



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

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

(11)



1-0053866

(51)^{2020.01} H01S 3/11; H01S 3/00

(13) B

(21) 1-2021-04917

(22) 14/01/2020

(86) PCT/US2020/013551 14/01/2020

(87) WO2020/154136 30/07/2020

(30) 62/795,341 22/01/2019 US; 62/905,252 24/09/2019 US

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/11/2021 404A

(73) COHERENT, INC. (US)

5100 Patrick Henry Drive, Santa Clara, CA 95054, United States of America

(72) HODGSON, Norman (US); CAPRARA, Andrea (US); SCHMIDT, Kai (DE).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) THIẾT BỊ QUANG HỌC

(21) 1-2021-04917

(57) Sáng chế đề cập tới thiết bị quang học và thiết bị laser trạng thái rắn. Thiết bị laser chứa nhiều laser trạng thái rắn nhân ba tần số, mà mỗi thành phần phân phát chùm đầu ra của bức xạ tại bước sóng giữa 340 nm và 360 nm. Mỗi chùm đầu ra có hệ số phẩm chất chùm (M^2) lớn hơn 50 theo một trục ngang và lớn hơn 20 theo trục ngang khác. Các chùm đầu ra được kết hợp và được tạo thành vào trong chùm đường được nhô ra trên đế đang được ủ. Mỗi chùm đầu ra đóng góp vào chiều dài của chùm đường.

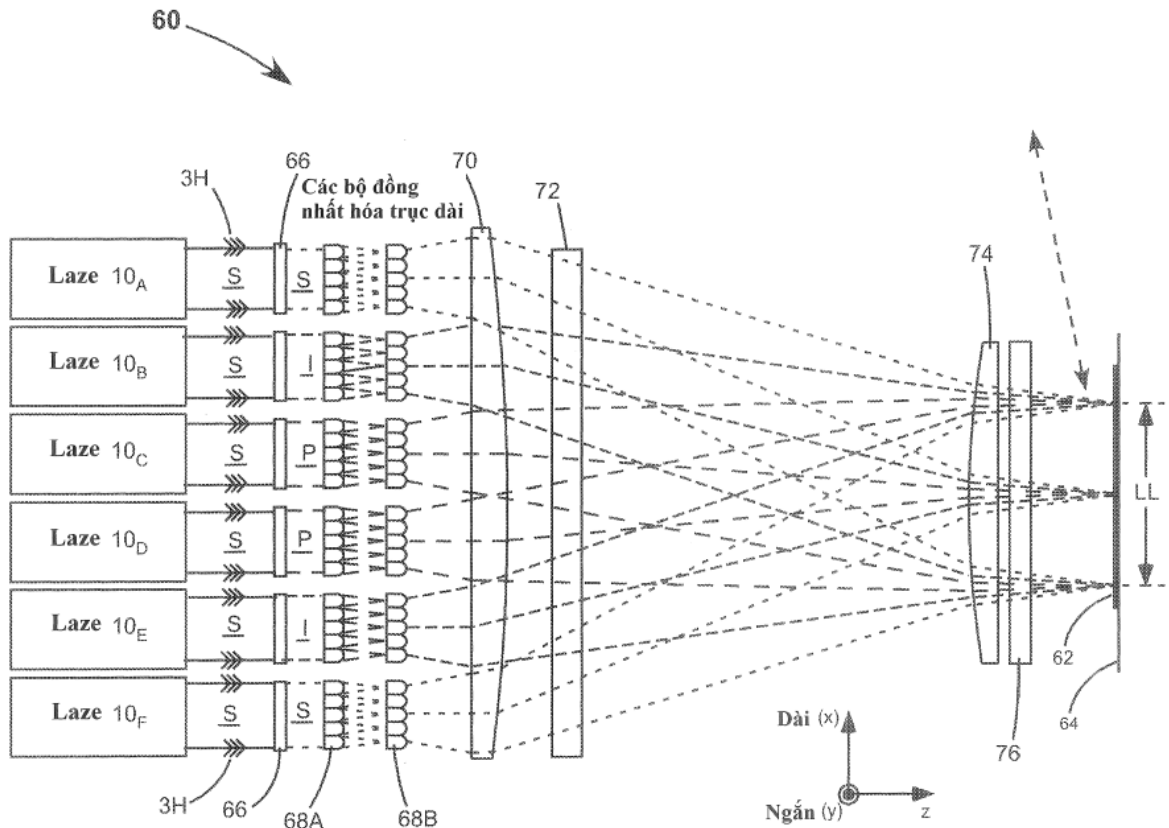


FIG. 12A

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này đề cập chung tới việc ủ của các lớp silic vô định hình sử dụng bức xạ laser cực tím, được phóng vào trong chùm đường. Sáng chế liên quan cụ thể tới việc ủ, trong đó bức xạ laser từ nhiều laser được kết hợp và được phóng vào trong chùm đường.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc ủ laser được sử dụng để tạo ra các bộ phận hiển thị LCD và OLED độ phân giải cao bằng cách làm nóng chảy lớp silic vô định hình trên đế, mà các tranzito màng mỏng (thin-film transistor - TFT) được xác định trên đó, tiếp theo là bước tinh thể hóa silic đang nguội. Quy trình ủ yêu cầu laser cực tím được tạo xung ổn định, với nhiều năng lượng xung RMS thấp nhỏ hơn khoảng 1%, tại bước sóng trong khoảng giới hạn giữa 280 nanomet (nm) và 360 nm. Chùm laser được sinh ra bởi laser cực tím được tạo thành vào trong chùm đường được quét qua lớp silic. Chùm laser phải có phẩm chất chùm rất thấp để tạo thành chùm đường đồng nhất không có vết lõm đốm. Phẩm chất chùm được đo bởi hệ số phẩm chất chùm M^2 không thứ nguyên. Phẩm chất chùm rất thấp tương ứng với trị số rất cao của M^2 .

Hiện tại, các chùm laser này được tạo ra bởi laser excimer công suất rất cao hoặc tổ hợp của các laser excimer này. Ví dụ, laser excimer xenon clorua (XeCl), vốn sinh ra bức xạ laser đang có bước sóng 308 nm. Các laser excimer có thể được đặc trưng chung như là các laser xả khí siêu khí quyển. Các chùm laser có mặt cắt được kéo dài, được đặc trưng bởi trục dài và trục ngắn, tương ứng với các kích thước chiều dài và chiều rộng của chùm đường, theo cách tương ứng. Chùm đường có phân bố cường độ đồng đều “đỉnh phẳng” dọc theo cả hai kích thước chiều dài và chiều rộng.

Thông thường, các trị số M^2 của chùm laser từ laser excimer XeCl được sử dụng cho việc ủ là khoảng 80 theo trục ngắn và khoảng 500 theo trục dài, với các kích thước chùm

toàn chiều rộng $\frac{1}{e^2}$ là khoảng 20 milimet (mm) theo trục ngắn và khoảng 45 mm theo trục dài. Các chùm laze từ nhiều laze excimer này được kết hợp và được phóng vào trong chùm đường đang có chiều rộng khoảng 0,4 mm và chiều dài giữa khoảng 750 mm và khoảng 1500 mm. Công suất cực tím cần thiết cho mỗi milimet chiều dài là khoảng 2,5 oát (W), tại tần số lặp lại xung khoảng 600 Héc (Hz) và khoảng thời gian xung là khoảng 25 nano giây (ns). Với chiều dài chùm đường 1500 mm, khoảng 3,6 kilooát (kW) của công suất cực tím là được yêu cầu, vốn có thể đạt được bằng cách kết hợp các đầu ra cho sáu laze 600 W riêng rẽ, mỗi laze cung cấp 1 jun (J) năng lượng xung.

Một nhược điểm của các laze excimer là chi phí đầu tư cao, vốn là do, trong số các thứ khác, có yêu cầu về ống khí phức tạp chứa các điện cực xả và công suất cấp có khả năng phân phát các xung điện đang có các điện thế đỉnh lớn hơn 30 kilovon (kV) tới các điện cực này. Nhược điểm khác của các laze excimer là chi phí vận hành cao, do thời gian hoạt động của ống khí bị hạn chế, là nhỏ hơn một năm và thường xuyên phải thay thế các cửa sổ ống khí trong suốt thời gian hoạt động đó.

Có nhu cầu về thiết bị ử laze đang có chi phí đầu tư thấp và chi phí vận hành thấp hơn là thiết bị ử laze excimer. Tốt hơn nếu, thiết bị ử laze có khả năng tạo ra các năng lượng xung và các thông số chùm so sánh được với các thiết bị được tạo ra bởi thiết bị ử laze excimer được thảo luận ở trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, thiết bị quang học để ử lớp trên để theo sáng chế này bao gồm nhiều laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, được biến đổi tần số. Mỗi laze phân phát chùm đầu ra đang có bước sóng trong vùng cực tím của phổ điện từ, mặt cắt được đặc trưng bởi các trục ngang thứ nhất và thứ hai trục giao với nhau, hệ số phẩm chất chùm M^2 theo trục ngang thứ nhất là lớn hơn khoảng 50, và hệ số phẩm chất chùm M^2 theo trục ngang thứ hai là lớn hơn khoảng 20. Các xung laze trong từng chùm đầu ra có năng lượng xung lớn hơn khoảng 100 milijun và tần số lặp lại xung lớn hơn khoảng 100 Héc. Thiết bị quang học còn chứa bộ phận phóng đường được sắp xếp để nhận các chùm đầu

ra, tạo thành các chùm đầu ra vào trong chùm đường, và phóng chùm đường lên trên lớp. Chùm đường có chiều dài và chiều rộng trên lớp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo, vốn được tích hợp và tạo nên một phần của bản mô tả này, minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên của sáng chế này, và cùng với phần mô tả chung đã được đưa ra ở trên, và phần mô tả chi tiết của phương án thực hiện được ưu tiên được cho bên dưới, có tác dụng giải thích các nguyên lý của sáng chế này.

Fig.1A minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên của laze trạng thái rắn được tạo xung lặp lại, được nhân ba tần số, từ bên ngoài theo sáng chế này, đang có thành phần khuếch đại ở dạng của phiến nằm trong bộ phận cộng hưởng được tạo thành giữa gương bộ cộng hưởng phản xạ cao và gương bộ cộng hưởng ghép nối đầu ra, bộ phận cộng hưởng tạo ra chùm cận hồng ngoại đang có các trị số hệ số phẩm chất chùm (M^2) cao trong các trục ngang ngắn và dài, chùm cận hồng ngoại được biến đổi thành chùm ánh sáng nhìn thấy bởi tinh thể phi tuyến, các chùm cận hồng ngoại và ánh sáng nhìn thấy được biến đổi thành chùm cực tím bởi tinh thể phi tuyến khác, laze được sắp xếp và được đặt cấu hình để phân phát chùm đầu ra cực tím đang có mặt cắt được kéo dài và các trị số M^2 cao.

Fig.1B là hình phối cảnh minh họa một cách sơ lược các chi tiết của thành phần khuếch đại và hai gương bộ cộng hưởng trong laze trên Fig.1A.

Fig.1C là hình phối cảnh minh họa một cách sơ lược laze trên Fig.1A trong vỏ chứa đang có cửa sổ mà chùm đầu ra cực tím được phân phối qua đó, với các trị số M^2 làm ví dụ và các kích thước chùm theo mặt cắt cho hai trục ngang sẽ được chỉ thị.

Fig.2A là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán theo trục ngắn cho chùm cận hồng ngoại như là hàm số của chiều dài bộ phận cộng hưởng, cho các thấu kính nhiệt khác nhau trong thành phần khuếch đại, trong ví dụ của laze trên Fig.1A đang có các gương bộ cộng hưởng phẳng.

Fig.2B là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán theo trục ngắn cho chùm cận hồng ngoại như là hàm số của chiều dài bộ phận cộng hưởng, cho

các thấu kính nhiệt khác nhau trong thành phần khuếch đại, trong ví dụ của laze trên Fig.1A đang có các gương bộ cộng hưởng cong lõm.

Fig.2C là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán theo trục dài cho chùm cận hồng ngoại như là hàm số của chiều dài bộ phận cộng hưởng, cho các thấu kính nhiệt khác nhau trong thành phần khuếch đại, trong ví dụ trên Fig.2A.

Fig.3 là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán theo trục ngắn cho các chùm cận hồng ngoại như là hàm số của chiều dài bộ phận cộng hưởng, cho các độ cong gương bộ cộng hưởng khác nhau, trong ví dụ trên Fig.2A.

Fig.4 là đồ thị minh họa một cách sơ lược công suất đầu ra cận hồng ngoại được tính toán như là hàm số của độ phản xạ gương bộ cộng hưởng ghép nối đầu ra, cho các tần số lặp lại xung khác nhau, trong ví dụ của Fig.2A.

Fig.5 là đồ thị minh họa một cách sơ lược quang thời gian xung FWHM như là hàm số của độ phản xạ gương bộ cộng hưởng ghép nối đầu ra trong ví dụ của Fig.4.

Fig.6 là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán theo trục dài cho chùm nhìn thấy được tạo ra bởi việc sinh ra hài hòa bậc hai và hiệu suất biến đổi hài hòa bậc hai theo phần trăm, được tính toán theo tinh thể LBO so khớp pha không tới hạn loại 1 như là hàm số của khoảng cách lan truyền trong tinh thể LBO, cho hai nhiệt độ tinh thể LBO khác nhau.

Fig.7 là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán theo trục dài cho chùm cận hồng ngoại và phần trăm được tính toán của công suất không được biến đổi trong chùm cận hồng ngoại như là hàm số của khoảng cách lan truyền trong tinh thể LBO của Fig.6, cho hai nhiệt độ tinh thể khác nhau.

Fig.8A là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán trong hai trục ngang cho chùm đầu ra cực tím được tạo ra bởi việc trộn tần số tổng trong hai tinh thể LBO và hiệu suất biến đổi theo phần trăm, được tính toán, như là hàm số của khoảng cách lan truyền trong hai tinh thể LBO, tại nhiệt độ 90 °C.

Fig.8B là đồ thị minh họa một cách sơ lược các trị số M^2 được tính toán trong hai trục ngang cho chùm đầu ra cực tím được tạo ra bởi việc trộn tần số tổng trong hai tinh

thể LBO và hiệu suất biến đổi theo phần trăm, được tính toán, như là hàm số của khoảng cách lan truyền trong hai tinh thể LBO, tại nhiệt độ 100 °C.

Các hình vẽ Fig.9A và Fig.9B minh họa một cách sơ lược các phương án thực hiện được ưu tiên của các laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, nhân ba tần số, ở bên ngoài theo sáng chế này, tương tự như laze của Fig.1, nhưng các chùm cận hồng ngoại và nhìn thấy được biến đổi thành chùm cực tím bởi hai tinh thể phi tuyến.

Fig.10 minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên theo sáng chế này đang có hai laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, nhân ba tần số, bên ngoài, mỗi laze tương tự như laze của Fig.9A, tạo ra hai chùm đầu ra cực tím không được phân cực, được kết hợp theo không gian.

Fig.11 minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên của laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, được gấp ba tần số, ở bên trong theo sáng chế này.

