



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0022760  
(43) 공개일자 2017년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 9/64 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)  
G03B 21/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G02B 9/64 (2013.01)  
G02B 13/18 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0118171  
(22) 출원일자 2015년08월21일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자  
김희경  
경기도 성남시 분당구 정자일로213번길 5, 301동 606호 (정자동, 아이파크분당3)

김중형  
경기도 수원시 영통구 삼성로 308, 102동 302호 (원천동, 신미주아파트)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 22 항

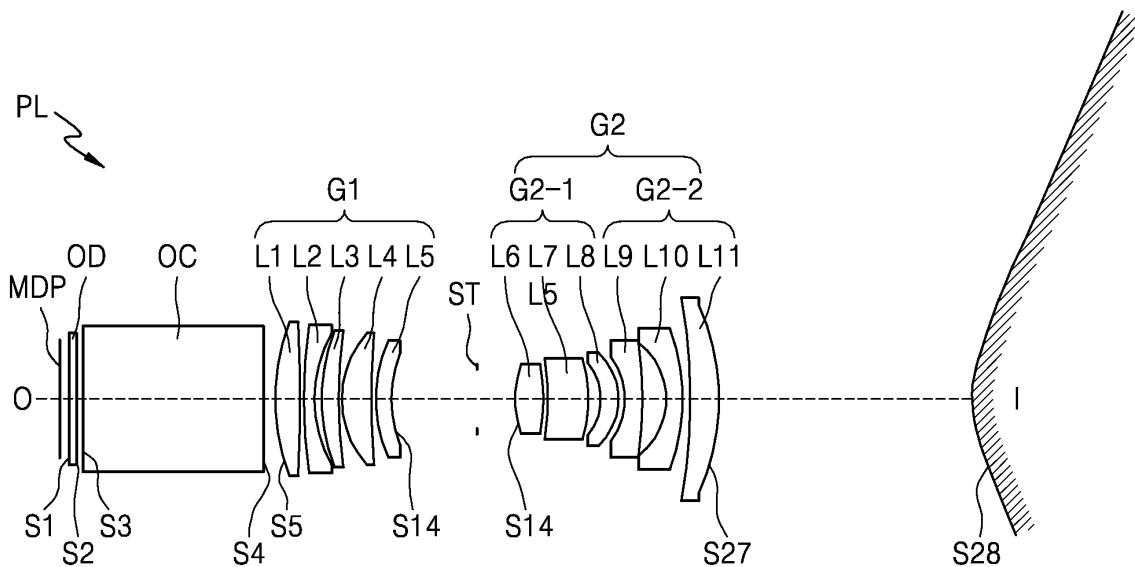
(54) 발명의 명칭 **프로젝션 렌즈 시스템 및 이를 포함한 프로젝트 시스템**

**(57) 요약**

프로젝션 렌즈 시스템 및 이를 포함한 프로젝트 시스템이 개시된다.

개시된 프로젝트 렌즈 시스템은, 마이크로 디스플레이 패널이 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝트 렌즈시스템에 있어서, 조리개; 상기 조리개의 물체측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 전군; 상기 조리개의 상측에 배치된 것으로, 가장 상측에 배치된 제1비구면 렌즈와, 상기 제1비구면 렌즈의 물체측에 이웃하여 배치된 제2비구면 렌즈를 포함하는 후군; 및 부의 굴절력을 가지고, 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 비구면 미러;를 포함한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*G03B 21/14* (2013.01)

(72) 발명자

**박정철**

경기도 용인시 수지구 성복2로 126, 311동 302호  
(성복동, 성동마을엘지빌리지3차아파트)

**송세준**

경기도 성남시 분당구 판교로 393, 204동 705호 (삼평동, 봇들마을2단지이지더원아파트)

**양성광**

경기도 용인시 기흥구 서천동로 60, 405동 303호  
(서천동, 서천마을4단지)

**이윤기**

경기도 안양시 동안구 달안로 125, 102동 102호 (관양동, 한가람두산아파트)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

마이크로 디스플레이 패널이 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈시스템에 있어서,

조리개;

상기 조리개의 물체측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 전군;

상기 조리개의 상측에 배치된 것으로, 가장 상측에 배치된 제1비구면 렌즈와, 상기 제1비구면 렌즈의 물체측에 이웃하여 배치된 제2비구면 렌즈를 포함하는 후군; 및

부의 굴절력을 가지고, 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 비구면 미러;를 포함하고,

다음 식을 만족하는 프로젝션 렌즈 시스템.

<식>

$$2.6 < |R25/R24| < 3.2$$

여기서, R24는 상기 제2비구면 렌즈의 물체측 면의 곡률 반경을, R25은 상기 제2비구면 렌즈의 상측 면의 곡률 반경을 나타낸다.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전군은 적어도 하나의 비구면 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전군은 가장 상측에 제3비구면 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전군과 마이크로 디스플레이 패널 사이에 광의 경로를 변환하기 위한 광경로 변환 소자를 더 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 후군은 물체측에서 상측으로 배열된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 제1서브 렌즈군과 부의 굴절력을 가지는 제2서브 렌즈군을 포함하고, 상기 제1비구면 렌즈와 제2비구면 렌즈가 상기 제2서브 렌즈군에 포함된 프로젝션 렌즈 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1서브 렌즈군은 3개의 구면 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

#### 청구항 7

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사율 TR이 다음 식을 만족하는 프로젝션 렌즈 시스템.

