



(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)



1-0031256

(51)⁷ G02B 13/00; G02B 5/10; G02B 23/02; (13) B
G02B 13/14; G02B 13/18

(21) 1-2019-00038

(22) 03/01/2019

(45) 25/03/2022 408

(43) 27/05/2019 374A

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

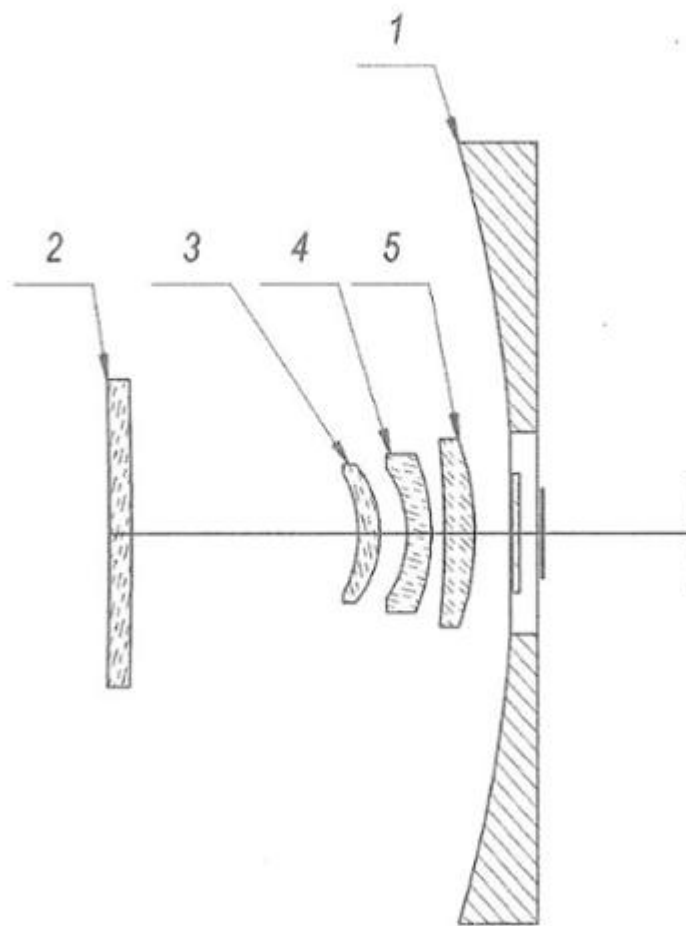
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Trần Tiến Hải (VN); Trịnh Quang Trung (VN); Trần Duy Nhật (VN); Nguyễn Thanh Lượng (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) HỆ QUANG HỌC HỒNG NGOẠI SÓNG DÀI CHO CÁC THIẾT BỊ QUAN SÁT
SỬ DỤNG NGUYÊN LÝ KÍNH THIÊN VĂN CÁC-SÊ-GRÊN

(57) Sáng chế đề xuất hệ quang học hồng ngoại sóng dài cho các thiết bị quan sát tầm xa sử dụng nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên (Cassegrain) gồm hai cụm thành phần: cụm thứ nhất bao gồm gương (1) có biên dạng bề mặt là parabol và thấu kính gương (2) có biên dạng là hai mặt cầu có một mặt phản xạ, được sắp đặt 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 (3), thấu kính thứ hai (4), thấu kính thứ ba (5) 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 cho các thiết bị ảnh nhiệt sóng dài (bước sóng 8-12 μm) sử dụng nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên (Cassegrain) và thấu kính gương (mangin mirror) trong quá trình thiết kế. Hệ quang học tương thích với các loại cảm biến hồng ngoại hiện đại có cửa sổ lạnh (cold shield) và khẩu độ F#2.

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 đến thiết kế quang học gương cầu cho bức xạ hồng ngoại sóng dài. Có thể điểm qua một số tồn tại và hạn chế của các sáng chế đã công bố như sau:

Sáng chế số US 20030206338 A1 ngày 06/11/2003 của Hoa Kỳ mô tả hệ quang học gương cầu sử dụng gương Các-Sê-Grên (Cassegrain) tạo ảnh cùng lúc cho dải sóng dài và bức xạ sóng milimet. Ưu điểm của sáng chế là hệ quang học hoạt động trong dải quang phổ rộng, linh động trong việc triển khai thiết bị. Tuy nhiên nhược điểm của sáng chế là chất lượng của hệ gây ra quang sai không đồng trục, khó kiểm soát dung sai khi lắp ráp. Ngoài ra việc bố trí phần tử của sáng chế không giúp tối ưu kích thước của thiết bị. Điều đáng quan tâm là sáng chế không đề cập về đặc tính kỹ thuật của hệ cũng như chất lượng hình ảnh thu được tại mặt phẳng cảm biến.