Fig.12A, Fig.12B, và Fig.12C minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên của bộ phận phóng đường để kết hợp các chùm đầu ra cực tím của sáu laze của Fig.1A và tạo thành chùm đường được phóng lên trên lớp silic cần được ủ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Đề cập tới các hình vẽ, trong đó các dấu hiệu giống nhau được gán bởi các số chỉ dẫn giống nhau, Fig.1A minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên 10 của laze trạng thái rắn được tạo xung lặp lại, được nhân ba tần số ở bên ngoài theo sáng chế này. Laze 10 có bộ phận cộng hưởng thẳng 12 được tạo thành giữa gương bộ cộng hưởng phản xạ cao 14 (gương HR) và gương bộ cộng hưởng ghép nối đưa ra, truyền qua một phần 16 (gương OC). Các trục tọa độ Đề Các x, y, và z được chỉ thị trên hình vẽ để tham khảo.

Bộ phận cộng hưởng 12 chứa thành phần khuếch đại 18 ở dạng của phiên nằm giữa các gương bộ cộng hưởng 14 và 16. Bộ phận cộng hưởng 12 được mô tả sơ lược trong hình phối cảnh trên Fig.1B. Các thành phần khác nằm trong bộ phận cộng hưởng được bỏ qua trên Fig.1B để tạo sự đơn giản cho việc minh họa. Thành phần khuếch đại 18 được cấp năng lượng bởi bức xạ bơm từ các mảng laze diot hai chiều 20A và 20B. Việc bức xạ bơm được chỉ thị trên Fig.1A bởi các đầu mũi tên E. Bức xạ bơm được nhân lên

trong thành phần khuếch đại bởi các gương lưỡng hướng sắc 22A và 22B, theo cách tương ứng. Theo cách làm ví dụ, thành phần khuếch đại có thể là garnet nhôm ytri (yttrium aluminum garnet - YAG) được pha tạp neodim (Nd^{3+}) hoặc yteb (Yb^{3+}) hoặc tinh thể ytri orthovanadat (YVO_4). Các tinh thể này cung cấp sự khuếch đại quang học tại các bước sóng giữa khoảng 1020 nm và khoảng 1080 nm, đặc trưng của ion chất pha tạp và vật liệu tinh thể, trong vùng cận hồng ngoại của phổ điện từ.

Thành phần khuếch đại được cấp năng lượng 18 tạo ra chùm của bức xạ cơ bản, đang có bước sóng cận hồng ngoại, vốn luân chuyển trong bộ phận cộng hưởng 12. Bức xạ cơ bản này được chỉ thị bởi các đầu mũi tên F. Bức xạ cơ bản đang luân chuyển được phân cực thẳng, đang có việc phân cực-định hướng được chỉ thị bởi các mũi tên P_F . Việc phân cực-định hướng này được thiết lập bởi bộ phân cực màng mỏng 24 nằm trong bộ phận cộng hưởng. Việc vận hành được tạo xung được chuyển mạch Q của bộ phận cộng hưởng được thực hiện theo cách phối hợp bởi tế bào Pockels 26 và bản một phần tư sóng 28 nằm trong bộ phận cộng hưởng 12.

Việc bơm đầu cuối được ưu tiên của thành phần khuếch đại và thao tác được tạo xung chuyển mạch Q là ví dụ và không được coi là làm hạn chế sáng chế này. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận ra rằng thành phần khuếch đại 18 có thể được bơm từ bên cạnh và rằng việc vận hành được tạo xung “khoang được trút” có thể được sử dụng, mà không tách khỏi nguyên lý và phạm vi của sáng chế này.

Chùm của bức xạ cơ bản được đưa ra từ bộ phận cộng hưởng 12 được truyền qua gương OC 16 và được tập trung bởi thấu kính 30 vào trong tinh thể phi tuyến, quang học 32, vốn được sắp xếp cho việc nhân đôi tần số loại 1 của bức xạ cơ bản. Bản một phần tư sóng 34 quay việc phân cực-định hướng của bức xạ cơ bản được hướng vào trong tinh thể phi tuyến 32 bởi góc 90° . Phần của bức xạ cơ bản được biến đổi bởi tinh thể phi tuyến 32 thành chùm của bức xạ hài hòa bậc hai, đang có bước sóng trong vùng nhìn thấy của phổ điện từ, để lại chùm còn dư của bức xạ cơ bản. Ví dụ, lên tới khoảng 50% của bức xạ cơ bản sẽ được biến đổi. Bức xạ hài hòa bậc hai được chỉ thị trong hình vẽ bởi các đầu mũi tên kép 2H. Bức xạ hài hòa bậc hai có việc phân cực-định hướng trực giao với phần tương ứng của bức xạ cơ bản, được chỉ thị bởi các mũi tên P_{2H} .

Bức xạ hài hòa bậc hai và bức xạ cơ bản còn dư cả hai đều được tập trung bởi thấu kính 36, qua bản sóng chọn lọc 38, vào trong tinh thể phi tuyến, quang học 40. Tinh thể phi tuyến 40 được sắp xếp cho việc trộn tần số tổng loại 1 của bức xạ hài hòa bậc hai với bức xạ cơ bản còn dư để sinh ra chùm của bức xạ hài hòa bậc ba. Bức xạ hài hòa bậc ba được chỉ thị trong hình vẽ bởi các đầu mũi tên bậc ba 3H. Các tinh thể thích hợp cho việc sinh ra hài hòa bậc hai và việc trộn tần số tổng chứa liti triborat (LBO), beta bari borat (BBO), cesi borat (CB), và cesi liti borat (CLBO). Việc nhân ba tần số của các bước sóng được thảo luận ở trên giữa 1020 nm và 1080 nm cung cấp các bước sóng đầu ra giữa khoảng 340 nm và khoảng 360 nm.

Bản sóng chọn lọc 38 được đặt cấu hình để không tạo ra việc quay phân cực của bức xạ cơ bản và việc việc quay phân cực 90 độ của bức xạ hài hòa bậc hai, nhờ đó sắp thẳng các định hướng của việc phân cực cho việc trộn tần số tổng loại 1. Bức xạ hài hòa bậc ba có việc phân cực-định hướng trực giao với định hướng của bức xạ cơ bản và bức xạ hài hòa bậc hai, được chỉ thị bởi các mũi tên P_{3H} . Việc phân cực-định hướng của bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra có thể được quay bởi bản nửa sóng khác (không được thể hiện), nenesu được yêu cầu cho ứng dụng. Bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra được chuẩn trực bởi thấu kính 42, tạo thành chùm đầu ra cực tím được chuẩn trực 44. Có một số bức xạ cơ bản còn lại và bức xạ hài hòa bậc hai còn lại (không được thể hiện) theo sau việc trộn tần số tổng. Bức xạ còn lại này có thể được tách ra từ bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra bởi bộ lọc (cũng không được thể hiện), như bộ lọc giao thoa màng mỏng. Bức xạ còn lại được ưu tiên loại bỏ cho hầu hết các ứng dụng.

Chùm của bức xạ cơ bản được đưa ra từ bộ phận cộng hưởng 12 và chùm đầu ra cực tím 44 có trục ngang thứ nhất song song với trục x, trục ngang thứ hai song song với trục y, và lan truyền dọc theo trục z, như được mô tả trên các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B. Trục x ngang và trục y ngang là trục giao với nhau. Gương HR 14 và gương OC 16 có thể là phẳng hoặc có thể là hình trụ có năng suất phản xạ chỉ theo trục ngang thứ hai.

Trục ngang thứ nhất được đề cập tới ở đây như là “trục nằm ngang” hoặc “trục dài”. Trục ngang thứ hai được đề cập tới ở đây như là “trục thẳng đứng” hoặc “trục ngắn”. Trục z được đề cập tới như là “trục lan truyền”. Các thuật ngữ như “nằm ngang”,

“thẳng đứng”, “dài”, và “ngắn” được sử dụng ở đây để tạo thuận tiện cho việc mô tả. “Nằm ngang” và “thẳng đứng” không có nghĩa là để hạn chế hướng không gian của thiết bị laze, khi được sử dụng. Tương tự, “dài” và “ngắn” không có nghĩa là để hạn chế tỉ lệ hình dạng của chùm, vốn được biến đổi dễ dàng bởi các thấu kính và các gương. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận ra rằng các trục ngắn và dài của chùm đầu ra có thể được trao đổi sử dụng kính tiềm vọng và rằng các kích thước chùm có thể được điều chỉnh bằng cách sử dụng một hoặc nhiều kính viễn vọng. Các thay đổi này có thể được tạo ra mà không tách khỏi nguyên lý và phạm vi của sáng chế này.

Fig.1C là hình phối cảnh minh họa một cách sơ lược laze trạng thái rắn được tạo xung được nhân ba tần số của Fig.1A trong vỏ chứa 48 đang có cửa sổ 50, mà chùm đầu ra cực tím 44 được phân phối qua đó. Các trị số M^2 làm ví dụ và các kích thước theo mặt cắt cho các trục ngắn và dài của chùm đầu ra cực tím được chỉ thị trên các hình vẽ. Các trị số M^2 làm ví dụ là theo cách tương ứng lớn hơn 20 và lớn hơn 200. Các kích thước theo mặt cắt, làm ví dụ của chùm đầu ra cực tím 44 theo cách tương ứng là khoảng 5 mm và khoảng 46 mm. Chùm đầu ra cực tím 44 từ laze theo sáng chế 10, đang có thành phần khuếch đại được tạo hình dạng phiến 18, có thể có mặt cắt hình chữ nhật hoặc hình elip. Hình dạng của mặt cắt phụ thuộc, ví dụ, vào việc xem liệu thành phần khuếch đại được bơm từ cạnh hay bơm từ đầu cuối.

Laze theo sáng chế 10 là có khả năng phân phối các xung đầu ra cực tím đang có quãng thời gian của xung toàn độ rộng ở nửa cực đại (full-width at half maximum - FWHM) lớn hơn khoảng 10 ns và năng lượng xung lớn hơn khoảng 100 mJ cho mỗi xung tại tần số lặp lại xung lớn hơn khoảng 100 Hz.

Cần chú ý rằng thiết kế của laze theo sáng chế 10 thể hiện khác biệt cơ bản với thiết kế laze trạng thái rắn thông thường, trong đó các cố gắng là hướng tới việc tối đa hóa phẩm chất chùm (tối thiểu hóa M^2) cho các hoạt động như cắt laze và khoan laze. Trong các hoạt động này, việc tập trung chính xác của bức xạ laze là cần thiết. Các laze trạng thái rắn thông thường này, thường phân phối chùm laze với mặt cắt hình tròn danh định và trị số M^2 nhỏ hơn khoảng 1,5 trong cả hai trục ngang. Các laze trạng thái rắn

nhiều chế độ đang phát ra bức xạ cực tím cũng được thiết kế để có các trị số M^2 khả thi thấp nhất cho công suất đầu ra đã cho. Thông thường, các laze tạo ra các chùm đầu ra cực tím đang có các trị số M^2 nhỏ hơn 20 trong cả hai trục ngang.

Mục đích trong việc thiết kế laze theo sáng chế 10 là để tối đa hóa M^2 để đạt tới các trị số lớn hơn khoảng 20 theo trục ngắn và lớn hơn khoảng 200 theo trục dài, với trị số M^2 trục dài lớn hơn trị số M^2 trục ngắn. Các hệ số phẩm chất chùm lớn này là đặc trưng của các laze excimer được thảo luận ở trên mà laze theo sáng chế cố gắng thay thế chúng. Mẫu chốt cho việc tối đa hóa các trị số M^2 thành phần khuếch đại được tạo hình dạng phiên 18, phối hợp với các gương bộ cộng hưởng hình trụ được thảo luận ở trên 14 và 16. Thành phần khuếch đại 18 có chiều rộng theo phương ngang W, độ dày thẳng đứng T, và chiều dài L, như được mô tả trên Fig.1B.

Việc bơm đầu cuối được mô tả ở trên với các chùm được kéo dài từ các mảng laze diot hai chiều 20A và 20B tạo ra thể tích khuếch đại được kéo dài, đang có chiều rộng theo phương ngang w, chiều cao thẳng đứng h, và chiều dài L (chiều dài của thành phần khuếch đại). Mặt cắt diện tích khuếch đại 46 với các kích thước chiều rộng w và chiều cao h xác định mặt cắt của chùm của bức xạ cơ bản nằm trong thành phần khuếch đại 18. Diện tích khuếch đại 46 hoạt động như là cửa mở mềm nằm trong bộ phận cộng hưởng 12. Chiều rộng w là lớn hơn một cách đáng kể so với chiều cao h, tốt hơn là lớn hơn ít nhất ba lần. Các kích thước biểu diễn này được đề cập tới ở bên dưới trong việc mô tả hiệu quả hoạt động được tính toán của các ví dụ của laze theo sáng chế 10.

Các hình vẽ Fig.2A và Fig.2B minh họa theo đồ họa hệ số phẩm chất chùm M^2 được tính toán để đưa ra bức xạ cơ bản từ bộ phận cộng hưởng 12 theo trục thẳng đứng so với chiều dài bộ phận cộng hưởng, trong ví dụ của laze theo sáng chế 10 trên Fig.1A. Chiều dài bộ phận cộng hưởng là khoảng cách giữa các gương bộ cộng hưởng 14 và 16. Các gương bộ cộng hưởng 14 và 16 là phẳng trong việc tính toán trên Fig.2A. Các gương bộ cộng hưởng 14 và 16 là lõm trong việc tính toán trên Fig.2B, đang có bán kính cong là 1 m. Thành phần khuếch đại 18 nằm trong tâm của bộ phận cộng hưởng. Các trị số M^2 được mô tả cho các thấu kính nhiệt khác nhau trong thành phần khuếch đại, từ 1 diop (D) tới 5 D, theo trục thẳng đứng. Theo ví dụ này, bức xạ cơ bản được sinh ra đang có

bước sóng là khoảng 1064 nm. Các kích thước chiều rộng W , chiều dài L , và độ dày T của thành phần khuếch đại 18 được giả sử là 50 mm, 50 mm, và 5,0 mm, theo cách tương ứng. Diện tích khuếch đại 46 có chiều rộng w là 40 mm và chiều dài h là 3,0 mm.

Fig.2C minh họa theo đồ họa hệ số phẩm chất chùm M^2 được tính toán cho bức xạ cơ bản được đưa ra theo hướng nằm ngang so với chiều dài bộ phận cộng hưởng, trong bộ phận cộng hưởng trên Fig.2A., vốn có các gương bộ cộng hưởng phẳng. Thấu kính nhiệt trong thành phần khuếch đại 18 xấp xỉ là 0 D theo hướng nằm ngang. Tuy nhiên, việc tập trung hoặc khử tập trung trong khoang có thể được đưa ra bằng cách thêm các thấu kính hình trụ đang có năng suất khúc xạ theo hướng nằm ngang. Các trị số M^2 được mô tả cho các cặp khác nhau của các thấu kính hình trụ, có năng suất khúc xạ tổng cộng từ 0,05 D tới 0,25 D, nghĩa là được định vị đối xứng, liền kề với từng đầu cuối của thành phần khuếch đại. Việc thêm năng suất khúc xạ dương cho bộ phận cộng hưởng làm tăng các trị số M^2 theo hướng nằm ngang.

