



(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)



1-0053459

(51)^{2022.01} G02B 3/10; G02C 7/06; G02B 5/18

(13) B

(21) 1-2023-01213

(22) 07/10/2021

(86) PCT/JP2021/037213 07/10/2021

(87) WO 2022/075423 14/04/2022

(30) 2020-170804 08/10/2020 JP

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/07/2023 424A

(73) KOWA COMPANY, LTD. (JP)

6-29, Nishiki 3-chome, Naka-ku, Nagoya-shi, Aichi 4608625 Japan

(72) Shuji ABE (JP); Yasuhiro HISHINUMA (JP); Kotaro MITSUMOTO (JP); Haruo ISHIKAWA (JP); Norio SHIMIZU (JP).

(74) Công ty TNHH dịch vụ sở hữu trí tuệ DREWMARKS (DREWMARKS CO.,LTD.)

(54) THẤU KÍNH NHIỀU XẠ ĐA TIÊU CỤ

(21) 1-2023-01213

(57) Sáng chế đề cập đến thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự giúp đạt được hiệu quả sử dụng ánh sáng. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự (100) bao gồm cách tử nhiễu xạ (1c). Ánh sáng bậc âm (L2) tạo ra tiêu điểm (f_2) cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc 0 (L1) tạo ra tiêu điểm (f_1) gần hơn cho tầm nhìn xa. Số lượng tiêu điểm là hai hoặc nhiều hơn hai. Vị trí tiêu điểm (f_c) cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn so với vị trí tiêu điểm (f_s) cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc.

FIG.2A

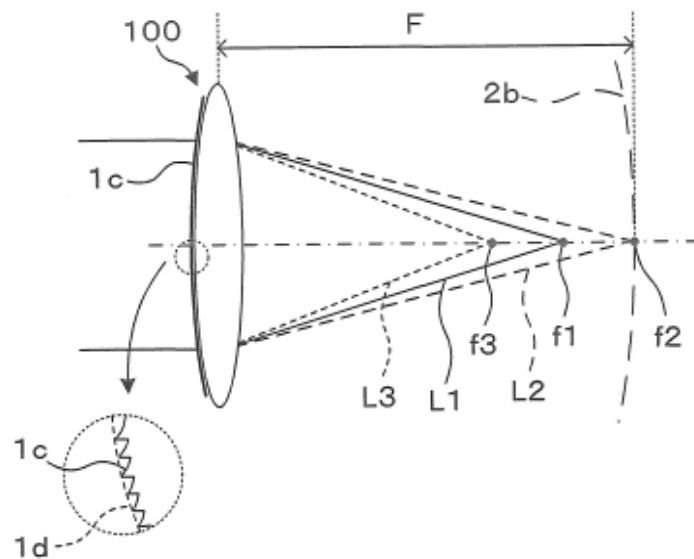
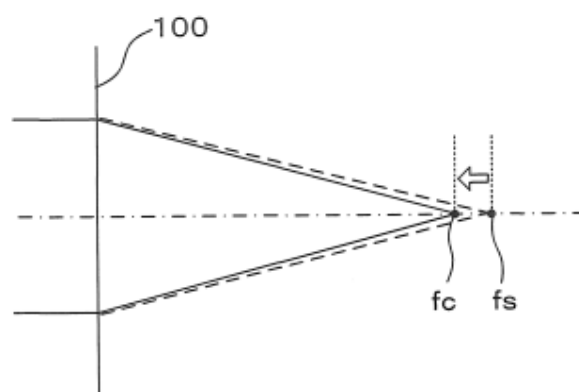


FIG.2B



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự được sử dụng chủ yếu cho thấu kính nội nhãn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự thông thường thường được tạo kết cấu để hội tụ ánh sáng bậc 0 (ánh sáng khúc xạ) tại tiêu điểm cho tầm nhìn xa và hội tụ ánh sáng bậc 1 (ánh sáng nhiễu xạ) tại tiêu điểm cho tầm nhìn gần hoặc tầm nhìn trung gian. Như một ví dụ về thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự thuộc các loại khác với loại trên, thấu kính nhãn khoa đa tiêu cự được tạo kết cấu để hội tụ ánh sáng bậc 1 (ánh sáng nhiễu xạ) tại tiêu điểm để nhìn xa nhằm giảm quang sai sắc độ (tham khảo tài liệu sáng chế 1). Như một ví dụ khác về thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự, thấu kính ba tiêu cự được bộc lộ có kết cấu để hội tụ ánh sáng bậc 0 (ánh sáng khúc xạ) tại tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian, hội tụ ánh sáng bậc +1 (ánh sáng nhiễu xạ) tại tiêu điểm cho tầm nhìn gần, và hội tụ ánh sáng bậc -1 (ánh sáng nhiễu xạ) tại tiêu điểm cho tầm nhìn xa (tham khảo tài liệu sáng chế 2). Hơn nữa, thấu kính nhãn khoa được bộc lộ có độ tụ nhiễu xạ âm để tăng phạm vi quang sai sắc độ (tham khảo tài liệu sáng chế 3).

ISO 11979-2 liên quan đến các phương pháp thử nghiệm các tính chất quang học của thấu kính nội nhãn quy định rằng độ tụ khúc xạ, chức năng truyền môđun (modular transfer function - MTF), v.v. phải được đo bằng các nguồn ánh sáng đơn sắc có bước sóng 546 ± 10 nm. Các thông số kỹ thuật của thấu kính nội nhãn được xác định dựa trên các đánh giá hiệu suất đơn sắc này. Ở đây, như được hiểu từ thực tế là quang sai sắc độ được thảo luận trong tài liệu sáng chế 1, người ta đã chú ý đến việc đánh giá hiệu suất đa sắc (màu trắng) của thấu kính đa tiêu cự. Tuy nhiên, thấu kính đa tiêu cự trong tài liệu sáng chế 1 không tính đến sự sai lệch giữa vị trí tiêu điểm cho hiệu suất đơn sắc và vị trí tiêu điểm cho hiệu suất đa sắc, và thiết kế quang học thường được sử dụng của thấu kính nội nhãn dựa trên hiệu suất đơn sắc ở bước sóng 546 ± 10 nm theo ISO 11979-2 gây ra sự dịch chuyển vị trí tiêu điểm giữa hiệu suất đơn sắc và hiệu suất đa sắc. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự thông thường thường sao cho vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong việc đánh giá hiệu suất đa sắc nằm xa thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự

hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong việc đánh giá hiệu suất đơn sắc. Trong trường hợp này, ánh sáng phân bổ cho tầm nhìn xa được hội tụ trên võng mạc và phía sau võng mạc. Điều này có thể cản trở việc sử dụng hiệu quả ánh sáng, khiến các đặc tính thực tế không khớp với thông số kỹ thuật của thấu kính nội nhãn.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu sáng chế 1: Công bố quốc tế số 2018/100459 A1

Tài liệu sáng chế 2: Công bố quốc tế số 2019/020435 A1

Tài liệu sáng chế 3: JP S59-224818 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế được thực hiện dựa trên vấn đề được thảo luận trong phần Tình trạng kỹ thuật được mô tả ở trên, và mục đích của sáng chế là cung cấp thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự cho phép sử dụng ánh sáng một cách hiệu quả.

Để đạt được mục đích được mô tả ở trên, thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo sáng chế bao gồm cách tử nhiều xạ. Ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong khi ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với tầm nhìn xa. Số lượng tiêu điểm là hai hoặc nhiều hơn hai. Vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc.

Vì thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự được mô tả ở trên được tạo kết cấu là thấu kính đa tiêu cự làm cho tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính hơn so với tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc, nên tiêu điểm cho tầm nhìn xa nằm gần thấu kính nội nhãn (thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự) hơn so với võng mạc trong phạm vi ánh sáng thị giác, giúp có thể đưa vật thể ở vị trí hữu hạn vào tiêu điểm, cho phép sử dụng ánh sáng hiệu quả.

Theo khía cạnh cụ thể của sáng chế, thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự được mô tả ở trên làm cho ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0 và số lượng tiêu điểm là ba hoặc nhiều hơn ba. Trong trường hợp này, có thể đạt được sự tạo ảnh cho ba khoảng cách mục tiêu trở lên.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của các biên dạng động học. Trong trường hợp này, sự kết hợp của các biên dạng động học cho phép thiết kế hiệu quả thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự với hình dạng cách tử nhiễu xạ làm cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa, ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn cho tầm nhìn xa, và ánh sáng bậc dương để tiếp tục tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, số hạng hiệu chỉnh của hệ số khúc xạ trung bình được thêm vào các biên dạng động học. Trong trường hợp này, có thể hiệu chỉnh chiều cao vồng động học bằng số hạng hiệu chỉnh hệ số khúc xạ trung bình với giả định đặt trong chất lỏng để sử dụng thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự trong mắt.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, số hạng hiệu chỉnh tỷ lệ giãn đồng tử được thêm vào các biên dạng động học. Số hạng hiệu chỉnh của tỷ lệ giãn đồng tử cho phép đạt được sự phù hợp giữa độ tụ thu được đối với ánh sáng nhiễu xạ với độ tụ thu được đối với ánh sáng khúc xạ, ngay cả khi mô phỏng sử dụng các giá trị thiết kế cho hai phương pháp trong đó một trong số đó là phương pháp bổ sung độ tụ ánh sáng khúc xạ bằng cách thay đổi độ cong và phương pháp còn lại là phương pháp bổ sung độ tụ ánh sáng nhiễu xạ bằng cách sử dụng cách tử nhiễu xạ đã chứng minh rằng các giá trị độ tụ thu được là khác nhau mặc dù hai phương pháp này nhằm bổ sung cùng một giá trị độ tụ.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự là thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự có một tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm được tạo ra bởi thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự. Độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự gấp đôi độ tụ của thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự, và số vân nhiễu xạ là như nhau giữa thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự và thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự là thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự có hai tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm được tạo ra bởi thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự. Độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự gấp ba lần độ tụ bổ sung của thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự, và số vân nhiễu xạ là như nhau giữa thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự và thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hai biên dạng động học và có chiều cao bằng một nửa chiều cao cách tử nhiễu xạ của hai biên dạng động học. Ánh sáng được phân bổ cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm xa thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0. Bậc của ánh sáng bậc âm giống với bậc của ánh sáng bậc dương. Trong trường hợp này, lượng thay đổi của độ cao cách tử nhiễu xạ do sự kết hợp gây ra là như nhau, giúp có thể cân bằng đáng kể tỷ lệ phân bổ ánh sáng đối với ánh sáng bậc âm và ánh sáng bậc dương.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hai biên dạng động học. Chiều cao cách tử nhiễu xạ của hai biên dạng động học khác nhau. Ánh sáng được phân bổ cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm xa thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0. Bậc của ánh sáng bậc âm và bậc của ánh sáng bậc dương khác nhau. Trong trường hợp này, ánh sáng bậc nhiễu xạ tạo ra các tiêu điểm được tăng lên, cung cấp lượng điều chỉnh lớn hơn cho các tiêu điểm.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, phần rãnh của cách tử nhiễu xạ bao gồm các vùng phẳng. Trong trường hợp này, ánh sáng có khả năng được phân bổ cho vị trí tiêu điểm ngoài ý muốn của ánh sáng bậc cao nếu phần rãnh của không được làm phẳng có thể được phân bổ cho vị trí tiêu điểm của ánh sáng bậc thấp.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự được tạo thành từ vật liệu quang học có độ tán xạ bình thường với chiết suất vật liệu nằm trong khoảng từ 1,45 đến 1,56, gồm cả ở bước sóng 546 nm. Thiết lập độ tụ giữa các tiêu điểm tương ứng lớn hơn hoặc bằng 0,75D.

Vẫn theo một khía cạnh khác của sáng chế, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự có cặp bề mặt quang học. Một bề mặt quang học trong cặp bề mặt quang học bao gồm cách tử nhiễu xạ, và bề mặt quang học còn lại có dạng hình xuyên. Trong trường hợp này, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự để điều chỉnh loạn thị được cung cấp do dạng hình xuyên của bề mặt quang học còn lại đó.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1A là hình chiếu bằng minh họa thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo phương án thứ nhất.

Fig.1B là hình chiếu cạnh minh họa thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự.

Fig.1C là sơ đồ dạng giản đồ minh họa ví dụ sử dụng thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự.

Fig.2A là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa các tiêu điểm của ánh sáng khúc xạ và ánh sáng nhiễu xạ trong thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự.

Fig.2B là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa tiêu điểm cho hiệu suất đơn sắc và tiêu điểm cho hiệu suất đa sắc.

Fig.3A là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự trong ví dụ 1.

Fig.3B là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng cho trường hợp thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ 1 được kết hợp.

Fig.3C là sơ đồ minh họa các MTF của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ 1.

Fig.3D là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 1.

Fig.3E là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng cho trường hợp thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 1 được kết hợp.

Fig.3F là sơ đồ minh họa các MTF của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 1.

Các hình vẽ từ Fig.4A đến Fig.4E là các sơ đồ minh họa các MTF của các thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ 2.

Các hình vẽ từ Fig.5A đến Fig.5F là các sơ đồ minh họa các MTF của các thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự khác của ví dụ 2.

Các hình vẽ từ Fig.6A đến Fig.6F là các sơ đồ minh họa các hình dạng cách tử

nhiều xạ của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ 3 trong phương án thứ hai.

Các hình vẽ từ Fig.6G đến Fig.6I là các sơ đồ minh họa các hình dạng cách tử nhiều xạ của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 2.

Các hình vẽ từ Fig.6J đến Fig.6L là các sơ đồ minh họa các hình dạng cách tử nhiều xạ của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự thuộc các biến thể của ví dụ 3.

Các hình vẽ từ Fig.7A đến Fig.7F là các sơ đồ minh họa các hình dạng cách tử nhiều xạ của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ 4 trong phương án thứ ba.

Fig.7C là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ 4.

Fig.7D là sơ đồ minh họa các MTF của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ 4.

Fig.8A và Fig.8B là các sơ đồ minh họa các hình dạng cách tử nhiều xạ của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 3.

Fig.8C là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 3.

Fig.8D là sơ đồ minh họa các MTF của các thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của ví dụ so sánh 3.

Fig.9A là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiều xạ của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự trong ví dụ 5.

Fig.9B là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ 5.

Fig.9C là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ 5.

Fig.9D là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiều xạ của ví dụ so sánh 4.

Fig.9E là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ so sánh 4.

Fig.9F là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm

trong ví dụ so sánh 4.

Fig.10A là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ 5.

Fig.10B là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ 5.

Fig.10C là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5 mm trong ví dụ so sánh 4.

Fig.10D là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ so sánh 4.

Fig.11A là sơ đồ minh họa các MTF của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của ví dụ 6.

Fig.11B và Fig.11C là các sơ đồ minh họa các MTF của các thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự hiện có.

Fig.12A là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng của các thấu kính bốn tiêu cự với các giá trị khác nhau của hệ số α của các biên dạng động học trong các biến thể của ví dụ 3 được thể hiện trên Fig.6L.

Fig.12B là sơ đồ minh họa các MTF của các thấu kính bốn tiêu cự được mô tả ở trên với các giá trị khác nhau của hệ số α .

Fig.13A là hình chiếu cơ sở của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo phương án thứ tư.

Fig.13B là hình chiếu cạnh dạng giản đồ song song với kinh tuyến phẳng của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự.

Fig.13C là hình chiếu cạnh dạng giản đồ song song với kinh tuyến dốc của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự.

Fig.13D là sơ đồ thể hiện một ví dụ về sự thay đổi độ dày phân đầu được nhìn từ tâm thấu kính của thân thấu kính theo hướng góc.

Fig.14A là hình chiếu phóng to của dấu hình xuyên được bố trí trên thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự được minh họa trên Fig.13A.

Fig.14B là hình mặt cắt của đầu xuyên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án thứ nhất

Sau đây, mô tả được đưa ra về thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 là phương án thứ nhất của sáng chế, với sự tham chiếu đến Fig.1 và các hình vẽ khác. Fig.1A là hình chiếu bằng của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, và Fig.1B là hình chiếu cạnh của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100. Fig.1C là sơ đồ dạng giản đồ minh họa ví dụ sử dụng thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100.

Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được thể hiện trên Fig.1A và Fig.1B mà được sử dụng làm thấu kính nội nhãn bao gồm thân thấu kính 100a có chức năng thay thế thấu kính kết tinh 2a trong nhãn cầu 200 được thể hiện trên Fig.1C và hai giá đỡ 100b đỡ thân thấu kính 100a trong nhãn cầu 200. Thân thấu kính 100a và các giá đỡ 100b được tạo liền khối. Thân thấu kính 100a có bề mặt quang học thứ nhất 1a là mặt trước, và bề mặt quang học thứ hai 1b là mặt sau đối diện với bề mặt quang học thứ nhất 1a. Mặc dù thân thấu kính 100a được tạo kết cấu là thấu kính hai mặt lồi trong ví dụ minh họa, nhưng một bề mặt của thân thấu kính 100a có thể lõm hoặc phẳng tùy thuộc vào đặc tính của thấu kính. Các giá đỡ 100b bao gồm phần lồi cong nhô ra từ phần ngoại vi của thân thấu kính 100a. Cần lưu ý rằng thân thấu kính 100a và các giá đỡ 100b có thể được tạo thành các bộ phận riêng biệt. Như được thể hiện trên Fig.1C, khi sử dụng thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, chỉ phần lớn bên trong thấu kính kết tinh 2a được loại bỏ, để lại màng mỏng ngoài cùng (vỏ thấu kính), và thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được lắp vào và cố định trong màng mỏng này.

Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo thành từ vật liệu mềm linh hoạt, chẳng hạn như nhựa nhiệt dẻo, nhựa không nhiệt dẻo, hoặc vật liệu vô định hình vô cơ. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo thành từ vật liệu quang học có độ tán xạ bình thường với chỉ số khúc xạ vật liệu nằm trong khoảng từ 1,45 đến 1,56, gồm cả ở bước sóng 546nm. Đối với trường hợp này, mong muốn rằng thiết lập độ tụ giữa các tiêu điểm tương ứng lớn hơn hoặc bằng 0,75D.

Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo kết cấu như một thân kết hợp của

cấu trúc thấu kính khúc xạ và cách tử nhiễu xạ 1c. Thân thấu kính 100a bao gồm cách tử nhiễu xạ 1c trên bề mặt quang học thứ nhất 1a hoặc bề mặt quang học thứ hai 1b. Trong ví dụ được thể hiện, bề mặt quang học thứ nhất 1a là một trong các bề mặt quang học được bố trí cách tử nhiễu xạ 1c trong khi bề mặt quang học thứ hai 1b là bề mặt quang học còn lại có dạng hình cầu hoặc phi cầu. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 làm cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 hơn tiêu điểm cho tầm nhìn xa, trong khi số lượng tiêu điểm là hai hoặc nhiều hơn hai. Vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc. Thực tế là ánh sáng bậc 0 (ánh sáng khúc xạ) tạo ra tiêu điểm gần thấu kính hơn so với tầm nhìn xa ngụ ý rằng ánh sáng bậc 0 mà được tạo ra bởi ánh sáng từ một vật thể nhất định đi qua thấu kính được hội tụ gần thấu kính hơn ánh sáng bậc -1 hoặc tương tự từ cùng một vật đi qua thấu kính. Coi vống mạc là tham chiếu, ánh sáng bậc -1 cho phép nhìn xa hơn ánh sáng bậc 0.

Fig.2A là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa tiêu điểm của ánh sáng khúc xạ và ánh sáng nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 và Fig.2B là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa tiêu điểm cho hiệu suất đơn sắc và tiêu điểm cho hiệu suất đa sắc. Trong ví dụ của Fig.2A, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 có độ tụ +20D đối với ánh sáng bậc 0 (ánh sáng khúc xạ) L1. Coi tiêu điểm f_1 của ánh sáng bậc 0 làm tham chiếu, ánh sáng bậc âm (ví dụ, ánh sáng bậc -1 L2) tạo ra tiêu điểm xa hơn f_2 và ánh sáng bậc dương (ví dụ, ánh sáng bậc +1 L3) tạo ra tiêu điểm gần hơn f_3 . Fig.2A thể hiện các tiêu điểm vô cực của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, và vị trí tiêu điểm của ánh sáng bậc âm mà được đặt xa nhất được đặt ở vị trí tạo ảnh trên vống mạc 2b làm tham chiếu. Đối với ánh sáng bậc 0, ánh sáng bậc dương và ánh sáng bậc âm khác với ánh sáng được dùng làm tham chiếu, có thể đạt được việc tạo ảnh trên vống mạc 2b đối với các mục tiêu được định vị ở các khoảng cách mục tiêu tương ứng. Cần lưu ý rằng khoảng cách mục tiêu có nghĩa là khoảng cách đến từng mục tiêu được định vị phân bố từ vô cực về phía thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100.

Trong phương án này, phần mô tả được đưa ra về kết cấu trong đó thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo kết cấu là thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự để sử dụng

ánh sáng bậc 0 L1 và ánh sáng bậc 1 L2. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 làm cho ánh sáng bậc 0 L1 tạo ra tiêu điểm f_1 cho tầm nhìn gần và ánh sáng bậc -1 L2 tạo ra tiêu điểm f_2 cho tầm nhìn xa. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 lấy khoảng cách F từ thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 đến võng mạc $2b$ làm giá trị tiêu chuẩn cho vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa. Nói cách khác, vị trí tiêu điểm của ánh sáng bậc -1 L2 tương ứng với khoảng cách F trong phương án này. Cần lưu ý rằng độ dài tiêu cự của ánh sáng bậc -1 L2 có thể được điều chỉnh theo khoảng cách F bằng các thiết lập hoặc thiết kế cấu trúc nhiễu xạ tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa.

Như được thể hiện trên Fig.2B, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo kết cấu sao cho vị trí tiêu điểm f_c cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 hơn so với vị trí tiêu điểm f_s cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc như được mô tả ở trên. Nói cách khác, vị trí tiêu điểm f_c cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính hơn so với vị trí tiêu điểm f_s cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc.

Bằng cách định vị tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong dải ánh sáng nhìn thấy được đặt gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, mà là thấu kính nội nhãn, hơn so với võng mạc $2b$, cho phép đưa đối tượng ở vị trí hữu hạn vào tiêu điểm, cho phép sử dụng ánh sáng hiệu quả. Liên quan đến việc sắp xếp vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa, sự tham khảo được đưa ra cho trường hợp ví dụ trong đó quang sai hình cầu được để ở phía gần so với thấu kính nội nhãn. Sự mô tả cụ thể được đưa ra sau đây. Khi thấu kính nội nhãn được điều chỉnh chưa đúng mức với quang sai hình cầu còn lại ở phía gần, ánh sáng sẽ tập trung vào võng mạc và gần thấu kính nội nhãn hơn võng mạc. Do phạm vi của quang sai nằm trong mắt nên quang sai có thể được sử dụng để lấy nét. Để sử dụng hiệu quả ánh sáng, thấu kính nội nhãn thường được chọn để được điều chỉnh dưới mức quang sai hình cầu còn lại ở phía gần. Mặc dù đây là trường hợp ví dụ về hiệu suất đơn sắc, nhưng người ta cho rằng điều này cũng sẽ áp dụng cho cuộc thảo luận liên quan đến hiệu suất đa sắc. Thấu kính nội nhãn thực sự được sử dụng trong môi trường đa sắc chứ không phải môi trường đơn sắc, và mong muốn xác định vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa gần thấu kính nội nhãn hơn võng mạc cho cả hiệu suất đơn sắc và hiệu suất đa sắc trong khi vị trí tiêu điểm được đặt ở vị trí tiêu chuẩn

đối với hiệu suất đơn sắc. Theo đó, mong muốn rằng, giống như trường hợp thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 của phương án này, vị trí tiêu điểm cho hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 hơn so với vị trí tiêu điểm cho hiệu suất đơn sắc.

Cần lưu ý rằng quang sai sắc độ được xem xét liên quan đến hiệu suất đa sắc. Vì quang sai sắc độ đối với ánh sáng khúc xạ tạo ra tiêu điểm cho màu xanh lam có bước sóng ngắn hơn 546nm ở phía gần và tạo ra tiêu điểm cho màu đỏ có bước sóng dài hơn 546nm ở phía xa, các tiêu điểm cho màu lam, lục, và đỏ được tạo ra theo thứ tự từ phía gần. Ngoài ra, các tiêu điểm cho màu đỏ, lục, và lam được tạo ra theo trình tự từ phía gần đối với ánh sáng nhiều xạ bậc dương trong khi các tiêu điểm đối với xanh lam, lục, và đỏ được tạo ra theo thứ tự từ phía gần đối với ánh sáng nhiều xạ bậc âm. Nói cách khác, đối với quang sai sắc độ ảnh hưởng đến ánh sáng nhiều xạ, ánh sáng bậc dương thể hiện quang sai sắc độ ngược với ánh sáng khúc xạ trong khi ánh sáng bậc âm biểu hiện quang sai sắc độ cùng hướng với ánh sáng khúc xạ. Ngoài ra, đã biết rằng thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự bù quang sai sắc độ xảy ra trong ánh sáng khúc xạ với quang sai sắc độ xảy ra trong ánh sáng nhiều xạ. Theo đó, các thấu kính nhiều xạ phổ biến thường được tạo kết cấu để tạo ra tiêu điểm cho lam với bước sóng ngắn hơn 546nm ở xa tiêu điểm cho màu lục với bước sóng thiết kế khoảng 546nm. Nói cách khác, các thấu kính nhiều xạ thông thường thể hiện quang sai sắc độ ngược lại với quang sai của các thấu kính khúc xạ thông thường, tạo ra các tiêu điểm cho màu đỏ, lục và lam theo thứ tự từ phía gần. Liên quan đến các tiêu điểm cho tầm nhìn xa của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 của phương án này, các tiêu điểm cho màu lam, lục và đỏ được tạo ra theo thứ tự từ phía gần, vì tiêu điểm cho màu lam được tạo ra gần hơn tiêu điểm cho màu lục, mặc dù thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 là thấu kính nhiều xạ.

Đối với thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100, thực tế là cường độ ánh sáng của ánh sáng phản xạ và ánh sáng nhiều xạ trong hiệu suất đa sắc khác nhau tùy thuộc vào bước sóng được sử dụng để dịch chuyển vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc từ vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc. Khi cường độ ánh sáng đối với 546nm từ nguồn sáng đơn sắc được lấy làm tham chiếu, ánh sáng khúc xạ thể hiện sự giảm cường độ ánh sáng đối với các bước sóng

ngắn hơn trong khi cường độ ánh sáng tăng đối với các bước sóng dài hơn chỉ với lượng tăng giảm. Ngược lại, ánh sáng nhiễu xạ biểu hiện sự tăng cường độ ánh sáng đối với bước sóng ngắn hơn trong khi cường độ ánh sáng giảm đối với bước sóng dài hơn. Cụ thể hơn, ánh sáng bậc 1 (ánh sáng cho tầm nhìn xa) thể hiện sự tăng cường độ ánh sáng đối với bước sóng ngắn hơn (màu lam) so với 546nm, gây ra sự dịch chuyển về phía thấu kính liên quan đến các hiệu suất đa sắc. Ngược lại, ánh sáng bậc 0 (ánh sáng cho tầm nhìn gần) thể hiện sự tăng cường độ ánh sáng đối với bước sóng dài hơn (màu đỏ) so với 546nm, gây ra sự dịch chuyển ra khỏi thấu kính liên quan đến hiệu suất đa sắc. Việc gán ánh sáng bậc âm (ánh sáng nhiễu xạ) cho tiêu điểm cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc 0 (ánh sáng khúc xạ) cho tiêu điểm gần thấu kính hơn tiêu điểm cho tầm nhìn xa cho phép tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc được đặt gần thấu kính hơn tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc, bởi vì, trong hiệu suất đa sắc, các dải bước sóng gây ra sự tăng cường độ ánh sáng tập trung giữa ánh sáng bậc âm (ánh sáng nhiễu xạ) và ánh sáng bậc 0 (ánh sáng khúc xạ) trong các hiệu suất đơn sắc.

Sau đây là mô tả về các bề mặt quang học của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100. Cấu trúc thấu kính khúc xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được thể hiện bằng bề mặt tham chiếu giả định bậc 0 1d được thể hiện trên Fig.2A. Cấu trúc thấu kính khúc xạ có thể là hình cầu hoặc phi cầu. Cần lưu ý rằng công thức biên dạng phi cầu sau đây được sử dụng cho bề mặt tham chiếu 1d. Ở đây, hệ số phi cầu bậc x có thể được đặt thành 0. Ngoài ra, có thể sử dụng hằng số hình nón k và hệ số phi cầu bậc bốn A_4 , và có thể sử dụng thêm hệ số phi cầu bậc sáu A_6 và hệ số phi cầu bậc tám A_8 .

$$z(r) = \frac{\left(\frac{1}{R}\right)r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{1}{R}\right)^2 r^2}} + A_4 r^4 + A_6 r^6 + A_8 r^8 + \dots,$$

trong đó:

$z(s)$ = chiều cao vồng

r = khoảng cách từ trục quang học (bán kính)

R = bán kính cong

k = hằng số hình nón

A_4 = hệ số phi cầu bậc bốn

A_6 = hệ số phi cầu bậc sáu

A_8 = hệ số phi cầu bậc tám

Hơn nữa, cách tử nhiễu xạ 1c có hình dạng được thiết kế với biên dạng động học. Nói cách khác, cách tử nhiễu xạ 1c có dạng nhiễu xạ dựa trên biên dạng động học, thu được bằng cách điều chỉnh thích hợp độ dày hoặc chiều cao bước động học và các khoảng hoặc bước của các vùng tròn đối với bề mặt tham chiếu giả định bậc 0 1d. Trong ví dụ được thể hiện, cho thấy các dạng nhiễu xạ của ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc 1, mỗi vùng tròn của động học có phần lõm lõm về phía thân thấu kính 100a so với bề mặt tham chiếu 1d.

Khi tính toán chiều cao cách tử nhiễu xạ $h(r)$ của cách tử nhiễu xạ 1c, công thức biên dạng động học được mô tả trong tài liệu tham khảo được trích dẫn dưới đây đã được sử dụng với sự sửa đổi các tham số (cụ thể hơn là $n_A(\lambda_0)$ và M). Các số hạng hiệu chỉnh cho chỉ số khúc xạ trung bình và tỷ lệ giãn đồng tử được thêm vào công thức biên dạng động học. Cụ thể hơn, chỉ số khúc xạ trung bình n_A trong công thức là số hạng hiệu chỉnh cho vị trí trong chất lỏng, và tỷ lệ giãn đồng tử M là số hạng hiệu chỉnh để so khớp độ tụ thu được của ánh sáng nhiễu xạ với độ tụ của ánh sáng khúc xạ. Cần lưu ý rằng công thức ban đầu sử dụng chỉ số khúc xạ trung bình là 1,0 cho không khí với giả định đặt trong không khí. Trong công thức, r là khoảng cách tính từ trục quang (bán kính), m xác định các vân nhiễu xạ ($m = 0, 1, 2, \dots$), n_L là chỉ số khúc xạ của vật liệu, λ^0 là bước sóng thiết kế, α là hệ số để điều chỉnh độ cao vồng động học $s(r)$, và P là độ tụ ánh sáng nhiễu xạ được thêm vào.

Tài liệu tham khảo: Dale A. Buralli, G. Michael Morris, và John R. Rogers., "Optical performance of holographic kinoforms", Applied Optics, vol.28, No.5, 976 (1989)

$$s(r) = \frac{m\lambda_0}{n_L(\lambda_0) - n_A(\lambda_0)} + \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)c^2r^2}},$$

$$c = \frac{1}{f\{n_A(\lambda_0) - n_L(\lambda_0)\} + m\lambda_0},$$

$$k = -n_L^2(\lambda_0),$$

$$m = \frac{r_m^2}{2\lambda_D f},$$

$$\rightarrow m = m(r) - MOD\{m(r), m_{order}\},$$

$$f = \frac{1000}{M \times D}, \text{ và}$$

$$\Rightarrow h(r) = s(r) \times \alpha.$$

Sự phân bố ánh sáng cho hai tiêu điểm bất kỳ thay đổi khi chiều cao cách tử nhiễu xạ được điều chỉnh bởi hệ số α trong công thức trên. Nói cách khác, thứ tự thu được thay đổi dựa trên việc điều chỉnh chiều cao cách tử nhiễu xạ. Ví dụ, ánh sáng bậc 0 thu được với $\alpha = 0$ và ánh sáng bậc +1 thu được với $\alpha = 1$, trong khi ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc +1 thu được với $\alpha = 0,5$. Trong khi đó, ánh sáng bậc -1 thu được với $\alpha = -1$ và ánh sáng bậc -2 thu được với $\alpha = -2$, trong khi ánh sáng bậc -1 và ánh sáng bậc -2 thu được với $\alpha = -1,5$. Cần lưu ý rằng số lượng vân nhiễu xạ phụ thuộc vào độ tụ bổ sung nhiễu xạ. Ngoài ra, trong phép tính này, độ dài tiêu cự f được xác định dựa trên tỷ số giãn đồng tử $M = 1,13$ là một ví dụ. Mô phỏng sử dụng các giá trị thiết kế cho hai phương pháp, trong đó một phương pháp bổ sung độ tụ ánh sáng khúc xạ bằng cách thay đổi độ cong và phương pháp còn lại là phương pháp bổ sung độ tụ ánh sáng nhiễu xạ bằng cách tử nhiễu xạ, đã chứng minh rằng các giá trị độ tụ thu được là khác nhau mặc dù hai phương pháp này nhằm mục đích thêm cùng một giá trị năng lượng. Vì (lượng độ tụ bổ sung cho ánh sáng nhiễu xạ) $\approx$ (lượng độ tụ bổ sung cho ánh sáng khúc xạ) / 1,13, nên số hạng hiệu chỉnh của M được thêm vào để cân bằng lượng độ tụ bổ sung. Khi xem xét rằng độ tụ nhiễu xạ trở thành 1/1,13 lần do bước của các vân cách tử nhiễu xạ được tăng lên $M (=1,13)$ lần trên bề mặt đồng tử thực tế, công thức được thiết kế để tăng độ tụ nhiễu xạ lên 1,13 lần trên bề mặt thấu kính. Lưu ý rằng M có thể không nhất thiết được coi là 1,13; M có thể là 1.

Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được mô tả ở trên được tạo kết cấu là thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự làm cho tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính hơn so với tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc, có thể đưa vật thể ở vị trí hữu hạn vào tiêu cự bằng cách sử dụng hiệu quả ánh sáng, vì tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong phạm vi ánh sáng nhìn thấy nằm gần thấu

kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 mà là thấu kính nội nhãn hơn so với võng mạc 2b. Theo đó, có thể tránh được nguy cơ viễn thị trong môi trường nguồn sáng trắng (hiệu suất đa sắc) khi thiết kế quang học thường được sử dụng của thấu kính nội nhãn được thực hiện dựa trên bước sóng 546nm (hiệu suất đơn sắc) theo ISO 11979- 2.

Ví dụ 1: Mô phỏng MTF của thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự +1,5D (so sánh giữa ví dụ 1 và ví dụ so sánh 1)

Trong ví dụ 1, mô tả rằng ánh sáng có thể được sử dụng hiệu quả trong đánh giá hiệu suất đa sắc khi thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự làm cho ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn gần và khiến ánh sáng bậc -1 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa.

Trong ví dụ 1, mô phỏng MTF của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được thực hiện như sau (áp dụng tương tự cho các ví dụ tiếp theo). Khi đánh giá hiệu suất đa sắc để đánh giá đặc tính quang học đối với ánh sáng trắng, như được minh họa bằng ánh sáng mặt trời, mô phỏng sử dụng năm bước sóng 430nm, 490nm, 546nm, 590nm và 650nm trong dải ánh sáng khả kiến từ 380nm đến 780nm đã được thực hiện. Cần lưu ý rằng việc lựa chọn các bước sóng này chỉ là một ví dụ để biểu diễn ánh sáng trắng. Sự so sánh đã được thực hiện với một số cặp đường thẳng MTF là 50 lp/mm (line pairs per milimetre: cặp đường thẳng trên milimet). Trong khi đó, mô phỏng để đánh giá hiệu suất đơn sắc được thực hiện cho bước sóng 546nm do ISO 11979-2:2014, Phụ lục C (MTF) quy định rằng các phép đo nên được thực hiện bằng cách sử dụng nguồn ánh sáng đơn sắc có bước sóng $546 \pm 10\text{nm}$.

Trong ví dụ 1, so sánh được thực hiện với thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự có +20D cho tầm nhìn xa và +21,5D cho tầm nhìn gần. Trong ví dụ 1, ánh sáng bậc 0 tạo tiêu điểm cho tầm nhìn gần và ánh sáng bậc 1 tạo tiêu điểm cho tầm nhìn xa. Trong ví dụ so sánh 1, ánh sáng bậc 0 tạo tiêu điểm cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc +1 tạo tiêu điểm cho tầm nhìn gần. Fig.3A là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiễu xạ với các phần bổ sung -1,5D và 0D trong ví dụ 1. Fig.3B là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng cho khúc xạ +21,5D (tầm nhìn gần) và nhiễu xạ -1,5D (tầm nhìn xa) trong ví dụ 1. Fig.3C là sơ đồ minh họa MTF cho khúc xạ +21,5D và nhiễu xạ -1,5D trong ví dụ 1. Fig.3D là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiễu xạ với các phần bổ sung +1,5D và 0D trong ví dụ so sánh 1. Fig.3E là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng cho khúc xạ

+20D (tầm nhìn xa) và nhiều xạ +1,5D (tầm nhìn gần) trong ví dụ so sánh 1. Fig.3F là sơ đồ minh họa MTF cho khúc xạ +20D và nhiều xạ +1,5D trong ví dụ so sánh 1. Trên Fig.3A và Fig.3D, hướng âm của độ sâu cách tử nhiều xạ (chiều cao cách tử nhiều xạ) biểu thị hướng về phía thân thấu kính 100a trong thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 (điều này cũng áp dụng cho các phương án khác).

Như được thể hiện trên Fig.3C, kết quả MTF của ví dụ 1 chỉ ra rằng vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc. Ngược lại, như được thể hiện trên Fig.3F, kết quả MTF của ví dụ so sánh 1 chỉ ra rằng vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đa sắc được dịch chuyển ra xa thấu kính hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc. Điều này có thể được giải thích từ các kết quả cường độ ánh sáng cho hiệu suất đa sắc thể hiện trên Fig.3B và Fig.3E. Ánh sáng nhiều xạ đi qua cách tử nhiều xạ được thiết kế cho bước sóng 546nm được đặc trưng bởi cường độ ánh sáng tăng lên đối với bước sóng ngắn hơn bước sóng thiết kế và giảm cường độ ánh sáng đối với bước sóng dài hơn bước sóng thiết kế. Ngược lại, có thể nói rằng về cơ bản không có sự thay đổi về cường độ ánh sáng của ánh sáng khúc xạ. Theo kết quả cường độ ánh sáng của ví dụ 1 thể hiện trên Fig.3B, giữa vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa và vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn gần, tồn tại vùng bước sóng ngắn hơn với các cường độ ánh sáng tăng lên được đặt gần vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa hơn và vùng bước sóng dài hơn với các cường độ ánh sáng được duy trì ở vị trí xa hơn vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn gần. Ngược lại, theo kết quả cường độ ánh sáng của ví dụ so sánh 1 thể hiện trên Fig.3E, giữa vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa và vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn gần, tồn tại vùng bước sóng ngắn hơn với các cường độ ánh sáng được duy trì ở vị trí gần hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa và vùng bước sóng dài hơn với các cường độ ánh sáng giảm ở vị trí xa hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn gần. Trong ví dụ 1, các phân bố cường độ ánh sáng thu được này cho thấy rằng vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa đối với hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa đối với hiệu suất đơn sắc trong các kết quả MTF do các dải bước sóng với các cường độ ánh sáng tăng lên hội tụ giữa vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa và vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn gần.

Như trong ví dụ 1, bằng cách sử dụng thấu kính đa tiêu cự làm cho tiêu điểm

cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính hơn so với tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc, tiêu điểm cho tầm nhìn xa được đặt gần với thấu kính nội nhãn (thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự) hơn so với võng mạc trong phạm vi ánh sáng nhìn thấy, cho phép sử dụng ánh sáng hiệu quả.

Ví dụ 2: Mô phỏng các chỉ số khúc xạ và độ tụ khác nhau giữa các tiêu điểm

Trong ví dụ 2 mô tả rằng các thiết lập độ tụ tương ứng giữa các tiêu điểm mong muốn là lớn hơn hoặc bằng 0,75D đối với các vật liệu thấu kính có chỉ số khúc xạ vật liệu n từ 1,45 đến 1,56 ở bước sóng 546nm.

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4A đến Fig.4E, đối với thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự làm bằng vật liệu thấu kính có chỉ số khúc xạ của vật liệu $n=1,52$ ở bước sóng 546nm tạo ra +20D cho tầm nhìn xa bằng ánh sáng bậc -1 (sau đây, độ tụ bổ sung được đề cập đến là A) và $(+20-A)$ D cho tầm nhìn gần bằng ánh sáng bậc 0, các tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc và hiệu suất đa sắc được so sánh thông qua mô phỏng đối với trường hợp các độ tụ bổ sung A được điều chỉnh thành năm giá trị, -0,6D, -0,75D, -1,5D, -2,0D, và -3,0D. Kết quả là, như được thể hiện trên Fig.4A, độ tụ bổ sung $A=-0,6D$ dẫn đến tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đa sắc được dịch chuyển ra xa thấu kính hơn so với tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc, trong khi các độ tụ bổ sung khác dẫn đến tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính hơn từ tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4B đến Fig.4E. Điều này khẳng định rằng, với hình dạng cách tử nhiễu xạ của phương án này, hiệu quả của sáng chế đã đạt được khi các thiết lập chênh lệch độ tụ giữa các tiêu điểm lớn hơn hoặc bằng 0,75D.

Tiếp theo, như được thể hiện trên Fig.5A và Fig.5B, liên quan đến vật liệu thấu kính có chỉ số khúc xạ của vật liệu $n=1,52$ ở bước sóng 546nm, các mô phỏng được thực hiện cho thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự tạo ra +26D cho tầm nhìn xa bằng ánh sáng bậc -1 (có độ tụ bổ sung $A = -0,75D$) và +26,75D cho tầm nhìn gần bằng ánh sáng bậc 0 và thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự tạo ra +6D cho tầm nhìn xa bằng ánh sáng bậc -1 (có độ tụ bổ sung $A = -0,75D$) và +6,75D cho tầm nhìn gần bằng ánh sáng bậc 0. Các mô phỏng đã xác nhận rằng, đối với cả hai độ tụ cho tầm nhìn xa, tiêu điểm cho

tầm nhìn xa của hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính hơn từ tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc. Kết quả này xác nhận rằng hiệu quả của sáng chế cũng thu được tương tự khi thiết lập độ tụ cho tầm nhìn xa được sửa đổi.

Hơn nữa, như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.5C đến Fig.5F, đối với thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự tạo ra +20D cho tầm nhìn xa bằng ánh sáng bậc -1 (với độ tụ bổ sung $A = -0,75D$) và +20,75D cho tầm nhìn gần bằng ánh sáng bậc 0 và một thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự tạo ra +20D cho tầm nhìn xa bằng ánh sáng bậc -1 (với độ tụ bổ sung $A = -1,5D$) và +21,5D cho tầm nhìn gần bằng ánh sáng bậc 0, các mô phỏng tương ứng được thực hiện cho vật liệu làm thấu kính có chỉ số khúc xạ của vật liệu $n=1,45$ ở bước sóng 546nm và vật liệu thấu kính có chỉ số khúc xạ của vật liệu $n=1,56$ ở bước sóng 546nm. Các mô phỏng đã xác nhận rằng, trong cả hai điều kiện, tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đa sắc được dịch chuyển gần thấu kính hơn từ tiêu điểm cho tầm nhìn xa của hiệu suất đơn sắc. Kết quả này xác nhận rằng hiệu quả của sáng chế cũng thu được tương tự đối với các vật liệu thấu kính có chỉ số khúc xạ vật liệu là $1,45 \leq n \leq 1,56$ ở bước sóng 546nm.

Các kết quả mô tả ở trên đã xác nhận rằng các thiết lập độ tụ tương ứng giữa các tiêu điểm mong muốn là lớn hơn hoặc bằng 0,75D đối với vật liệu thấu kính có chỉ số khúc xạ vật liệu n từ 1,45 đến 1,56 ở bước sóng 546nm.

Phương án thứ hai

Sau đây, mô tả được đưa ra về thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo phương án thứ hai. Cần lưu ý rằng thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của phương án thứ hai là biến thể của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự của phương án thứ nhất, được tạo kết cấu tương tự như phương án thứ nhất nếu không được mô tả cụ thể.

Trong phương án này, thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 còn làm cho ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính hơn tiêu điểm của ánh sáng bậc 0 trong khi số lượng tiêu điểm là ba hoặc nhiều hơn ba. Điều này cho phép tạo ảnh cho ba khoảng cách mục tiêu trở lên. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 là thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự có thêm một tiêu điểm ngoài hai tiêu điểm do thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự tạo ra, và độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự gấp đôi so với thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự trong khi số vân nhiễu xạ như nhau. Nói cách khác, độ tụ bổ sung gần

của thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự có tiêu điểm bổ sung gần hơn gấp đôi độ tụ bổ sung của thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự. Thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự mà có một tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm do thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự tạo ra, có được bằng cách kết hợp hai biên dạng động học với các độ tụ bổ sung khác nhau.

Khi thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo kết cấu là thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự, cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 là sự kết hợp của hai biên dạng động học và có chiều cao bằng một nửa chiều cao cách tử nhiễu xạ của hai biên dạng động học (ví dụ, độ sâu cách tử nhiễu xạ D được thể hiện trên Fig.6C được đề cập sau). Ánh sáng được phân bổ cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm xa thấu kính hơn so với ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính hơn tiêu điểm của ánh sáng bậc 0, trong đó bậc của ánh sáng bậc âm giống với bậc của ánh sáng bậc dương. Điều này dẫn đến lượng thay đổi của chiều cao cách tử nhiễu xạ do sự kết hợp gây ra là như nhau, giúp có thể cân bằng đáng kể tỷ lệ phân bổ ánh sáng đối với ánh sáng bậc âm và ánh sáng bậc dương.

Chẳng hạn, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, khi được tạo kết cấu là thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự, làm cho ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian, ánh sáng bậc -1 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa, và bậc +1 ánh sáng tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn gần.

Ngoài ra, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 có thể là thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự có hai tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm được tạo ra bởi thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự, và độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự có thể gấp ba lần so với thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự trong khi số vân nhiễu xạ có thể giống nhau. Nói cách khác, độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự với các tiêu điểm bổ sung gần hơn gấp ba lần độ tụ bổ sung của thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự. Thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự mà có hai tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm được tạo bởi thấu kính nhiễu xạ hai tiêu cự, có được bằng cách kết hợp hai biên dạng động học với các độ tụ bổ sung khác nhau.

Khi thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được tạo kết cấu là thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự, chiều cao cách tử nhiễu xạ của hai biên dạng động học là khác nhau trong cách tử nhiễu xạ, và ánh sáng được phân bổ cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm xa

hơn từ thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 so với ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương mà tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 hơn so với ánh sáng bậc 0 trong khi (các) bậc của ánh sáng bậc âm khác (các) bậc của ánh sáng bậc dương. Kết cấu này làm tăng ánh sáng bậc nhiều xạ tạo ra tiêu điểm, cung cấp khả năng điều chỉnh tiêu điểm được phép lớn hơn. Trong trường hợp này, bậc của ánh sáng bậc âm và ánh sáng bậc dương là khác nhau. Trong một ví dụ, có bốn tiêu điểm cho bậc -1, bậc 0, bậc +1, và bậc +2.

Ví dụ 3: So sánh giữa hình dạng cách tử nhiều xạ với các thiết lập độ tụ bổ sung không đổi cho thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự và hình dạng cách tử nhiều xạ với các phần bổ sung +1,5D và +3D (động học thông thường)

Trong ví dụ 3, mô tả được đưa ra về độ tụ bổ sung trong việc kết hợp hai biên dạng động học cho các thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự.

Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 được tạo kết cấu là thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự bằng cách kết hợp hai biên dạng động học với các độ tụ bổ sung khác nhau. Fig.6C là sơ đồ minh họa thiết kế hình dạng cách tử nhiều xạ với lựa chọn “max” trong ví dụ 3, thể hiện hình dạng cách tử nhiều xạ thu được bằng cách kết hợp hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung +1,5D được thể hiện trên Fig.6A và hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung -1,5D được thể hiện trên Fig.6B. Fig.6F là sơ đồ minh họa thiết kế hình dạng cách tử nhiều xạ với lựa chọn “tối thiểu” trong ví dụ 3, thể hiện hình dạng cách tử nhiều xạ thu được bằng cách kết hợp hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung +1,5D được thể hiện trên Fig.6D và hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung -1,5D được thể hiện trên Fig.6E. Cần lưu ý rằng, trong thiết kế hình dạng cách tử nhiều xạ, lựa chọn “max” chọn hình sâu hơn trong các hình dạng cách tử nhiều xạ trong khi lựa chọn “min” chọn hình nông hơn trong các hình dạng cách tử nhiều xạ. Fig.6I là sơ đồ minh họa thiết kế hình dạng cách tử nhiều xạ thường được sử dụng trong ví dụ so sánh 2, thể hiện hình dạng cách tử nhiều xạ có được bằng cách kết hợp hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung +1,5D được thể hiện trên Fig.6G và hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung +3,0D được thể hiện trên Fig.6H.

