



(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)



1-0042018

(51)^{2020.01} G01J 3/00

(13) B

(21) 1-2021-00704

(22) 08/02/2021

(45) 25/12/2024 441

(43) 25/06/2021 399

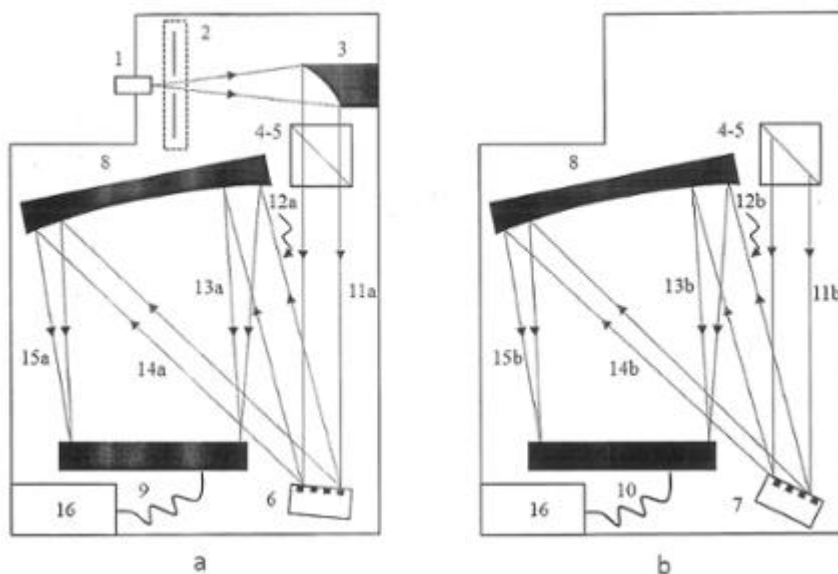
(73) Viện Vật lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)

Số 10, Đào Tấn, Ba Đình, Hà Nội

(72) Vũ Dương (VN); Nguyễn Minh Huệ (VN); Đỗ Quang Hòa (VN); Nguyễn Trọng Nghĩa (VN); Nghiêm Thị Hà Liên (VN).

(54) MÁY QUANG PHỔ CẦM TAY CÓ ĐỘ PHÂN GIẢI CAO, DÀI ĐO RỘNG SỬ DỤNG CÁP ĐẦU THU DÂY QUANG ĐIÓT

(57) Sáng chế đề cập máy đo quang phổ cầm tay có vùng phổ hoạt động rộng trong khoảng 230 nm đến 1100 nm với độ phân giải đến 0,2 nm dựa trên nguyên lý phân chia vùng phổ hoạt động. Máy đo quang phổ theo sáng chế có gương điện môi (4) phân chia chùm sáng chuẩn trực thành hai phần truyền song song trong hai không gian riêng biệt. Các phần ánh sáng đi tới cặp cách tử ở hai góc tà khác nhau, phù hợp lần lượt với vùng sóng dài (dài hơn 670 nm) và vùng sóng ngắn (ngắn hơn 690 nm). Chùm nhiễu xạ từ hai cách tử được tạo ảnh bởi gương cầu lõm (8) trên bề mặt hai đầu thu là dây quang điốt (9 và 10). Dải quang phổ từ 230 nm đến 690 nm và 670 nm đến 1100 nm được thiết kế phủ đầy kích thước của dây quang điốt. Tín hiệu phổ của phần trùng lặp (670nm - 690nm) được phân tích và hiệu chỉnh cho hai vùng phổ, cho phép dựng một phổ liên tục trong toàn dải rộng, độ phân giải cao. Tín hiệu quang phổ ghi nhận được xử lý và hiển thị trên màn hình máy tính thông qua cổng giao tiếp micro-USB.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực cơ khí, điện tử. Cụ thể, sáng chế đề cập máy đo quang phổ cầm tay độ phân giải cao, dải đo rộng sử dụng cặp đầu thu dây quang điốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thiết bị đo quang phổ là công cụ không thể thiếu trong nghiên cứu khoa học, công nghệ. Về nguyên lý cấu tạo và hoạt động, một máy quang phổ hoạt động như sau: chùm sáng sau khi đi qua khe vào, được chuẩn trực thành chùm sáng song song và được hướng tới bộ phận tán sắc (lăng kính hoặc cách tử). Ánh sáng tán sắc được một gương cầu hội tụ lên cảm biến quang điện (đầu thu đơn điểm, dây cảm biến hoặc mảng cảm biến) đặt tại mặt tiêu của gương cầu. Ảnh của khe hẹp tại các bước sóng khác nhau sẽ là các điểm khác nhau trên mặt tiêu phụ thuộc theo hiệu ứng tán sắc. Các điểm ảnh này được quét và chuyển đổi quang điện lần lượt trên đầu thu đơn điểm hoặc được thu đồng thời nếu dây/ mảng cảm biến được sử dụng.