Để khắc phục những hạn chế nêu trên, sáng chế đề xuất thiết kế hệ quang học sử dụng nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên (Cassegrain) cho dải bức xạ sóng dài với kích thước nhỏ gọn tối đa, cho hình ảnh chất lượng cao phù hợp với các loại cảm biến làm lạnh hiện đại ngày nay đang có mặt trên thị trường.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thiết kế hệ quang học cho dải bức xạ hồng ngoại sóng dài theo nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên (Cassegrain) phù hợp với cảm biến ảnh nhiệt làm lạnh hiện đại có kích thước độ phân giải (pixel) nhỏ hơn 15 μm . Theo đó, hệ quang học có khẩu độ lớn F#2 cho hình ảnh chất lượng cao tại mặt phẳng cảm biến có cửa sổ lạnh (cold shield).

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất cơ cấu hệ quang học hồng ngoại sóng dài cho các thiết bị quan sát sử dụng nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên gồm hai cụm thành phần chính:

Cụm thứ nhất bao gồm gương (1) làm từ nhôm (Aluminum) và thấu kính gương (mangin mirror) (2) làm từ vật liệu Gallium Arsenide (GaAs) có một mặt phản xạ đảm bảo thu tín hiệu từ vô cực và tạo ảnh trung gian trước khi vào hệ chuyển tiếp (relay);

Cụm thứ hai là hệ quang học chuyển tiếp (relay) đóng vai trò cố định vị trí đồng tử ra trùng khớp với vị trí cửa sổ lạnh (cold shield) của cảm biến gồm ba thấu kính: thấu kính thứ nhất (3), thấu kính thứ hai (4), thấu kính thứ ba (5). Trong đó, thấu kính thứ nhất (3) và thấu kính thứ ba (5) làm từ vật liệu Germanium (Ge), thấu kính thứ hai (4) làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide (IRG 205) có tác dụng loại bỏ quang sai cho hình ảnh chất lượng cao tại mặt phẳng cảm biến.

Cụm hệ quang học chuyển tiếp (relay) được sắp đặt trong khoảng không gian bị che khuất vùng tâm đường đi tia sáng giữa hai phần tử phản xạ của cụm thứ nhất đảm bảo hệ quang học có kích thước nhỏ gọn tối đa.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

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

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

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

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

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả chi tiết hệ quang học hồng ngoại sóng dài cho các thiết bị quan sát sử dụng nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên dựa trên diễn giải, hình vẽ và các ví dụ minh họa.

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

Cụm thứ nhất bao gồm gương 1 và thấu kính gương 2 được bố trí mặt phản xạ hướng vào nhau, trong đó gương 1 được làm từ nhôm (Aluminum) có biên dạng bề mặt là parabol đáp ứng hệ số phản xạ $\geq 99\%$, thấu kính gương 2 được làm từ vật liệu Gallium

Arsenide (GaAs) có biên dạng bề mặt là hai mặt cầu đảm bảo độ phản xạ và độ truyền qua đều $\geq 99\%$. Cụ thể về cấu tạo chi tiết cụm thứ nhất như sau:

Bề mặt gương 1 thỏa mãn:

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

Với: $K = -1$ là hệ số Conic;

$R = -146,89$ là bán kính đỉnh của bề mặt gương.

Thấu kính gương 2 có hình dạng khum với hai bề mặt cầu có bán kính $R = -499,702$ và $R = -567,5$ trong đó bề mặt phủ mạ phản xạ là bề mặt có bán kính $R = -567,5$.

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

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{33,4}{89,8} = 0,37 \quad (2)$$

Với D_2 và D_1 lần lượt là tỷ lệ chấn sáng của thấu kính gương 2 và gương 1.