<식>

$$1.0 \leq TR \leq 0.3$$

**청구항 8**

제 7항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사 거리가 15cm 이하의 범위를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 9**

제 8항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사 거리가 12cm 이하의 범위를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 10**

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템은 1.5 mm 이하 범위의 초점 거리를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 11**

마이크로 디스플레이 패널이 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템에 있어서,

조리개;

상기 조리개의 물체측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 전군;

상기 조리개의 상측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 제1서브 렌즈군과 부의 굴절력을 가지는 제2서브 렌즈군을 포함하는 후군; 및

부의 굴절력을 가지고, 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 비구면 미러;를 포함하고,

상기 전군이 가장 상측에 비구면 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 12**

마이크로 디스플레이 패널이 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈시스템에 있어서,

조리개;

상기 조리개의 물체측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 전군;

상기 조리개의 상측에 배치된 것으로, 가장 상측에 배치된 제1비구면 렌즈

와, 상기 제1비구면 렌즈의 물체측에 이웃하여 배치된 제2비구면 렌즈를 포함하는 후군; 및

부의 굴절력을 가지고, 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 비구면 미러;를 포함하고,

투사율 TR이 다음 식을 만족하는 프로젝션 렌즈 시스템.

<식>

$$0.1 \leq TR \leq 0.3.$$

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 전군은 가장 상측에 비구면 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 14**

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전군과 마이크로 디스플레이 패널 사이에 광의 경로를 변환하기 위한 광경로 변환 소자를 더 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 15**

제12항에 있어서,

상기 후군은 물체측에서 상측으로 배열된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 제1서브 렌즈군과 부의 굴절력을 가지는 제2서브 렌즈군을 포함하고, 상기 제1비구면 렌즈와 제2비구면 렌즈가 상기 제2서브 렌즈군에 포함된 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 16**

제11항 또는 15항에 있어서,

상기 제1서브 렌즈군은 3매의 구면 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 17**

제9항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사율 TR이 다음 식을 만족하는 프로젝션 렌즈 시스템.

<식>

$$0.1 \leq TR \leq 0.3.$$

**청구항 18**

제 10항 또는 제17항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사 거리가 15cm 이하의 범위를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 19**

제 18항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사 거리가 12cm 이하의 범위를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 20**

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템은 1.5 mm 이하의 범위의 초점 거리를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 21**

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로젝션 렌즈 시스템은 140 도 이상의 범위의 화각을 가지는 프로젝션 렌즈 시스템.

**청구항 22**

영상을 형성하는 마이크로 디스플레이 패널; 및

상기 마이크로 디스플레이 패널의 상측에 배치된 것으로, 제1항 내지 제7항, 제13항 내지 제15항 중 어느 한 항에 기재된 프로젝션 렌즈 시스템을 포함하는 프로젝션 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 예시적인 실시예는 소형이고, 초단 초점거리를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템 및 이를 포함한 프로젝션 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 프로젝터 또는 프로젝션 시스템 등은 입력받은 영상 신호를 광원 (예를 들어, LED 또는 램프)에서 방출되는 빛을 이용하여 투사면(스크린)에 투영시켜 화상을 보여주는 디스플레이 장치이다. 이러한 디스플레이 장치는 주로 회의실의 프리젠테이션, 극장의 영사기, 가정의 홈시어터 등을 구현하는데 이용될 수 있다.

[0003] 프로젝션 시스템에 들어가는 렌즈 시스템은 이미지를 투사면(스크린)에 크게 확장해서 사용자에게 보여준다.

[0004] 프로젝션 시스템은 널리 사용되며 작은 사이즈의 마이크로 디스플레이(Micro Display)에서 형성된 영상을 프로젝션 렌즈 시스템을 이용해서 확대해서 사용자에게 큰 화면으로 보여줄 수 있다. 마이크로 디스플레이(Micro Display)로는 예를 들면 LCD (Liquid Crystal Display) 또는 DMD (Digital Micro mirror Display) 또는 LCos (Liquid Crystal Display on silicon) 등이 사용될 수 있다.

[0005] 일반적으로, 광각 프로젝션 렌즈 시스템은 짧은 투사거리에서 큰 영상을 얻을 수 있으므로, 설치 공간의 제약이 적으며, 소형의 프로젝션 시스템에 많이 채용될 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 예시적인 실시예는 소형의 프로젝션 렌즈 시스템 및 이를 포함한 프로젝션 시스템을 제공한다.

[0007] 예시적인 실시예는 초단 초점거리를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템 및 이를 포함한 프로젝션 시스템을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 예시적인 실시예에 따르면, 마이크로 디스플레이가 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈시스템에 있어서,

[0009] 조리개;

[0010] 상기 조리개의 물체측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 전군;

[0011] 상기 조리개의 상측에 배치된 것으로, 가장 상측에 배치된 제1비구면 렌즈와, 상기 제1비구면 렌즈의 물체측에 이웃하여 배치된 제2비구면 렌즈를 포함하는 후군; 및

[0012] 부의 굴절력을 가지고, 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 비구면 미러;를 포함하고,

[0013] 다음 식을 만족한다.

[0014] <식>

[0015]  $2.6 < |R25/R24| < 3.2$ .

[0016] 여기서, R24는 상기 제2비구면 렌즈의 물체측 면의 곡률 반경을, R25은 상기 제2비구면 렌즈의 상측 면의 곡률 반경을 나타낸다.

[0017] 상기 전군은 적어도 하나의 비구면 렌즈를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 전군은 가장 상측에 제3 비구면 렌즈를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 전군과 마이크로 디스플레이 사이에 광의 경로를 변환하기 위한 광경로 변환 소자를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 후군은 물체측에서 상측으로 배열된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 제1서브 렌즈군과 부의 굴절력을 가지는 제2서브 렌즈군을 포함하고, 상기 제1비구면 렌즈와 제2비구면 렌즈가 상기 제2서브 렌즈군에 포함될 수 있다.

[0021] 상기 제1서브 렌즈군은 3매의 구면 렌즈를 포함할 수 있다.

