



(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)



1-0053927

(51)^{2022.01} B64C 39/00; G02B 3/00

(13) B

(21) 1-2022-07848

(22) 30/11/2022

(45) 25/11/2025 452

(43) 27/03/2023 420A

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

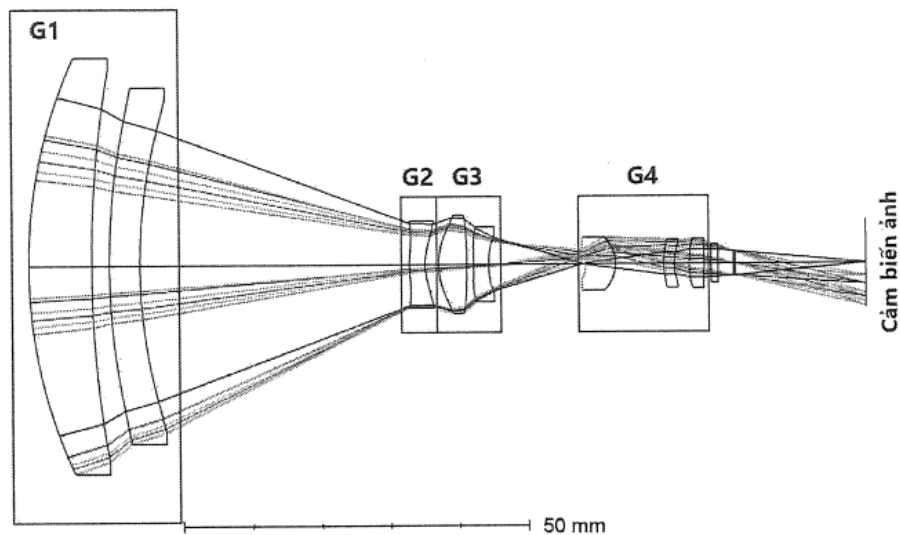
(72) Vũ Thành Đạt (VN); Đặng Xuân Du (VN); Nguyễn Văn Đạt (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) ỚNG KÍNH HỒNG NGOẠI SÓNG TRUNG PHÓNG ĐẠI LIÊN TỤC CỖ NHỎ
CHO THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

(21) 1-2022-07848

(57) Sáng chế đề cập đến một ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái có khả năng hội tụ hình ảnh trong phạm vi đường kính 12,3 mm, tương ứng với cảm biến ảnh nhiệt có độ phân giải 640 x 512 điểm ảnh và kích thước điểm ảnh là 15 μm . Ống kính làm việc trong vùng hồng ngoại sóng trung cận thấp với khẩu độ F/5,5. Thông qua việc tận dụng cấu trúc nhỏ gọn, các công nghệ bề mặt, tối ưu loại vật liệu sử dụng và phân bổ giá trị tiêu cự giữa các thành phần một cách hợp lý, thiết kế ống kính được đề cập trong sáng chế có tổng chiều dài hệ quang học chỉ là 121,72 mm với dải tiêu cự hoạt động từ 20 mm đến 275 mm.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái. Cụ thể, ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục sử dụng cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề cập đến trong sáng chế có thể ứng dụng cho nhu cầu trinh sát địa hình hoặc quan sát môi trường trong các lĩnh vực dân sự, quân sự, an ninh, quốc phòng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục về cơ bản là một hệ quang học tạo ảnh nhiệt trong vùng bước sóng từ 3 μm đến 5 μm với giá trị tiêu cự có thể thay đổi liên tục trong khi vị trí mặt phẳng ảnh hội tụ không đổi và chất lượng hình ảnh được duy trì trong suốt quá trình phóng đại. Để làm được điều tương tự đối với ống kính hồng ngoại sóng trung tiêu cự cố định, người ta phải trực tiếp thay đổi khoảng cách giữa đối tượng quan sát với ống kính hoặc phải sử dụng nhiều ống kính với giá trị tiêu cự khác nhau để tạo ra hiệu ứng tương đương của các mức phóng đại hình ảnh khác nhau. Với khả năng điều chỉnh liên tục giá trị tiêu cự của hệ quang, ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cho phép người ta thu được hình ảnh phóng đại hoặc thu nhỏ của một đối tượng quan sát tại một khoảng cách bất kỳ. Do đó, việc phát triển các thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục đã trở thành lĩnh vực nghiên cứu chuyên sâu tại nhiều quốc gia, đặc biệt trong các ứng dụng như khí tài quang điện tử, thiết bị trinh sát, bắt bám đối tượng...

Nhìn chung, một ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục với độ phóng đại tương đối lớn thường sở hữu chiều dài quang trục, tức khoảng cách tính từ tâm mặt thấu kính phía trước đến mặt cảm biến, khá dài. Điều đó dẫn đến yêu cầu bổ sung thêm các thành phần phản xạ để gấp quang trục theo các hướng khác nhau nhằm giúp cho sản phẩm thỏa mãn trong phạm vi không gian tích hợp bằng cách giảm chiều dài hệ thống. Trong khi đó, một ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ có thể đem lại khả năng quan sát gần như tương đương với các sản phẩm truyền thống nhưng kích thước và chiều dài quang trục được tối ưu tới mức việc sử dụng các thành phần phản xạ

bổ sung không còn cần thiết. Sản phẩm ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ có thể đáp ứng yêu cầu về kích thước, khối lượng, công suất tiêu thụ và khả năng quan sát của các sản phẩm thiết bị bay không người lái cỡ nhỏ và cỡ trung trên thị trường, bao gồm khả năng bao quát trong một phạm vi trường nhìn rộng và khả năng phát hiện các đối tượng ở khoảng cách xa tại những trường nhìn hẹp hơn. Với những ưu điểm kể trên, ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái có thể được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực quân sự và dân sự như phát hiện mục tiêu từ xa, tuần tra biên giới, giám sát các khu vực trọng yếu hay tìm kiếm, cứu hộ cứu nạn.