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

$$\tau = 1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 = 1 - 0,37^2 = 0,8631 = 86,31\% \quad (3)$$

Sự phụ thuộc tuyến tính vị trí mặt phẳng ảnh trung gian đối với bán kính cong, độ dày dọc trục, khoảng cách giữa hai phần tử gương 1 và thấu kính gương 2, cơ cấu hệ quang học được tối ưu thiết kế đảm bảo tia sáng hội tụ tại mặt phẳng ảnh trung gian. Việc sử dụng thấu kính gương 2 trong thiết kế có tác dụng như một gương và một thấu kính kết hợp, đảm bảo phản xạ tín hiệu nhận từ gương 1 và hiệu chỉnh đường đi của bức xạ nhiệt thông qua việc thay đổi độ dày dọc trục của thấu kính gương 2. Do vậy, thấu kính gương 2 đóng vai trò quan trọng việc kiểm soát hội tụ hình ảnh thực tại mặt phẳng ảnh trung gian.

Cụm thứ hai là hệ quang học chuyển tiếp (relay) được tối ưu nhỏ gọn đặt trong khoảng không gian bị che khuất vùng tâm đường đi tia sáng hai phần tử phản xạ của cụm thứ nhất đảm bảo cơ cấu hệ quang được nhỏ gọn tối đa, 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 đảm bảo điều chỉnh đồng tử ra trùng khớp về vị trí và kích thước với cửa sổ cảm biến làm lạnh (cold shield) đồng thời khử tối đa quang sai thu được chất lượng hình ảnh tốt tại mặt phẳng cảm biến.

Cụ thể như sau:

Thấu kính thứ nhất 3: có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu Germanium (Ge), 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 $R = -11,96$ và một mặt phi cầu có bề mặt thỏa mãn:

$$Z(y) = \frac{y^2}{R \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \frac{y^2}{R^2}} \right]} + A_4 \cdot y^4 + A_6 \cdot y^6 + A_8 \cdot y^8 + A_{10} \cdot y^{10} + A_{12} \cdot y^{12} \quad (4)$$

Với: $R = -15,453$ là bán kính đỉnh của mặt phi cầu;

$$A_4 = -8,51 \cdot 10^{-5}; A_6 = 2,046 \cdot 10^{-7}; A_8 = -9,277 \cdot 10^{-9}; A_{10} = -1,389 \cdot 10^{-10};$$

$A_{12} = -9,671 \cdot 10^{-13}$ là các hệ số bề mặt.

Thấu kính thứ hai 4: có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide (IRG 205) phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$. Thấu kính có một mặt cầu lõm có bán kính $R = -11,96$ và một mặt phi cầu có bề mặt thỏa mãn:

$$Z(y) = \frac{y^2}{R \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \frac{y^2}{R^2}} \right]} + A_4 \cdot y^4 + A_6 \cdot y^6 + A_8 \cdot y^8 + A_{10} \cdot y^{10} + A_{12} \cdot y^{12} \quad (5)$$

Với: $R = -20,930$ là bán kính đỉnh của mặt phi cầu;

$$A_4 = -1,266 \cdot 10^{-5}; A_6 = 2,471 \cdot 10^{-7}; A_8 = -1,843 \cdot 10^{-9}; A_{10} = 2,106 \cdot 10^{-11};$$

$A_{12} = -7,094 \cdot 10^{-14}$ là các hệ số bề mặt.

Thấu kính thứ ba 5: có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu Germanium (Ge), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$. Thấu kính có hai mặt cầu với bán kính lần lượt là $R = -99,248$ và $R = -30,690$.

Tham chiếu Hình 5, đường đi tia sáng đối với hệ quang học sau khi thiết kế như sau: gương 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 phản xạ đến thấu kính gương 2 tạo ảnh thực tại mặt phẳng ảnh trung gian. Sau khi tạo ảnh thực, tín hiệu 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) và hội tụ tạo ảnh tại mặt phẳng cảm biến.