Như được thể hiện trên Fig.6C, Fig.6F và Fig.6I, khi các thiết lập độ tụ bổ sung của thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự không đổi, số lượng vân nhiễu xạ của phương án này

giảm đi, tạo ra hình dạng cách tử nhiều xạ dễ gia công. Chiều cao cách tử nhiều xạ (độ sâu cách tử D) của thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự bằng một nửa chiều cao cách tử nhiều xạ của hai biên dạng động học. Trong trường hợp này, có thể tạo ra ánh sáng bậc âm hội tụ vào tiêu điểm xa thấu kính hơn tiêu điểm của ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương hội tụ vào tiêu điểm gần thấu kính hơn tiêu điểm của ánh sáng bậc 0, trong khi bậc của ánh sáng bậc âm và bậc của ánh sáng bậc dương là như nhau. Ví dụ, khi $\alpha = 1,0$, thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự bậc -1, bậc 0, và bậc +1 được cung cấp. Khi $\alpha = 2,0$, ánh sáng bị nhiều xạ tương đối mạnh hơn ánh sáng bậc 0, tạo ra 4 tiêu điểm bậc -2, bậc -1, bậc +1, và bậc +2. Liên quan đến chiều cao cách tử nhiều xạ cho kết cấu này, là kết quả của việc điều chỉnh phân bố ánh sáng cho ba tiêu điểm, $\alpha = 1,3$ đối với hình dạng cách tử nhiều xạ của ví dụ này và $\alpha = 0,6$ đối với hình dạng cách tử nhiều xạ thường được sử dụng; tuy nhiên, lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ.

Ngoài ra, như một biến thể của ví dụ 3, hai biên dạng động học với các độ tụ bổ sung khác nhau có thể có các chiều cao cách tử nhiều xạ khác nhau. Cụ thể hơn, thấu kính bốn tiêu cự được cung cấp bằng cách đặt hệ số α thành giá trị khác. Fig.6L là sơ đồ minh họa thiết kế hình dạng cách tử nhiều xạ với lựa chọn “tối thiểu” trong biến thể của ví dụ 3, thể hiện hình dạng cách tử nhiều xạ thu được bằng cách kết hợp hình dạng cách tử nhiều xạ với các phần bổ sung +1,0D và +2,0D được thể hiện trên Fig.6J và hình dạng cách tử nhiều xạ với phần bổ sung -1,0D được thể hiện trên Fig.6K. Tốt hơn là, khi một trong các biên dạng động học liên quan đến $\times\alpha$, thì biên dạng động học khác liên quan đến $2\times\alpha$, mặc dù điều này không giới hạn việc thiết lập hệ số α . Trong trường hợp này, có thể tạo ra ánh sáng bậc âm hội tụ vào tiêu điểm xa thấu kính hơn tiêu điểm của ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương hội tụ vào tiêu điểm gần thấu kính hơn tiêu điểm của ánh sáng bậc 0, trong đó bậc của ánh sáng bậc âm và bậc của ánh sáng bậc dương là khác nhau. Với các biên dạng động học có độ tụ bổ sung là -1,0D và +1,0D được đặt tương ứng thành $\alpha=1,0$ và $\alpha=2,0$, ví dụ, thấu kính bốn tiêu cự có bậc -1, bậc 0, bậc +1, và bậc +2 được cung cấp. Bằng cách sử dụng $\alpha=2,0$ cho biên dạng động học +1,0D, ánh sáng nhiều xạ trở nên tương đối mạnh hơn đối với các bậc dương, cho phép trích xuất hiệu quả ánh sáng bậc +2 ngoài ánh sáng bậc +1. Mặc dù hình dạng cách tử nhiều xạ thường được sử dụng có số lượng vân nhiều xạ tăng lên khi số lượng tiêu điểm tăng lên, nhưng đặc điểm của hình dạng cách tử nhiều xạ của

phương án này là hình dạng cách tử nhiều xạ của phương án này cho phép tăng số lượng tiêu điểm mà không làm tăng số vân nhiễu xạ. Mặc dù hai biên dạng động học đã được đặt lần lượt là $\alpha=1,0$ và $\alpha=2,0$, nhưng đây chỉ là một ví dụ. Tỷ lệ cường độ ánh sáng của các tiêu điểm tương ứng có thể được điều chỉnh bằng cách thiết lập hệ số α .

Được mô tả sau đây là các thiết lập ví dụ của hệ số α . Mô tả được đưa ra về thấu kính bốn tiêu cự có được bằng cách sửa đổi thấu kính bốn tiêu cự mà các biên dạng động học với độ tụ bổ sung là $-1,0D$ và $+1,0D$ được đặt lần lượt thành $\alpha=1,0$ và $\alpha=2,0$, như được thể hiện trên Fig.6L minh họa biến thể của ví dụ 3, sao cho các biên dạng động học lần lượt được đặt thành $\alpha=1,3$ và $\alpha=2,0$.

Fig.12A là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính bốn tiêu cự nêu trên với các giá trị đã sửa đổi của hệ số α cho các biên dạng động học trong biến thể của ví dụ 3 được thể hiện trên Fig.6L và Fig.12B là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính bốn tiêu cự nêu trên với các giá trị đã sửa đổi của hệ số α .

Như được thể hiện trên Fig.12A, so sánh các đỉnh cường độ ánh sáng tại các vị trí tiêu điểm tương ứng cho thấy rằng cường độ ánh sáng cực đại tại tiêu điểm cho tầm nhìn gần (ánh sáng bậc 2) được tăng lên để cân bằng với mức giảm hoặc loại bỏ của cường độ ánh sáng cực đại tại tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian (ánh sáng bậc 0). Có thể xác nhận rằng tỷ lệ phân bố ánh sáng cho các vị trí tiêu điểm tương ứng có thể được điều chỉnh bằng cách sửa đổi các thiết lập của hệ số α . Như được thể hiện trên Fig.12B, kết quả MTF cũng cho biết kết quả tương tự với cường độ ánh sáng. Mặc dù thiết lập của hệ số α đã được sửa đổi ở đây cho biên dạng động học với độ tụ bổ sung là $+1,0D$, nhưng thiết lập của hệ số α có thể được sửa đổi cho biên dạng động học với độ tụ bổ sung là $-1,0D$. Ngoài ra, các thiết lập của hệ số α cho cả hai biên dạng động học có thể được sửa đổi, và các độ tụ bổ sung có thể được sửa đổi.

Phương án thứ ba

Sau đây, mô tả được đưa ra về thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo phương án thứ ba. Cần lưu ý rằng thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của phương án thứ ba là biến thể sửa đổi của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của các phương án thứ nhất và thứ hai, được tạo kết cấu tương tự như phương án thứ nhất và tương tự nếu không được mô tả cụ thể.

Theo phương án này, phần răng cưa 300 của cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 bao gồm các vùng phẳng 3c (xem Fig.7A và Fig.7B được đề cập sau). Điều này cho phép phân bố ánh sáng tới vị trí tiêu điểm của ánh sáng bậc thấp trong khi ánh sáng có thể được phân bố tiềm năng tới vị trí tiêu điểm ngoài ý muốn của ánh sáng bậc cao nếu phần răng cưa 300 không được làm phẳng. Cần lưu ý rằng việc bao gồm các vùng phẳng 3c có nghĩa là chiều cao gờ và độ sâu rãnh bị hạn chế, bao gồm cả việc tạo thành hình nghiêng, hình vòng cung hoặc tương tự cũng như thành hình phẳng.

Ví dụ 4: Phẳng hóa phần răng cưa trong thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự

Trong ví dụ 4, mô tả được đưa ra về thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự trong đó các vùng phẳng 3c được bố trí trong phần răng cưa 300 của hình dạng cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100.

Liên quan đến phần răng cưa 300 (gọi chung là các gờ 3a và các rãnh 3b) trong hình dạng cách tử nhiễu xạ có chiều cao $1,97\mu\text{m}$ của thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự của Fig.6C với các phân bố sung $-1,5D$, $0D$ và $+1,5D$ được thể hiện trên Fig.7A, so sánh được thực hiện cho trường hợp trong đó các gờ 3a và các rãnh 3b được thể hiện trên Fig.7B tương ứng được làm phẳng với giá trị thu hẹp là $0,4\mu\text{m}$, bằng 20% chiều cao của hình dạng cách tử nhiễu xạ. Như được thể hiện trên Fig.7B, phần răng cưa 300 của hình dạng cách tử nhiễu xạ của ví dụ 4 bao gồm các vùng phẳng 3c. Fig.7C là biểu đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính nhiễu xạ không phẳng được thể hiện trên Fig.7A và thấu kính nhiễu xạ phẳng được thể hiện trên Fig.7B, trong khi Fig.7D là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính nhiễu xạ không phẳng được thể hiện trên Fig.7A và thấu kính nhiễu xạ phẳng được thể hiện trên Fig.7B.

Như được thể hiện trên Fig.7C, có thể xác nhận bằng cách so sánh các đỉnh cường độ ánh sáng tại các vị trí tiêu điểm tương ứng rằng cường độ ánh sáng cực đại tại tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian (ánh sáng bậc 0) được tăng lên phần lớn để cân bằng mức giảm trong các đỉnh cường độ ánh sáng của ánh sáng bậc ± 2 và tổng lượng ánh sáng được tập trung vào phạm vi mong muốn của các tiêu điểm được tăng từ $1,96 \times 10^6 (\text{V/m})^2$ lên $2,32 \times 10^6 (\text{V/m})^2$, nghĩa là tăng lên 1,18 lần. Ngoài ra, như được thể hiện trên Fig.7D, kết quả MTF cho biết kết quả tương tự với cường độ ánh sáng.

Trong khi toàn bộ phần răng cưa 300 được làm phẳng trong ví dụ này, một phần của phần răng cưa 300 có thể được làm phẳng và tỷ lệ mô tả ở trên của 20% làm phẳng có thể được điều chỉnh.

Cần lưu ý rằng thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự thường được sử dụng của ví dụ so sánh 3 có các phần bổ sung 0D, +1,5D và +3D như được thể hiện trên Fig.6I có thể được kết hợp với một phần của hình dạng cách tử nhiễu xạ có phần bổ sung -1,5D, mà có cùng bước nhiễu xạ như của hình dạng cách tử nhiễu xạ có phần bổ sung +1,5D. Fig.8A thể hiện hình dạng cách tử nhiễu xạ trước khi kết hợp một phần và Fig.8B thể hiện hình dạng cách tử nhiễu xạ sau khi kết hợp một phần. Fig.8C là sơ đồ minh họa các cường độ ánh sáng của thấu kính nhiễu xạ trước khi kết hợp một phần được thể hiện trên Fig.8A và thấu kính nhiễu xạ sau khi kết hợp một phần được thể hiện trên Fig.8B, trong khi Fig.8D là sơ đồ minh họa các MTF của thấu kính nhiễu xạ trước khi kết hợp một phần được thể hiện trên Fig.8A và thấu kính nhiễu xạ sau khi kết hợp một phần được thể hiện trên Fig.8B. Như được thể hiện trên Fig.8C, có thể xác nhận rằng, trong ví dụ so sánh 3, cường độ ánh sáng đạt cực đại tại tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian (ánh sáng bậc 1) và tiêu điểm cho tầm nhìn xa (ánh sáng bậc 0) được tăng lên để cân bằng mức giảm cực đại cường độ ánh sáng tại tiêu điểm cho tầm nhìn gần (ánh sáng bậc 2) và tổng lượng ánh sáng được tập trung vào phạm vi mong muốn của các tiêu điểm được tăng từ $2.10 \times 10^6 (\text{V/m})^2$ lên $2.24 \times 10^6 (\text{V/m})^2$, tức là tăng lên 1,06 lần. Ngoài ra, như được thể hiện trên Fig.8D, kết quả MTF cho biết kết quả tương tự với cường độ ánh sáng. Theo đó, ví dụ 4 đạt được mức tăng lớn hơn trong tổng lượng ánh sáng được thu thập đến phạm vi các tiêu điểm mong muốn so với ví dụ so sánh 3, tạo ra hiệu ứng lớn hơn trong việc cho phép phân bố ánh sáng có khả năng được phân phối đến vị trí tiêu điểm ngoài ý muốn của ánh sáng bậc cao đến vị trí tiêu điểm của ánh sáng bậc thấp.

Ví dụ 5: So sánh giữa dạng phẳng và động học thông thường liên quan đến bán kính góc do gia công gây ra

Trong ví dụ 5, mô tả về bán kính góc được hình thành trong quá trình gia công cắt trong hình dạng cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 được đưa ra.

Khi khuôn của hình dạng cách tử nhiễu xạ của ví dụ 4 được thể hiện trên Fig.7B được gia công cắt, các rãnh 3b (tham khảo Fig.7A) được hình thành với bán kính góc, và điều này có thể gây biến dạng hình dạng cách tử nhiễu xạ, không đạt được hiệu suất quang học như mong đợi từ các kết quả mô phỏng. Trong ví dụ 5, các kết quả mô phỏng khác nhau được trình bày cho trường hợp thấu kính ba tiêu cự có phần bổ sung +3D được gia công bằng dụng cụ cắt có bán kính đầu là 0,3mm. Fig.9A là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiễu xạ của ví dụ 5 (giống như trên Fig.7B). Fig.9B là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ 5, và Fig.9C là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ 5. Fig.10A là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ 5, và Fig.10B là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ 5. Fig.9D là sơ đồ minh họa hình dạng cách tử nhiễu xạ của ví dụ so sánh 4 (giống như trên Fig.8B). Fig.9E là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ so sánh 4, và Fig.9F là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 3mm trong ví dụ so sánh 4. Fig.10C là sơ đồ minh họa cường độ ánh sáng của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ so sánh 4, và Fig.10D là sơ đồ minh họa MTF của thấu kính cho đường kính đồng tử ϕ là 5mm trong ví dụ so sánh 4.

Như được thể hiện trên Fig.9A, hình dạng cách tử nhiễu xạ của phương án này cho phép giá trị thiết kế và giá trị gia công về cơ bản giống nhau, trong khi hình dạng cách tử nhiễu xạ thường được sử dụng gây ra sự khác biệt giữa giá trị thiết kế và giá trị gia công như được thể hiện trên Fig.9D. Có thể khẳng định rằng sự khác biệt gia tăng đặc biệt về phía chu vi. Cần lưu ý rằng giá trị gia công của hình dạng cách tử nhiễu xạ thường được sử dụng thể hiện biên dạng trong đó chiều cao cách tử nhiễu xạ nhỏ hơn giá trị thiết kế, và điều này dẫn đến sự gia tăng phân bố ánh sáng tới tiêu điểm cho tầm nhìn xa (ánh sáng bậc 0) và giảm phân bố ánh sáng tới tiêu điểm cho tầm nhìn gần (ánh sáng bậc +2). Hiện tượng này cũng được xác nhận bởi kết quả mô phỏng các cường độ ánh sáng và các MTF được thể hiện trên các hình vẽ Fig.9E, Fig.9F, Fig.10C và Fig.10D. Có thể khẳng định rằng hiệu ứng này trở nên quan trọng hơn khi đường kính đồng tử tăng lên, dẫn đến tiêu điểm cho tầm nhìn gần bị thiếu đối với đường kính đồng tử ϕ là 5mm. Trong khi các kết quả được trình bày cho dụng cụ cắt có bán kính

đầu là 0,3 mm trong ví dụ 5, xu hướng này bị yếu đi bằng cách giảm bán kính đầu của dụng cụ cắt. Tuy nhiên, có ý kiến cho rằng phương pháp này khiến dụng cụ cắt dễ bị gãy, dẫn đến độ bền của dụng cụ cắt kém. Theo đó, hình dạng cách tử nhiều xạ của phương án này có thể được kết luận là dễ gia công bằng máy thông qua quá trình cắt. Hơn nữa, cũng được gợi ý rằng, mặc dù các đầu nhọn yếu so với khả năng chống cắt và hình dạng của các đầu nhọn có khả năng bị biến dạng, nhưng việc làm phẳng toàn bộ phần răng cưa sẽ mang lại sự cải thiện, giảm biến dạng do gia công cắt gây ra.

Lưu ý bổ sung

Ví dụ 6: Các kết quả đo lường MTF của các sản phẩm thử nghiệm của các phương án và các thấu kính hiện có

Trong ví dụ 6, so sánh được thực hiện giữa thấu kính hiện có và thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự với hình dạng cách tử nhiều xạ được thể hiện trên Fig.9A để xác minh tính hiệu quả của việc dịch chuyển tiêu điểm cho tầm nhìn xa đến gần thấu kính hơn trong đánh giá hiệu suất đa sắc.

