fig.17) mà di chuyển trục chùm xử lý, cụ thể là đến các hệ thống định vị dựa trên điện kế.

Tuy có các thông số xử lý laze nhất quán và tuy có dòng chất khí được tăng áp thông thường theo chiều dòng chất khí 22 và sự kéo bằng chân không theo chiều bắt giữ dòng xả 24 để xử lý đám mảnh vụn gây ra bởi sự tương tác laze-vật liệu, nhưng người nộp đơn đã kiểm thấy rằng sự gọn sóng của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra bởi những lần quét laze, là có thể biến thiên theo các đường quét 16 khác nhau.

Thông thường, sự biến thiên này chưa phải là vấn đề bởi vì độ rộng đường kẻ giữa các thiết bị trên vật gia công 12 vẫn còn tương đối lớn so với độ rộng khía thu được bởi chùm laze. Tuy nhiên, các phần tử mạch tiếp tục được thu nhỏ kích thước, và việc tận dụng diện tích vật gia công một cách hiệu quả hơn để tăng mật độ thiết bị và năng suất vẫn tiếp tục được mong muốn hơn nữa. Do đó, các vấn đề về sự gọn sóng và độ nhám mà người nộp đơn xác định được có thể giới hạn độ rộng khía nhỏ nhất tin cậy ở kích thước đủ lớn để chứa được lượng biến thiên đó và có thể cản trở các nỗ lực giảm thêm hoặc giảm thiểu độ rộng của các đường kẻ trên các vật gia công 12.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của hai đường vạch dấu 26a và 26b kề nhau trên một phần của vật gia công 12. Các đường vạch dấu 26 này có sự sai lệch về độ rộng khía hoặc độ rộng vạch dấu 30 và sự sai lệch về độ nhám của các mép 32a và 32b.

Fig.3A là hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của đường vạch dấu 26 được nêu làm ví dụ có các đường cong khớp 40a và 40b được chồng mà là các đường cong được chồng và kẻ ra các đường bao mép của các mép được vạch dấu 32a và 32b của đường vạch dấu 26, để thể hiện tiêu chuẩn đo sự gọn sóng. Theo một số tiêu chuẩn, thì sự gọn sóng có thể được đo trên một diện tích trường xử lý (chẳng hạn được xác định bởi hệ thống định vị chùm, hoặc được xác định bởi các đường ranh giới của kết cấu đặc trưng trên vật gia công 12), hoặc trên toàn bộ vật gia công 12, chẳng hạn lát. Theo một số tiêu chuẩn, thì sự gọn sóng có thể được xác định dưới dạng độ lệch chuẩn (tính bằng micron (μm)), trên trường quét 14 hoặc diện tích vật gia công được chỉ định, trong độ rộng vạch dấu 42 mà được đo dưới dạng khoảng cách song song giữa hai đường cong khớp 40a và 40b mà được khớp vào các mép được vạch dấu 32a và 32b của đường vạch dấu 26.

Sự gọn sóng hoặc độ nhám có thể được xác định đặc điểm theo nhiều cách khác nhau. Ví dụ, độ gọn sóng hoặc độ nhám có thể được đặc trưng bởi một hoặc nhiều trong số các đặc tính sau đây: chiều cao lớn nhất của biên dạng độ nhám (tổng chiều cao lớn nhất và độ lệch đáy của mép được vạch dấu 32 từ đường cong khớp 44 tương ứng), chiều cao đỉnh biên dạng lớn nhất của biên dạng độ nhám (độ lệch chiều cao lớn nhất của mép được vạch dấu 32 từ đường cong khớp 44 tương ứng), độ sâu đáy biên dạng lớn nhất của biên dạng độ nhám (độ lệch đáy lớn nhất của mép được vạch dấu 32 từ đường cong khớp 44 tương ứng), chiều cao trung bình của các phần tử biên dạng độ

nhám, tổng chiều cao của biên dạng độ nhám, độ lệch trung bình số học của biên dạng độ nhám, độ lệch căn quân phương của biên dạng độ nhám, độ xiên của biên dạng độ nhám, độ nhọn của biên dạng độ nhám, độ rộng trung bình của biên dạng độ nhám, và độ dốc căn quân phương của biên dạng độ nhám.

Theo một số tiêu chuẩn, thì độ gợn sóng có thể được xác định dưới dạng sai độ rộng vạch dấu gợn sóng (μm) khi cũng được đo dưới dạng khoảng cách song song giữa hai đường cong khớp 40a và 40b mà được khớp vào các mép được vạch dấu 32a và 32b của đường vạch dấu 26. Sai độ rộng vạch dấu gợn sóng này có thể được xác định dưới dạng độ rộng lớn nhất trừ đi độ rộng nhỏ nhất ngang qua trường quét 14 được chỉ định hoặc diện tích vật gia công.

Fig.3B là hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các đường khớp trung bình được chồng (các đường thẳng được kéo dài bởi các đường nét đứt) 44a và 44b mà được khớp vào các mép được vạch dấu 32a và 32b của đường vạch dấu 26 được nêu làm ví dụ, và còn thể hiện đường cong được chồng 40a mà kẻ ra đường bao mép của mép được vạch dấu 32a để thể hiện tiêu chuẩn đo độ nhám. Theo một số tiêu chuẩn, độ nhám có thể được đo trên một diện tích trường xử lý hoặc trên toàn bộ vật gia công 12.

Theo một số tiêu chuẩn, độ nhám có thể được đo dưới dạng biên độ độ lệch tuyệt đối của các đỉnh và các đáy của các mép được vạch dấu 32a và 32b từ các đường thẳng khớp 44a và 44b trung bình. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.3B, biên độ độ lệch tuyệt đối của các đỉnh và các đáy của đường cong được chồng 40a mà kẻ ra đường bao mép của mép được vạch dấu 32a là có thể thu được từ đường thẳng khớp 44a. Độ nhám vạch dấu này có thể được biểu diễn dưới dạng trung bình số học hoặc độ lệch chuẩn tính bằng micron. Fig.3C là hình vẽ thể hiện ví dụ chi tiết hơn và phương trình để xác định trung bình số học cho độ nhám với giá trị tuyệt đối theo độ dài tham chiếu. Như được thể hiện trên Fig.3C, phương trình được nêu làm ví dụ này là: $Z_a = \frac{1}{\ell_r} \int_0^{\ell_r} |Z_n| dx$, trong đó Z_a là độ nhám trung bình số học, trong đó ℓ_r là độ dài tham chiếu, và trong đó Z_n là độ lệch của các mép được vạch dấu 32a hoặc 32b từ các đường cong khớp 44a và 44b tương ứng tại vị trí n theo độ dài tham chiếu ℓ_r .

Người nộp đơn đã tìm hiểu các yếu tố mà ảnh hưởng đến độ gợn sóng và độ nhám vạch dấu, và đã thực hiện nhiều thực nghiệm. Fig.4 là hình vẽ thể hiện biểu đồ các kết quả của một số thực nghiệm được dùng để xác định độ gợn sóng khi vạch dấu đối với

vài biến số trong các điều kiện điều khiển không đổi khác. Như được thể hiện trên Fig.4, laze bước sóng xanh lục, mà tạo ra các xung có độ rộng xung là femtô giây (fs), đã được sử dụng với gương 96 được dẫn động bằng điện kế (Fig.17) để kiểm tra độ gọn sóng của các đường vạch dầu mà được tạo ra trong các điều kiện biến thiên khác nhau, còn các thông số khác thì được giữ không đổi. Các biến số này bao gồm: 1) lượng kéo bằng chân không theo chiều bắt giữ dòng xả 24; 2) lượng dòng chất khí trong dòng chất khí theo chiều dòng chất khí 22; 3) năng lượng xung được phân phối bởi hệ thống laze; 4) chiều quét laze so với chiều bắt giữ dòng xả 24 và chiều dòng chất khí 22, chẳng hạn “mặc định” tức là vạch dầu theo chiều quét 20 ngược gió vào đối với các đường vạch dầu theo trục Y và vuông góc với gió đối với các đường vạch dầu theo trục X, và “ngược lại” tức là vạch dầu theo chiều quét 20 theo cùng chiều gió đối với các đường vạch dầu theo trục Y và vuông góc với gió đối với các đường vạch dầu theo trục X (biểu đồ trên Fig.4 chỉ thể hiện độ gọn sóng của đường kẻ theo trục X đối với các điều kiện này); và hướng quay của các đường kẻ theo trục X của vật gia công 12 so với chiều dòng chất khí 22.

Vẫn như được thể hiện trên Fig.4, các đường nét đứt biểu thị giao điểm của các điều kiện hoặc các thiết đặt danh định so với kết quả được dựng mô hình. Cụ thể là, đường nét đứt thẳng đứng biểu thị điều kiện hoặc thiết đặt được dựng mô hình đối với năm biến số trên biểu đồ trên Fig.4; và đường nét đứt nằm ngang biểu thị giá trị gọn sóng được dựng mô hình đối với các biến số cụ thể.

Không bị giới hạn ở lý thuyết cụ thể nào, người nộp đơn xét thấy rằng chiều mảnh vụn và chiều dòng xả có thể góp phần vào độ gọn sóng và độ nhám. Đã biết rằng việc xử lý laze đối với các vật gia công 12 trong ngành công nghiệp bán dẫn sẽ tạo ra đám mảnh vụn ngoài ý muốn gồm các thành phần khác nhau với các trạng thái vật chất biến thiên, chẳng hạn thể khí hoặc thể nóng chảy, tùy theo vật liệu của các vật gia công 12 và năng lượng laze được hướng vào các vật gia công 12.

Nhiều công việc đã được thực hiện để ngăn không cho, hoặc bù cho việc, mảnh vụn sinh ra do laze lắng đọng lên vật gia công. Xem, ví dụ, các patent Mỹ số 5,925,024, 6,507,000, 6,586,707, 6,649,866, 6,710,294, 7,022,941, 7,038,164, 7,692,115, 7,947,919, 8,344,285, 8,383,984, và 8,809,732, và công bố patent Trung Quốc số 103978308.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý mặc định, trong đó vật gia công 12 được đồng chỉnh với trường quét 14 sao cho các kết cấu đặc trưng của vật gia công, chẳng hạn các đường kẻ hoặc các đường vạch dấu 26 dự định, được đồng chỉnh cộng tuyến hoặc vuông góc với chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Do đó, các chiều quét 20 được đồng chỉnh cộng tuyến hoặc vuông góc với chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24, mà có thể là song song với bề mặt 88 (Fig.17) của vật gia công 12. Thành phần chiều dòng chất khí và thành phần chiều bắt giữ dòng xả này thường là các thành phần nằm ngang của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Cũng cần hiểu rằng chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 có thể bao gồm các thành phần chiều mà được định hướng về phía hoặc ra xa khỏi bề mặt 88 của vật gia công 12 (thường là thành phần thẳng đứng của chiều dòng chất khí 22).

Lượng kéo bằng chân không theo chiều bắt giữ dòng xả 24 có tác động đáng kể đến độ gọn sóng. Sự kéo bằng chân không càng yếu thì độ gọn sóng càng lớn. Trong phạm vi được kiểm tra, thì lượng dòng chất khí theo chiều dòng chất khí 22 có tác động không đáng kể lên độ gọn sóng khi có sự kéo bằng chân không. Chỉ nhận thấy những sự thay đổi nhỏ về độ gọn sóng với mức độ tương đối thấp khi mức độ của dòng chất khí theo chiều dòng chất khí 22 là tương đối cao. Tuy nhiên, nếu không có sự kéo bằng chân không, thì lượng dòng chất khí sẽ có tác động đáng kể lên độ gọn sóng.

Năng lượng xung cũng tác động đáng kể đến độ gọn sóng tại các năng lượng xung cao hơn, mặc dù độ gọn sóng là không đáng kể với các năng lượng xung thấp hơn. Nói chung là độ gọn sóng tăng lên nếu năng lượng xung tăng lên. Điểm tối ưu cho năng lượng xung đã được thiết lập cho công thức điều khiển tại năng lượng xung cao nhất (3,75 micro Jun (uJ)) mà ở đó không quan sát thấy độ gọn sóng đáng kể nào. Lưu ý rằng giá trị này sẽ khác nhau đối với công thức thông số laze khác nhau (và đối với các vật liệu khác nhau của vật gia công).

Fig.6A, Fig. 6B, và Fig.6C là các hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các cặp đường vạch dấu 26 song song mà được tạo ra theo chiều vạch dấu 20c hoặc 20d mà vuông góc với chiều dòng chất khí 22 tại các năng lượng xung khác nhau. Như được thể hiện trên Fig.6A và Fig.6B, các đường vạch dấu 26 mà được tạo ra tại 1,5 uJ và 3 uJ thì không có độ gọn sóng đáng kể nào. Tuy nhiên, như được thể hiện trên Fig.6C, các đường vạch dấu 26 mà được tạo ra tại 6 uJ thì thể hiện rõ độ gọn sóng đáng kể.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ ví dụ để xác định chiều quét 20 so với chiều dòng chất khí 22 mà có thể song song với bề mặt 88 của vật gia công 12 (thành phần chiều dòng chất khí này thường là thành phần nằm ngang của chiều dòng chất khí 22), trong đó: chiều xử lý laser theo chiều quét 20a cùng chiều với chiều dòng chất khí 22 thì được biểu diễn bằng ký hiệu góc 0° ; chiều xử lý laser theo chiều quét 20b ngược chiều dòng chất khí 22 thì được biểu diễn bằng ký hiệu góc 180° ; chiều xử lý laser theo các chiều xử lý 20c và 20d mà vuông góc với chiều dòng chất khí 22 thì lần lượt được biểu diễn bằng ký hiệu góc 90° và 270° ; chiều xử lý laser theo các chiều xử lý 20e và 20f mà chéo và cùng chiều với chiều dòng chất khí 22 thì lần lượt được biểu diễn bằng ký hiệu góc 45° và 315° ; và chiều xử lý laser theo các chiều xử lý 20g và 20h mà chéo và ngược chiều với chiều dòng chất khí 22 thì lần lượt được biểu diễn bằng ký hiệu góc 135° và 225° . Cần nhớ rằng chiều dòng chất khí 22 có thể bao gồm các thành phần chiều dòng chất khí mà được định hướng về phía hoặc ra xa khỏi bề mặt 88 của vật gia công 12 (thường là thành phần thẳng đứng của chiều dòng chất khí 22).

Như được thể hiện trên Fig.4 và Fig.7, hướng của chiều quét 20 được làm biến thiên so với chiều dòng chất khí 22, chẳng hạn từ chiều quét 20c tại 90° đến các chiều quét 20e và 20g lần lượt tại 45° và 135° , và chẳng hạn từ chiều quét 20d tại 270° đến các chiều quét 20f và 20h lần lượt tại 315° và 225° . Fig.4 thể hiện rằng độ gợn sóng được giảm khi chiều quét 20 được thay đổi từ 0° đến 45° so với các chiều quét 20c vuông góc tại 90° và 20d tại 270° .

Các yếu tố khác mà tác động đến độ gợn sóng bao gồm độ cao của vòi dẫn chất khí vào, nói chung là càng cao càng tốt (ít độ gợn sóng hơn). Hình dạng của vòi dẫn chất khí vào cũng ảnh hưởng đến chất lượng vạch dấu. Trong một số trong số các thực nghiệm, thì một hoặc nhiều vòi dẫn chất khí vào kiểu dao thổi khí dùng quạt phẳng đã được sử dụng. Hiệu ứng gợn sóng cũng trở nên xấu hơn đối với các tiến trình có độ chồng nhau cao hoặc vận tốc quét thấp.

Patent Mỹ số RE 43,400 bộc lộ rằng chất lượng vạch dấu có thể biến thiên theo chiều phân cực so với chiều quét, và bộc lộ rằng chiều phân cực có thể được làm tương quan với chiều vạch dấu để cải thiện chất lượng vạch dấu. Patent Mỹ số RE 43,400 được chuyển nhượng cho bên nhận chuyển nhượng là chủ đơn này, và được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Như đã nêu trên, ngành công nghiệp gia công bằng laze đã có những nỗ lực để quản lý các đám mảnh vụn sinh ra do sự tương tác laze-vật liệu, chẳng hạn sự bào mòn do laze. Các hiệu ứng mà người nộp đơn đã kiểm thấy là thường thấy, cho dù có sử dụng hệ thống dòng chất khí thông thường và hệ thống kéo dòng xả bằng chân không thông thường để quản lý mảnh vụn. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể nào, người nộp đơn nghi ngờ rằng các đặc tính chất khí bất lợi cục bộ từ mảnh vụn, đám, hoặc khói sinh ra do quá trình xử lý laze có thể tạo ra sự chuyển hướng chùm không chủ ý sau thấu kính (ví dụ, sự khúc xạ hoặc sự phản xạ). Không bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể nào, người nộp đơn còn xét thấy rằng sự chuyển hướng chùm không chủ ý sau thấu kính đó có thể gây ra các vấn đề về độ chính xác và chất lượng cho quy trình xử lý laze. Cụ thể là, đường vạch dấu 26 của đường xử lý mà vuông góc (90° hoặc 270°) với chiều dòng chất khí 22 có thể có sự chuyển hướng chùm đáng kể, chẳng hạn lượng không chính xác 1-10 μm , làm xuất hiện sự gợn sóng, sự nhám, sự nguệch ngoạc, và/hoặc sự méo viền đẳng ten dọc theo chiều dài của đường vạch dấu 26.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện bảng thể hiện sự nguệch ngoạc tối thiểu khi các thao tác vạch dấu được thực hiện trên vật gia công 12 bằng silic, đối với vài biến số trong các điều kiện công thức điều khiển không đổi khác. Các biến số này bao gồm năng lượng xung (μJ), chiều so với chiều dòng chất khí 22 (mặc định hoặc ngược lại so với chiều dòng chất khí, ngược chiều hoặc cùng chiều dòng chất khí), hướng cắt (hướng xiên góc của các đường kẻ so với chiều dòng chất khí 22, trong đó 0° trên bảng có nghĩa là chiều quét 20a hoặc 20b là 90° hoặc 180° tùy theo chiều không khí tương đối, và trong đó 45° trên bảng có nghĩa là chiều quét 20g hoặc 20h là 135° (hoặc 225°) hoặc 45° hoặc (315°) tùy theo chiều không khí tương đối), không khí (20 hoặc tắt), và dòng xả (bật hoặc tắt). Độ nguệch ngoạc được biểu diễn trong khoảng từ 1 đến 5, với 1 có nghĩa là lượng nguệch ngoạc thấp hoặc không đáng kể (tốt nhất) và 5 có nghĩa là lượng nguệch ngoạc cao (xấu nhất).

Vẫn như được thể hiện trên Fig.8, các đường vạch dấu có năng lượng xung thấp (1,5 μJ) đều có độ nguệch ngoạc thấp mà không phụ thuộc vào chiều dòng chất khí 22 hoặc hướng đường kẻ. Với năng lượng xung trung bình (3 μJ), thì ngay cả khi vạch dấu trực tiếp cùng chiều gió cũng có độ nguệch ngoạc lớn hơn so với các xung có năng lượng xung thấp. Sự phát hiện đáng ngạc nhiên là các đường vạch dấu có chất lượng tốt và độ nguệch ngoạc tương đối thấp đối với các công thức khác nhau mà sử dụng các

hướng cắt chéo (được liệt kê dưới dạng 45° trên bảng) ngược chiều dòng chất khí 22 (mặc định) và cùng chiều với các chiều quét 20g và 20h, thậm chí tại năng lượng xung cao ($6 \mu\text{J}$) và dòng xả bằng chân không đã được tắt đi. Với năng lượng xung cao ($6 \mu\text{J}$), thì tất cả trong số những biến thể công thức còn lại, bao gồm vạch dầu cùng chiều gió tại hướng cắt 0° (chiều quét 20b là 180° so với chiều dòng chất khí 22), đều bộc lộ hiệu ứng ngược ngoặc xấu hơn rõ rệt so với công thức sử dụng hướng cắt chéo (được liệt kê là 45° trên bảng) với chiều dòng chất khí 22 (mặc định) cùng chiều với các chiều quét 20e và 20f, tại năng lượng xung cao ($6 \mu\text{J}$) và với dòng xả bằng chân không đã được bật lên. Các kết quả thực nghiệm đó còn cung cấp bằng dự đoán gần đúng về độ gọn sóng, cho phép dự tính độ gọn sóng từ công thức thông số cụ thể và cung cấp cơ sở xem lượng gọn sóng đó có thể chấp nhận được cho ứng dụng cụ thể nào đó hay không.