Ví dụ về thiết bị quang phổ theo nguyên lý hoạt động vừa thu được dải rộng vừa có độ phân giải cao đã được bộc lộ trong sáng chế US 5.859.702 bằng cách sử dụng đồng thời hai thành phần tán sắc bao gồm kênh dải rộng là lăng kính và kênh phân giải cao là cách tử nhiễu xạ có hằng số cách tử nhỏ. Khi cần phân giải cao, cách tử được quay đến vùng phổ mong muốn để xem xét mà không thể quan sát được toàn dải phổ.

Một ví dụ khác về cấu hình đã được bộc lộ trong sáng chế US 7.019.833 B2 theo nguyên lý hoạt động cũng sử dụng hai yếu tố tán sắc như trong sáng chế US 5.859.702 nhưng theo kiểu chiếu sáng liên tiếp. Chùm sáng sau khi đi qua yếu tố tán sắc thứ nhất có độ phân ly nhỏ được hướng tới yếu tố tán sắc thứ hai tại từng khoảng bước sóng riêng biệt. Sau khi qua yếu tố tán sắc thứ hai, phổ bức xạ được tạo ảnh trên đầu thu ảnh CMOS. Cấu hình này có ưu điểm là thu được ảnh quang phổ có độ nhạy cao tại từng vùng mong muốn nhưng không đáp ứng được các yêu cầu thu được đồng thời toàn dải ảnh quang phổ có độ phân giải cao.

Một ví dụ khác nữa về cấu hình hoạt động theo nguyên lý sử dụng đồng thời giao thoa kế nhiều bước sóng kết hợp với một cách tử được thay đổi góc chiếu tùy theo bước sóng lựa chọn được bọc lộ trong sáng chế US 5.402.227. Cấu hình này cho phép đạt được độ phân giải phổ khá cao nhưng chỉ có thể ghi nhận ảnh phổ theo từng vùng bước sóng (khoảng vài nano-mét). Để ghi nhận toàn dải phổ quang học, các yếu tố tán sắc được điều khiển quay, quét đồng bộ theo chương trình cài đặt.

Việc ứng dụng, tích hợp các thành tựu của công nghệ vi điện tử, quang học và cơ khí chính xác đã tạo ra những máy quang phổ nhỏ gọn và ngày càng được ứng dụng rộng rãi vào đời sống, sản xuất cũng như quốc phòng an ninh. Máy quang phổ có kích thước nhỏ hơn 25x20x10 cm, nặng dưới 1 kg được xếp vào loại máy cầm tay (handheld). Trên thị trường hiện nay phổ biến máy quang phổ cầm tay của các hãng như: Thorlab, Avantes, Ocean Optics, Hamamatsu, StellarNet,... Các thiết bị này có ưu điểm là nhỏ gọn, nhưng có nhược điểm là người dùng phải lựa chọn giữa hai cấu hình: Máy có dải phổ đo rộng nhưng độ phân giải không cao hoặc máy có độ phân giải cao nhưng vùng quang phổ hoạt động lại rất hẹp.

Do đó, nhu cầu về máy đo quang phổ kết hợp được cả hai tính năng là dải phổ đo rộng và độ phân giải cao trên cùng một máy quang phổ có kích thước nhỏ cầm tay được đề xuất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là khắc phục những nhược điểm nêu trên.