- [0022] 상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사율 TR이 다음 식을 만족할 수 있다.
- [0023] <식>
- [0024]  $0.1 \leq TR \leq 0.3$ .
- [0025] 상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사 거리가 15cm 이하의 범위를 가질 수 있다.
- [0026] 상기 프로젝션 렌즈 시스템의 투사 거리가 12cm 이하의 범위를 가질 수 있다.
- [0027] 상기 프로젝션 렌즈 시스템은 1.5 mm 이하 범위의 초점 거리를 가질 수 있다.
- [0028] 예시적인 실시예에 따르면, 마이크로 디스플레이가 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈 시스템에 있어서,
- [0029] 조리개;
- [0030] 상기 조리개의 물체측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 전군;
- [0031] 상기 조리개의 상측에 배치된 것으로, 정의 굴절력을 가지는 제1서브 렌즈군과 부의 굴절력을 가지는 제2서브 렌즈군을 포함하는 후군; 및
- [0032] 부의 굴절력을 가지고, 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 비구면 미러를 포함하고,
- [0033] 상기 전군이 가장 상측에 비구면 렌즈를 포함할 수 있다.
- [0034] 예시적인 실시예에 따르면, 마이크로 디스플레이가 있는 물체측과 스크린이 있는 상측 사이에 배열된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 프로젝션 렌즈시스템에 있어서,
- [0035] 조리개;
- [0036] 상기 조리개의 물체측에 배치된 전군;
- [0037] 상기 조리개의 상측에 배치된 후군; 및
- [0038] 상기 후군으로부터 나온 광을 상측으로 반사시키는 미러;를 포함하고,
- [0039] 투사율 TR이 다음 식을 만족할 수 있다.
- [0040] <식>
- [0041]  $0.1 \leq TR \leq 0.3$ .

**발명의 효과**

- [0042] 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 소형이고, 투사 거리가 짧은 영상을 제공할 수 있다. 프로젝션 렌즈 시스템은 투사 거리가 짧도록 초단 초점거리를 가질 수 있다. 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 시스템은 짧은 투사 거리에 상대적으로 큰 스크린에 영상을 표시할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0043] 도 1은 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템의 구성도를 도시한 것이다.
- 도 2는 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템의 종단면(YZ 평면)에서의 광선 레이아웃을 도시한 것이다.
- 도 3은 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템의 횡단면(XZ 평면)에서의 광선 레이아웃을 도시한 것이다.
- 도 4는 제1수치 실시예에 따른 MTF 그래프를 도시한 것이다.
- 도 5는 제1수치 실시예에 따른 왜곡 수차를 도시한 것이다.
- 도 6 내지 도 10은 제1수치 실시예에 따른 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 도시한 것이다.
- 도 11은 제2수치 실시예에 따른 MTF 그래프를 도시한 것이다.

- 도 12는 제2수치 실시예에 따른 왜곡 수차를 도시한 것이다.
- 도 13 내지 도 17은 제2수치 실시예에 따른 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 도시한 것이다.
- 도 18은 제3수치 실시예에 따른 MTF 그래프를 도시한 것이다.
- 도 19는 제3수치 실시예에 따른 왜곡 수차를 도시한 것이다.
- 도 20 내지 도 24는 제3수치 실시예에 따른 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 도시한 것이다.
- 도 25 는 제4 수치 실시예에 따른 MTF 그래프를 도시한 것이다.
- 도 26은 제4 수치 실시예에 따른 왜곡 수차를 도시한 것이다.
- 도 27 내지 도 31은 제4 수치 실시예에 따른 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 도시한 것이다
- 도 32 는 제5 수치 실시예에 따른 MTF 그래프를 도시한 것이다.
- 도 33은는 제5 수치 실시예에 따른 왜곡 수차를 도시한 것이다.
- 도 34 내지 도 38은 제5 수치 실시예에 따른 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 도시한 것이다
- 도 39는 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 시스템의 개략적인 구성도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0044] 이하, 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템 및 이를 포함한 프로젝션 시스템에 대해 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0045] 도 1은 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템(PL)의 렌즈 구성도를 도시한 것이다.
- [0046] 프로젝션 렌즈 시스템(PL)은 물체측(O)으로부터 상측(I)으로 순서대로 배열된 것으로, 정의 굴절력을 가진 전군(front lens group)(G1), 조리개(ST), 및 후군(rear lens group)(G2)을 포함할 수 있다.
- [0047] 이하에서, 물체측(O)은 광축을 따라, 영상을 형성하는 마이크로 디스플레이 (MDP)가 있는 방향을 나타내고, 상측(I)은 광축을 따라 영상이 표시되는 투영면(또는 스크린)(SC)이 있는 방향을 나타낼 수 있다.
- [0048] 상기 전군(G1)은 조리개(ST)의 물체측(O)에 배치되고, 후군(G2)은 조리개(ST)의 상측(I)에 배치될 수 있다. 상기 후군(G2)은 정의 굴절력 또는 부의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 후군(G2)은 예를 들어, 물체측(O)에서 상측(I)으로 정의 굴절력을 가지는 제1서브 렌즈군(G2-1)과 부의 굴절력을 가지는 제2서브 렌즈군(G2-2)을 포함할 수 있다.
- [0049] 상기 제2서브 렌즈군(G2-2)의 상측(I)에 투사 미러(M)가 구비될 수 있다. 상기 투사 미러(M)는 비구면 미러일 수 있다.
- [0050] 상기 전군(G1)은 예를 들어, 적어도 하나의 비구면 렌즈를 포함할 수 있다. 전군(G1)의 가장 상측(I)에 비구면 렌즈가 구비될 수 있다. 전군(G1)의 가장 상측에 있는 비구면 렌즈가 마이크로 디스플레이 패널(Micro Display Panel)로부터 발산되는 광을 후군의 초기 단계에서 변조(Modulation) 함으로써 비구면 효과를 증대시키게 되어 이미지 보정을 효과적으로 할 수 있다. 하지만, 상기 전군(G1)이 비구면 렌즈 없이 구성되는 것도 가능하다.
- [0051] 예를 들어, 전군(G1)은 복수 개의 렌즈, 예를 들어 5개의 렌즈를 포함할 수 있다. 하지만, 여기에 한정되는 것은 아니고, 전군(G1)은 다양한 개수로 구성될 수 있다. 전군(G1)은 정의 굴절력을 가지는 제1렌즈(L1), 부의 굴절력을 가지는 제2렌즈(L2), 정의 굴절력을 가지는 제3렌즈(L3), 정의 굴절력을 가지는 제4렌즈(L4) 및 정의 굴절력을 가지는 제5렌즈(L5)를 포함할 수 있다. 상기 제5렌즈(L5)가 비구면 렌즈일 수 있다.
- [0052] 또는, 제1렌즈 내지 제5렌즈(L1)(L2)(L3)(L4)(L5)가 모두 정렌즈로 구성되는 것도 가능하다. 그리고, 제1렌즈 내지 제5렌즈(L1)(L2)(L3)(L4)(L5)가 모두 구면 렌즈로 구성되는 것도 가능하다. 전군(G1)은 마이크로 디스플레이 패널에서 형성된 이미지 광을 수렴시킬 수 있다.
- [0053] 상기 마이크로 디스플레이 패널(MDP)과 전군(G1) 사이에 광경로 변환기(OC)를 구비할 수 있다. 광경로 변환기(OC)는 예를 들어 프리즘을 포함할 수 있다. 광경로 변환기(OC)는 여기에 한정되는 것은 아니고, 반사 미러, 빔 스플리터 등 다양하게 사용될 수 있다. 한편, 상기 광경로 변환기(OC)가 프로젝션 렌즈 시스템의 광 경로를 수직으로 꺾을 수 있다. 상기 광경로 변환기(OC)는 광의 경로를 변환하여 렌즈들의 배치 공간을 효율적으로 확보