Fig.9A và Fig.9B là các hình vẽ thể hiện ảnh chụp hiển vi của các cặp đường vạch dầu 26 song song mà được tạo ra tại các năng lượng xung khác nhau, là $1,5 \mu\text{J}$ và $6 \mu\text{J}$, khi vạch dầu theo các chiều quét 20g và 20h (chéo với chiều gió) so với chiều dòng chất khí 22. Như được thể hiện trên Fig.9A và Fig.9B, độ gọn sóng và độ nhám xuất hiện ở các đường vạch dầu 26 là chấp nhận được đối với tất cả các ứng dụng xử lý bằng laze thông thường, thậm chí là đối với công thức thông số mà bao gồm các xung laze năng lượng cao. Ngoài ra, các đường vạch dầu 26 mà được tạo ra theo các chiều vuông góc là có độ gọn sóng gần như giống nhau, tức hoàn toàn khác với các đường vạch dầu 26 vuông góc mà được tạo ra theo chiều ngược lại với chiều dòng chất khí 22 và chiều vuông góc với chiều dòng chất khí 22.

Thông thường, các hệ thống laze dựa trên chùm cố định và dựa trên việc quét trực chùm thông thường thì sử dụng các hệ thống trích xuất hoặc các hệ thống xả để tạo ra chiều dòng chất khí 22 cố định để thu gom mảnh vụn xử lý. Do các đường kẻ vuông góc trên lát bán dẫn nên, ví dụ, một tập hợp đường kẻ thường được xử lý với chiều quét chùm 20 mà ngược lại so với chiều dòng chất khí 22, và tập hợp đường kẻ vuông góc này thường được xử lý vuông góc với chiều dòng chất khí 22. Các kết quả thực nghiệm ở đây cho biết vì sao mà độ gọn sóng có thể khác nhau đột ngột đối với các đường vạch dầu vuông góc mà được tạo ra bởi hệ thống laze thông thường.

Lưu ý rằng các hệ thống laze thông thường có thể được trang bị hai tập hợp gồm các hệ thống dòng chất khí, mỗi hệ thống đều bao gồm dòng chảy vào tăng áp và dòng chảy ra chân không, với các chiều dòng trôi tương ứng của chúng được định hướng trực

tiếp vào hai chiều vạch dấu vuông góc trên vật gia công 12 đứng yên. Các giá trị khí lực có thể được dùng để bật và tắt các hệ thống dòng chất khí để xử lý các đường vạch dấu 26 theo trục X và Y trong điều kiện chiều dòng chất khí phù hợp. Cách thức thực hiện này sẽ làm tăng chi phí và sự phức tạp do bao gồm các hệ thống dòng chất khí kép. Những sự thay đổi cần thiết về việc điều khiển khí lực sẽ ảnh hưởng xấu đến năng suất quét và hạn chế sự linh hoạt của việc áp dụng các công thức xử lý thông số laze khác nhau.

Theo cách khác, hệ thống laze thông thường có thể được trang bị hệ thống dòng chất khí đơn, bao gồm dòng vào tăng áp và dòng ra chân không, với chiều dòng trôi được định hướng trực tiếp vào một trong hai chiều vạch dấu vuông góc trên vật gia công 12. Sau đó, vật gia công 12 có thể được làm quay sao cho các đường kẻ theo trục Y được xử lý ngược gió đến lúc hoàn thành trước khi quay và các đường kẻ theo trục X được xử lý ngược gió sau khi quay. Cách thức thực hiện này sẽ làm tăng chi phí và sự phức tạp do bao gồm hệ thống quay vật gia công. Những sự thay đổi cần thiết về việc điều khiển quay sẽ ảnh hưởng xấu đến năng suất quét và hạn chế sự linh hoạt của việc áp dụng các công thức xử lý thông số laze khác nhau.

Fig.10A là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý chéo so với chiều dòng chất khí 22 theo một phương án. Phương án này là một trong số các phương án để quản lý các cơ chế lái chùm laze thông qua việc điều khiển có hệ thống đối với các chiều quét chùm laze tương đối so với chiều dòng chất khí trôi 25 mà bao gồm thành phần chiều dòng chất khí song song với bề mặt vật gia công 88 và/hoặc thành phần chiều dòng xả chân không song song với bề mặt vật gia công 88.

Cần hiểu rằng chiều dòng chất khí trôi 25 có thể là một chiều của cả chiều dòng chất khí 22 lẫn chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo cách khác, chiều dòng chất khí trôi 25 có thể là chiều trung bình của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Ngoài ra, theo các phương án mà trong đó chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 là khác nhau một cách chủ ý, thì chiều trung bình nêu trên cũng tính đến những sự khác biệt về lượng dòng chất khí theo chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 và/hoặc những sự khác biệt về vận tốc theo chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Do đó, chiều dòng chất khí trôi 25 có thể là chiều lực trung bình của dòng chất khí. Theo nhiều phương án, một chiều gồm cả chiều dòng chất khí 22 lẫn chiều bắt giữ dòng xả 24 là được ưu tiên. Tuy nhiên, theo một số phương án, độ lệch giữa chiều

dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 có thể nhỏ hơn hoặc bằng 20° . Theo một số phương án, độ lệch giữa chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 có thể nhỏ hơn hoặc bằng 10° . Theo một số phương án, độ lệch giữa chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 có thể nhỏ hơn hoặc bằng 5° .

Theo một số phương án, các đường kẻ theo chiều trục X và trục Y của vật gia công 12 dạng lát là được định hướng lần lượt 135° và 225° so với chiều dòng chất khí 22 và/hoặc và chiều bắt giữ dòng xả 24, để sự di chuyển tương đối của mỗi đường vạch dấu laze là ngược với chiều dòng chất khí 22 và/hoặc chiều bắt giữ dòng xả 24. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể nào, người nộp đơn xét thấy rằng bằng cách quét trục chùm laze theo chiều quét 20 ngược với chiều dòng chất khí 22, thì vận tốc tương đối của trục chùm là được tăng lên đối với các đặc tính chất khí bất lợi cục bộ (chẳng hạn từ mảnh vụn, đám, khói, sự thay đổi chiết suất, sự thay đổi áp suất không khí, sự thay đổi nhiệt độ, hoặc sự chảy rối của không khí) mà bị tạo ra từ quy trình xử lý laze, để cho phép các xung laze sau đó hoạt động mà không bị ảnh hưởng (ví dụ, không bị khúc xạ hoặc phản xạ) bởi các đặc tính chất khí bất lợi cục bộ đó. Các phương án đó cho phép giảm bớt các hiệu ứng lái chùm sau thấu kính và làm cân bằng các hiệu ứng lái chùm sau thấu kính thực tế bất kỳ giữa các đường vạch dấu 26 của hai trục vuông góc. Các kết cấu đặc trưng hoặc các kết cấu đặc trưng được dự định của vật gia công 12 có thể được định hướng so với chiều dòng chất khí 22 và/hoặc chiều bắt giữ dòng xả 24, hoặc chiều dòng chất khí 22 và/hoặc chiều bắt giữ dòng xả 24 có thể được định hướng so với các kết cấu đặc trưng hoặc các kết cấu đặc trưng được dự định của vật gia công 12.

Như được thể hiện trên Fig.10A, vật gia công 12 có thể được đồng chỉnh theo hướng vật gia công thông thường vào trường quét 14 (để phần mềm và các thông số công thức hiện có có thể được sử dụng mà không cần phải cải biến gì hoặc chỉ cần cải biến tùy ý). Tuy nhiên, chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 là được định hướng chéo với hướng vật gia công trong trường quét 14. Cụ thể là, như được thể hiện trên Fig.10A, chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24 là được định hướng dọc theo cùng một trục chéo của trường quét 14 để các chiều quét 20 trên Fig.10A là tương đương với các chiều quét 20g và 20h trên Fig.7 đối với chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Ngoài ra, Fig.10A chỉ thể hiện tiến trình quét một chiều theo cả hai chiều vuông góc nhau, tức là, mỗi đường vạch dấu 26 được quét chéo và ngược với chiều dòng chất khí 22 (cùng chiều gió). Tiến trình quét một chiều sẽ được mô tả

chi tiết hơn dựa vào Fig.11. Fig.10B là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý chéo khác so với chiều dòng chất khí.

Theo một số phương án, dòng chất khí được tạo ra bởi vòi phun không khí hoặc dao thổi khí và/hoặc tình trạng kéo bằng chân không được thiết lập qua lỗ xả hoặc đường xả mà cũng thu thập đám mảnh vụn sinh ra trong tiến trình xử lý. Kết cấu này có thể đẩy chất khí ngang qua trường quét 14 và/hoặc kéo chất khí ngang qua trường quét 14. Theo nhiều phương án, mong muốn là cả đẩy lẫn kéo để tạo ra dòng chất khí đồng đều ngang qua trường quét 14, mà có thể được mong muốn để có chất lượng vạch dấu và giảm thiểu độ gợn sóng.

Theo một số phương án, vòi phun không khí hoặc dao thổi khí là có thể điều chỉnh được độ cao bên trên vật gia công 12 và/hoặc độ nghiêng về phía vật gia công 12. Tương tự, lỗ xả hoặc đường xả là có thể điều chỉnh được độ cao bên trên vật gia công 12 và/hoặc độ nghiêng khỏi vật gia công 12. Ngoài ra, vòi phun không khí, dao thổi khí, lỗ xả, hoặc đường xả nêu trên là có thể điều chỉnh được để định tâm quanh trường quét và/hoặc đối với các trục đường kẻ của lát, các dấu đồng chỉnh, hoặc các điểm chuẩn khác của vật gia công 12. Các vòi đưa không khí vào và thu gom không khí đã được sản xuất với nhiều hình dạng, kích thước, và kết cấu khác nhau. Ví dụ, patent Mỹ số 9,259,802 bộc lộ các phương án về các vòi dẫn chất khí. Patent Mỹ số 9,259,802 được chuyển nhượng cho bên nhận chuyển nhượng là chủ đơn này, và được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Theo một số phương án, dòng chất khí đi qua vòi phun không khí hoặc dao thổi khí có thể được kiểm soát bởi lưu lượng kế kiểu phao hoặc máy đo dòng chảy có thể điều chỉnh được. Theo một số phương án, tình trạng kéo bằng chân không qua lỗ xả hoặc đường xả là có thể được kiểm soát bởi van có hồi tiếp qua bộ cảm biến áp suất. Các cổng có thể tạo kết cấu được để điều khiển chiều và lượng dòng chất khí sẽ thường được thiết đặt trước khi xử lý nhiều vật gia công 12; tuy nhiên, chiều và lượng dòng chất khí có thể được điều chỉnh, nếu muốn, giữa các chặng vuông góc, hoặc tại các thời điểm khác nếu muốn. Theo một số phương án, chiều và lượng dòng chất khí có thể được điều chỉnh giữa mỗi lần quét. Tuy nhiên, nói chung là chất lượng vạch dấu đều nhau dọc theo các đường kẻ vuông góc là dễ đạt được nhất nếu chiều dòng chất khí và lượng dòng chất khí là nhất quán giữa những lần quét vuông góc.

Vẫn như được thể hiện trên Fig.10A và Fig.10B, theo một số phương án, trường quét 14 có kích thước trục chính 50 của trục chính mà chia đôi trường quét 14, và chiều dòng chất khí 22 và/hoặc chiều bắt giữ dòng xả 24 là gần như vuông góc với trục chính mà chia đôi trường quét 14 này. Dòng chất khí có thể có thể tích dòng chất khí đi theo chiều dòng chất khí 22, trong đó thể tích dòng chất khí này có kích thước bề rộng của dòng 52 vuông góc với chiều dòng chất khí 22, và trong đó kích thước bề rộng của dòng 52 là lớn hơn kích thước trục chính 50. Ngoài ứng dụng để kiểm soát độ gợn sóng, thì hệ thống bắt giữ dòng xả bằng chân không nêu trên có thể giúp giảm mảnh vụn mà có thể bị lắng lên vật gia công và các thiết bị quang học, nhờ đó làm tăng chất lượng của các sản phẩm gia công và làm tăng tuổi thọ của hệ thống laze, giảm thời gian trung bình giữa những lần sự cố và giảm tốc độ thoái hoá khả năng truyền công suất laze.

Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $135^\circ \pm 22,5^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội hoặc chiều dòng chất khí lũy tích 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24, trong đó chiều dòng chất khí 22 mà được hướng đến chiều bắt giữ dòng xả 24 là có hướng khoảng 0° . (Theo một số phương án, chiều dòng chất khí trội 25 có thể là thành phần của dòng chất khí trội mà được định hướng nằm ngang hoặc song song với vật gia công 12.) Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $135^\circ \pm 11,25^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội hoặc chiều dòng chất khí lũy tích 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $135^\circ \pm 5,125^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội hoặc chiều dòng chất khí lũy tích 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $135^\circ \pm 2,563^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội hoặc chiều dòng chất khí lũy tích 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $135^\circ \pm 1,281^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội hoặc chiều dòng chất khí lũy tích 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24.

Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $225^\circ \pm 22,5^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội 25 (chẳng hạn được định hướng nằm ngang hoặc song song với vật gia công) của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24, trong đó chiều dòng chất khí 22 mà được hướng đến chiều bắt giữ dòng xả 24 là có hướng khoảng 0° .

Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $225^\circ \pm 11,25^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $225^\circ \pm 5,125^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội 25 của

chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $225^\circ \pm 2,563^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24. Theo một số phương án, chiều quét 20 tạo góc $225^\circ \pm 1,281^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội 25 của chiều dòng chất khí 22 và chiều bắt giữ dòng xả 24.

Việc quét laze với góc xấp xỉ $+45^\circ$ và -45° và ngược với chiều dòng chất khí 22 có ưu điểm là tăng năng suất bởi vì quy trình xử lý không bị mất thời gian cho các giá trị khí lực để chuyển chiều dòng không khí hoặc cho các cơ cấu quay để làm quay vật gia công 12.

Các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra dọc theo hai chiều quét 20 vuông góc nhau mà chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí 22, là có các đặc tính gọn sóng tương tự nhau và có chất lượng tốt. Chất lượng xử lý tổng thể được cải thiện, tạo điều kiện thuận lợi cho các mép vạch dấu thẳng hơn, ít sự gọn sóng mép và ít nguệch ngoạc hơn, chất lượng vạch dấu của các đường vạch dấu 26 vuông góc là đồng nhất hoặc đều nhau, các vách sườn hoặc góc côn sâu hơn, độ rộng khía đều hơn (có độ lệch chuẩn thấp hơn), độ chính xác vị trí được cải thiện, và ít nhiễu và ít giá trị ngoại lai hơn. Việc độ rộng khía đều hơn, việc độ chính xác vị trí được cải thiện, và việc ít nhiễu và ít giá trị ngoại lai hơn sẽ cho phép dự đoán được các sai rộng khía nhỏ hơn, điều này có thể cho phép mật độ mạch điện lớn hơn trên vật gia công 12. Việc các đặc tính của các mép 32 được cải thiện sẽ giảm bớt khả năng lan vết nứt khi bị các va đập. Ngược lại, các mép nhám hơn có thể tạo ra các phần nhô mà dễ bị những tác động hơn và dễ bị lan vết nứt hơn.

Lợi ích thứ cấp của việc định hướng hệ thống dòng chất khí là việc thu gom mảnh vụn và các hạt để ngăn chặn sự thoái hoá quang học và sự làm bẩn các thành phần khác của hệ thống laze cũng như bảo vệ vật gia công 12 khỏi các chất lắng đọng lại. Khả năng quản lý mảnh vụn được cải thiện sẽ giảm bớt tình trạng làm bẩn môi trường và tạo điều kiện thuận lợi cho việc tăng tuổi thọ các linh kiện quang học của hệ thống laze, giảm tần suất làm sạch, và giảm thời gian làm sạch trên mỗi chu trình.

Theo một số phương án, các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có độ lệch chuẩn gọn sóng nhỏ hơn $0,5 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất

khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,3 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,1 \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,5 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,3 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,1 \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,5 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,3 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,1 \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,5 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,3 \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn gợn sóng nhỏ hơn $0,1 \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng

5 mm, là có sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,5\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,3\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,1\ \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,5\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,3\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,1\ \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,5\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,3\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,1\ \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,5\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,3\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các đường vạch dầu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về sai độ rộng vạch dầu gợn sóng nhỏ hơn $0,1\ \mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,1\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,05\text{ }\mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,1\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,05\text{ }\mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,1\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 5 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,05\text{ }\mu\text{m}$.

Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng

25 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,1\ \mu\text{m}$. Theo một số phương án, các mép của các đường vạch dấu 26, mà được tạo ra với các chiều quét 20 vuông góc nhau nhờ chiều dòng chất khí trội 25 và có độ dài lớn hơn hoặc bằng 25 mm, là có sự chênh lệch về độ lệch chuẩn độ nhám nhỏ hơn $0,05\ \mu\text{m}$.

Fig.11A là hình vẽ thể hiện sơ đồ trình tự vạch dấu một chiều giản lược trên vật gia công 12. Fig.11B, Fig.11C, và Fig.11D là các hình vẽ thể hiện đồ thị của các biên dạng chuyển động tương ứng được nêu làm ví dụ của gia tốc, vận tốc, và vị trí theo thời gian mà tương ứng với trình tự vạch dấu một chiều giản lược trên Fig.11A.

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.11A đến Fig.11D (gọi chung là Fig.11), thì trình tự quét laze có thể được điều khiển để giảm thiểu thời gian quét cho mỗi vật gia công 12 theo sơ đồ quét một chiều. Theo một số phương án, vật gia công 12 có thể được đặt và được đồng chỉnh theo cách thông thường vào trường quét 14 hoặc kết cấu đỡ vật gia công, chẳng hạn tầng hay bệ. Theo một số phương án, ban đầu thì trục chùm laze được đồng chỉnh (thường là vuông góc) với tâm của vật gia công 12 hoặc tâm của trường quét 14. Như được thể hiện trên Fig.11A, chiều dòng chất khí trội 25 là chéo (tạo góc 45°) với trường quét 14, đi từ phía dưới bên trái đến phía trên bên phải. Các đường vạch dấu 26 dự định là song song hoặc vuông góc với chu vi của trường quét 14.

Chiều dòng chất khí 22 và hướng của các đường vạch dấu được dự định trên vật gia công 12 tạo thuận lợi cho các trình tự nhất định để vạch dấu các đường kẻ trên vật gia công mà tối đa hoá năng suất cho sơ đồ định tuyến một chiều. Theo một số phương án, đường vạch dấu 26 được quét từ điểm bắt đầu thẳng đứng thứ nhất theo trục bắt đầu theo hướng thứ nhất tại tốc độ xử lý cụ thể theo trục đường kẻ thẳng đứng thứ nhất, sau đó trục chùm laze được làm quay trở lại điểm bắt đầu thẳng đứng thứ hai lân cận theo trục bắt đầu theo hướng thứ nhất nhưng ở vị trí trục vuông góc khác mà đồng chỉnh với trục đường kẻ thẳng đứng thứ hai. Theo phương án được thể hiện trên Fig.11A, các đường nét đậm biểu thị các đường vạch dấu 26 theo các đường quét 16, các đường nét mảnh biểu thị các đường quay lại 17 (hay các đường IRQ 17) trục chùm laze di chuyển theo đó trong lúc laze được tắt đi hoặc các xung laze được chặn. Như được thể hiện trên Fig.11A, quy trình vạch dấu laze được khởi tạo về phía góc trên bên trái của trường quét 14, và tất cả các đường kẻ thẳng đứng được vạch dấu từ trên xuống theo chiều chéo và ngược gió với chiều dòng chảy 22.

