



(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)



1-0028136

(51)⁷ F41G 1/00; G02B 23/00

(13) B

(21) 1-2018-05912

(22) 25/12/2018

(45) 25/04/2021 397

(43) 27/05/2019 374A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân Đội (VN)

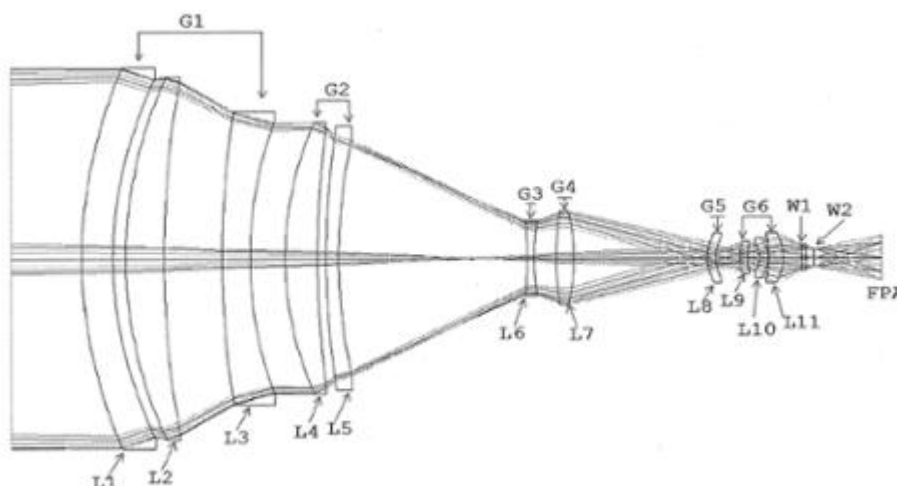
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội.

(72) ĐẶNG XUÂN DU (VN); QUẾ ĐẠI CƯỜNG (VN); HOÀNG MINH ANH (VN);
VŨ VĂN TUẤN (VN); VŨ THÀNH ĐẠT (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) ỐNG KÍNH HỒNG NGOẠI SÓNG TRUNG ZOOM LIÊN TỤC TỈ SỐ ZOOM LỚN

(57) Sáng chế đề xuất một ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục, tỉ số zoom lớn, trong đó cấu trúc ống kính bao gồm: cụm mở rộng phía ngoài cùng, cụm thấu kính cố định hội tụ tia sáng song song tới, ba cụm thấu kính dịch chuyển để thay đổi tiêu cự và tạo ảnh trung gian, cụm thấu kính dịch chuyển thứ tư (cụm chuyển tiếp (relay)) phía sau cùng. Sáng chế làm việc trong dải sóng hồng ngoại trung 3-5 μm (MWIR). Ống kính có khả năng zoom liên tục hay tiêu cự thay đổi một cách liên tục trong một dải tiêu cự với tỉ số zoom lớn lên tới hai mươi lần, sử dụng kết hợp với cảm biến được làm lạnh cho khả năng tạo ảnh hồng ngoại rõ nét tại tất cả các trường nhìn khác nhau.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập hệ thống quang học với kết cấu đặc biệt và độ phóng đại thay đổi, thuộc lĩnh vực quang điện tử. Cụ thể, sáng chế đề xuất ống kính quang học hồng ngoại phóng to - thu nhỏ (zoom) liên tục, tỉ số zoom lớn, làm việc trong dải sóng hồng ngoại trung 3-5 μ m (MWIR). Ống kính có khả năng zoom liên tục hay tiêu cự thay đổi một cách liên tục trong một dải tiêu cự tuyên bố.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trước đây, các hệ ống kính quang học hồng ngoại hai trường nhìn, ba trường nhìn hay các hệ ống kính hồng ngoại có số trường nhìn hữu hạn thường được sử dụng trong các thiết bị an ninh, quân sự phục vụ việc quan sát, giám sát, theo dõi, bắt bám đối tượng. Tuy nhiên những hệ thống này đều có một tính chất chung là trường nhìn bị ngắt quãng, việc chuyển dịch giữa các trường nhìn thường gây ra một khoảng thời gian mờ ảnh dẫn tới mất dấu đối tượng, mục tiêu cần theo dõi, bắt bám. Để khắc phục nhược điểm lớn này, loại ống kính quang học zoom liên tục đã được nghiên cứu, thiết kế, đảm bảo tính chất liên tục của trường nhìn.

Trong những năm gần đây, các hệ ống kính quang học hồng ngoại zoom liên tục làm việc trong dải bước sóng trung đã được ưu tiên sử dụng nhiều hơn trong các thiết bị quan sát, giám sát đa năng, đa nhiệm tiên tiến so với các ống kính zoom liên tục làm việc ở dải bước sóng dài nhờ các ưu điểm vượt trội về cự ly phát hiện, nhận dạng đối tượng. Đồng thời, loại ống kính này vẫn duy trì khả năng làm việc tốt trong các điều kiện môi trường bị hạn chế tầm nhìn như có sương mù, khói, trong điều kiện ánh sáng ban ngày hay ban đêm.

Hiện nay, để đáp ứng nhu cầu cho việc nhìn xa hơn song vẫn duy trì khả năng bao quát rộng, bài toán thiết kế ống kính zoom liên tục nhưng đồng thời phải có tỉ số zoom lớn được đặt ra. Mặt khác, để tích hợp được trong các thiết bị đòi hỏi tính gọn nhẹ, độ linh hoạt cao như các đài quan sát quang điện tử hay gimbal để đặt trên các thiết bị di động hoặc máy bay không người lái thì các thiết kế ống kính này cũng cần

phải gọn, nhẹ. Bên cạnh đó, thiết kế ống kính cần có cấu trúc hợp lý và sử dụng các vật liệu thích hợp sao cho hiệu quả về mặt giá thành. Tất cả những yêu cầu được đề cập trên đã làm gia tăng mức độ khó khăn của việc thiết kế ống kính hồng ngoại zoom liên tục có tỉ số zoom lớn và đa phần các sáng chế hiện nay về loại ống kính này chưa đáp ứng được đồng thời những tiêu chí kể trên.

Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục, tỉ số zoom lớn thường sử dụng kết hợp với một cảm biến được làm lạnh tới khoảng -190°C , có giá trị NETD thấp khoảng 15 mK cho phép tạo ảnh hồng ngoại rõ nét các đối tượng ở cách xa vài chục kilomet. Tuy nhiên, hệ thống ống kính – cảm biến này lại đối mặt với một vấn đề khác đó là hiệu ứng Narcissus gây bởi sự khác biệt rất lớn về nhiệt độ của thân vỏ ống kính và cảm biến. Sự khác biệt này được phản xạ bởi các bề mặt thấu kính đi vào cảm biến tạo ra một bức ảnh nhiệt không đồng đều, từ đó dẫn đến làm sai lệch tín hiệu, nội dung thông tin thực các đối tượng trong trường nhìn. Hiệu ứng narcissus là một vấn đề khá nghiêm trọng và yêu cầu đặt ra là phải giảm thiểu hiệu ứng ngay từ khâu thiết kế ống kính. Đây là một thách thức lớn và rất khó đạt được, đặc biệt trong các hệ ống kính zoom liên tục.

