



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

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

(11)



1-0026524

(51)⁷ G02B 17/08

(13) B

(21) 1-2018-03820

(22) 29/08/2018

(45) 25/12/2020 393

(43) 25/12/2018 369A

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

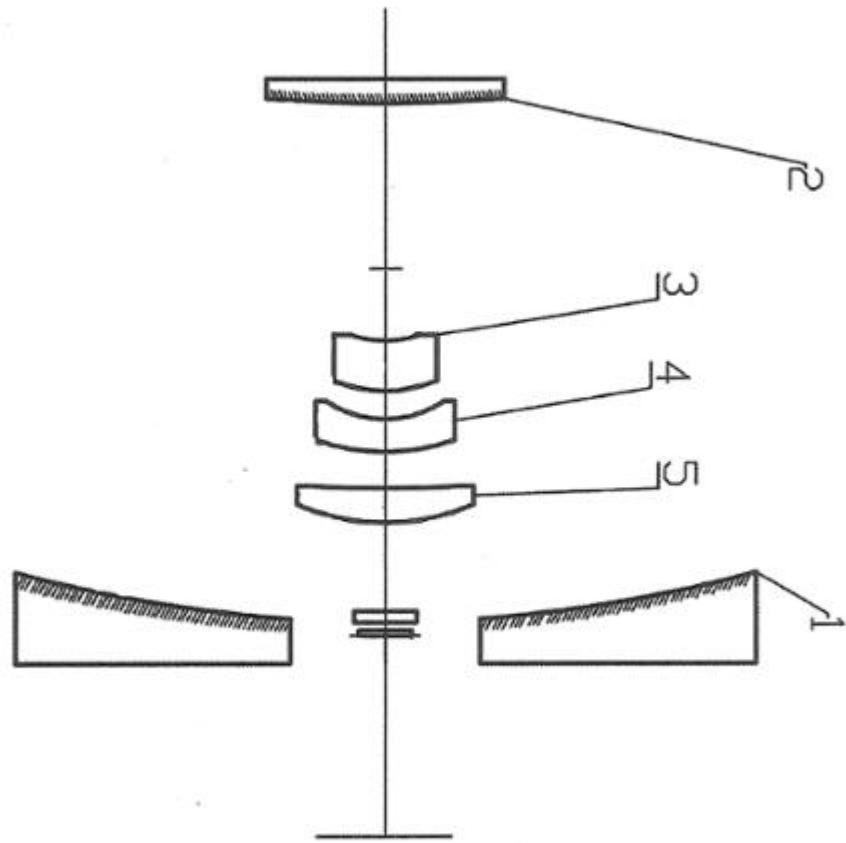
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) TRẦN TIẾN HẢI (VN); TRỊNH QUANG TRUNG (VN); TRẦN DUY NHẬT (VN).

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

(54) HỆ QUANG HỌC GƯƠNG CẦU (CATADIOPTIC) CHO THIẾT BỊ ẢNH NHIỆT SÓNG TRUNG

(57) Sáng chế đề xuất hệ quang học gương cầu (Catadioptric) cho thiết bị ảnh nhiệt sóng trung bao gồm hai cụm thành phần: cụm thứ nhất bao gồm hai gương phản xạ, trong đó biên dạng bề mặt gương thứ nhất là parabo biên dạng bề mặt gương thứ hai là phi cầu; cụm thứ hai là hệ quang học chuyển tiếp (relay) bao gồm ba thấu kính được sắp xếp theo thứ tự sau mặt phẳng ảnh trung gian; có vai trò cố định vị trí đồng tử ra trùng khớp với vị trí cửa sổ lạnh (cold shield) và loại bỏ tối đa quang sai cho ảnh có chất lượng tốt tại mặt phẳng cảm biến.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực quang điện tử và kỹ thuật hồng ngoại. Cụ thể, sáng chế đề xuất hệ quang học hồng ngoại có cấu trúc bao gồm các bề mặt gương và cầu (Catadioptric) được ứng dụng trong thiết bị ảnh nhiệt sóng trung sử dụng cảm biến hồng ngoại làm lạnh có cửa sổ lạnh (cold shield) khẩu độ F#4.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các tài liệu sáng chế đã được công bố, một số công trình có nội dung liên quan thiết kế quang học gương cầu (Catadioptric) cho bức xạ hồng ngoại dải sóng trung. Có thể điểm qua một số tồn tại và hạn chế của các sáng chế đã công bố như sau:

Sáng chế số 4714307 ngày 22/12/1987 của Hoa Kỳ mô tả hệ quang học Gương cầu (Catadioptric) cho dải hồng ngoại lưỡng phổ. Trong nội dung văn bản, tác giả trình bày thiết kế sử dụng hệ gương Các-sê-gờ-rên (Cassegrain) trong đó có 1 phần tử thấu kính phản xạ (Mangin) cho gương số 2 để tối ưu chất lượng ảnh tại mặt phẳng cảm biến. Ưu điểm của sáng chế là sử dụng 3 vật liệu hồng ngoại phổ biến (Ge, ZnS, ZnSe), các bề mặt đều là mặt cầu truyền thống không sử dụng phi cầu nên dễ gia công chế tạo. Tuy nhiên nhược điểm của phát minh là sử dụng nhiều phần tử quang học dẫn đến khó khăn trong việc lắp ráp triển khai. Bên cạnh đó nhiều phần tử quang học làm tăng mức độ suy hao tín hiệu khi đi qua hệ quang, tăng sai số lắp ráp thiết bị.

Sáng chế số 2292066 C1 ngày 20/01/2007 quyền số 2 LB Nga mô tả hệ quang học gương cầu (Catadioptric) có 2 trường nhìn dùng cho dải hồng ngoại có tiêu cự 180mm/225mm. Ưu điểm của sáng chế là hệ quang học 2 trường nhìn linh động trong việc triển khai thiết bị, các mặt cong của phần tử quang học đều là mặt cầu dễ chế tạo. Tuy nhiên nhược điểm của sáng chế là chất lượng của hệ quang học không cao, thiết kế không sử dụng được đối với các cảm biến làm lạnh có cửa sổ lạnh (Cold shield).

Sáng chế số 005802335 ngày 01/09/1998 của Hoa Kỳ mô tả hệ quang học gương cầu (Catadioptric) dùng cho cảm biến làm lạnh. Bản mô tả đề cập đến việc thu được toàn bộ ảnh tại mặt phẳng cảm biến thông qua hệ quang học chuyển tiếp (relay) từ mặt phẳng ảnh trung gian. Tác giả tập trung trình bày ưu điểm của sáng chế với việc kiểm soát mặt phẳng ảnh trung gian và sự trùng khớp của đồng tử ra với của sổ lạnh

(Cold Shield). Tuy nhiên các thông số cũng như chất lượng ảnh của hệ quang tác giả hoàn toàn không đề cập đến.

Để khắc phục những hạn chế trên, sáng chế đề xuất thiết kế hệ quang học gương cầu (Catadioptric) cho dải bức xạ sóng trung với kích thước nhỏ gọn cho hình ảnh chất lượng cao tương thích với cảm biến có kích thước độ phân giải (pixel) $10\mu\text{m}$ và độ phân giải HD.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thiết kế hệ quang học gương cầu (Catadioptric) cho dải bức xạ hồng ngoại sóng trung làm việc tốt với cảm biến ảnh nhiệt làm lạnh hiện đại có kích thước độ phân giải (pixel) $10\mu\text{m}$, độ phân giải HD. Theo đó, hệ quang học có thể thu được chất lượng ảnh cao tại mặt phẳng cảm biến.