Tuy nhiên, tính đến thời điểm hiện tại, mới chỉ có một số ít sáng chế liên quan đến sản phẩm này đã được đăng ký hay công nhận. Cụ thể, trong sáng chế số RU2594948C2, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung được đề cập có tỉ số phóng đại 20 lần, khẩu độ $F/4,0$ và tương thích với cảm biến ảnh nhiệt có độ phân giải 640×512 điểm ảnh và kích thước điểm ảnh là $15 \mu m$. Hạn chế của sáng chế này là việc sử dụng ba cụm thấu kính dịch chuyển đồng thời để thay đổi tỉ số phóng đại của ống kính. Điều đó làm gia tăng đáng kể mức độ phức tạp trong thiết kế cơ khí, gia công, tích hợp và điều khiển nhằm đảm bảo những cụm thấu kính dịch chuyển đồng bộ với nhau. Trong đăng ký sáng chế số CN203981958U, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung được đề cập có tỉ số phóng đại 20 lần, khẩu độ $F/4,0$ và tương thích với cảm biến ảnh nhiệt có độ phân giải 640×512 điểm ảnh và kích thước điểm ảnh là $15 \mu m$. Thiết kế này tuy đã giới hạn số lượng cụm thấu kính dịch chuyển xuống còn hai cụm nhưng khoảng cách tâm giữa bề mặt quang học cuối cùng trong cụm thấu kính cố định phía trước và bề mặt quang học đầu tiên trong cụm thấu kính dịch chuyển thứ nhất tính theo chiều từ mặt phẳng vật đến mặt phẳng ảnh lại quá sát nhau tại cấu hình trường nhìn rộng, với tỉ lệ giữa giá trị khoảng cách trên với giá trị tiêu cự tối đa tại cấu hình trường nhìn hẹp là 0,031. Điều đó gây khó khăn cho thiết kế cơ khí với nguy cơ cao dẫn đến hiện tượng các chi tiết điều khiển truyền động che khuất một phần lượng bức xạ hồng ngoại đi vào cảm biến tại các cấu hình trường nhìn khác, vô tình làm giảm khẩu độ của ống kính tại các cấu hình này. Cuối cùng, trong đăng ký sáng chế số CN209167667U, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung được đề cập có tỉ số phóng đại 20 lần, khẩu độ $F/4,0$ và tương thích với cảm biến ảnh nhiệt có độ phân giải 640×512 điểm ảnh và kích thước

điểm ảnh là 15 μm . Thiết kế này đã khắc phục được một số hạn chế của những thiết kế kể trên, tuy nhiên tỉ lệ giữa tổng chiều dài hệ quang học với giá trị tiêu cự tối đa tại cấu hình trường nhìn hẹp là 0,53. Giá trị này không hoàn toàn phù hợp cho ứng dụng trên thiết bị bay không người lái, vốn yêu cầu kích thước hệ quang học nhỏ gọn hơn mà vẫn đảm bảo cự ly quan sát tối đa như các sản phẩm thông thường.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế này là vượt qua những hạn chế được trình bày tại các sáng chế và đăng ký sáng chế được đề cập phía trên, đồng thời đề xuất một thiết kế điển hình cho sản phẩm ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái. Để đạt được mục đích nói trên, thiết kế hệ quang học của ống kính có cấu trúc đồng trục từ mặt phẳng vật đến mặt phẳng ảnh theo thứ tự như sau: một cụm thấu kính cố định phía trước, một cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại, một cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh và một cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau. Trong đó, cụm thấu kính cố định phía trước có độ tụ dương, cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại có độ tụ âm, cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh và cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau có độ tụ dương. Cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại và cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh là các cụm thấu kính dịch chuyển đồng thời và đồng bộ với nhau để tạo thành hiệu ứng phóng đại liên tục của ống kính. Số lượng cụm dịch chuyển ít giúp đơn giản hóa thiết kế cơ khí và điều khiển của ống kính do yêu cầu về tính đồng bộ khoảng cách giữa các cụm thấu kính không quá khắt khe.

Theo cấu trúc này, trong quá trình phóng đại từ trường nhìn rộng đến trường nhìn hẹp, cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại và cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh có chiều dịch chuyển đối nghịch nhau. Cụ thể, trong quá trình phóng đại nói trên, cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại có chiều dịch chuyển từ phía mặt phẳng vật sang phía mặt phẳng ảnh, với tỉ lệ giữa tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính và tổng chiều dài hệ quang học đạt giá trị 0,17. Trong khi đó, cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh có chiều dịch chuyển từ phía mặt phẳng ảnh sang phía mặt phẳng vật, với tỉ lệ giữa tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính và tổng chiều dài hệ quang học đạt giá trị 0,23. Như vậy, tổng phạm vi dịch chuyển của các cụm thấu kính chiếm khoảng 40% tổng chiều dài hệ quang học.

Theo cấu trúc này, vùng bước sóng hoạt động của ống kính là vùng hồng ngoại sóng trung cận thấp, tương ứng với phạm vi bước sóng trong khoảng từ 3,7 đến 4,2 μm . Bước sóng trung tâm của thiết kế ống kính được chọn là 4,0 μm . Thiết kế ống kính được đề xuất có phạm vi tiêu cự thay đổi liên tục trong khoảng từ 20 mm đến 275 mm, tương đương với tỉ số phóng đại khoảng 13,75 lần. Tổng chiều dài hệ quang học theo thiết kế đạt khoảng 121,72 mm, tương đương với giá trị tỉ lệ giữa tổng chiều dài hệ quang học với giá trị tiêu cự tối đa tại cấu hình trường nhìn hẹp không quá 0,45. Thiết kế ống kính được đề xuất cũng tương thích với các loại cảm biến ảnh nhiệt có khẩu độ F/5,5, độ phân giải 640 x 512 điểm ảnh và kích thước mỗi điểm ảnh là 15 μm .

Theo cấu trúc này, ống kính ứng dụng các công nghệ bề mặt phi cầu và công nghệ bề mặt lai phi cầu – nhiều xạ để tối ưu chất lượng quang học và giảm số lượng thành phần thấu kính. Trong đó, các bề mặt lai phi cầu – nhiều xạ được bố trí tại cụm thấu kính cố định phía trước và cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau. Việc bố trí các bề mặt nhiều xạ tại các cụm thấu kính không dịch chuyển giúp hạn chế sự thay đổi trên mô hình phản xạ gây ra bởi hiệu ứng Narcissus trong quá trình ống kính thay đổi độ phóng đại.

Nhìn chung, ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái đã được thiết kế với cấu trúc nhỏ gọn, hiệu suất làm lạnh đạt 100%, tổng chiều dài hệ quang học ngắn, số lượng cụm thấu kính dịch chuyển và thành phần thấu kính được tối ưu, chất lượng hình ảnh trên bề mặt cảm biến được duy trì trong toàn bộ phạm vi tiêu cự hoạt động.