Sau khi đường kẻ thẳng đứng ngoài cùng bên trái được quét đường kẻ, thì trục chùm di chuyển theo đường chuyển tiếp (trong lúc laze đã được tắt đi hoặc các xung laze được chặn) đến điểm bắt đầu thứ nhất nằm ngang. Sau đó, đường vạch dấu 26 được quét từ điểm bắt đầu nằm ngang thứ nhất theo trục bắt đầu theo hướng thứ hai tại tốc độ xử lý cụ thể theo trục đường kẻ nằm ngang thứ nhất, sau đó trục chùm laze được làm quay trở lại điểm bắt đầu nằm ngang thứ hai lân cận theo trục bắt đầu theo hướng thứ hai nhưng ở vị trí trục vuông góc khác mà đồng chỉnh với trục đường kẻ nằm ngang thứ hai. Tất cả các đường kẻ nằm ngang được vạch dấu từ trên xuống theo chiều chéo và ngược gió với chiều dòng chảy 22. Cần hiểu rằng từ ngữ thẳng đứng và nằm ngang là được sử dụng ở đây làm các thuật ngữ tương đối để cho thuận tiện, và rằng vật gia công 12 chủ yếu được đỡ theo hướng sao cho các đường kẻ là song song với sàn nhà.

Các đường kẻ theo trục X và trục Y trong toàn bộ trường quét 14 cỡ lớn (chẳng hạn 30 mm x 30 mm) là có thể được xử lý trong một thao tác liên tục, trong đó các xung của chùm laze được chặn trong lúc trục chùm laze được định hướng qua đường quay lại và đường chuyển tiếp.

Lưu ý rằng nhiều loại hệ thống định vị chùm mà sử dụng trục chùm di động là có thể tăng tốc và di chuyển trục chùm cực nhanh. Ví dụ, vận tốc lớn nhất thông thường đối với hệ thống dựa trên điện kế là khoảng 4-5 mét trên giây (m/s), nên trục chùm có thể đi qua trường quét 14 cỡ 20 mili mét (mm) trong khoảng 4-5 mili giây (ms) nếu muốn. Theo đó, thời gian cần thiết bổ sung để định tuyến một chiều là nhỏ và không đáng kể so với thời gian cần thiết để gây ra những sự thay đổi về khí lực cho chiều dòng chất khí 22 hoặc thời gian cần thiết để thay đổi hướng của vật gia công 12.

Theo nhiều phương án, trục chùm laze sẽ được định hướng trên đường quét đối với vài chặng cho đến khi thao tác xử lý laze đã được hoàn thành. Các chặng quét lặp đi lặp lại này có thể được đồng chỉnh để chồng hoàn toàn với chặng quét trước đó, chồng một phần với chặng quét trước đó, hoặc được xô dịch khỏi và không chồng với chặng quét trước đó, để các đường vạch dấu 26 lần lượt chồng hoàn toàn với đường vạch dấu 26 trước đó, chồng một phần với đường vạch dấu 26 trước đó, hoặc được xô dịch khỏi và không chồng với đường vạch dấu 26 trước đó.

Ngoài ra, các công thức thông số laze cho mỗi chặng quét có thể được chọn một cách độc lập, để hai chặng quét bất kỳ có thể sử dụng một hoặc nhiều giá trị khác nhau cho một hoặc nhiều thông số laze khác nhau. Ngoài ra, các công thức thông số laze có

thể được làm biến thiên trong một chặng quét, có thể được làm biến thiên giữa các phân đoạn chặng quét vuông góc khác nhau, hoặc có thể được làm biến thiên với một phân đoạn chặng quét riêng lẻ. Ví dụ, tập hợp đường kẻ song song thứ nhất có thể được xử lý với công thức thông số laze thứ nhất, và sau đó tập hợp đường kẻ song song thứ hai (mà vuông góc với các đường kẻ của tập hợp thứ nhất) có thể được xử lý với công thức thông số laze mà chặn hoặc cải biến các xung của chùm laze bất cứ khi nào trục chùm laze quét qua các đường vạch dấu 26 mà được tạo ra theo tập hợp đường kẻ song song thứ nhất (để các giao điểm của hai tập hợp đường kẻ này không bị xử lý đúp).

Fig.11E là hình vẽ thể hiện sơ đồ trình tự vạch dấu một chiều giản lược khác trên vật gia công 12. Như được thể hiện trên Fig.11E, mẫu di chuyển 18 có thể được làm thích ứng cho diện tích nhỏ hơn, chẳng hạn trường quét 14a cỡ nhỏ hơn. Các mẫu di chuyển 18 hoặc các trường quét 14a cỡ nhỏ hơn có thể được tạo kích thước để: phân cách các kết cấu đặc trưng riêng lẻ hoặc các thiết bị khỏi vật gia công 12; điều tiết thị trường hoặc các giới hạn về băng thông của thành phần lái chùm (chẳng hạn AOM (Acousto-Optic Modulator - bộ điều chế âm-quang)); tối đa hoá năng suất; điều tiết hoặc tận dụng các công thức thông số laze; hoặc điều tiết hoặc tận dụng những sự tương tác laze-vật liệu nhất thời. Trường quét 14a trên Fig.11E được tạo kích thước để phân cách mạch điện riêng lẻ nằm giữa hai cặp đường kẻ vuông góc.

Đường quét này là liên tục trên trường quét thành phần 14a. Tất cả những đường quét vạch dấu là được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí 22. Các xung của chùm là bị chặn trong lúc trục chùm laze di chuyển theo đường quay lại và đường chuyển tiếp mà được biểu diễn bằng các đường tối, và các xung của chùm không bị chặn trong lúc trục chùm laze quét các phân đoạn con của đường kẻ trên vật gia công 12.

Các trường quét thành phần 14a có thể được xử lý theo trình tự sao cho tất cả các xung đầu tiên của mỗi lần quét vạch dấu trong trường quét thành phần 14a đều được đặt để bắt đầu trên vùng được vạch dấu trước đó (cuối phân đoạn vạch dấu liền kề từ trường quét thành phần 14a được vạch dấu liền kề trước đó). Công bố patent Mỹ số 2014/0312013 bộc lộ chi tiết hơn về các kỹ thuật xử lý laze, bao gồm kỹ thuật di chuyển trục chùm, các lệnh điều khiển, và các công thức thông số laze để xử lý các trường quét 14 chồng nhau và kề nhau. Công bố patent Mỹ số 2014/0312013 được chuyển nhượng cho bên nhận chuyển nhượng là chủ đơn này, và được kết hợp vào bản

mô tả này bằng cách viện dẫn. Lưu ý rằng bản thân trường quét 14 có thể là một trong số nhiều trường quét 14 kề nhau trên vật gia công 12 cỡ lớn hơn nhiều, và có thể bao gồm nhiều trường quét thành phần 14a. Theo một số phương án, trường quét 14 có thể là diện tích được chiếu vào bởi cặp gương 96 được dẫn động bằng điện kế. Theo một số phương án, trường quét 14a có thể là diện tích được chiếu vào bởi thiết bị lái tốc độ cao, chẳng hạn AOM hoặc cặp AOM.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ, theo một phương án, của trình tự trường quét mà phối hợp với chiều dòng chất khí và hướng xử lý trên Fig.10B. Sơ đồ trình tự trường quét trên Fig.12 hơi giống sơ đồ trình tự trường quét đã được mô tả dựa vào Fig.11A. Tuy nhiên, sơ đồ trình tự trường quét trên Fig.12 thì bắt đầu tại góc dưới bên phải của vật gia công 12, vạch dấu các đường kẻ thẳng đứng từ dưới lên trên, và vạch dấu các đường kẻ nằm ngang từ phải sang trái để định hướng các chiều quét chéo và ngược với chiều dòng chất khí 22. Lưu ý rằng các đường kẻ trên vật gia công 12 là có hướng thông thường so với tầng đỡ và hệ thống định vị chùm, và rằng chiều dòng chất khí 22 là được thiết đặt để chéo với biên dạng quét theo trục X và trục Y truyền thống. Ưu điểm của giải pháp này là nó giữ được phần mềm hiện có để định vị và di chuyển trục chùm theo các đường kẻ của vật gia công.

Fig.13A là hình vẽ thể hiện sơ đồ hướng xử lý chéo so với chiều dòng chất khí 22 theo phương án khác. Fig.13B là hình vẽ thể hiện sơ đồ theo phương án khác của trình tự trường quét mà để phối hợp với hướng xử lý và chiều dòng chất khí được đề xuất trên Fig.13A. Như được thể hiện trên Fig.13A và Fig.13B, giữ được hệ thống dòng chất khí thông thường với chiều dòng chất khí 22 tiêu chuẩn, nhưng vật gia công 12 được gắn với các đường kẻ của nó tại góc 45° so với hướng tiêu chuẩn so với tầng đỡ và hệ thống định vị chùm và các lệnh phần mềm định vị chùm thông thường.

Sơ đồ trình tự trường quét trên Fig.13B hơi giống sơ đồ trình tự trường quét đã được mô tả dựa vào Fig.11A và Fig.12. Tuy nhiên, sơ đồ trình tự trường quét trên Fig.13B bắt đầu tại góc dưới bên trái của vật gia công 12, vạch dấu các đường kẻ chéo sang trái từ dưới lên trên, và vạch dấu các đường kẻ chéo sang phải từ dưới lên trên để định hướng các chiều quét chéo và ngược với chiều dòng chất khí 22.

Fig.14 là hình vẽ thể hiện sơ đồ áp dụng nhiều đường vạch dấu 26 chồng nhau (26_1 , 26_2 , 26_3), bao gồm các điểm laze chồng nhau trong mỗi đường vạch dấu, để tạo ra kết cấu đặc trưng, chẳng hạn khía, trên vật gia công 12. Như được thể hiện trên Fig.14,

kết cấu đặc trưng của vật gia công, chẳng hạn khía hoặc dẫu, mà cần được gia công, là có thể có độ rộng lớn hơn độ rộng của đường vạch dẫu 26 mà được tạo ra bởi một chặng quét đơn của trục chùm laze. Khoảng cách trục vuông góc 56 giữa tâm của các đường vạch dẫu 26 kề nhau có thể là hàm của độ rộng khía, kích thước điểm, và độ chồng nhau mong muốn giữa các đường vạch dẫu 26 kề nhau trong không gian. Các thông số này có thể trực tiếp ảnh hưởng đến số lượng chặng được dùng để xử lý đường kẻ hoặc tạo ra kết cấu đặc trưng của vật gia công. Khoảng cách trên trục của các điểm laze có thể được điều khiển bởi kích thước chồng chéo điểm trên trục, kích thước điểm của chùm laze, và kích thước miếng mong muốn. Các thông số này có thể trực tiếp ảnh hưởng đến vận tốc của trục chùm so với vật gia công 12. Một số trong số các chủ đề này được mô tả trong patent Mỹ số 6,586,707 và patent Mỹ số RE 43,400, mà được chuyển nhượng cho bên nhận chuyển nhượng là chủ đơn này, và được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Fig.15 là hình vẽ thể hiện ví dụ về sơ đồ áp dụng các công thức thông số khác nhau cho các đường vạch dẫu 26 chồng nhau mà được dùng để tạo ra kết cấu đặc trưng. Công thức thông số laze có thể được điều khiển trên cơ sở mỗi chặng quét để giảm thiểu sự tương tác laze-vật liệu mà gây ra sự lái chùm sau thấu kính và sự gợn sóng không chủ ý, tức là, công thức cho mỗi trong số các đường vạch dẫu 26 chồng nhau là có thể được tạo ra bởi công thức đặc thù hoá (hoặc chúng có thể dùng chung các công thức). Ví dụ, các đường vạch dẫu 26 ở tâm của khía có thể được tạo ra với liều năng lượng cao hơn so với các đường vạch dẫu 26 tại mép của các khía, nhờ đó gây ra ít sự gợn sóng mép hơn cho khía và cải thiện chất lượng xử lý. Như đã nêu trên, các phân đoạn riêng phần của mỗi chặng quét của một đường kẻ cũng có thể sử dụng các thành phần công thức khác nhau. Tương tự, các đường kẻ theo trục X và Y có thể dùng chung các công thức thông số laze hoặc có thể có các công thức khác nhau. Ngoài ra, các giao điểm của các đường vạch dẫu 26 theo trục X và Y có thể được xử lý với các tham số khác so với các phần không giao nhau của các đường vạch dẫu 26 theo trục X và Y. Ngoài ra, thứ tự mà theo đó các chặng được thực hiện có thể là một phần của công thức. Cụ thể là, đường vạch dẫu 26₂ ở tâm của khía có thể được xử lý trước mỗi trong số hai đường vạch dẫu 26₁ và 26₃, sau cả đường vạch dẫu 26₁ lẫn đường vạch dẫu 26₃, hoặc giữa các đường vạch dẫu 26₁ và 26₃. Lưu ý rằng từ ngữ "lặp" và "chặng" đôi khi được sử dụng đồng nghĩa nhau; tuy nhiên, lặp lại có nghĩa là thực hiện bước công thức giống

nhau hoàn toàn, hai hoặc nhiều lần. Việc lặp lại vẫn công thức đó thường được sử dụng trong các ứng dụng kẻ ô.

Fig.16A và Fig.16B là các hình vẽ thể hiện sơ đồ các trình tự chặng quét khác nhau cho các đường vạch dấu 26 chồng nhau để tạo ra kết cấu đặc trưng. Cụ thể là, thứ tự mà trong đó các đường vạch dấu 26 chồng nhau được quét trong một phân đoạn đường kẻ là có thể được kiểm soát. Hiệu ứng gợn sóng là tương quan với năng lượng xung được sử dụng và thể tích vật liệu được loại bỏ, bằng cách thay đổi thứ tự và/hoặc vị trí tương đối của các đường vạch dấu 26 chồng nhau thì sự gợn sóng có thể được ẩn giấu một cách hiệu quả bên trong khía nhờ sử dụng thứ tự vạch dấu “từ trong ra ngoài”, trong đó đường vạch dấu 26 đầu tiên là nằm quanh tâm của đường kẻ, và các đường vạch dấu sau đó thì được đặt xa hơn tính từ tâm đường kẻ cho đến khi đạt được độ rộng khía mong muốn.

Như được thể hiện trên Fig.16B, thứ tự vạch dấu “từ ngoài vào trong” có thể được thực hiện cho một số phương án. Cụ thể là, lần quét thứ nhất và lần quét thứ hai theo phương án được thể hiện có thể được thực hiện với ít năng lượng xung hơn những lần quét mà được thực hiện nhiều cho đường trung bình của khía hơn.

Cũng cần hiểu rằng có thể có nhiều thứ tự vạch dấu khác. Ví dụ, thứ tự vạch dấu tuần tự liên kế có thể được sử dụng, đặc biệt là nếu các đường vạch dấu 26 tại các mép của khía được tạo ra với năng lượng xung thấp hơn. Tương tự, thứ tự ngẫu nhiên có thể được sử dụng.

Một bước tiến trình của công thức có thể bao gồm một đường vạch dấu 26 đơn. Thông thường, các bước tiến trình của công thức mà có thể khác nhau về năng lượng, vận tốc, kích thước miếng và vị trí trục vuông góc là có thể được sử dụng để tạo ra khía có độ rộng mong muốn. Mặc định thì trình tự công thức xử lý là “bề rộng trước”, trong đó mỗi bước tiến trình của công thức được thực hiện trên các phân đoạn đường kẻ theo trục X và Y trước khi tiến đến bước công thức thứ hai. Trình tự xử lý theo công thức bề rộng trước này cũng sẽ thường bao gồm tất cả những lần lặp lại các chặng mà sử dụng công thức giống nhau trước khi tiến đến bước công thức thứ hai. Tuy nhiên, theo một số phương án, thì kiểu công thức “độ sâu trước” có thể được sử dụng, trong đó tất cả các bước công thức được thực hiện đối với một phân đoạn đường kẻ đơn trước khi di chuyển đến phân đoạn đường kẻ tiếp theo.

Các thông số công thức thông thường bao gồm: các mức năng lượng xung từ 0,1 - 20 μJ ; các tốc độ lặp xung từ 100 KHz - 100 MHz; các độ rộng xung từ 0,1 ps đến 500 ns, cụ thể hơn là 0,1 ps đến 1 μs ; các bước sóng từ 208 nm đến 1700 nm (được ưu tiên là dải UV, xanh lục hoặc IR (hồng ngoại)); các kích thước điểm (trục chính, đường kính, hoặc điểm thất) từ 10 - 50 μm ; các kích thước miếng từ 0,1 - 20 μm ; các vận tốc quét lên đến 4 - 5 m/s; dạng xung thời gian bao gồm một trong số dạng Gaussian, được tạo dạng, “mũ chóp cao”, hoặc “hình ghe”; dạng xung không gian bao gồm một trong số dạng bo tròn, hình tròn, hình vuông, hình elip, hình chữ nhật, hình benzen hoặc hình vòng; chế độ laze bao gồm một trong số chế độ liên tục, dạng xung, hoặc loạt.

Việc quét theo chiều chéo và ngược với chiều dòng chất khí trội 25 sẽ cho phép sử dụng năng lượng xung hoặc độ thông lớn hơn so với mức mà có thể được sử dụng để quét theo chiều vuông góc với gió, vốn sẽ có các đặc tính gợn sóng xấu hơn tương đối tại các năng lượng xung và các độ thông cao hơn. Theo một số phương án, năng lượng xung nêu trên là lớn hơn hoặc bằng 2 μJ . Theo một số phương án, năng lượng xung nêu trên là lớn hơn hoặc bằng 6 μJ . Theo một số phương án, kích thước miếng là nhỏ hơn hoặc bằng 5 μm . Theo một số phương án, kích thước chồng chéo điểm là lớn hơn hoặc bằng 50%. Theo một số phương án, giới hạn thời gian quét ngang là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5 s. Theo một số phương án, tốc độ lặp là lớn hơn hoặc bằng 1 MHz.

Fig.17 là hình vẽ thể hiện sơ đồ giản lược của hệ thống gia công vi cơ bằng laze 60 có sử dụng cơ cấu tạo dòng chất khí 62 và có khả năng thực hiện phối hợp dòng chất khí và các kỹ thuật quét đã được mô tả ở đây. Vẫn như được thể hiện trên Fig.17, laze 64 của hệ thống gia công vi cơ bằng laze 60 được nêu làm ví dụ này phát ra chùm xung laze theo quang trình 66 để lan truyền qua các thành phần quang học 68, thiết bị chọn xung 74, một hoặc nhiều gương gập 78 đến bộ định vị nhanh 80 của hệ thống định vị chùm 82 mà cuối cùng sẽ hướng trục chùm 84 của quang trình 66 qua thấu kính quét 85 lên vị trí điểm 86 trên bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, bộ định vị nhanh 80 và thấu kính quét có thể được tạo kết cấu để tạo thành đầu quét laze mà di chuyển được như một khối, chẳng hạn dọc theo các đường ray của hệ thống giàn giáo. Các thành phần quang học 68 có thể bao gồm các thành phần quang học khác nhau đã biết, chẳng hạn các thành phần thấu kính mở rộng chùm, các bộ suy hao tùy ý chẳng hạn như các thiết bị âm-quang hoặc điện tử-quang, và/hoặc các bộ cảm biến hồi tiếp

chẳng hạn như để cấp năng lượng, để định thời hoặc định vị, mà được đặt tại các vị trí khác nhau dọc theo quang trình 66.

