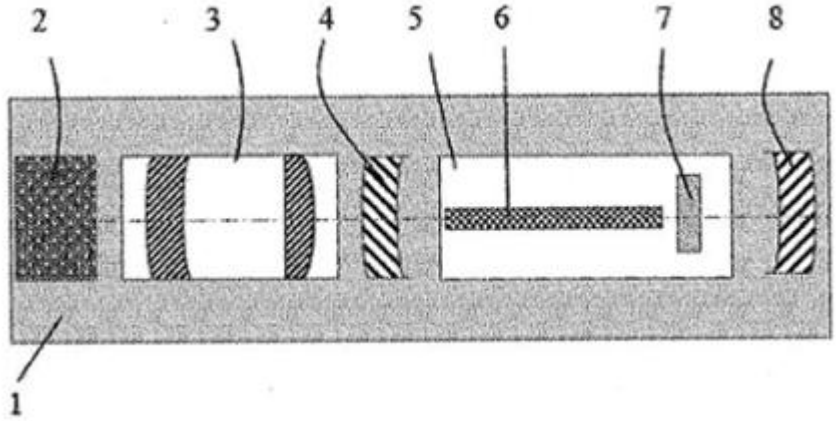
(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(11) **1-0042210**
(51)[2020.01] **H01S 5/00**
(13) **B**

(21) 1-2020-07501
(22) 24/12/2020
(45) 25/12/2024 441
(43) 25/03/2021 396
(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội
(72) Vũ Văn Tuấn (VN); Hoàng Trung Anh (VN); Lê Trung Hiếu (VN).
(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) CƠ CẤU KHOANG KHUẾCH ĐẠI ĐẦU PHÁT LA-DE SỬ DỤNG CẤU TRÚC BƠM DỌC

(57) Cơ cấu khoang khuếch đại la-de sử dụng cấu trúc bơm dọc với thanh hoạt chất bằng vật liệu Er: Yb và khóa biến điệu phẩm chất bằng vật liệu Co^{2+}:$MgAl_2O_4$. Các phần tử quang học được thiết kế tối ưu cho đầu phát la-de đạt năng lượng xung trong dải 0,5 mJ ≤ E ≤2 mJ với độ rộng xung trong dải 5 ns - 15 ns. Đầu phát la-de phù hợp sử dụng cho các thiết bị đo xa la-de, chỉ thị mục tiêu và các dòng sản phẩm khác trong quân sự và dân sự.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến cơ cấu khoang khuếch đại đầu phát la-de sử dụng cấu trúc bơm dọc. Cụ thể, cơ cấu khoang khuếch đại đầu phát la-de sử dụng cấu trúc bơm dọc được đề cập trong sáng chế được sử dụng cho nhiều thiết bị trong quân sự như đo xa la-de và chỉ thị mục tiêu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đầu phát xung la-de rắn thực chất là một khoang khuếch đại la-de bao gồm các thành phần quang học chính như: đầu phát la-de đi-ốt, hệ quang học kết nối, gương vào, thanh hoạt chất, khóa biến điệu phẩm chất và gương thoát. Các phần tử quang học này được tích hợp với nhau bằng vỏ cơ khí chính xác tạo thành đầu phát la-de rắn. Xung la-de có độ rộng xung cỡ nano mét được tạo ra bằng khóa biến điệu phẩm chất dạng thụ động hoặc chủ động. Năng lượng xung phát của khoang khuếch đại được tính toán tối ưu bằng phương pháp phân tích Degnan. Giá trị năng lượng xung phát phụ thuộc rất nhiều vào các tham số như: chiều dài cơ khí giữa hai gương của khoang khuếch đại, độ truyền qua ban đầu khóa biến điệu phẩm chất, thể tích bơm, kích thước thanh hoạt chất và hệ số phản xạ gương thoát. Đối với khoang khuếch đại sử dụng cấu trúc bơm dọc, việc tối ưu dải kích thước thanh hoạt chất và kiểm soát đường kính chùm la-de bơm để tối ưu công suất phát đầu ra là vô cùng quan trọng, mà các tham số này đều không được khảo sát và công bố trước đây. Thêm vào đó, các giá trị như độ truyền qua ban đầu của khóa biến điệu phẩm chất và hệ số phản xạ của gương thoát cũng cần đưa ra khoảng giá trị để tối ưu năng lượng xung phát, đồng thời đảm bảo các phần tử quang học trong khoang khuếch đại an toàn – không bị phá hủy. Sáng chế này tập trung vào việc đưa ra cơ cấu khoang khuếch đại, trong đó các tham số cơ học, quang học và vật lý được tối ưu theo dải để đảm bảo đầu phát la-de có thể đạt được năng lượng xung trong dải 0,5 mJ đến 2 mJ với đội rộng xung trong dải 5 ns đến 15 ns.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất cơ cấu khoang khuếch đại sử dụng thanh hoạt chất Er:Yb, khóa biến điệu phẩm chất thụ động bằng vật liệu Co^{2+}:$MgAl_2O_4$. Trong đó, các tham