할 수 있도록 하고, 프로젝션 렌즈 시스템을 소형화할 수 있다.

- [0054] 상기 마이크로 디스플레이 패널(MDP)와 제1렌즈(L1) 사이에 적어도 하나의 광학 소자(OD)가 구비될 수 있다. 광학 소자(OD)는 예를 들어 저역 통과 필터(Low pass Filter), 적외선 차단 필터(IR-Cut Filter), 커버 글라스 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학 소자로서 적외선 차단 필터가 구비되는 경우, 가시광선은 투과되고, 적외선은 외부로 방출되도록 하여, 적외선이 상면에 전달되지 않도록 할 수 있다. 하지만, 광학 소자 없이 프로젝션 렌즈 시스템을 구성하는 것도 가능하다.
- [0055] 제1서브 렌즈군(G2-1)은 예를 들어, 조리개(ST)를 통과한 광빔을 발산(diverge)할 수 있다. 제1서브 렌즈군(G2-1)은 예를 들어 3개의 렌즈를 포함할 수 있다. 하지만, 여기에 한정되는 것은 아니고, 렌즈 매수를 다양하게 구성할 수 있다. 제1서브 렌즈군(G2-1)은 예를 들어, 정의 굴절력을 가지는 제6렌즈(L6), 정 또는 부의 굴절력을 가지는 제7렌즈(L7) 및 정 또는 부의 굴절력을 가지는 제8렌즈(L8)를 포함할 수 있다.
- [0056] 제1서브 렌즈군(G2-1)은 예를 들어, 양볼록 제6렌즈(L6), 메니스커스형의 제7렌즈(L7), 및 메니스커스형의 제8렌즈(L8)를 포함할 수 있다. 제7렌즈(L7)는 상측(I)으로 볼록한 메니스커스 렌즈일 수 있다. 제8렌즈(L8)은 상측(I)으로 볼록한 메니스커스 렌즈일 수 있다.
- [0057] 제1서브 렌즈군(G2-1)은 적어도 하나의 구면 렌즈를 포함할 수 있다. 제1서브 렌즈군(G2-1)은 예를 들어 세 개의 구면 렌즈를 포함할 수 있다. 상기 제6렌즈(L6), 제7렌즈(L7), 및 제8렌즈(L8)가 각각 구면 렌즈일 수 있다.
- [0058] 제2서브 렌즈군(G2-2)은 예를 들어, 세 개의 렌즈를 포함할 수 있다. 제2 서브 렌즈군(G2-2)은 적어도 하나의 부렌즈를 포함할 수 있다. 제2서브 렌즈군(G2-2)은 예를 들어, 부의 굴절력을 가지는 제9렌즈(L9), 부의 굴절력을 가지는 제10렌즈(L10), 및 정의 굴절력을 가지는 제11렌즈(L11)를 포함할 수 있다. 제9렌즈(L9)는 상측(I)으로 볼록한 메니스커스 렌즈일 수 있다. 제10렌즈(L10)는 상측(I)으로 볼록한 메니스커스 렌즈일 수 있다. 제11렌즈(L11)는 양볼록 렌즈 또는 상측(I)을 향해 볼록한 메니스커스 렌즈일 수 있다. 또는, 제2서브 렌즈군(G2-2)은 세 개의 부 렌즈를 포함하도록 구성될 수 있다.
- [0059] 제2서브 렌즈군(G2-2)은 적어도 하나의 비구면 렌즈를 포함할 수 있다. 제2서브 렌즈군(G2-2)은 예를 들어, 가장 상측에 제1 비구면 렌즈를 포함하고, 상기 제1비구면 렌즈의 물체측에 이웃하여 배치된 제2비구면 렌즈를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제11렌즈(L11)가 제1 비구면 렌즈이고, 제10렌즈(L10)가 제2 비구면 렌즈일 수 있다.
- [0060] 상기 미러(M)는 비구면 미러일 수 있다. 상기 미러(M)는 상측(I)으로 볼록한 미러로 구성되어, 광빔을 발산시킴으로써 이미지를 확대시킬 수 있다.
- [0061] 도 2는 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템(PL)의 종단면(YZ 평면)에서의 광선 레이아웃을 도시한 것이고, 도 3은 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템의 횡단면(XZ 평면)에서의 광선 레이아웃을 도시한 것이다.
- [0062] 상기 미러(M)는 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 상기 전군(G1)과 후군(G2)을 통해 확대된 이미지를 스크린(SC)을 향해 반사시킬 수 있다. 따라서, 상기 미러(M)에 대해 프로젝션 렌즈 시스템(PL)과 스크린(SC)이 같은 방향에 배치될 수 있다. 미러(M)는 프로젝션 렌즈 시스템(PL)으로부터 전달된 이미지를 상측 방향으로 넓은 화각을 가지고 확대시킬 수 있다.
- [0063] 도 2 및 도 3을 참조하면, 미러(M)의 정점(Vertex)으로부터 스크린(SC)까지의 거리를 투사 거리(projection distance)(d)라고 하고, 스크린(SC)의 폭을 L이라고 할 때, (d/L)를 투사율(Throw Ratio)이라고 한다. 투사율이 작을 때 단거리에서 크게 확대된 영상을 투영할 수 있으며, 프로젝션 렌즈 시스템이 소형이면서도 이미지의 확대율을 높일 수 있다.
- [0064] 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 다음 식을 만족할 수 있다.
- [0065]  $0.1 \leq TR \leq 0.3$  <식 1>
- [0066] 여기서, TR은 투사율을 나타낸다.
- [0067] 한편, 상기 프로젝션 렌즈 시스템은 15cm 이하 범위의 투사 거리를 가질 수 있다. 예를 들어, 프로젝션 렌즈 시스템은 12cm 이하의 투사 거리를 가질 수 있다. 예를 들어, 프로젝션 렌즈 시스템은 10cm 이하의 투사 거리를 가질 수 있다.