Thiết kế ống kính quang học hồng ngoại zoom liên tục từ tính toán đầu vào các nghiệm cận thực đến tối ưu hệ thống là một quá trình phức tạp, tốn nhiều thời gian, công sức, với phương pháp thử, sai và sửa cổ điển. Với sự phát triển của các công cụ phần mềm, hỗ trợ việc tính toán, thiết kế đã giúp giảm đáng kể thời gian tính toán, nâng cao tính chính xác, tìm được hệ cơ sở có phẩm chất tốt. Các phương pháp nổi bật và hiệu quả hiện nay là tìm nghiệm cận thực sử dụng thuật toán Gen hay tìm kiếm, phân tích và lựa chọn nghiệm cận thực thông qua việc xây dựng công cụ tính toán trên matlab.

Để khắc phục những nhược điểm nêu trên, sáng chế đề xuất cơ cấu ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn. Ống kính được thiết kế đạt tỉ số zoom lớn lên tới hai mươi lần, sử dụng kết hợp với cảm biến được làm lạnh cho khả năng tạo ảnh hồng ngoại rõ nét các đối tượng tại tất cả các trường nhìn khác nhau.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục, tỉ số zoom lớn. Thiết kế ống kính sử dụng cụm chuyển tiếp (relay) quang học, giúp đường kính các thấu kính không quá to, đồng thời công nghệ bề mặt phi cầu, công nghệ bề mặt lai (hybrid) phi cầu - nhiều xạ cũng được ứng dụng giúp tối ưu chất lượng quang học, giảm số lượng phần tử thấu kính, qua đó đảm bảo tính gọn, nhẹ. Hiệu ứng narcissus do sử dụng kết hợp với cảm biến làm lạnh được giảm thiểu thông qua việc chủ động đánh giá, lựa chọn và tối ưu tính chất phản xạ của một số bề mặt quang học.

Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn bao gồm sáu cụm thấu kính chính:

Cụm thấu kính mở rộng bao gồm ba phần tử thấu kính, có phân bố độ tụ “- + -” thực hiện mở rộng đường kính chùm sáng, tăng dải giá trị tiêu cự của ống kính;

Cụm thấu kính hội tụ cố định bao gồm hai phần tử thấu kính, trong đó thấu kính thứ nhất của cụm có độ tụ dương, sử dụng vật liệu Si-li-con, cả hai bề mặt của thấu kính có biên dạng cầu, mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng vật; thấu kính thứ hai có độ tụ âm, làm từ vật liệu Ge, một mặt của thấu kính là mặt cầu, mặt còn lại có biên dạng phi cầu;

Cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất là một thấu kính đơn Ge, có độ tụ âm, gồm hai mặt lõm, hai mặt của thấu kính có biên dạng phi cầu và cầu;

Cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai là một thấu kính đơn ZnSe, cấu tạo gồm hai mặt lồi, cả hai bề mặt có biên dạng phi cầu;

Cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba là một thấu kính đơn Ge, có độ tụ dương, một mặt có biên dạng phi cầu, mặt còn lại áp dụng công nghệ bề mặt phi cầu – nhiều xạ kết hợp;

Cụm chuyển tiếp (relay) gồm ba phần tử thấu kính với phân bố độ tụ “+ - +”, cụm được tối ưu dịch chuyển trong phạm vi nhỏ.

Hơn nữa, theo phương án thực hiện sáng chế, ba phần tử thấu kính thuộc cụm thấu kính mở rộng lần lượt là:

Thấu kính đầu tiên phía trước có độ tụ âm, làm từ vật liệu Ge, cấu tạo một mặt cầu lồi và một mặt phi cầu dạng lõm, bề mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng vật;

Thấu kính liền sau thứ hai có độ tụ dương, làm từ vật liệu Si-li-con, hai bề mặt của thấu kính có biên dạng cầu;

Thấu kính thứ ba của cụm mở rộng có độ tụ âm, cấu tạo từ vật liệu Si-li-con với hai bề mặt biên dạng cầu.

Hơn nữa, theo phương án thực hiện sáng chế, đường kính của thấu kính thứ nhất trong cụm thấu kính hội tụ cố định có giá trị tương đương với đường kính đồng tử vào tại trường nhìn hẹp của ống kính.

Hơn nữa, theo phương án thực hiện sáng chế ba phần tử thấu kính thuộc cụm chuyển tiếp (relay) lần lượt là:

Thấu kính dương thứ nhất làm từ Ge, có bề mặt lồi với biên dạng phi cầu, mặt lõm là biên dạng cầu;

Thấu kính âm thứ hai làm từ Ge, gồm mặt biên dạng phi cầu và mặt biên dạng phi cầu – nhiễu xạ;

Thấu kính dương thứ ba làm từ vật liệu Si-li-con, hai mặt lần lượt là mặt cầu lõm mặt và mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng ảnh.

Hơn nữa, theo phương án thực hiện sáng chế, sự thay đổi vị trí đồng thời của cụm thấu kính mở rộng, cụm thấu kính hội tụ cố định và cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất dẫn tới sự thay đổi tiêu cự ống kính với giới hạn như sau:

Ống kính đạt tiêu cự nhỏ nhất bằng 21mm, trường nhìn bao quát 38,34° khi cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất và cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai dịch chuyển tới vị trí xa nhau nhất, đồng thời cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba dịch chuyển tới vị trí gần cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai nhất;

Ống kính đạt tiêu cự lớn nhất bằng 420mm, trường nhìn 1,67° khi cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất và thấu kính dịch chuyển thứ hai dịch chuyển tới vị trí gần nhau nhất, đồng thời cụm thấu kính dịch.

Hơn nữa, theo phương án thực hiện sáng chế, ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn, bề mặt phi cầu của các thấu kính bất kỳ thuộc hệ cơ cấu được xác định thỏa mãn:

$$z = \frac{\frac{1}{R}y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\frac{1}{R^2}y^2}} + \sum_{i=1}^n A_{2i}y^{2i}$$

Với R là bán kính cong của mặt phi cầu, y là chiều cao dọc trục tính từ trục quang, k là hằng số conic của mặt phi cầu, A_{2i} lần lượt là các hệ số phi cầu bậc chẵn 2, 4, 6, 8, 10, 12...

Đồng thời các mặt nhiễu xạ sử dụng trong thiết kế được mô tả theo khai triển đa thức sau:

$$\Phi = M \sum_{i=1}^n A_i \rho^{2i}$$

Trong đó:

Φ là pha được cộng thêm vào tia sáng tại tọa độ được xác định bởi ρ ,

A_i là các hệ số của đa thức được tối ưu trong quá trình thiết kế,

ρ là tọa độ chuẩn hóa tại bề mặt nhiễu xạ.

Theo cấu trúc này, ống kính được tối ưu để thu thập các tia hồng ngoại trong dải bước sóng 3-5 μm , bức xạ tới từ các đối tượng nằm trong trường nhìn và hội tụ chúng lên trên bề mặt cảm biến, tạo ảnh hồng ngoại rõ nét các đối tượng đó.

Theo cấu trúc này, ống kính được tối ưu để thực hiện chức năng zoom liên tục, tỉ số zoom lớn (20 lần), tính chất rõ nét của ảnh hồng ngoại được duy trì trong suốt quá trình zoom.

Theo cấu trúc này, ống kính sử dụng cụm mở rộng để thay đổi đường kính của chùm tia bức xạ tới, qua đó giúp ống kính đạt được dải tiêu cự có giá trị lớn hơn, đồng thời dải giá trị này có thể thay đổi một cách linh hoạt.

Theo cấu trúc này, cụm thấu kính cố định nằm ngay sau cụm mở rộng được tối ưu đạt kích thước chuẩn, đảm nhận chức năng hội tụ chùm tia bức xạ tới. Tiếp đó là ba cụm thấu kính dịch chuyển để thay đổi tiêu cự, tạo ảnh trung gian được cấu tạo theo nguyên tắc “- + +” về độ tụ.

