



(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)



1-0027988

(51)⁷ G01B 11/255; G01B 11/00; G01B 11/08 (13) B

(21) 1-2019-02996

(22) 06/06/2019

(45) 25/04/2021 397

(43) 26/08/2019 377A

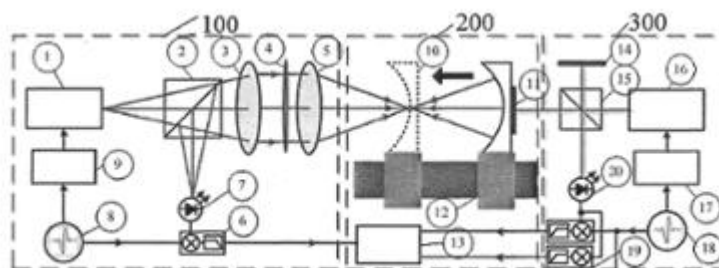
(73) Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

Số 1, Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) Vũ Thanh Tùng (VN); Vũ Toàn Thắng (VN).

(54) HỆ THỐNG ĐO BÁN KÍNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUANG HỌC

(57) Sáng chế đề xuất thiết bị đo bán kính bao gồm: cụm đồng tiêu gồm nguồn laser bán dẫn (1) phân cực thẳng, bước sóng 532 nm được điều biến tần số bằng cách điều biến nguồn điện nuôi cho laser bán dẫn. Nguồn nuôi cho laser bao gồm hai thành phần, thành phần một chiều và thành phần xoay chiều điều biến. Thành phần xoay chiều điều biến được phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin (8), tín hiệu điều biến phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin (8) kết hợp với tín hiệu một chiều từ bộ điều khiển của laser (9) và được cấp cho nguồn laser bán dẫn (1), tín hiệu điều biến được điều chỉnh để đạt được tần số điều biến khoảng 100 kHz. Tín hiệu thu được trên cảm biến (7) có cường độ bằng cường độ chùm laser phản xạ từ bề mặt đo và tần số f được điều biến xung quanh giá trị tần số trung tâm f_0 . Cụm mang chi tiết đo (200) bao gồm cụm gá lắp chi tiết quang (111), cụm vi chỉnh (222) và hệ sóng trượt đệm khí (12). Giao thoa kế (300) đo dịch chuyển sử dụng kỹ thuật điều biến tần số bao gồm nguồn laser (16) được điều biến bằng cách cấp dòng điều biến dạng sin từ bộ tạo hàm chuẩn (18) qua bộ điều khiển (17). Chùm laser đi qua lăng kính chia chùm (15) thành hai phần đi vào hai gương (11 và 14). Gương (11) được gắn vào chi tiết đo (10) và chuyển động cùng chi tiết đo (10). Sau khi phản xạ trên hai gương, hai chùm kết hợp lại tại lăng kính chia chùm (15), giao thoa với nhau và được thu bằng cảm biến (20). Hai bộ trích xuất đồng bộ (19) nhận tín hiệu chuẩn phát từ bộ tạo hàm chuẩn (18) với tín hiệu từ cảm biến (20) để trích xuất hai thành phần điều hòa liên tiếp.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến trang thiết bị dùng trong lĩnh vực đo chính xác trong các phòng thí nghiệm, các trung tâm đo lường kiểm định, các phòng kiểm tra chất lượng sản phẩm tại các nhà máy, cụ thể là hệ thống đo bán kính chi tiết cầu bằng phương pháp quang học gồm giao thoa kế laze điều biến tần số và hệ đồng tiêu cải tiến.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống quang học có vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực như khoa học vũ trụ, khoa học quân sự, hệ thống quan sát-đo lường, hệ thống gia công laze, hệ thống gia công vi cơ. Các linh kiện quang ngày càng đa dạng về kích thước từ vi thấu kính đến các gương cầu, thấu kính thiên văn kích thước lớn, từ bề mặt cầu truyền thống đến bề mặt phi cầu. Bán kính cong của chi tiết quang dạng cầu là thông số quyết định chất lượng ảnh của các hệ thống quang học. Do đó các thiết bị và phương pháp đo bán kính của chi tiết quang ngày càng đòi hỏi độ chính xác cao phạm vi đo lớn.

Các thiết bị đo bán kính chi tiết cầu về cơ bản thực hiện theo phương pháp trực tiếp đo bán kính chi tiết cầu gồm hai bước: phát hiện điểm đỉnh, điểm tâm của mặt cầu và đo khoảng cách giữa hai điểm này. Tuy nhiên cả đỉnh và tâm của mặt cầu đều không nhìn thấy và chỉ có thể xác định trực tiếp bằng phương pháp quang học. Các phương pháp khác xác định gián tiếp bán kính thông qua chiều dài và chiều cao dây cung hoặc xác định quỹ đạo đường tròn thông qua nhiều điểm đo từ đó xác định bán kính hoặc sử dụng dưỡng đo so sánh.

Các phương pháp đo bán kính chi tiết cầu được phân loại thành hai nhóm: đo tiếp xúc và đo không tiếp xúc. Phương pháp đo tiếp xúc thường sử dụng cầu kế, các bộ dưỡng đo bán kính hoặc các máy đo tọa độ. Cầu kế là dụng cụ đo tiếp xúc, đo bán kính gián tiếp qua độ dài và chiều cao của dây cung. Do đó phương pháp này có độ chính xác thấp. Các bộ dưỡng đo bán kính cho phép xác định

bán kính nhanh nhưng phạm vi đo bị giới hạn. Thực tế bán kính chi tiết cầu có trị số lẻ, đa dạng về kích thước, trong khi đó các dưỡng đo chỉ đo được một số kích thước bán kính xác định, kích thước tiêu chuẩn, không đo được bán kính cong bất kỳ. Số lượng các kích thước chuẩn trong dưỡng bằng số lượng các kích cần đo. Máy đo tọa độ xác định bán kính gián tiếp thông qua việc xác định quỹ đạo đường tròn tạo bởi nhiều điểm đo trên biên dạng chi tiết. Phương pháp bán kính bằng máy đo tọa độ là phương pháp đo tiếp xúc, máy đo tọa độ có kích thước lớn, giá thành cao. Nhược điểm khác của phương pháp đo tiếp xúc là tồn tại áp lực đo lên bề mặt chi tiết đo. Do đó phương pháp đo tiếp xúc không phù hợp với các chi tiết có lớp mạ phủ đặc biệt, dễ bị cào xước trong quá trình đo.

Phương pháp đo không tiếp xúc bao gồm phương pháp đo theo nguyên lý chuẩn trực, nguyên lý lưỡi dao Foucault, nguyên lý giao thoa và nguyên lý đồng tiêu. Trong đó phương pháp đo theo nguyên lý chuẩn trực là phương pháp đo gián tiếp dựa vào độ dốc cục bộ của đường tròn và chỉ phù hợp với chi tiết quang có kích thước lớn. Nguyên lý lưỡi dao Foucault có độ chính xác thấp do sai số khi xác định điểm hội tụ. Phương pháp đo theo nguyên lý giao thoa laze, thường sử dụng giao thoa kế Fizeau, có ưu điểm là đo không tiếp xúc, phạm vi đo lớn và độ chính xác cao. Tuy nhiên phương pháp này còn một số nhược điểm: đầu tiên, hệ thống đo yêu cầu các mặt cầu chuẩn, độ chính xác, độ phân giải hệ thống phụ thuộc vào các mặt chuẩn này. Nhược điểm thứ hai của phương pháp giao thoa là khó khăn khi xác định vân trung tâm do ảnh hưởng của môi trường đo. Thao tác hiệu chỉnh, trình tự đo phức tạp, giá thành cao cũng là hạn chế của phương pháp đo bán kính theo nguyên lý giao thoa Fizeau. Phương pháp đồng tiêu truyền thống sử dụng hệ đồng tiêu phát hiện sự thay đổi cường độ tại đầu thu khi dịch chuyển chi tiết đo dọc theo quang trục kết hợp giao thoa kế hai tần số để đo dịch chuyển. Hạn chế của phương pháp đồng tiêu truyền thống là khó xác định vị trí có cường độ lớn nhất khi mà độ dốc của đường cong cường độ tại vị trí đỉnh và tâm của mặt cầu thấp, nhiều điểm có cường độ xấp xỉ bằng nhau và do đó làm giảm độ phân giải của hệ đo. Mặt khác giao thoa kế hai tần số có kích thước lớn, giá thành cao.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học nhằm khắc phục nhược điểm của các phương pháp đã biết nêu trên. Để đạt được mục đích trên, sáng chế đề xuất thiết bị đo bán kính bằng phương pháp quang học bao gồm:

cụm đồng tiêu bao gồm nguồn laze bán dẫn thứ nhất để phát chùm laze về phía chi tiết đo, giữa nguồn laze bán dẫn thứ nhất và chi tiết đo được bố trí lần lượt lăng kính chia chùm phân cực, thấu kính chuẩn trực, tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng và thấu kính chuẩn, trong đó nguồn laze bán dẫn thứ nhất phân cực thẳng, bước sóng 532 nm được điều biến tần số bằng cách điều biến nguồn điện nuôi cho laze bán dẫn; nguồn nuôi cho laze bao gồm hai thành phần, thành phần một chiều và thành phần xoay chiều điều biến, thành phần xoay chiều điều biến được phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin, tín hiệu xoay chiều điều biến phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin được phối hợp với tín hiệu một chiều từ bộ điều khiển của nguồn laze bán dẫn thứ nhất và được cấp cho nguồn laze bán dẫn thứ nhất, tín hiệu điều biến được điều chỉnh để đạt được tần số điều biến khoảng 100 kHz, nguồn laze bán dẫn thứ nhất kết hợp với tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng và lăng kính chia chùm phân cực để hướng toàn bộ chùm tia phản xạ từ bề mặt đo về cảm biến thứ nhất, tín hiệu cường độ thu được từ cảm biến thứ nhất được nhân với tín hiệu chuẩn hình sin bậc một tạo ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin sau đó đi qua bộ lọc cho qua tần số thấp của bộ trích xuất đồng bộ thứ nhất, tín hiệu thu được sau bộ trích xuất đồng bộ thứ nhất là hàm lẻ đối xứng qua điểm "0", điểm "0" chỉ xuất hiện tại vị trí đỉnh và tâm mặt cầu trong suốt chiều dài đo, do đó sử dụng kỹ thuật điều biến tần số kết hợp kỹ thuật trích xuất đồng bộ giúp tăng độ chính xác của hệ thống đo, tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng được đặt giữa thấu kính chuẩn trực và thấu kính chuẩn, khi đi qua tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng, chùm laze chuyển từ phân cực thẳng sang phân cực tròn, khi phản xạ trên bề mặt chi tiết đo trở lại tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng lần hai, chùm laze từ phân cực tròn thành phân cực

thẳng nhưng trục xoay góc 90° so với khi chưa đi qua tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng, khi chùm tia laze trở lại lăng kính chia chùm phân cực, nó phản xạ hoàn toàn trên lăng kính chia chùm và hướng vào cảm biến. Việc kết hợp tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng và lăng kính chia chùm phân cực đảm bảo toàn bộ chùm tia phản xạ hướng vào cảm biến. Khi đó cường độ tín hiệu thu được sẽ mạnh hơn so với việc dùng lăng kính chia chùm không phân cực trong phương pháp đồng tiêu truyền thống, đồng thời ngăn chùm tia laze phản xạ lại nguồn laze, gây mất ổn định và giảm tuổi thọ nguồn laze;

cụm mang chỉ tiết đo bao gồm cụm gá lắp chỉ tiết quang để gá lắp chỉ tiết hình cầu cần đo bán kính, cụm vi chỉnh để đỡ cụm gá lắp chỉ tiết quang và điều chỉnh vị trí của chỉ tiết đo, và hệ sống trượt đệm khí để đỡ cụm vi chỉnh;

giao thoa kế để đo dịch chuyển bằng cách sử dụng kỹ thuật điều biến tần số bao gồm nguồn laze thứ hai được điều biến bằng cách cấp dòng điều biến dạng sin từ bộ tạo hàm chuẩn qua bộ điều khiển thứ hai, lăng kính chia chùm được bố trí giữa chỉ tiết đo và nguồn laze thứ hai, gương thứ nhất được gắn vào chỉ tiết đo và chuyển động cùng chỉ tiết đo, gương thứ hai được bố trí bên trên lăng kính chia chùm, trong đó chùm laze đi qua lăng kính chia chùm thành hai phần đi vào hai gương thứ nhất và thứ hai, sau khi phản xạ trên hai gương này, hai chùm kết hợp lại tại lăng kính chia chùm, giao thoa với nhau và được thu bằng cảm biến thứ hai, hai bộ trích xuất đồng bộ thứ hai nhận tín hiệu chuẩn phát từ bộ tạo hàm chuẩn với tín hiệu từ cảm biến thứ hai để trích xuất hai thành phần điều hòa liên tiếp bậc chẵn và bậc lẻ, tín hiệu thành phần điều hòa bậc chẵn và thành phần điều hòa bậc lẻ được sử dụng để tính pha, từ pha tính được dịch chuyển của chỉ tiết đo;

tín hiệu từ bộ trích xuất đồng bộ thứ nhất và hai bộ trích xuất đồng bộ thứ hai được thu nhận và xử lý ở bộ xử lý tín hiệu.

Theo một khía cạnh của sáng chế, hệ sống trượt đệm khí của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học bao gồm:

chín đệm khí với hai đệm khí mặt trên và một đệm khí mặt dưới, ba đệm khí trên mỗi mặt phẳng bên để hạn chế các bậc tự do quay và tịnh tiến, đảm bảo cho đệm khí chỉ hoạt động theo đúng chiều dẫn của sống dẫn trượt, đệm khí là cầu nối giữa xe trượt với sống dẫn, đệm khí có một lỗ tiết lưu ở giữa có đường kính khoảng 0,5mm với độ chính xác $\pm 0,02\text{mm}$, rãnh dẫn hình tròn có đường kính khoảng 28mm, chiều rộng rãnh $0,5\text{mm} \pm 0,03\text{mm}$ nằm giữa bề mặt đệm với hai đường dẫn rộng khoảng $0,5\text{mm} \pm 0,03\text{mm}$ từ lỗ tiết lưu có độ sâu $0,3\text{mm} \pm 0,02\text{mm}$, độ nhám bề mặt làm việc của đệm khí $121 R_z = 0,16\mu\text{m}$, độ phẳng của bề mặt làm việc là 0,001, các bề mặt làm việc của đệm khí có độ cứng 45HRC.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, cụm gá lắp chi tiết quang của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học bao gồm:

tấm đế có hình chữ nhật khi nhìn từ trên xuống và có hai trục dẫn hướng ở hai đầu để đỡ khối hình chữ V ở giữa và tấm gá ở bên trên, chi tiết đo tiếp xúc với khối hình V ở hai điểm và một điểm tỳ ở chốt theo nguyên tắc ba điểm phân bố trên đường tròn, việc thay đổi khoảng cách giữa khối hình chữ V và tấm gá bằng cách cho trượt theo trục cho phép gá các chi tiết đo có đường kính thông quang khác nhau, hai vít, mỗi vít bắt từ một đầu của khối hình chữ V vào một trục, để cố định vị trí khối hình chữ V, hai vít, mỗi vít bắt từ một đầu của tấm gá vào một trục, để cố định vị trí tấm gá, vít bắt qua tâm tấm gá theo chiều từ trên xuống dưới để tạo ra lực kẹp để giữ chi tiết đo ổn định trong quá trình đo, cụm gá lắp chi tiết quang được ghép nối với cụm vi chỉnh bằng tấm đế bởi các vít.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, cụm vi chỉnh của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học bao gồm:

để bắt bộ vi chỉnh và bàn gá được lắp đặt bên trên bộ vi chỉnh, để có bốn lỗ để ghép lên hệ sống trượt đệm khí, bộ vi chỉnh có ba panme để lần lượt chỉnh bàn gá nghiêng theo các trục XY đồng thời xoay quanh trục Z với độ phân

giải $0,05^\circ$, phạm vi hiệu chỉnh $\pm 5^\circ$, bàn gá có các lỗ ren để cho phép ghép nối với tấm đế của cụm gá lắp chi tiết quang.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện nguyên lý xác định điểm đỉnh và tâm mặt cầu bằng phương pháp quang học của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 3a và Hình 3b thể hiện tín hiệu thu được trên cảm biến ở hệ đồng tiêu và tín hiệu thu được từ bộ trích xuất đồng bộ của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 4 là hình vẽ phối cảnh của cụm gá lắp chi tiết quang của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 5 là hình vẽ phối cảnh của cụm vi chỉnh của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 6 là hình vẽ phối cảnh của xe trượt của hệ sóng trượt đệm khí của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 7 là hình vẽ phối cảnh đệm khí của hệ sóng trượt đệm khí của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Hình 8 là hình vẽ phối cảnh thể hiện việc lắp sóng trượt đệm khí của hệ sóng trượt đệm khí của cụm mang chi tiết đo của hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo Hình 1 và Hình 2, hệ thống đo bán kính chi tiết quang bằng phương pháp quang học theo sáng chế thực hiện theo nguyên lý: phát hiện đỉnh và tâm của mặt cầu bằng hệ đồng tiêu sử dụng cách linh kiện phân cực kết hợp phương pháp điều biến tần số để tăng độ chính xác và độ ổn định của hệ thống đo, đo

lượng chính xác khoảng cách giữa hai vị trí này bằng giao thoa kế điều biến tần số, hệ thống vi chỉnh chi tiết đo, sống trượt chuẩn dịch chuyển chi tiết dọc theo quang trục để tăng độ chính xác của hệ thống đo.

Cụ thể, hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế bao gồm cụm đồng tiêu 100, cụm mang chi tiết đo 200 và giao thoa kế 300.

Cụm đồng tiêu 100 bao gồm cụm đồng tiêu 100 bao gồm nguồn laze bán dẫn 1 để phát chùm laze về phía chi tiết đo 10, giữa nguồn laze bán dẫn 1 và chi tiết đo 10 được bố trí lần lượt lăng kính chia chùm phân cực 2, thấu kính chuẩn trực 3, tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng 4 và thấu kính chuẩn 5. Nguồn laze bán dẫn 1 phân cực thẳng bước sóng 532 nm được điều biến tần số bằng cách điều biến nguồn điện nuôi cho laze bán dẫn. Nguồn nuôi cho laze bao gồm hai thành phần, thành phần một chiều và thành phần xoay chiều điều biến. Thành phần xoay chiều điều biến được phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin 8, tín hiệu điều biến phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin 8 kết hợp với tín hiệu một chiều từ bộ điều khiển của laze 9 và được cấp cho nguồn laze bán dẫn 1.

Tín hiệu điều biến được điều chỉnh để đạt được tần số điều biến 100 kHz.

Trong hệ đồng tiêu truyền thống, khi chùm laze phản xạ từ bề mặt một phần sẽ phản xạ lại nguồn sáng. Tần số, cường độ và tuổi thọ của laze bán dẫn giảm khi hấp thụ chùm tia phản xạ. Để khắc phục nhược điểm này, sáng chế đề xuất sử dụng nguồn laze bán dẫn 1 phân cực thẳng kết hợp với tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng 4 và lăng kính chia chùm phân cực 2 sẽ hướng toàn bộ chùm tia phản xạ từ bề mặt đo về cảm biến 7. Do tính chất phân cực của chùm laze từ nguồn phân cực p, toàn bộ chùm tia sẽ đi qua lăng kính chia chùm phân cực 2 mà không bị chia đôi như lăng kính chia chùm không phân cực trong các hệ đồng tiêu cũ. Tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng 4 được đặt giữa thấu kính chuẩn trực 3 và thấu kính chuẩn 5. Khi đi qua tấm làm trễ pha phân tư bước sóng 4, chùm laze chuyển từ phân cực thẳng sang phân cực tròn. Khi phản xạ trên bề mặt chi tiết đo trở lại tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng 4 lần hai, chùm laze từ phân cực tròn thành phân cực thẳng nhưng trục xoay góc 90° so với khi chưa đi qua tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng 4. Hay nói cách

khác, trong sơ đồ đo này phân cực của chùm laser đổi từ phân cực p sang phân cực s . Khi chùm tia laser trở lại lăng kính chia chùm phân cực, nó phản xạ hoàn toàn trên lăng kính chia chùm và hướng vào cảm biến 7. Do đó tần số, cường độ nguồn laser ổn định và cường độ chùm tia phản xạ cũng tăng lên.

Tín hiệu thu được trên cảm biến 7 có cường độ bằng cường độ chùm laser phản xạ từ bề mặt đo và tần số f được điều biến xung quanh giá trị tần số trung tâm f_0 , được biểu diễn như sau:

$$I_p(f) = I_p \sin [2\pi(f_0 + m \sin 2\pi f_m t)], \quad (1)$$

trong đó I_p là biên độ của tín hiệu cường độ thu được trên cảm biến, f_m là tần số điều biến, m là chỉ số điều biến, f_0 là tần số trung tâm của nguồn laser.

Khai triển Taylor về phải của phương trình (1) được biểu diễn như sau:

$$I_p(f) = I_p(2\pi f_0) + m \sin 2\pi f_m t \left. \frac{dI_p}{df} \right|_{f_0} + \frac{m^2}{2!} \sin^2(2\pi f_m t) \left. \frac{d^2 I_p(f)}{df^2} \right|_{f_0} + \frac{m^3}{3!} \sin^3(2\pi f_m t) \left. \frac{d^3 I_p(f)}{df^3} \right|_{f_0} + \dots \quad (2)$$

Cường độ laser khi tần số được điều biến chứa thành phần bậc cao $\sin^n(2\pi f_m t)$. Sử dụng biến đổi lượng giác $\sin^n(2\pi f_m t) \propto \sin(n 2\pi f_m t)$. Khi đó phương trình (2) được viết lại như sau:

$$I_p(f) = I_p(2\pi f_0) + m \sin 2\pi f_m t \left. \frac{dI_p}{df} \right|_{f_0} + \frac{m^2}{2!} \sin 4\pi f_m t \left. \frac{d^2 I_p(f)}{df^2} \right|_{f_0} + \frac{m^3}{3!} \sin 6\pi f_m t \left. \frac{d^3 I_p(f)}{df^3} \right|_{f_0} + \dots \quad (3)$$