Các kết quả đo MTF (hiệu suất đơn sắc và hiệu suất đa sắc) cho các thấu kính trong ví dụ 6 đã thu được như mô tả bên dưới. Đèn halogen được sử dụng làm nguồn sáng để đánh giá ánh sáng trắng. Để đánh giá ánh sáng đơn sắc, ánh sáng có bước sóng 546nm được chiết xuất từ đèn halogen bằng cách sử dụng bộ lọc giao thoa.

Các hình vẽ từ Fig.11A đến Fig.11C lần lượt thể hiện các kết quả đo MTF đối với sản phẩm thử nghiệm của phương án này làm cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa, thấu kính hiện có A làm cho ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa và thấu kính hiện có B làm cho ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa. Cụ thể hơn, Fig.11A là sơ đồ minh họa các kết quả đo MTF xuyên tiêu điểm của sản phẩm thử nghiệm (tiêu điểm cho tầm nhìn xa = ánh sáng bậc -1 và tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian = ánh sáng bậc 0). Fig.11B là sơ đồ minh họa các kết quả đo MTF xuyên tiêu điểm của thấu kính hiện có A (tiêu điểm cho tầm nhìn xa = ánh sáng bậc 0 và tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian = ánh sáng bậc +1), và Fig.11C là sơ đồ minh họa các kết quả đo MTF xuyên tiêu điểm của thấu kính hiện có B (tiêu điểm cho tầm nhìn xa = ánh sáng bậc +1 và tiêu điểm nhìn trung gian = ánh sáng bậc +2). Như được thể hiện trên Fig.11A, sản phẩm thử nghiệm mà làm cho ánh sáng bậc âm tạo ra

tiêu điểm cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian được tạo kết cấu sao cho tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính hơn tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc. Ngược lại, như được thể hiện trên Fig.11B và Fig.11C, thấu kính hiện có A mà làm cho ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn trung gian, và thấu kính hiện có B mà làm cho ánh sáng bậc dương tạo ra cả tiêu điểm cho tầm nhìn xa và tầm nhìn trung gian được tạo kết cấu sao cho tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm xa thấu kính hơn so với tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc. Xu hướng tương tự đã được quan sát thấy giữa các kết quả mô phỏng và các kết quả thử nghiệm sản phẩm thực tế. Theo đó, có ý kiến cho rằng sản phẩm thử nghiệm của phương án này đạt được hiệu quả sử dụng ánh sáng đối với ánh sáng trắng.

Phương án thứ tư

Sau đây, mô tả được đưa ra về thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo phương án thứ tư. Cần lưu ý rằng thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của phương án thứ tư là sự sửa đổi của các thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự của các phương án thứ nhất, thứ hai và thứ ba, được tạo kết cấu tương tự như phương án thứ nhất và tương tự nếu không được mô tả cụ thể.

Fig.13A là hình chiếu cơ sở của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 theo phương án thứ tư. Fig.13B là hình chiếu cạnh dạng giản đồ song song với kinh tuyến phẳng L1 của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, và Fig.13C là hình chiếu cạnh dạng giản đồ song song với kinh tuyến dọc L2 của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100. Cần lưu ý rằng, để dễ hiểu phần mô tả, Fig.13B và Fig.13C thể hiện sơ đồ minh họa trong đó các giá đỡ 100b được tháo ra khỏi thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 của Fig.13A.

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.13A đến Fig.13C, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 của phương án này bao gồm cách tử nhiễu xạ trên bề mặt quang học thứ nhất 1a là một trong các bề mặt quang học, và bề mặt quang học thứ hai 1b là bề mặt quang học còn lại, có hình xuyên (hoặc bề mặt hình xuyên). Không có mô tả nào được đưa ra về bề mặt quang học thứ nhất 1a vì bề mặt quang học thứ nhất 1a như được mô tả liên quan đến phương án thứ nhất.

Trong thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100, bề mặt hình xuyên của bề mặt quang

học thứ hai 1b tạo ra sự chênh lệch về độ tụ khúc xạ của thấu kính theo các hướng kinh tuyến giữa kinh tuyến phẳng L1 và kinh tuyến dốc L2, được xác định trên bề mặt một cách trực giao với nhau. Có thể điều chỉnh loạn thị bằng cách sử dụng chênh lệch này. Kinh tuyến dốc L2 là kinh tuyến trên bề mặt hình xuyến được xác định theo hướng tạo ra độ tụ khúc xạ lớn hơn và kinh tuyến phẳng L1 là kinh tuyến được xác định theo hướng tạo ra độ tụ khúc xạ nhỏ hơn.

Hình dạng mặt cắt ngang theo hướng kinh tuyến tùy ý (góc θ) trên bề mặt quang học thứ hai 1b của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 được biểu thị bằng các công thức bao gồm công thức sau:

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)c^2r^2}} + A(\theta)r^2 + B(\theta)r^4,$$

trong đó c là độ cong đồng trục của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 trước khi cung cấp bề mặt hình xuyến được xác định bởi các số hạng thứ hai và tiếp theo; r là khoảng cách từ trục quang học OA của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100; và k là hằng số hình nón của bề mặt thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự đối xứng xoay 100 đối với trục quang học OA trước khi cung cấp bề mặt hình xuyến. Các tham số c , r , k là chung cho các hướng kinh tuyến trên bề mặt quang học thứ hai 1b. Ngoài ra, $A(\theta)$ và $B(\theta)$, là các tham số được biểu diễn bởi các hàm phụ thuộc vào góc theo hướng kinh tuyến, được cho bởi công thức sau:

$$A(\theta) = a_{2x}\cos^2\theta + a_{2y}\sin^2\theta, \text{ and}$$

$$B(\theta) = a_{4x}\cos^4\theta + a_{2x2y}\cos^2\theta\sin^2\theta + a_{4y}\sin^4\theta.$$

Như được thể hiện trên Fig.13A, các dấu xuyến MA là các dấu biểu thị trục loạn thị được tạo thành trên thân thấu kính 100a của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100. Cụ thể hơn, cặp dấu xuyến MA được bố trí gần chu vi của bề mặt hình xuyến (bề mặt quang học thứ hai 1b) của thân thấu kính 100a đối diện nhau trên trục quang học OA của thân thấu kính 100a. Đường được xác định theo giả thuyết nối cặp dấu xuyến MA biểu thị trục thứ nhất (ví dụ, kinh tuyến phẳng L1) của thân thấu kính 100a trong khi một đường khác cắt qua trục quang học OA của thân thấu kính 100a và vuông góc với trục thứ nhất biểu thị trục thứ hai (ví dụ, kinh tuyến dốc L2). Việc sử dụng các dấu xuyến MA cho phép điều chỉnh vị trí của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 sau khi

thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 được lắp vào nhãn cầu của bệnh nhân sao cho trục loạn thị của giác mạc của bệnh nhân (trục của kinh tuyến dọc của giác mạc) trùng với trục hình xuyên của thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 (trục của kinh tuyến phẳng của thấu kính).

Như được thể hiện trên hình chiếu phóng to của Fig.14A, dấu xuyên MA được tạo hình ở dạng hình chữ nhật bo tròn góc ở hình chiếu nhìn từ trên xuống của bề mặt quang học thứ hai 1b. Liên quan đến hình dạng bên ngoài của dấu xuyên MA, chiều dài của dấu xuyên MA theo hướng bán kính của thân thấu kính 100a khác với chiều dài của dấu xuyên MA theo hướng chu vi của thân thấu kính 100a. Cụ thể hơn, dấu xuyên MA có các cạnh dài hơn theo hướng xuyên tâm của thân thấu kính 100a và các cạnh ngắn hơn theo hướng chu vi. Phần ngoại vi 4a của dấu xuyên MA được tạo thành bởi cặp đường thẳng AL1 song song với kinh tuyến phẳng L1 là các cạnh dài hơn và các đường cong AL2 nối cặp đường thẳng AL1 với các đường parabol là các cạnh ngắn hơn. Bằng cách sử dụng hình dạng này làm hình dạng bên ngoài của dấu xuyên MA, có thể xác định hướng của trục loạn thị dựa trên hình dạng của phần ngoại vi 4a trong quá trình căn chỉnh trục loạn thị sau khi lắp thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 ngay cả khi chỉ một đầu của dấu xuyên MA có thể xem được. Như được thể hiện trên Fig.14B, dấu xuyên MA có phần lõm 1e trên mặt cắt theo hướng của trục quang học OA. Hốc 1e có mặt đáy 4b và mặt nghiêng 4c kéo dài từ phần ngoại vi 4a và được nối với mặt đáy 4b. Cần lưu ý rằng hình dạng bên ngoài của dấu xuyên MA có thể là hình bầu dục, hình elip hoặc đa giác với các cạnh dài hơn và các cạnh ngắn hơn, chẳng hạn như hình chữ nhật. Phần ngoại vi 4a có thể được vát, và mặt dưới 4b và mặt nghiêng 4c có thể bao gồm mặt cong.

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.13A đến Fig.13C, thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự 100 bao gồm các phần phẳng 100d ở phần cạnh 100c của thân thấu kính 100a. Độ dày đầu của các phần phẳng 100d về cơ bản là không đổi. Phần phẳng 100d được tạo kết cấu để bao gồm phần cạnh 100c chồng lên kinh tuyến dọc L2 khi nhìn từ tâm thấu kính (trục quang học OA). Cụ thể hơn, kinh tuyến dọc L2 trùng với trục X thể hiện trên Fig.13A. Trong phương án này, cặp phần phẳng 100d được bố trí ở phần cạnh 100c của bề mặt hình xuyên (bề mặt quang học thứ hai 1b) của thân thấu kính 100a sao cho cặp phần phẳng 100d đối diện với nhau trên trục quang học OA của thấu

kinh 100a. Hình dạng của các phần phẳng 100d được xác định về cơ bản là đường đối xứng với trục X, tức là, kinh tuyến dọc L2. Một phần của các phần phẳng 100d có thể được tạo hình với mặt nghiêng nhẹ, mặt cong hoặc tương tự. Trong trường hợp này, độ cong gần kinh tuyến dọc L2 tương ứng với phần phẳng 100d ở phần cạnh 100c của thân thấu kính 100a nhỏ hơn độ cong gần kinh tuyến phẳng L1.

Gọi $e(r)$ là độ dày đầu của phần phẳng 100d tại vị trí cách tâm thấu kính một bán kính r . Bằng cách xác định một cách thích hợp độ dày đầu $e(r)$, có thể xác định phạm vi góc ϕ được nhìn từ tâm thấu kính trong đó các phần phẳng 100d được hình thành và chiều rộng L của các phần phẳng 100d theo hướng bán kính của thân thấu kính 100a đối với hình chiếu từ trên xuống của bề mặt quang học thứ hai 1b. Vì bề mặt hình xuyên của bề mặt quang học thứ hai 1b được xác định theo công thức mô tả ở trên, nên có thể xác định các đường giao nhau giữa bề mặt hình xuyên của bề mặt quang học thứ hai 1b và các bề mặt phẳng của các phần phẳng 100d bằng cách xác định độ dày đầu $e(r)$.

Độ dày đầu $e(r)$ của phần phẳng 100d được xác định là mỏng hơn độ dày đầu của thân thấu kính 100a trên kinh tuyến phẳng L1 và dày hơn độ dày của các phần đầu nếu phần phẳng 100d được tạo thành bề mặt hình xuyên của thân thấu kính 100a. Điều này dẫn đến độ dày đầu của thân thấu kính 100a trên kinh tuyến phẳng L1, nghĩa là độ dày đầu của phần chồng lên trục Y được xác định tương tự như các thân thấu kính thông thường. Mặc dù độ dày của phần đầu dọc theo kinh tuyến dọc L2 thường mỏng, nhưng việc đảm bảo độ dày đầu dọc theo kinh tuyến dọc L2 ở độ dày được xác định trước như được thảo luận trong phương án hiện tại cho phép duy trì độ dày đầu để duy trì tác dụng ngăn ngừa bệnh đục thủy tinh thể thứ phát trong khi tránh được độ dày phần trung tâm của thân thấu kính 100a dày một cách không cần thiết. Hơn nữa, có thể thu được lực một cách ổn định để làm lệch thân thấu kính 100a lên vỏ sau của thấu kính tinh thể với các giá đỡ 100b ngay cả khi các giá đỡ 100b được bố trí trên các phần phẳng 100d, vì độ dày đầu dọc theo kinh tuyến dọc L2 được bảo đảm ở độ dày được xác định trước.

Fig.13D là sơ đồ thể hiện một ví dụ về sự thay đổi độ dày đầu $e(r)$ được nhìn từ tâm thấu kính của thân thấu kính theo hướng góc. Trên Fig.13D, trục ngang biểu thị

góc ϕ (đơn vị: $^\circ$) và trục dọc biểu thị lượng võng Z (đơn vị: mm) của bề mặt quang học thứ hai 1b. Hướng của các góc ϕ 0° và 180° tương ứng với hướng dọc theo kinh tuyến phẳng L1 của thân thấu kính 100a trong khi hướng của góc ϕ 90° tương ứng với các hướng dọc theo kinh tuyến dọc L2 của thân thấu kính 100a. Cần lưu ý rằng sự thay đổi độ dày đầu $e(r)$ trong phạm vi góc ϕ giữa 180° và 360° cũng giống như sự thay đổi độ dày đầu $e(r)$ trong phạm vi góc ϕ giữa 0° và 180° .

Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.13D, độ dày đầu $e(r)$ của thân thấu kính 100a về cơ bản là không đổi trong phạm vi giữa 70° và 110° , bao gồm hướng của kinh tuyến dọc L2 (trong đó góc ϕ là 90°). Nói cách khác, phần phẳng 100d được hình thành trong phạm vi góc này.

Trong khi các giá đỡ 100b được bố trí đối diện nhau qua kinh tuyến phẳng L1 và được kết nối với các phần phẳng 100d trong ví dụ được thể hiện trên Fig.13A, thì việc bố trí các giá đỡ 100b có thể được sửa đổi nếu thích hợp.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả ở trên có tham chiếu đến các phương án, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án được mô tả ở trên hoặc tương tự. Ví dụ, hình dạng cách tử nhiễu xạ của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 có thể được sửa đổi theo nhiều cách khác nhau miễn là thỏa mãn các điều kiện đưa ra trong các phương án được mô tả ở trên.

Trong các phương án được mô tả ở trên, bậc của ánh sáng nhiễu xạ tạo ra các tiêu điểm cho tầm nhìn gần, tầm nhìn trung gian, và tầm nhìn xa có thể được sửa đổi nếu thích hợp miễn là ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa, ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm gần thấu kính hơn so với tiêu điểm cho tầm nhìn xa, và vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc.

Ngoài ra, thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 trong số các phương án được mô tả ở trên có thể được sử dụng cho các thấu kính nhãn khoa khác nhau.

Mặc dù các phương án được mô tả ở trên thừa nhận rằng bề mặt quang học thứ nhất 1a là một trong cặp bề mặt quang học của thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự 100 bao

gồm cách tử nhiễu xạ và bề mặt quang học thứ hai 1b là bề mặt quang học còn lại của cặp bề mặt quang học bao gồm bề mặt hình cầu, bề mặt phi cầu, bề mặt hình xuyên hoặc tương tự, bề mặt quang học thứ nhất 1a có thể bao gồm bề mặt hình cầu, bề mặt phi cầu, bề mặt hình xuyên hoặc tương tự trong khi bề mặt quang học thứ hai 1b có thể bao gồm cách tử nhiễu xạ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự bao gồm cách tử nhiều xạ,
trong đó ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm cho tầm nhìn xa và ánh sáng bậc 0 tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với tầm nhìn xa,
trong đó ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0,
trong đó số lượng tiêu điểm là ba hoặc nhiều hơn ba.
trong đó cách tử nhiều xạ có hình dạng kết hợp của các biên dạng động học, và
trong đó vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đa sắc nằm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với vị trí tiêu điểm cho tầm nhìn xa trong đánh giá hiệu suất đơn sắc.
2. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm 1,
trong đó số hạng hiệu chỉnh của chỉ số khúc xạ trung bình được thêm vào các biên dạng động học.
3. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm 1 hoặc 2,
trong đó số hạng hiệu chỉnh của tỷ lệ giãn đồng tử được thêm vào các biên dạng động học.
4. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,
trong đó thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự là thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự có một tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm được tạo ra bởi thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự,
trong đó độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự gấp đôi độ tụ bổ sung của thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự, và
trong đó số vân nhiễu xạ là như nhau giữa thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự và thấu kính nhiều xạ ba tiêu cự.
5. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,
trong đó thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự là thấu kính nhiều xạ bốn tiêu cự có hai tiêu điểm bổ sung ngoài hai tiêu điểm được tạo ra bởi thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự,

trong đó độ tụ bổ sung gần của thấu kính nhiều xạ bốn tiêu cự gấp ba lần độ tụ bổ sung của thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự, và

trong đó số vân nhiễu xạ là như nhau giữa thấu kính nhiều xạ hai tiêu cự và thấu kính nhiều xạ bốn tiêu cự.

6. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4,

trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hai biên dạng động học và có chiều cao bằng một nửa chiều cao cách tử nhiễu xạ của hai biên dạng động học,

trong đó ánh sáng được phân bố cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm xa thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0, và

trong đó bậc của ánh sáng bậc âm giống với bậc của ánh sáng bậc dương.

7. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1, 2, 3 và 5,

trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hai biên dạng động học,

trong đó chiều cao cách tử nhiễu xạ của hai biên dạng động học khác nhau.

trong đó ánh sáng được phân bố cho ánh sáng bậc âm tạo ra tiêu điểm xa thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0 và ánh sáng bậc dương tạo ra tiêu điểm gần thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự hơn so với ánh sáng bậc 0, và

trong đó bậc của ánh sáng bậc âm và bậc của ánh sáng bậc dương khác nhau.

8. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7,

trong đó phần răng cưa của cách tử nhiễu xạ bao gồm các vùng phẳng.

9. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8,

trong đó thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự được tạo thành từ vật liệu quang học có độ tán xạ bình thường với chỉ số khúc xạ vật liệu nằm trong khoảng giữa 1,45 và 1,56, bao gồm cả 1,45 và 1,56, ở bước sóng 546nm, và

trong đó thiết lập độ tụ giữa các tiêu điểm tương ứng lớn hơn hoặc bằng 0,75D.

10. Thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9,

trong đó thấu kính nhiều xạ đa tiêu cự có cặp bề mặt quang học,

trong đó một bề mặt của cặp bề mặt quang học bao gồm cách tử nhiễu xạ, và trong đó bề mặt còn lại của cặp bề mặt quang học có dạng hình xuyên.

11. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hình dạng cách tử nhiễu xạ với phần bổ sung độ tụ dương và hình dạng cách tử nhiễu xạ với phần bổ sung độ tụ âm.
12. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4 và 6, trong đó thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự là thấu kính nhiễu xạ ba tiêu cự bậc -1, bậc 0, và bậc +1, trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của biên dạng động học thứ nhất với hình dạng cách tử nhiễu xạ có phần bổ sung độ tụ dương tương ứng với ánh sáng bậc 1 và ánh sáng bậc 0 và biên dạng động học thứ hai với hình dạng cách tử nhiễu xạ có phần bổ sung độ tụ âm tương ứng với ánh sáng bậc -1 và ánh sáng bậc 0.
13. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1, 2, 3, 5 và 7, trong đó thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự là thấu kính nhiễu xạ bốn tiêu cự bậc -1, bậc 0, bậc +1 và bậc +2, trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của biên dạng động học thứ nhất với hình dạng cách tử nhiễu xạ có phần bổ sung độ tụ dương tương ứng với ánh sáng bậc +1 và ánh sáng bậc +2 và biên dạng động học thứ hai với hình dạng cách tử nhiễu xạ có phần bổ sung độ tụ âm tương ứng với ánh sáng bậc -1 và ánh sáng bậc 0.
14. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13, trong đó cách tử nhiễu xạ có chiều cao không đổi.
15. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14, trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hai biên dạng động học, trong đó số vân nhiễu xạ là giống nhau giữa hai biên dạng động học,

trong đó số vân nhiễu xạ của cách tử nhiễu xạ bằng với số vân nhiễu xạ của biên dạng động học.

16. Thấu kính nhiễu xạ đa tiêu cự theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15, trong đó cách tử nhiễu xạ có hình dạng kết hợp của hai biên dạng động học, trong đó chiều cao của cách tử nhiễu xạ thấp hơn chiều cao của hai biên dạng động học.

FIG.1A

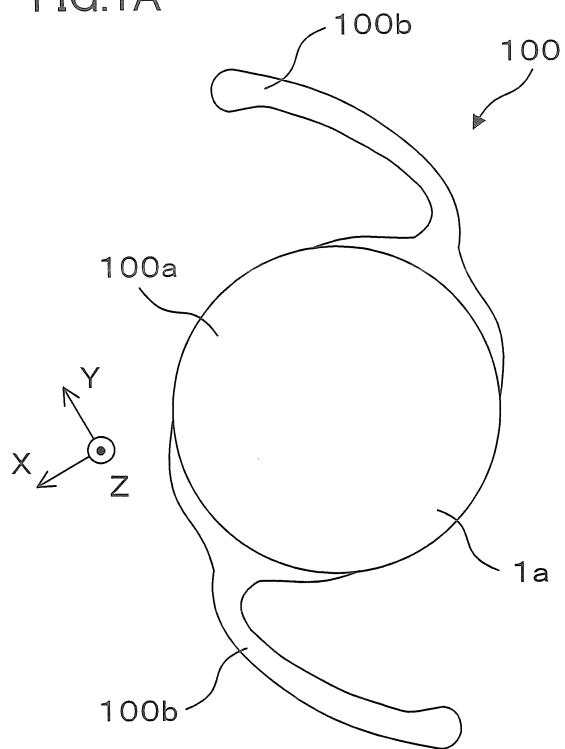


FIG.1B

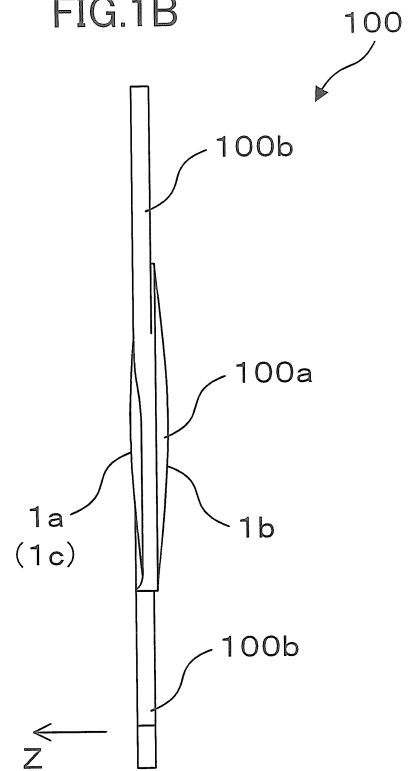


FIG.1C

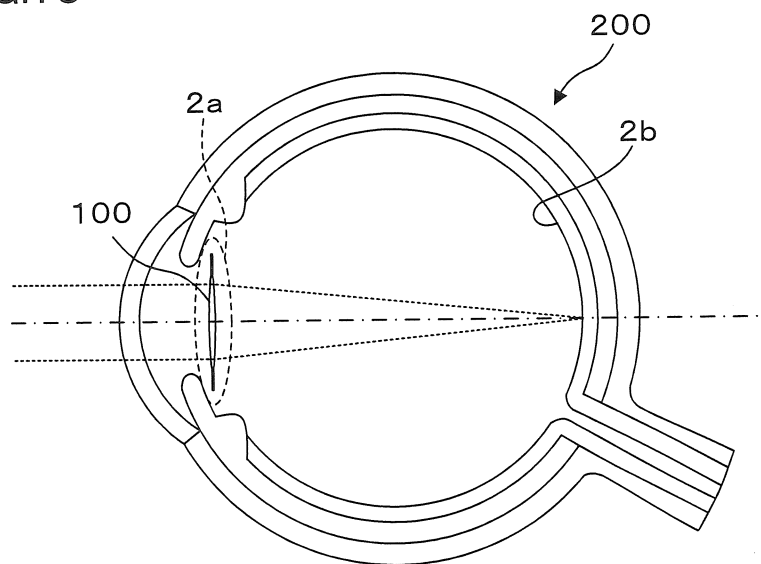


FIG.2A

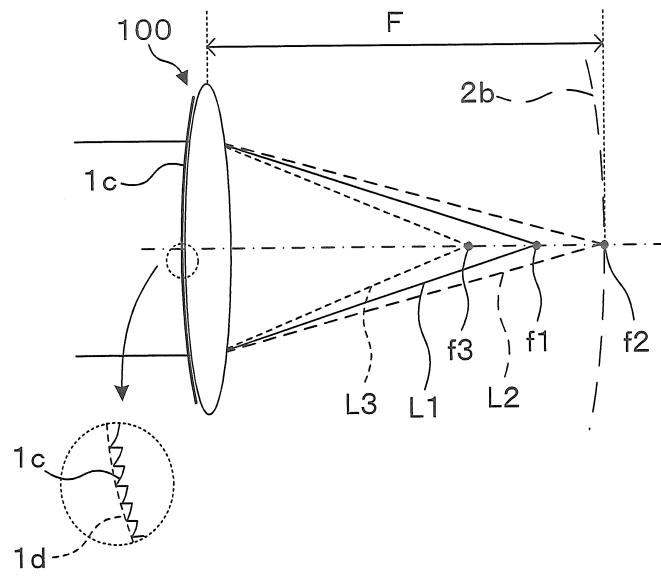


FIG.2B

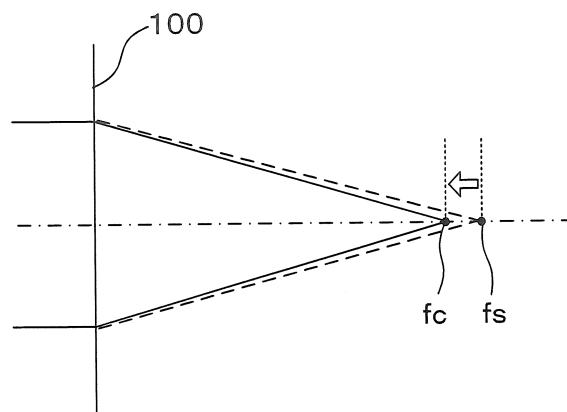


FIG.3A

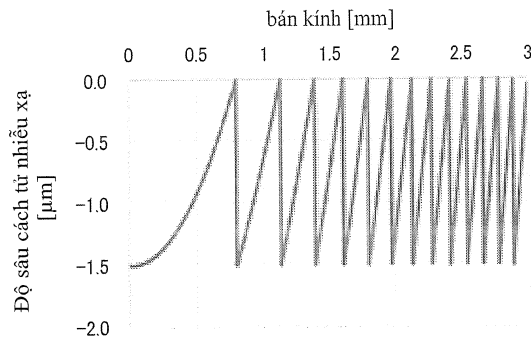


FIG.3D

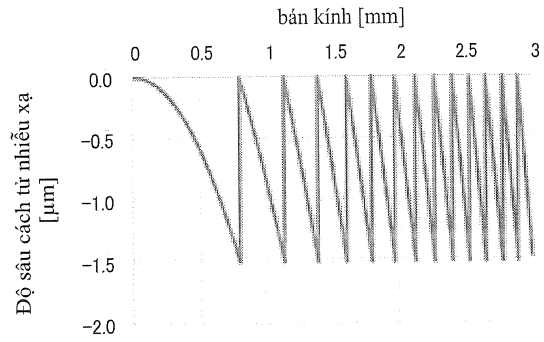


FIG.3B

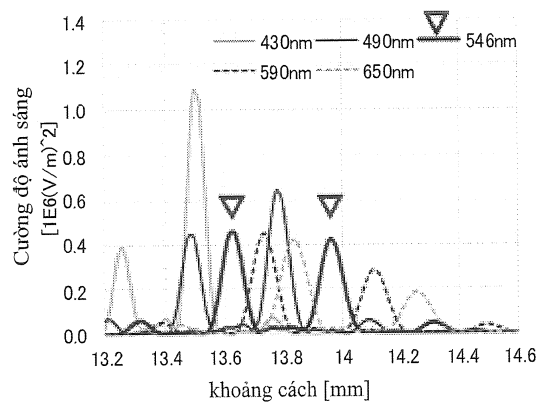


FIG.3E

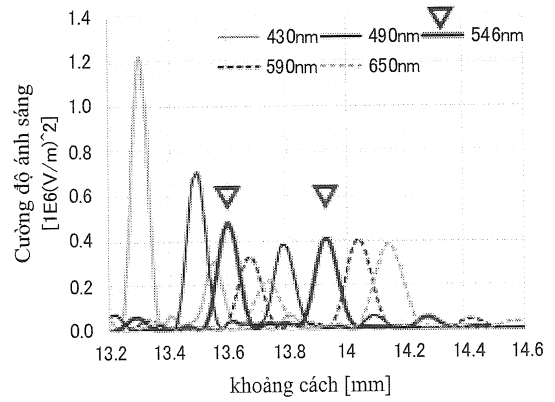


FIG.3C

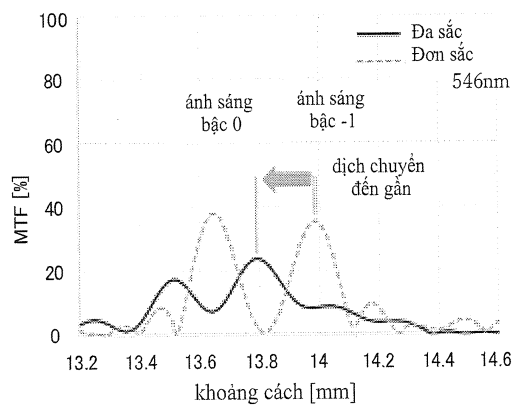


FIG.3F

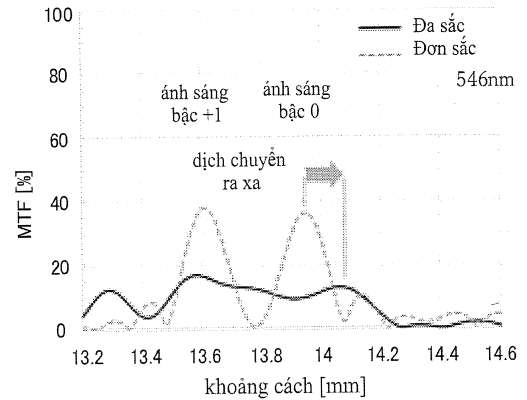


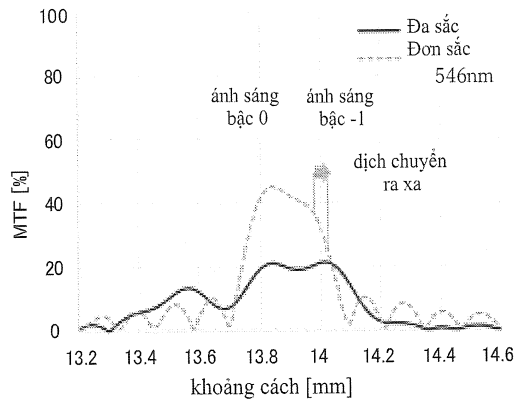
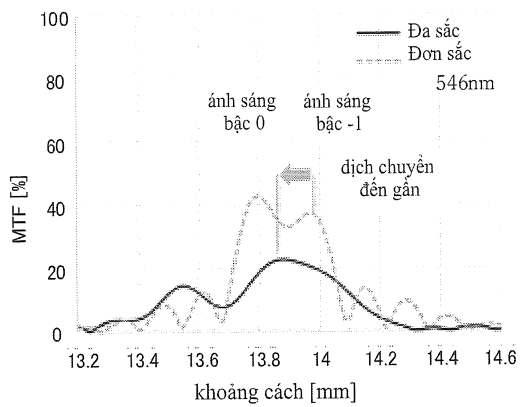
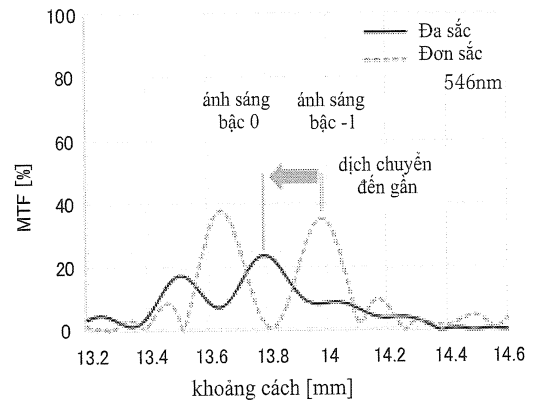
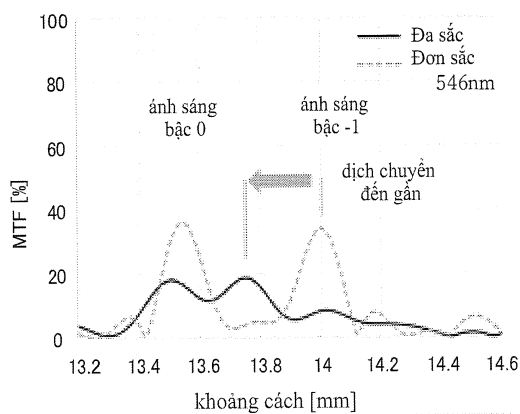
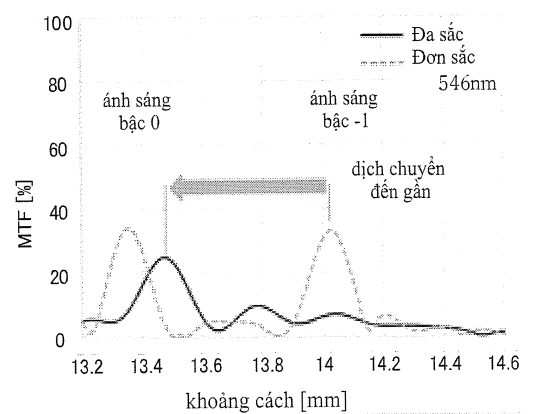
FIG.4A $A=-0.6D$, $n=1.52$ FIG.4B $A=-0.75D$, $n=1.52$ FIG.4C $A=-1.5D$, $n=1.52$ FIG.4D $A=-2.0D$, $n=1.52$ FIG.4E $A=-3.0D$, $n=1.52$ 