Trong sáng chế này, nhờ khoảng cách chiều dài quang trục được tối ưu, ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái đem lại khả năng quan sát, phát hiện và theo dõi đối tượng ở khoảng cách tương đương nhưng kích thước hệ quang học nhỏ hơn đáng kể so với các sản phẩm phổ thông trên thị trường.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình minh họa cấu trúc hệ quang của ống kính hồng ngoại bao gồm 04 cụm thấu kính chính được ký hiệu lần lượt bởi G1, G2, G3, G4;

Hình 2 là hình minh họa cấu trúc quang học ống kính hồng ngoại tại trường nhìn hẹp, tương ứng với giá trị tiêu cự tối đa là 275 mm;

Hình 3 là hình minh họa cấu trúc quang học ống kính hồng ngoại tại trường nhìn trung gian, tương ứng với giá trị tiêu cự là 75 mm;

Hình 4 là hình minh họa cấu trúc quang học ống kính hồng ngoại tại trường nhìn rộng, tương ứng với tiêu cự tối thiểu là 20 mm;

Hình 5 là hình minh họa kích thước điểm ảnh hội tụ trên mặt phẳng cảm biến tại trường nhìn hẹp của ống kính hồng ngoại;

Hình 6 là hình minh họa kích thước điểm ảnh hội tụ trên mặt phẳng cảm biến tại trường nhìn trung gian của ống kính hồng ngoại;

Hình 7 là hình minh họa kích thước điểm ảnh hội tụ trên mặt phẳng cảm biến tại trường nhìn rộng của ống kính hồng ngoại;

Hình 8 là hình vẽ đồ thị hàm MTF của ống kính hồng ngoại tại trường nhìn hẹp;

Hình 9 là hình vẽ đồ thị hàm MTF của ống kính hồng ngoại tại trường nhìn trung gian;

Hình 10 là hình vẽ đồ thị hàm MTF của ống kính hồng ngoại tại trường nhìn rộng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế về ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái bao gồm một phương án thiết kế được đề xuất với cấu trúc được minh họa như Hình 1. Theo đó, cấu trúc ống kính bao gồm bốn cụm thấu kính chính được phân bố đồng trục theo chiều từ mặt phẳng vật đến mặt phẳng ảnh theo thứ tự sau: Cụm thấu kính cố định phía trước (G1), cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (G2), cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3) và cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau (G4). Trong đó, cụm thấu kính cố định phía trước (G1) có độ tụ dương, cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (G2) có độ tụ âm, cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3) có độ tụ dương và cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau (G4) có độ tụ dương. Cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (G2) và cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3)

được cho dịch chuyển đồng thời và đồng bộ với nhau để tạo thành hiệu ứng phóng đại liên tục của ống kính.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất bao gồm bốn cụm thấu kính được bố trí bên trong một cấu trúc đơn giản và nhỏ gọn với hiệu suất làm lạnh đạt 100%, tổng chiều dài hệ quang học ngắn, hiệu ứng phóng đại liên tục được tạo thành từ sự dịch chuyển đồng bộ dọc trục của cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại và cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh, số lượng cụm thấu kính dịch chuyển và thành phần thấu kính được tối ưu, chất lượng hình ảnh trên bề mặt cảm biến được duy trì trong toàn bộ phạm vi tiêu cự hoạt động và phù hợp với mô hình sản xuất loạt.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, theo định nghĩa về chiều của quang trục, bề mặt nằm ở phía bên trái của mỗi thành phần quang học được mô tả trong hình minh họa được định nghĩa là mặt trước của thành phần đó và bề mặt nằm ở phía bên phải của mỗi thành phần quang học được mô tả trong hình minh họa được định nghĩa là mặt sau của thành phần đó. Đồng thời, phía bên trái của hình minh họa được định nghĩa là mặt phẳng vật và phía bên phải của hình minh họa được định nghĩa là mặt phẳng ảnh.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất đem lại khả năng vận hành và chất lượng hình ảnh tốt nhất khi:

Cụm thấu kính cố định phía trước (G1) bao gồm hai thành phần thấu kính, trong đó thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật có độ tụ dương, được làm từ vật liệu Silicon với bề mặt trước (S1) là mặt cầu lõm, bề mặt sau (S2) là mặt cầu lõm. Thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh có độ tụ âm, được làm từ vật liệu Germanium với bề mặt trước (S3) là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau (S4) là mặt lai phi cầu – nhiễu xạ có biên dạng lõm. Việc sử dụng thành phần đầu tiên của hệ quang học, cũng là thành phần có kích thước lớn nhất được làm từ vật liệu Silicon giúp giảm khối lượng chung của ống kính do vật liệu này có khối lượng riêng thấp hơn so với vật liệu Germanium. Đồng thời, việc không áp dụng các công nghệ bề mặt đặc biệt trên thành phần này giúp đảm

bảo khả năng gia công dễ dàng và tiết kiệm chi phí do công cụ gia công bề mặt phi cầu hoặc nhiều xạ mài mòn rất nhanh khi thực hiện trực tiếp trên vật liệu Silicon.

Cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (G2) bao gồm một thành phần thấu kính. Thành phần này có độ tụ âm, được làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide IRG204 với công thức $\text{Se}_{63}\text{As}_{30}\text{Sb}_4\text{Sn}_3$. Bề mặt trước (S5) của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau (S6) là mặt phi cầu có biên dạng lõm. Tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính là 20,981 mm, thỏa mãn khả năng thay đổi tỉ số phóng đại trên toàn bộ phạm vi tiêu cự hoạt động của ống kính.

Cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3) bao gồm hai thành phần thấu kính. Trong đó, thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật có độ tụ dương, được làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide IRG202 với công thức $\text{Ge}_{22}\text{Se}_{58}\text{As}_{20}$. Bề mặt trước (S7) của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau (S8) là mặt phi cầu có biên dạng lõm. Thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh có độ tụ âm, được làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide IRG208 với công thức $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$. Bề mặt trước (S9) của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau (S10) là mặt phi cầu có biên dạng lõm. Tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính là 27,955 mm, thỏa mãn khả năng thay đổi tỉ số phóng đại trên toàn bộ phạm vi tiêu cự hoạt động của ống kính. Cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3) bên cạnh nhiệm vụ đảm bảo chất lượng hình ảnh trên bề mặt cảm biến được duy trì khi cụm thấu kính (G2) dịch chuyển làm thay đổi tỉ số phóng đại của ống kính cũng hỗ trợ hội tụ luồng bức xạ đi vào từ môi trường bên ngoài lên một mặt phẳng ảnh trung gian.

Cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau (G4) bao gồm ba thành phần thấu kính. Trong đó, thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật có độ tụ dương, được làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide IRG208 với công thức $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$. Bề mặt trước (S11) của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau (S12) là mặt phi cầu có biên dạng lõm. Thành phần nằm ở giữa có độ tụ âm, được làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide IRG203 với công thức $\text{Ge}_{20}\text{Se}_{65}\text{Sb}_{15}$. Bề mặt trước (S13) của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau (S14) là mặt phi cầu có biên dạng lõm. Thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh có độ tụ dương, được làm từ vật liệu tổng hợp Chalcogenide IRG204 với công thức $\text{Se}_{63}\text{As}_{30}\text{Sb}_4\text{Sn}_3$. Bề mặt trước (S15) của thành

phần này là mặt lai phi cầu – nhiễu xạ có biên dạng lồi, bề mặt sau (S16) là mặt phi cầu có biên dạng lồi. Cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau (G4) có nhiệm vụ khuếch đại mặt phẳng ảnh trung gian tạo bởi các cụm thấu kính (G1), (G2), (G3) và hội tụ hình ảnh được khuếch đại lên bề mặt cảm biến.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất có giá trị tỉ lệ giữa tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (G2) và tổng chiều dài hệ quang học đạt 0,17, giá trị tỉ lệ giữa tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3) và tổng chiều dài hệ quang học đạt 0,23. Khi đó, tổng phạm vi dịch chuyển của các cụm thấu kính chiếm khoảng 40% tổng chiều dài hệ quang học. Tỉ lệ không gian dành cho các cụm thấu kính dịch chuyển thấp giúp hệ quang học có nhiều không gian bố trí các thành phần hội tụ nguồn bức xạ chiếu tới hơn, từ đó cải thiện chất lượng hình ảnh trên bề mặt cảm biến. Bên cạnh đó, tỉ lệ giữa giá trị khoảng cách tâm từ bề mặt quang học cuối cùng của cụm thấu kính cố định phía trước (S4) đến bề mặt quang học đầu tiên của cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (S5) với giá trị tiêu cự tối đa tại cấu hình trường nhìn hẹp được tối ưu không thấp hơn 0,065. Điều đó sẽ hạn chế hiện tượng các chi tiết điều khiển truyền động cho cụm thấu kính dịch chuyển trong thiết kế cơ khí che khuất một phần lượng bức xạ hồng ngoại đi vào cảm biến tại các cấu hình trường nhìn còn lại, tránh khả năng suy giảm khẩu độ của ống kính tại các cấu hình này.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất có mặt phẳng ảnh trung gian nằm cách bề mặt sau (S10) của thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh của cụm thấu kính (G3) một khoảng bằng 13,581 mm về phía mặt phẳng ảnh. Mặt phẳng ảnh trung gian cũng nằm cách bề mặt trước (S11) của thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật của cụm thấu kính (G4) một khoảng bằng 0,397 mm. Khi đó, tỉ lệ giữa khoảng cách tâm từ mặt phẳng ảnh trung gian đến bề mặt (S10) với tổng chiều dài hệ quang học không lớn hơn 0,12 và tỉ lệ giữa khoảng cách từ mặt phẳng ảnh trung gian đến bề mặt (S11) với tổng chiều dài hệ quang học không lớn hơn 0,005. Khoảng cách đặc biệt ngắn giữa mặt phẳng ảnh trung gian và cụm thấu kính (G4) giúp tối đa hóa tỉ

lệ khuếch đại hình ảnh, giảm tải yêu cầu hội tụ hình ảnh trung gian với kích thước và tiêu cự lớn trên các cụm thấu kính (G1), (G2), (G3), đồng thời góp phần thu gọn kích thước hệ quang học.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất lựa chọn thành phần ở giữa của cụm thấu kính (G4) là thành phần lấy nét và bù lại sự dịch chuyển của tiêu diện khỏi bề mặt cảm biến khi nhiệt độ môi trường thay đổi. Cụ thể, khi nhiệt độ môi trường dao động trong phạm vi từ -15°C đến 55°C , thành phần ở giữa của cụm thấu kính (G4) được cho dịch chuyển trong phạm vi $\pm 1\text{ mm}$ xung quanh vị trí của thành phần này ở điều kiện tiêu chuẩn, tương ứng với giá trị nhiệt độ môi trường là 20°C , để lấy nét lại cho ống kính. Điều này cho phép ống kính vận hành bình thường với chất lượng hình ảnh được duy trì khi tiếp xúc với các điều kiện môi trường khác nhau.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất sử dụng tổng cộng tám thành phần thấu kính, trong đó hai thành phần được làm từ các loại vật liệu tinh thể như Silicon hay Germanium, các thành phần còn lại được làm từ các loại vật liệu tổng hợp Chalcogenide. Việc ứng dụng các loại vật liệu tổng hợp giúp ống kính có nhiều lựa chọn hơn về giá trị chiết suất trong thiết kế, hơn nữa sự phát triển của công nghệ đúc cũng cho phép dễ dàng gia công các loại vật liệu tổng hợp theo tạo hình mong muốn, phù hợp khi sản phẩm bước vào giai đoạn sản xuất loạt.

Tham chiếu vào Hình 1, Hình 2, Hình 3 và Hình 4, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái ứng dụng bề mặt lai phi cầu – nhiễu xạ tại bề mặt sau (S4) của thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh của cụm thấu kính (G1) và bề mặt trước (S15) của thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh của cụm thấu kính (G4). Việc bố trí các bề mặt nhiễu xạ tại các cụm thấu kính không dịch chuyển giúp hạn chế sự thay đổi trên mô hình phản xạ gây ra bởi hiệu ứng Narcissus trong quá trình ống kính thay đổi độ phóng đại. Đồng thời, sự có mặt của các bề mặt nhiễu xạ cũng hỗ trợ tối ưu quang sai và giảm số lượng thành phần quang học cần sử dụng trong thiết kế.

Tham chiếu vào Hình 5, Hình 6, Hình 7, Hình 8, Hình 9, Hình 10, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái có khả năng hội tụ chùm bức xạ tới trong phạm vi nhỏ, với đường kính phạm vi hội tụ trung bình căn quân phương (RMS) nằm trong một điểm ảnh. Hàm truyền độ phân giải (còn gọi là hàm MTF) tại các cấu hình trường nhìn khác nhau cũng bám sát giới hạn nhiễu xạ. Điều đó cho thấy thiết kế ống kính có chất lượng hình ảnh tốt được duy trì trên toàn bộ phạm vi tiêu cự hoạt động.

Các bề mặt phi cầu được đề cập đến trong thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được biểu diễn theo công thức sau:

$$Z(h) = \frac{\frac{1}{R}h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\frac{1}{R}h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10}$$

Trong công thức trên, $Z(h)$ là độ lệch khỏi mặt phẳng pháp tuyến tại vị trí tâm của bề mặt phi cầu trên quang trục tại độ cao h tính từ quang trục đó; R là giá trị bán kính cong của bề mặt phi cầu; k là hệ số cô-níc của bề mặt phi cầu; A, B, C, D là các hệ số phi cầu bậc cao.

Các bề mặt nhiễu xạ được đề cập đến trong thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được biểu diễn theo công thức sau:

$$\varphi(h) = \alpha_1 h^2 + \alpha_2 h^4$$

Trong công thức trên, $\varphi(h)$ là pha cộng thêm vào bề mặt nhiễu xạ tại độ cao h tính từ quang trục; α_1 và α_2 là các hệ số nhiễu xạ.