Phương trình (3) chỉ ra rằng tín hiệu bị điều biến tần số là chuỗi các thành phần điều hòa có tần số là bội số của tần số điều biến $n f_m$. Biên độ của các thành phần điều hòa không những tỉ lệ với biên độ của tín hiệu điều biến và còn tỉ lệ với đạo hàm bậc n của cường độ chùm laser thu trên cảm biến $\left(\left. \frac{d^n I_p(f)}{df^n} \right|_{f_0} \right)$. Tín hiệu điều hòa bậc một được trích xuất để phát hiện điểm đỉnh và tâm của mặt cầu. Tín hiệu chuẩn có cùng tần số với tín hiệu bậc một, biên độ bằng bằng 1, được nhân với tín hiệu đo và được biểu diễn như sau:

$$I_p(f) \times \sin 2\pi f_m t = \left\{ I_p(2\pi f_0) + m \sin 2\pi f_m t \frac{dI_p}{df} \Big|_{f_0} + \frac{m^2}{2!} \sin 4\pi f_m t \frac{d^2 I_p(f)}{df^2} \Big|_{f_0} + \frac{m^3}{3!} \sin 6\pi f_m t \frac{d^3 I_p(f)}{df^3} \Big|_{f_0} + \dots \right\} \times \sin 2\pi f_m t \quad (4)$$

Tín hiệu ở phương trình (4) đi qua bộ lọc cho qua tần số thấp để loại toàn bộ thành phần bậc cao, thành phần thu được sau khi qua bộ lọc tần số là biên độ của tín hiệu điều hòa bậc hòa bậc một được biểu diễn như sau:

$$I_p^1(f) = m \frac{dI_p}{df} \Big|_{f_0} \quad (5)$$

Hình 3a thể hiện cường độ tín hiệu thu được trên cảm biến 7 tại vị trí đỉnh và tâm của mặt cầu. Tín hiệu cường độ thu được từ cảm biến 7 được nhân với tín hiệu chuẩn hình sin bậc một tạo ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin 8 sau đó đi qua bộ lọc cho qua tần số thấp của bộ trích xuất đồng bộ 6. Tín hiệu thu được sau bộ trích xuất đồng bộ 6 được thể hiện ở phương trình (5) là tín hiệu đạo hàm bậc lẻ và đối xứng qua điểm “0” thể hiện trên Hình 3b, vị trí điểm “0” trùng với với đỉnh và tâm của mặt cầu. Sử dụng kỹ thuật điều biến tần số và trích xuất đồng bộ giúp tăng độ chính xác của hệ thống khi mà điểm “0” tương ứng với vị trí đỉnh và tâm mặt cầu này là duy nhất và các thành phần nhiễu bị loại bỏ, trong khi phương độ dốc của đường cong này tốt hơn khi sử dụng đường cong cường độ thu được trực tiếp từ cảm biến.

Cụm mang chi tiết đo 200 bao gồm cụm giá lắp chi tiết quang 111 để giá lắp chi tiết hình cầu cần đo bán kính, cụm vi chỉnh 222 để đỡ cụm giá lắp chi tiết quang 111 và điều chỉnh vị trí của chi tiết đo 10 và hệ sống trượt đệm khí 12 để đỡ cụm vi chỉnh 222 được thể hiện trên các hình vẽ từ Hình 4 đến Hình 8.

Như được thể hiện trên Hình 4, cụm giá lắp chi tiết quang 111 bao gồm tám đế 101 có hình chữ nhật khi nhìn từ trên xuống và có hai trục dẫn hướng 104 ở hai đầu để đỡ khối hình chữ V 102 ở giữa và tám giá 105 ở bên trên. Chi tiết đo tiếp xúc với khối hình V 102 ở hai điểm và một điểm tỳ ở chốt 106 theo nguyên tắc ba điểm phân bố trên đường tròn. Thay đổi khoảng cách giữa khối hình chữ V 102 và tám giá 105 bằng cách trượt theo trục 104 cho phép giá các chi

tiết đo có đường kính thông quang khác nhau. Hai vít 103, mỗi vít bắt từ một đầu của khối hình chữ V 102 vào một trục 104, để cố định vị trí khối hình chữ V 102. Hai vít 103', mỗi vít bắt từ một đầu của tấm gá 105 vào một trục 104, để cố định vị trí tấm gá 105. Vít 106 bắt qua tâm tấm gá 105 theo chiều từ trên xuống dưới để tạo ra lực kẹp để giữ chi tiết đo ổn định trong quá trình đo. Hệ thống đồ gá chi tiết đo được ghép nối với hệ thống vi chỉnh bằng tấm đế 101 bằng các vít.

Như được thể hiện trên Hình 5, cụm vi chỉnh hiệu chỉnh ba bậc tự do, chỉnh nghiêng theo phương XY và xoay quanh trục Z. Cụm vi chỉnh gồm đế 205 để bắt bộ vi chỉnh 206 và bàn gá 204 được lắp đặt bên trên bộ vi chỉnh 206. Đế 205 có bốn lỗ để ghép lên hệ sống trượt đệm khí 12. Bộ vi chỉnh 206 có các ba panme 201, 202, 203 để lần lượt chỉnh bàn gá 204 nghiêng theo các trục XY đồng thời xoay quanh trục Z với độ phân giải $0,05^\circ$, phạm vi hiệu chỉnh $\pm 5^\circ$, bàn gá 204 cho phép ghép nối phần vi chỉnh nghiêng với phần gá chi tiết bằng mối ghép ren.

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ Hình 6 đến Hình 8, hệ sống trượt đệm khí 12 mang cụm gá lắp và cụm vi chỉnh chi tiết dịch chuyển dọc theo quang trục. Sáng chế này đề xuất việc sử dụng sống trượt thẳng sử dụng đệm khí để đảm bảo độ thẳng đạt $0,5 \mu\text{m}/800 \text{ mm}$.

Trong thiết kế hệ sống trượt đệm khí 12, sử dụng số lượng đệm khí 121 tốt nhất là 4 đệm khí hoặc hơn để xe trượt 122 vừa có khả năng chạy ổn định, vừa có khả năng nâng cao độ cứng của đệm khí 12. Cụ thể theo một phương án của sáng chế số đệm khí 121 trên xe trượt 122 tốt nhất là chín đệm khí với hai đệm khí mặt trên và một đệm khí mặt dưới, như vậy độ cứng của hệ tăng lên ba lần, ba đệm khí trên mỗi mặt phẳng bên để hạn chế các bậc tự do quay và tịnh tiến, đảm bảo cho đệm khí 121 chỉ hoạt động theo đúng chiều dẫn của sống trượt. Đệm khí 121 có chức năng là cầu nối giữa xe trượt 122 với sống dẫn 123 tạo chuyển động không ma sát, không tiếp xúc cơ khí và không mài mòn. Trong quá trình làm việc của chi tiết thì kích thước của lỗ tiết lưu và hình dạng, vị trí rãnh dẫn, hốc bi tự lựa cần bảo đảm độ chính xác cao. Đệm khí 121 có một lỗ tiết lưu 121.1 ở giữa có đường kính $0,5\text{mm}$ với độ chính xác $\pm 0,02$. Rãnh dẫn

hình tròn 121.2 có đường kính khoảng 28mm, chiều rộng rãnh $0,5\text{mm} \pm 0,03\text{mm}$ nằm giữa bề mặt đệm với 2 đường dẫn 121.3 từ lỗ tiết lưu 121.1 có độ sâu $0,3\text{mm} \pm 0,02\text{mm}$. Độ nhám bề mặt làm việc của đệm khí 121 Rz = 0,16 μm . Độ phẳng của bề mặt làm việc 0,001, các bề mặt làm việc của đệm đạt độ cứng 45HRC.

Như được thể hiện trên Hình 2, vị trí của chi tiết đo được dịch chuyển theo mũi tên, khoảng cách dịch chuyển lớn hơn bán kính danh nghĩa của chi tiết đo sau khi gia công.