Để đạt được mục đích nêu trên, hệ quang học gương cầu (Catadioptric) gồm hai cụm thành phần chính: cụm thứ nhất bao gồm gương thứ nhất 1 và gương thứ hai 2 làm từ vật liệu nhôm (Aluminum) phản xạ tín hiệu từ vô cực và tạo ảnh trung gian trước hệ quang học chuyển tiếp (relay); cụm thứ hai là hệ quang học chuyển tiếp (relay) bao gồm ba thấu kính: thấu kính thứ nhất 3, thấu kính thứ hai 4, thấu kính thứ ba 5. Thấu kính thứ nhất 3 và thấu kính thứ ba 5 được chế tạo từ vật liệu Silicon (Si), thấu kính thứ hai 4 được chế tạo từ vật liệu Magie Florit (MgF_2) có tác dụng loại bỏ quang sai cho ảnh có chất lượng tốt tại mặt phẳng cảm biến. Ngoài ra hệ chuyển tiếp (relay) đóng vai trò quan trọng trong việc cố định vị trí đồng tử ra trùng khớp với vị trí cửa sổ lạnh (cold shield) của cảm biến.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ cấu trúc và ký hiệu các phần tử của hệ quang học nêu trong sáng chế;

Hình 2 là hình vẽ đồ thị hàm MTF (Module Transfer Function);

Hình 3 là hình vẽ kích thước vật sáng (spot size) tại ba trường nhìn;

Hình 4 là hình vẽ đồ thị cong trường và đồ thị méo ảnh tại mặt phẳng cảm biến;

Hình 5 là hình vẽ sơ đồ đường đi của tia sáng khi đi qua hệ quang học.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu hình 1, hình vẽ minh họa các cơ cấu chính của hệ quang học được đề xuất trong sáng chế này. Hệ quang học bao gồm hai cụm thành phần chính:

- Cụm thứ nhất bao gồm gương thứ nhất 1 và gương thứ hai 2 được bố trí sao cho hai mặt phản xạ hướng vào nhau, trong đó gương một được đặt ở vị trí xa môi trường ngoài hơn so với gương hai. Gương thứ nhất 1 và gương thứ hai 2 có độ nhẵn bề mặt đáp ứng hệ số phản xạ $\geq 99\%$, trong đó biên dạng bề mặt gương một là parabol tròn xoay, biên dạng bề mặt gương hai là phi cầu. Vật liệu chế tạo gương có thể lựa chọn bất kỳ đảm bảo đáp ứng hệ số phản xạ, nhưng cho kết quả tốt nhất là nhôm. Cụ thể về cấu tạo chi tiết cụm thứ nhất như sau:

Bề mặt gương thứ nhất 1 thỏa mãn phương trình bề mặt:

$$Z(y) = \frac{y^2}{R \cdot \left[1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot \frac{y^2}{R^2}} \right]} \quad (1)$$

Với: $K = -1$ là hệ số Conic;

$R = -132,74$ là bán kính đỉnh của bề mặt gương.

Bề mặt gương thứ hai 2 thỏa mãn phương trình bề mặt:

$$Z(y) = \frac{y^2}{R \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \frac{y^2}{R^2}} \right]} + A_4 \cdot y^4 + A_6 \cdot y^6 + A_8 \cdot y^8 \quad (2)$$

Với: $R = -134,9$ là bán kính đỉnh của bề mặt gương;

$A_4 = 3,129 \cdot 10^{-6}$; $A_6 = -4,25 \cdot 10^{-9}$; $A_8 = 6,167 \cdot 10^{-12}$ là các hệ số bề mặt.

Các tham số trên phương trình (1) và (2) là kết quả tính toán với mục đích cố định hướng đường đi phản xạ của luồng sáng đi vào hệ quang học.

Cụm thứ nhất thu nhận tín hiệu ở dạng bức xạ hồng ngoại từ vô cực, sau hai lần phản xạ tạo ảnh thực tại mặt phẳng ảnh trung gian với tỉ lệ chấn sáng của gương thứ hai 2 so với gương thứ nhất 1 là:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{20,5}{68} = 0,3 \quad (3)$$

Với tỉ số trên thì mức tín hiệu còn lại sau khi bị suy hao là:

$$\tau = 1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 = 1 - 0,3^2 = 0,91 = 91\% \quad (4)$$

Với sự phụ thuộc tuyến tính vị trí, kích thước mặt phẳng ảnh trung gian đối với tham số bán kính và khoảng cách của gương thứ nhất 1 và gương thứ hai 2, bán kính hai gương phản xạ và khoảng cách hai gương được thiết kế đảm bảo tia sáng hội tụ tại mặt phẳng ảnh trung gian. Do đó, đảm bảo cho hình ảnh thực tại mặt phẳng ảnh trung gian.