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 81 mm, hoạt động trong dải quang phổ từ 8-12 μm ; khoảng cách tiêu cự là 150 mm; khẩu độ 1:1,93 và trường nhìn 2,9 x 3,6 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
-146,89	-51,175	Nhôm	89,8
-567,5	-3	Gallium Arsenide (GaAs)	33,4
-499,702	30,344		32,7
-15,453 ^(*)	2,89	Germanium (Ge)	14,50
-11,96	3,627		16,47
-11,96	3,43	Chalcogenide (IRG 205)	15,376
-20,930 ^(*)	1,65		18,88
-99,248	4	Germanium (Ge)	21,532
-30,69	4,957		22,414

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 0,25;
- Tham chiếu Hình 3: biểu diễn vệt sáng Puason (spot size) trên một phân giải (pixel) của các trường nhìn khác nhau. Có thể dễ dàng nhận thấy các vệt sáng đều có bán kính nhiễu xạ (RMS) < 15 μm ;
- Tham chiếu Hình 4: biểu diễn đồ thị cong trường của ba bước sóng tại hai mặt phẳng tiếp tuyến (Tangential) và cắt trục dọc (Sagittal). Dễ dàng nhận thấy sự

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 xấp xỉ 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, sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ quang học hồng ngoại sóng dài cho các thiết bị quan sát tầm xa sử dụng nguyên lý kính thiên văn Các-Sê-Grên (Cassegrain) bao gồm hai cụm thành phần:

cụm thứ nhất bao gồm gương được làm từ nhôm có biên dạng bề mặt là parabol và thấu kính gương được làm từ Gallium Arsenide (GaAs) có biên dạng bề mặt là hai mặt cầu phủ mạ một mặt phản xạ, hai phần tử 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 có hình dạng khum (meniscus) chế tạo từ vật liệu germanium (Ge), 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) chế tạo từ vật liệu chalcogenide (IRG 205), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$; thấu kính thứ hai có một mặt cầu và một mặt phi cầu;

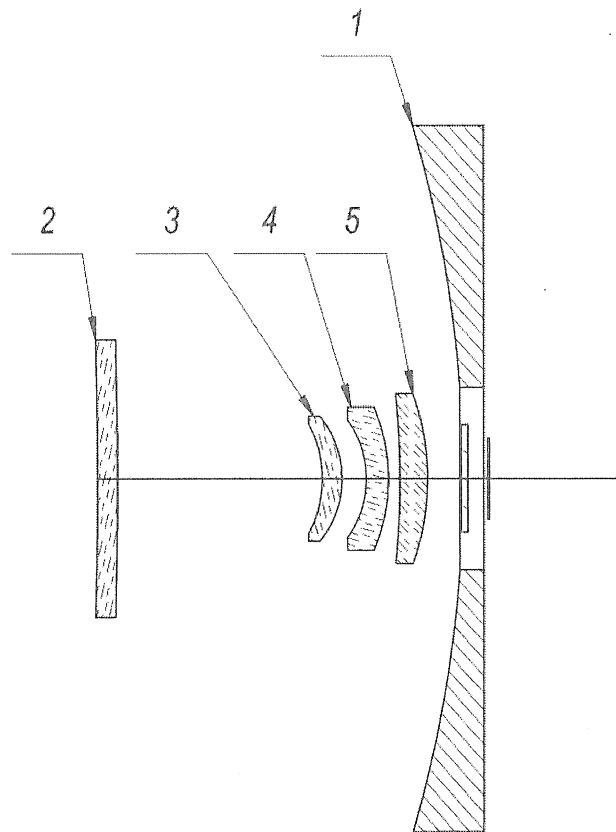
thấu kính thứ ba có hình dạng khum (meniscus) được chế tạo từ vật liệu germanium (Ge), phủ mạ chống phản xạ với độ truyền qua $\geq 99\%$; thấu kính có hai mặt cầu.