Như được thể hiện trên Hình 2, giao thoa kế 300 đo dịch chuyển sử dụng kỹ thuật điều biến tần số bao gồm: Nguồn laze 16 được điều biến bằng cách cấp dòng điều biến dạng sin từ bộ tạo hàm chuẩn 18 qua bộ điều khiển 17, lăng kính chia chùm 15 được bố trí giữa chi tiết đo 10 và nguồn laze 16, gương 11 được gắn vào chi tiết đo 10 và chuyển động cùng chi tiết đo 10, gương 14 được bố trí bên trên lăng kính chia chùm 15. Chùm laze đi qua lăng kính chia chùm 15 thành hai phần đi vào hai gương 11 và 14. Gương 11 được gắn vào chi tiết đo 10 và chuyển động cùng chi tiết đo 10. Sau khi phản xạ trên hai gương, hai chùm kết hợp lại tại lăng kính chia chùm 15, giao thoa với nhau và được thu bằng cảm biến 20. Hai bộ trích xuất đồng bộ 19 nhân tín hiệu chuẩn phát từ bộ tín hiệu điện hàm sin 18 với tín hiệu từ cảm biến 20 để trích xuất hai thành phần điều hòa liên tiếp. Cụ thể tín hiệu giao thoa thu được trên cảm biến 20 được biểu diễn như sau:

$$I(L, t) = I_0 \left[1 + V \cos \left(m \sin 2\pi f_m t + \frac{4\pi L n}{\lambda_0} \right) \right] \quad (6)$$

Trong đó $m = \frac{2\pi \Delta f L n}{c}$ là chiều sâu điều biến, λ_0 , $\omega_m = 2\pi f_m$, Δf , L , n , c , I_0 và V lần lượt là bước sóng của nguồn, tần số điều biến, biên độ điều biến, chênh lệch chiều dài giữa 2 nhánh của giao thoa kế, chiết suất môi trường, vận tốc ánh sáng trong chân không, cường độ trung bình, hệ số tương phản của vân.

Sử dụng hàm Bessel, phương trình (6) được khai triển như sau:

$$I(L, t) = I_0 \left\{ 1 + V \left\{ \cos \left(\frac{4\pi L n}{\lambda_0} \right) [J_0(m) + 2 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k}(m) \cos 2k\omega_m t] \right. \right. \\ \left. \left. - \sin \left(\frac{4\pi L n}{\lambda_0} \right) 2 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k-1}(m) \sin(2k-1)\omega_m t \right] \right\} \quad (7)$$

Chênh lệch chiều dài giữa hai nhánh của giao thoa kế L được biểu diễn như sau:

$$L = L_0 + \Delta L \quad (8)$$

trong đó L_0 là khoảng chênh lệch ban đầu giữa hai nhánh của giao thoa kế khi chưa có chuyển động, ΔL là lượng dịch chuyển $\Delta L = N \cdot \frac{\lambda_0}{2} + \Delta l$, N là số nguyên thể hiện số nguyên, Δl là lượng dịch chuyển nhỏ hơn một nửa bước sóng. Kết hợp phương trình (7) và (8) có:

$$I(\Delta L, t) = I_0 \left\{ 1 + V \left\{ \cos \left(\frac{4\pi n}{\lambda_0} \Delta L \right) [J_0(m) + 2 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k}(m) \cos 2k\omega_m t] \right. \right. \\ \left. \left. - \sin \left(\frac{4\pi n}{\lambda_0} \Delta L \right) 2 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k-1}(m) \sin(2k-1)\omega_m t \right] \right\} \quad (9)$$

Sử dụng kỹ thuật trích xuất đồng bộ có thể bất cứ cặp tín hiệu điều hòa thành phần liên tiếp có tần số $(2k-1)\omega_m$ và $2k\omega_m$ với k là số nguyên và $k \geq 1$. Bộ nhân của hai bộ trích xuất đồng bộ 19 sẽ nhân tín hiệu chuẩn, $\sin(2k-1)\omega_m t$ và $\sin 2k\omega_m t$ tạo ra từ bộ tín hiệu điện hàm sin 18 với tín hiệu thu được trên cảm biến 20 (phương trình (9)) và chuyển qua các bộ lọc cho qua tần số thấp hơn 100Hz của các bộ trích xuất đồng bộ 19 để loại bỏ toàn bộ thành phần tín hiệu tần số cao hơn ngưỡng 100 Hz. Tín hiệu từ các bộ trích xuất đồng bộ 19 và bộ trích xuất đồng bộ 6 được thu nhận và xử lý ở bộ xử lý tín hiệu 13. Từ hai tín hiệu điều hoà thành phần trích xuất từ tín hiệu giao thoa sẽ tính được lượng dịch

chuyển của gương động 11 gắn cứng trên chi tiết đo 10, từ đó xác định được khoảng cách giữa hai điểm cần đo (điểm đỉnh và điểm tâm mặt cầu), đó chính là bán kính của chi tiết đo 10 được xử lý ở bộ thu nhận và xử lý tín hiệu đo 13. Biên độ của hai tín hiệu điều hòa thành phần liên tiếp được biểu diễn như sau:

$$I_{(2k-1)\omega_m} = -I_0 V J_{2k-1}(m) \sin\left(\frac{4\pi n}{\lambda_0} \Delta L\right)$$

(10)

$$I_{2k\omega_m} = I_0 V J_{2k}(m) \cos\left(\frac{4\pi n}{\lambda_0} \Delta L\right) \quad (11)$$

Sử dụng hai tín hiệu điều hòa liên tiếp và có pha lệch nhau 90° đồng thời có thể đo được dịch chuyển ΔL và hướng của chuyển động. Dịch chuyển ΔL được xác định như sau:

$$\Delta L = \frac{\lambda_0}{4\pi n} \left\{ \arctan\left(-\frac{J_{2k}(m)I_{(2k-1)\omega}}{J_{2k-1}(m)I_{2k\omega}}\right) \right\} \quad (12)$$

Ưu điểm của giao thoa kế điều biến tần số là độ chính xác cao khi mà các thành phần điều hòa sử dụng để xác định dịch chuyển được xác định chính xác bằng kỹ thuật trích xuất đồng bộ. Tất cả các thành phần khác ngoài tín hiệu đo, có tần số khác tần số chuẩn của bộ trích xuất đồng bộ, bị loại bỏ hoàn toàn. Do đó ảnh hưởng của nhiễu bị loại bỏ. Kích thước nhỏ gọn, phạm vi đo lớn và dễ dàng xác định được hướng của chuyển động là các ưu điểm khác của giao thoa kế dạng này.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế giúp tăng độ phân giải, độ chính xác so với các phương pháp khác. Vị trí đỉnh và tâm mặt cầu được xác định chính xác nhờ kỹ thuật điều biến tần số kết hợp với kỹ

thuật trích xuất đồng bộ. Giao thoa kế đo dịch chuyển sử dụng kỹ thuật điều biến tần số có độ chính xác cao, loại bỏ ảnh hưởng từ nhiễu của môi trường đo, phạm vi đo lớn. Hệ thống dịch chuyển thẳng chính xác sử dụng sóng trượt đệm khí kết hợp hệ gá lắp và vi chỉnh chi tiết đo cho phép mở rộng phạm vi đo với các chi tiết quang có đường kính thông quang và chiều dày khác nhau. Đồng thời đảm bảo chi tiết đo dịch chuyển theo quang trục của hệ quang và do đó làm giảm các sai số do sai lệch vị trí của chi tiết đo (chi tiết đo bị nghiêng, trục của chi tiết đo không trùng trục quang của hệ thống).

Hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo sáng chế có giá thành thấp hơn so với các sản phẩm nhập khẩu cùng loại. Kích thước của hệ thống đo nhỏ gọn, ổn định khi làm việc trong môi trường công nghiệp. Hệ thống này sẽ góp phần đẩy mạnh nghiên cứu về đo lường laze, giảm phụ thuộc vào các sản phẩm nhập khẩu.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học bao gồm:

cụm đồng tiêu (100) bao gồm nguồn laze bán dẫn thứ nhất (1) để phát chùm laze về phía chi tiết đo (10), giữa nguồn laze bán dẫn thứ nhất (1) và chi tiết đo (10) được bố trí lần lượt lăng kính chia chùm phân cực (2), thấu kính chuẩn trực (3), tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4) và thấu kính chuẩn (5), nguồn laze bán dẫn thứ nhất (1) phân cực thẳng, bước sóng 532 nm được điều biến tần số bằng cách điều biến nguồn điện nuôi cho laze bán dẫn, nguồn nuôi cho laze bao gồm hai thành phần, thành phần một chiều và thành phần xoay chiều điều biến, thành phần xoay chiều điều biến được phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin (8), tín hiệu xoay chiều điều biến phát ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin (8) được kết hợp với tín hiệu một chiều từ bộ điều khiển của nguồn laze bán dẫn thứ nhất (9) và được cấp cho nguồn laze bán dẫn thứ nhất (1), tín hiệu điều biến được điều chỉnh để đạt được tần số điều biến khoảng 100 kHz, nguồn laze bán dẫn thứ nhất (1) kết hợp với tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4) và lăng kính chia chùm phân cực (2) để hướng toàn bộ chùm tia phản xạ từ bề mặt đo về cảm biến thứ nhất (7), tín hiệu cường độ thu được từ cảm biến thứ nhất (7) được nhân với tín hiệu chuẩn hình sin bậc một tạo ra từ bộ tạo tín hiệu điện hàm sin (8) sau đó đi qua bộ lọc cho qua tần số thấp của bộ trích xuất đồng bộ thứ nhất (6), tín hiệu thu được sau bộ trích xuất đồng bộ thứ nhất (6) là hàm lẻ đối xứng qua điểm "0", điểm "0" chỉ xuất hiện tại vị trí đỉnh và tâm mặt cầu trong suốt chiều dài đo, do đó sử dụng kỹ thuật điều biến tần số kết hợp kỹ thuật trích xuất đồng bộ giúp tăng độ chính xác của hệ thống đo, tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4) được đặt giữa thấu kính chuẩn trực (3) và thấu kính chuẩn (5), khi đi qua tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4), chùm laze chuyển từ phân cực thẳng sang phân cực tròn, khi phản xạ trên bề mặt chi tiết đo trở lại tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4) lần hai, chùm laze từ phân cực tròn thành phân cực thẳng nhưng trục xoay góc 90° so với khi chưa đi qua tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4), khi chùm tia laze trở lại lăng kính chia chùm phân cực thứ nhất (2), nó phản xạ hoàn toàn trên lăng kính chia chùm này và

hướng vào cảm biến (7), việc kết hợp tấm làm trễ pha một phần tư bước sóng (4) và lăng kính chia chùm phân cực thứ nhất (2) đảm bảo toàn bộ chùm tia phản xạ hướng vào cảm biến (7), khi đó cường độ tín hiệu thu được sẽ mạnh hơn so với việc dùng lăng kính chia chùm không phân cực trong phương pháp đồng tiêu truyền thống, đồng thời ngăn chùm tia laze phản xạ lại nguồn laze, gây mất ổn định và giảm tuổi thọ nguồn laze;

cụm mang chi tiết đo (200) bao gồm cụm giá lắp chi tiết quang (111) để giá lắp chi tiết hình cầu cần đo bán kính, cụm vi chỉnh (222) để đỡ cụm giá lắp chi tiết quang (111) và điều chỉnh vị trí của chi tiết đo (10), và hệ sống trượt đệm khí (12) để đỡ cụm vi chỉnh (222);

giao thoa kế (300) để đo dịch chuyển bằng cách sử dụng kỹ thuật điều biến tần số bao gồm nguồn laze thứ hai (16) được điều biến bằng cách cấp dòng điều biến dạng sin từ bộ tạo hàm chuẩn (18) qua bộ điều khiển thứ hai (17), lăng kính chia chùm (15) được bố trí giữa chi tiết đo (10) và nguồn laze thứ hai (16), gương thứ nhất (11) được gắn vào chi tiết đo (10) và chuyển động cùng chi tiết đo (10), gương thứ hai (14) được bố trí bên trên lăng kính chia chùm (15), trong đó chùm laze đi qua lăng kính chia chùm (15) thành hai phần đi vào hai gương thứ nhất (11) và thứ hai (14), sau khi phản xạ trên hai gương này, hai chùm kết hợp lại tại lăng kính chia chùm (15), giao thoa với nhau và được thu bằng cảm biến thứ hai (20), hai bộ trích xuất đồng bộ thứ hai (19) nhận tín hiệu chuẩn phát từ bộ tạo hàm chuẩn (18) với tín hiệu từ cảm biến thứ hai (20) để trích xuất hai thành phần điều hòa liên tiếp bậc chẵn và bậc lẻ, tín hiệu thành phần điều hòa bậc chẵn và thành phần điều hòa bậc lẻ được sử dụng để tính pha, từ pha tính được dịch chuyển của chi tiết đo;

tín hiệu từ bộ trích xuất đồng bộ thứ nhất (6) và hai bộ trích xuất đồng bộ thứ hai (19) được thu nhận và xử lý ở bộ xử lý tín hiệu (13).

2. Hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo điểm 1, trong đó hệ sống trượt đệm khí (12) bao gồm:

chín đệm khí (121) với hai đệm khí mặt trên và một đệm khí mặt dưới, ba đệm khí trên mỗi mặt phẳng bên để hạn chế các bậc tự do quay và tịnh tiến, đảm

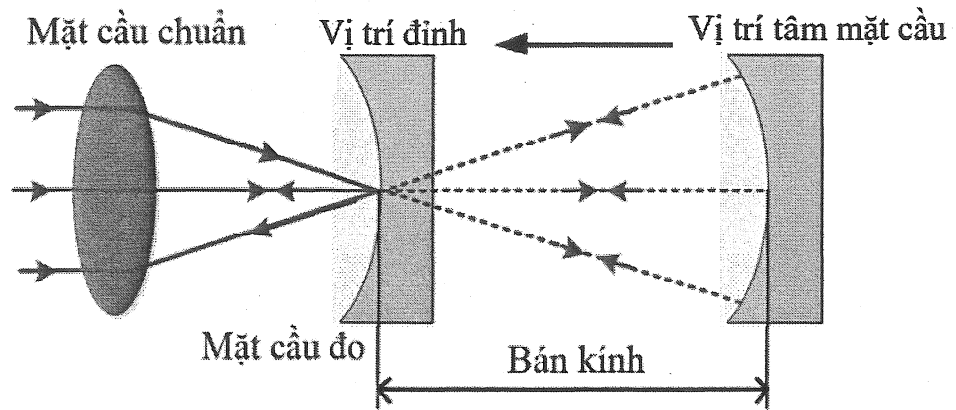
bảo cho đệm khí (121) chỉ hoạt động theo đúng chiều dẫn của sống dẫn trượt, đệm khí (121) là cầu nối giữa xe trượt (122) với sống dẫn (123), đệm khí (121) có một lỗ tiết lưu (121.1) ở giữa có đường kính khoảng 0,5mm với độ chính xác $\pm 0,02\text{mm}$, rãnh dẫn hình tròn (121.2) có đường kính khoảng 28mm, chiều rộng rãnh (121.3) là $0,5\text{mm} \pm 0,03$ nằm giữa bề mặt đệm với hai đường dẫn rộng khoảng $0,5\text{ mm} \pm 0,03\text{mm}$ từ lỗ tiết lưu có độ sâu $0,3\text{mm} \pm 0,02\text{mm}$, độ nhám bề mặt làm việc của đệm khí (121) $R_z = 0,16\mu\text{m}$, độ phẳng của bề mặt làm việc là 0,001, các bề mặt làm việc của đệm khí có độ cứng 45HRC.

3. Hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo điểm 1, trong đó cụm gá lắp chi tiết quang (111) bao gồm:

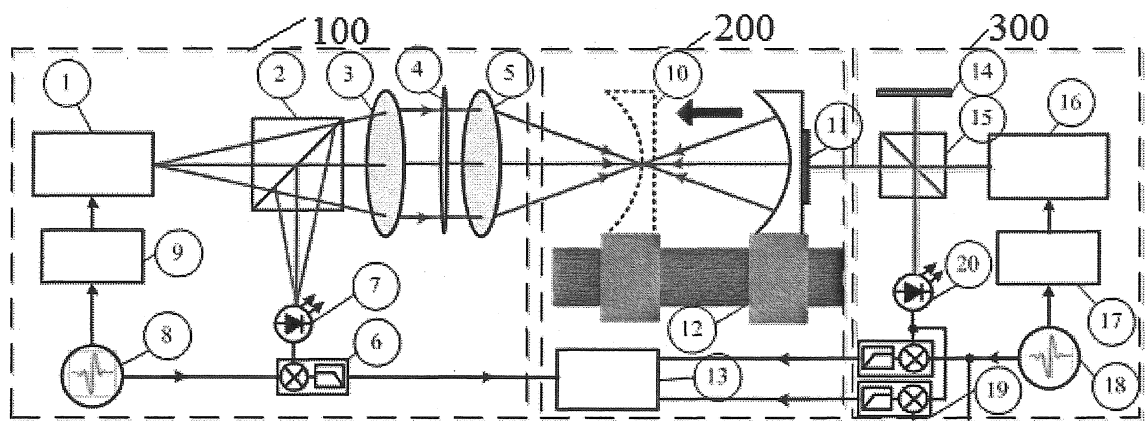
tấm đế (101) có hình chữ nhật khi nhìn từ trên xuống và có hai trục dẫn hướng (104) ở hai đầu để đỡ khối hình chữ V (102) ở giữa và tấm gá (105) ở bên trên, chi tiết đo (10) tiếp xúc với khối hình V (102) ở hai điểm và một điểm tỷ ở chốt (106) theo nguyên tắc ba điểm phân bố trên đường tròn, việc thay đổi khoảng cách giữa khối hình chữ V (102) và tấm gá (105) bằng cách cho trượt theo trục (104) cho phép gá các chi tiết đo có đường kính thông quang khác nhau, hai vít (103), mỗi vít bắt từ một đầu của khối hình chữ V (102) vào một trục (104), để cố định vị trí khối hình chữ V (102), hai vít (103'), mỗi vít bắt từ một đầu của tấm gá (105) vào một trục (104), để cố định vị trí tấm gá (105), vít (106) bắt qua tâm tấm gá (105) theo chiều từ trên xuống dưới để tạo ra lực kẹp để giữ chi tiết đo (10) ổn định trong quá trình đo, cụm gá lắp chi tiết quang (111) được ghép nối với cụm vi chỉnh (222) bằng tấm đế (101) bởi các vít.

4. Hệ thống đo bán kính bằng phương pháp quang học theo điểm 1, trong đó cụm vi chỉnh (222) bao gồm:

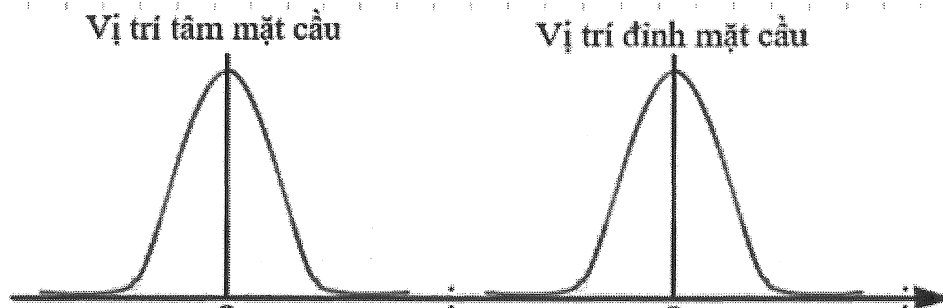
đế (205) để bắt bộ vi chỉnh (206) và bàn gá (204) được lắp đặt bên trên bộ vi chỉnh (206), đế (205) có bốn lỗ để ghép lên hệ sống trượt đệm khí (12), bộ vi chỉnh (206) có ba panme (201, 202, 203) để lần lượt chỉnh bàn gá (204) nghiêng theo các trục XY đồng thời xoay quanh trục Z với độ phân giải $0,05^\circ$, phạm vi hiệu chỉnh $\pm 5^\circ$, bàn gá (204) có các lỗ ren để cho phép ghép nối với tấm đế (101) của cụm gá lắp chi tiết quang (111).