Theo cấu trúc này, một cụm thấu kính dịch chuyển thứ tư được sử dụng để khuếch đại ảnh trung gian tạo bởi các cụm thấu kính phía trước, tạo ảnh thực trên mặt phẳng cảm biến. Sự dịch chuyển của cụm này đảm bảo khả năng hoạt động tốt của ống kính trong dải nhiệt độ rộng -20°C ~ 60°C, khả năng quan sát đối tượng từ 10m đến vô cùng tại trường nhìn rộng, từ 100m đến vô cùng tại trường nhìn hẹp.

Sáng chế ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục, tỉ số zoom lớn được tối ưu, trong đó đường kính của thấu kính đầu tiên trong cụm thấu kính hội tụ cố định có giá trị tương đương với đường kính đồng tử vào tại trường nhìn hẹp của ống kính. Các thành phần vật liệu sử dụng trong thiết kế là các loại vật liệu hồng ngoại phổ biến bao gồm Ge, ZnSe, Si-li-con. Các công nghệ bề mặt phức tạp chỉ áp dụng trên thấu kính làm từ vật liệu dễ gia công như Ge, ZnSe. Tất cả những ràng buộc trên được tuân thủ chặt chẽ, giúp ống kính được tối ưu trên cả phương giá thành.

Sáng chế ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn được thiết kế để thỏa mãn điều kiện về giá trị tiêu cự các cụm thấu kính trong hệ cơ sở được định nghĩa theo biểu thức sau:

$$\begin{cases} 50 \leq f_1 \leq 120 \\ -60 \leq f_2 \leq -10 \\ 15 \leq f_3 \leq 60 \\ 100 \leq f_4 \leq 300 \end{cases}$$

Trong đó:

f_1 (mm) là tiêu cự của cụm thấu kính hội tụ cố định,

f_2 (mm) là tiêu cự cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất,

f_3 (mm) là tiêu cự cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai,

f_4 (mm) là tiêu cự cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình minh họa cấu trúc hệ quang của ống kính;

Hình 2 là hình vẽ cấu trúc quang học ống kính tiêu cự lớn nhất;

Hình 3 là hình vẽ minh họa kích thước điểm ảnh hội tụ trên mặt phẳng cảm biến tại trường nhìn hẹp;

Hình 4 là hình ảnh đồ thị hàm MTF của ống kính tại trường hẹp;

Hình 5 là cấu trúc quang học ống kính tiêu cự nhỏ nhất;

Hình 6 là kích thước điểm ảnh hội tụ trên mặt phẳng cảm biến tại trường nhìn rộng;

Hình 7 là hình ảnh đồ thị hàm MTF của ống kính tại trường rộng;

Hình 8 là hình ảnh đồ thị Seidel thể hiện sự phân bố quang sai trên các bề mặt thấu kính.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu Hình 1, ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn bao gồm sáu cụm thấu kính chính, trong đó, theo chiều từ mặt phẳng vật tới mặt phẳng ảnh, ống kính bao gồm: cụm thấu kính mở rộng phía ngoài cùng G1 gần đối tượng quan sát nhất, cụm thấu kính hội tụ cố định G2, cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất G3, cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai G4, cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba G5, cụm thấu kính dịch chuyển thứ tư hay còn gọi là cụm chuyển tiếp (relay) G6 phía sau cùng, ngay trước mặt phẳng ảnh (FPA).

Tham chiếu Hình 1 và Hình 2, cụm thấu kính mở rộng phía ngoài cùng G1 bao gồm ba phần tử thấu kính, trong đó thấu kính đầu tiên phía trước L1 có độ tụ âm, làm từ vật liệu Ge, cấu tạo một mặt cầu lõm S1 và một mặt phi cầu dạng lõm S2, bề mặt cầu lõm hướng về phía mặt phẳng vật. Thấu kính liền sau thứ hai L2 có độ tụ dương, làm từ vật liệu Si-li-con, hai bề mặt S3, S4 của thấu kính có biên dạng cầu. Thấu kính thứ ba L3 của cụm mở rộng có độ tụ âm, cấu tạo từ vật liệu Si-li-con với hai bề mặt biên dạng cầu S5, S6. Cụm thấu kính mở rộng có phân bố độ tụ “- + -” thực hiện chức năng mở rộng đường kính chùm sáng thu nhận bởi ống kính, tăng dải giá trị tiêu cự của ống kính. Cụ thể, theo cấu trúc này cụm mở rộng có thể mở rộng đường kính chùm tia tới ống kính từ 1,4 lần đến 2,5 lần, qua đó dải giá trị tiêu cự của ống kính được thay đổi linh hoạt tương ứng nhỏ nhất đạt 21 - 420mm đến lớn nhất là 37,5 - 750mm.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, cụm thấu kính hội tụ cố định G2 bao gồm hai phần tử thấu kính. Thấu kính thứ nhất L4 của cụm có độ tụ dương, sử dụng vật liệu Si-li-con, cả hai bề mặt của thấu kính S7, S8 có biên dạng cầu, mặt cầu lõm S7 hướng về phía mặt phẳng vật. Thấu kính thứ hai L5 có độ tụ âm, làm từ vật liệu Ge, mặt S9 của thấu kính là mặt cầu, mặt S10 có biên dạng phi cầu.

Đường kính của thấu kính thứ nhất L4 trong cụm thấu kính hội tụ cố định G2 có giá trị tương đương với đường kính đồng tử vào tại trường nhìn hẹp của ống kính.

Tham chiếu Hình 8, sự kết hợp vật liệu giữa Si-li-con mang độ tụ dương và Ger mang độ tụ âm, công nghệ bề mặt phi cầu trên S10 giúp cho cụm G2 thực hiện tốt chức năng cân bằng quang sai cầu, coma, loạn thị và một phần quang sai sắc.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, các cụm thấu kính G3, G4, G5 là các cụm thấu kính dịch chuyển đồng thời và tương đối với nhau để thực hiện chức năng thay đổi tiêu cự và tạo ảnh trung gian. Cụm G3 là một thấu kính đơn Ge L6, có độ tụ âm, gồm hai mặt lõm, mặt S11 của thấu kính có biên dạng phi cầu, S12 có biên dạng cầu. Cụm G4 là một thấu kính đơn ZnSe L7, cấu tạo gồm hai mặt lồi S13, S14, cả hai bề mặt có biên dạng phi cầu. Cụm G5 là một thấu kính đơn Ge L8, có độ tụ dương, mặt S13 có biên dạng phi cầu, mặt S14 áp dụng công nghệ bề mặt phi cầu – nhiễu xạ kết hợp giúp tối ưu quang sai của ống kính đặc biệt là quang sai sắc.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, cụm thấu kính dịch chuyển phía sau cùng G6 bao gồm 3 phần tử thấu kính với phân bố độ tụ “+ - +”. Thấu kính dương thứ nhất L9 làm từ Ge, có bề mặt lồi S17 với biên dạng phi cầu, mặt lõm S18 là biên dạng cầu. Thấu kính âm thứ hai L10 làm từ Ge, gồm mặt S19 biên dạng phi cầu, S20 biên dạng phi cầu – nhiễu xạ. Thấu kính dương thứ ba L11 làm từ vật liệu Si-li-con, mặt cầu lõm S21, mặt S22 là mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng ảnh. Theo cấu trúc này, cụm thấu kính G6 được thiết kế để thực hiện chức năng khuếch đại ảnh trung gian từ 1,5 lần tới 3,0 lần phụ thuộc vào kích thước ảnh trung gian tạo bởi các cụm thấu kính phía trước sao cho ảnh sau khi được khuếch đại choán toàn bộ mặt phẳng cảm biến. Đồng thời cụm G6 được tối ưu dịch chuyển trong một phạm vi nhỏ sao cho các chùm tia hồng ngoại luôn hội tụ tại mặt phẳng cảm biến trong các trường hợp nhiệt độ làm việc của ống kính thay đổi trong dải rộng $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$, hay khoảng cách tới đối tượng thay đổi từ 10m đến vô cùng tại trường nhìn rộng, từ 100m đến vô cùng tại trường nhìn hẹp.