2. Hệ quang học theo điểm 1, trong đó hệ quang học có các thông số và cấu tạo chi tiết như sau:

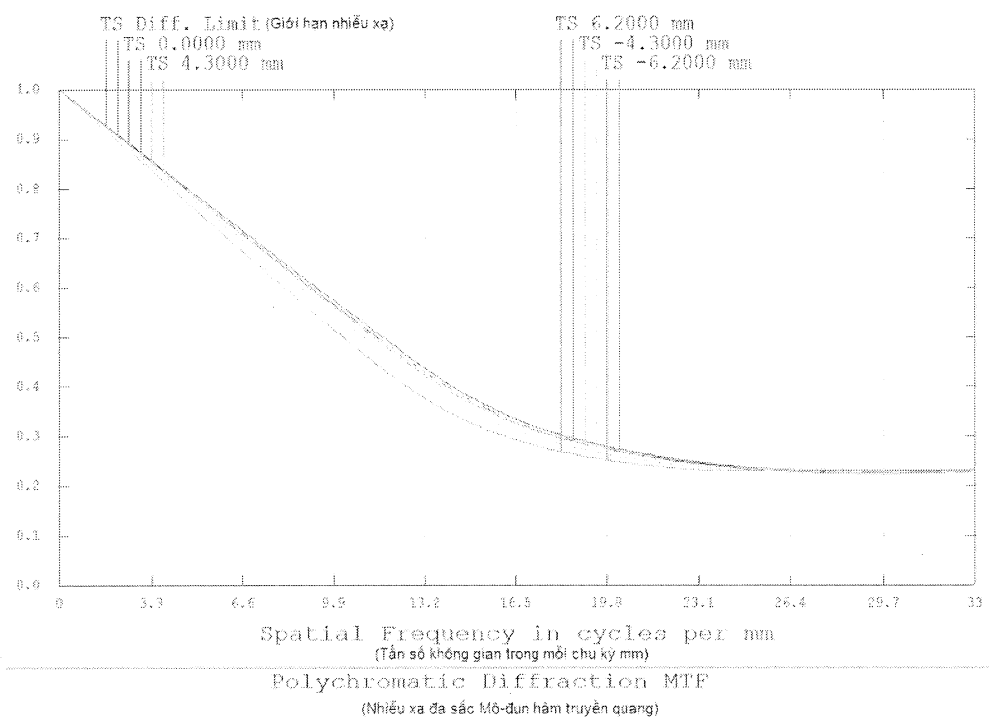
bán kính cong	độ dày dọc trục	vật liệu	đường kính luồng sáng
-146,89	-51,175	nhôm	89,8
-567,5	-3	gallium arsenide (GaAs)	33,4
-499,702	30,344		32,7
-15,453 ^(*)	2,89	germanium (Ge)	14,50
-11,96	3,627		16,47
-11,96	3,43	chalcogenide (IRG 205)	15,376

-20,930 ^(*)	1,65		18,88
-99,248	4	germanium (Ge)	21,532
-30,69	4,957		22,414

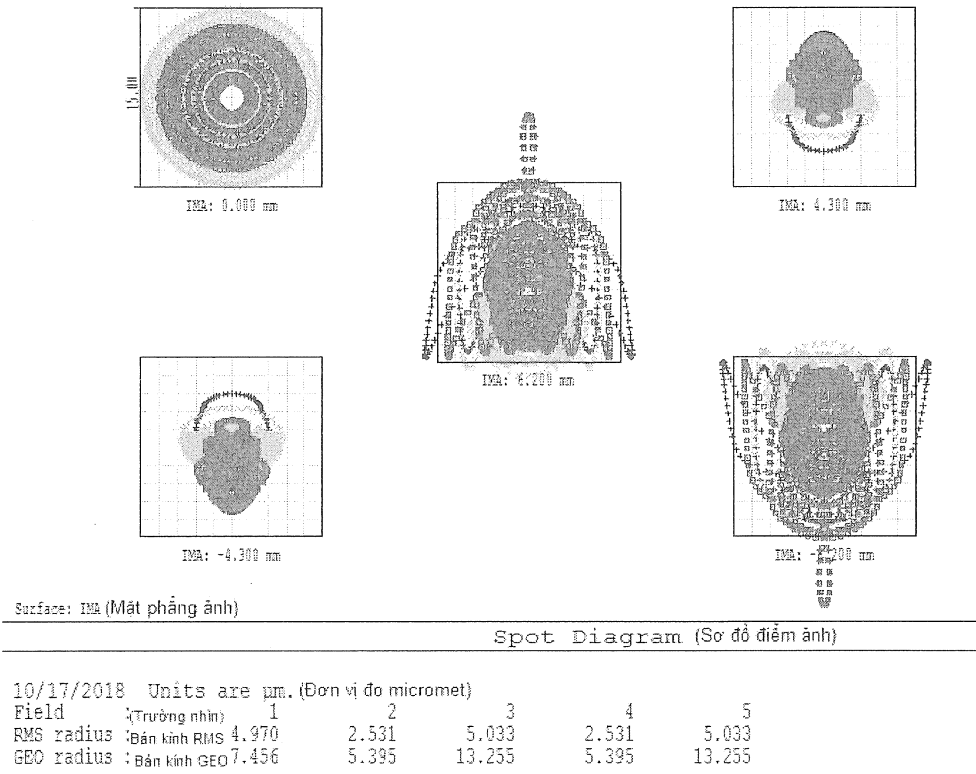
3. Hệ quang học theo một trong các điểm từ điểm 1 đến điểm 2, trong đó, hệ quang học đạt hiệu suất hoạt động tối ưu nhất, hình ảnh chất lượng cao tương thích với cảm biến có kích thước độ phân giải (pixel) 15 μ m, khi có tổng chiều dài 81 mm; hoạt động trong dải quang phổ từ 8-12 μ m; khoảng cách tiêu cự là 150 mm; khẩu độ 1:1,93 và trường nhìn 2,9 x 3,6 độ.