số kỹ thuật được tối ưu để đạt năng lượng xung phát (E) trong dải 0,5 mJ đến 2 mJ và độ rộng xung la-de trong dải 5 ns – 15 ns.

Để đạt được mục đích trên, cơ cấu được đề xuất bao gồm các thành phần:

Hệ gá cơ khí là thành phần cơ khí chính xác được dùng để gá các phần tử quang học như la-de đi-ốt, hệ thấu kính kết nối, gương vào, thanh hoạt chất, khóa biến điệu phẩm chất và gương thoát dọc theo trục quang của la-de đi-ốt để tạo thành đầu phát la-de.

Nguồn la-de đi-ốt là nguồn la-de dạng xung có bước sóng trung tâm nằm trong dải 900 nm đến 1000 nm. Nguồn la-de đi-ốt là nguồn la-de xung, có thể phát xung la-de có công suất đỉnh xung trong dải 20 W đến 120 W, độ rộng xung từ 2 ms đến 5 ms và tần số phát xung từ 1 Hz đến 10 Hz.

Hệ thấu kính kết nối có vai trò dẫn la-de từ nguồn la-de đi-ốt vào thanh hoạt chất trong khoang khuếch đại. Trong đó vị trí các thấu kính của hệ thấu kính kết nối có thể điều chỉnh dọc trục để điều khiển đường kính chùm la-de bơm trong thanh hoạt chất thay đổi trong dải 0,6 mm đến 1 mm.

Gương đầu vào khoang khuếch đại được phủ mạ cho truyền qua bước sóng la-de đi-ốt và phản xạ toàn phần với bước sóng sinh ra trong khoang khuếch đại. Gương đầu vào có thể là một gương riêng lẻ hoặc phủ mạ trực tiếp nên thanh hoạt chất.

Hệ gá cơ khí thanh hoạt chất – khóa biến điệu phẩm chất là hệ cơ khí dùng để gá thanh hoạt chất và khóa biến điệu phẩm chất. Hệ gá cơ khí thanh hoạt chất – khóa biến điệu phẩm chất được gá chính xác trên hệ gá cơ khí.

Thanh hoạt chất bằng vật liệu tinh thể Er:Yb được pha tạp các ion Er^{3+} và Yb^{3+}, la-de với bước sóng mong muốn sẽ được phát xạ dưới tác động của nguồn la-de đi-ốt bơm.

Khóa biến điệu phẩm chất thụ động bằng vật liệu $Co^{2+}:MgAl_2O_4$ có ý nghĩa như khóa đóng mở la-de, khóa có thể đặt vuông góc hoặc nghiêng góc Brewster so với đường truyền la-de trong khoang.

Gương thoát được phủ mạ bán phần đối với bước sóng phát la-de. Trong đó một phần la-de bị phản xạ ngược lại trong khoang khuếch đại và một phần la-de được thoát ra khỏi khoang với năng lượng xung như mong muốn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa kết cấu tổng quát của nguồn phát la-de xung sử dụng cấu trúc bơm dọc với khóa biến điệu phẩm chất thụ động.