[0068] 스크린의 폭(L)은 예를 들어 10 cm 투사거리를 기준으로 60 cm 까지의 범위를 가질 수 있다. 더 나아가, 스크린의 폭(L)은 67 cm 까지 확장 가능하다. 이와 같이, 짧은 투사 거리를 가지고 대형 스크린에 영상을 투사할 수 있다.

[0069] 또한, 상기 프로젝션 렌즈 시스템은 1.5 mm 이하 범위의 초점 거리를 가질 수 있다. 예를 들어, 프로젝션 렌즈 시스템은 0.8 mm 이상 1.5 mm 이하 범위의 초점 거리를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 프로젝션 렌즈 시스템은 140도 이상의 화각을 가질 수 있다. 예를 들어, 프로젝션 렌즈 시스템은 140도 이상 175도 이하 범위의 화각을 가질 수 있다. 이와 같이, 짧은 투사 거리를 가지고, 넓은 화각에 의해 영상을 확대 투사할 수 있다.

[0070] 한편, 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 다음 식을 만족할 수 있다.

[0071]  $2.6 < |R25/R24| < 3.2$  <식 2>

[0072] 여기서, R24는 제2서브 렌즈군(G2-2)의 가장 상측으로부터 두 번째에 배치된 제2비구면 렌즈의 물체측 면의 곡률 반경을, R25은 상기 제2비구면 렌즈의 상측 면의 곡률 반경을 나타낸다.

[0073]  $|R25/R24|$ 가 식 1을 만족할 때, 프로젝션 렌즈 시스템의 구면 수차 및 색수차를 용이하게 보정할 수 있다.

[0074] 한편, 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템에 사용되는 비구면의 정의를 나타내면 다음과 같다.

[0075] 비구면 형상은 광축 방향을 x축으로 하고, 광축 방향에 대해 수직한 방향을 y축으로 할 때, 광선의 진행 방향을 정으로 하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다. 여기서, x는 렌즈의 정점으로부터 광축 방향으로의 거리를, y는 광축에 대해 수직한 방향으로의 거리를, K는 코닉 상수(conic constant)를, A, B, C, D,...는 비구면 계수를, c는 렌즈의 정점에 있어서의 곡률 반경의 역수(1/R)를 각각 나타낸다.

[0076] 
$$x = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2y^2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + \dots$$
 <식 3>

[0077] 본 발명에서는 다음과 같이 다양한 설계에 따른 수치 실시예를 통해 프로젝션 렌즈 시스템을 구현할 수 있다.

[0078] 각 수치 실시예에서 렌즈면 번호(S1,S2,S3...Sn; n은 자연수)는 물체측(O)으로부터 상측(I)으로 순차적으로 일렬로 부쳐지며, 도면에서는 편의 상 각 렌즈군의 가장 물체측 렌즈와 가장 상측 렌즈의 렌즈면 부호를 표시하기로 한다. 그리고, EFL은 초점 거리를, FOV는 화각을 나타낸다. 두께는 렌즈의 광축 상에서의 두께 또는 렌즈와 렌즈 사이의 간격을 나타낸다. ST는 조리개를, Asphere는 비구면을, Sphere은 구면을 나타낸다.

[0079] <제1 수치 실시예>

[0080] 도 1은 제1 수치 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템을 도시한 것이며, 다음은 제1 수치 실시예의 설계 데이터를 나타낸 것이다.

표 1

[0081]

렌즈면	비고	타입	곡률반경	두께	아베수
물체면	마이크로 디스플레이 패널	Sphere	Infinity	0.71	
S1	광학 소자	Sphere	Infinity	0.65	63
S2		Sphere	Infinity	0.5	
S3	광경로변환기	Sphere	Infinity	15	39
S4		Sphere	Infinity	1	
S5		Sphere	16.7	2.1	6
S6		Sphere	-84.06	0.2	
S7		Sphere	31.86	1	28
S8		Sphere	11.51	0.68	
S9		Sphere	18.49	1.37	61
S10		Sphere	38.54	0.2	
S11		Sphere	8.15	2.61	82
S12		Sphere	126.04	0.22	

S13		Asphere	9.52	1.38	7
S14		Asphere	14.86	7.06	
S15	ST	Sphere	Infinity	3.36	
S16		Sphere	11.37	2.18	7
S17		Sphere	58.07	0.24	
S18		Sphere	-31.74	3.44	49
S19		Sphere	-19.95	1.08	
S20		Sphere	-5.83	1.48	28
S21		Sphere	-5.8	0.53	
S22		Sphere	-7.2	1.45	45
S23		Sphere	-69.28	1.98	
S24		Asphere	-6.82	1.47	58
S25		Asphere	-18.59	0.55	
S26		Asphere	330.59	2.42	23
S27		Asphere	-23.54	23	
S28	미리	Asphere	11.75	-101.5	
상면	스크린		Infinity	0	

[0082] 다음은 제1 수치 실시예의 비구면 계수를 나타낸다.