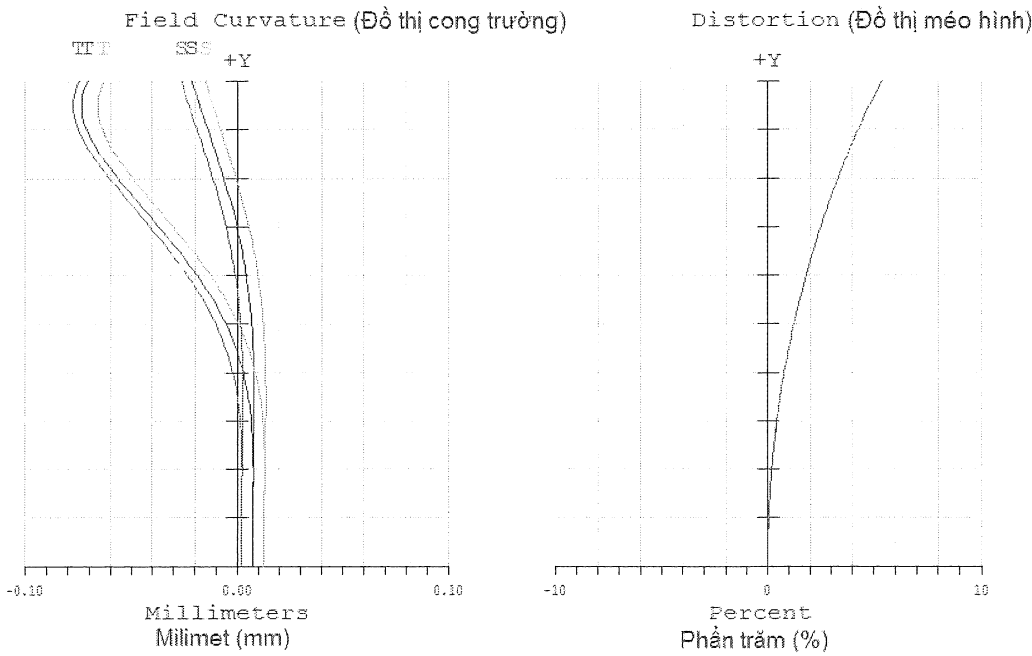
Hình 1



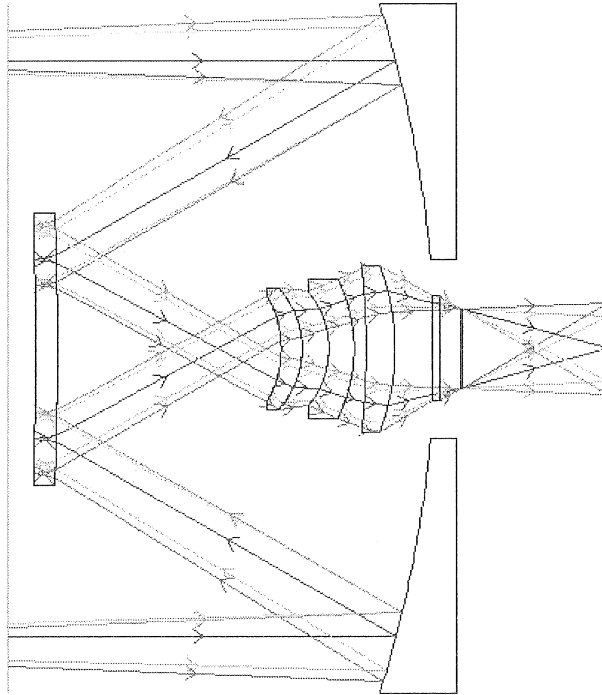
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5