Để đạt được mục đích đó, sáng chế đề xuất thiết bị đo quang phổ cầm tay có thể ghi nhận đồng thời toàn bộ dải phổ quang học trong khoảng từ 230 nm đến 1100 nm với độ phân giải phổ nhỏ hơn 0,2 nm sử dụng cặp cách tử phản xạ.

Cụ thể hơn, sáng chế là thiết kế và chế tạo một máy quang phổ có kích thước nhỏ cầm tay, độ phân giải cao với khả năng ghi nhận đồng thời ảnh quang phổ trong một dải rộng từ ngoại sáng dài nhìn thấy hồng ngoại gần.

Mục đích khác của sáng chế là xây dựng một phương pháp tính toán trong phép so sánh đặc trưng quang phổ để tạo nên một ảnh quang phổ liên tục trong toàn dải đo có độ phân giải tối ưu.

Điểm khác biệt thứ nhất là chùm sáng đến được hội tụ vào một sợi cáp quang đa mốt sau đó phân chia chùm sáng đến hai cách tử riêng biệt có cùng hằng

số cách tử, nhưng góc tà (blazed angle) tối ưu khác nhau tạo thành hai dải phổ riêng biệt được thu nhận đồng thời bằng hai dãy quang điốt. Cấu hình này cho phép vừa đạt được đồng thời độ phân giải cao và vùng phổ phân tích rộng.

Điểm khác biệt thứ hai là phân tách chùm ánh sáng nguồn phân tích theo hai vùng phổ sóng ngắn (từ 230 nm đến 690 nm) và sóng dài (từ 670 nm đến 1100 nm). Hai vùng phổ đi theo hai quang trình riêng sau đó được tạo thành ảnh quang phổ trên hai đầu thu dãy quang điốt (photodiode array) đặt song song với nhau có góc nghiêng phù hợp phụ thuộc vào bước sóng và góc tán sắc của cách tử. Một tấm phẳng phân tách hai vùng không gian lan truyền, đảm bảo không có các chùm sáng phản xạ, tán xạ, nhiễu xạ, ... ở vùng không gian này lan truyền sang vùng không gian còn lại. Do đó, thiết bị có khả năng thu được tín hiệu phổ trên dải rộng từ 230 nm đến 1100 nm mà vẫn đảm bảo được độ phân giải cao.

Điểm khác biệt thứ ba của sáng chế là sử dụng chương trình tính toán tự động khớp phổ tại vùng giao nhau (670 nm – 690 nm), một mặt để tối ưu giá trị đo về cường độ và độ phân giải bảo đảm không bị thiệt hại về cường độ và độ phân giải phổ, đồng thời đảm bảo tính chính xác về phổ của phép đo trên toàn dải đo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện chi tiết đường quang học của hệ máy quang phổ và cách bố trí các linh kiện quang; a) khối đo vùng phổ bước sóng ngắn từ 230 nm đến 690 nm; b) khối đo bước sóng dài từ 670 nm đến 1100 nm.

Hình 2 là hình vẽ thể hiện phối cảnh dạng 3D mô tả bố trí không gian dạng hai tầng của hệ máy.

Hình 3 là hình vẽ thể hiện tính toán cơ bản cho vùng hoạt động, góc nhiễu xạ và góc nghiêng của cách tử 6 (*hình trái*) và cách tử 7 (*hình phải*).

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trong đó, các số chỉ dẫn giống nhau để chỉ dẫn cho các chi tiết giống nhau hoặc tương tự. Các hình vẽ chỉ có mục đích minh họa để sáng chế dễ hiểu và không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Chùm sáng cần đo quang phổ từ đầu cáp quang đa mode 1 đi qua khe 2 sau đó được chuẩn trực thành chùm song song bằng gương cầu 3 và được chia thành hai vùng phổ bởi hệ kết hợp gương điện môi 4 và gương phản xạ toàn phần 5.