FIG.5A $A=-0.75D$, $n=1.52$, Far +26D

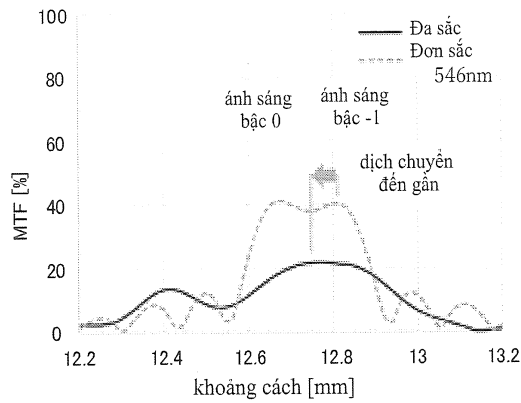


FIG.5B $A=-0.75D$, $n=1.52$, Far +6D

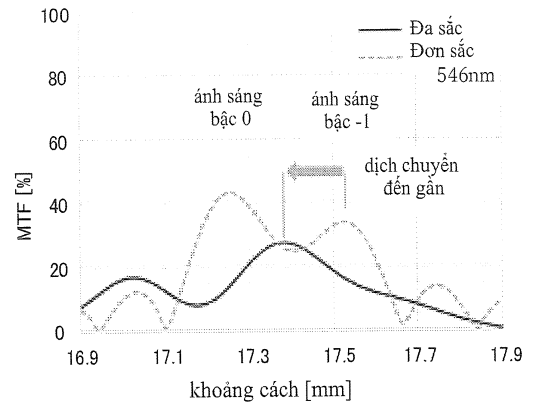


FIG.5C $A=-0.75D$, $n=1.45$

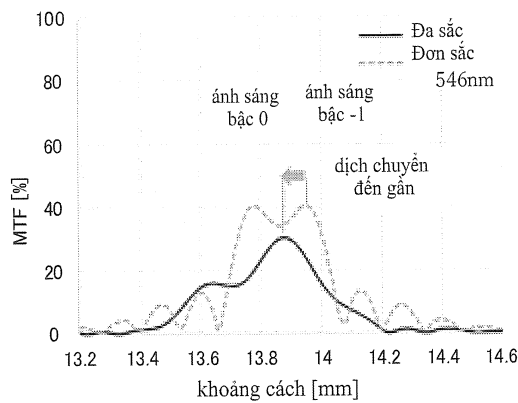


FIG.5D $A=-1.5D$, $n=1.45$

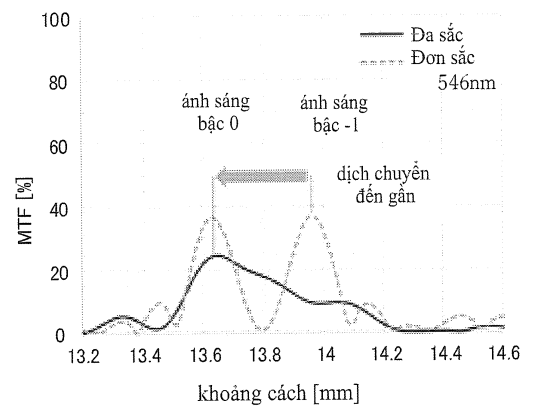


FIG.5E $A=-0.75D$, $n=1.56$

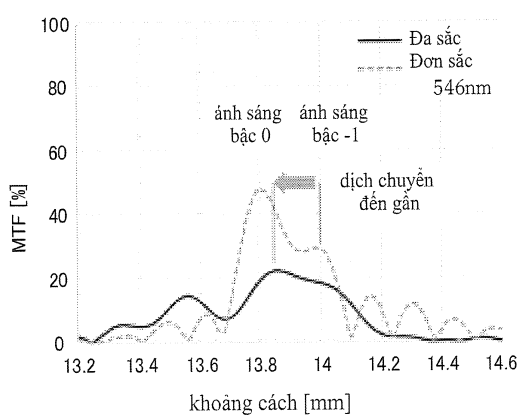


FIG.5F $A=-1.5D$, $n=1.56$

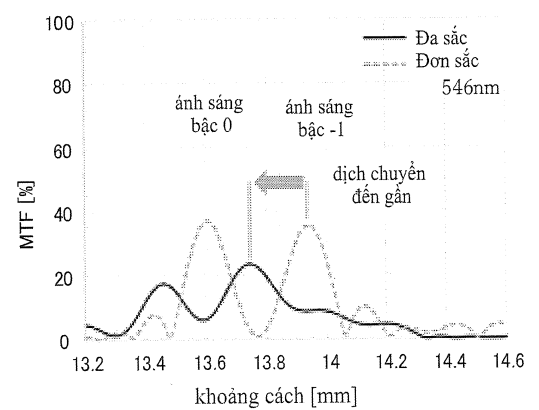


FIG.6A +1.5D Bỏ sung

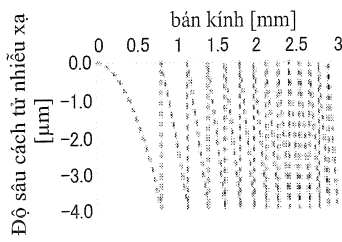


FIG.6B -1.5D Bỏ sung

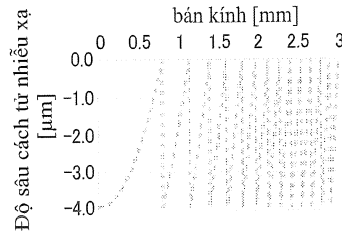


FIG.6C +1.5D&-1.5D Bỏ sung

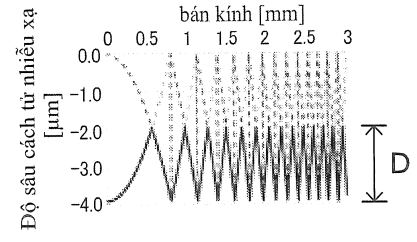


FIG.6D +1.5D Bỏ sung

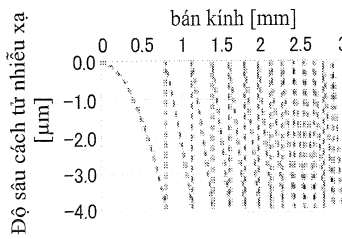


FIG.6E -1.5D Bỏ sung

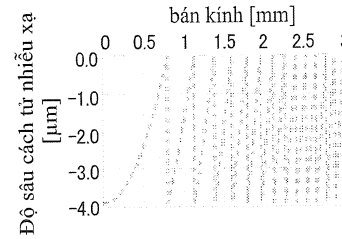


FIG.6F +1.5D&-1.5D Bỏ sung

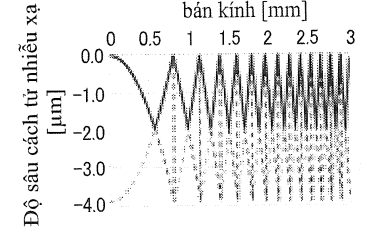


FIG.6G +1.5D Bỏ sung

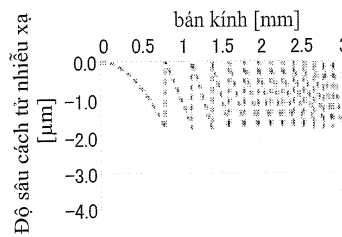


FIG.6H +3.0D Bỏ sung

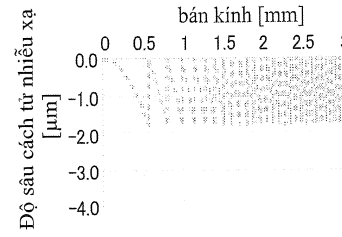


FIG.6I +1.5D&+3.0D Bỏ sung

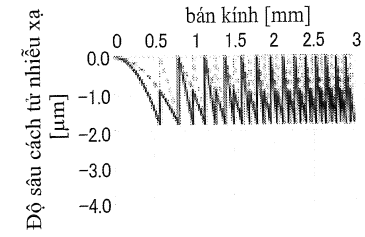


FIG.6J +1.0D&+2.0D Bỏ sung

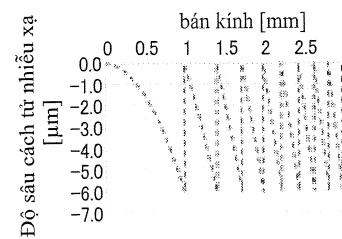


FIG.6K -1.0D Bỏ sung

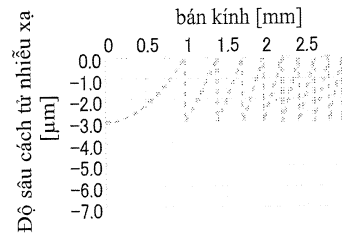


FIG.6L +2.0D&+1.0D&-1.0D Bỏ sung

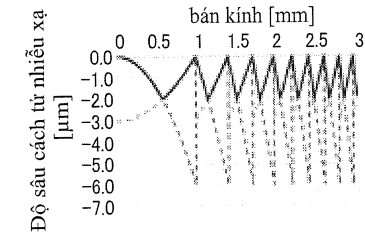


FIG.7A

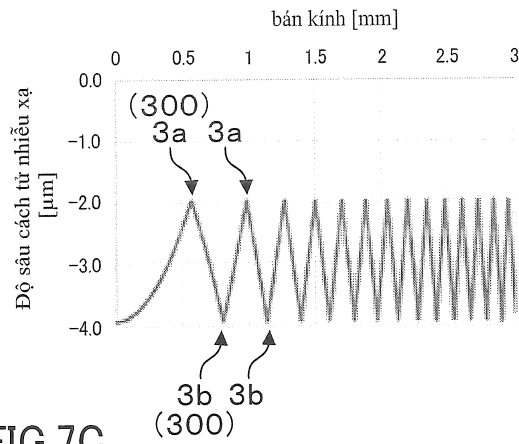


FIG.7B

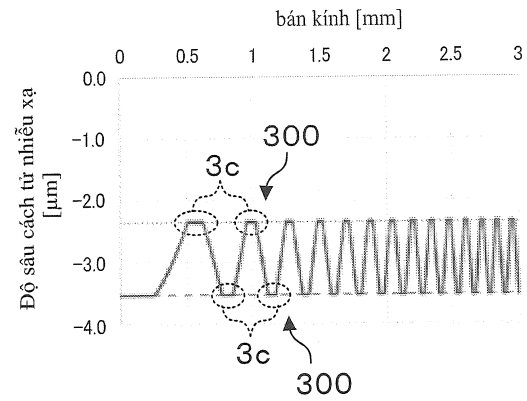