- Cụm thứ hai là hệ quang học chuyển tiếp (relay) gồm ba thấu kính: thấu kính thứ nhất 3, thấu kính thứ hai 4, thấu kính thứ ba 5 được sắp xếp theo thứ tự sau mặt phẳng ảnh trung gian. Để điều chỉnh đồng tử ra trùng khớp về vị trí và kích thước với cửa sổ cảm biến làm lạnh (cold shield), hệ quang học được thiết kế để tối ưu vị trí của các thấu kính hệ chuyển tiếp (relay) đảm bảo chỉ tiêu cần phải đáp ứng của cảm biến, đồng thời cũng khử tối đa quang sai để đảm bảo thu được chất lượng hình ảnh tốt.

Cụ thể như sau:

+ Thấu kính thứ nhất 3: có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu silicon (Si), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$. Thấu kính có một mặt cầu và một mặt phi cầu, trong đó mặt cầu lõm có bán kính $R_3 = 9,954$ và một mặt phi cầu có bề mặt thỏa mãn:

$$Z(y) = \frac{y^2}{R \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \frac{y^2}{R^2}} \right]} + A_4 \cdot y^4 + A_6 \cdot y^6 + A_8 \cdot y^8 \quad (5)$$

Với: $R = -11,96$ là bán kính đỉnh của mặt phi cầu;

$A_4 = 9,925 \cdot 10^{-5}$; $A_6 = 1,152 \cdot 10^{-6}$; $A_8 = 4,829 \cdot 10^{-8}$ là các hệ số bề mặt.

+ Thấu kính thứ hai 4: có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu magie florit (MgF_2), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$. Thấu kính có 2 mặt cầu, một mặt cầu lõm có bán kính $R = -9,954$ và một mặt cầu lồi có bán kính $R = -19,4$.

+ Thấu kính thứ ba 5: có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu silicon, phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$. Thấu kính có một mặt cầu và một mặt phi cầu, trong đó mặt cầu lõm có bán kính $R = -20,96$ và một mặt phi cầu có bề mặt thỏa mãn:

$$Z(y) = \frac{y^2}{R \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \frac{y^2}{R^2}} \right]} + A_4 \cdot y^4 + A_6 \cdot y^6 + A_8 \cdot y^8 \quad (6)$$

Với: $R = -208$ là bán kính đỉnh của mặt phi cầu;

$A_4 = -5,051 \cdot 10^{-5}$; $A_6 = 2,116 \cdot 10^{-7}$; $A_8 = -6,21 \cdot 10^{-10}$ là các hệ số bề mặt.

Các bộ tham số trên phương trình (5) và (6) là kết quả tính toán với mục đích cố định hướng đường đi của luồng sáng đi vào cảm biến của hệ quang học.

Tham chiếu Hình 5, đường đi tia sáng đối với hệ quang học sau khi thiết kế như sau: gương thứ nhất 1 là bề mặt nhận tín hiệu dạng bức xạ hồng ngoại từ vô cực đầu tiên trong hệ quang học. Tín hiệu sau đó sẽ phản xạ đến gương thứ hai 2, tiếp tục được phản xạ tạo ảnh thực tại mặt phẳng ảnh trung gian. Tín hiệu sau khi tạo ảnh thực được khúc xạ lần lượt qua thấu kính thứ nhất 3, thấu kính thứ hai 4, thấu kính thứ ba 5 qua cửa sổ làm lạnh (cold shield) sau đó hội tụ tạo ảnh tại mặt phẳng cảm biến.

Với thiết kế được đề xuất, có thể thu được chất lượng ảnh cao tại mặt phẳng cảm biến. Các đặc điểm của hệ thống được tính toán tối ưu để kiểm soát vị trí và kích thước ảnh trung gian trước khi được hệ quang học chuyển tiếp (hệ relay) tạo ảnh tại mặt phẳng cảm biến. Ngoài ra do cấu trúc của các loại cảm biến làm lạnh có cửa sổ lạnh (cold shield) nên cơ cấu cũng được thiết kế và tính toán tối ưu để đồng tử ra trùng khớp về vị trí và kích thước với cửa sổ này.