Fig.3 minh họa theo đồ thị hệ số phẩm chất chùm M^2 được tính toán cho bức xạ cơ bản được đưa ra theo trục thẳng đứng so với chiều dài bộ phận cộng hưởng, trong bộ phận cộng hưởng của Fig.2A. Ở đây, thấu kính nhiệt trong thành phần khuếch đại 18 là 2,75 D theo trục thẳng đứng. Các trị số M^2 được mô tả cho các bán kính cong khác nhau của các gương bộ cộng hưởng, từ 0,2 m tới 0,6 m, theo trục thẳng đứng. Fig.2A thể hiện rằng việc thêm năng suất khúc xạ dương vào bộ phận cộng hưởng làm tăng các trị số M^2 theo trục thẳng đứng. Theo cách tương tự, Fig.3 thể hiện rằng việc thêm năng suất khúc xạ dương vào bộ phận cộng hưởng làm tăng một cách đáng kể các trị số M^2 tiếp cận được theo trục thẳng đứng.

Các ví dụ minh họa rằng chế độ bộ phận cộng hưởng laze được thiết lập đang có các hệ số phẩm chất chùm được xác định bởi chiều dài bộ phận cộng hưởng, diện tích khuếch đại, việc tạo thấu kính trong khoang, và độ cong của các gương bộ cộng hưởng. Việc tạo thấu kính nhiệt là mạnh nhất theo trục thẳng đứng và bỏ qua được theo hướng nằm ngang. Các trị số M^2 tạo thành vẫn nhỏ hơn theo trục thẳng đứng hơn là theo hướng nằm ngang do hình dạng phiến của thành phần khuếch đại 18 và việc kéo dài của diện tích khuếch đại 46. Năng suất khúc xạ và phản xạ trong từng trục trong số các trục ngang

có thể được điều chỉnh một cách độc lập sử dụng các thấu kính nội khoang hoặc các gương bộ cộng hưởng được làm cong để đạt được các trị số M^2 mong muốn cho bức xạ cơ bản được đưa ra. Một lần nữa, trong laze làm ví dụ, trục thẳng đứng tương ứng với trục ngắn và trục nằm ngang tương ứng với trục dài của bức xạ cơ bản.

Còn giả sử rằng thành phần khuếch đại 18 là tinh thể YAG được pha tạp Nd^{3+} . Nếu thành phần khuếch đại được tiếp năng lượng bởi 4,8 J cho mỗi xung của bức xạ bơm được hấp thụ, thì năng suất khúc xạ của thành phần khuếch đại được tạo hình dạng phiên là khoảng 4,75 D theo trục ngắn và khoảng 0 D theo trục dài. Dưới các điều kiện này, bộ phận cộng hưởng 12 có thể được đặt cấu hình để tạo ra các trị số M^2 theo cách tin cậy để đưa ra bức xạ cơ bản lớn hơn 10 theo trục ngắn và lớn hơn 50 theo trục dài. Tốt hơn nếu, bộ phận cộng hưởng 12 có thể được đặt cấu hình để tạo ra các trị số M^2 lớn hơn 20 theo trục ngắn và lớn hơn 200 theo trục dài.

Fig.4 là đồ thị của công suất bức xạ cơ bản được đưa ra, được tính toán như là hàm số của độ phản xạ OC-gương, với bộ phận cộng hưởng $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ làm ví dụ được vận hành tại các tần số lặp lại xung khác nhau, từ 500 Hz đến 900 Hz. Ở đây, chiều dài bộ phận cộng hưởng là 1 m và các gương bộ cộng hưởng là phẳng. Các thông số bộ phận cộng hưởng khác là giống như cho Fig.2A. Có thể thấy rằng tần số lặp lại xung là 600 Hz và với độ phản xạ OC-gương là khoảng 60%, công suất bức xạ cơ bản được đưa ra đạt đỉnh tại khoảng 1100 W, vốn tương ứng với năng lượng xung khoảng 1,86 Jun. Trong các ví dụ được biểu diễn bên dưới, giả sử rằng bộ phận cộng hưởng được bơm tại và vận hành tại tần số lặp lại xung là 600 Hz. Fig.5 là đồ thị của quãng thời gian xung FWHM như là hàm số của độ phản xạ OC-gương trong ví dụ của Fig.4. Có thể thấy rằng độ phản xạ Oc-gương 60% tối ưu tạo ra quãng thời gian xung là khoảng 25 ns.

Các tính toán mô hình chỉ ra rằng công suất bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra từ laze theo sáng chế 10 có thể được mong đợi là khoảng 32% của công suất bức xạ cơ bản được đưa ra từ bộ phận cộng hưởng 12, khi các hiệu suất biến đổi hài hòa được tối ưu hóa. Theo đó, laze theo trạng thái rắn, nhân ba tần số theo sáng chế có thể được mong đợi là phân phát được công suất đầu ra cực tím là khoảng 350 W tại bước sóng là 355 nm. Các công suất cao hơn có thể đạt được thông qua việc tinh chế hơn nữa của bộ phận

cộng hưởng cận hồng ngoại. Tại công suất đầu ra cực tím này, các đầu ra được kết hợp của khoảng mười hai laze theo sáng chế sẽ là cần thiết để tạo ra cùng một công suất được tạo ra bởi sáu laze excimer.

Fig.6 minh hoạt theo đồ họa hiệu suất sinh ra hài hòa bậc hai như là hàm số của khoảng cách lan truyền của tinh thể LBO khớp pha không tới hạn loại 1. Hiệu suất biến đổi được biểu diễn như là phần trăm. Chỗ thắt của chùm của bức xạ cơ bản là nằm trong tâm của tinh thể LBO. Các kích thước mặt cắt của chỗ thắt của chùm được giả sử là 1 mm theo trục ngắn và 10 mm theo trục dài. Năng lượng xung đi tới được giả sử là 0,375 J và khoảng thời gian của xung được giả sử là 25 ns. T_{NCPM} là nhiệt độ so khớp pha không tới hạn cho sóng phẳng, vốn thường được tính toán để ở trong khoảng giới hạn giữa khoảng 150 °C và khoảng 160 °C. Nhiệt độ chính xác phụ thuộc vào các hệ số Sellmeier được sử dụng trong tính toán. Các tính toán được thể hiện cho hai nhiệt độ tinh thể, $T_{NCPM} + 0,4$ °C và $T_{NCPM} + 0,9$ °C. Nhiệt độ tinh thể tối ưu của các chùm được tập trung trong ví dụ là khoảng $T_{NCPM} + 0,9$ °C. Nó lệch một chút khỏi T_{NCPM} một phần bù cho đường cong mặt đầu sóng của bức xạ cơ bản trên cả hai mặt của chỗ thắt của chùm.

Nó được xác định rằng trị số M^2 hiện đã cao của bức xạ cơ bản được đưa ra từ bộ phận cộng hưởng 12 có thể được tăng một chút bởi tinh thể phi tuyến 32. Bức xạ hài hòa bậc hai được sinh ra từ bức xạ cơ bản được đưa ra bởi việc sinh ra hài hòa bậc hai trong tinh thể phi tuyến. Fig.6 cũng minh họa hệ số phẩm chất chùm M^2 của bức xạ hài hòa bậc hai được tính toán theo trục dài như là hàm số của khoảng cách lan truyền nằm trong tinh thể. Giả sử rằng chùm đi tới của bức xạ cơ bản nhiều chế độ có bước sóng là 1064 nm, trị số M^2 là 10 theo trục ngắn, và trị số M^2 là 50 theo trục dài. Các tính toán thể hiện rằng trị số M^2 theo trục dài là lớn hơn gấp đôi, từ 50 cho chùm của bức xạ cơ bản đi tới, tới 108 cho chùm của bức xạ hài hòa bậc hai phát ra từ tinh thể LBO, tại nhiệt độ tinh thể tối ưu. Thậm chí với các khoảng cách lan truyền cỡ vài milimet nằm trong tinh thể LBO, thì trị số M^2 tăng tới khoảng 67 cho chùm của bức xạ hài hòa bậc hai.

Fig.7 là đồ thị của hệ số phẩm chất chùm M^2 được tính toán theo trục dài cho bức xạ cơ bản không được biến đổi như là hàm số của khoảng cách lan truyền trong tinh thể

LBO khớp về pha, không tới hạn trên Fig.6. Fig.7 cũng minh họa công suất bức xạ cơ bản không được biến đổi, được tính toán như là hàm số của khoảng cách nằm trong tinh thể LBO. Công suất không được biến đổi được biểu diễn như là phần trăm của công suất bức xạ đi tới trên tinh thể LBO. Bức xạ cơ bản không được biến đổi đi ra khỏi tinh thể LBO trở thành bức xạ cơ bản còn dư được hướng vào trong tinh thể phi tuyến 40. Các tính toán được thể hiện cho cùng các nhiệt độ tinh thể như Fig.6. Trị số M^2 của bức xạ cơ bản không được biến đổi theo trục dài cũng tăng tại nhiệt độ tinh thể tối ưu, nhiều hơn gấp đôi, tới mức cực đại khoảng 106 khi chùm lan truyền qua tinh thể phi tuyến 32. Theo đó, tinh thể phi tuyến 40 sinh ra bức xạ hài hòa bậc ba nhờ việc trộn tần số tổng chùm của bức xạ cơ bản còn dư và chùm của bức xạ hài hòa bậc hai, mỗi phần đang có trị số M^2 nhiều hơn 100 theo trục dài.

Các hình vẽ Fig.6 và Fig.7 minh họa các việc tăng trong các hệ số phẩm chất chùm M^2 của chùm hài hòa bậc hai được sinh ra và chùm cơ bản còn dư có lợi từ việc ủ laze. Các việc tăng này xuất hiện từ các thay đổi trong đường cong mặt đầu sóng của các chùm lan truyền được ghép nối với việc biến đổi của bức xạ cơ bản tới bức xạ hài hòa bậc hai và biến đổi ngược của bức xạ hài hòa bậc hai về bức xạ cơ bản. Nói chung, việc gấp đôi tần số là hiệu quả nhất khi chùm cơ bản và chùm hài hòa bậc hai có cùng một đường cong mặt đầu sóng. Với các chùm nhiều chế độ với phân bố cường độ trên đỉnh phẳng, việc so khớp chính xác của các đường cong mặt đầu sóng xuất hiện khi trị số M^2 của chùm hài hòa bậc hai là gấp đôi trị số M^2 của chùm cơ bản. Các biến đổi trong các trị số M^2 như các chùm lan truyền qua tinh thể phi tuyến được tạo ra bởi việc biến đổi liên tục và biến đổi ngược giữa hai chế độ ngang khác nhau.

Các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B minh họa theo dõi hệ số phẩm chất chùm M^2 được tính toán cho bức xạ hài hòa bậc ba như là hàm số của khoảng cách lan truyền qua tinh thể phi tuyến 40, vốn có dạng của hai tinh thể LBO tách biệt, mỗi tinh thể đang có chiều dài 30 mm. Hai tinh thể LBO được đặt cấu hình và được sắp xếp cho việc bù việc rời bỏ. Fig.8A có nhiệt độ trong từng tinh thể là 90 °C và Fig.8B có nhiệt độ trong từng tinh thể là 100 °C. Các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B cũng minh họa hiệu suất biến đổi hài hòa bậc ba như là hàm số của khoảng cách lan truyền nằm trong hai tinh thể LBO. Một

lần nữa, việc biến đổi tổng thể của bức xạ cơ bản thành bức xạ hài hòa bậc ba là hiệu quả nhất khi các đường cong mặt đầu sóng của tất cả các chùm là khớp. Việc so khớp chính xác xuất hiện khi trị số M^2 của chùm hài hòa bậc ba là bằng ba lần của trị số đó của chùm cơ bản và trị số M^2 của chùm hài hòa bậc hai là bằng hai lần trị số đó của chùm cơ bản.

Giả sử rằng chùm đi tới của bức xạ cơ bản còn dư được hướng vào trong tinh thể LBO thứ nhất có trị số M^2 là 10,5 theo trục ngắn và 106 theo trục dài. Chùm đi tới của bức xạ hài hòa bậc hai được hướng vào trong tinh thể LBO thứ nhất có trị số M^2 là 17 theo trục ngắn và 92 theo trục dài. Các kích thước theo mặt cắt của chỗ thắt của chùm trong tâm của từng tinh thể LBO được giả sử là 0,5 mm theo trục ngắn và 10 mm theo trục dài. Các năng lượng xung đi tới được giả sử là 0,206 J của bức xạ cơ bản còn dư và 0,169 J của bức xạ hài hòa bậc hai. Nghĩa là, tỉ lệ là 55% so với 45% cho năng lượng xung trong bức xạ cơ bản so với năng lượng xung trong bức xạ hài hòa bậc hai. Khoảng thời gian xung vẫn được giả sử là 25 ns.

Nó xác định được rằng trị số M^2 của bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra còn được tăng tới 22 theo trục ngắn và 176 theo trục dài sau khi lan truyền qua cả hai tinh thể LBO tại 90 °C. Nghĩa là, trị số M^2 theo trục dài là lớn hơn 1,5 lần các trị số M^2 của bức xạ hài hòa bậc hai và bức xạ cơ bản còn dư đi tới. Hiệu suất chuyển đổi tổng cộng là 30%. Để tổng hợp các kết quả của các tính toán mô hình, bức xạ cơ bản được đưa ra từ bộ phận cộng hưởng đang có các trị số M^2 là 10 và 50 được biến đổi thành bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra đang có các trị số M^2 theo cách tương ứng là khoảng 22 và 176. 0,375 J cho mỗi xung của bức xạ cơ bản được biến đổi thành khoảng 0,113 J cho mỗi xung của bức xạ hài hòa bậc ba.

Các tính toán mô hình chỉ thị rằng, việc sinh ra hài hòa bậc hai theo sau đây trong tinh thể phi tuyến 32, các trị số M^2 của bức xạ cơ bản là giữa khoảng 15 và 25 theo trục ngắn và giữa khoảng 150 và 200 theo trục dài có thể tăng tới giữa khoảng 30 và 50 theo trục ngắn và giữa khoảng 300 và 400 theo trục dài. Nghĩa là, hệ số phẩm chất chùm sẽ có trị số là khoảng gấp đôi trong từng trục. Việc trộn tần số tổng dưới đây trong tinh thể phi tuyến 40, các trị số M^2 của bức xạ hài hòa bậc ba còn có thể tăng giữa khoảng 45 và

65 theo trục ngắn và giữa khoảng 450 và 600 theo trục dài. Cuối cùng, trị số M^2 theo trục dài theo sau việc trộn tần số tổng có thể bị ràng buộc bởi các giới hạn việc chấp nhận theo góc của các tinh thể phi tuyến. Dù vậy, các trị số M^2 của chùm hài hòa bậc ba được đưa ra có thể lớn hơn khoảng 60 theo trục ngắn và lớn hơn khoảng 400 theo trục dài. Nó so sánh với các trị số M^2 là 80 theo trục ngắn và 500 theo trục dài cho các chùm cực tím được tạo ra bởi các laze excimer hiện được sử dụng cho việc ủ laze, vốn được thảo luận ở trên.