표 2

렌즈	렌즈면	곡률 반경	K	4th Order Coefficient (A)	6th Order Coefficient (B)	8th Order Coefficient (C)	10th Order Coefficient (D)	12th Order Coefficient (E)	14th Order Coefficient (F)	16th Order Coefficient (G)	18th Order Coefficient (H)	20th Order Coefficient (J)
비구면 미리	S28	11.75	-4.74	-3.3716E-06	-3.0490E-09	3.2614E-11	-8.6640E-14	1.2694E-16	-1.1211E-19	5.9166E-23	-1.7165E-26	2.1050E-30
L11	S27	-23.54	3.37	-3.9924E-05	7.2275E-07	-1.4656E-07	3.5022E-09	-2.0790E-11	-3.4085E-37	-3.4085E-37		
	S26	330.59	10.00	-2.8319E-04	1.8549E-05	-1.5341E-06	5.5524E-08	-1.0006E-09	9.1511E-12	-3.4208E-14		
L10	S25	-18.59	-10.00	-8.7156E-05	5.3232E-07	-1.5367E-07	9.4291E-10	-7.0360E-35	-3.4085E-37			
	S24	-6.82	0.34	2.2150E-04	-4.3377E-05	3.1582E-06	-1.0848E-07	-7.0360E-35	-3.4085E-37			
L5	S14	14.86	2.91	1.0273E-04	1.4082E-06	-4.3057E-08	4.8489E-09	2.4307E-35				
	S13	9.52	-0.80	-1.1102E-04	-2.6407E-06	2.4621E-08	3.2481E-10	2.4307E-35				

[0084] 제1수치 실시예에서는 전군(G1)의 가장 상측에 비구면 렌즈가 구비되고, 후군(G2)의 가장 상측에 두 개의 비구면 렌즈가 구비될 수 있다.

[0085] 도 4는 제1 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 MTF(Modulation Transform Function) 그래프를, 도 5는 왜곡(distortion)을 나타낸다.

[0086] 도 6 내지 도 10은 제1 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 나타낸 것이다.

[0087] MTF 그래프의 X축은 공간 주파수(Spatial Frequency)를 Y축은 변조(Modulation)를 나타낸다. 공간 주파수(Spatial Frequency)는 Millimeter당 Sine wave의 개수를 나타낸다. 변조(Modulation)는 1이 최대값이고, 변조가 1일 때, MTF가 100%인 것을 나타낸다. 도 4를 참조하면, MTF Ratio가 급하게 감소하지 않고 있으며, 이는

Sharpness와 콘트라스트(Contrast)와 이미지(Image) 인식 비율이 고품질(High Quality)로 유지될 수 있음을 나타낸다. 왜곡 그래프를 참조하면, 이미지 왜곡이 효과적으로 보정될 수 있다.

[0088] 레이 수차는 Lateral Color를 보인 것이고, 색수차(Chromatic aberration)가 효과적으로 보정되어 있음을 보여준다.

[0089] 제1 수차 실시예는 전군(G1)의 가장 상측에 비구면 렌즈가 구비되고, 후군(G2)의 가장 상측에 두 개의 비구면 렌즈가 구비되는 경우, 예를 들어 프로젝션 렌즈 시스템의 길이가 10cm 이하이고, 투사율(TR)이 대략 0.17 으로 초단초점 거리(ultra short focal length)를 가지는 프로젝션 렌즈 시스템을 제공할 수 있다.

[0090] <제2 수차 실시예>

[0091] 다음은 제2 수차 실시예의 설계 데이터를 나타낸 것이다.

표 3

[0092]

렌즈면	비고	타입	곡률반경	두께	아베수
물체면	마이크로 디스플레이 패널	Sphere	Infinity	0.71	
S1	광학소자	Sphere	Infinity	0.65	63
S2		Sphere	Infinity	0.5	
S3	광경로변환기	Sphere	Infinity	15	39
S4		Sphere	Infinity	1	
S5		Sphere	16.33	2.83	6
S6		Sphere	-25.77	0.2	
S7		Sphere	23.66	1	28
S8		Sphere	9.12	1.19	
S9		Sphere	33.12	1.86	61
S10		Sphere	-42.76	0.2	
S11		Sphere	13.8	1.57	82
S12		Sphere	69.69	0.2	
S13		Sphere	7.48	1.74	7
S14		Sphere	15.41	5.8	
S15	ST	Sphere	Infinity	1.75	
S16		Sphere	18.64	1.27	7
S17		Sphere	82.78	0.4	
S18		Sphere	-15.97	2.12	49
S19		Sphere	-10.08	0.1	
S20		Sphere	-8.86	2.65	28
S21		Sphere	-8.88	0.5	
S22		Sphere	-9.17	1.84	45
S23		Sphere	-14.07	1.47	
S24		Asphere	-6.4	1.3	58
S25		Asphere	-80.63	1.76	
S26		Asphere	-135.81	2.54	23
S27		Asphere	-18	23	
S28	미러	Asphere	9.05	-101.5	
상면	스크린	Sphere	Infinity	0	

[0093] 다음은 제2 수차 실시예의 비구면 계수를 나타낸다.

표 4

[0094]

렌즈	렌즈면	Y Radius	Conic Constant (K)	4th Order Coefficient (A)	6th Order Coefficient (B)	8th Order Coefficient (C)	10th Order Coefficient (D)	12th Order Coefficient (E)	14th Order Coefficient (F)	16th Order Coefficient (G)	18th Order Coefficient (H)	20th Order Coefficient (J)
비구면미러	S28	9.05	-4.46	-4.4742E-06	-4.2307E-09	5.3183E-11	-1.5958E-13	2.6398E-16	-2.6343E-19	1.5706E-22	-5.1463E-26	7.1282E-30
L11	S27	-18.00	-0.06	2.0662E-04	-1.1819E-06	-1.4996E-07	3.4023E-09	-2.0790E-11				
	S26	-135.81	10.00	-1.4793E-04	1.9628E-05	-1.5541E-06	5.5409E-08	-1.0006E-09	9.1511E-12	-3.4208E-14		
L10	S25	-80.63	-10.00	4.8805E-05	4.9442E-07	4.0899E-09	-7.2877E-10					
	S24	-6.40	0.09	-1.1194E-04	-1.4719E-06	7.2622E-08	-1.4677E-08					

[0095]

제2 수치 실시예에서는 전군(G1)이 비구면 렌즈를 포함하지 않고, 후군(G2)의 가장 상측에 두 개의 비구면 렌즈가 구비될 수 있다.