Bằng việc sử dụng hai phần tử phản xạ và kiểm soát vị trí mặt phẳng ảnh trung gian, hệ quang với hiệu suất hoạt động tối ưu nhất khi có tổng chiều dài 78,7 mm, hoạt động trong dải quang phổ từ 3-5 μm ; khoảng cách tiêu cự là 250 mm; khẩu độ 1:4 và trường nhìn 1,6 x 2,2 độ. Cụ thể, các thông số về cấu tạo chi tiết của thiết bị được thể hiện qua bảng sau:

Bảng 1: các thông số và cấu tạo chi tiết của hệ quang học

Bán kính cong	Độ dày dọc trục	Vật liệu	Đường kính luồng sáng
-132,74	-49,93	Nhôm	68
-134,90 ^(*)	22,98	Nhôm	20,5
-9,954	4,9	Silicon	5,3

-11,96 ^(*)	2,666		8,1
-9,954	3,15	Magie Flourit	11,3
-19,4	3,545		14
-208 ^(*)	3,26	Silicon	6
-20,96	8,429		5,9

Ghi chú: *- là các mặt phi cầu.

Các thông số như bán kính cong, hệ số Conic và hệ số bề mặt phi cầu của hệ quang học được tối ưu để đạt được chất lượng ảnh tốt nhất tại mặt phẳng cảm biến. Các đồ thị thể hiện chất lượng của hệ quang học biểu diễn ở Hình 2, Hình 3, Hình 4, trong đó:

- Tham chiếu Hình 2: hàm điều biến quang học MTF biểu diễn chất lượng ảnh tại ba trường 0; 0,7; 1 xấp xỉ giới hạn nhiễu xạ (diffraction limit), thể hiện qua việc các đường gần như trùng nhau. Ngoài ra tại tần số giới hạn Nyquist ($\nu_N = 30\text{mm}^{-1}$) hàm truyền đạt giá trị xấp xỉ 0,3;
- Tham chiếu Hình 3: biểu diễn vết sáng Puason (spot size) trên 1 pixel của các trường nhìn khác nhau. Có thể dễ dàng nhận thấy các vết sáng đều có bán kính nhiễu xạ (RMS) $< 10\text{ }\mu\text{m}$;
- Tham chiếu Hình 4: biểu diễn đồ thị cong trường của ba bước sóng tại hai mặt phẳng Tangential và Sagittal. Dễ dàng nhận thấy biến thiên của đồ thị cong trường nhỏ hơn 0,1 mm cho tất cả các đồ thị. Ngoài ra méo hình của ảnh thu được nhỏ hơn 5%.

Theo đó, hệ quang học được đề xuất theo sáng chế đảm bảo cho ống kính có kích thước nhỏ gọn, chất lượng hình ảnh cao, có khả năng sử dụng với các cảm biến làm lạnh có cửa sổ lạnh (Cold Shield).

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 họa, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ quang học gương cầu (Catadioptric) cho thiết bị ảnh nhiệt sóng trung bao gồm hai cụm thành phần:

- cụm thứ nhất bao gồm hai gương phản xạ, tốt nhất được làm từ nhôm: gương thứ nhất và gương thứ hai, trong đó:

biên dạng bề mặt gương thứ nhất là parabol,

biên dạng bề mặt gương thứ hai là phi cầu,

hai gương này được bố trí sao cho hai mặt phản xạ hướng vào nhau;

- cụm thứ hai là hệ quang học chuyển tiếp (relay) bao gồm ba thấu kính: thấu kính thứ nhất, thấu kính thứ hai, thấu kính thứ ba được sắp xếp theo thứ tự sau mặt phẳng ảnh trung gian; có vai trò cố định vị trí đồng tử ra trùng khớp với vị trí cửa sổ lạnh (cold shield) và loại bỏ tối đa quang sai cho ảnh có chất lượng tốt tại mặt phẳng cảm biến trong đó:

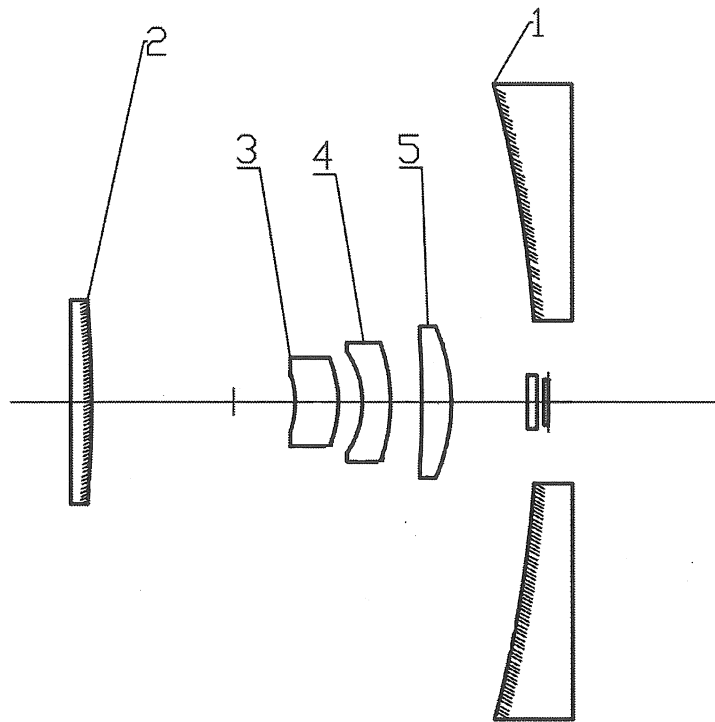
thấu kính thứ nhất chế tạo từ vật liệu silicon (Si), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$; thấu kính thứ nhất có một mặt cầu và một mặt phi cầu;

thấu kính thứ hai có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu magie florit (MgF_2), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$; thấu kính thứ hai có một mặt cầu lõm và một mặt cầu lồi;

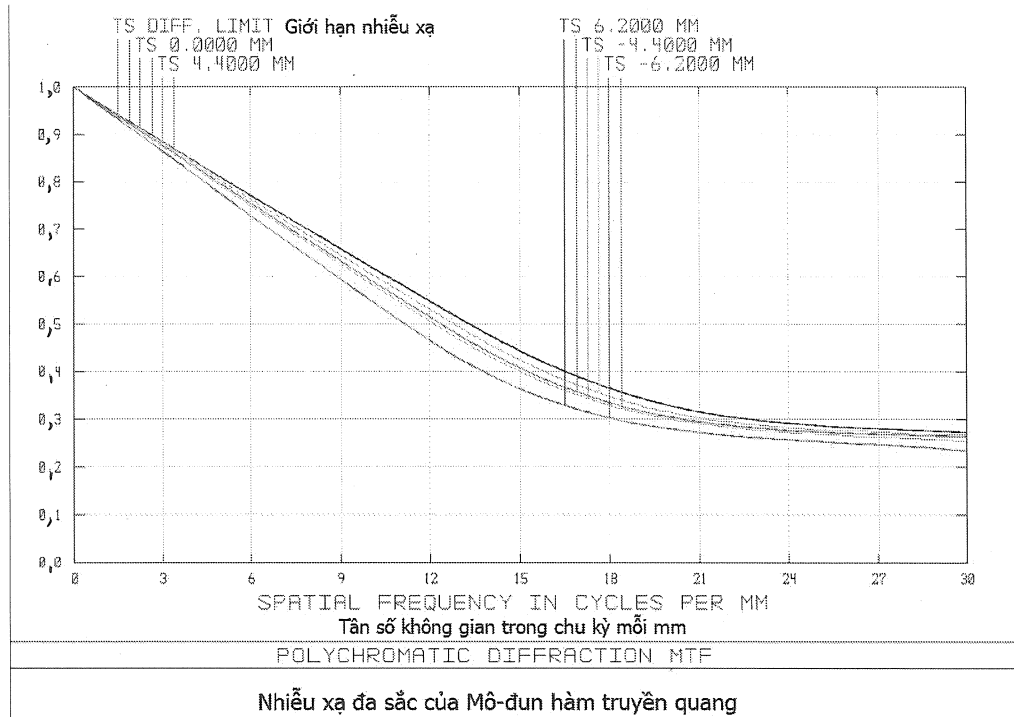
thấu kính thứ ba có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu silicon, phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$; thấu kính thứ ba có một mặt cầu và một mặt phi cầu.