Các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B minh họa rằng đang có nhiều tinh thể phi tuyến được sắp xếp theo các dãy để sinh ra bức xạ hài hòa bậc ba có thể tạo ra khoảng cách lan truyền đủ để đạt được hệ số phẩm chất chùm mong muốn. Fig.9A minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên khác 80 của laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, nhân ba tần số, ở bên ngoài theo sáng chế này. Laze 80 là tương tự như laze 10 trên Fig.1, nhưng có hai tinh thể phi tuyến 40 và 82 để sinh ra bức xạ hài hòa bậc ba nhờ việc trộn tần số tổng. Các tinh thể phi tuyến 40 và 82 có thể có cùng chiều dài hoặc có các chiều dài khác nhau, vốn được chọn để tối ưu hóa việc biến đổi tổng thể của bức xạ cơ bản thành bức xạ hài hòa bậc ba và để tạo ra hệ số phẩm chất chùm mong muốn. Các thành phần quang học của phương án thực hiện 80 về bên trái của bản sóng 34 là giống như trong phương án thực hiện ở Fig.1, và được bỏ qua để tạo thuận tiện cho việc minh họa.

Một phần của bức xạ cơ bản được đưa ra được biến đổi bởi tinh thể phi tuyến 32 thành chùm của bức xạ hài hòa bậc hai. Bức xạ hài hòa bậc hai và bức xạ cơ bản còn dư đều được tập trung bởi thấu kính 92 vào trong tinh thể phi tuyến 40 để sinh ra một chùm của bức xạ hài hòa bậc ba bằng việc trộn tần số tổng. Chùm hài hòa bậc ba này được tách khỏi chùm cơ bản còn dư và chùm còn dư hài hòa bậc hai bởi gương 84 và được định hướng bởi gương 86 qua bản nửa sóng 88 và lên trên bộ phân cực lăng kính lập phương 90. Gương 84 là truyền qua cho bức xạ cơ bản và bức xạ hài hòa bậc hai. Các gương 84 và 86 là phản xạ cho bức xạ hài hòa bậc ba.

Chùm cơ bản còn dư và chùm còn dư hài hòa bậc hai được lan truyền đồng thời và được truyền qua gương 84 được tập trung lên trên tinh thể phi tuyến 82 để sinh ra chùm

khác của bức xạ hài hòa bậc ba. Chùm hài hòa bậc ba này được tách ra từ chùm cơ bản còn lại và chùm hài hòa bậc hai còn lại bởi gương 84 khác và do đó được hướng lên trên bộ phân cực 90. Hai chùm bức xạ hài hòa bậc ba đi tới trên bộ phân cực 90 có các phân cực thẳng trục giao và được kết hợp để nhờ đó tạo thành chùm đầu ra của bức xạ cực tím 44. Bộ phân cực 90 có bề mặt chọn lọc phân cực là truyền qua cho một việc phân cực và là phản xạ cho việc phân cực trục giao. Do đó, chùm đầu ra cực tím 44 chứa cả hai phân cực thẳng. Các thấu kính khác nhau tập trung các chùm vào trong các tinh thể phi tuyến và chuẩn trực các chùm như được mô tả. Ví dụ, thấu kính 92.

Fig.9B minh họa sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên 100 khác của laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, nhân ba tần số, ở bên ngoài theo sáng chế này. Laze 100 là tương tự như laze 80, nhưng sử dụng các gương trội thay cho các thấu kính để tập trung và chuẩn trực các chùm. Ví dụ, gương 102 trong laze 100 thay cho thấu kính 92 trong laze 80. Một lần nữa, hai chùm hài hòa bậc ba được sinh ra trong các tinh thể phi tuyến tách biệt. Trong laze 100, các chùm hài hòa bậc ba này được kết hợp theo không gian bởi gương 104 là không phản xạ cho bức xạ hài hòa bậc ba để tạo thành chùm đầu ra cực tím 44. Một ưu điểm của laze 100 là ở chỗ chùm đầu ra cực tím 44 được phân cực thẳng.

Để minh họa các nguyên lý của sáng chế này như được mô tả ở đây, hai các laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, nhân ba tần số, ở bên ngoài tương tự như phương án thực hiện 80 trên Fig.9A sẽ được mô hình hóa. Mỗi laze có bộ phận cộng hưởng tạo ra chùm của bức xạ cơ bản được đưa ra tại 1064 nm đang có các kích thước 2 mm x 40 mm và các hệ số phẩm chất chùm 25 x 100 trong các trục ngắn x dài. Tinh thể phi tuyến được tạo thành từ LBO sinh ra chùm của bức xạ hài hòa bậc hai tại 532 nm bởi việc gấp đôi tần số loại I. Hai tinh thể phi tuyến được sắp xếp nối tiếp được tạo thành từ LBO sinh ra hai chùm bức xạ hài hòa bậc ba nhờ việc trộn tần số tổng loại I. Hai chùm này của bức xạ hài hòa bậc ba được chuẩn trực và việc phân cực hóa được kết hợp để tạo thành chùm đầu ra của bức xạ cực tím không được phân cực, như được mô tả trên Fig.9A. Chùm đầu ra được kết hợp việc phân cực của từng laze có các kích thước là 5 mm x 40 mm và các hệ số phẩm chất chùm là 70 x 225 theo các trục ngắn x dài.

Fig.10 minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên 120 theo sáng chế này để kết hợp theo không gian các chùm đầu ra của hai laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, nhân ba tần số, ở bên ngoài. Mỗi laze có vỏ chứa 48 và cửa sổ 50, mà chùm đầu ra 44 được phân phối qua đó. Một trong các chùm đầu ra được định hướng bởi gương 122 lên trên gương 124 được định vị một cách chính xác để kết hợp theo không gian hai chùm đầu ra vào trong một chùm được kết hợp của bức xạ cực tím không được phân cực 126. Chùm được kết hợp 126 có các kích thước là khoảng 5 mm x 80 mm và các hệ số phẩm chất chùm là khoảng 70 x 450 theo các trục ngắn x dài. Chùm được kết hợp 126 cũng có công suất gấp đôi công suất của từng chùm đầu ra 44.

Fig.11 minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên 110 của laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, được gấp ba tần số, ở bên trong theo sáng chế này. Laze 110 là tương tự như laze 10, đang có bộ phận cộng hưởng 12 được tạo thành giữa gương HR 14 và gương bộ cộng hưởng phản xạ cao 112 khác, vốn có độ phản xạ cao cho cả hai bức xạ cơ bản và bức xạ hài hòa bậc hai. Trong laze 110, các tinh thể phi tuyến 32 và 40 nằm trong bộ phận cộng hưởng 12. Chùm của bức xạ cơ bản luân chuyển trong bộ phận cộng hưởng 12. Việc ghép nối đầu ra là qua việc biến đổi một phần của bức xạ cơ bản thành bức xạ hài hòa, hơn là việc truyền một phần của bức xạ cơ bản qua gương ghép nối đầu ra.

Trong khi lan truyền từ bên trái sang bên phải hình vẽ, chùm của bức xạ cơ bản ở bên trong khoang sẽ đi qua bản nửa sóng 34, tinh thể phi tuyến 40, tinh thể phi tuyến 32, và bị phản xạ bởi gương HR 112. Bản nửa sóng 34 quay việc phân cực-định hướng của bức xạ cơ bản, sau đó tinh thể phi tuyến 32 biến đổi một phần bức xạ cơ bản thành chùm của bức xạ hài hòa bậc hai, vốn cũng bị phản xạ bởi gương HR 112. Bức xạ cơ bản bị phản xạ và bức xạ hài hòa bậc hai cùng lan truyền từ bên phải sang bên trái qua tinh thể phi tuyến 32, bản sóng chọn lọc 38, tinh thể phi tuyến 40, và lên trên gương đầu ra 114. Bức xạ cơ bản bị phản xạ còn được biến đổi thành bức xạ hài hòa bậc hai bởi tinh thể phi tuyến 32, làm tăng công suất của chùm của bức xạ hài hòa bậc hai. Bản sóng chọn lọc 38 chỉ quay việc phân cực của bức xạ hài hòa bậc hai. Tinh thể phi tuyến 40 biến đổi một phần bức xạ cơ bản và bức xạ hài hòa bậc hai thành chùm của bức xạ hài hòa bậc

ba. Gương đưa ra 114 là có độ truyền qua cao cho bức xạ cơ bản và là phản xạ cho bức xạ hài hòa bậc hai và hài hòa bậc ba. Chùm đầu ra cực tím được chuẩn trực 44 được hướng ra khỏi bộ phận cộng hưởng 12 bởi gương đưa ra 114. Việc phân cực của bức xạ hài hòa bậc ba được đưa ra được chỉ thị bởi mũi tên P_{3H} . Ba thấu kính tập trung các chùm vào trong các tinh thể phi tuyến và chuẩn trực các chùm như được mô tả.

Fig.12A, Fig.12B, và Fig.12C minh họa một cách sơ lược phương án thực hiện được ưu tiên 60 của bộ phận phóng đường để kết hợp và làm đồng nhất hóa đầu ra của sáu laze trạng thái rắn, nhân ba tần số của Fig.1A. Bộ phận phóng đường 60 tạo thành đầu ra được kết hợp vào trong chùm đường được phóng lên trên lớp silic 62 cần được ủ, vốn được đỡ trên đế 64. Việc phân bố của các việc định hướng việc phân cực hóa trong chùm đường được phóng là có thể lựa chọn được.

Sáu laze được gán như là các laze 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, và 10F. Sáu laze được giả sử để có cùng các đặc tính đầu ra danh định. Bức xạ cực tím được phát ra bởi từng laze trong số các laze được phân cực tuyến tính, ở đây là được phân cực S. Mỗi laze hướnga chùm của việc bức xạ qua một trong số sáu bộ phận quay việc phân cực tương ứng 66. Theo ví dụ được mô tả, các bộ phận quay việc phân cực được điều chỉnh sao cho việc bức xạ từ các laze 10A và 10F không phải là việc phân cực được quay và vẫn giữ nguyên là được phân cực S. Bức xạ của các laze 10C và 10D là việc phân cực được quay bởi 90° và trở thành việc được phân cực P. Bức xạ từ các laze 10B và 10E là việc phân cực được quay bởi góc nào đó giữa 0° và 90° , tới định hướng trung gian (được phân cực I) giữa các việc phân cực P và S. Ví dụ, được quay bởi góc 45° .

Các chùm bức xạ đang có các định hướng phân cực khác nhau mà sau đó ngang với các phản tương ứng của sáu bộ đồng nhất chùm, có trục dài, mà mỗi bộ trong số đó đang chứa hai mảng thấu kính hình trụ 68A và 68B. Đầu ra từ tất cả các bộ đồng nhất chùm được thu thập bởi thấu kính cầu 70. Thấu kính cầu 70 phối hợp với thấu kính hình trụ 72, thấu kính cầu 74 và thấu kính hình trụ 76 kết hợp các đầu ra của các laze 10A-F thành chùm đường trên đế 64. Các thấu kính cầu 70 và 74 xác định chiều dài LL của chùm đường. Các thấu kính 70, 72, 74 và 76 định nên chiều rộng LW của chùm đường, vốn được mô tả trên Fig.12C. Mỗi laze trong số các laze phân phát bức xạ tới chiều dài

toàn thể của chùm đường được đồng nhất hóa, đang chiếu sáng lớp silic 62. Bộ phận phóng đường của Fig.12A là có khả năng kết hợp và đồng nhất hóa các chùm từ nhiều laze 10, ở đây là sáu, và tạo thành chùm đường đang có chiều rộng LW nhỏ hơn khoảng 1,0 mm.

Fig.12B minh họa một cách sơ lược cách mà việc phân cực hóa của bức xạ tại điểm bất kỳ trên chiều dài của chùm đường được phân bố theo góc. Theo ví dụ được mô tả, các việc biến đổi phân cực-định hướng từ việc được phân cực S tại các góc tới cao nhất, qua việc được phân cực I, tới việc được phân cực P tại các góc tới gần pháp tuyến.

Cần hiểu rằng chỉ các chi tiết cần thiết của bộ phận phóng đường 60 được thể hiện ở đây để hiểu các nguyên lý của sáng chế này. Phần mô tả chi tiết của thiết bị cụ thể cho việc làm phân cực, kết hợp, đồng nhất hóa, và phóng các đầu ra từ nhiều laze excimer cực tím được cung cấp trong công bố đơn sáng chế Mỹ số No. 2016/0259174, được chuyển nhượng cho người nhận chuyển nhượng của sáng chế này, phần bộc lộ hoàn chỉnh của chúng được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể sử dụng thiết bị kết hợp và phun chùm khác mà không tách khỏi nguyên lý và phạm vi của sáng chế này.

Tóm lại, phần mô tả ở trên là laze trạng thái rắn, nhân ba tần số theo sáng chế, tạo ra chùm đầu ra cực tím đang có công suất, năng lượng xung, và các thông số chùm trung bình so với các thông số của các laze excimer. Việc nhân ba tần số có thể là ở bên trong hoặc ở bên ngoài. Thiết kế tiếp cận tới bộ phận cộng hưởng của laze theo sáng chế về cơ bản là khác với các laze trạng thái rắn truyền thống theo tình trạng kỹ thuật của sáng chế, cho phép tạo ra chùm cận hồng ngoại đang có mặt cắt kéo dài và các trị số M^2 là lớn hơn một cách đáng kể so với 10 trong một trục ngang và so với 50 theo trục ngang trục giao. Cách tiếp cận thiết kế này tạo ra các trị số M^2 của chùm cận hồng ngoại được nhân lên trong quy trình nhân ba tần số tới các trị số cao cỡ 60 theo một trục ngang và 400 theo trục ngang trục giao. Các chùm đầu ra cực tím của nhiều laze theo sáng chế có thể được kết hợp theo cách được sử dụng để kết hợp các chùm đầu ra của các laze excimer cực tím trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế.