Theo cấu trúc này, tham chiếu Hình 3, Hình 4, Hình 6, Hình 7 ống kính được tối ưu để thu thập các tia hồng ngoại trong dải bước sóng $3-5\mu\text{m}$ bức xạ tới từ các đối tượng nằm trong trường nhìn và hội tụ chúng lên trên bề mặt cảm biến, tạo ảnh hồng ngoại rõ nét các đối tượng đó.

Theo cấu trúc này, ống kính được tối ưu để thực hiện chức năng zoom liên tục, tỉ số zoom lớn (hai mươi lần), tính chất rõ nét của ảnh hồng ngoại được duy trì trong suốt quá trình zoom.

Tham chiếu vào Hình 2 và Hình 5, sự thay đổi vị trí đồng thời của cụm G3, G4, G5 dọc theo trục quang học, dẫn tới sự thay đổi tiêu cự ống kính. Ví dụ, khi cụm mở rộng được thiết kế để mở rộng đường kính chùm tia tới ống kính lên 1,4 lần, khi đó cụm G3 và G4 dịch chuyển tới vị trí xa nhau nhất, đồng thời cụm G5 dịch chuyển tới vị trí gần cụm G4 nhất, khi đó ống kính đạt giá trị tiêu cự nhỏ nhất là 21mm hay trường nhìn bao quát rộng tới 38,34°. Ngược lại khi cụm G3 và G4 dịch chuyển tới vị trí gần nhau nhất, đồng thời cụm G5 dịch chuyển tới vị trí xa cụm G4 nhất, khi đó ống kính đạt giá trị tiêu cự lớn nhất là c hay trường nhìn hẹp 1,67° cho khả năng quan sát ở cự ly lớn nhất.

Sáng chế ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn được thiết kế để thỏa mãn điều kiện về giá trị tiêu cự các cụm thấu kính trong hệ cơ sở được định nghĩa theo biểu thức sau:

$$\begin{cases} 50 \leq f_1 \leq 120 \\ -60 \leq f_2 \leq -10 \\ 15 \leq f_3 \leq 60 \\ 100 \leq f_4 \leq 300 \end{cases}$$

Trong đó:

f_1 (mm) là tiêu cự của cụm thấu kính hội tụ cố định,

f_2 (mm) là tiêu cự cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất,

f_3 (mm) là tiêu cự cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai,

f_4 (mm) là tiêu cự cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba.

Hơn nữa, theo phương án thực hiện sáng chế, ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn, bề mặt phi cầu của các thấu kính bất kỳ thuộc hệ cơ cấu được xác định thỏa mãn:

$$z = \frac{\frac{1}{R} y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \frac{1}{R^2} y^2}} + \sum_{i=1}^n A_{2i} y^{2i}$$

với R là bán kính cong của mặt phi cầu, y là chiều cao dọc trục tính từ trục quang, k là hằng số cô-nic của mặt phi cầu, A_{2i} lần lượt là các hệ số phi cầu bậc chẵn 2, 4, 6, 8, 10, 12... Bảng dưới liệt kê các thông số phi cầu của một số bề mặt thấu kính sử dụng trong thiết kế với các giá trị X, Y, Z thuộc các khoảng sau:

$$3 \cdot 10^{-7} \leq X \leq 3 \cdot 10^{-5}$$

$$5 \cdot 10^{-12} \leq Y \leq 5 \cdot 10^{-11}$$

$$-1 \cdot 10^{-5} \leq Z \leq -1 \cdot 10^{-7}$$

Bảng 1

Bề mặt	Cô-nic k	A4	A6	A8	A10
2	0,11	-8,19E-09	-5,88E-13	-9,52E-17	0,00E+00
10		3,38E-08	2,95E-12	2,03E-15	0,00E+00
11		X	-6,57E-09	5,50E-11	-1,65E-13
13		-3,26E-06	-6,10E-09	Y	6,96E-14
14		2,57E-06	-9,03E-09	1,24E-11	6,29E-14
15		-1,29E-05	-6,19E-07	0,00E+00	0,00E+00
16		-2,06E-05	Z	2,31E-09	3,12E-11
17		-6,84E-05	3,03E-06	-1,75E-07	2,64E-09
19		-8,96E-04	-4,51E-06	2,44E-07	1,95E-08
20			2,79E-06	6,38E-08	4,69E-10

Các mặt nhiễu xạ sử dụng trong thiết kế được mô tả theo khai triển đa thức sau:

$$\Phi = M \sum_{i=1}^n A_i \rho^{2i}$$

Trong đó:

Φ là pha được cộng thêm vào tia sáng tại tọa độ được xác định bởi ρ ,

A_i là các hệ số của đa thức được tối ưu trong quá trình thiết kế,

ρ là tọa độ chuẩn hóa tại bề mặt nhiễu xạ.

Bảng dưới liệt kê các hệ số nhiễu xạ đã được tối ưu tại bề mặt S16 và S20,

Bảng 2

	S16	S20
A_1	-55,075	-40,12
A_2	4,74	4,064

Theo một phương án thực hiện sáng chế, ví dụ sau đây cung cấp một bảng các thông số chi tiết cấu hình ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục với tỷ số zoom lớn. Ví dụ chỉ nhằm mục đích minh họa nội dung sáng chế mà không áp đặt bất cứ giới hạn nào đối với phạm vi sáng chế. Cụ thể, với tiêu cực 21-420, F#4,0, thông số chi tiết các thấu kính thành phần của ống kính được thể hiện tại bảng sau đây:

Bảng 3

Stt	Loại bề mặt	Bán kính cong	Độ dày	Vật liệu
1	Mặt cầu	130,04	8,60	Ge
2	Mặt Phi cầu	112,43	3,37	
3	Mặt cầu	116,22	10,70	Si-li-con
4	Mặt cầu	257,47	16,38	
5	Mặt cầu	247,24	7,90	Si-li-con
6	Mặt cầu	104,58	10,00	
7	Mặt cầu	92,22	9,00	Si-li-con
8	Mặt cầu	277,75	2,45	
9	Mặt cầu	238,67	3,50	Ge
10	Mặt Phi cầu	145,83	V1	
11	Mặt Phi cầu	-135,54	2,00	Ge
12	Mặt cầu	56,54	V2	
13	Mặt Phi cầu	63,64	5,00	ZnSe
14	Mặt Phi cầu	-55,46	V3	
15	Mặt Phi cầu	12,80	2,30	Ge
16	Mặt nhiều xạ	11,19	7,00	

17	Mặt Phi cầu	13,00	2,20	Ge
18	Mặt cầu	15,05	3,30	
19	Mặt Phi cầu	-8,00	2,50	Ge
20	Mặt nhiều xạ	-11,06	0,20	
21	Mặt cầu	-30,56	4,00	Si-li-con
22	Mặt cầu	-12,74	5,51	

Trong đó, V1, V2, V3 trong bảng trên là giá trị khoảng cách trục giữa các cụm thấu kính dịch chuyển với nhau và với các cụm thấu kính cố định. Các giá trị này thay đổi khi các cụm thấu kính dịch chuyển theo các rãnh dẫn hướng cố định, dưới đây là giá trị của V1, V2, V3 tại một số trường nhìn của ống kính.