Thiết bị chọn xung 74 có vai trò như cửa trập tốc độ cao để chặn hoặc cho phép các xung laze lan truyền tiếp dọc theo quang trình 66 và xác định xem các xung laze nào được phép tới vật gia công 12. Thiết bị chọn xung 74 có thể bao gồm thiết bị điện tử-quang hoặc bộ điều chế âm-quang (Acousto-Optic Modulator - AOM) 90. AOM 90 đáp ứng lại các tín hiệu lệnh AOM mà được phân phối theo đường tín hiệu AOM 92 từ bộ điều khiển 94. Các tín hiệu lệnh AOM này làm cho bộ biến đổi trên AOM 90 tạo ra các sóng âm ở AOM để làm cho chùm mà lan truyền qua AOM 90 được làm lệch hướng theo các góc thoát định trước mà đồng chỉnh hoặc không đồng chỉnh với quang trình 66 đến bộ định vị nhanh 80. Theo cách khác, chuyển mạch Q nội khoang 106 có thể được dùng để ngăn không cho laze 64 tạo ra chùm ở các phần không tới 17 của mẫu di chuyển 18.

Bộ định vị nhanh 80 có thể bao gồm thiết bị định vị chùm bất kỳ mà có khả năng nhanh chóng thay đổi chiều của trục chùm 84 trên trường quét 14 cỡ tương đối lớn. Theo một số phương án, bộ định vị nhanh 80 có thể bao gồm cặp gương 96 theo trục X và trục Y được dẫn động bằng điện kế trên vật gia công 12. Theo một số phương án, trường quét 14 có đường kính (hoặc trục chính) từ 10 mm đến 100 mm. Theo một số phương án, trường quét 14 có đường kính lớn hơn 15 mm. Theo một số phương án, trường quét 14 có đường kính từ 25 mm đến 50 mm. Theo một số phương án, trường quét 14 có đường kính nhỏ hơn 75 mm. Theo một số phương án, trường quét 14 có thể bao gồm các vùng di chuyển của điện kế không sử dụng được để xử lý laze do các hiệu ứng mép của thấu kính quét, nên trường xử lý 15 có thể tận dụng được (ví dụ, Fig.1, Fig.5, Fig.10A, Fig.11A, và Fig.11E) có thể nhỏ hơn trường quét 14.

Theo cách khác, tùy theo kích thước của trường quét 14 mong muốn mà bộ định vị nhanh 80 có thể sử dụng bộ định vị tốc độ cao, chẳng hạn thiết bị âm-quang hoặc gương có thể biến dạng (hoặc gương lái nhanh khác), mặc dù các thiết bị này có xu hướng là có phạm vi làm lệch chùm nhỏ hơn so với các gương điện kế 96. Theo cách khác, bộ định vị tốc độ cao có thể được sử dụng ngoài các gương điện kế 96 ra và có thể được hợp nhất với hoạt động điều khiển và sự di chuyển của trục chùm 84 mà được thực hiện bởi các gương điện kế 96, hoặc có thể được chồng lên sự di chuyển của trục chùm 84 mà được thực hiện bởi các gương điện kế 96, chẳng hạn để sửa lỗi. Theo một số

phương án, bộ định vị nhanh 80 được đỡ ở vị trí cố định. Theo các phương án khác, bộ định vị nhanh 80 được đỡ bởi tầng di chuyển được so với vật gia công 12, chẳng hạn trong hệ thống trục chia. Một bộ định vị nhanh 80 được nêu làm ví dụ có băng thông hàng trăm kilô héc và có thể có vận tốc tuyến tính từ khoảng 2 hoặc 3 m/s đến khoảng 10 m/s và gia tốc khoảng 1000 đến 2000 G. Tất nhiên là vận tốc tuyến tính này cũng có thể hoạt động dưới các khoảng này.

Theo một số phương án, hệ thống định vị chùm 82 sử dụng tầng định vị vật gia công 100 mà được ưu tiên là điều khiển ít nhất hai bộ, chẳng hạn tầng trên 102, mà có thể đỡ mâm cặp 98 vốn đỡ vật gia công 12, và tầng dưới 104, để đỡ tầng trên 102. Mâm cặp hoặc vật gia công 12 thường được đặt hoặc được định hướng ở trạm xử lý mà có thể được xác định bởi vùng khả năng hoạt động của hệ thống định vị chùm 82 và có thể tùy ý bao gồm các phạm vi di chuyển của các tầng. Theo một số phương án, vật gia công 12 hoặc mâm cặp 98 có thể được định hướng so với trạm xử lý hoặc so với trường quét 14 hoặc trường xử lý 15. Theo một số phương án, một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng có thể được dùng để định hướng. Theo một số phương án, các kết cấu đặc trưng này có thể là các điểm chuẩn, các đường kẻ, hoặc các dấu đồng chỉnh cụ thể, v.v.. Những kỹ thuật định hướng và đồng chỉnh khác cũng có thể được sử dụng. Lưu ý rằng vật gia công có thể được đồng chỉnh với hướng cụ thể của trường quét 14 hoặc trường xử lý 15 (chẳng hạn được định trước bởi phần mềm hoặc các công thức xử lý), hoặc trường quét 14 hoặc trường xử lý 15 có thể được đồng chỉnh với các kết cấu đặc trưng trên vật gia công 12.

Tầng trên 102 và tầng dưới 104 này thường được di chuyển bởi các mô tơ tuyến tính và thường được gọi là các tầng X-Y, với tầng trên 102 di chuyển được theo trục này và tầng dưới 104 di chuyển được theo trục kia. Tầng định vị vật gia công 100 thông thường có băng thông vài chục kilô héc và có thể có vận tốc 2 hoặc 3 m/giây và gia tốc lớn hơn hoặc bằng 1,5 G. Các tầng tịnh tiến hiệu quả về chi phí hiện tại di chuyển với vận tốc nằm trong khoảng 400 mm/s đến khoảng 1 m/s. Tất nhiên là chúng cũng có thể di chuyển chậm hơn nhiều. Đường bao công tác của tầng định vị vật gia công 100 thường lớn hơn nhiều so với trường quét 14 của các gương điện kế 96.

Theo một số phương án, hệ thống gia công vi cơ bằng laze 60 thực hiện hoạt động kẻ ô bằng laze theo cách từng bước và lặp lại, trong đó tầng định vị vật gia công 100 di chuyển vật gia công 12 đến một vị trí so với bộ định vị nhanh 80 và trục chùm 84 để vị

trí vật gia công được duy trì trong lúc thực hiện hoạt động kẻ ô mà được thực hiện bởi bộ định vị nhanh 80. Cụ thể là, tầng định vị vật gia công 100 có thể định vị các vùng cụ thể của vật gia công 12 trong trường quét 14 của các gương điện kế 96. Các gương điện kế 96 có thể hướng trục chùm 84 để thực hiện một hoặc nhiều công thức hoặc mẫu di chuyển 18 mà bao gồm một hoặc nhiều đường quét 16 để cắt trong trường quét 14 trên vật gia công 12 trong khi tầng định vị vật gia công 100 có thể được dừng lại hoàn toàn trên trường quét 14. Theo một số phương án, để có năng suất mong muốn, thì trục chùm 84 không dừng lại cho đến khi tắt cả các chạng của các mẫu di chuyển 18 trên trường quét 14 cụ thể đã được hoàn tất.

Sau một hoặc nhiều chạng của trục chùm 84 trong các mẫu di chuyển 18, thì tầng định vị vật gia công 100 có thể di chuyển để định vị trường quét 14 của các gương điện kế 96 trên vùng khác của vật gia công 12, chẳng hạn vùng lân cận của trường quét 14. Theo một số phương án, thì hoạt động xử lý laze không diễn ra trong lúc trục chùm 84 đang tăng tốc. Các ưu điểm của việc sử dụng trục chùm di chuyển với vận tốc không đổi và các xung có tốc độ lặp không đổi bao gồm các đặc tính xung laze ổn định và có thể dự đoán được.

Các kỹ thuật được bộc lộ ở đây có thể được thực hiện trên máy ESI đời 9900 và 9970, mà sử dụng các hệ thống định vị chùm dựa trên điện kế, chẳng hạn các máy đang được bán bởi công ty Electro Scientific industries Inc. (ESI) of Portland, Oregon. Ngoài ra, các kỹ thuật được bộc lộ ở đây có thể được thực hiện trên hệ thống laze dựa trên điện kế bất kỳ của ESI để vạch dấu, kẻ ô, hoặc đánh dấu. Những kỹ thuật được bộc lộ ở đây cũng có thể được thực hiện trên hệ thống laze ESI bất kỳ mà sử dụng trục lái chùm di động.

Bất kỳ trong số các hệ thống laze và các kỹ thuật xử lý laze, bao gồm kỹ thuật di chuyển trục chùm, điều khiển lệnh, và các công thức thông số laze, mà được bộc lộ trong patent Mỹ số 6,586,707, patent Mỹ số 6,841,482, patent Mỹ số 7,947,575, công bố patent Mỹ số 2011/0029124, và công bố patent Mỹ số 2014/0312013, mà không loại trừ lẫn nhau để quét laze một chiều, là có thể được thực hiện sao cho chiều quét laze được định hướng chéo và ngược với chiều dòng chất khí trội 25 như đã được bộc lộ ở đây. Patent Mỹ số 6,586,707, patent Mỹ số 6,841,482, patent Mỹ số 7,947,575, công bố patent Mỹ số 2011/0029124, và công bố patent Mỹ số 2014/0312013 đã được chuyển

nhượng cho bên nhận chuyển nhượng là chủ của đơn này, và được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Ngoài ra, bất kỳ trong số các hệ thống laze và các kỹ thuật xử lý laze, bao gồm kỹ thuật di chuyển trục chùm, điều khiển lệnh, và các công thức thông số laze, mà được bộc lộ trong patent Mỹ số RE 43,400, mà không loại trừ lẫn nhau để quét laze một chiều, là có thể được thực hiện sao cho chiều quét laze được định hướng chéo và ngược với chiều dòng chất khí trội 25 như đã được bộc lộ ở đây. Patent Mỹ số RE 43,400 được chuyển nhượng cho bên nhận chuyển nhượng là chủ đơn này, và được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Các kỹ thuật chiều quét so với chiều dòng chất khí cũng có thể được thực hiện trên các hệ thống laze mà sử dụng nhiều chùm để thực hiện những lần quét laze một cách đồng thời hoặc tuần tự. Theo một số phương án, hai chùm có thể được sử dụng để quét theo các chiều vuông góc.

Fig.18A là hình vẽ thể hiện hình chiếu bằng giản lược, theo một phương án ví dụ, của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 được định hướng trên trường quét 14 để dòng chất khí lũy tích được định hướng chéo so với các đường quét 16 được dự định. Fig.18B là hình vẽ thể hiện hình phối cảnh nhìn từ trên, đằng sau, và sườn phải của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 trên Fig.18A. Fig.18C là hình vẽ thể hiện hình nhìn từ dưới, đằng trước, và sườn trái của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 trên Fig.18A. Như được thể hiện trên Fig.17, Fig.18A, Fig.18B, và Fig.18C, cơ cấu tạo dòng chất khí 62 có thể bao gồm một hoặc nhiều thiết bị phun khí 110, chẳng hạn các dao thổi khí, mà có thể được đặt ngang qua khung trường quét 112 từ cửa vào ống xả 114 của ống xả 116.

Các thiết bị phun khí 110 có thể sử dụng một vòi 120 hoặc nhiều vòi 120, mà có thể được định hướng tương tự nhau hoặc được định hướng khác nhau. Ngoài ra, mỗi vòi 120 có thể tạo ra áp suất hoặc vận tốc chất khí và hình dạng luồng không khí giống nhau, hoặc vòi 120 có thể tạo ra các áp suất hoặc các vận tốc và các hình dạng luồng không khí khác nhau. Các vòi 120 mà có các đặc tính này là có thể được thiết lập trước, hoặc các vòi 120 có thể được điều chỉnh riêng lẻ để tạo ra áp suất, vận tốc, và hình dạng chất khí. Ngoài ra, các vòi 120 có thể được điều khiển riêng lẻ đó có thể được bộ điều khiển 94 điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp. Theo một số phương án, các vòi 120 được định hướng để tạo ra dòng chất khí trung bình mà song song tương đối với bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, các vòi 120 được định hướng để tạo ra

dòng chất khí mà được định hướng ít nhất một phần về phía bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, các vòi này được làm thích ứng để tạo ra các thành phần dòng chất khí quạt về phía bề mặt 88 của vật gia công 12 và các thành phần dòng chất khí quạt ra khỏi bề mặt 88 của vật gia công 12. Các góc quạt không cần phải giống nhau, và cũng có thể được điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp bởi bộ điều khiển. Khả năng biến thiên hoặc sự đa dạng về vị trí bất kỳ mà được tạo ra cho các vòi 120 là có thể được điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp bởi bộ điều khiển 94.

Các thiết bị phun khí 110 có thể được nạp khí qua các cổng chất khí vào 122, qua các vòi dẫn hoặc các ống dẫn khác từ nguồn chất khí tăng áp (không được thể hiện trên hình vẽ). Áp suất của không khí đi qua các cổng chất khí vào 122 là có thể được điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp bởi bộ điều khiển 94. Vận tốc của chất khí mà được các vòi 120 cung cấp cũng có thể ảnh hưởng đến độ gọn sóng. Nói chung, vận tốc chất khí vào càng thấp xuống giá trị khác không thì càng tốt. Nói cách khác, vận tốc chất khí vào càng thấp thì nói chung là càng làm giảm độ gọn sóng. Theo một số phương án, chất khí được sử dụng là một trong số khí nitơ, oxy, hoặc không khí (có thể được lọc) trước khi được nạp qua các cổng chất khí vào 122. Cần hiểu rằng chất khí có thể bao gồm các hợp phần khác, và rằng loại chất lỏng bất kỳ cũng có thể được sử dụng, chẳng hạn chất lỏng hoặc chất khí.

Khung trường quét 112 có thể nối, về mặt vật lý, kết cấu đỡ phun khí 124, mà đỡ các thiết bị phun khí 110, đến cửa vào ống xả 114 của ống xả 116. Nói chung, khung trường quét 112 tạo thành trường dòng chất khí 123 không bị cản mà lớn hơn diện tích của trường quét 14 hoặc lớn hơn diện tích của trường xử lý 15. Theo một số phương án, một hoặc nhiều trong số các kích thước dài và rộng của khung trường quét 14 (hoặc trường dòng chất khí 123) là lớn hơn kích thước đường chéo của trường xử lý 15 hoặc lớn hơn đường kính hoặc trục chính của trường quét 14.

Theo một số phương án, khung trường quét 112 không có bề mặt đỉnh chồng lên nào giữa các mép 124a và 124b hoặc bề mặt đáy giữa các mép 124c và 124d trên trường dòng chất khí 123 của khung trường quét 112. Tuy nhiên theo một số phương án, khung trường quét 112 có thể sử dụng bề mặt nắp đậy giữa các mép 124a và 124b nếu bề mặt đó trong suốt đối với bước sóng của chùm laze. Theo một số phương án, khung trường quét 112 sử dụng vách sườn 126a giữa các mép 124a và 124c và/hoặc vách sườn 126b giữa các mép 124b và 124d.

Theo một số phương án, chiều dòng chất khí trội 25 là song song với một hoặc cả hai trong số các vách sườn 126a và 126b, và khung trường quét 112 được đặt bên trên bề mặt 88 của vật gia công 12 sao cho các đường kẻ của vật gia công 12 được định hướng chéo với chiều dòng chất khí trội 25. Như đã nêu trên, hướng tương đối này là có thể đạt được bằng cách định hướng các đường kẻ của vật gia công 12 theo hướng tiêu chuẩn so với trường xử lý 15 và hệ thống gia công vi cơ bằng laze 60, và bằng cách định hướng cơ cấu tạo dòng chất khí 62 (hay cụ thể là khung trường quét 112) sao cho nó chéo với hướng của các đường kẻ của vật gia công 12. Theo cách khác, cơ cấu tạo dòng chất khí 62 (hay cụ thể là khung trường quét 112) có thể được định hướng để được đồng chỉnh với hướng tiêu chuẩn của các đường kẻ của vật gia công, nhưng vật gia công 12 có thể được định hướng sao cho các đường kẻ của nó được định hướng chéo đối với hướng tiêu chuẩn của trường xử lý 15.

Theo một số phương án, ống xả 116 có thể có trục chính gần như song song với chiều dòng chất khí trội 25. Tuy nhiên theo một số phương án, ống xả 116 có thể có một hoặc nhiều góc giữa cửa vào ống xả 114 và cửa ra ống xả 130 mà có thể được nối trực tiếp hoặc gián tiếp đến nguồn chân không (không được thể hiện trên hình vẽ). Lượng hút chân không của nguồn chân không này có thể được điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp bởi bộ điều khiển 94. Cơ cấu tạo dòng chất khí 62 cũng có thể sử dụng các cánh van hoặc các van đổi hướng 134 tùy ý gắn các vòi hoặc trong ống xả 116 để hướng dòng chất khí và trợ giúp loại bỏ mảnh vụn.

Cơ cấu tạo dòng chất khí 62 có thể được lắp để có thể di chuyển độc lập với vật gia công 12. Theo một số phương án, cơ cấu tạo dòng chất khí 62 có thể được đính bằng côngxon gắn 132 một cách trực tiếp hoặc gián tiếp (chẳng hạn thông qua tấm tiếp xúc 136 nhờ loại bộ nối bất kỳ chẳng hạn như các vít tarô 138) vào đầu quét laze (hoặc đầu định vị nhanh) hoặc bàn quang học mà đỡ các thiết bị quang học tinh xảo (chẳng hạn thấu kính quét 85) sao cho trường dòng chất khí 123 có thể dễ dàng được di chuyển cùng với sự di chuyển của đầu quét laze và vị trí bắt đầu của trục chùm laze 84 đối với trường xử lý 15 cụ thể bất kỳ. Cần hiểu rằng côngxon gắn 132 có thể cho phép điều chỉnh vị trí giữa trường quét 14 và khung trường quét 112 và/hoặc cho phép điều chỉnh đầu mút hoặc độ nghiêng của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 so với bề mặt 88 của vật gia công 12. Cũng cần hiểu rằng nếu trường quét 14 và cơ cấu tạo dòng chất khí 62 có thể chuyển động độc lập (trong quá trình xử lý trên toàn bộ vật gia công 12), thì sự chuyển

động tương đối hoặc sự chuyển động có phối hợp của chúng là có thể được điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp bởi bộ điều khiển 94.

Như đã nêu trên, độ cao hoặc độ nâng của cửa vào ống xả 114 so với bề mặt 88 của vật gia công 12 cũng có thể ảnh hưởng đến độ gọn sóng. Nói chung là càng cao càng tốt, lên đến giới hạn của sự kéo bằng chân không; lực, góc, và độ cao của chất khí được đưa vào; và hợp phần và trạng thái hoá học của mảnh vụn. Nói cách khác, khi tăng độ cao của cửa vào ống xả 114 so với bề mặt 88 của vật gia công 12 thì có thể giảm độ gọn sóng quan sát được. Theo một số phương án, đáy của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 (hoặc cửa vào ống xả 114) có thể ở độ cao nằm trong khoảng từ 1 mm đến 20 mm so với bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, đáy của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 (hoặc cửa vào ống xả 114) có thể ở độ cao nằm trong khoảng từ 2 mm đến 10 mm so với bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, đáy của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 (hoặc cửa vào ống xả 114) có thể ở độ cao nằm trong khoảng từ 3 mm đến 7 mm so với bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, đáy của cơ cấu tạo dòng chất khí 62 (hoặc cửa vào ống xả 114) có thể ở độ cao nằm trong khoảng từ 4 mm đến 6 mm so với bề mặt 88 của vật gia công 12. Tất nhiên là độ cao này có thể nhỏ hơn 1 mm hoặc lớn hơn 20 mm so với bề mặt 88 của vật gia công 12. Theo một số phương án, các vòi phun không khí 120 được đặt về phía đáy của cơ cấu tạo dòng chất khí 162 và thấp hơn phần diện tích tiết diện chính của cửa vào ống xả 114.