Sáng chế này được mô tả ở trên theo nghĩa của các phương án thực hiện được ưu tiên. Tuy nhiên, sáng chế không bị hạn chế bởi các phương án thực hiện được mô tả và thể hiện ở đây. Thay vào đó, sáng chế chỉ bị hạn chế bởi các yêu cầu bảo hộ theo sau đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị quang học để ủ lớp (62) trên đế, thiết bị này bao gồm:

nhiều laze trạng thái rắn, được tạo xung lặp lại, được biến đổi tần số (10), mỗi thành phần trong số chúng gồm bộ phận cộng hưởng laze (16) được tạo thành giữa các gương bộ cộng hưởng thứ nhất (14) và thứ hai (16), bộ phận cộng hưởng laze (16) gồm thành phần khuếch đại (18) ở dạng của phiến mà được cấp năng lượng bằng cách bơm quang học để tạo ra thể tích khuếch đại trong thành phần khuếch đại (18), bộ phận cộng hưởng được cấp năng lượng (12) tạo ra chùm bức xạ cơ bản (F), mỗi laze trạng thái rắn (10) còn gồm ít nhất một tinh thể phi tuyến (32, 40) để biến đổi một phần của chùm bức xạ cơ bản (F) thành chùm đầu ra (44) đang có bước sóng trong vùng cực tím của phổ điện từ, mỗi chùm đầu ra (44) đang có mặt cắt được đặc trưng bởi các trục ngang thứ nhất và thứ hai trục giao với nhau;

bộ phận phóng đường (60) được sắp xếp để nhận các chùm đầu ra (44), tạo thành các chùm đầu ra (44) thành chùm đường, và phóng chùm đường lên trên lớp (62) trên đế (64), chùm đường đang có chiều dài và chiều rộng trên lớp (62);

trong đó các kích thước theo mặt cắt của thể tích khuếch đại, chiều dài bộ phận cộng hưởng giữa các gương bộ cộng hưởng thứ nhất (14) và thứ hai (16), các năng suất quang học của các gương bộ cộng hưởng thứ nhất (14) và thứ hai (16), và khoảng cách lan truyền trong ít nhất một tinh thể phi tuyến (32, 40) được lựa chọn để đạt được hệ số phẩm chất chùm M^2 của chùm đầu ra (44) theo trục ngang thứ nhất lớn hơn 50 và hệ số phẩm chất chùm M^2 của chùm đầu ra (44) theo trục ngang thứ hai lớn hơn 20; và

trong đó việc ghép nối đầu ra từ bộ phận cộng hưởng laze (12) và tần số lặp lại xung được lựa chọn để tạo ra các xung laze của chùm đầu ra (44) đang có năng lượng xung lớn hơn 100 milijun, tần số lặp lại xung đang lớn hơn 100 Héc.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó hệ số phẩm chất chùm M^2 theo trục ngang thứ nhất là lớn hơn 200.

3. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bộ phận phóng đường (60) gồm nhiều bộ đồng nhất chùm và ít nhất hai thấu kính (70, 72, 74, 76) mỗi chùm bức xạ cơ bản ngang với bộ

đồng nhất chùm, đầu ra từ các bộ đồng nhất chùm được thu thập bởi một thấu kính trong số các thấu kính, ít nhất hai thấu kính (70, 72, 74, 76) kết hợp các chùm đầu ra sao cho mỗi chùm đầu ra đóng góp vào chiều dài toàn thể (LL) của chùm đường.

4. Thiết bị theo điểm 1, trong đó thành phần khuếch đại (18) được bơm về mặt quang học bởi một hoặc nhiều mảng laze diot (20A, 20B) được sắp xếp để tạo ra thể tích khuếch đại trong thành phần khuếch đại (18) đang có các chiều thứ nhất và thứ hai theo các trục ngang thứ nhất và thứ hai tương ứng.

5. Thiết bị theo điểm 4, trong đó kích thước trục ngang thứ nhất là lớn hơn hoặc bằng với ba lần của kích thước trục ngang thứ hai.

6. Thiết bị theo điểm 5, trong đó các gương bộ cộng hưởng thứ nhất (14) và thứ hai (16) có năng suất quang học chỉ theo trục ngang thứ hai.

7. Thiết bị theo điểm 4, trong đó chùm bức xạ cơ bản (F) có bước sóng trong vùng cận hồng ngoại của phổ điện từ đang đặc trưng bởi thành phần khuếch đại (18), bộ phận cộng hưởng laze (12) phân phối chùm bức xạ cơ bản (F) đến các tinh thể phi tuyến, quang học thứ nhất (32) và thứ hai (40) theo trình tự số học, tinh thể phi tuyến, quang học thứ nhất (32) đang được sắp xếp để sinh ra chùm bức xạ hài hòa bậc hai (2H) từ chùm bức xạ cơ bản (F), tinh thể phi tuyến, quang học thứ hai (40) đang được sắp xếp để sinh ra chùm đầu ra (44) bằng việc trộn tần số tổng chùm bức xạ hài hòa bậc hai (2H) với chùm bức xạ cơ bản còn dư sau việc sinh ra của chùm bức xạ hài hòa bậc hai (2H).

8. Thiết bị theo điểm 7, trong đó các trị số M^2 của chùm bức xạ hài hòa bậc hai (2H) trong các trục ngang thứ nhất và thứ hai là lớn hơn các trị số M^2 tương ứng của chùm bức xạ cơ bản (F), và các trị số M^2 của chùm đầu ra trong các trục ngang thứ nhất và thứ hai là lớn hơn các trị số tương ứng của chùm bức xạ hài hòa bậc hai (2H).

9. Thiết bị theo điểm 8, trong đó trị số M^2 của chùm bức xạ hài hòa bậc hai (2H) theo trục ngang thứ nhất ít nhất là gấp đôi trị số M^2 của chùm bức xạ cơ bản (F) theo trục ngang thứ nhất, hoặc trong đó trị số M^2 của chùm đầu ra (44) theo trục ngang thứ nhất là lớn hơn 1,5 lần trị số M^2 của bức xạ hài hòa bậc hai (2H) theo trục ngang thứ nhất,

hoặc trong đó trị số M^2 của chùm đầu ra (44) theo trục ngang thứ nhất là lớn hơn 1,5 lần trị số M^2 của bức xạ cơ bản còn dư theo trục ngang thứ nhất.

10. Thiết bị theo điểm 7, trong đó chùm đầu ra (44) có bước sóng trong khoảng giới hạn từ 340 nanomet tới 360 nanomet.

11. Thiết bị theo điểm 1, trong đó các xung laze đang có quãng thời gian xung toàn độ rộng ở nửa cực đại lớn hơn khoảng 10 nano giây.