Bảng 4

	WFOV	MFOV	NFOV
V1 (mm)	11,5	48,79	53,00
V2 (mm)	66,598	16,84	6,00
V3 (mm)	9,5	23,42	37,56

Trong sáng chế ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn, nhóm tác giả đã kế thừa các kiến thức, kinh nghiệm thiết kế ống kính quang học, phân tích quang hình học dựa trên các công thức quang học của Gauss, các đa thức mô tả quang sai của Seidel, xây dựng nên phương pháp tìm các nghiệm cận trục bậc một có phẩm chất tốt cho đầu vào của quá trình thiết kế. Trong sáng chế này, nhóm tác giả đã chú ý, phân tích mức độ của hiệu ứng narcissus ngay từ trong quá trình thiết kế quang học ống kính và đưa ra các phương pháp tối ưu để giảm thiểu tác động của hiệu ứng dựa trên nguyên tắc cân bằng giữa chất lượng quang học và mức độ của hiệu ứng. Thiết kế gọn, nhẹ cũng là một tiêu chí quan trọng mà sáng chế đạt được bằng cách sử dụng cấu trúc hệ mở rộng – hệ zoom cơ sở - hệ chuyển tiếp (relay), trong đó hệ mở rộng giúp ống kính đạt được giá trị tiêu cự lớn hơn và có thể tách rời khi không cần thiết, khi đó phần còn lại của hệ vẫn có thể hoạt động độc lập như một ống kính zoom liên tục, hệ chuyển tiếp (relay) giúp tối ưu đường kính của các thấu kính và hội tụ các

tia hồng ngoại lên bề mặt cảm biến đạt 100% hiệu năng. Các thấu kính sử dụng trong thiết kế có kích thước hợp lý, vật liệu sử dụng để chế tạo thấu kính đều là các vật liệu hồng ngoại phổ biến như Ge, ZnSe, hay Si-li-con nên chi phí chế tạo của ống kính đã được tối ưu hiệu quả. Trong sáng chế này, để đạt được tỉ số zoom lớn (hai mươi lần), ống kính sử dụng ba cụm thấu kính dịch chuyển đồng thời giúp thay đổi tiêu cự ống kính trong dải một dải rộng, đồng thời tính chất hội tụ tại mặt phẳng cảm biến được duy trì trong quá trình zoom. Bên cạnh đó, một cụm thấu kính dịch chuyển thứ tư được sử dụng, cho phép chất lượng quang học được duy trì ổn định khi nhiệt độ làm việc thay đổi trong dải -20 đến 60 độ C, và quan sát tốt các đối tượng từ cự ly 10m đến khoảng 20km. Sáng chế ống kính hồng ngoại zoom liên tục tỉ số zoom lớn tương thích đồng thời với các loại cảm biến với hằng số khẩu độ $F/\#4,0$ có số lượng điểm ảnh 640×512 , kích thước điểm ảnh $15\mu\text{m}$ và cảm biến 320×240 điểm ảnh, kích thước điểm ảnh $30\mu\text{m}$.

Mô tả chi tiết về sáng chế này đã được trình bày cụ thể ở trên, tuy nhiên cũng cần hiểu rằng các mô tả được trình bày chỉ đơn thuần là hình mẫu của sáng chế, nó có thể được thể hiện dưới nhiều hình thức khác nhau. Vì thế, các chi tiết về chức năng cụ thể được trình bày ở đây không được hiểu một cách hạn chế, chúng cũng chỉ là cơ sở cho những đề xuất khác.

Yêu cầu bảo hộ

1. Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn bao gồm sáu cụm thấu kính chính, theo chiều từ mặt phẳng vật tới mặt phẳng ảnh:

cụm thấu kính mở rộng bao gồm ba phần tử thấu kính, có phân bố độ tụ “- + -” thực hiện mở rộng đường kính chùm sáng, tăng dải giá trị tiêu cự của ống kính;

cụm thấu kính hội tụ cố định bao gồm hai phần tử thấu kính, trong đó thấu kính thứ nhất của cụm có độ tụ dương, sử dụng vật liệu Si-li-con, cả hai bề mặt của thấu kính có biên dạng cầu, mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng vật; thấu kính thứ hai có độ tụ âm, làm từ vật liệu Ge, một mặt của thấu kính là mặt cầu, mặt còn lại có biên dạng phi cầu;

cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất là một thấu kính đơn Ge, có độ tụ âm, gồm hai mặt lõm, hai mặt của thấu kính có biên dạng phi cầu và cầu;

cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai là một thấu kính đơn ZnSe, cấu tạo gồm hai mặt lồi, cả hai bề mặt có biên dạng phi cầu;

cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba là một thấu kính đơn Ge, có độ tụ dương, một mặt có biên dạng phi cầu, mặt còn lại áp dụng công nghệ bề mặt phi cầu – nhiễu xạ kết hợp;

cụm chuyển tiếp (relay) gồm ba phần tử thấu kính với phân bố độ tụ “+ - +”, cụm được tối ưu dịch chuyển trong phạm vi nhỏ.

2. Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn theo điểm 1, trong đó ba phần tử thấu kính thuộc cụm thấu kính mở rộng lần lượt là:

thấu kính đầu tiên phía trước có độ tụ âm, làm từ vật liệu Ge, cấu tạo một mặt cầu lồi và một mặt phi cầu dạng lõm, bề mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng vật;

thấu kính liền sau thứ hai có độ tụ dương, làm từ vật liệu Si-li-con, hai bề mặt của thấu kính có biên dạng cầu;

thấu kính thứ ba của cụm mở rộng có độ tụ âm, cấu tạo từ vật liệu Si-li-con với hai bề mặt biên dạng cầu.

3. Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn theo các điểm bất kỳ từ điểm 1 đến điểm 2 trong đó ba phần tử thấu kính thuộc cụm chuyển tiếp (relay) lần lượt là:

thấu kính dương thứ nhất làm từ Ge, có bề mặt lồi với biên dạng phi cầu, mặt lõm là biên dạng cầu;

thấu kính âm thứ hai làm từ Ge, gồm mặt biên dạng phi cầu và mặt biên dạng phi cầu – nhiều xạ;