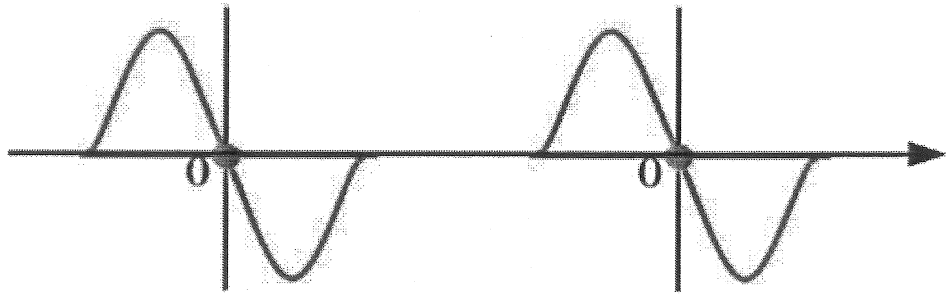
HÌNH 1



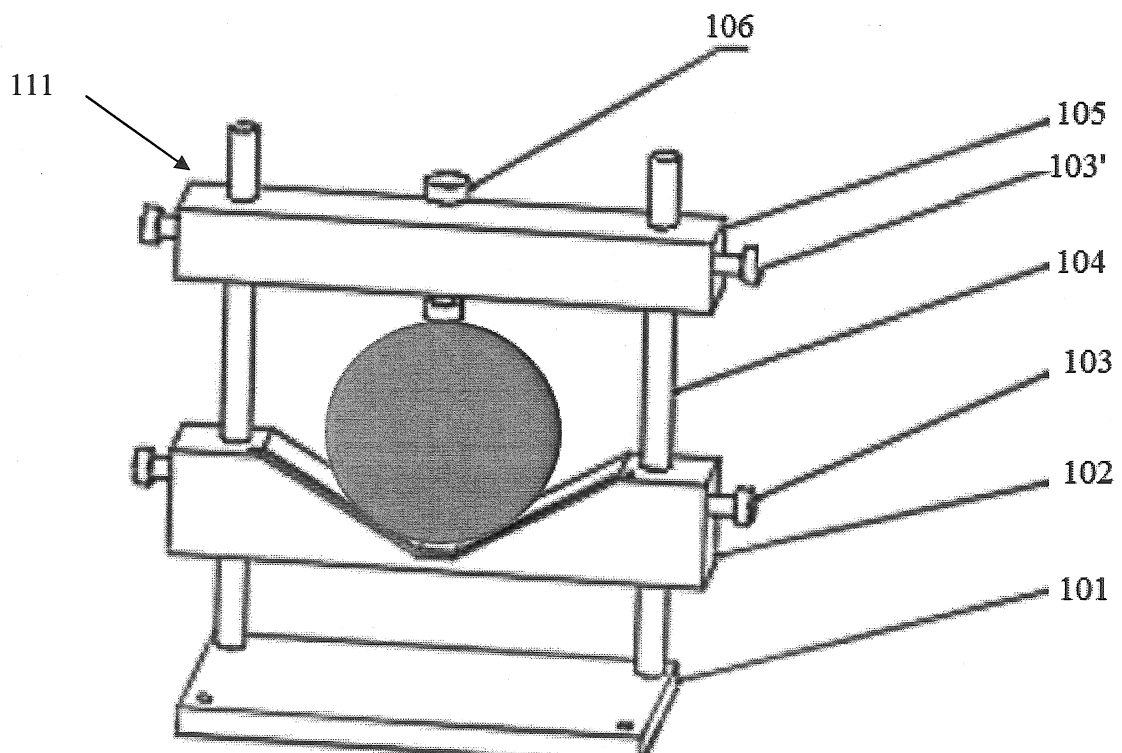
HÌNH 2



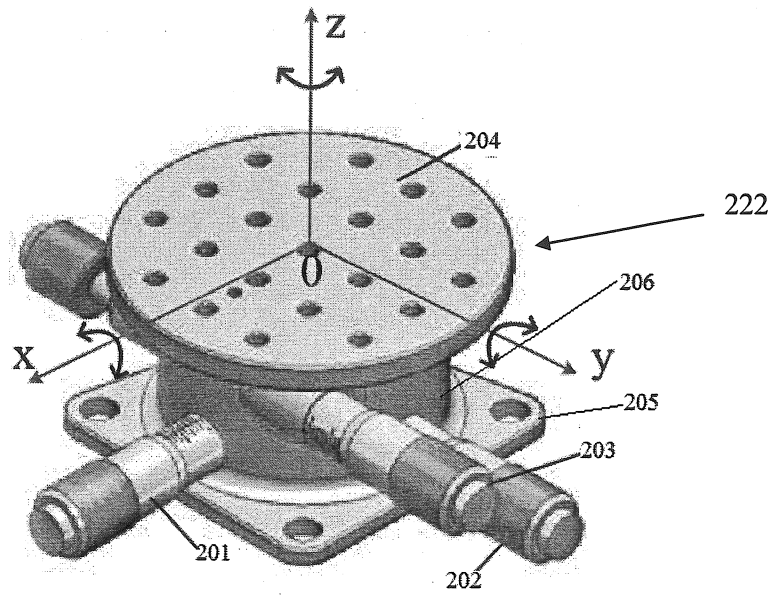
HÌNH 3a



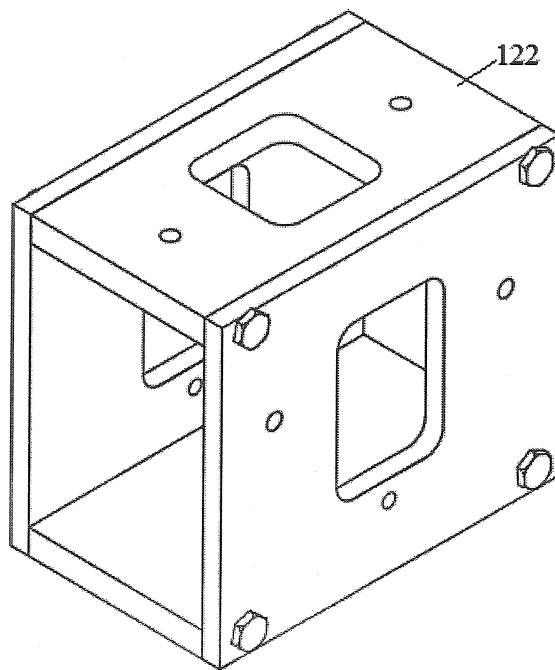
HÌNH 3b



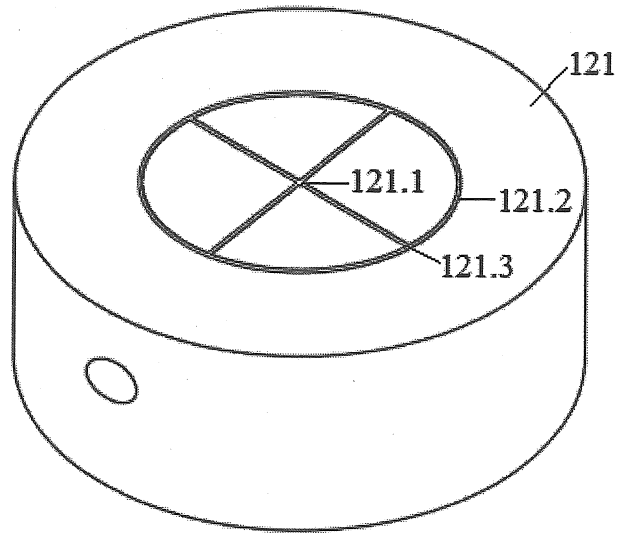
HÌNH 4



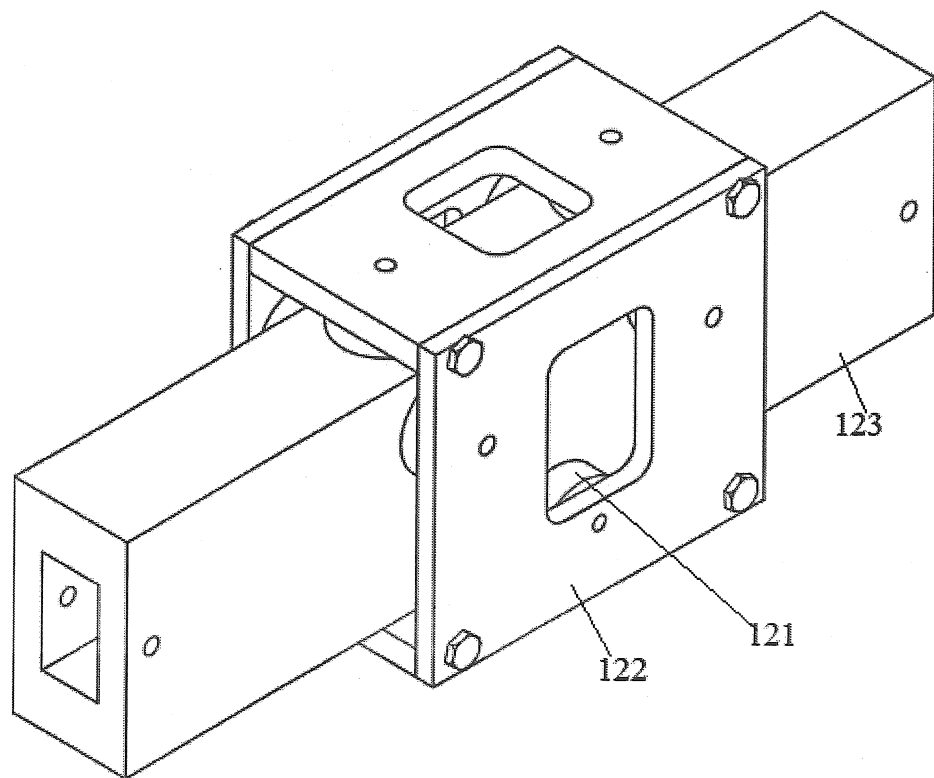
HÌNH 5



HÌNH 6



HÌNH 7



HÌNH 8