Gương điện môi 4 có hiệu suất phản xạ $>90\%$ trong vùng bước sóng dài, 670 nm-1100 nm. Tại mặt gương điện môi 4, ánh sáng có bước sóng trong khoảng 230 nm đến 690 nm được truyền qua, trong khi đó, phần ánh sáng có bước sóng trong khoảng 670 nm đến 1100 nm được phản xạ tới gương phản xạ toàn phần 5. Gương 5 có tác dụng điều chỉnh hướng của chùm ánh sáng trong vùng bước sóng dài song song với phần ánh sáng truyền qua phía dưới. Hai phần ánh sáng có phương truyền hoàn toàn giống nhau nhưng được lan truyền ở hai lớp không gian a , b khác nhau.

Hai lớp không gian nêu trên được ngăn cách bởi một tấm che chắn để hạn chế sự chồng chập do tán xạ của ánh sáng. Cấu tạo phân lớp về không gian của sáng chế có tác dụng hạn chế tối đa sự ảnh hưởng chéo giữa hai lớp truyền, làm suy giảm tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) và khả năng phân giải phổ của thiết bị. Tốt hơn là, hai lớp của mặt phẳng quang học được bố trí cách nhau 10 mm và được che chắn bằng một bản phẳng chống phản xạ.

Phần phổ bước sóng ngắn có bước sóng 230 nm đến 690 nm được truyền qua gương điện môi 4 hướng đến cách tử 6 có hằng số cách tử 1200 vạch/mm theo quang trình 11a. Các tia sáng 12a và 14a biểu thị cho hai bước sóng cắt của dải quang phổ nằm trong vùng giới hạn của cách tử 6 khi đặt ở góc tới $2,6^\circ$ (hình 3).

Sau đó, chùm nhiễu xạ 13a và 15a sẽ tạo thành ảnh của khe 2 trên đầu thu 9 bằng gương cầu 8. Đầu đo 9 là dây quang điốt xếp liên tục theo hướng vuông góc với trục quang, đặt cách gương cầu 8 bằng với tiêu cự của gương cầu.

Chùm sáng có bước sóng dài trong khoảng 670 nm đến 1100 nm từ gương điện môi 4, qua gương phản xạ 5, được truyền dẫn trên tầng quang học trên theo đường truyền quang 11b tới cách tử 7 có hằng số cách tử 1200 vạch/mm. Cách tử 7 đặt cùng vị trí với cách tử 6 nhưng nghiêng một góc $13,4^\circ$ (hình 3) để các bước sóng cắt 12b và 14b tương ứng với giải phổ chùm sáng tới được truyền đến gương cầu 8. Chùm ánh sáng nhiễu xạ 13b, 15b được hội tụ trên đầu thu (dây quang điốt) 10 cùng chủng loại với đầu thu 9 cũng bằng gương cầu 8. Gương cầu 8 tốt hơn là có bán kính cong 80 mm sử dụng chung cho cả hai chùm sáng là gương cầu lõm mạ nhôm phản xạ toàn phần dải rộng cho hiệu suất cao đối với dải quang phổ từ 230 nm đến 1100 nm.

Trong đó, tốt hơn là các đầu thu 9 và 10 là hai dây quang điốt có kích thước nhỏ hơn 42 x 10mm. Cường độ tín hiệu điện từ hai dây quang điốt này được ghi nhận và xử lý theo thuật toán so sánh và lựa chọn giá trị cao nhất tại vùng giao

nhau của hai dải bước sóng quang phổ (680 ± 10) nm. Trong đó, các chùm ánh sáng đến *11a*, *11b* đến hai cách tử riêng biệt có cùng hằng số cách tử, nhưng góc tã (blazed) tối ưu khác nhau tạo thành hai dải phổ riêng biệt, được thu nhận đồng thời bằng hai dãy quang điốt nêu trên để cho phép vừa đạt được đồng thời độ phân giải cao và vùng phổ phân tích rộng.