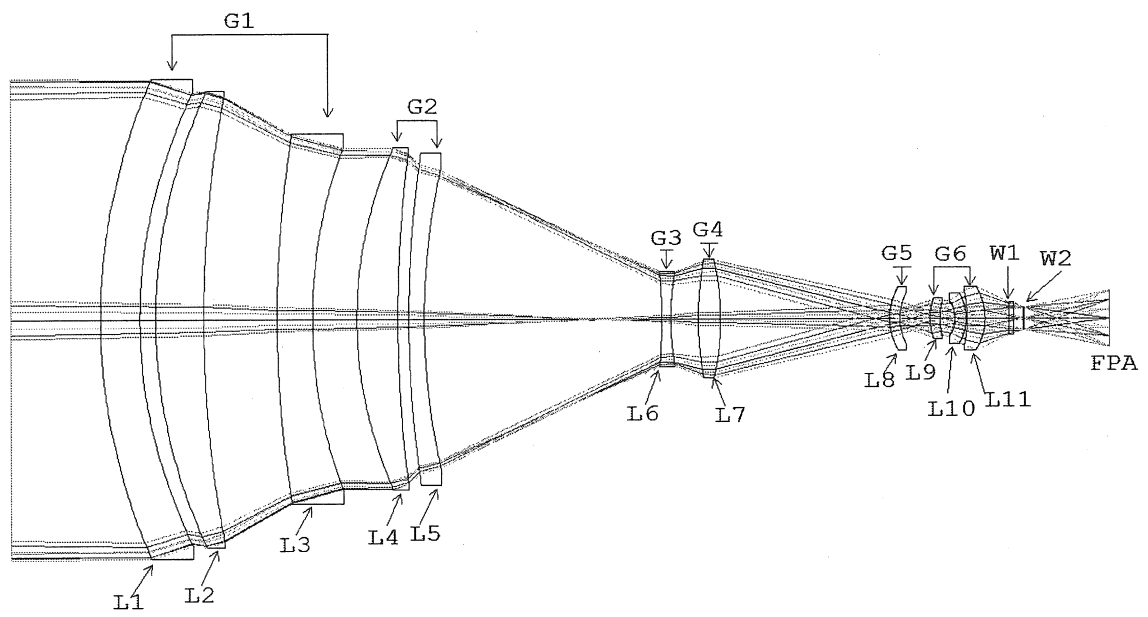
thấu kính dương thứ ba làm từ vật liệu Si-li-con, hai mặt lần lượt là mặt cầu lõm mặt và mặt cầu lồi hướng về phía mặt phẳng ảnh.

4. Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn theo các điểm bất kỳ từ điểm 1 đến điểm 3, sự thay đổi vị trí đồng thời của cụm thấu kính mở rộng, cụm thấu kính hội tụ cố định và cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất dẫn tới sự thay đổi tiêu cự ống kính với giới hạn như sau:

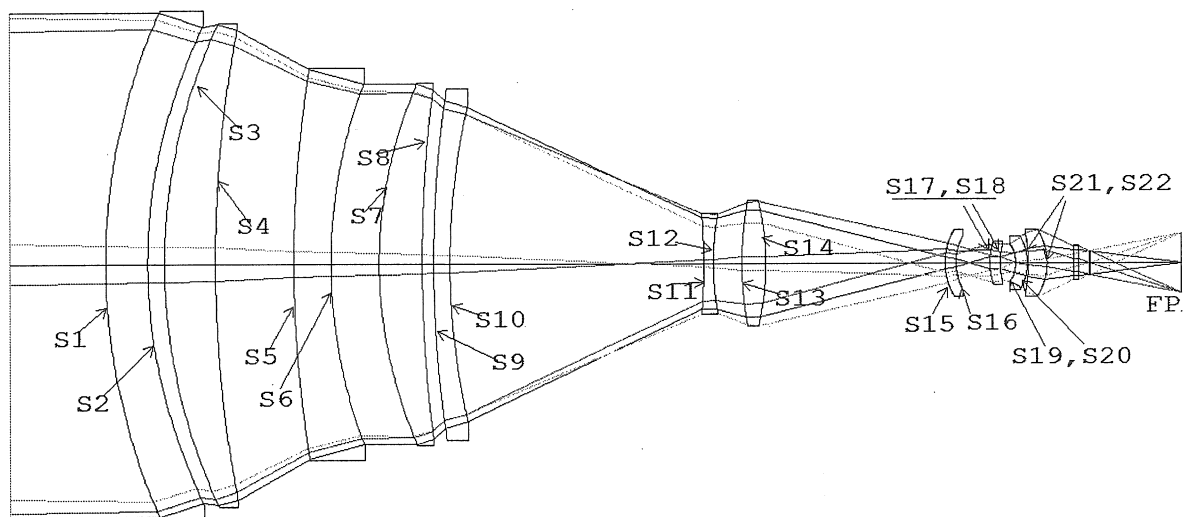
ống kính đạt tiêu cự nhỏ nhất bằng 21mm, trường nhìn bao quát $38,34^\circ$ khi cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất và cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai dịch chuyển tới vị trí xa nhau nhất, đồng thời cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba dịch chuyển tới vị trí gần cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai nhất;

ống kính đạt tiêu cự lớn nhất bằng 420mm, trường nhìn $1,67^\circ$ khi cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất và thấu kính dịch chuyển thứ hai dịch chuyển tới vị trí gần nhau nhất, đồng thời cụm thấu kính dịch chuyển thứ ba dịch chuyển tới vị trí xa cụm thấu kính dịch chuyển thứ hai nhất.

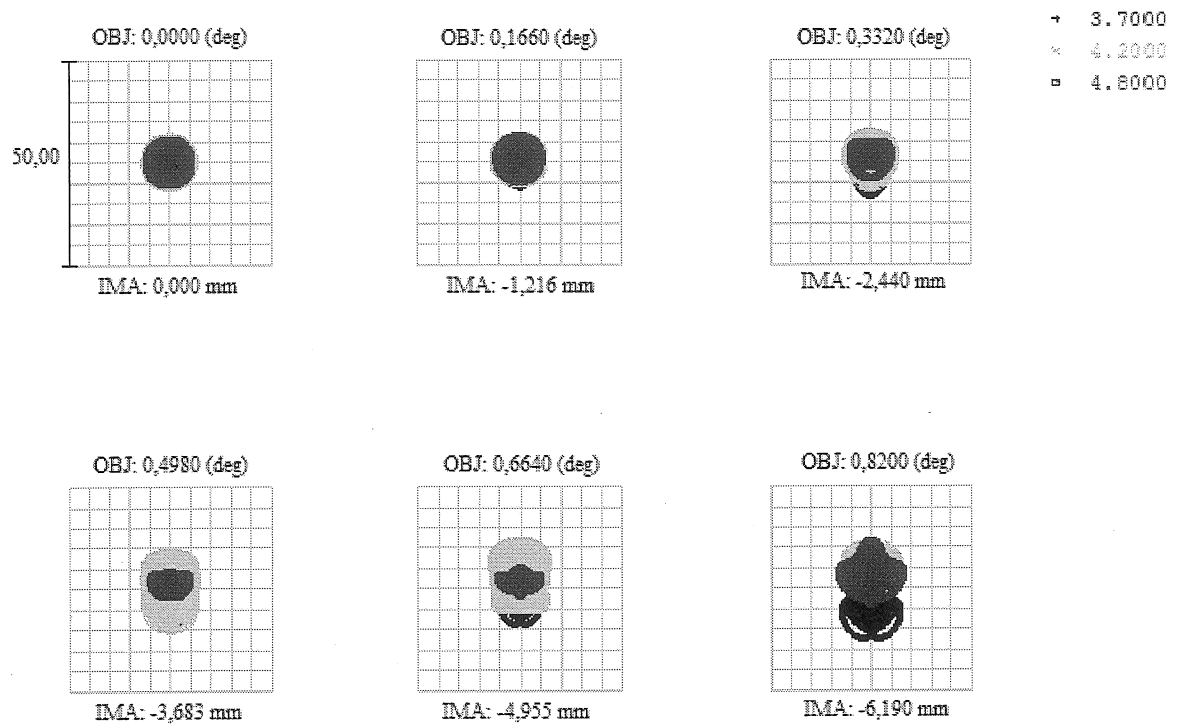
5. Ống kính hồng ngoại sóng trung zoom liên tục tỉ số zoom lớn theo các điểm bất kỳ từ điểm 1 đến điểm 4, theo đó cụm dịch chuyển thứ tư thực hiện chức năng khuếch đại ảnh trung gian và hội tụ trên mặt phẳng cảm biến; đồng thời sự dịch chuyển của cụm này đảm bảo khả năng duy trì tính chất hội tụ của tia hồng ngoại trên mặt phẳng cảm biến khi nhiệt độ làm việc hay khoảng cách tới đối tượng quan sát thay đổi.