12. Thiết bị theo điểm 1, trong đó chùm đầu ra (44) được phân cực thẳng.

13. Thiết bị theo điểm 1, trong đó lớp (62) được làm từ silic.

1/16

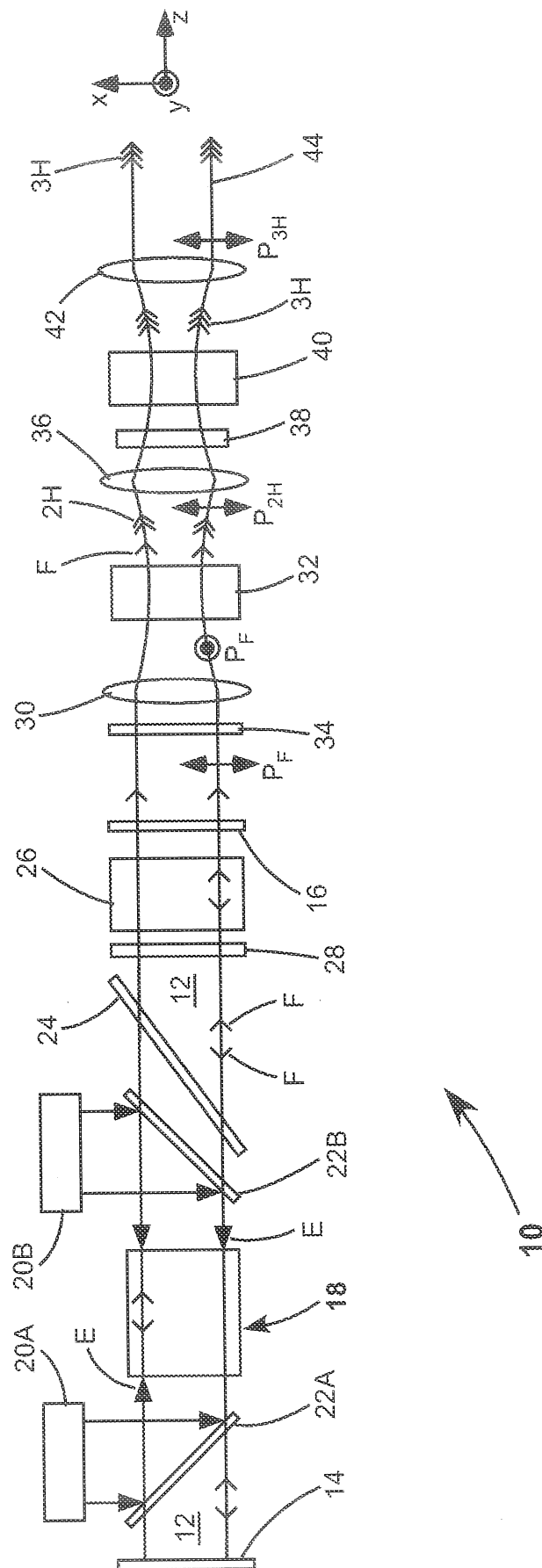


FIG. 1A

2/16

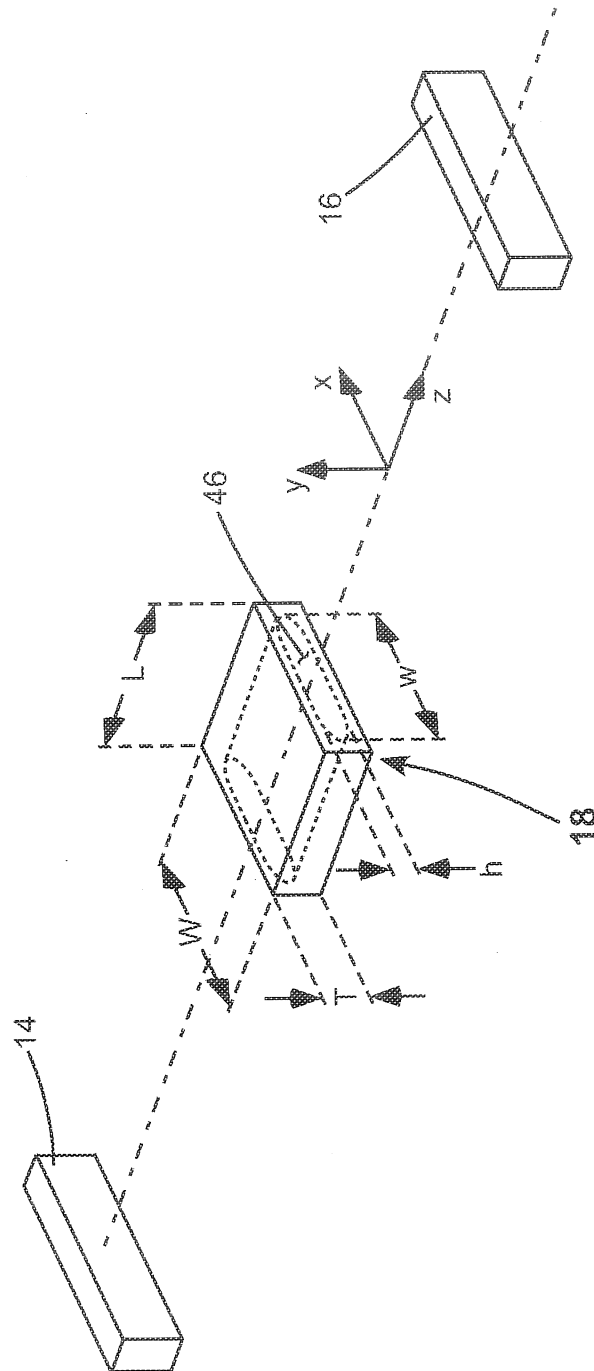


FIG. 1B

3/16

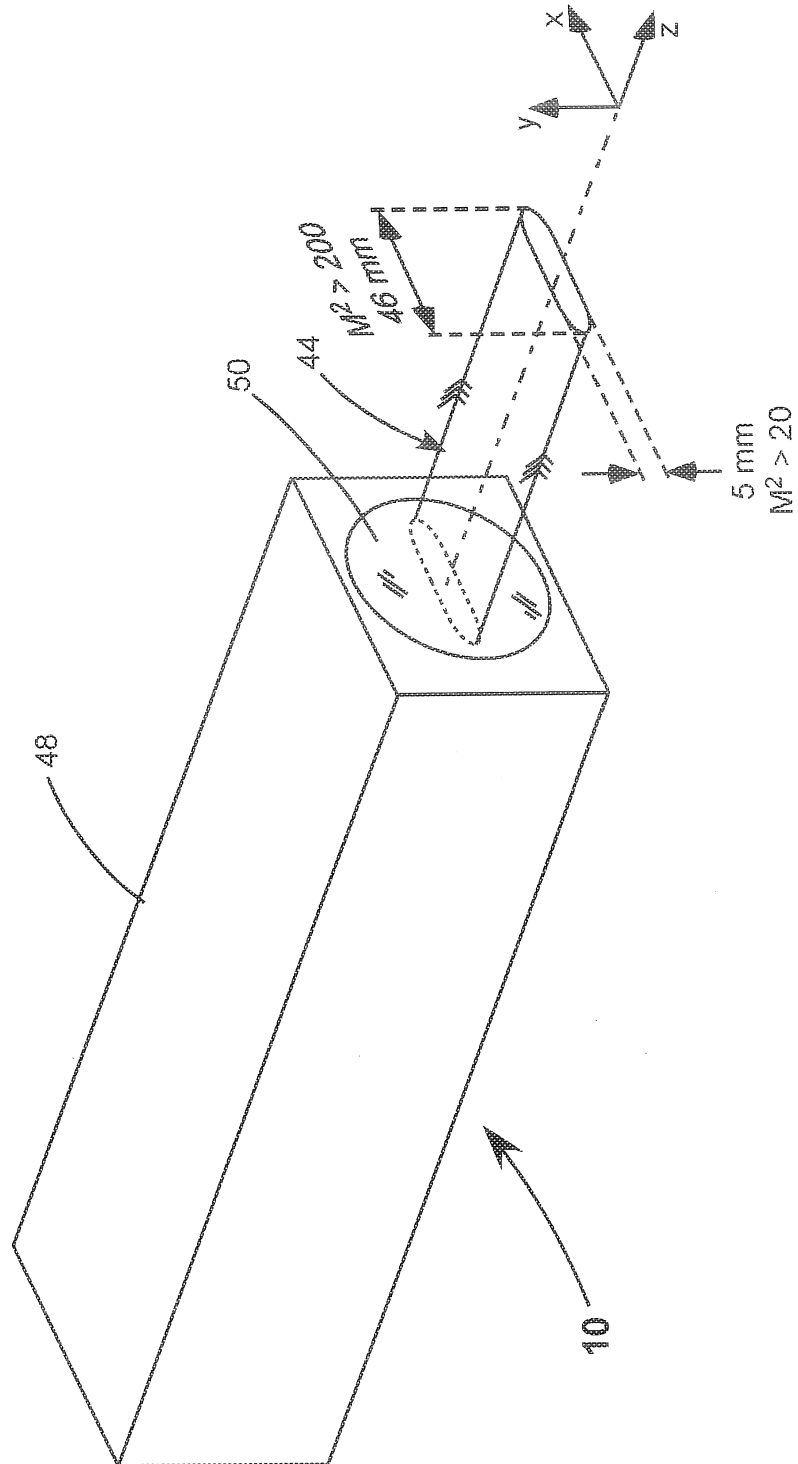


FIG. 1C

4/16

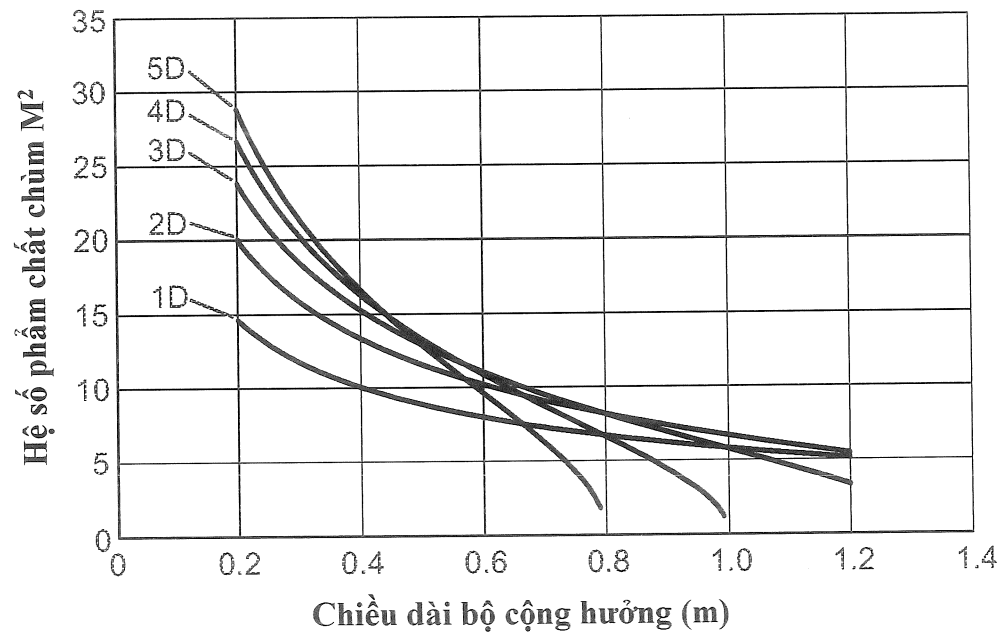


FIG. 2A

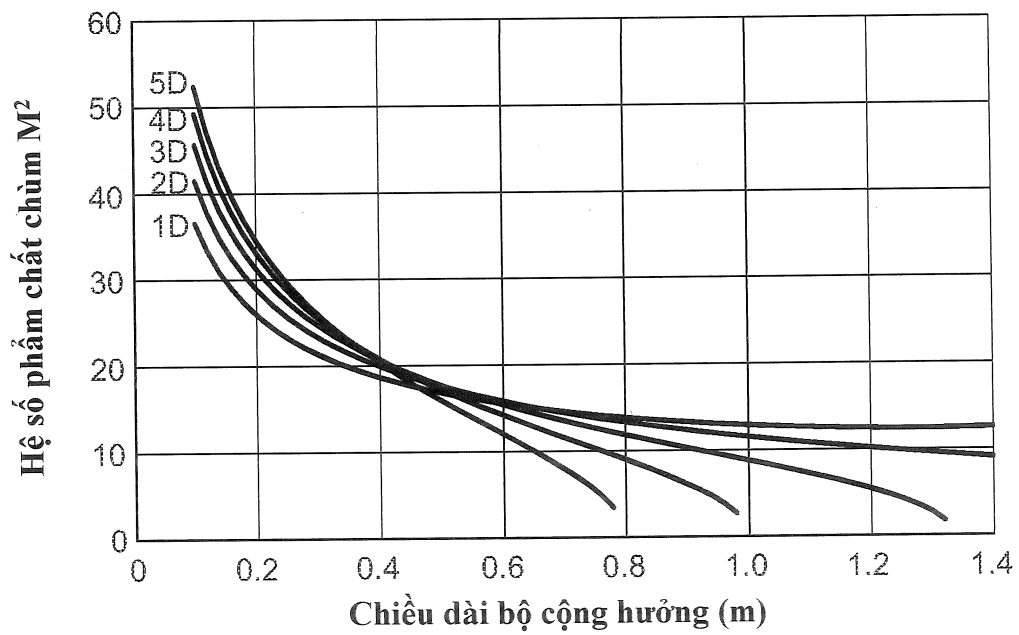