Chùm ánh sáng nguồn được phân tách bởi gương điện môi 4 thành hai chùm ánh sáng đến *11a*, *11b* thuộc vùng phổ sóng ngắn (từ 230 nm đến 690 nm) và sóng dài (từ 670 nm đến 1100 nm). Hai chùm ánh sáng này đi theo hai quang trình riêng sau đó được tạo thành ảnh quang phổ trên hai đầu thu dãy quang điốt (photodiode array) đặt song song với nhau có góc nghiêng phù hợp phụ thuộc vào bước sóng và góc tán sắc của cách tử để thiết bị có khả năng thu được tín hiệu phổ trên dải rộng từ 230 nm đến 1100 nm mà vẫn đảm bảo được độ phân giải cao.

Chùm nhiễu xạ đối với từng bước sóng là các tia sáng song song sẽ được tạo thành ảnh của khe vào trên mặt phẳng tiêu cự của gương. Hai dãy quang điốt được bố trí tại mặt phẳng tiêu cự của gương cầu 8 sao cho ảnh quang phổ của khe vào 2 rãnh nét trên bề mặt của dãy quang điốt theo công thức cách tử $n(\sin\alpha + \sin\beta) = m\lambda$ trong đó n là chiết suất của vật liệu phủ trên mặt cách tử; α và β là góc tới và góc nhiễu xạ; λ là bước sóng của tia nhiễu xạ.

Tín hiệu quang – điện ghi nhận bởi hai dãy quang điốt được ghi nhận bởi mạch vi điều khiển gắn liền với hệ thiết bị, dữ liệu ghi nhận được sẽ truyền về máy tính theo giao tiếp chuẩn micro-USB, toàn bộ hệ máy được đặt trong một hộp kín có kích thước đạt chuẩn thiết bị cầm tay, phần mềm điều khiển, ghi nhận dữ liệu, xử lý và biểu diễn kết quả được viết riêng biệt trên máy tính bằng ngôn ngữ lập trình C hoặc tương đương.

Máy đo phổ cầm tay theo sáng chế sử dụng chương trình tính toán tự động khớp phổ tại vùng giao nhau (670 nm – 690 nm) để tối ưu giá trị đo về cường độ và độ phân giải, bảo đảm không bị thiệt hại về cường độ và độ phân giải phổ, và đồng thời đảm bảo tính chính xác về phổ của phép đo trên toàn dải đo.

Toàn bộ hệ máy được đặt trong một hộp kín có kích thước đạt chuẩn thiết bị cầm tay. Tín hiệu quang – điện ghi nhận bởi hai dãy quang – điốt được ghi nhận bởi mạch vi điều khiển *16* gắn liền với hệ thiết bị. Dữ liệu ghi nhận được sẽ truyền về máy tính theo giao tiếp chuẩn micro-USB.

Phần mềm điều khiển, ghi nhận dữ liệu, xử lý và biểu diễn kết quả được viết riêng biệt trên máy tính bằng ngôn ngữ lập trình C hoặc tương đương.

Phần mềm có khả năng điều khiển các thông số của máy quang phổ:

- Thời gian phơi sáng: 10 us – mở liên tục
- Chế độ lấy mẫu: Liên tục – rời rạc – có trình tự
- Chế độ ghi dữ liệu: Đơn mẫu – lấy trung bình
- Phần mềm có khả năng phân tích dữ liệu: Phần mềm phân tích phổ tại hai vùng phổ trùng nhau, 670 nm - 690 nm, trên hai dãy quang-điôt 9 và 10. Các điểm tín hiệu đặc trưng sẽ được sử dụng để chuẩn hóa về vị trí không gian, độ khuếch đại của dãy quang điôt. Đảm bảo tính chính xác khi ghép hai vùng tín hiệu thành toàn bộ vùng phổ trước khi được biểu diễn
- Thu và ghi nhớ đường tín hiệu nền
- Tự động trừ nền
- Thu hẹp và phóng to phần dữ liệu xác định
- Làm mịn dữ liệu
- Tự động tìm đỉnh.

Phần mềm có khả năng biểu diễn dữ liệu theo:

- Các dạng hàm tuyến tính, bậc mũ và đa thức
- Hiện thị ở chế độ thống kê
- Hiện thị nhiều dữ liệu đồng thời và kết quả vi sai giữa các dữ liệu.