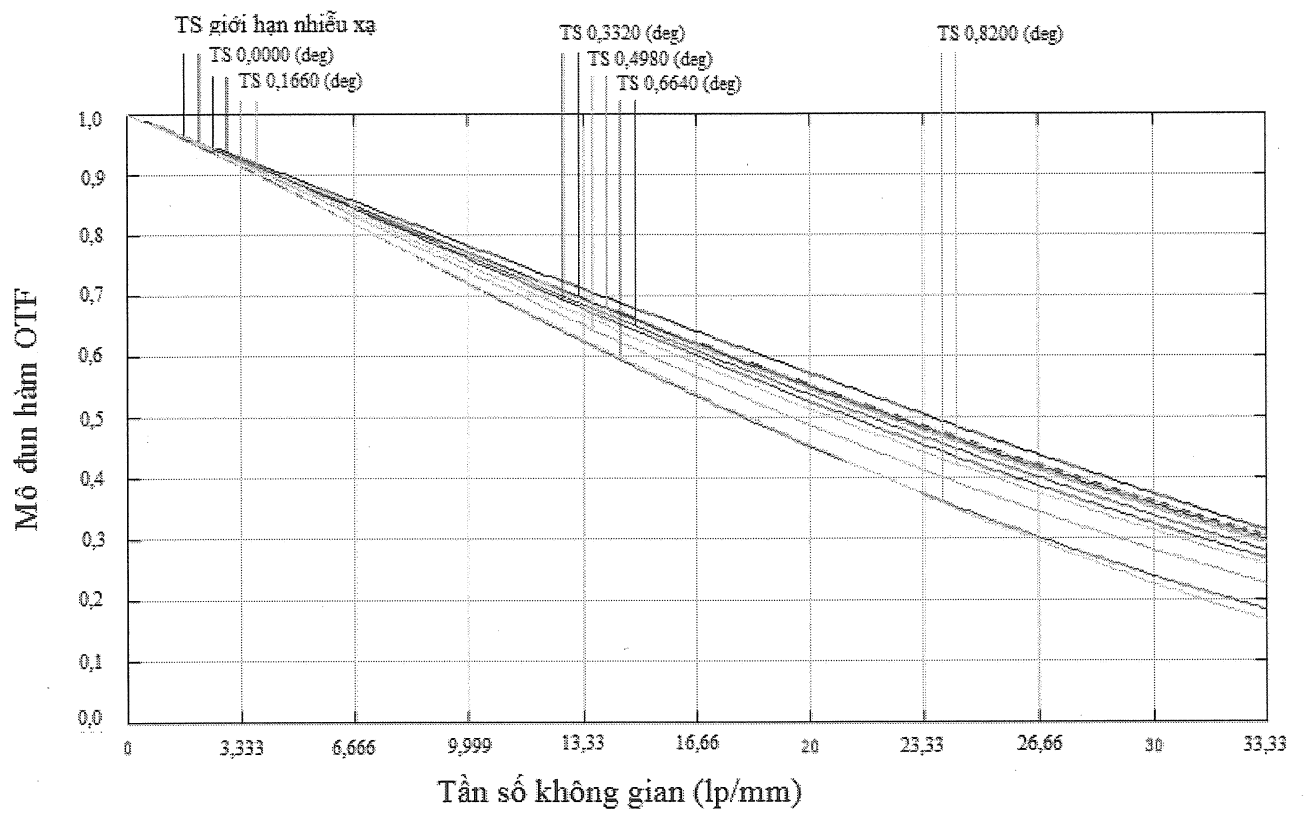
Hình 1



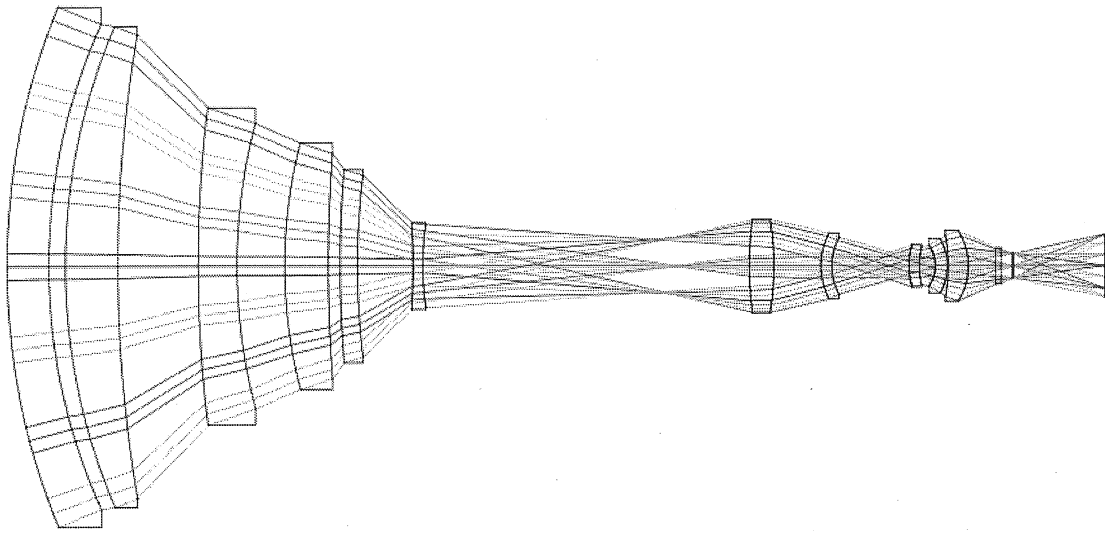
Hình 2



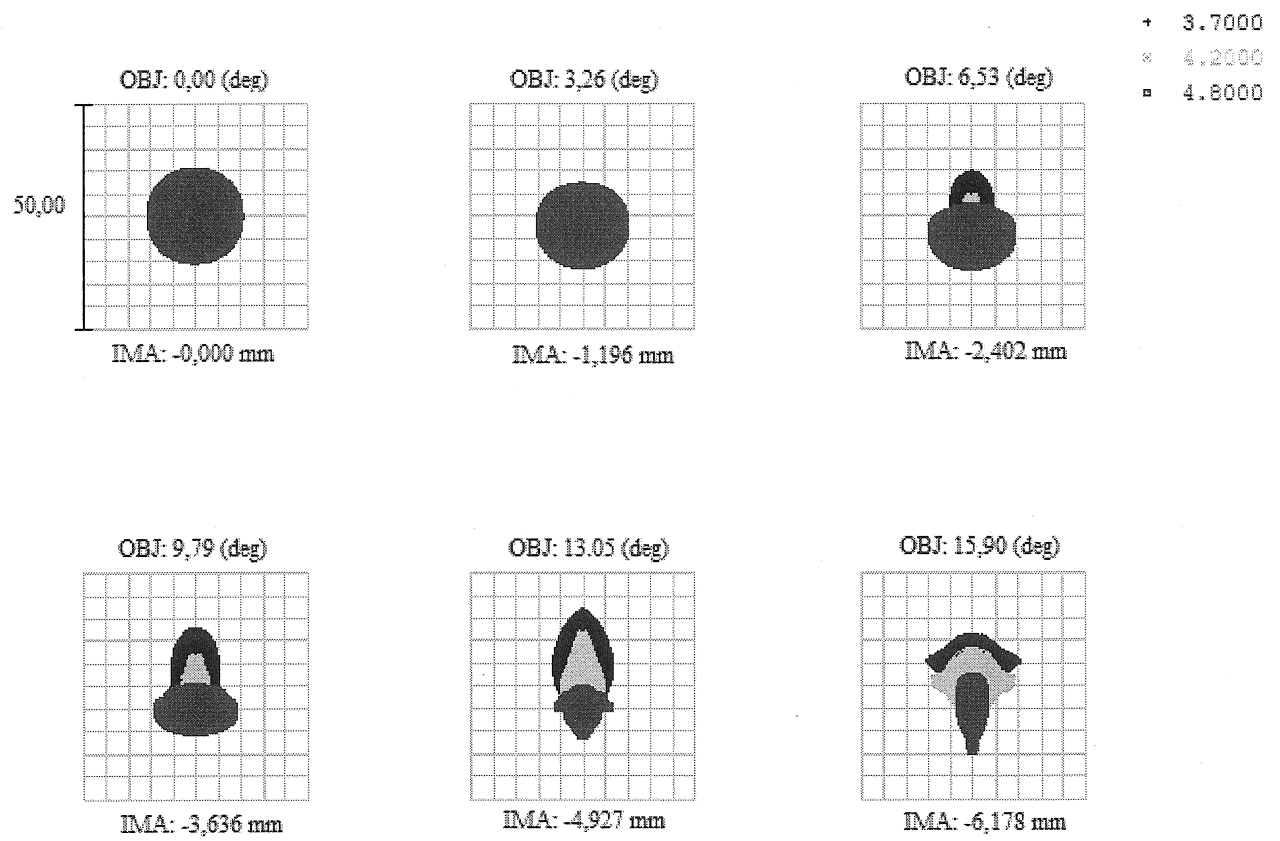