FIG. 2B

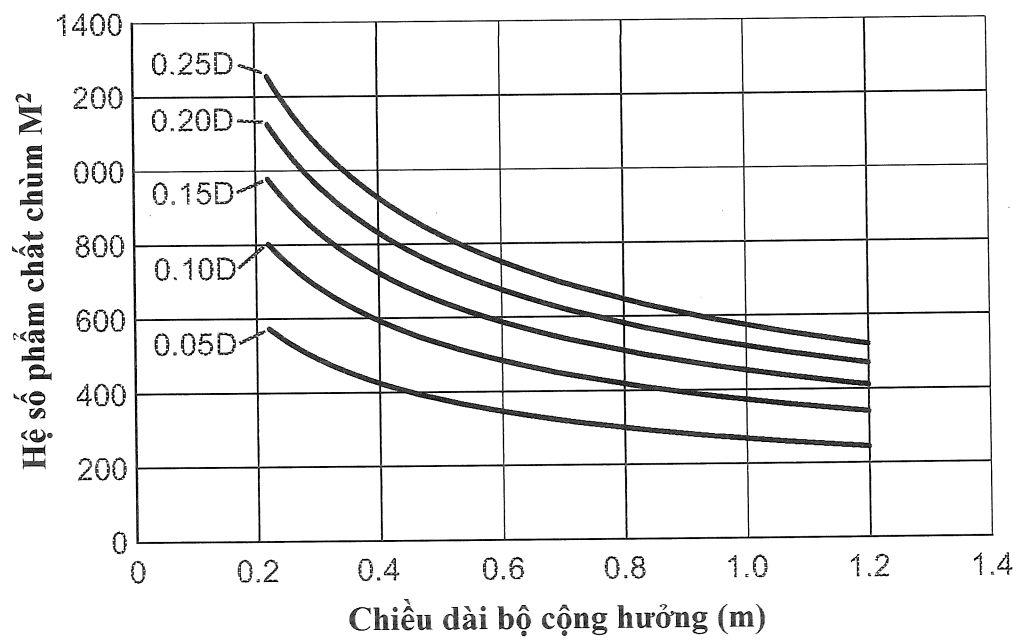


FIG. 2C

6/16

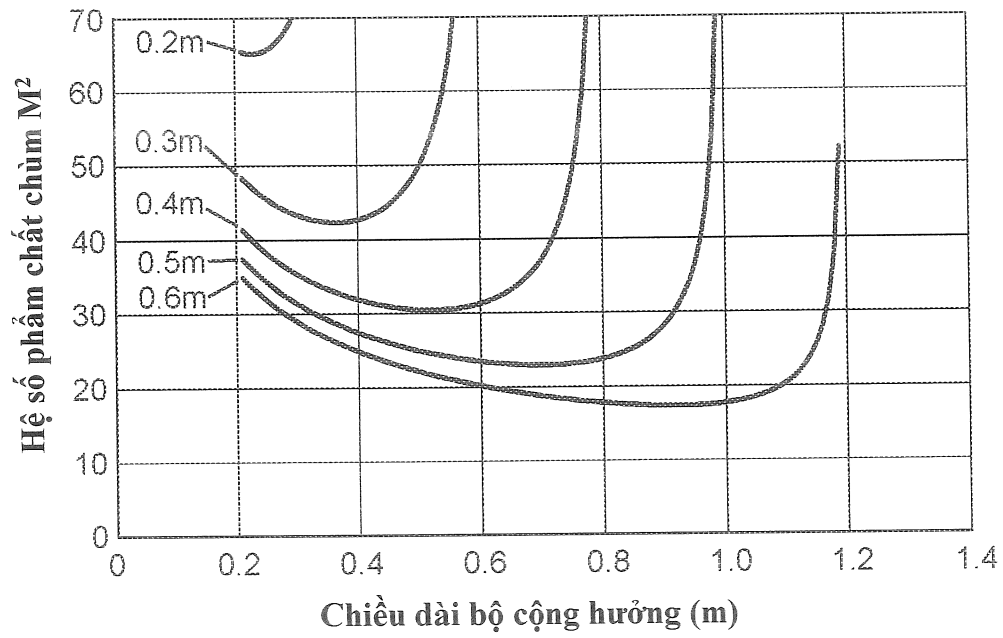


FIG. 3

7/16

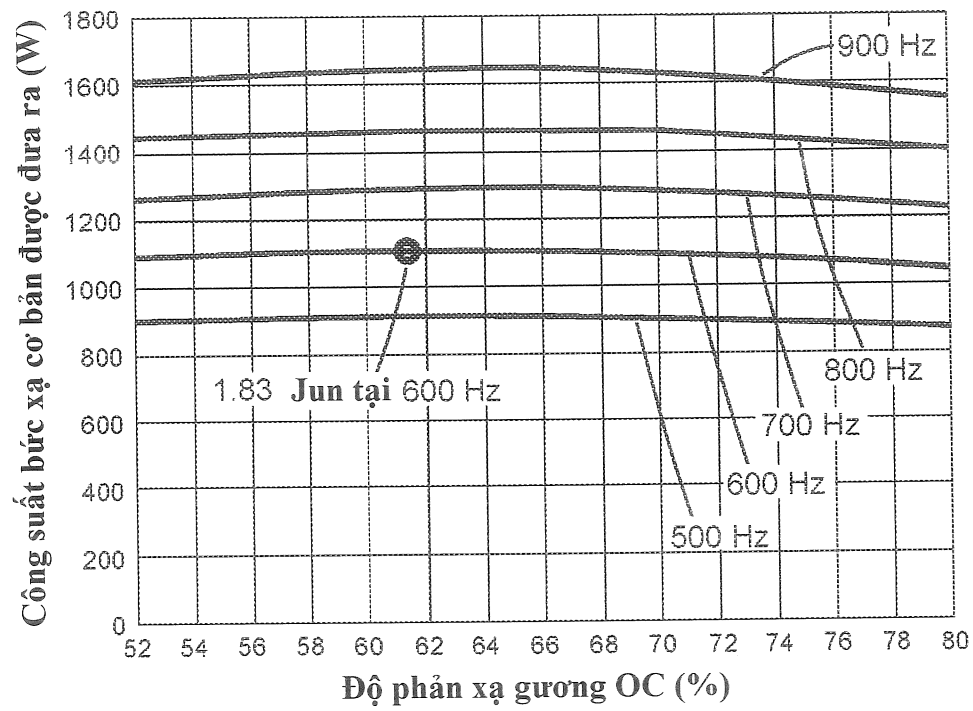


FIG. 4

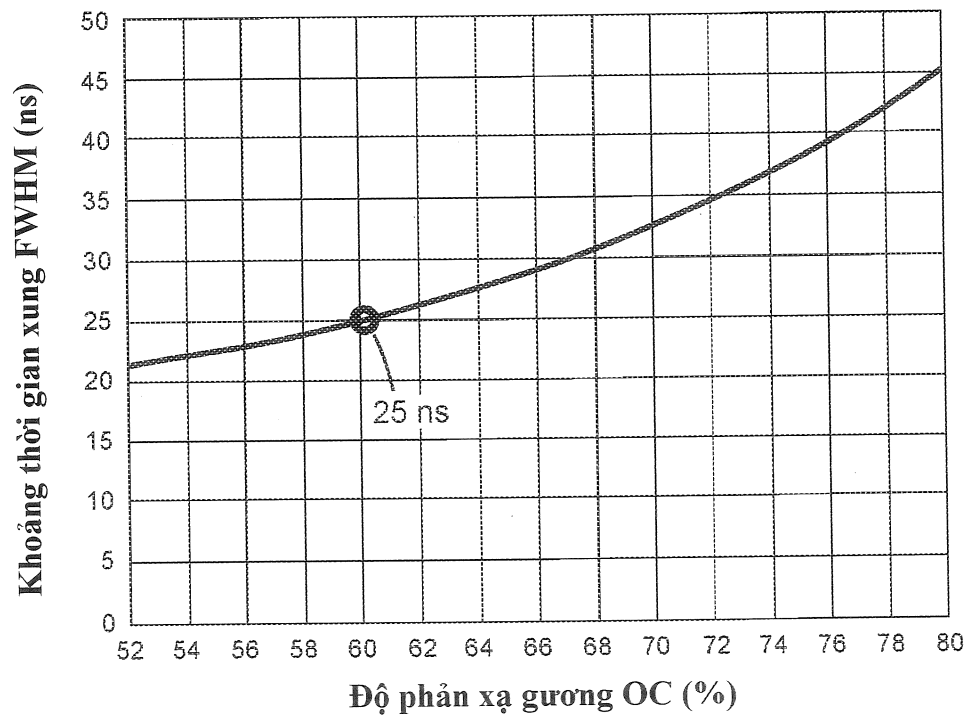


FIG. 5

8/16

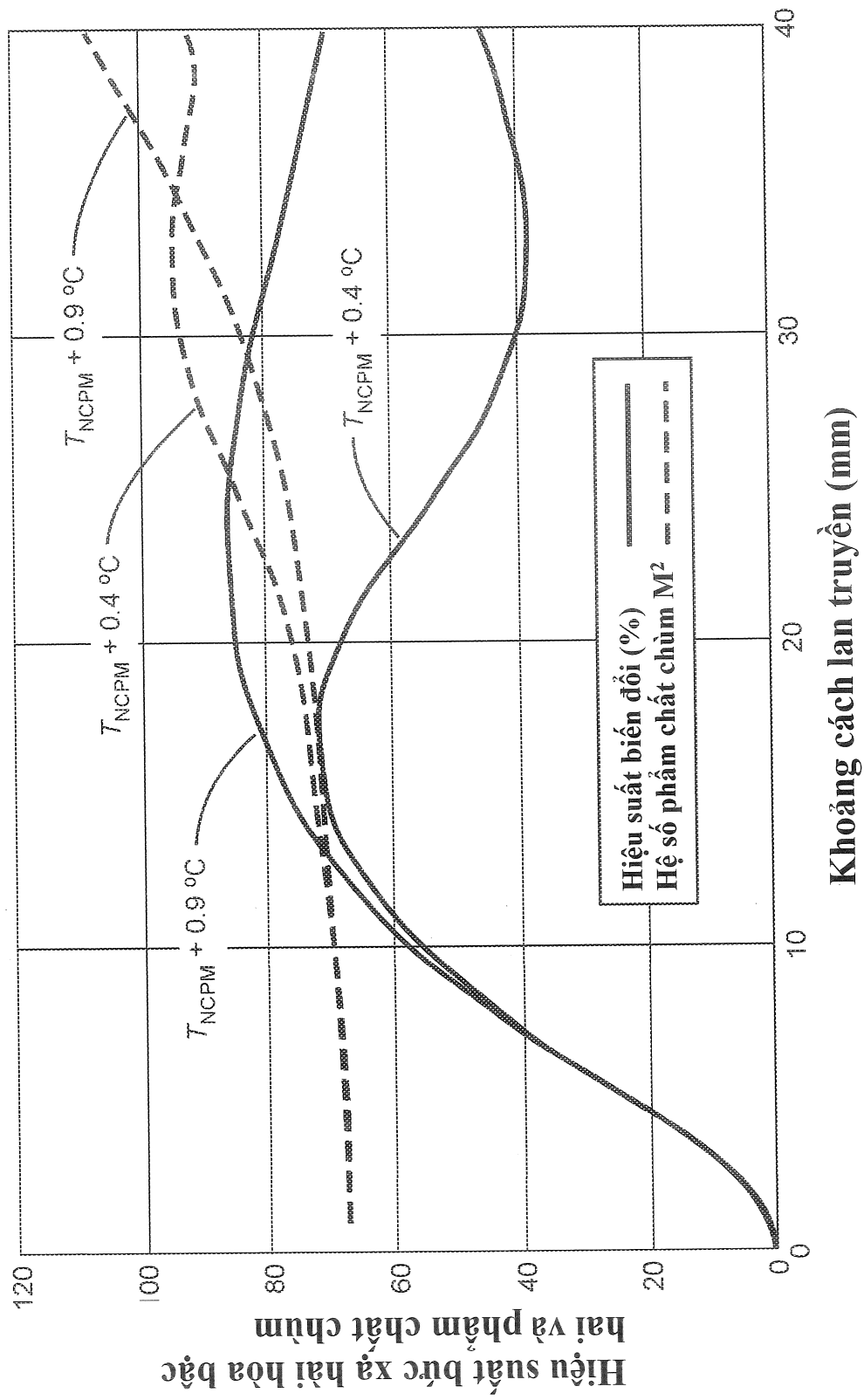


FIG. 6

9/16

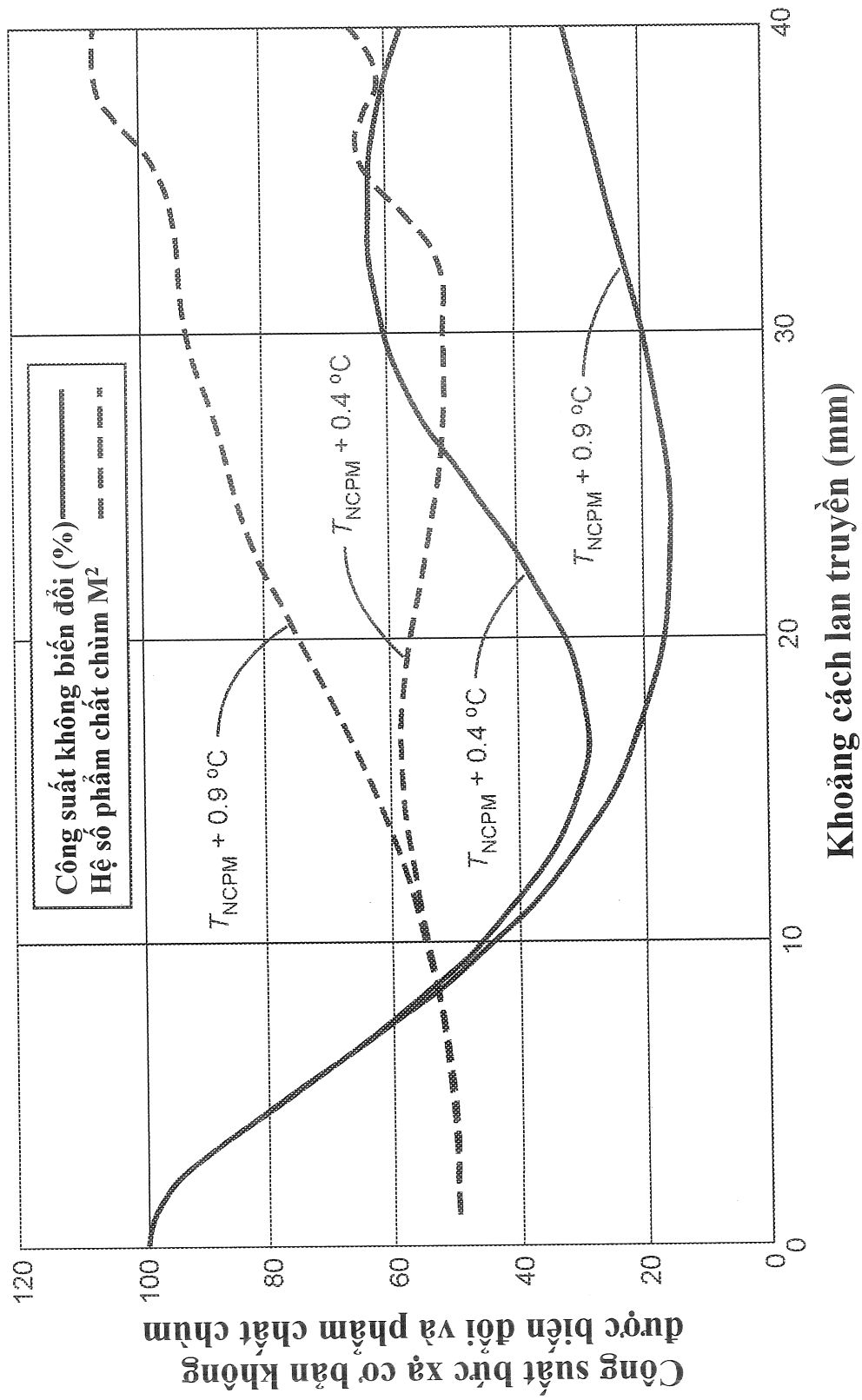


FIG. 7

10/16

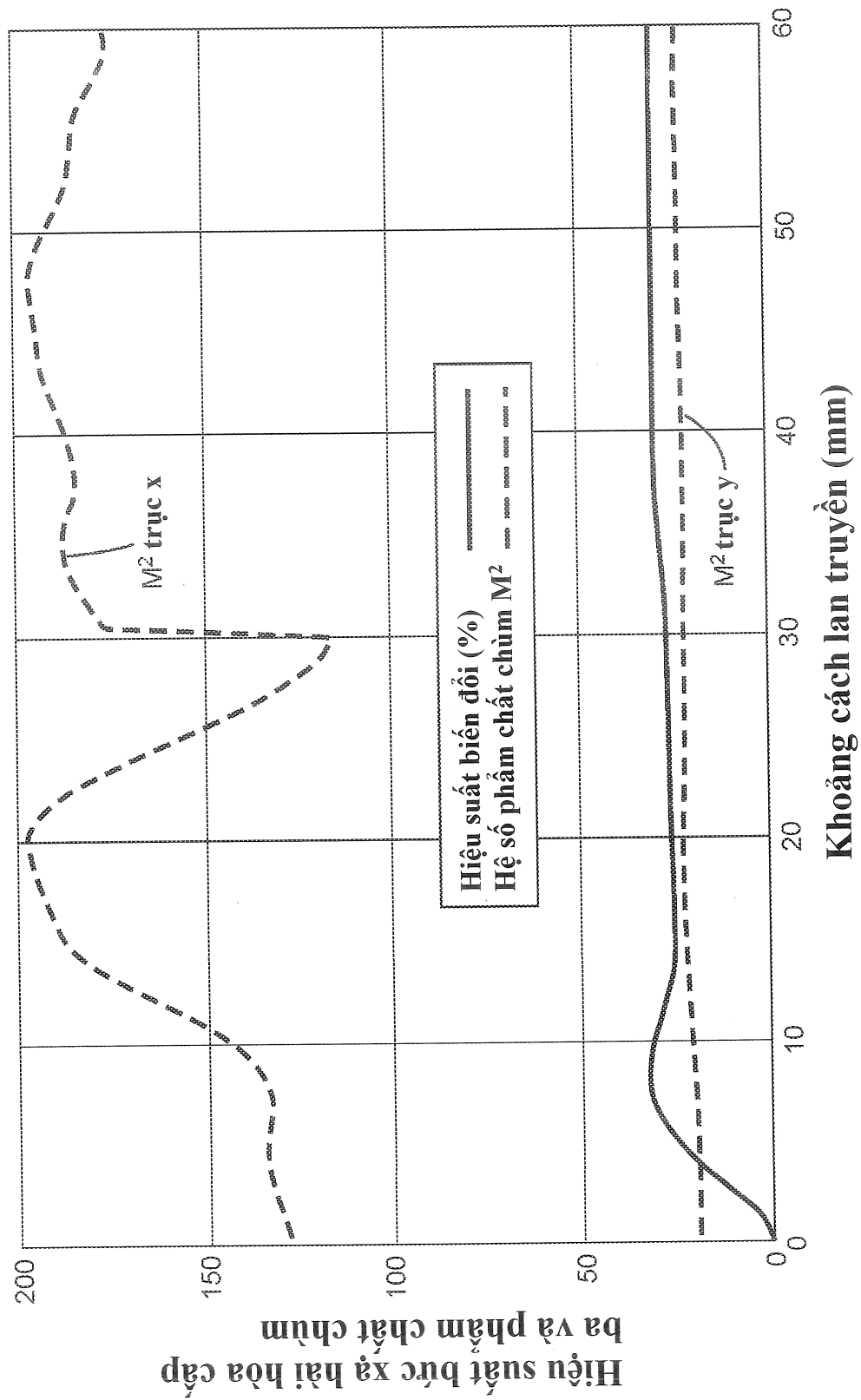