Yêu cầu bảo hộ

1. Máy quang phổ cầm tay có độ phân giải cao, dải đo rộng sử dụng cặp đầu thu dây quang điốt bao gồm:

cáp quang đa mode (1) dẫn chùm sáng cần đo quang phổ đi qua một khe (2) sau đó được chuẩn trực thành chùm song song bằng một gương cầu (3) và được chia thành hai vùng phổ bởi gương điện môi (4);

gương điện môi (4) cho truyền qua ánh sáng có bước sóng trong khoảng 230 nm - 690 nm, và phản xạ >90% ánh sáng trong vùng bước sóng dài 670 nm - 1100 nm tới gương phản xạ toàn phần (5), gương phản xạ toàn phần (5) có tác dụng điều chỉnh hướng của chùm ánh sáng trong vùng bước sóng dài song song với phần ánh sáng truyền qua phía dưới, hai phần ánh sáng có phương truyền hoàn toàn giống nhau nhưng được lan truyền ở hai lớp không gian (a , b) khác nhau, nhờ đó tách chùm sáng vào thành hai chùm ánh sáng đến (11a và 11b) là hai lớp của mặt phẳng quang học có tính chất quang phổ khác nhau chuẩn trực vào bề mặt cặp cách tử phản xạ (6 và 7), hai lớp không gian nêu trên được ngăn cách bởi một tấm che chắn bằng một bản phẳng chống phản xạ để hạn chế sự chồng chập do tán xạ của ánh sáng, ngăn sự suy giảm tỷ lệ tín hiệu ghi nhận và khả năng phân giải phổ;

cặp cách tử phản xạ (6 và 7) được bố trí sao cho chùm ánh sáng đến (11a và 11b) đúng vào góc tà (góc blazed) của cách tử để đạt được chế độ nhiễu xạ tối ưu;

gương cầu lõm (8), ưu tiên là có bán kính cong 80 mm, dùng chung cho hai chùm sáng thành phần để tạo ảnh của khe (2) lên bề mặt đầu thu;

các đầu thu (9 và 10) là hai dây quang điốt có kích thước nhỏ đáp ứng tiêu chuẩn kích thước của thiết bị quang phổ cầm tay;

cường độ tín hiệu điện từ hai dây quang điốt (9 và 10) được ghi nhận và xử lý theo thuật toán so sánh và lựa chọn giá trị cao nhất tại vùng giao nhau của hai dải bước sóng quang phổ (680 ± 10) nm;

trong đó:

các chùm ánh sáng đến (11a, 11b) đến hai cách tử riêng biệt có cùng hằng số cách tử 1200 vạch/mm, nhưng góc tà (blazed) tối ưu khác nhau tạo thành hai dải phổ riêng biệt được thu nhận đồng thời bằng hai dây quang điốt (9 và 10) để cho phép vừa đạt được đồng thời độ phân giải cao và vùng phổ phân tích rộng,

chùm ánh sáng nguồn được phân tách bởi gương điện môi (4) thành hai chùm ánh sáng đến (11a, 11b) thuộc vùng phổ sóng ngắn (từ 230 nm đến 690 nm) và sóng dài (từ 670 nm đến 1100 nm), hai chùm ánh sáng này đi theo hai quang trình riêng sau đó được tạo thành ảnh quang phổ trên hai đầu thu dãy quang điốt (photodiode array) đặt song song với nhau có góc nghiêng phù hợp phụ thuộc vào bước sóng và góc tán sắc của cách tử để thiết bị có khả năng thu được tín hiệu phổ trên dải rộng từ 230 nm đến 1100 nm mà vẫn đảm bảo được độ phân giải cao,