Phần nêu trên chỉ thể hiện một số phương án của sáng chế và không nhằm giới hạn sáng chế. Tuy một số phương án ví dụ cụ thể đã được mô tả, nhưng những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ dễ dàng thấy rằng nhiều phương án cải biến đối với các phương án 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 cần hiểu rằng đối tượng của câu hoặc đoạn bất kỳ là có thể được kết hợp với đối tượng của một số hoặc tất cả trong số các câu hoặc các đoạn còn lại, trừ khi sự kết hợp đó loại trừ lẫn nhau.

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực cần hiểu rằng nhiều phương án thay đổi có thể được tạo ra đối với các phương án chi tiết nêu trên mà không nằm ngoài

nguyên lý của sáng chế. 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. Phương pháp tăng cường đặc tính mép của hiệu ứng vật liệu do quét lazer ngang qua vật gia công, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

định hướng tương đối trường xử lý lazer và vật gia công tại trạm xử lý của hệ thống xử lý lazer;

thiết lập, từ nguồn cung cấp chất khí, dòng chất khí vào theo chiều chất khí vào ngang qua ít nhất một phần của bề mặt chính của vật gia công, trong đó chất khí trong dòng chất khí vào này có vận tốc chất khí vào dương theo chiều chất khí vào;

tạo ra, từ nguồn chân không, dòng chất khí ra theo chiều chất khí ra ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra tạo ra chiều dòng chất khí trội ngang qua ít nhất phần này của bề mặt chính của vật gia công; và

trong lúc duy trì dòng chất khí vào và dòng chất khí ra, thì quét chùm lazer theo chiều quét lazer thứ nhất với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm lazer so với vật gia công, trong đó chùm lazer này tới vật gia công theo chiều quét lazer thứ nhất, trong đó chiều quét lazer thứ nhất này là được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí trội,

trong đó nguồn cung cấp chất khí bao gồm các vòi phun không khí và nguồn chân không bao gồm cửa vào ống xả, và

trong đó các vòi phun không khí này được đặt thấp hơn cửa vào ống xả.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước, trong lúc duy trì dòng chất khí vào và dòng chất khí ra, thì quét chùm lazer theo chiều quét lazer thứ hai với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm lazer tương ứng so với vật gia công, trong đó chiều quét lazer thứ hai này được định hướng chéo và ngược lại so với chiều dòng chất khí trội, trong đó chiều quét lazer thứ hai này là cắt ngang chiều quét lazer thứ nhất.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó chiều quét lazer thứ hai là vuông góc với chiều quét lazer thứ nhất.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chiều quét lazer thứ nhất tạo góc $135^\circ \pm 22,5^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó chiều quét laze thứ nhất tạo góc $135^\circ \pm 11,25^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.
6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó chiều quét laze thứ nhất tạo góc $135^\circ \pm 5,125^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.
7. Phương pháp theo điểm 2, trong đó chiều quét laze thứ hai tạo góc $225^\circ \pm 22,5^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó chiều quét laze thứ hai tạo góc $225^\circ \pm 11,25^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.
9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó chiều quét laze thứ hai tạo góc $225^\circ \pm 5,125^\circ$ so với chiều dòng chất khí trội.
10. Phương pháp theo điểm 2, trong đó chiều dòng chất khí trội là gần như không đổi trong những lần quét theo chiều quét laze thứ nhất và chiều quét laze thứ hai.
11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hiệu ứng vật liệu do laze bao gồm khía, dấu, lỗ via xuyên, lỗ via tịt, rãnh, hoặc sự bào mòn.
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hiệu ứng vật liệu do laze bao gồm sự bào mòn do laze.
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chiều dòng chất khí trội là song song hoặc cộng tuyến với trục trạm xử lý thứ nhất, trong đó vật gia công bao gồm tập hợp các đường kẻ giữa các kết cấu đặc trưng, các thiết bị, hoặc các ô kẻ của vật gia công, và trong đó tập hợp đường kẻ này được đồng chỉnh chéo với trục trạm xử lý thứ nhất.
14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất khí bao gồm không khí.
15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chùm laze bao gồm các xung laze có năng lượng xung lớn hơn hoặc bằng $2 \mu\text{J}$.
16. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước quét chùm laze bao gồm bước phân phối các xung laze đến vật gia công với kích thước miếng nhỏ hơn hoặc bằng $5 \mu\text{m}$.
17. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước quét chùm laze bao gồm bước phân phối các xung laze có kích thước điểm nhất định vào bề mặt chính của vật gia công, trong đó kích thước chong chéo điểm giữa các xung laze tuần tự là nhỏ hơn hoặc bằng 50% kích thước điểm này.

18. Phương pháp theo điểm 2, trong đó bước quét vãn chùm laze cũ hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai là diễn ra sau khi quét chùm laze đó theo chiều quét laze thứ nhất trong một khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 0,5 giây.
19. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đặc tính mép bao gồm một hoặc nhiều trong số độ thẳng, độ sâu, và mật độ quang.
20. Phương pháp theo điểm 2, trong đó hiệu ứng vật liệu do laze nêu trên tạo thành các kết cấu đặc trưng quét kéo dài theo chiều quét laze thứ nhất và chiều quét laze thứ hai, trong đó các kết cấu đặc trưng quét kéo dài này có độ rộng vuông góc có độ lệch chuẩn nhỏ hơn 0,5 micron.
21. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hiệu ứng vật liệu do laze nêu trên tạo thành kết cấu đặc trưng quét thứ nhất theo chiều quét laze thứ nhất, trong đó kết cấu đặc trưng quét thứ nhất này có mép sơ cấp thứ nhất và mép thứ cấp thứ nhất đối diện nhau, trong đó mỗi trong số các mép này là được biểu diễn dưới dạng đường thẳng khớp trung bình tương ứng, trong đó đỉnh và đáy nằm ngang của mỗi mép là được biểu diễn dưới dạng các giá trị tuyệt đối so với đường thẳng khớp trung bình tương ứng này, trong đó độ lệch chuẩn của các giá trị tuyệt đối của mỗi mép đến đường thẳng khớp trung bình tương ứng của nó là nhỏ hơn 0,3 micron.
22. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất có sử dụng một hoặc nhiều trong số: gương được dẫn động bằng điện kế, gương lái nhanh, máy quét đa giác quay, và thiết bị âm-quang.
23. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất có sử dụng một hoặc nhiều gương được dẫn động bằng điện kế.
24. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội là liên tục trong lúc và giữa bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất với sự chuyển động tương đối.
25. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chùm laze được quét trong tập hợp quét gồm nhiều chạng để tạo ra kết cấu đặc trưng quét kéo dài mà có độ dài kết cấu đặc trưng và chiều rộng kết cấu đặc trưng, trong đó mỗi chạng quét laze để tạo ra kết cấu đặc trưng quét kéo dài sẽ quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất, và trong đó hiệu ứng vật liệu do laze của mỗi chạng của tập hợp quét này là chồng với ít nhất một trong số chạng khác của tập hợp quét này.

26. Phương pháp theo điểm 25, trong đó các chặng nêu trên bao gồm ít nhất là chặng đầu tiên và chặng cuối cùng, trong đó kết cấu đặc trưng quét kéo dài nêu trên có mép sơ cấp kéo dài và mép thứ cấp kéo dài đối diện nhau và đường trung bình nằm cách đều mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, trong đó chặng đầu tiên của tập hợp quét này được đặt gần đường trung bình này hơn là gần mỗi trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, và trong đó chặng cuối cùng được đặt tại một trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này.

27. Phương pháp theo điểm 25, trong đó các chặng nêu trên bao gồm ít nhất là chặng đầu tiên và chặng cuối cùng, trong đó kết cấu đặc trưng quét kéo dài nêu trên có mép sơ cấp kéo dài và mép thứ cấp kéo dài đối diện nhau và đường trung bình nằm cách đều mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, và trong đó chặng đầu tiên được đặt tại một trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này, và trong đó chặng cuối cùng của tập hợp quét nêu trên được đặt gần đường trung bình này hơn là gần mỗi trong số mép sơ cấp và mép thứ cấp kéo dài này.

28. Phương pháp theo điểm 25, trong đó đường vạch dấu là được tạo ra bởi mỗi chặng trong tập hợp quét, trong đó phần lớn trong số các chặng trong tập hợp quét này tạo ra các đường vạch dấu không chồng nhau đối với các đường vạch dấu được tạo ra tuần tự theo thời gian.

29. Phương pháp theo điểm 25, trong đó các chặng nêu trên bao gồm ít nhất là chặng thứ nhất và chặng thứ hai, và trong đó chặng thứ nhất và chặng thứ hai này sử dụng các công thức thông số laze khác nhau.

30. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze là chuyển động trong lúc quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất.

31. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze di chuyển trong trường quét, trong đó trường quét này bao gồm trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc bằng trường quét này, trong đó dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trội được làm tối đa về động lực dòng chảy bao quanh trường xử lý laze, và trong đó vận tốc quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất được làm tối đa đối với công thức thông số mà đạt được chất lượng mong muốn của hiệu ứng vật liệu do laze.

32. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze di chuyển trong trường quét, trong đó trường quét này bao gồm trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc

bằng trường quét, trong đó dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trôi đi chuyển một khoảng cách, bên trên vật gia công, mà lớn hơn một nửa kích thước trục chính của trường xử lý laze.

33. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze có vị trí chùm so với vật gia công trong quá trình xử lý laze, và trong đó dòng chất khí lũy tích theo chiều dòng chất khí trôi đi chuyển một khoảng cách bên trên vật gia công mà độc lập với vị trí chùm so với vật gia công.

34. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất khi chuyển động tương đối bao gồm bước quét chùm laze theo các đường quét song song theo chiều quét laze thứ nhất trước bước quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều quét laze thứ hai khi chuyển động tương đối.

35. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze di chuyển trong trường quét, trong đó trường quét này bao gồm trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc bằng trường quét, trong đó trường xử lý laze này có chu vi hình chữ nhật, và trong đó chiều quét laze thứ nhất là song song với trục chéo của trường xử lý laze này.

36. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze di chuyển trong trường quét, trong đó trường quét này bao gồm trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc bằng trường quét, trong đó trường xử lý laze này có kích thước trục chính của trục chính mà chia đôi trường xử lý laze này, trong đó chiều chất khí vào là gần như vuông góc với trục chính của trường xử lý laze này, trong đó thể tích dòng chất khí mà đi theo chiều chất khí vào là có kích thước bề rộng của dòng mà vuông góc với chiều chất khí vào, và trong đó kích thước bề rộng của dòng này là lớn hơn kích thước trục chính.

37. Phương pháp theo điểm 36, trong đó trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc bằng trường quét, hoặc trục chính của trường xử lý laze là bằng với trục chéo của trường xử lý laze.

38. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze được làm chuyển động liên tục trong và giữa bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất khi chuyển động tương đối.

39. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trục xử lý của chùm laze di chuyển trong trường quét, trong đó mỗi trong số bước quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất khi chuyển động tương đối và bước quét vẫn chùm laze đó hoặc chùm laze khác theo chiều

quét laze thứ hai là được thực hiện trên nhiều trường quét lân cận trên vật gia công trong khi vẫn duy trì chiều dòng chất khí trội của dòng chất khí vào và dòng chất khí ra.

40. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vật gia công bao gồm một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng có hướng của kết cấu đặc trưng, trong đó trạm xử lý có hướng trạm xử lý có trục trạm xử lý thứ nhất và trục trạm xử lý thứ hai vuông góc với trục trạm xử lý thứ nhất, trong đó trục xử lý của chùm laze di chuyển trong trường quét mà có hướng trường quét có trục trường quét thứ nhất và trục trường quét thứ hai vuông góc với trục trường quét thứ nhất, và trong đó hướng của kết cấu đặc trưng là được định hướng so với hướng trạm xử lý hoặc hướng trường quét.

41. Hệ thống xử lý laze để xử lý vật gia công mà có bề mặt chính và một hoặc nhiều kết cấu đặc trưng được tạo ra trên bề mặt chính này, trong đó bề mặt chính này có diện tích bề mặt, và trong đó hệ thống xử lý laze này tạo ra trường xử lý laze có hướng trường xử lý có trục trường xử lý thứ nhất và trục trường xử lý thứ hai vuông góc với trục trường xử lý thứ nhất, trong đó hệ thống này bao gồm:

trạm xử lý có hướng trạm xử lý có trục trạm xử lý thứ nhất và trục trạm xử lý thứ hai vuông góc với trục trạm xử lý thứ nhất;

mâm cặp được làm thích ứng để đặt vật gia công ở trạm xử lý mà ở đó vật gia công có thể được định vị, sao cho ít nhất một trong số các kết cấu đặc trưng nêu trên được định hướng so với hướng trạm xử lý hoặc hướng trường xử lý;

laze được làm thích ứng để tạo ra chùm laze;

hệ thống định vị chùm bao gồm một hoặc nhiều tầng để đỡ mâm cặp hoặc vật gia công, hệ thống định vị chùm này còn bao gồm bộ định vị có trường quét nhỏ hơn vật gia công, trong đó trường xử lý laze là nằm trong trường quét này để trường xử lý laze có diện tích nhỏ hơn hoặc bằng trường quét, trong đó hệ thống định vị chùm này được làm thích ứng để định vị trường xử lý laze ở nhiều vị trí lân cận nhau trên vật gia công, và trong đó hệ thống định vị chùm này được làm thích ứng để quét chùm laze theo trục xử lý của chùm laze để tới vật gia công;

cơ cấu tạo dòng chất khí bao gồm thiết bị tạo dòng chất khí vào được làm thích ứng để thiết lập dòng chất khí vào có vận tốc chất khí vào dương theo chiều chất khí vào ngang qua ít nhất là trường xử lý laze nằm bên trên một phần của bề mặt chính của vật gia công, trong đó cơ cấu tạo dòng chất khí này còn bao gồm cổng chất khí ra được

làm thích ứng để thiết lập dòng chất khí ra theo chiều chất khí ra ngang qua ít nhất là trường xử lý laze nằm bên trên phần nêu trên của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra này được làm thích ứng để thiết lập chiều dòng chất khí trội ngang qua ít nhất là trường xử lý laze nằm bên trên phần nêu trên của bề mặt chính của vật gia công, trong đó dòng chất khí vào và dòng chất khí ra này được làm thích ứng để cùng nhau tạo ra các đặc tính dòng chất khí lũy tích ngang qua ít nhất là trường xử lý laze nằm bên trên phần nêu trên của bề mặt chính của vật gia công, trong đó thiết bị tạo dòng chất khí vào bao gồm các vòi phun không khí, và trong đó các vòi phun không khí này được đặt thấp hơn cổng chất khí ra; và

bộ điều khiển được làm thích ứng để điều khiển, trong trường xử lý laze và trong lúc duy trì dòng chất khí vào và dòng chất khí ra, hoạt động quét chùm laze theo chiều quét laze thứ nhất với sự chuyển động tương đối của trục xử lý của chùm laze so với vật gia công, sao cho chiều quét laze thứ nhất được định hướng chéo và ngược lại với chiều dòng chất khí trội và sao cho chùm laze tới vật gia công theo chiều quét laze thứ nhất mà tác động vật liệu laze theo chiều quét laze thứ nhất.

42. Hệ thống xử lý laze theo điểm 41, trong đó cơ cấu tạo dòng chất khí được làm thích ứng để được di chuyển cùng với sự di chuyển của trường quét để chiều dòng chất khí trội được duy trì trên các trường quét trên vật gia công.