FIG. 8A

11/16

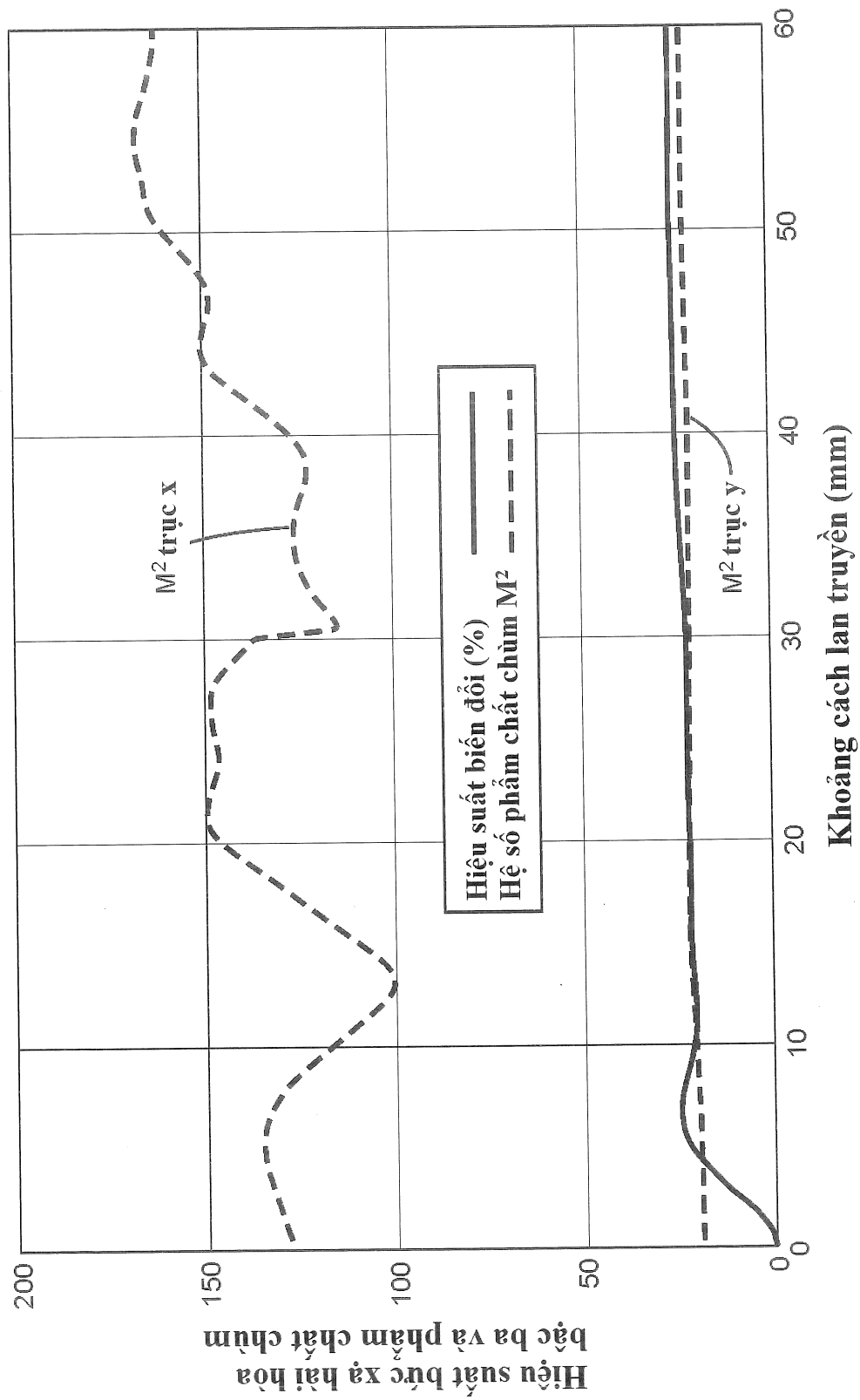


FIG. 8B

12/16

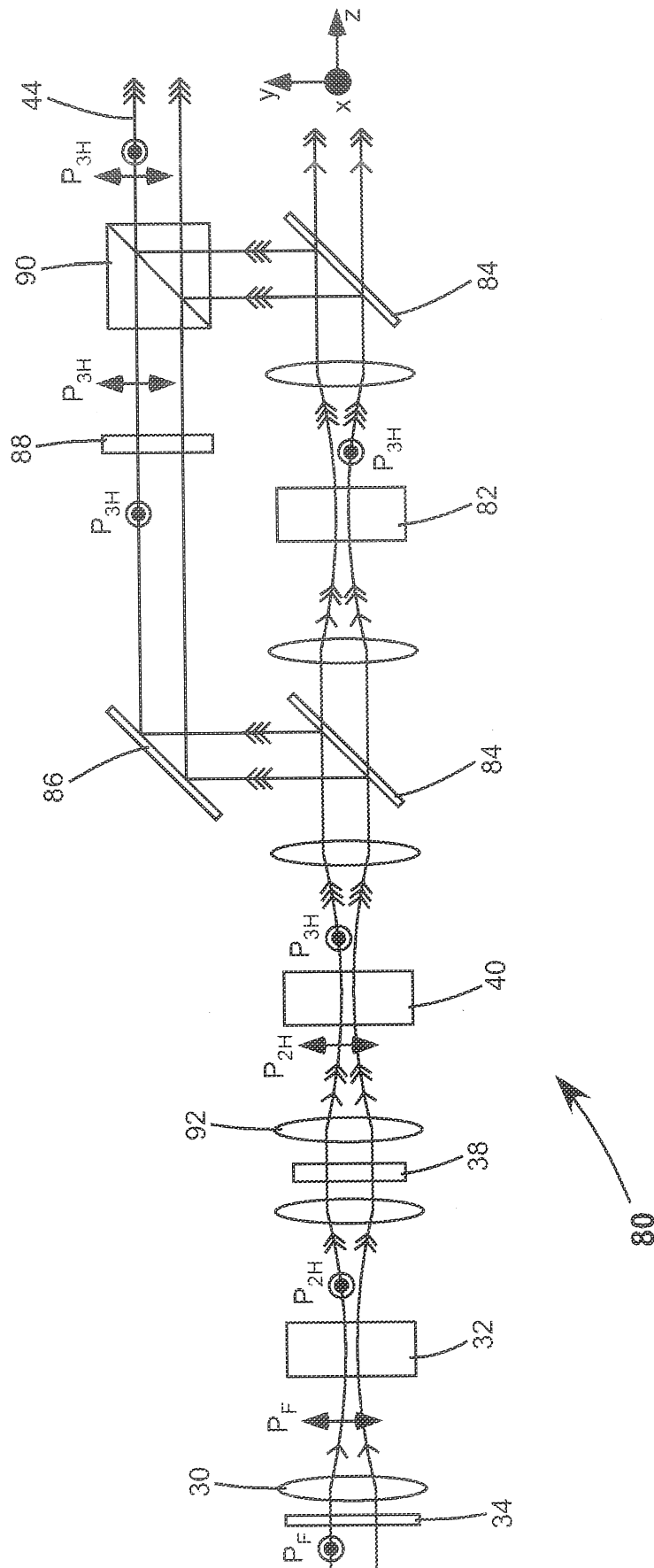


FIG. 9A

13/16

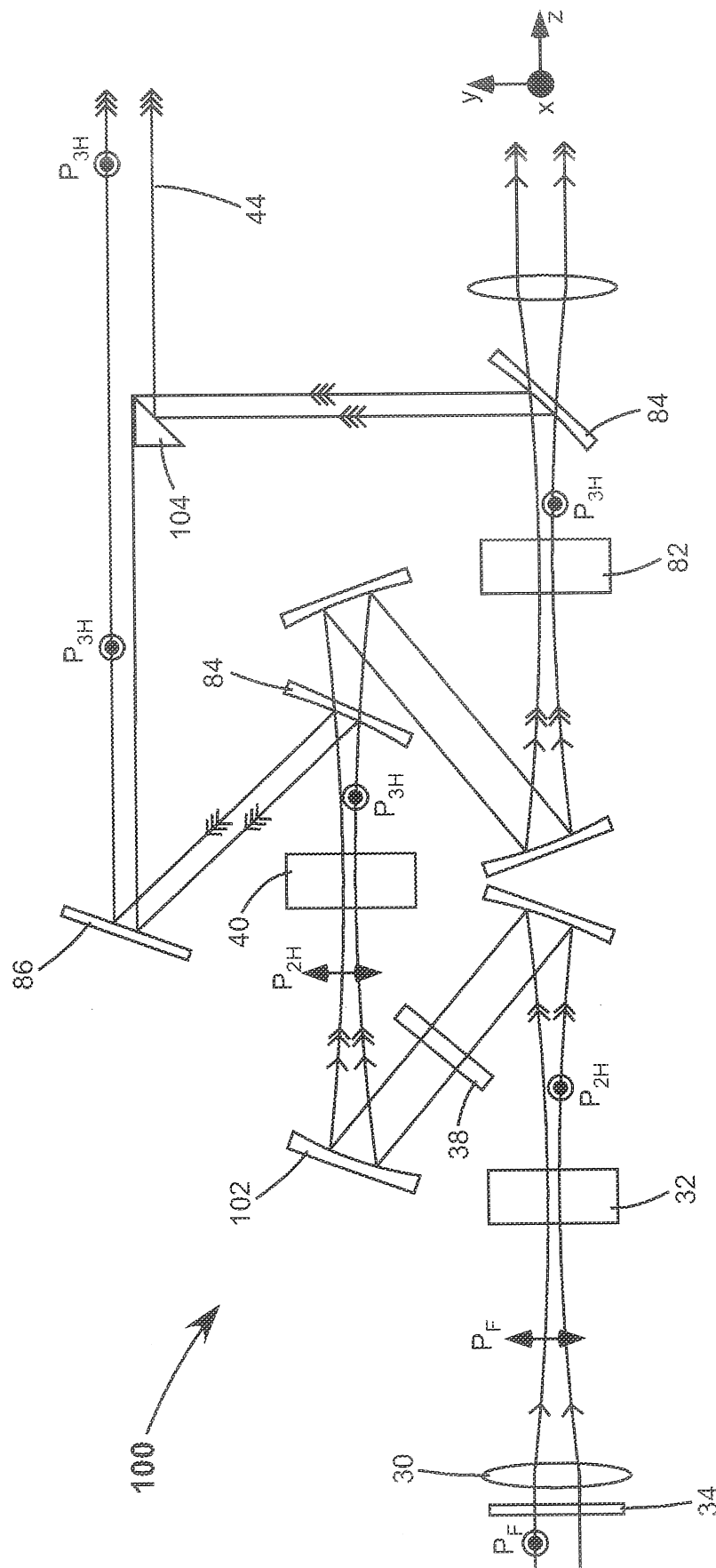
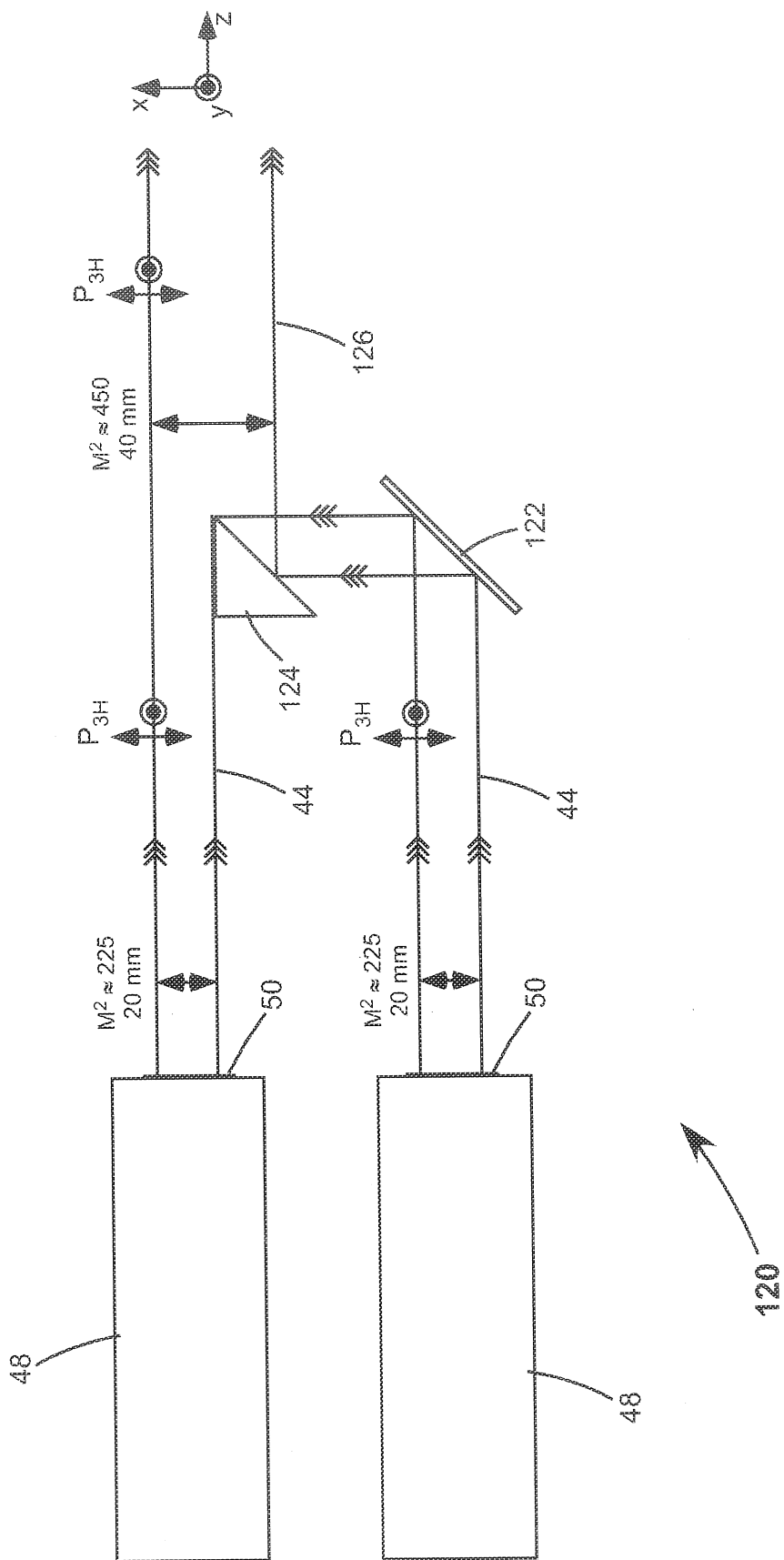


FIG. 9B



10
1
G^{*}
L

15/16

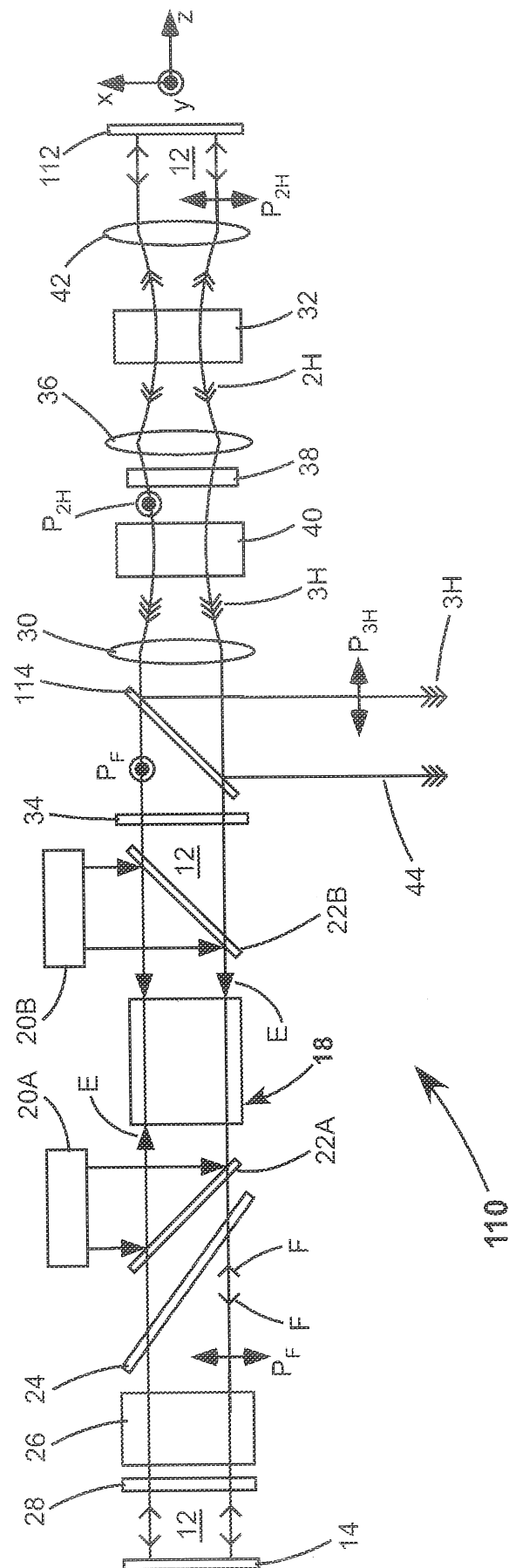


FIG. 11

16/16

FIG. 12B

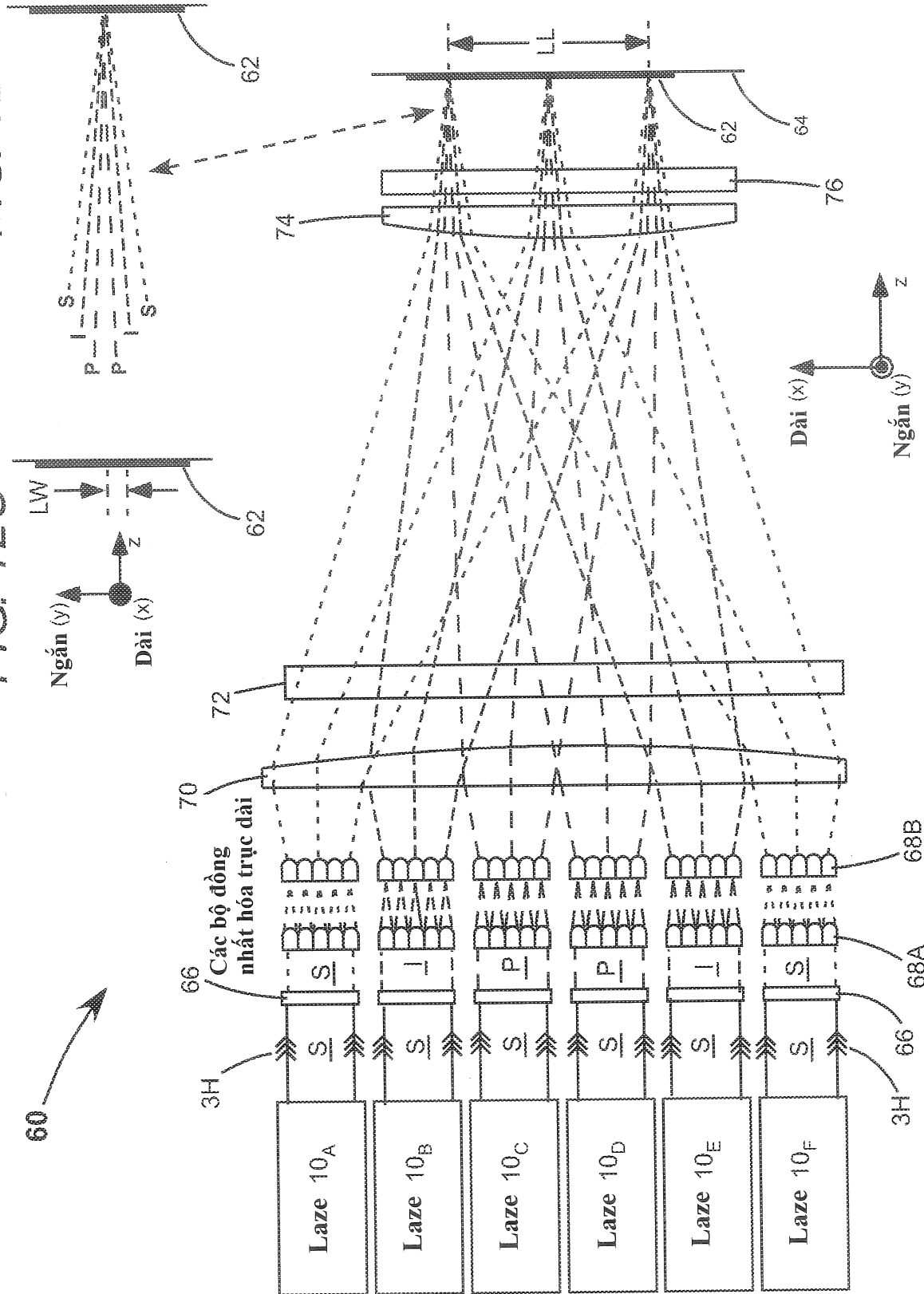


FIG. 12C

FIG. 12A