Dựa vào những công thức nói trên, các thông số kỹ thuật của một ví dụ minh họa cho thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được trình bày như sau:

Bảng 1: thông số kỹ thuật các thành phần quang học

STT	Cụm	Loại bề mặt	Bán kính cong (mm)	Độ dày tâm (mm)	Vật liệu
-----	-----	-------------	--------------------	-----------------	----------

1	G1	Cầu	70,89	9,2	SILICON
2		Cầu	158,44	2,6	
3		Phi cầu	101,63	4,4	GERMANIUM
4		Phi cầu - Nhiều xạ	77,13	d_1	
5	G2	Phi cầu	19,70	2,2	IRG204
6		Phi cầu	7,84	d_2	
7	G3	Phi cầu	10,27	4,1	IRG202
8		Phi cầu	-123,55	1,0	
9		Phi cầu	-59,48	2,3	IRG208
10		Phi cầu	24,87	d_3	
11	G4	Phi cầu	-7,98	4,3	IRG208
12		Phi cầu	-5,33	7,1	
13		Phi cầu	12,00	1,5	IRG203
14		Phi cầu	8,43	2,2	
15		Phi cầu - Nhiều xạ	19,45	2,1	IRG204
16		Phi cầu	-33,46	1,0	
17	Cụm cảm biến	Phẳng	∞	1,0	SILICON
18		Phẳng	∞	2,2	
19		Phẳng	∞	0,25	GERMANIUM
20		Phẳng	∞	19,1	

Trong bảng 1, các thông số d_1 , d_2 , d_3 đại diện cho khoảng cách dọc theo quang trục giữa các cụm thấu kính dịch chuyển với nhau và với các cụm thấu kính cố định. Trên toàn bộ phạm vi tiêu cự hoạt động của ống kính, giá trị của các thông số d_1 , d_2 , d_3 thay đổi sao cho tổng phạm vi dịch chuyển của cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại (G2) và cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh (G3) chiếm khoảng 40% tổng chiều dài hệ quang học.

Bảng 2: hệ số phi cầu của các thành phần quang học (STT bề mặt giữ nguyên như bảng 1)

STT	Hệ số Cô-níc	Các hệ số phi cầu			
		A	B	C	D
3	3,75	3,54E-07	-1,33E-09	-1,42E-12	8,78E-16
4	4,292	-1,16E-08	-2,24E-09	-2,98E-12	1,33E-15

5	6,39	-1,13E-03	7,50E-06	9,71E-08	-2,85E-09
6	-0,09	-1,83E-03	3,05E-05	-4,03E-07	1,54E-09
7	-1,44	5,26E-05	-1,01E-06	-3,82E-08	6,52E-11
8	-35,44	-9,13E-05	1,42E-06	-4,24E-08	1,71E-10
9	30,00	7,03E-04	4,89E-06	-1,83E-07	3,22E-09
10	5,28	1,31E-03	3,83E-05	-7,58E-07	5,95E-08
11	11,46	-0,024	0,010	-2,24E-03	2,03E-04
12	-0,54	-3,99E-04	-3,11E-05	1,61E-06	-9,63E-08
13	-4,31	4,61E-04	3,67E-06	-1,32E-05	6,40E-07
14	-25,43	5,61E-03	-5,73E-04	1,61E-05	1,85E-07
15	2,71	7,35E-04	-9,65E-06	-6,54E-07	1,23E-07
16	-3,55	5,38E-04	2,76E-05	-2,28E-06	2,56E-07

Bảng 3: hệ số nhiễu xạ của các thành phần quang học (STT bề mặt giữ nguyên như bảng 1)

STT	Bước sóng trung tâm (μm)	Tọa độ chuẩn hóa (mm)	Các hệ số nhiễu xạ	
			α_1	α_2
4	4,0	24,56	-17,11	-20,48
15	4,0	3,52	-39,19	11,67

Như vậy, thiết kế ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái được đề xuất sử dụng tổng cộng tám thành phần trong bốn cụm thấu kính. Tất cả các thành phần quang học được làm từ các loại vật liệu tinh thể hoặc vật liệu tổng hợp với các thông số bán kính cong, độ dày tâm, kích thước và khoảng cách giữa các thành phần được bố trí hợp lý. Thiết kế có tổng chiều dài hệ quang học chỉ dài 121,72 mm với cấu trúc nhỏ gọn, hoạt động trong vùng bước sóng hồng ngoại sóng trung cận thấp, tương ứng với phạm vi bước sóng trong khoảng từ 3,7 đến 4,2 μm . Bên cạnh đó, thiết kế được đề xuất có khả năng lấy nét và bù nhiệt trong phạm vi nhiệt độ môi trường dao động từ -15°C đến 55°C , đạt hiệu suất làm lạnh 100%, cho phép phóng đại liên tục trong phạm vi tiêu cự hoạt động từ 20 mm đến 275 mm và đảm bảo duy trì chất lượng hình ảnh tốt trong phạm vi tiêu cự hoạt động nói trên. Ngoài ra, thiết kế được đề xuất tương thích với các loại cảm biến ảnh nhiệt hồng ngoại sóng trung có làm lạnh với khẩu độ F/5,5, độ phân giải 640 x 512 điểm ảnh và kích thước mỗi điểm ảnh là 15 μm .

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 chỉ là cơ sở cho những đề xuất khác.

Yêu cầu bảo hộ

1. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái với cấu trúc ống kính bao gồm bốn cụm thấu kính chính được phân bố đồng trục theo chiều từ mặt phẳng vật đến mặt phẳng ảnh theo thứ tự sau:

cụm thấu kính cố định phía trước: bao gồm hai thành phần thấu kính, trong đó thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật có độ tụ dương, được làm từ vật liệu silicon với bề mặt trước là mặt cầu lồi, bề mặt sau là mặt cầu lõm, thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh có độ tụ âm, được làm từ vật liệu germanium với bề mặt trước là mặt phi cầu có biên dạng lồi, bề mặt sau là mặt lai phi cầu – nhiễu xạ có biên dạng lõm;

cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại: bao gồm một thành phần thấu kính, thành phần này có độ tụ âm, được làm từ vật liệu tổng hợp chalcogenide IRG204 với công thức $\text{Se}_{63}\text{As}_{30}\text{Sb}_4\text{Sn}_3$, bề mặt trước của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lồi, bề mặt sau là mặt phi cầu có biên dạng lõm;

cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh: bao gồm hai thành phần thấu kính, trong đó thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật có độ tụ dương, được làm từ vật liệu tổng hợp chalcogenide IRG202 với công thức $\text{Ge}_{22}\text{Se}_{58}\text{As}_{20}$, bề mặt trước của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lồi, bề mặt sau là mặt phi cầu có biên dạng lồi, thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh có độ tụ âm, được làm từ vật liệu tổng hợp chalcogenide IRG208 với công thức $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$, bề mặt trước của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau là mặt phi cầu có biên dạng lõm;

cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau: bao gồm ba thành phần thấu kính, trong đó thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật có độ tụ dương, được làm từ vật liệu tổng hợp chalcogenide IRG208 với công thức $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$, bề mặt trước của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lõm, bề mặt sau là mặt phi cầu có biên dạng lồi, thành phần nằm ở giữa có độ tụ âm, được làm từ vật liệu tổng hợp chalcogenide IRG203 với công thức $\text{Ge}_{20}\text{Se}_{65}\text{Sb}_{15}$, bề mặt trước của thành phần này là mặt phi cầu có biên dạng lồi, bề mặt sau là mặt phi cầu có biên dạng lõm, thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh có độ tụ dương, được làm từ vật liệu tổng hợp chalcogenide IRG204 với công thức $\text{Se}_{63}\text{As}_{30}\text{Sb}_4\text{Sn}_3$, bề mặt trước của thành phần này là mặt lai phi cầu – nhiễu xạ có biên dạng lồi, bề mặt sau là mặt phi cầu có biên dạng lồi.

2. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

giá trị tỉ lệ giữa tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại và tổng chiều dài hệ quang học đạt 0,17, giá trị tỉ lệ giữa tổng khoảng cách dịch chuyển của cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh và tổng chiều dài hệ quang học đạt 0,23, tổng phạm vi dịch chuyển của các cụm thấu kính chiếm khoảng 40% tổng chiều dài hệ quang học.

3. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

tỉ lệ giữa khoảng cách tâm từ mặt phẳng ảnh trung gian đến bề mặt sau của thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh của cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh với tổng chiều dài hệ quang học không lớn hơn 0,12; tỉ lệ giữa khoảng cách từ mặt phẳng ảnh trung gian đến bề mặt trước của thành phần nằm ở phía mặt phẳng vật của cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau với tổng chiều dài hệ quang học không lớn hơn 0,005; tỉ lệ giữa giá trị khoảng cách tâm từ bề mặt quang học cuối cùng của cụm thấu kính cố định phía trước đến bề mặt quang học đầu tiên của cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại với giá trị tiêu cự tối đa tại cấu hình trường nhìn hẹp không thấp hơn 0,065.

4. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

thành phần ở giữa của cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau là thành phần lấy nét và bù lại sự dịch chuyển của tiêu diện khỏi bề mặt cảm biến khi nhiệt độ môi trường dao động trong phạm vi từ -15°C đến 55°C; thành phần ở giữa của cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau được cho dịch chuyển trong phạm vi ± 1 mm xung quanh vị trí của thành phần này ở điều kiện tiêu chuẩn, tương ứng với giá trị nhiệt độ môi trường là 20°C, để lấy nét lại cho ống kính.

5. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

công nghệ bề mặt lai phi cầu – nhiễu xạ được ứng dụng tại bề mặt sau của thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh của cụm thấu kính cố định phía trước và bề mặt trước

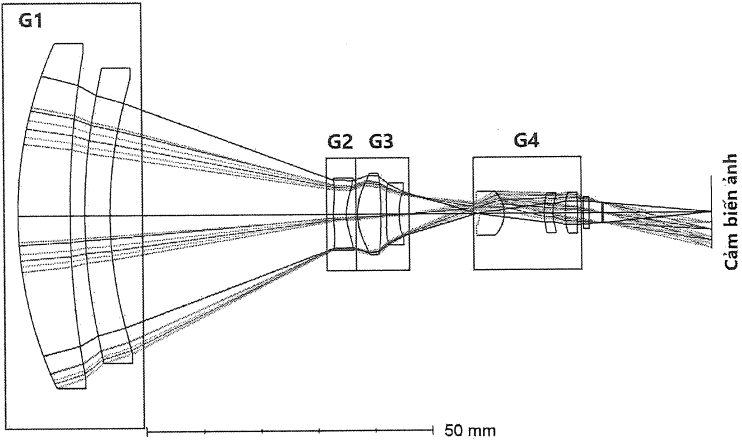
của thành phần nằm ở phía mặt phẳng ảnh của cụm thấu kính khuếch đại trung gian phía sau.

6. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

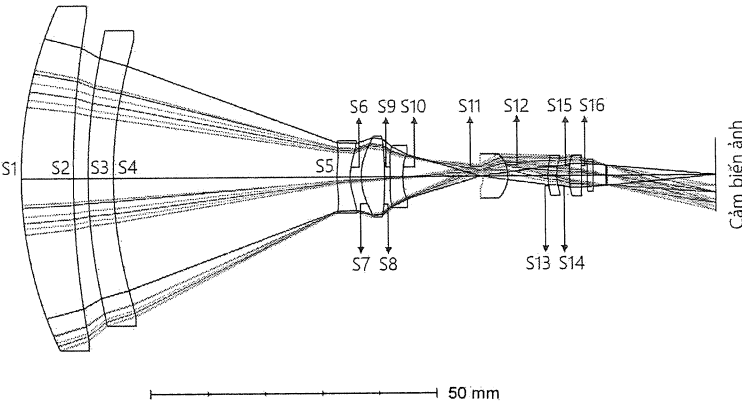
thiết kế có tổng chiều dài hệ quang học chỉ dài 121,72 mm với cấu trúc nhỏ gọn, hoạt động trong vùng bước sóng hồng ngoại sóng trung cận thấp, tương ứng với phạm vi bước sóng trong khoảng từ 3,7 đến 4,2 μm , đạt hiệu suất làm lạnh 100%, cho phép phóng đại liên tục trong phạm vi tiêu cự hoạt động từ 20 mm đến 275 mm, tương đương với giá trị tỉ lệ giữa tổng chiều dài hệ quang học với giá trị tiêu cự tối đa tại cấu hình trường nhìn hẹp không quá 0,45, đồng thời đảm bảo duy trì chất lượng hình ảnh tốt trong phạm vi tiêu cự hoạt động nói trên.

7. Ống kính hồng ngoại sóng trung phóng đại liên tục cỡ nhỏ cho thiết bị bay không người lái theo điểm 1, trong đó:

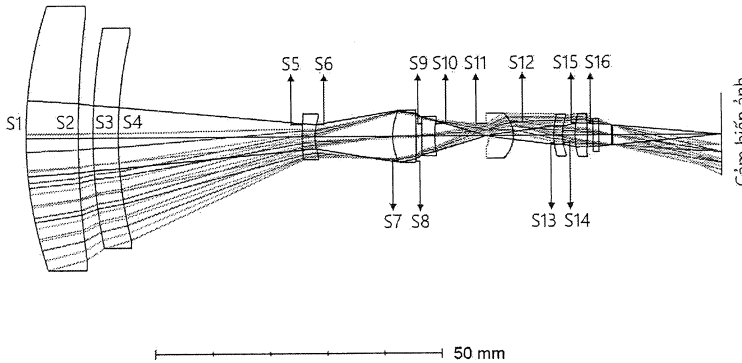
cụm thấu kính thay đổi độ phóng đại và cụm thấu kính bù chất lượng hình ảnh được cho dịch chuyển đồng thời và đồng bộ với nhau để tạo thành hiệu ứng phóng đại liên tục của ống kính.