Định tuyến đường đi hai chiều của chùm
Đường XY cho trình tự kẻ ô trên silic

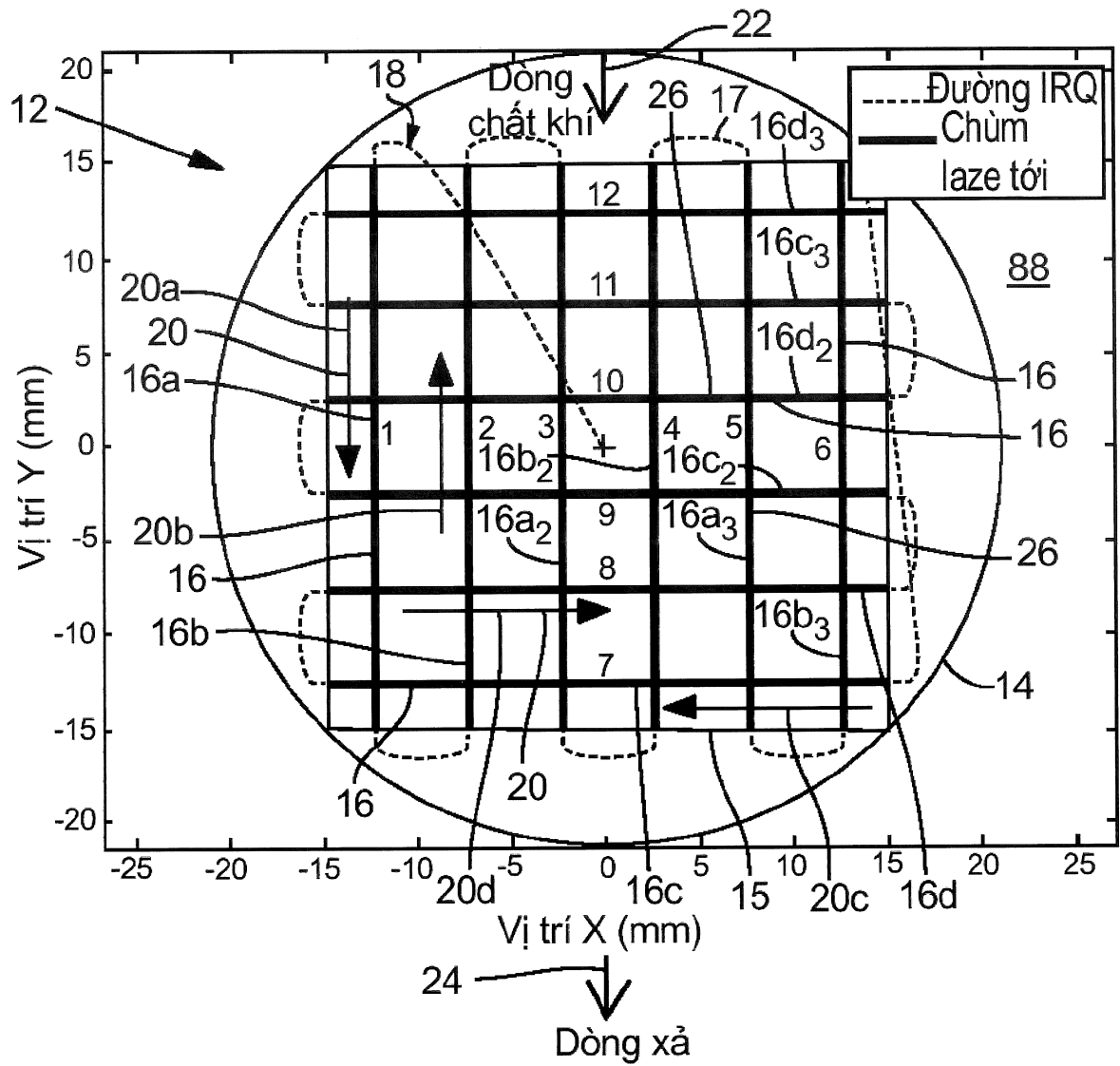


Fig.1

2/21

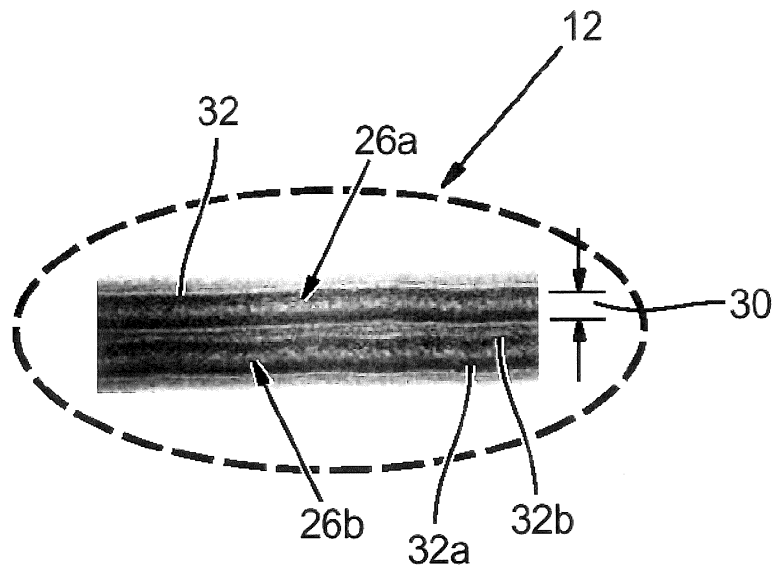
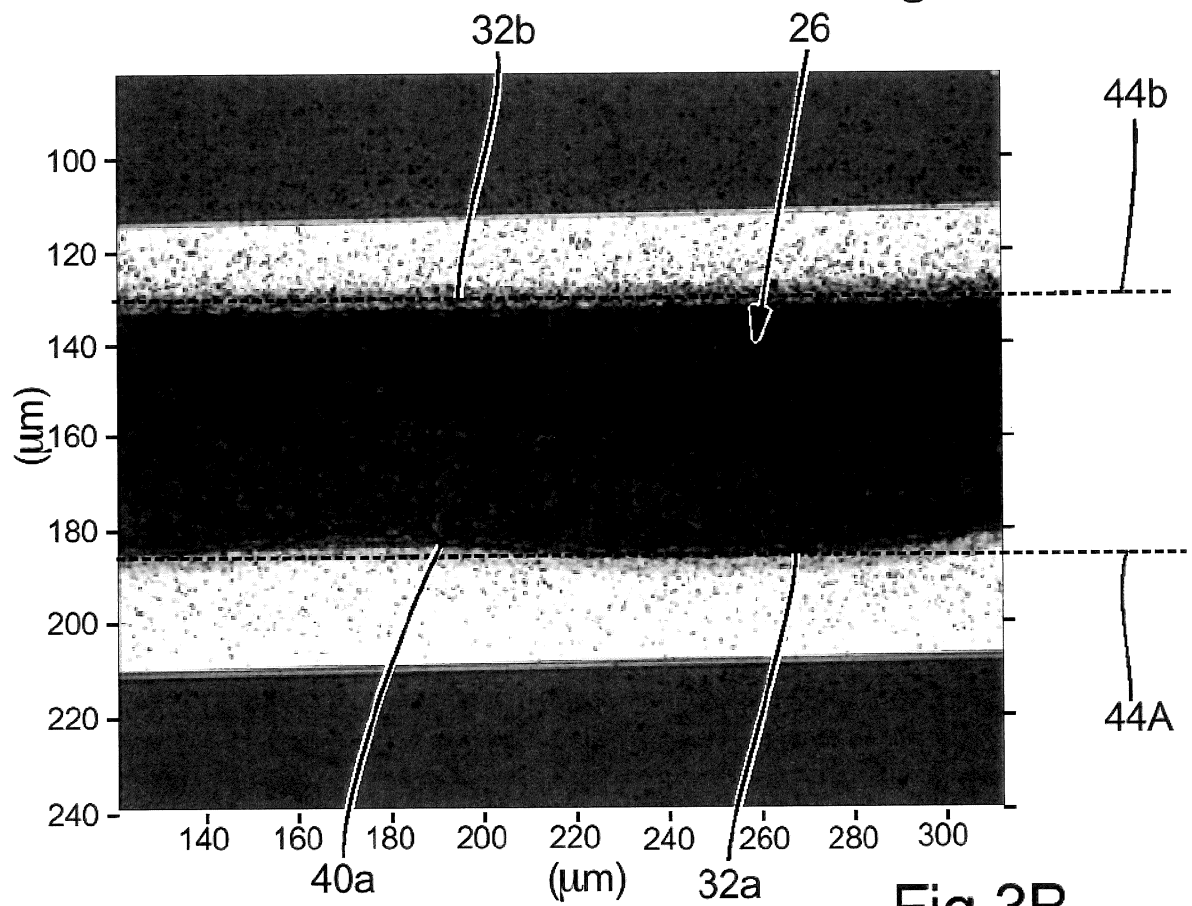
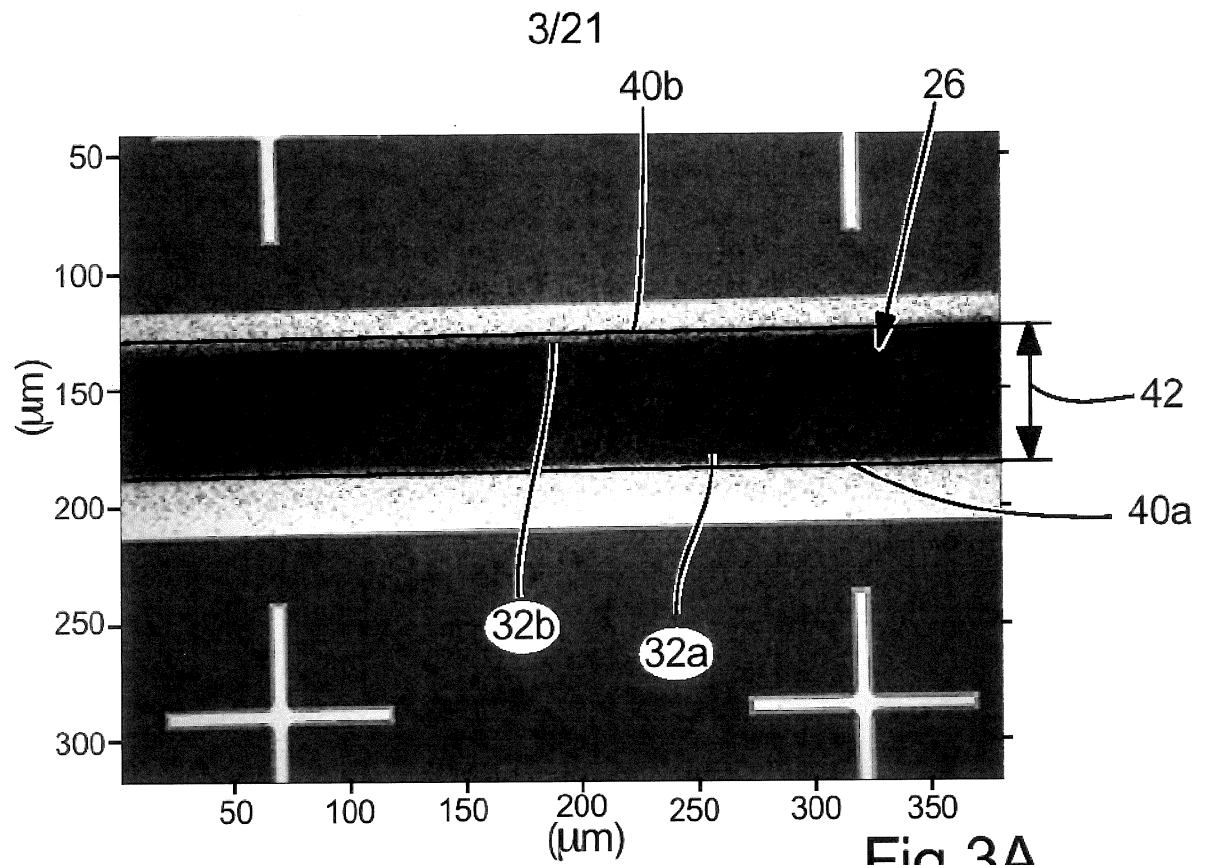
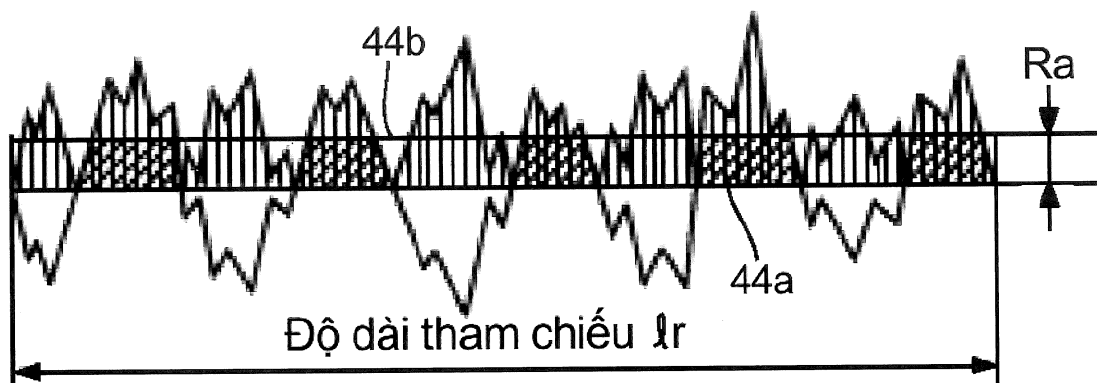


Fig.2



$$Z_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z_n| dx$$

* Z_a có thể biểu thị R_a , PA , và/hoặc W_a .



Độ nhám trung bình số học (đối với đường cong độ nhám)

Fig.3C

6/21

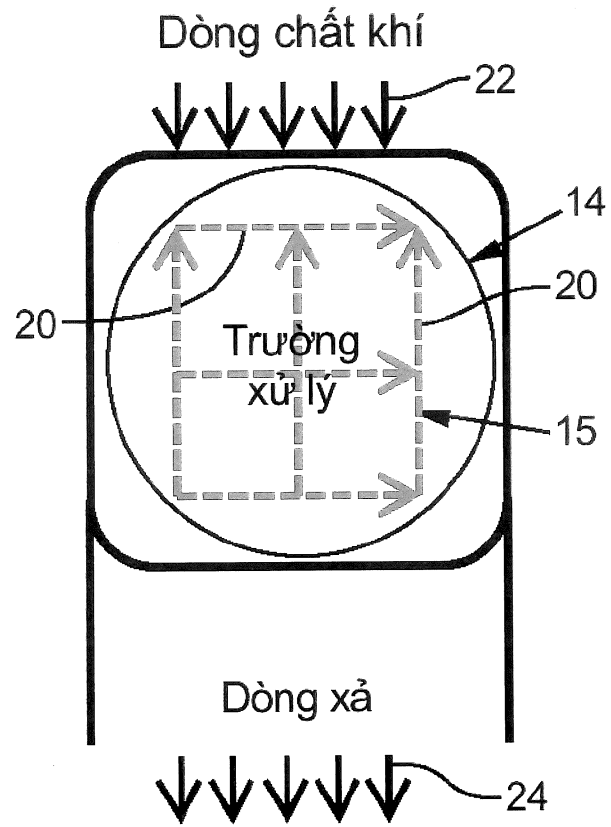
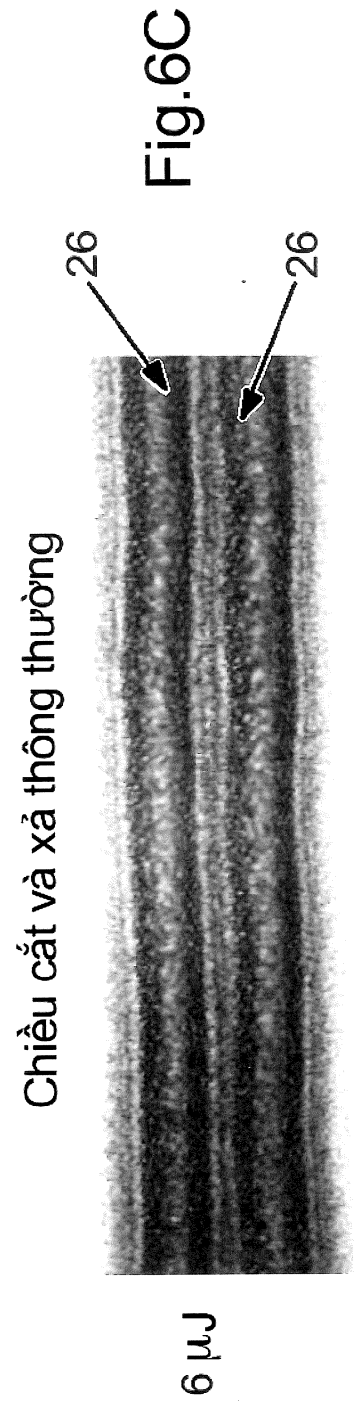
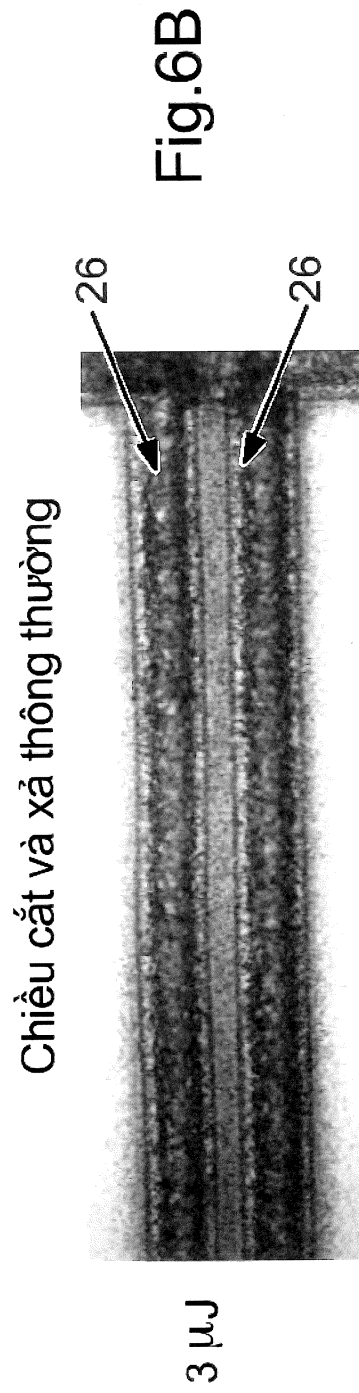


Fig.5

7/21



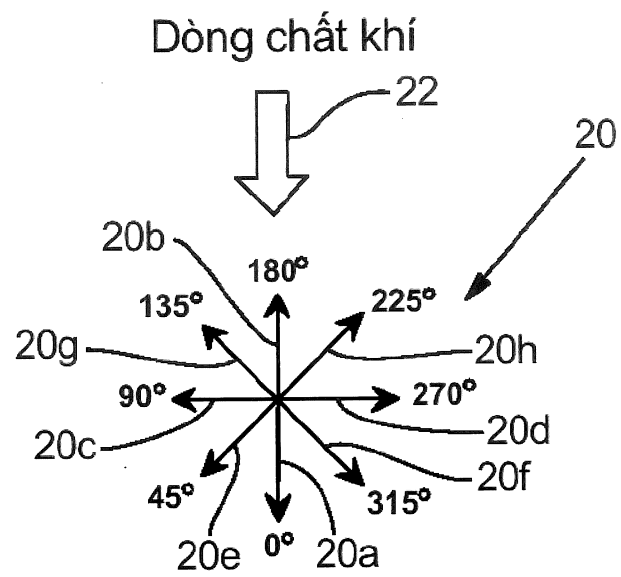


Fig.7

9/21

Định tính dòng xả/không khí so với mức độ nguych ngoạc

Đé	Năng lượng	Chiều	Mức độ nguych ngoạc		
			Hướng cắt	Không khí	Xả
Si	1,5	Mặc định	0	20	Bật
Si	1,5	Ngược lại	0	20	Bật
Si	1,5	Mặc định	45	20	Bật
Si	3	Mặc định	0	20	Bật
Si	6	Mặc định	0	20	Bật
Si	6	Ngược lại	45	20	Bật
Si	6	Ngược lại	0	20	Bật
Si	6	Mặc định	0	20	Tắt
Si	6	Mặc định	45	20	Tắt
Si	6	Mặc định	0	0	Tắt
Si	6	Mặc định	45	Tắt	Tắt