Hình 2 là biểu đồ biểu diễn hệ số hấp thụ và mặt cắt ngang phát xạ theo bước sóng.

Hình 3 là biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa hệ số khuếch đại.

Hình 4 là hình vẽ biểu diễn chùm la-de từ la-de đi-ốt qua hệ thấu kính kết nối vào thanh hoạt chất.

Hình 5 là hình vẽ biểu diễn kích thước chùm la-de bơm trong thanh hoạt chất.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu Hình 1, cơ cấu khoang khuếch đại đầu phát la-de bao gồm các thành phần chính như sau: Hệ gá cơ khí 1, nguồn la-de đi-ốt 2, hệ la-de kết nối 3 dẫn la-de từ la-de đi-ốt vào khoang khuếch đại, gương đầu vào khoang khuếch đại 4, hệ gá cơ khí thanh hoạt chất – khóa biến điệu phẩm chất 5 được sử dụng để gá thanh hoạt chất 6 bằng vật liệu tinh thể Er:Yb và khóa biến điệu phẩm chất thụ động 7, và gương thoát 8. Cụ thể:

Hệ gá cơ khí 1 được gia công chính xác bằng đồng (Cu), vị trí gá giữa gương đầu vào và gương thoát có thể thay đổi trong dải từ 15 mm đến 30 mm để đảm bảo độ rộng xung la-de đầu ra của khoang khuếch đại nằm trong dải 5 nm đến 15 nm.

Nguồn la-de đi-ốt 2 được gá trên bệ gá cơ khí 1. Bước sóng trung tâm của la-de đi-ốt trong dải 900 nm đến 1000 nm cho phù hợp với giản đồ hấp thụ bước sóng bơm của thanh hoạt chất bằng vật liệu Er:Yb như Hình 2. Nguồn la-de đi-ốt là nguồn la-de xung có công suất đỉnh xung trong dải 20 W đến 120 W, độ rộng xung từ 2 ms đến 5 ms và tần số phát xung từ 1 Hz đến 10 Hz. Trong đó công suất đỉnh xung trong dải trên để đảm bảo năng lượng bơm cho khoang khuếch đại đạt năng lượng xung trong dải 0,5 mJ đến 2 mJ. Độ rộng xung bơm từ 2 ms đến 5 ms được sử dụng cho phù hợp với vật liệu thanh hoạt chất Er-Yb. Tần số phát xung từ 1 Hz đến 10 Hz tương ứng với tần số phát của đầu phát la-de mong muốn.

Hệ thấu kính kết nối bao gồm thấu kính tròn và thấu kính trụ (Hình 3 và Hình 4) có thể điều chỉnh vị trí các thấu kính dọc trục quang nhằm đảm bảo đường kính (D_B) chùm la-de bơm trong thanh hoạt chất 6 hoặc kích thước cạnh (a,b) của mặt cắt chùm la-de trong thanh

hoạt chất 6 nằm trong dải từ 0,6 mm đến 1 mm. Hai thấu kính L_1 và L_2 lần lượt là 2 thấu kính trụ được sử dụng nhằm giảm góc phân kỳ của chùm la-de theo 2 phương ngang và phương thẳng đứng vuông góc với mặt phẳng hệ quang trong Hình 4.

Thanh hoạt chất 6 bằng vật liệu tinh thể Er:Yb trong đó nồng độ Er và Yb lần lượt trong các dải từ $0,3x10^{20}$ đến $0,5x10^{20}$ cm^{-3} và từ $1,7x10^{21}$ đến $2x10^{21}$ cm^{-3}. Nồng độ Yb trong khoảng trên được sử dụng nhằm tối ưu truyền đổi năng lượng từ ion Yb^{3+} sang ion Er^{3+} trong quá trình bơm. Nồng độ ion Er từ $0,3x10^{20}$ đến $0,5x10^{20}$ cm^{-3} được sử dụng nhằm đạt giá trị khuếch đại la-de trong khoang là lớn nhất. Nếu nồng độ Er lớn hơn $0,5x10^{20}$ cm^{-3} giá trị khuếch đại sẽ bị suy giảm do hiện tượng hấp thụ ngược bước sóng phát xạ trong khoang.