2. Hệ quang học gương cầu (Catadioptric) cho thiết bị ảnh nhiệt sóng trung theo điểm 1, trong đó:

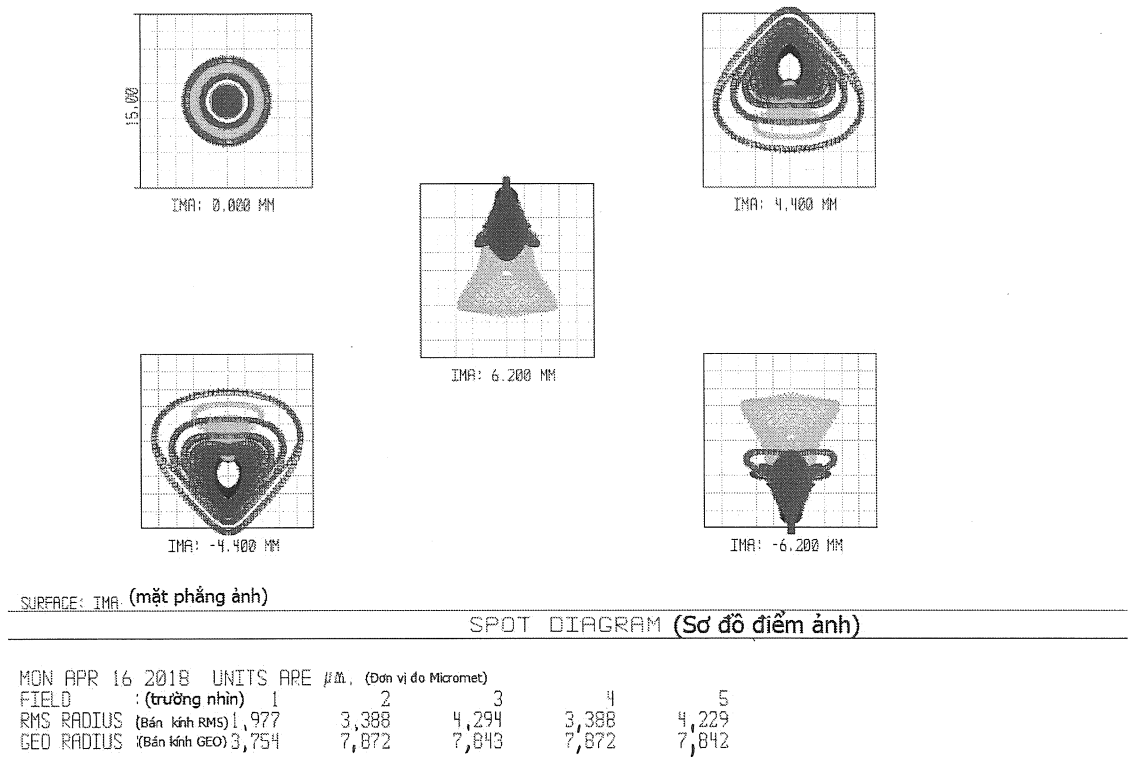
hệ quang học đạt hiệu suất hoạt động tối ưu nhất, hình ảnh chất lượng cao tương thích với cảm biến có kích thước độ phân giải (pixel) $10\mu\text{m}$, độ phân giải HD khi có tổng chiều dài 78,7 mm; hoạt động trong dải quang phổ từ 3-5 μm ; khoảng cách tiêu cự là 250 mm; khẩu độ 1:4 và trường nhìn 1,6 x 2,2 độ.