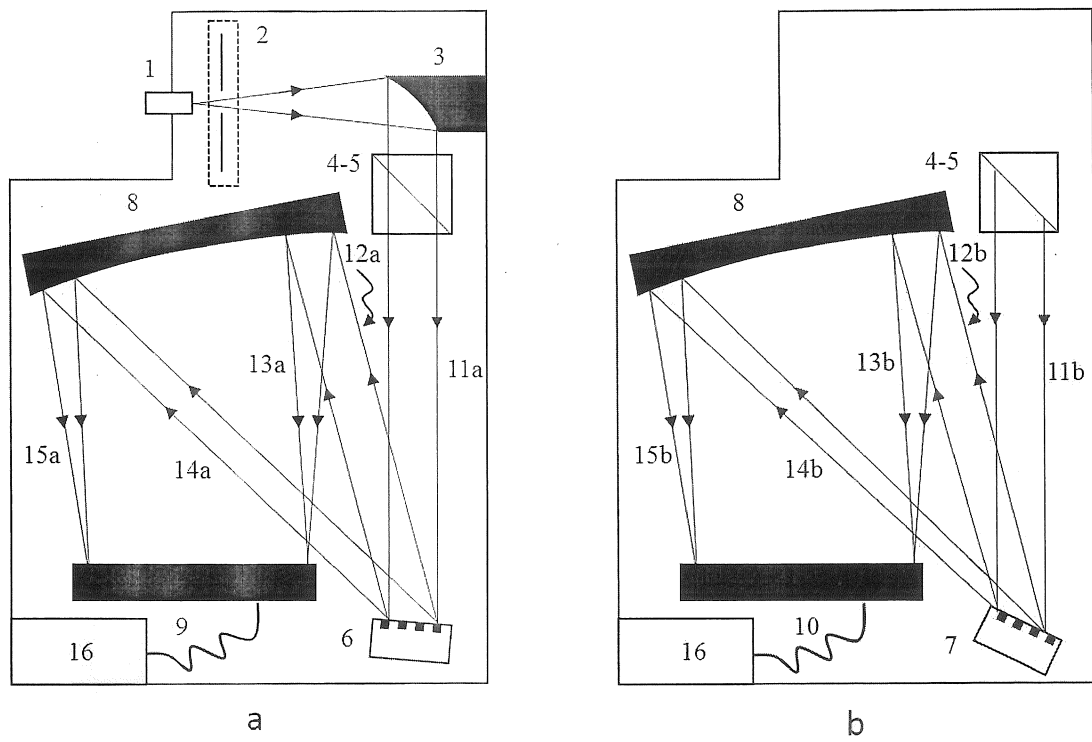
máy đo này sử dụng chương trình tính toán tự động khớp phổ tại vùng giao nhau (670 nm – 690 nm) để tối ưu giá trị đo về cường độ và độ phân giải, bảo đảm không bị thiệt hại về cường độ và độ phân giải phổ, và đồng thời đảm bảo tính chính xác về phổ của phép đo trên toàn dải đo,

tín hiệu quang – điện ghi nhận bởi hai dãy quang – điốt được ghi nhận bởi mạch vi điều khiển gắn liền với hệ thiết bị, dữ liệu ghi nhận được sẽ truyền về máy tính theo giao tiếp chuẩn micro-USB, toàn bộ hệ máy được đặt trong một hộp kín có kích thước đạt chuẩn thiết bị cầm tay,