[0096]

도 11은 제2 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 MTF(Modulation Transform Function) 그래프를, 도 12는 왜곡(distortion)을 나타낸다.

[0097]

도 12 내지 도 17은 제2 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 나타낸 것이다.

[0098]

예시적인 제2 수치 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 대략적으로 초단초점 거리(ultra short focal length)를 구현하여, 소형이면서 넓은 화각으로 영상을 투사할 수 있다.

[0099]

<제3 수치 실시예>

[0100]

다음은 제3 수치 실시예의 설계 데이터를 나타낸 것이다.

표 5

[0101]

렌즈면	비고	타입	곡률반경	두께	아베수
물체면	마이크로 디스플레이 패널	Sphere	Infinity	0.71	
S1	광학소자	Sphere	Infinity	0.65	63
S2		Sphere	Infinity	0.5	
S3	광경로 변환기	Sphere	Infinity	15	39
S4		Sphere	Infinity	1	
S5		Asphere	16.61	1.3	23
S6		Asphere	31.17	0.47	
S7		Sphere	52.81	1	28
S8		Sphere	11.15	0.5	
S9		Sphere	15.46	2.06	62
S10		Sphere	-46.94	0.2	
S11		Sphere	12	2.79	69
S12		Sphere	-18.85	0.39	
S13		Sphere	8.64	1.74	7

S14		Sphere	11.56	7.01	
S15	ST	Sphere	Infinity	0.2	
S16		Sphere	13.48	1.41	68
S17		Sphere	-11.37	0.2	
S18		Sphere	-7.93	1.57	29
S19		Sphere	31.33	2.29	
S20		Sphere	94.44	2.78	28
S21		Sphere	-6.06	0.2	
S22		Sphere	-5.65	1	51
S23		Sphere	62.17	3.94	
S24		Asphere	-6.53	1	55
S25		Asphere	-23.35	0.2	
S26		Asphere	268.24	2.05	23
S27		Asphere	-25.29	23	
S28	미러	Asphere	10.78	-101.5	
상면	스크린	Sphere	Infinity	0	

[0102] 다음은 제3 수치 실시예의 비구면 계수를 나타낸다.

표 6

렌즈	렌즈면	곡률 반경	Conic Constant (K)	4th Order Coefficient (A)	6th Order Coefficient (B)	8th Order Coefficient (C)	10th Order Coefficient (D)	12th Order Coefficient (E)	14th Order Coefficient (F)	16th Order Coefficient (G)	18th Order Coefficient (H)	20th Order Coefficient (J)
비구면미러	S28	10.78	-4.58	-4.2458E-06	-4.5436E-09	5.3131E-11	-1.5942E-13	2.6398E-16	-2.6340E-19	1.5704E-22	-5.1499E-26	7.1468E-30
L11	S27	-25.29	-25.29	3.7838E+00	-6.0169E-06	1.0841E-06	-1.4324E-07	3.5285E-09	-2.0790E-11			
	S26	268.24	10.00	-2.9955E-04	1.8843E-05	-1.5371E-06	5.5704E-08	-1.0006E-09	9.1511E-12	-3.4208E-14		
L10	S25	-23.35	-10.00	-1.3707E-04	6.9994E-07	-1.3766E-08	-1.1675E-09					
	S24	-6.53	0.06	5.7596E-05	-4.3737E-05	3.6417E-06	-8.9208E-08					
L1	S6	31.17	31.17	-1.0000E+01	6.3146E-05	3.8034E-07	-6.4563E-09	5.6374E-10				
	S5	16.61	-2.00	-7.6630E-05	7.7626E-07	7.8401E-09	6.7501E-10					

[0104] 제3 수치 실시예에서는 전군(G1)의 가장 물체측에 있는 제1렌즈(L1)가 비구면 렌즈이고, 후군(G2)의 가장 상측에 두 개의 비구면 렌즈가 구비될 수 있다.

[0105] 도 18은 제3 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 MTF(Modulation Transform Function) 그래프를, 도 19는 왜곡(distortion)을 나타낸다.

[0106] 도 20 내지 도 24는 제3 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 나타낸 것이다.

[0107] 예시적인 제3 수치 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 초단초점 거리(ultra short focal length)를 구현하여, 소형이면서 넓은 화각으로 영상을 투사할 수 있다.

[0108] <제4 수치 실시예>

[0109] 다음은 제4 수치 실시예의 설계 데이터를 나타낸 것이다.

표 7

렌즈면	비고	타입	곡률반경	두께	아베수
물체면	마이크로 디스플레이 패널	Sphere	Infinity	0.71	
1	광학소자	Sphere	Infinity	0.65	631
2		Sphere	Infinity	0.50	
3	광경로 변환기	Sphere	Infinity	15.00	392
4		Sphere	Infinity	1.00	
5		Sphere	16.89	2.39	603
6		Sphere	-42.25	0.20	
7		Sphere	22.37	1.00	275
8		Sphere	9.27	0.86	
9		Sphere	18.02	1.38	608
10		Sphere	33.64	0.20	
11		Sphere	9.09	2.65	816
12		Sphere	-84.51	0.20	
13		Asphere	9.36	1.61	704
14		Asphere	13.93	6.41	
15	ST	Sphere	Infinity	1.69	
16		Sphere	9.61	1.76	704
17		Sphere	15.80	0.48	
18		Sphere	44.64	2.63	488
19		Sphere	-28.70	1.00	
20		Sphere	-7.54	1.29	278
21		Sphere	-6.40	0.44	
22		Sphere	-7.31	1.68	449
23		Sphere	-65.77	1.48	
24		Asphere	-6.94	1.97	581
25		Asphere	-19.14	1.61	
26		Asphere	-336.58	2.06	23
27		Asphere	-24.39	23.00	
28	미러	Asphere	10.44	-101.5	
상면	스크린	Sphere	Infinity	0	