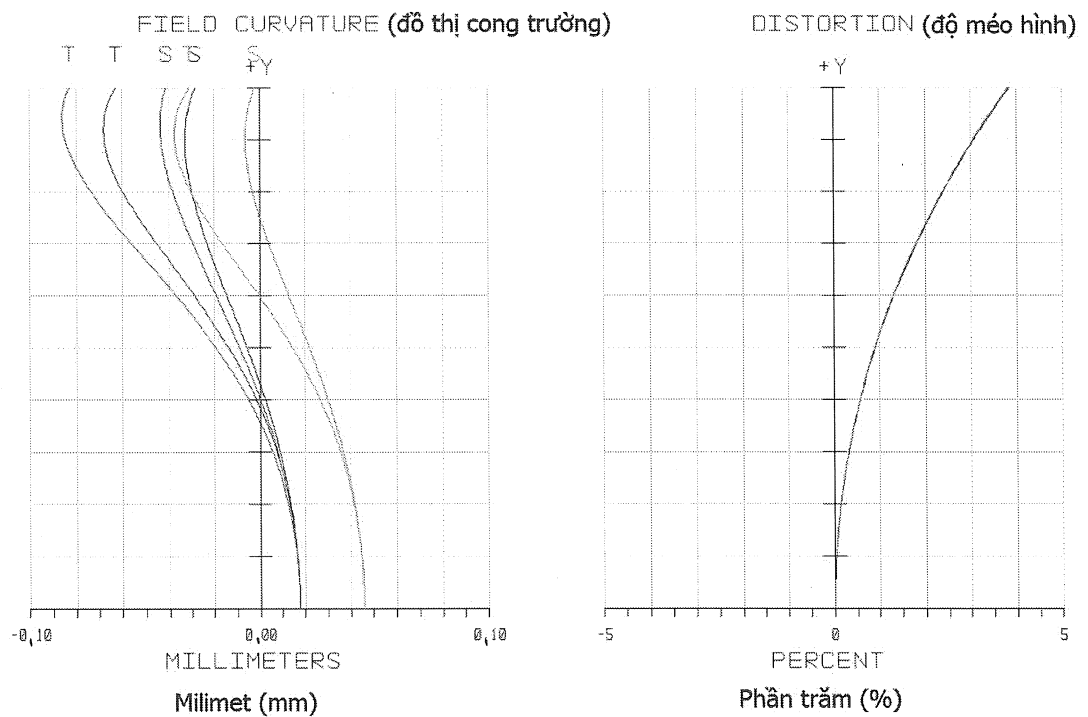
Hình 1



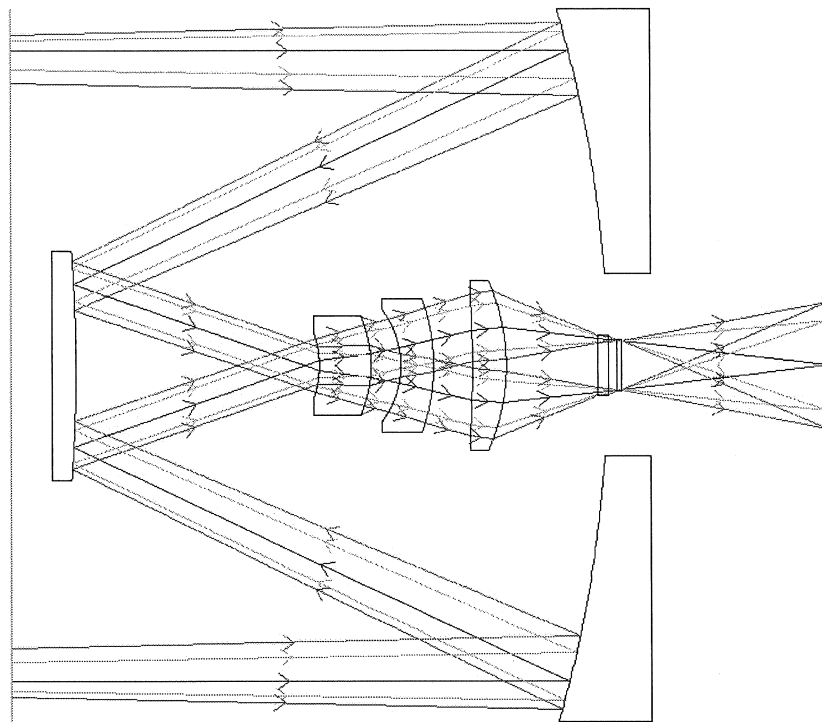
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5