Fig.8

10/21

Chiều cắt 45° cùng chiều gió
và có dòng xả

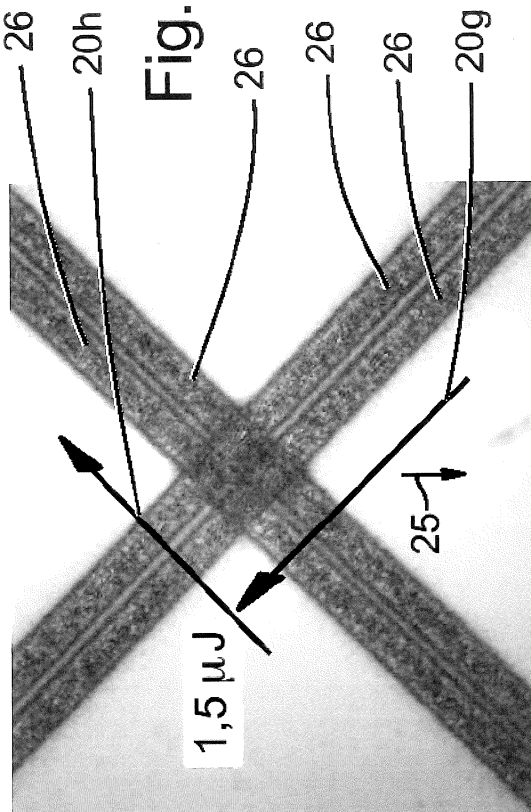


Fig.9A

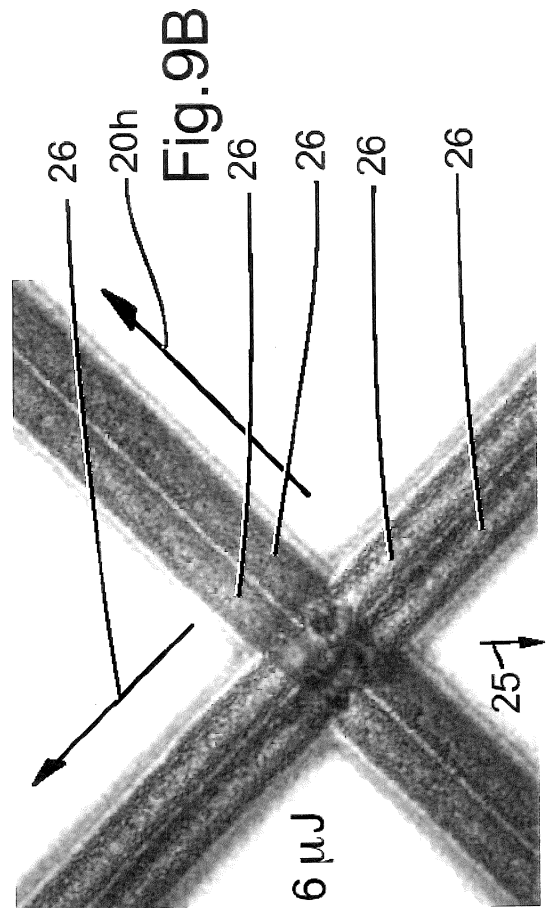


Fig.9B

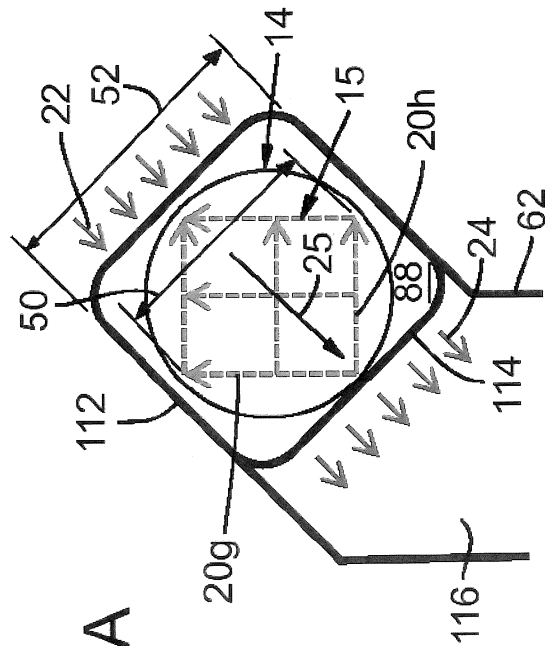


Fig.10A

11/21

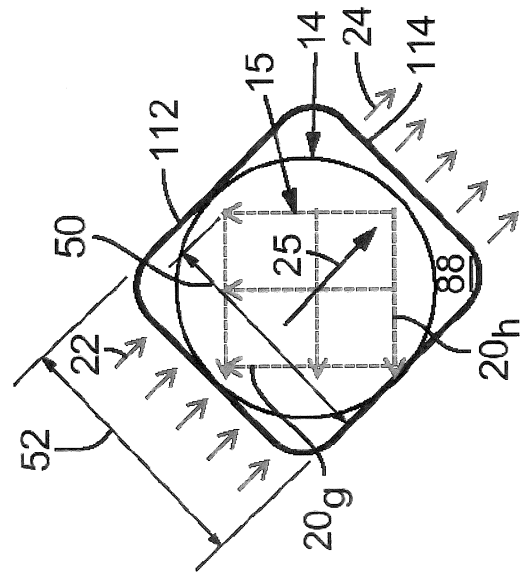


Fig. 10B

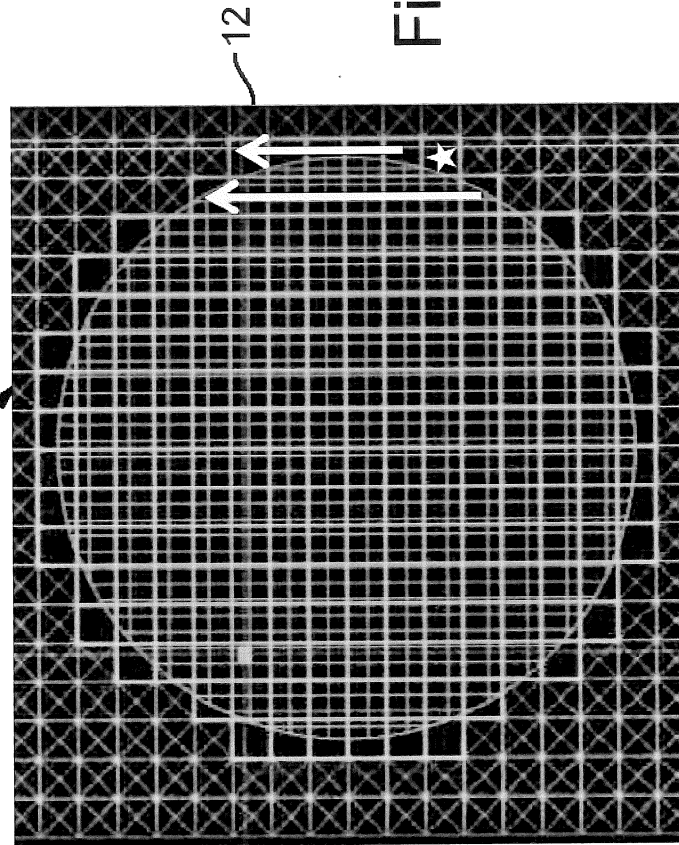


Fig. 12

Hướng đường kẻ thông thường trên tầng
Trình tự trường bắt đầu từ góc dưới bên
phải và cắt từ dưới lên trên và từ phải
sang trái

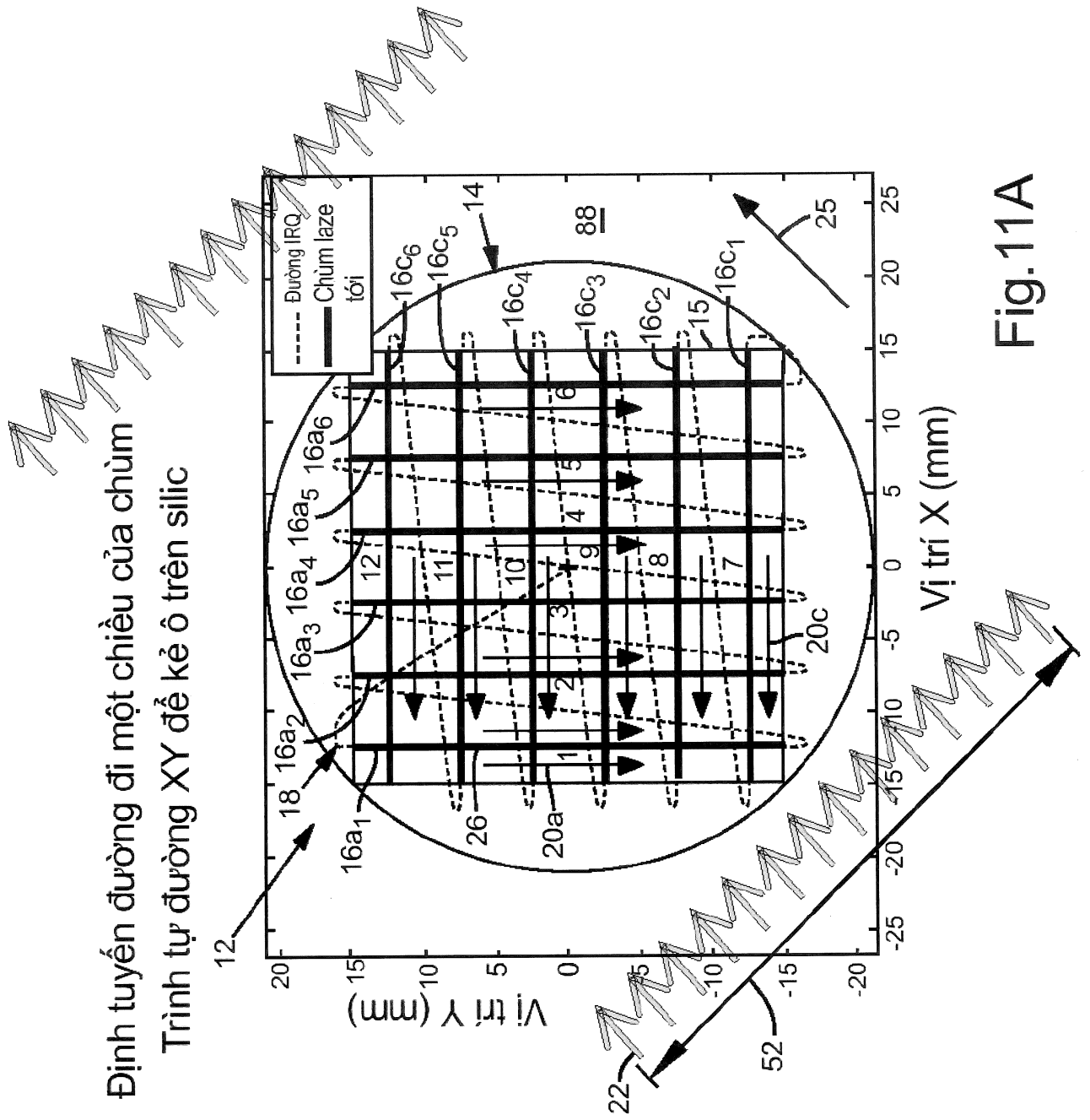


Fig. 11A

13/21

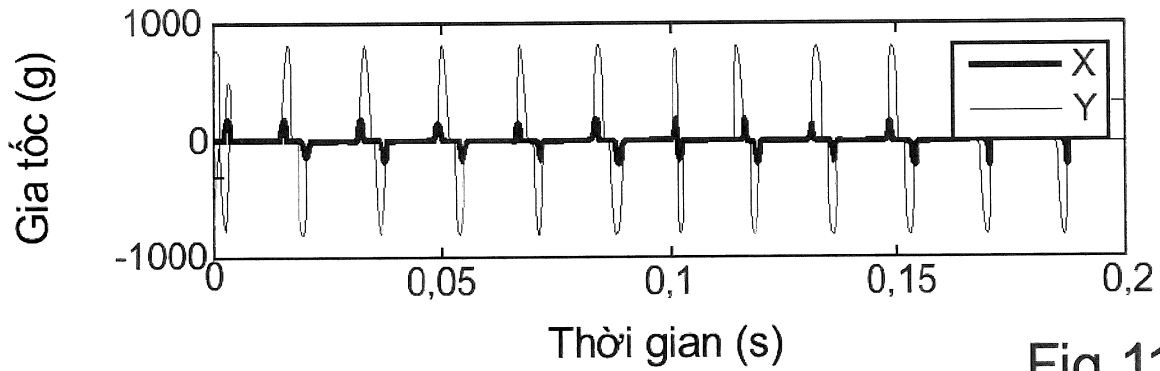


Fig.11B

Định tuyến một chiều

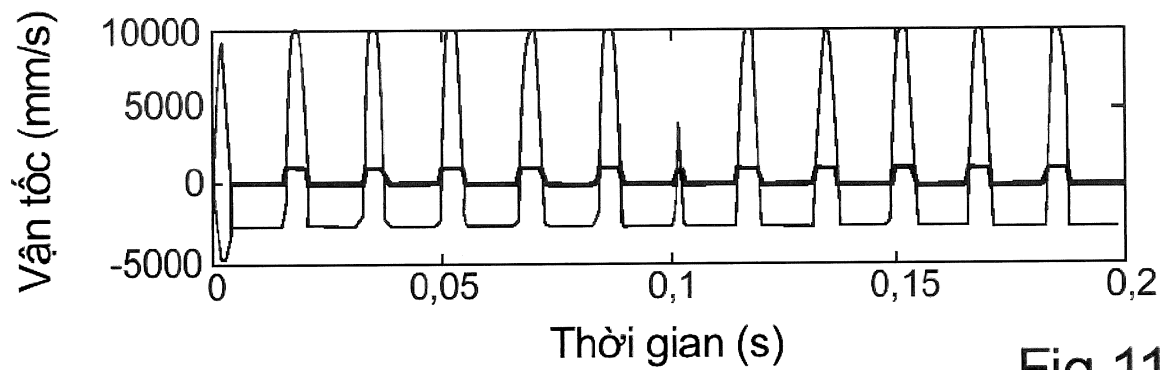


Fig.11C

Định tuyến một chiều

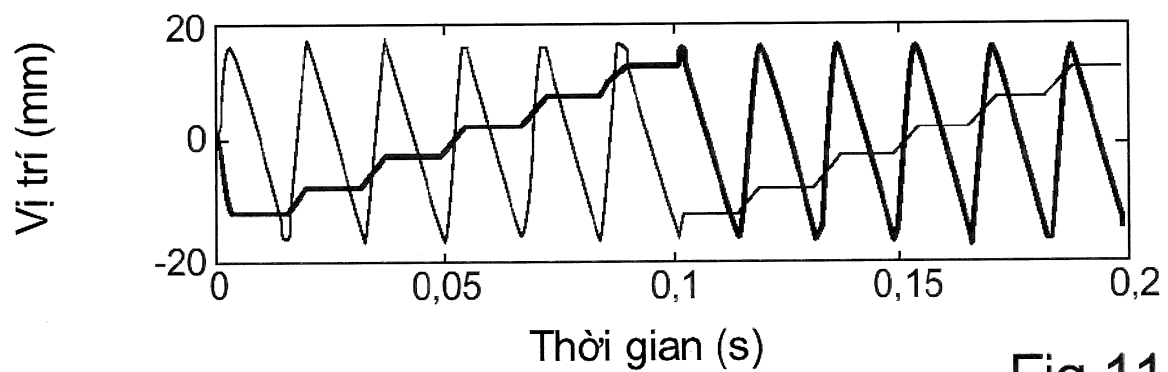


Fig.11D

Định tuyến một chiều

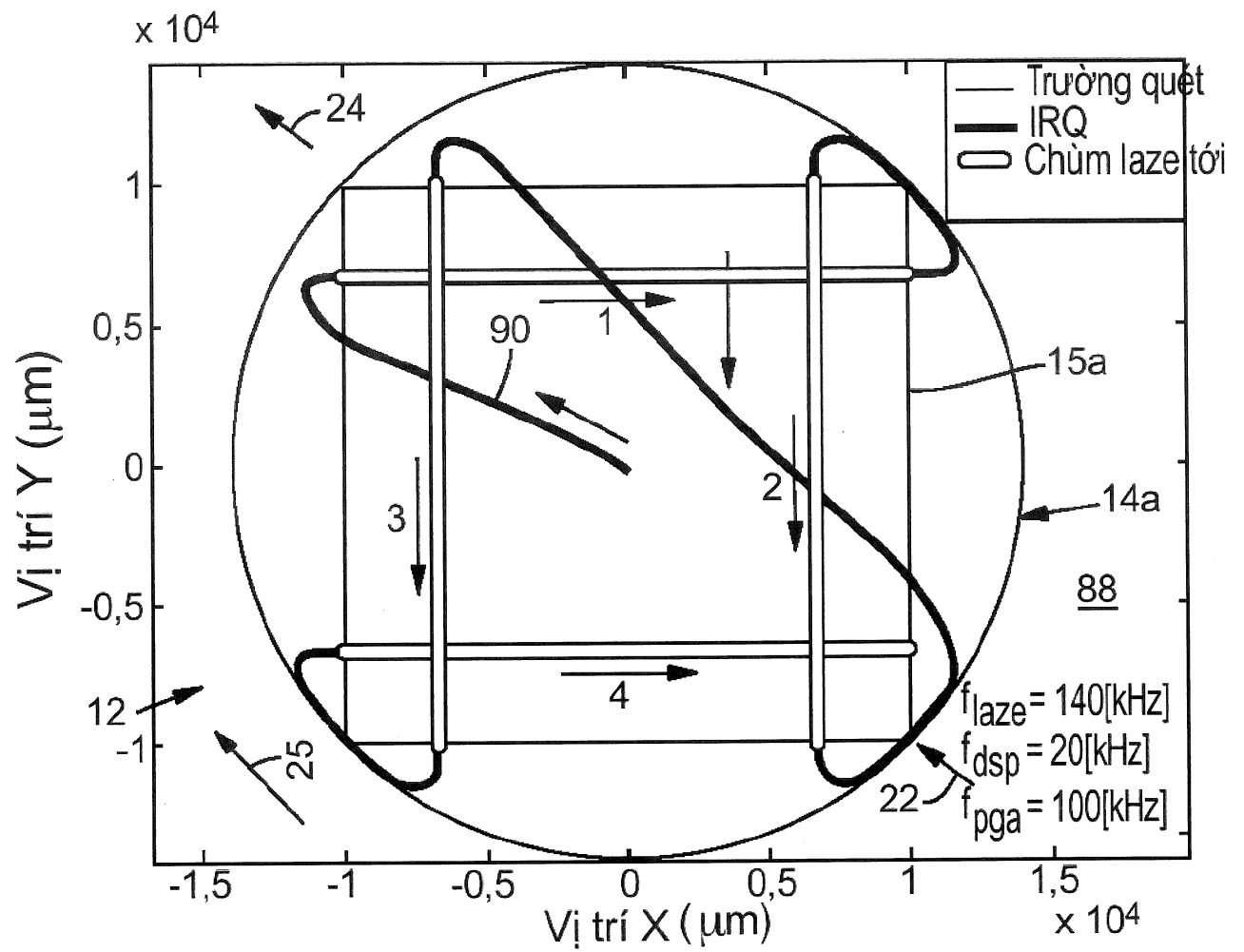


Fig.11E

15/21

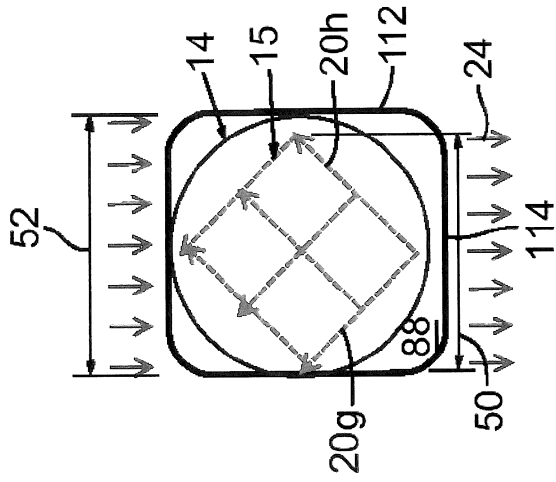


Fig. 13A

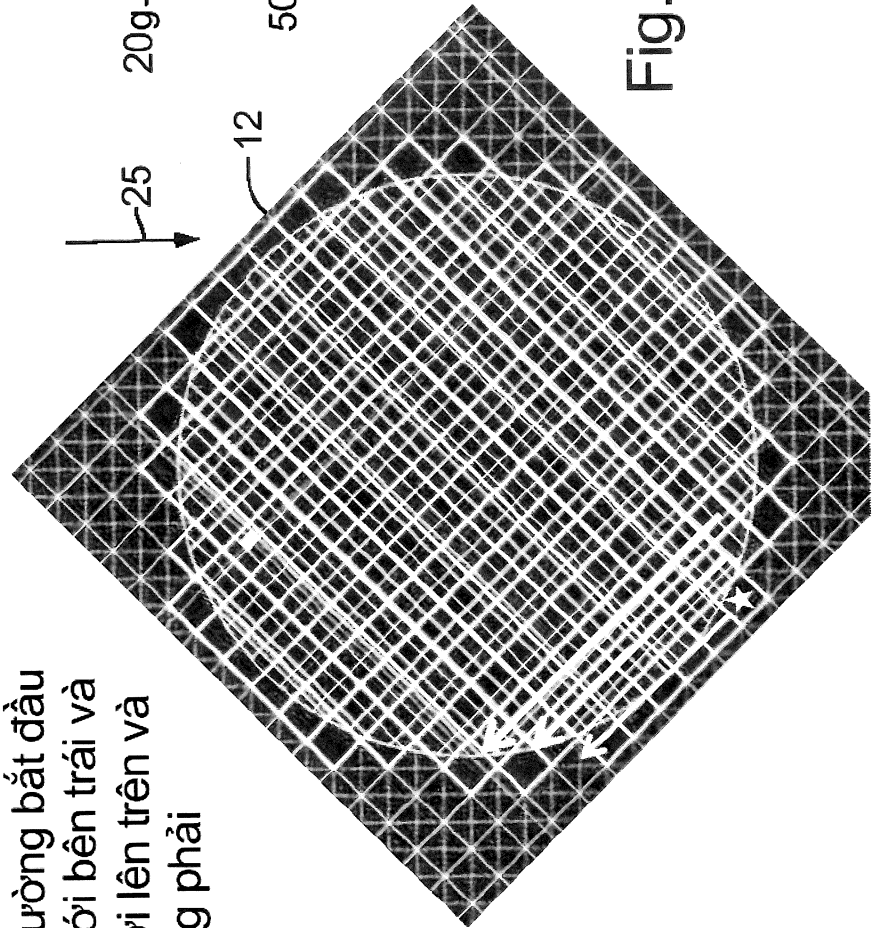


Fig. 13B

Hướng đường kẻ luân phiên trên tầng
Gắn lát tại 45° và sử dụng
chiều dòng chất khí mặc định

Trình tự trường bắt đầu
tại góc dưới bên trái và
cắt từ dưới lên trên và
từ trái sang phải