Chiều dài thanh hoạt chất được tính toán tối ưu cho khoang khuếch đại hoạt động ở chế độ chạy - tự do.

$$\frac{\partial N_{Yb}}{\partial t} = W_p(x,y,z,t) - \frac{N_{Yb}}{\tau_{Yb}} - \alpha_{ET} N_{Yb}(N_{Er}^0 - N_{Er}) \quad (1)$$

$$\frac{\Delta N_{Er}}{\Delta t} = \alpha_{ET} N_{Yb}(N_{Er}^0 - N_{Er}) - \frac{N_{Er}}{\tau_{Er}} \quad (2)$$

Trong đó N_{Yb} và N_{Er} lần lượt là mật độ Yb^{3+} và Er^{3+}tại các mức năng lượng $^2F_{5/2}$ và $^4I_{13/2}$. N^0_{Er} là nồng độ pha tạp ion Er^{3+}. τ_{Er} và τ_{Yb} lần lượt là thời gian sống của các ion Er^{3+} và Yb^{3+} tại các mức năng lượng đề cập ở trên. $W_p(x,y,z,t)$ là tốc độ bơm la-de. α_{ET}là hệ số truyền năng lượng từ ion Yb^{3+} sang ion Er^{3+}. Giá trị khuếch đại tổng hợp g(x,y,z,t) sau chiều dài z dọc thanh được xác định như phương trình (3):

$$g(x,y,z,t) = \int_0^z k_g(x,y,z',t)dz' \quad (3)$$

$$k_g = N_{Er}\sigma_{SE}^L - (N_{Er}^0 - N_{Er})\sigma_{abs}^L \quad (4)$$

Trong đó, k_g là hệ số khuếch đại, σ_{SE}^L và σ_{abs}^L lần lượt là diện tích phát xạ kích thích và hấp thụ của ion Er^{3+} tại bước sóng la-de ν_L. Hình 3 biểu diễn mối quan hệ giữa giá trị khuếch đại một lần dọc thanh và chiều dài thanh, trong đó có khảo sát ảnh hưởng của độ rộng xung bơm. Kết quả chỉ ra rằng, chiều dài thanh hoạt chất sẽ trong dải 5 mm – 8 mm khi độ rộng xung bơm sử dụng trong dải 2 ms đến 5 ms, tham chiếu Hình 3 và Hình 5.

Gương đầu vào khoang khuếch đại 4 được phủ mạ cho truyền qua ≥ 98% bước sóng trong dải 900 nm – 1000 nm và phản xạ > 98% với bước sóng 1525 nm – 1570 nm. Gương

đầu vào khoang khuếch đại có thể là một gương riêng rẽ hoặc gương này được phủ mạ trực tiếp lên mặt phía bên trái của thanh hoạt chất 6.

Khóa biến điệu phẩm chất thụ động 7 được sử dụng bằng vật liệu Co^{2+}:$MgAl_2O_4$, có độ truyền qua ban đầu (T_0) trong khoảng $80\% \leq T_0 \leq 95\%$. Giá trị trên đảm bảo tăng năng lượng xung $\geq$ 0,5 mJ. Khóa biến điệu phẩm chất thụ động 7 bằng vật liệu bão hòa Co^{2+}:$MgAl_2O_4$.

Hệ gá cơ khí thanh hoạt chất – khóa biến điệu phẩm chất 5 được dùng để gá thanh hoạt chất 6 và khóa biến điệu phẩm chất 7. Trong đó, khóa biến điệu phẩm chất 7 có thể được gá vuông góc với đường quang hoặc nghiêng góc Brewster với đường quang. Khóa này có thể gá đặt riêng rẽ hoặc gián trực tiếp lên mặt bên phải của thanh hoạt chất 6. Trong đó, đường quang được hiểu là đường thẳng vuông góc giữa hai gương 4 và 8, trùng với trục đối xứng của thanh hoạt chất 6. Hệ gá cơ khí thanh hoạt chất – khóa biến điệu phẩm chất 5 được gá chính xác trên hệ gá cơ khí 1.