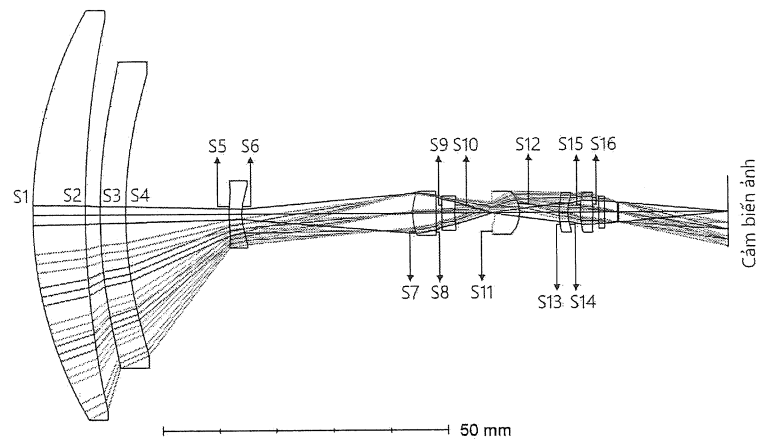
Hình 1



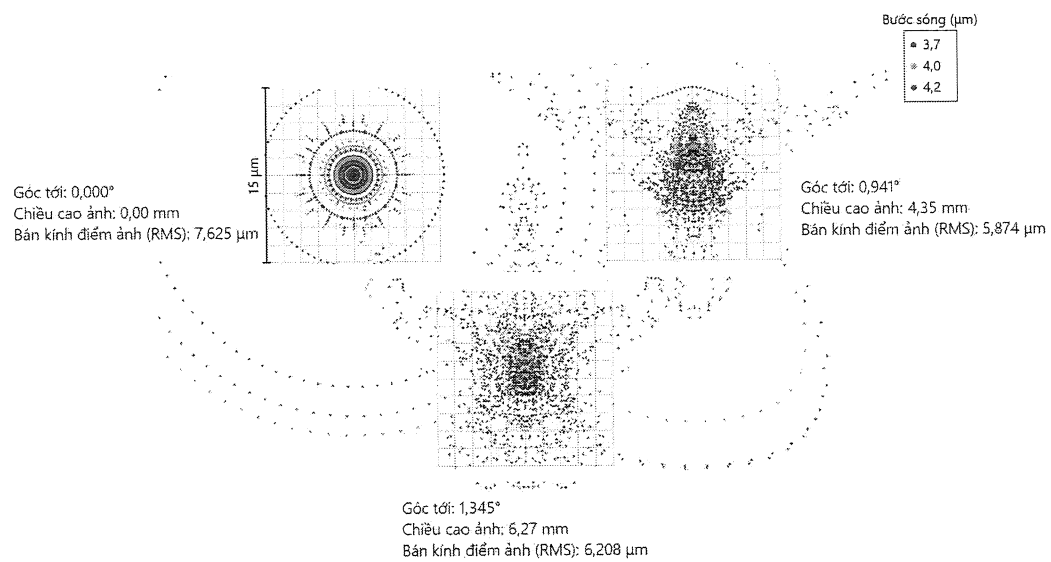
Hình 2



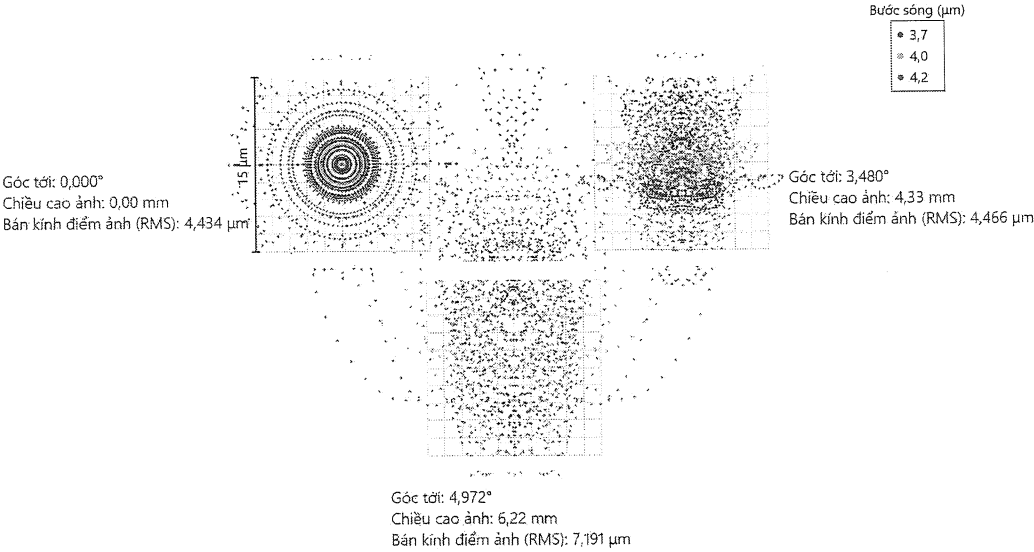
Hình 3



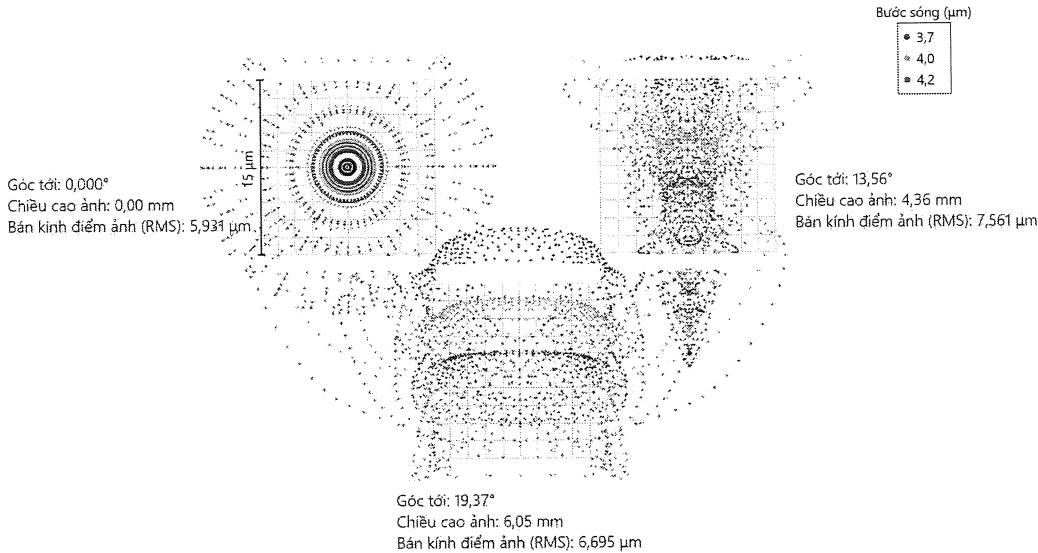