FIG.7C

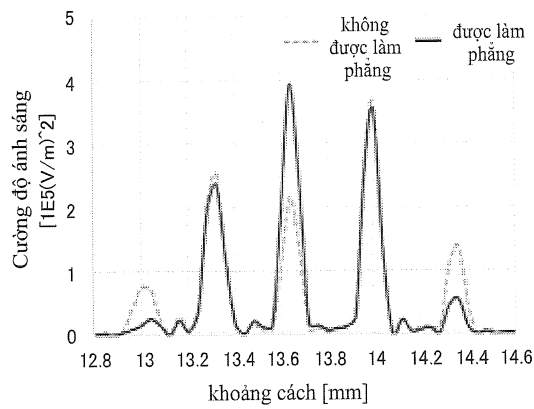


FIG.7D

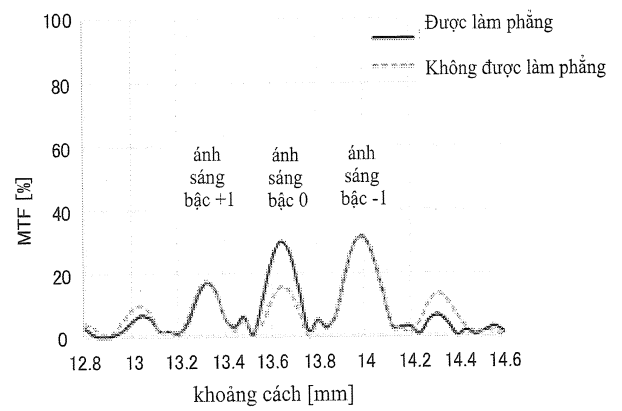


FIG.8A

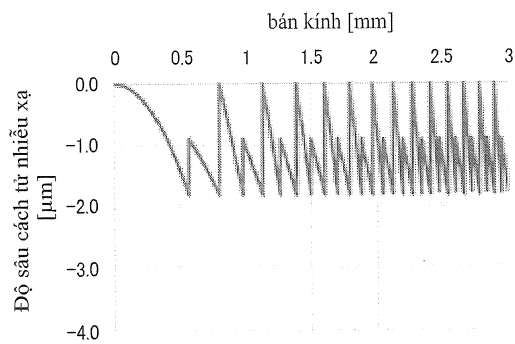


FIG.8B

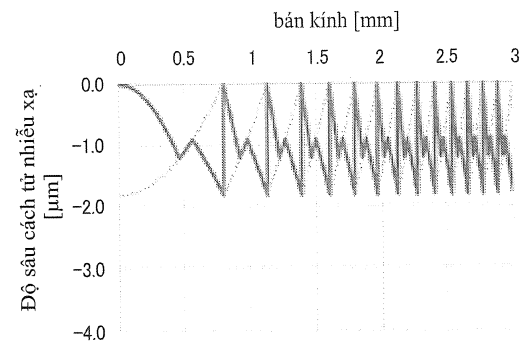


FIG.8C

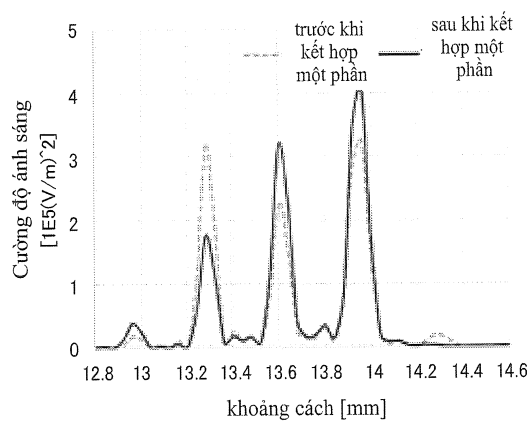


FIG.8D

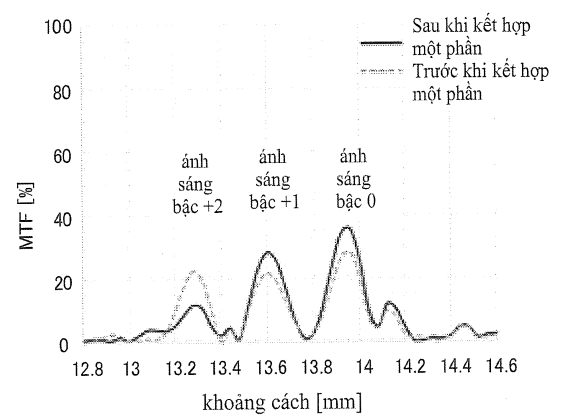


FIG.9A

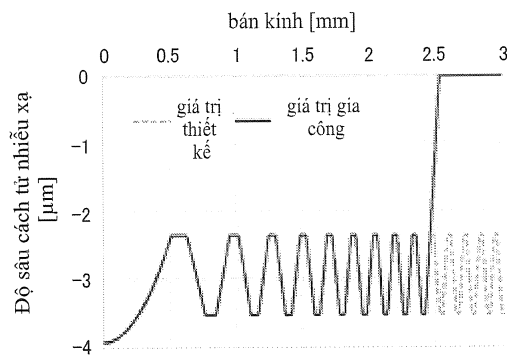


FIG.9D

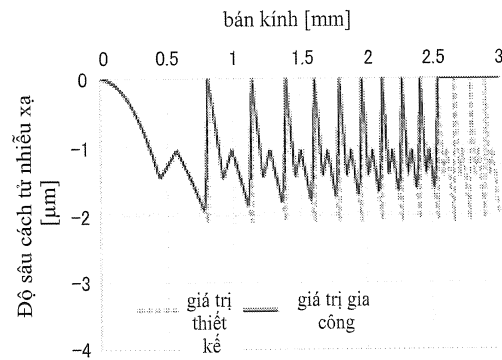


FIG.9B

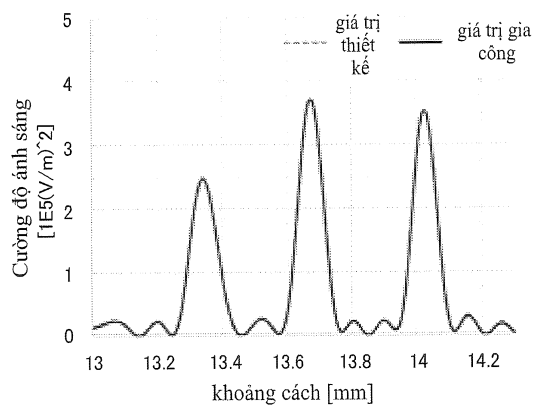


FIG.9E

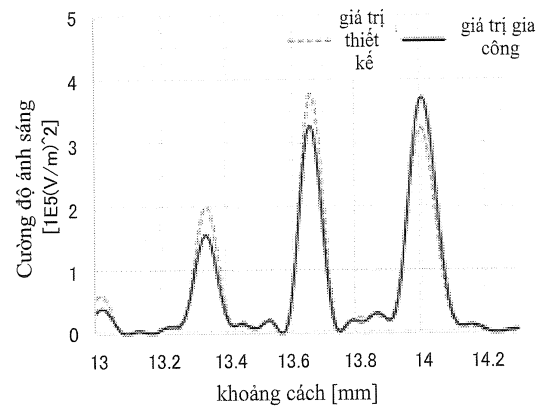


FIG.9C

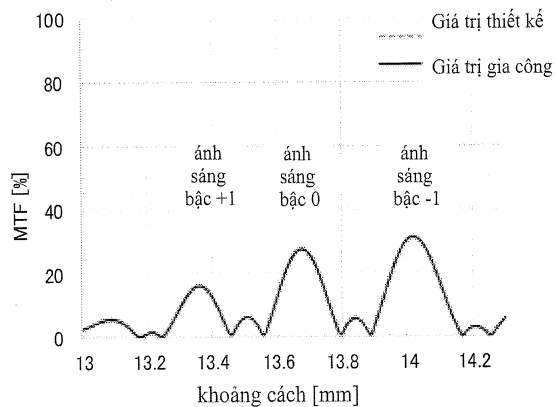


FIG.9F

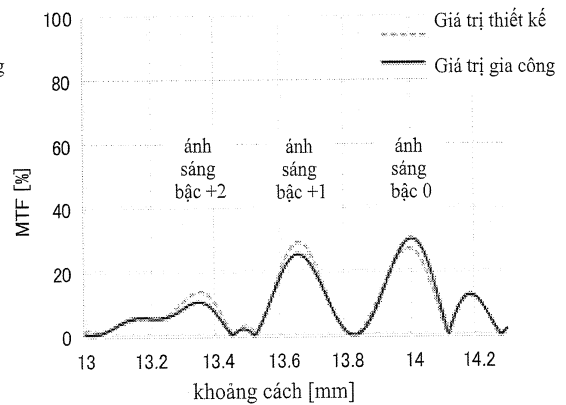


FIG.10A

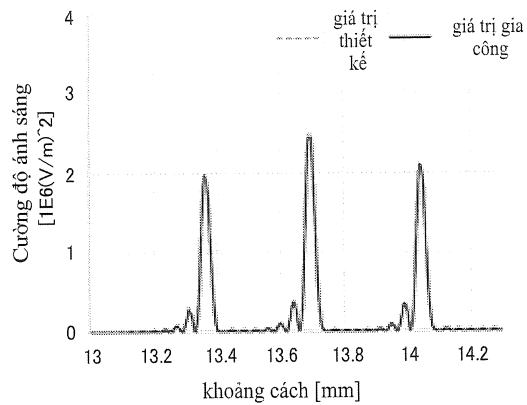


FIG.10C

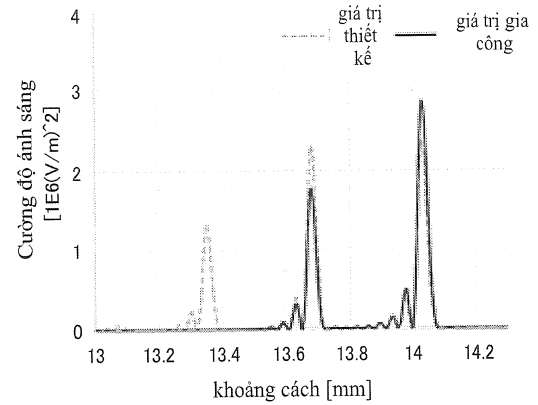


FIG.10B

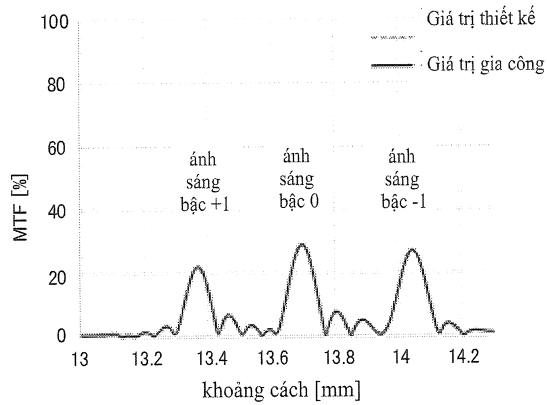


FIG.10D

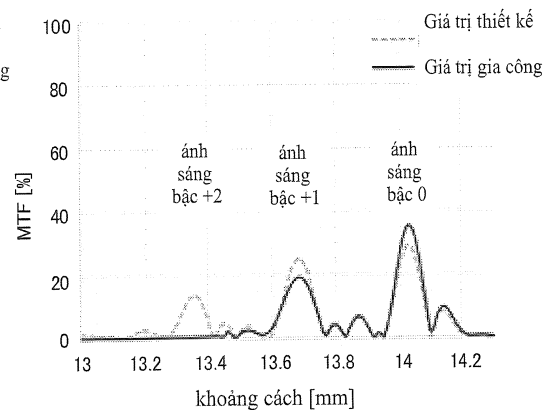


FIG.11A

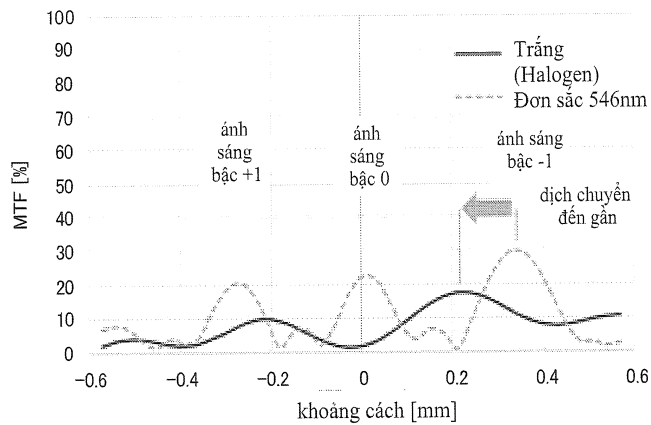


FIG.11B

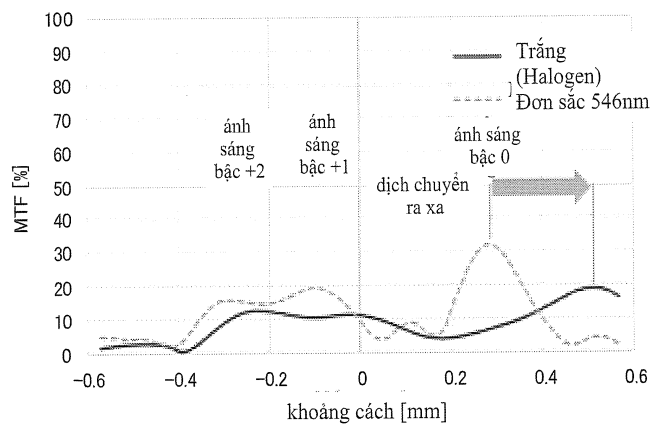


FIG.11C

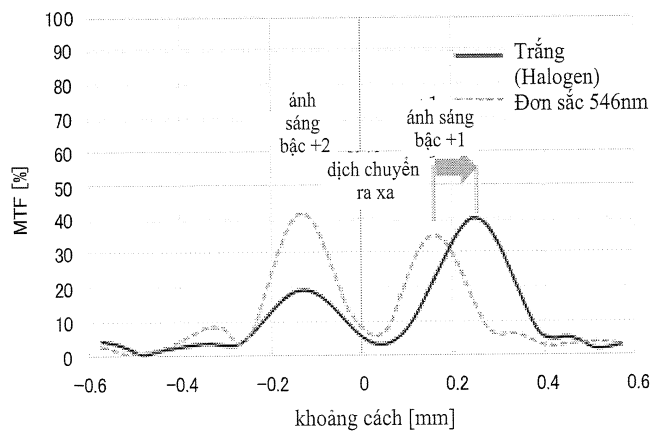


FIG.12A

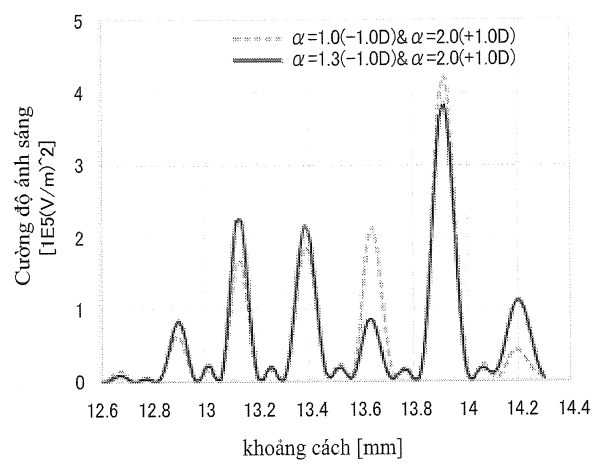


FIG.12B

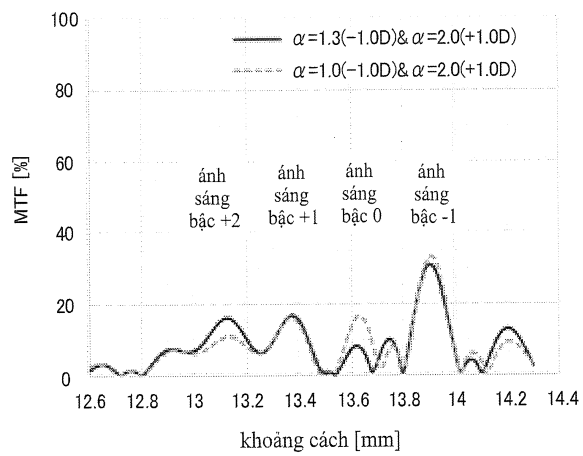


FIG.13A

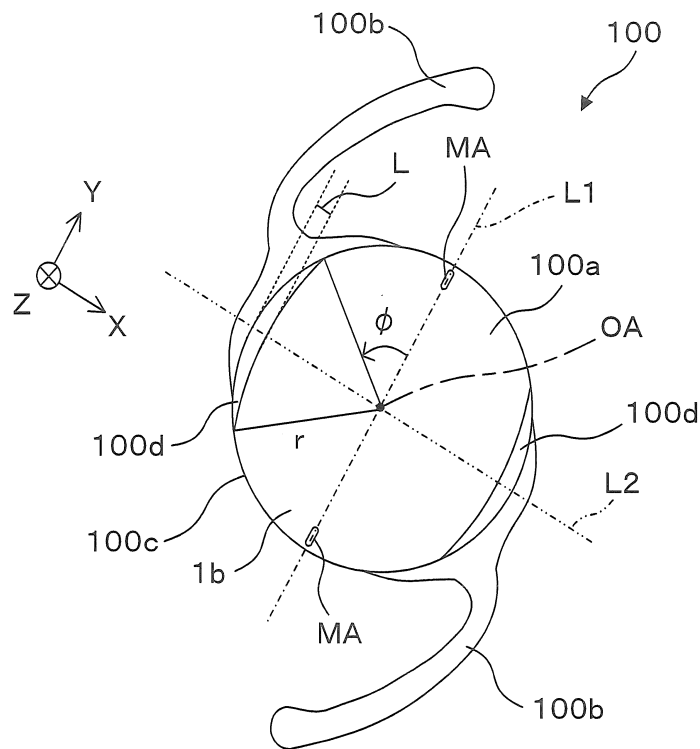


FIG.13B

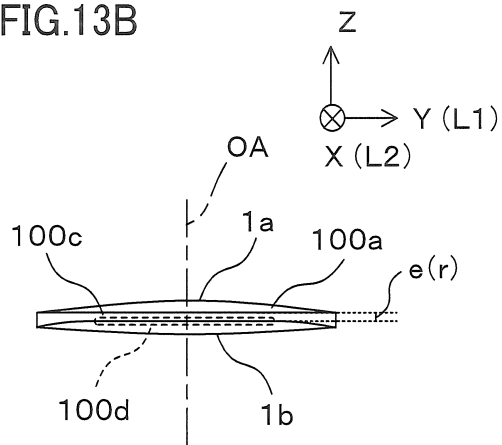


FIG.13C

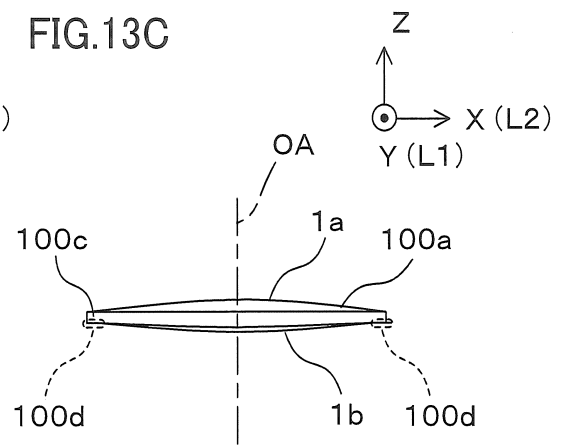


FIG.13D

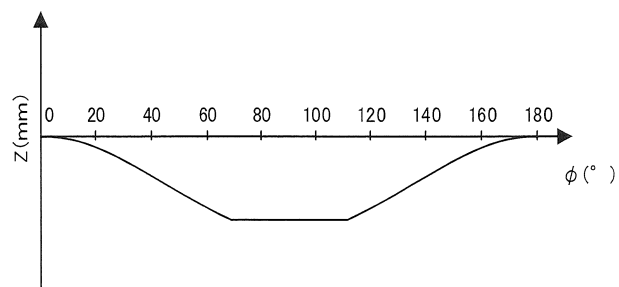


FIG.14A

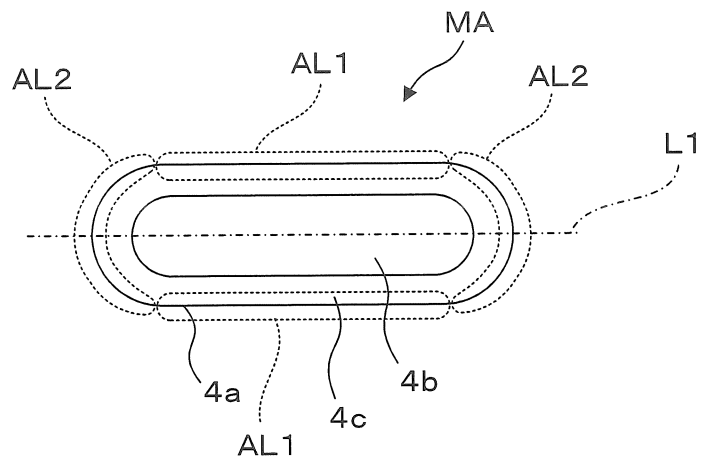


FIG.14B