Gương thoát 8 được phủ mạ với hệ số phản xạ $\leq 85\%$ với dải bước sóng 1525 nm – 1570 nm để giá trị mật độ năng lượng truyền trong buồng cộng hưởng < 10 J/cm^2 đảm bảo dưới ngưỡng phá hủy của các phần tử quang học la-de. Trong đó, giá trị mật độ năng lượng truyền trong buồng cộng hưởng (F_{in}) được xác định theo phương trình (5).

$$F_{in} = \frac{2-T_{OC}}{T_{OC}} \frac{2E}{S_{SA}} < 10\ J/cm^2 \quad (5)$$

Với T_{OC} là độ truyền qua của gương thoát, E là giá trị năng lượng xung phát và S_{SA} là diện tích chùm bơm la-de tại bề mặt khóa biến điệu phẩm chất 6.

Sáng chế được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng các phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sáng chế không bị giới hạn ở phương án được mô tả trong phần mô tả sáng chế. Sáng chế có thể được thực hiện ở chế độ cải biến hoặc thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ. Vì vậy những gì được mô tả trong phần mô tả sáng chế chỉ nhằm mục đích minh hoạ, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Cơ cấu khoang khuếch đại đầu phát la-de sử dụng cấu trúc bơm dọc, bao gồm các bộ phận:

hệ gá cơ khí là thành phần cơ khí chính xác được dùng để gá các phần tử quang học dọc theo trục quang của la-de đi-ốt để tạo thành đầu phát la-de;

nguồn la-de đi-ốt là nguồn la-de dạng xung có bước sóng trung tâm nằm trong dải 900 nm đến 1000 nm; nguồn la-de đi-ốt là nguồn la-de xung, phát xung la-de có công suất đỉnh xung trong dải 20 W đến 120 W, độ rộng xung từ 2 ms đến 5 ms và tần số phát xung từ 1 Hz đến 10 Hz;

hệ thấu kính kết nối có vai trò dẫn la-de từ nguồn la-de đi-ốt vào thanh hoạt chất trong khoang khuếch đại; trong đó vị trí các thấu kính của hệ thấu kính kết nối điều chỉnh dọc trục để điều khiển đường kính chùm la-de bơm trong thanh hoạt chất thay đổi trong dải 0,6 mm đến 1 mm;

gương đầu vào khoang khuếch đại được phủ mạ cho truyền qua bước sóng la-de đi-ốt và phản xạ toàn phần với bước sóng sinh ra trong khoang khuếch đại; gương đầu vào là một gương riêng lẻ hoặc phủ mạ trực tiếp lên thanh hoạt chất;

hệ gá cơ khí thanh hoạt chất – khóa biến điệu phẩm chất được dùng để gá thanh hoạt chất và khóa biến điệu phẩm chất; trong đó, khóa biến điệu phẩm chất được gá vuông góc với đường quang hoặc nghiêng góc brewster với đường quang, khóa này gá đặt riêng rẽ hoặc gián trực tiếp lên mặt bên phải của thanh hoạt chất; trong đó, đường quang được hiểu là đường thẳng vuông góc giữa gương đầu vào khoang khuếch đại và gương thoát, trùng với trục đối xứng của thanh hoạt chất; hệ gá cơ khí chính xác được gá chính xác trên hệ gá cơ khí;

thanh hoạt chất bằng vật liệu tinh thể Er:Yb được pha tạp các ion Er^{3+} và Yb^{3+}, la-de với bước sóng mong muốn sẽ được phát xạ dưới tác động của nguồn la-de đi-ốt bơm;

khóa biến điệu phẩm chất thụ động được sử dụng bằng vật liệu Co^{2+}:$MgAl_2O_4$ có ý nghĩa như khóa đóng mở la-de, khóa được đặt vuông góc hoặc nghiêng góc brewster so với đường truyền la-de trong khoang;

gương thoát được phủ mạ bán phần đối với bước sóng phát la-de; trong đó một phần la-de bị phản xạ ngược lại trong khoang khuếch đại và một phần la-de được thoát ra khỏi khoang với năng lượng xung như mong muốn;