Hình 4



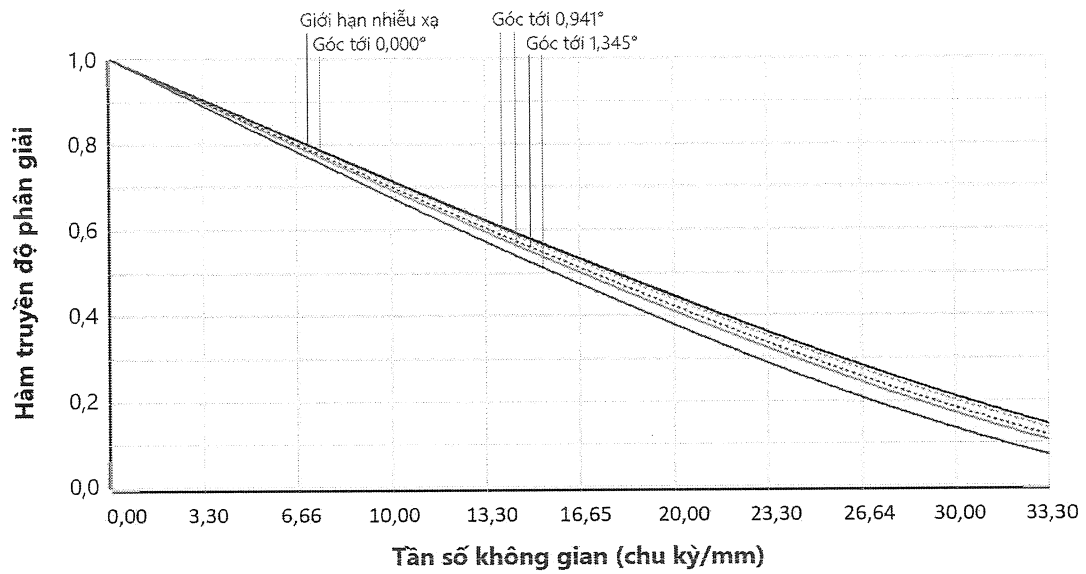
Hình 5



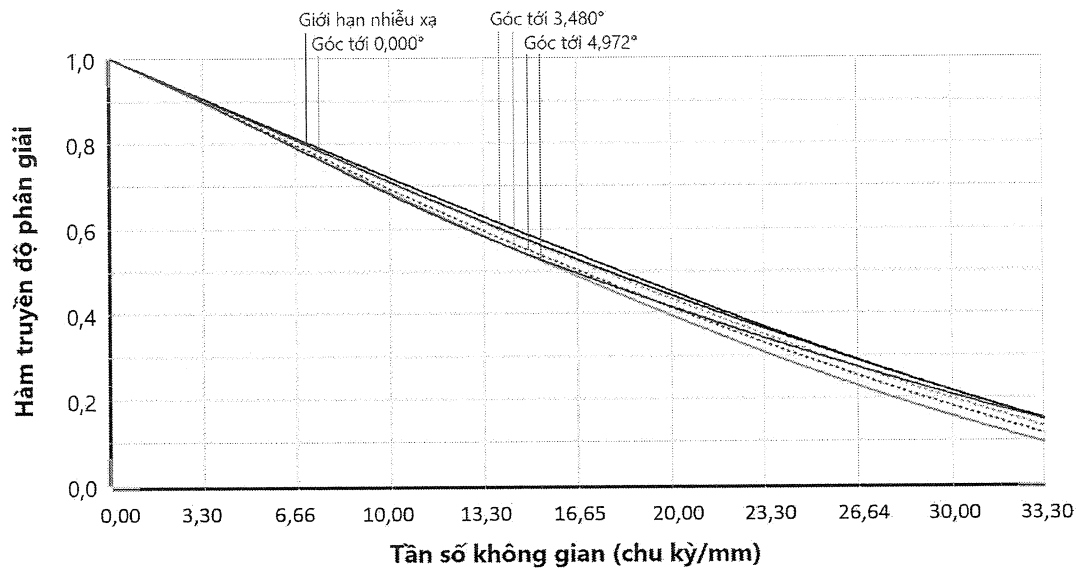
Hình 6



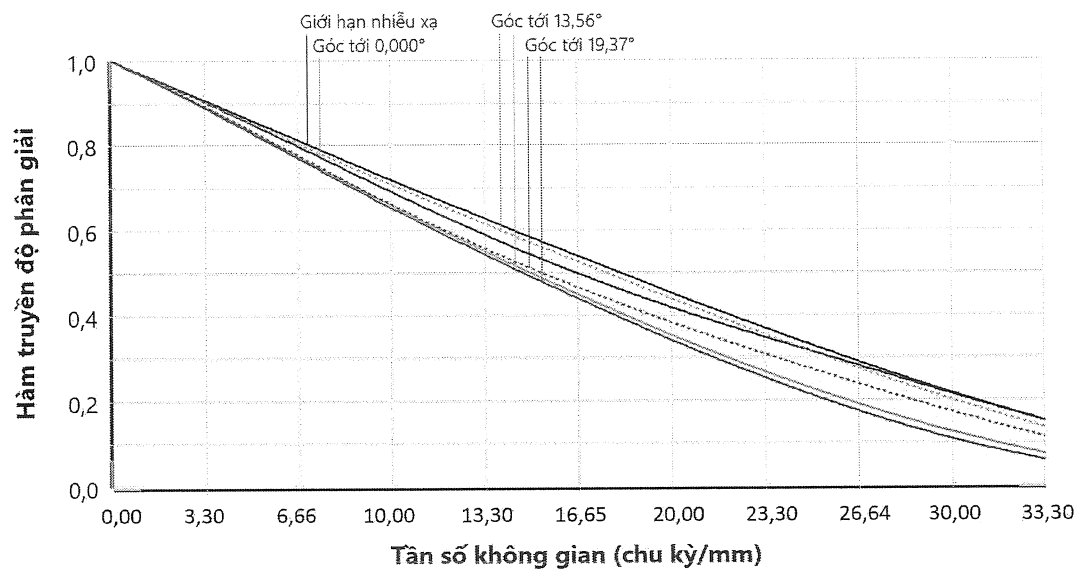
Hình 7



Hình 8



Hình 9



Hình 10