16/21

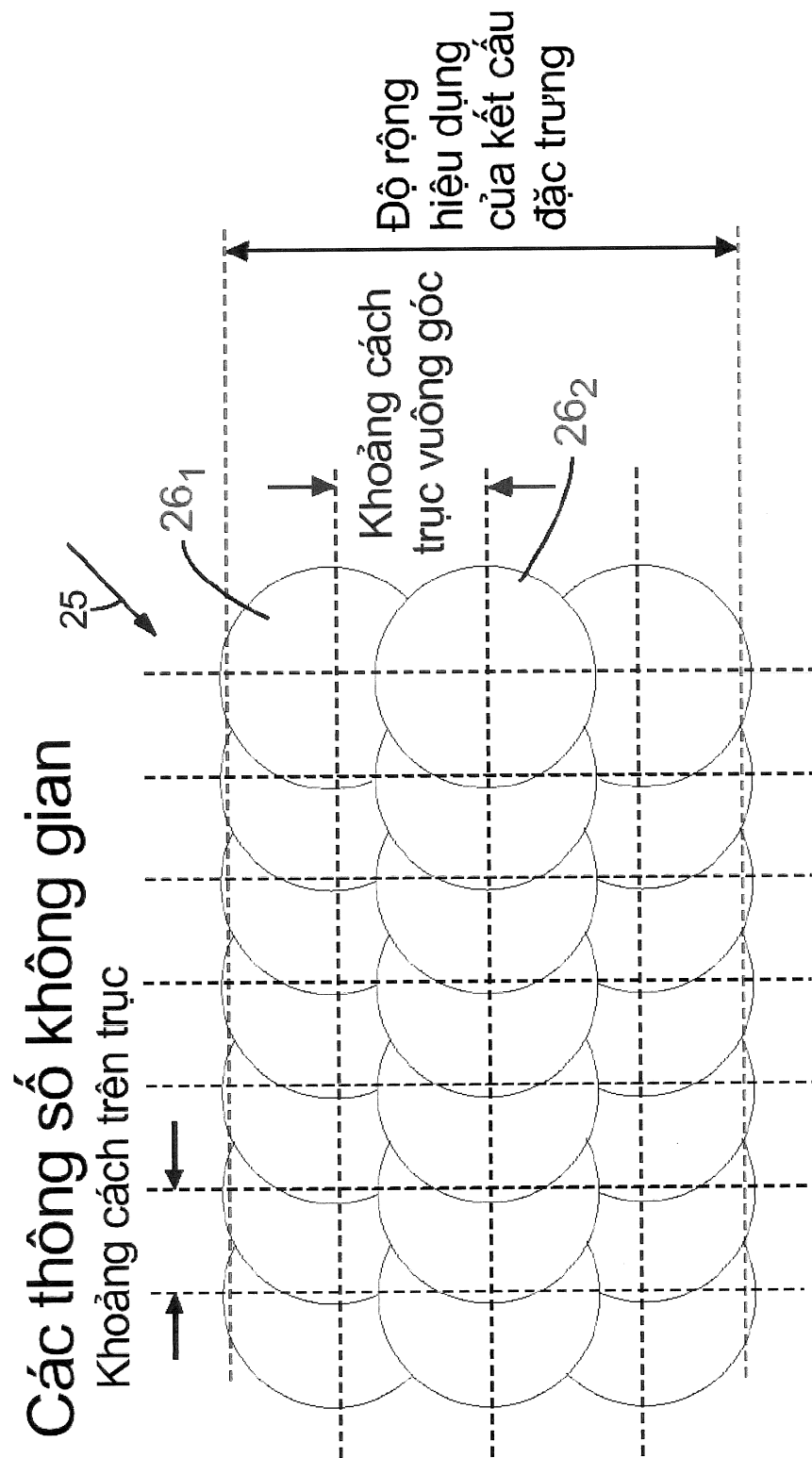


Fig.14

17/21

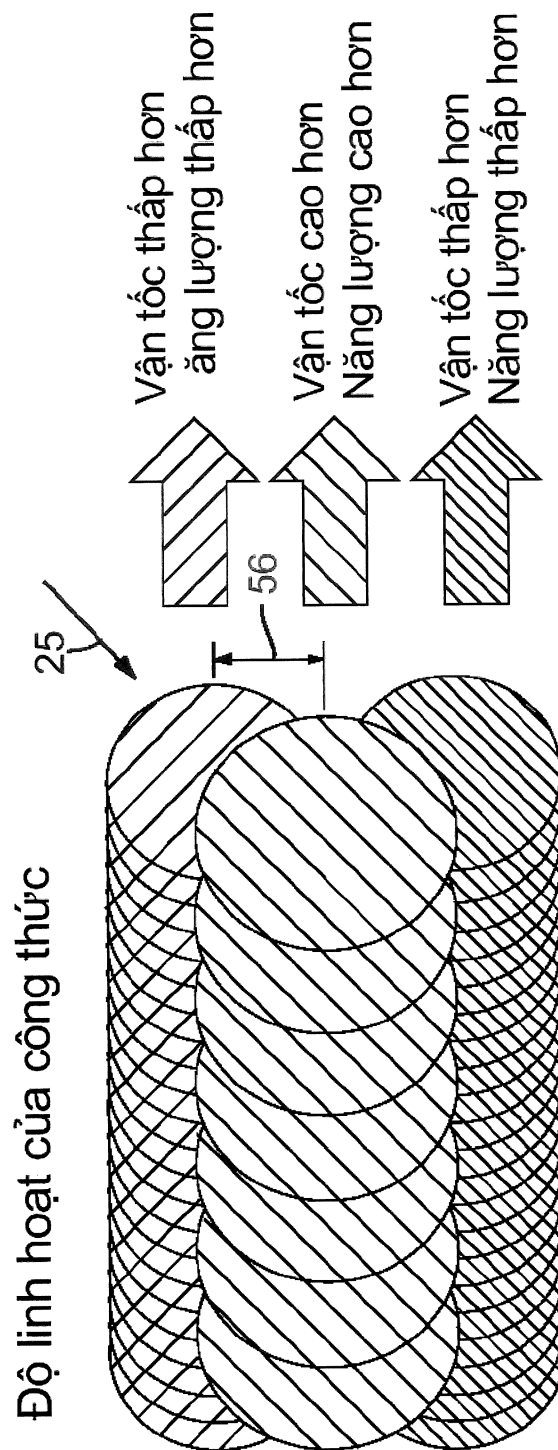


Fig.15

Trình tự quét

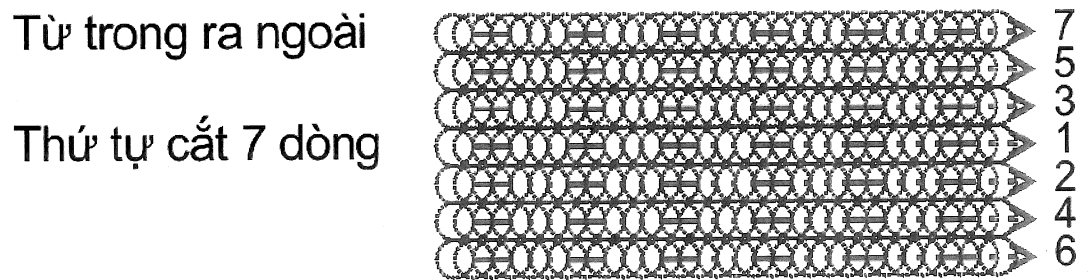


Fig.16A

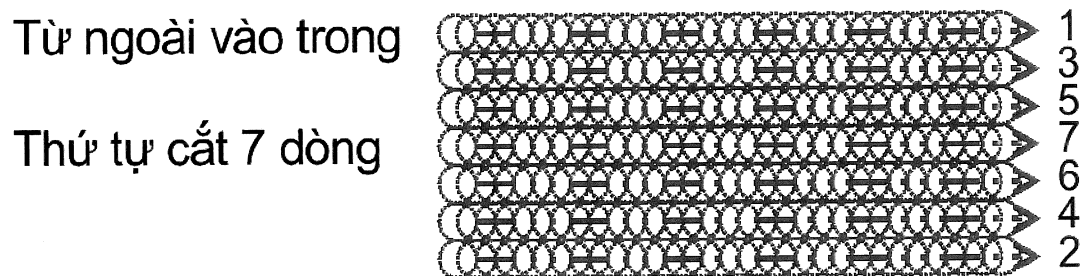


Fig.16B

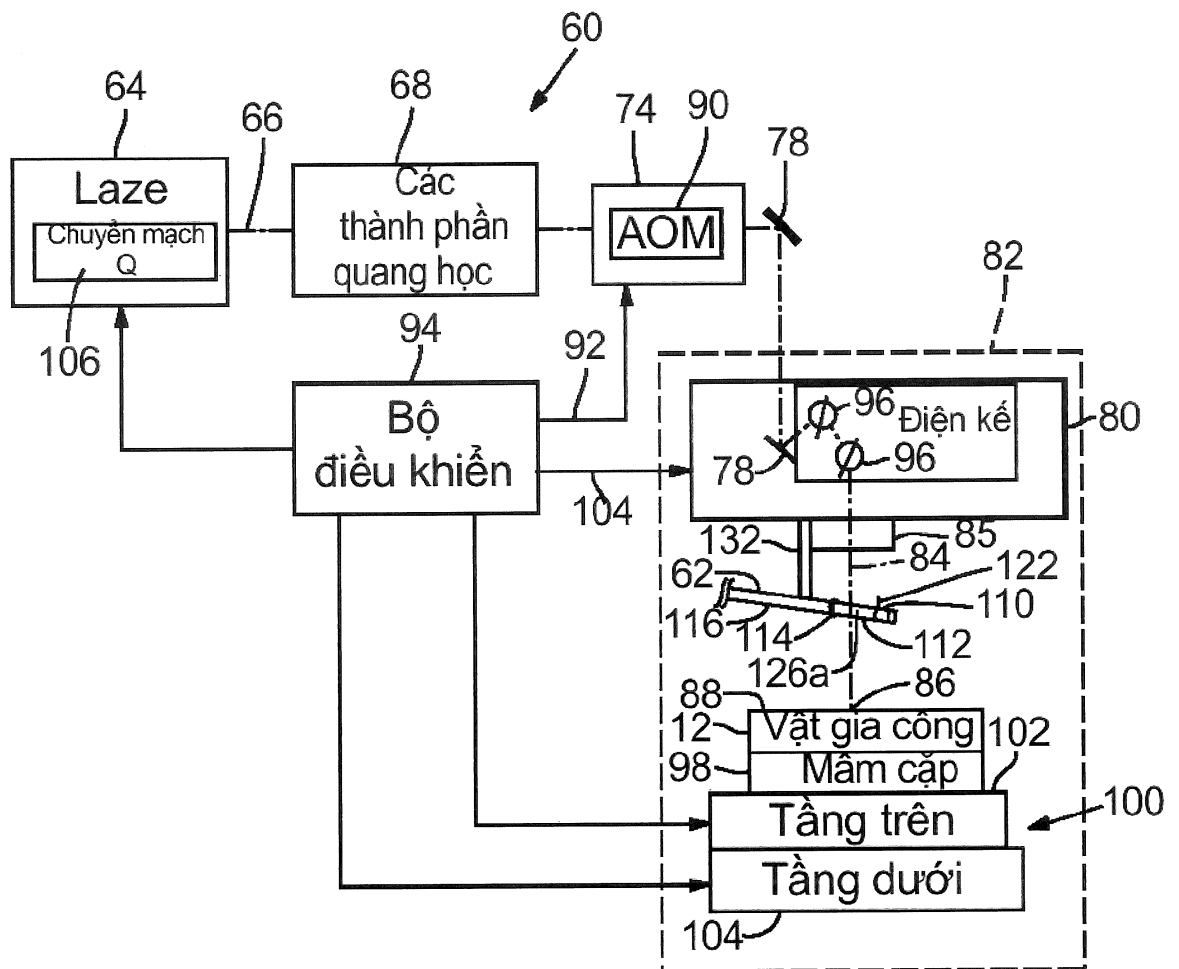


Fig.17

20/21

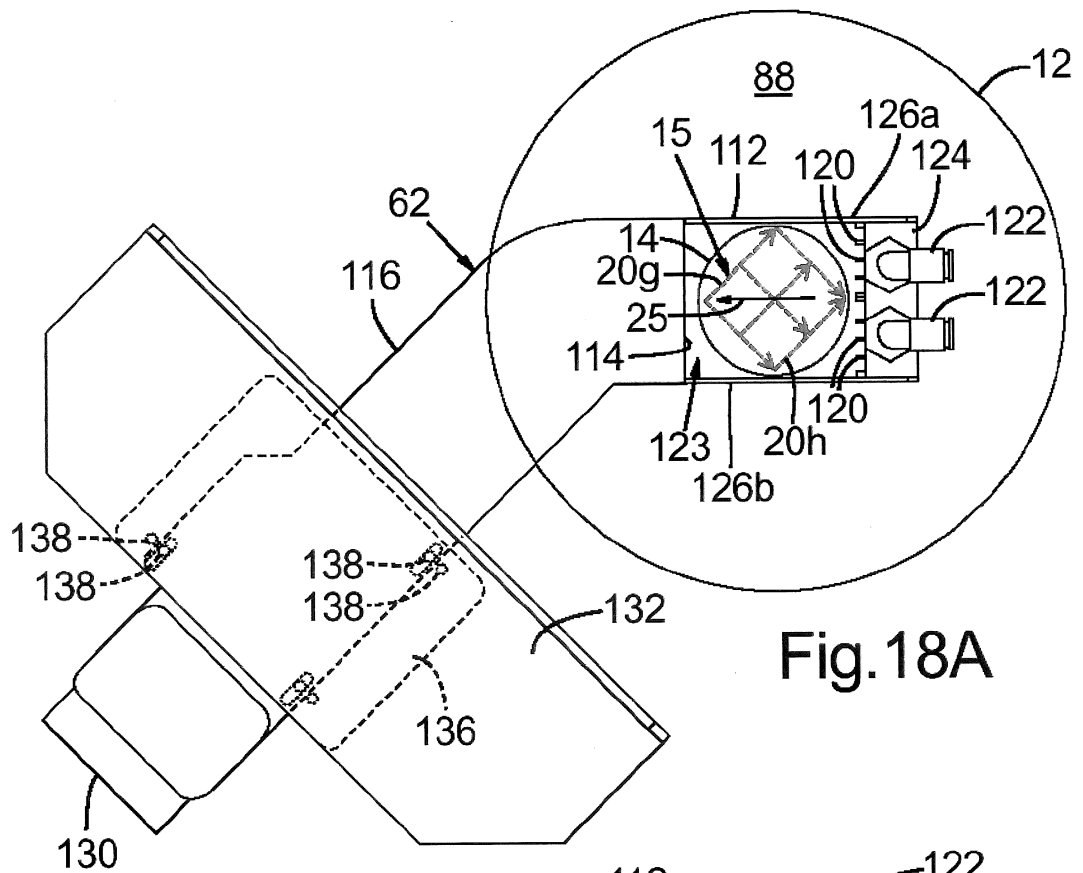


Fig.18A

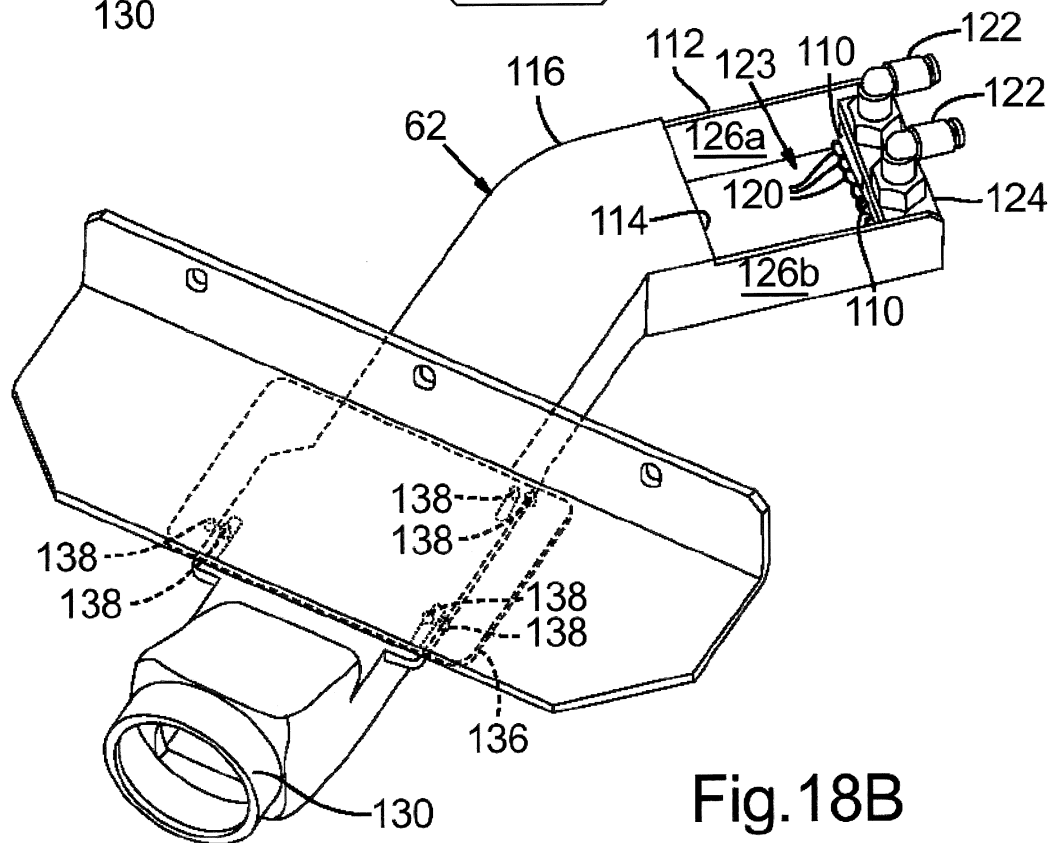


Fig.18B

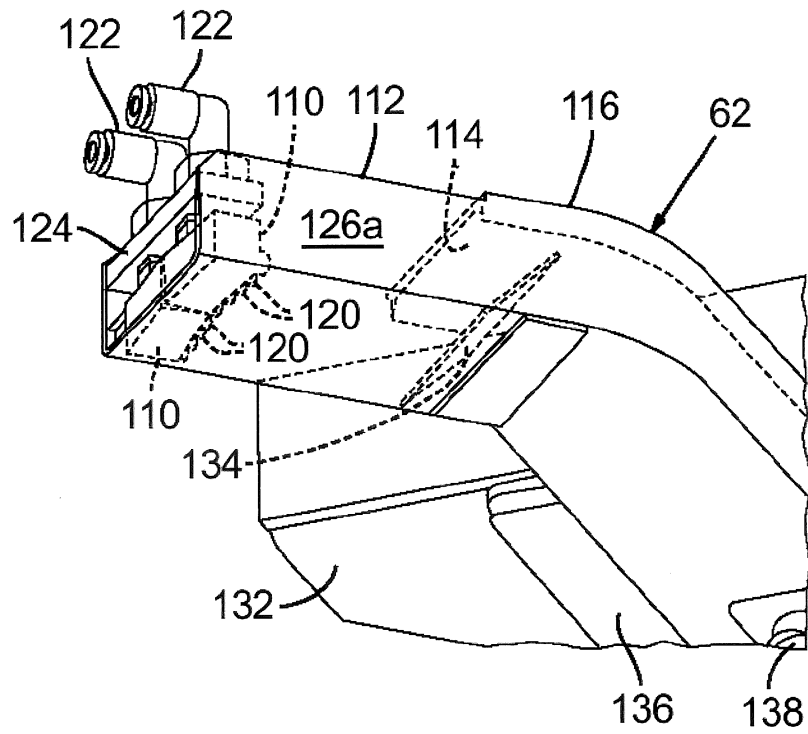


Fig.18C