Hình 3



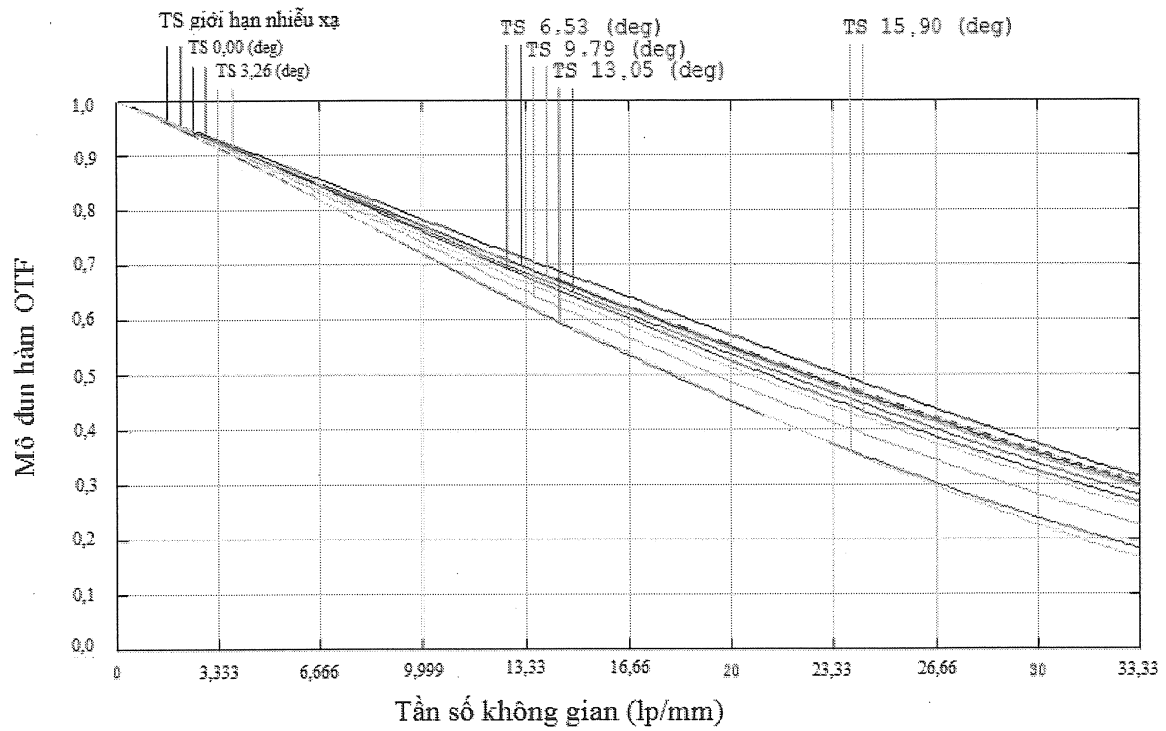
Hình 4



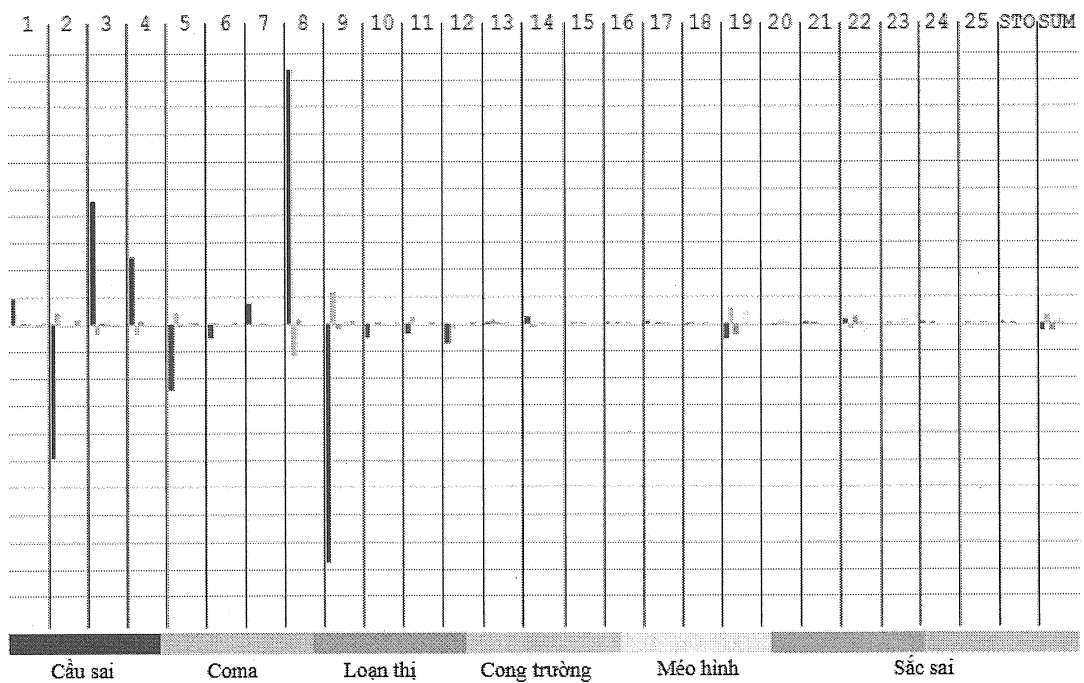
Hình 5



Hình 6



Hình 7



Hình 8