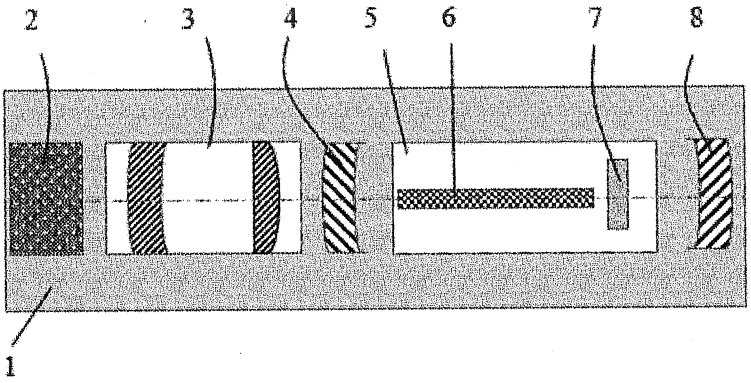
2. Cơ cấu khoang khuếch đại đầu phát la-de sử dụng cấu trúc bơm dọc theo điểm 1, trong đó:

- Sử dụng thanh hoạt chất bằng vật liệu Er:Yb có nồng độ pha tạp Er từ $0,3x10^{20}$ đến $0,5x10^{20}$ cm^{-3} nhằm đạt giá trị khuếch đại la-de trong khoang là lớn nhất, nồng độ Yb từ $1,7x10^{21}$ đến $2x10^{21}$ cm^{-3} nhằm tối ưu truyền đổi năng lượng từ ion Yb^{3+} sang ion Er^{3+} trong quá trình bơm; bán kính thanh hoạt chất trong khoảng 0,5 mm ≤ $R_{Er:Yb}$ ≤ 1,5 mm và chiều dài thanh hoạt chất 5 mm ≤ $L_{Er:Yb}$ ≤ 8 mm;

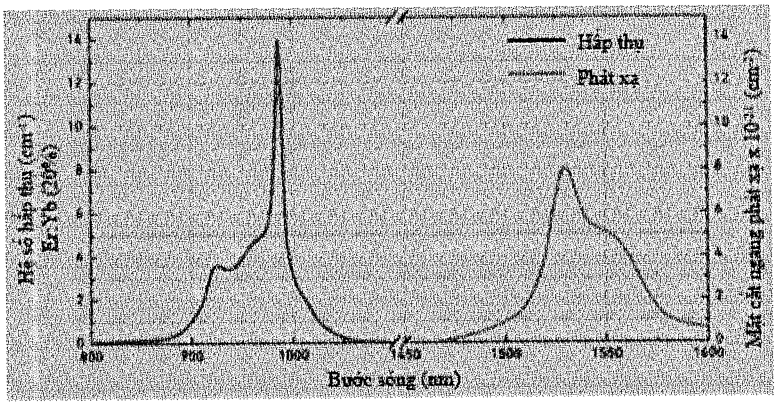
- Chiều dài cơ khí giữa hai gương (gương vào và gương thoát) là 15 mm ≤ $L_{KĐ}$ ≤ 30 mm để đảm bảo độ rộng xung la-de đầu ra của khoang khuếch đại nằm trong dải 5 nm đến 15 nm;

- Khóa biến điệu phẩm chất được sử dụng bằng vật liệu Co^{2+} :$MgAl_2O_4$ có hệ số truyền qua ban đầu 80% ≤ T_0 ≤ 95% để đảm bảo tăng năng lượng xung ≥ 0,5 mJ và hệ số phản xạ của gương thoát ≤ 85% tại bước sóng 1525 nm – 1570 nm để giá trị mật độ năng lượng truyền trong buồng cộng hưởng < 10 J/cm^2 đảm bảo dưới ngưỡng phá hủy của các phần tử quang học la-de;