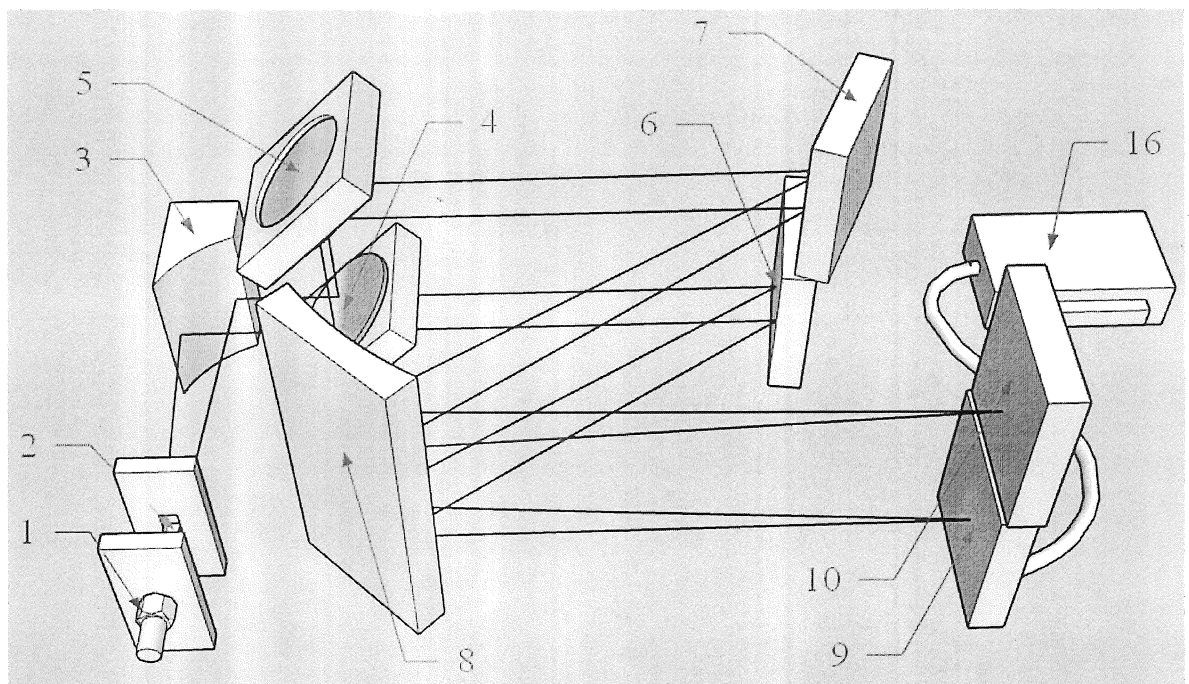
phần mềm điều khiển, ghi nhận dữ liệu, xử lý và biểu diễn kết quả được viết riêng biệt trên máy tính bằng ngôn ngữ lập trình C hoặc tương đương.

2. Máy quang phổ cầm tay theo điểm 1, trong đó hai mặt phẳng quang học được ngăn cách bởi một bản phẳng chống phản xạ, và được bố trí cách nhau 10 mm.

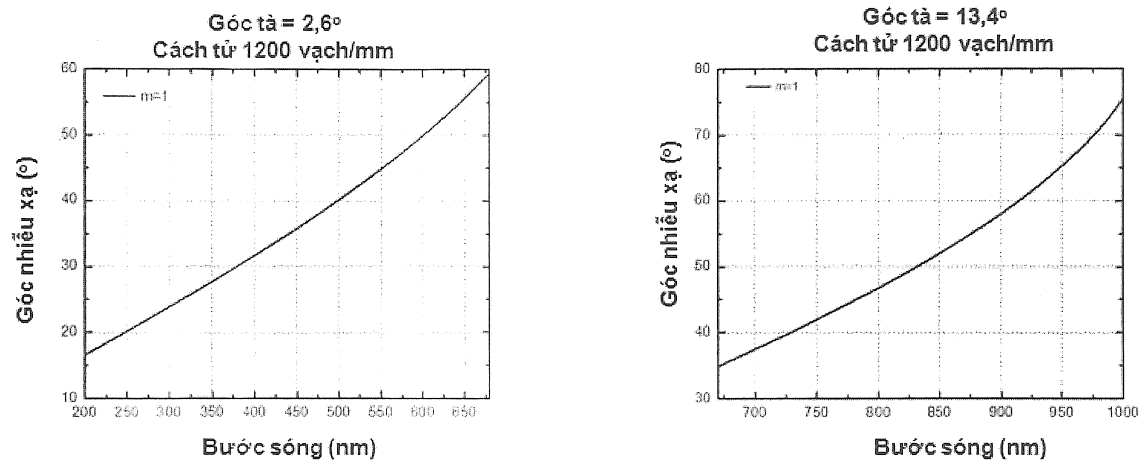
3. Máy quang phổ cầm tay theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó mỗi lớp mặt phẳng quang học được bố trí trong một hộp kín để ngăn ảnh hưởng của ánh sáng tán xạ trong quá trình lan truyền ánh sáng.



Hình 1



Hình 2



Hình 3