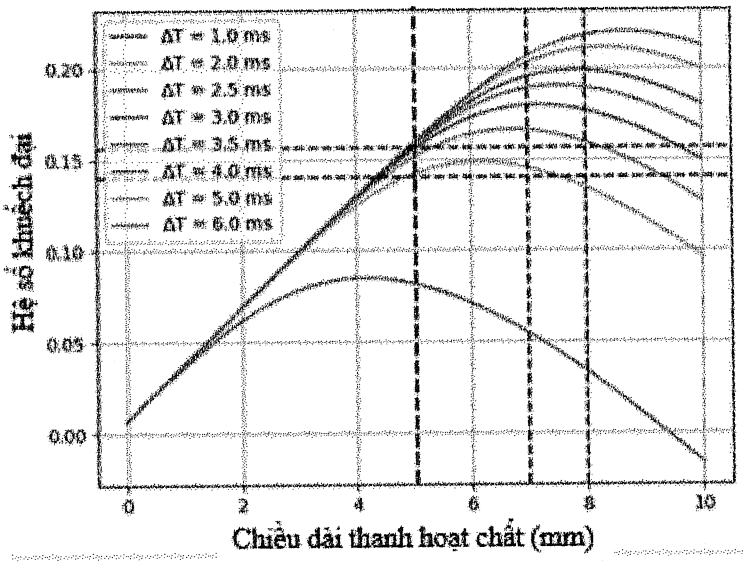
- Hệ thấu kính kết nối điều chỉnh vị trí các thấu kính nhằm thay đổi được đường kính (D_B) hoặc kích thước kích thước cạnh (a,b) theo mặt cắt ngang chùm la-de bơm trong dải: 0,6 mm ≤ D_B, a, b ≤ 1 mm; trong đó D_B là đường kính chùm la-de bơm trong thanh hoạt chất, a và b là kích thước cạnh của mặt cắt chùm la-de trong thanh hoạt chất.



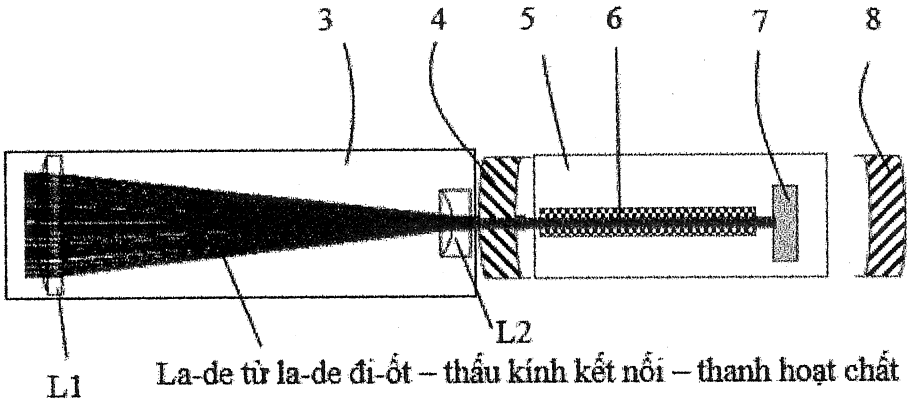
Hình 1



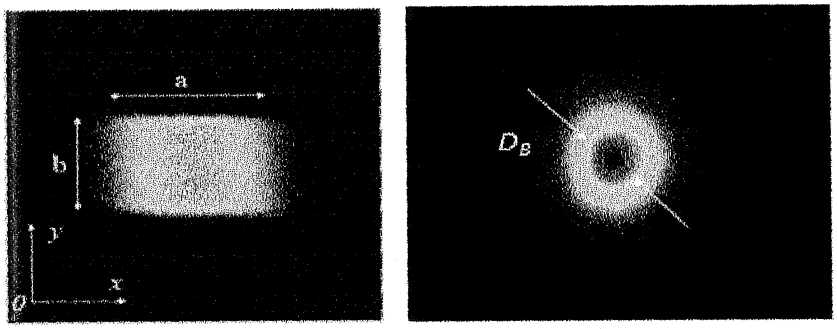
Hình 2



Hình 3


3
4
5
6
7
8
L2
L1
La-de từ la-de đi-ốt – thấu kính kết nối – thanh hoạt chất

Hình 4


a
b
y
x
0
D_B

Hình 5