[0111] 다음은 제4 수치 실시예의 비구면 계수를 나타낸다

표 8

		Y Radius	Conic Constant (K)	4th Order Coefficient (A)	6th Order Coefficient (B)	8th Order Coefficient (C)	10th Order Coefficient (D)	12th Order Coefficient (E)	14th Order Coefficient (F)	16th Order Coefficient (G)	18th Order Coefficient (H)	20th Order Coefficient (J)
비구면미러	S28	10.44	-4.52	-4.5036E-06	-4.2266E-09	5.3137E-11	-1.5953E-13	2.6398E-16	-2.6342E-19	1.5706E-22	-5.1469E-26	7.1281E-30
L11	S27	-24.39	4.12	8.9883E-06	8.0378E-07	-1.4655E-07	3.4677E-09	-2.0790E-11	-3.4085E-37	-3.4085E-37		
	S26	-336.58	10.00	-2.2175E-04	1.8789E-05	-1.5391E-06	5.5519E-08	-1.0006E-09	9.1511E-12	-3.4208E-14		

L1 0	S25	-19.14	-10.00	-4.8803E-06	-6.3842E-07	-1.5533E-07	1.2294E-09	-7.0360E-35	-3.4085E-37			
	S24	-6.94	0.47	-1.9214E-04	-2.2537E-05	1.8350E-06	-1.6083E-07	-7.0360E-35	-3.4085E-37			
L5	S14	13.93	1.28	6.2654E-05	-6.1998E-07	8.0109E-08	5.0005E-09	2.4307E-35				
	S13	9.36	-0.27	-6.0843E-05	-1.4278E-06	2.8099E-08	2.1468E-09	2.4307E-35				

[0113] 제4 수치 실시예에서는 전군(G1)의 가장 상측에 있는 제5렌즈(L5)가 비구면 렌즈이고, 후군(G2)의 가장 상측에 두 개의 비구면 렌즈가 구비될 수 있다.

[0114] 도 25는 제4 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 MTF(Modulation Transform Function) 그래프를, 도 26은 왜곡(distortion)을 나타낸다.

[0115] 도 27 내지 도 31은 제4 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 나타낸 것이다.

[0116] 예시적인 제4 수치 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 초단초점 거리(ultra short focal length)를 구현하여, 소형이면서 넓은 화각으로 영상을 투사할 수 있다. 또한, 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 작은 투사율을 가지고, 높은 분해능 (MTF)을 가지며 작은 투사 거리에서도 상이 왜곡되지 않도록 할 수 있다.

[0117] <제5 수치 실시예>

[0118] 다음은 제5 수치 실시예의 설계 데이터를 나타낸 것이다.

표 9

렌즈면	비고	타입	곡률반경	두께	아베수
물체면	마이크로 디스플레이 패널	Sphere	Infinity	0.71	
1	광학 소자	Sphere	Infinity	0.65	63.1
2		Sphere	Infinity	0.50	
3	광경로 변환기	Sphere	Infinity	15.00	39.2
4		Sphere	Infinity	1.00	
5		Sphere	17.47	2.32	60.3
6		Sphere	-40.64	0.20	
7		Sphere	21.84	1.00	27.5
8		Sphere	9.25	0.82	
9		Sphere	17.83	1.32	60.8
10		Sphere	31.60	0.20	
11		Sphere	8.84	2.64	81.6
12		Sphere	-83.99	0.20	
13		Asphere	8.89	1.62	70.4
14		Asphere	12.79	6.32	
15	ST	Sphere	Infinity	1.98	
16		Sphere	9.76	1.75	70.4
17		Sphere	15.93	0.55	
18		Sphere	45.92	2.59	48.8
19		Sphere	-24.92	1.00	
20		Sphere	-6.97	1.30	27.7
21		Sphere	-6.12	0.43	
22		Sphere	-7.06	1.00	44.9
23		Sphere	-66.53	1.37	
24		Asphere	-7.04	1.87	58.1
25		Asphere	-19.10	1.75	

26		Asphere	-1242.15	2.09	23
27		Asphere	-24.65	23.00	
28	미러	Asphere	10.54	-101.50	
상면	스크린	Sphere	Infinity	0	

[0120] 다음은 제5 수치 실시예의 비구면 계수를 나타낸다

표 10

	Y Radius	Conic Constant (K)	4th Order Coefficient (A)	6th Order Coefficient (B)	8th Order Coefficient (C)	10th Order Coefficient (D)	12th Order Coefficient (E)	14th Order Coefficient (F)	16th Order Coefficient (G)	18th Order Coefficient (H)	20th Order Coefficient (J)
S28	10.44	-4.52	-4.5036E-06	-4.2266E-09	5.3137E-11	-1.5953E-13	2.6398E-16	-2.6342E-19	1.5706E-22	-5.1469E-26	7.1281E-30
S27	-24.39	4.12	8.9883E-06	8.0378E-07	-1.4655E-07	3.4677E-09	-2.0790E-11	-3.4085E-37	-3.4085E-37		
S26	-336.58	10.00	-2.2175E-04	1.8789E-05	-1.5391E-06	5.5519E-08	-1.0006E-09	9.1511E-12	-3.4208E-14		
S25	-19.14	-10.00	-4.8803E-06	-6.3842E-07	-1.5533E-07	1.2294E-09	-7.0360E-35	-3.4085E-37			
S24	-6.94	0.47	-1.9214E-04	-2.2537E-05	1.8350E-06	-1.6083E-07	-7.0360E-35	-3.4085E-37			
S14	13.93	1.28	6.2654E-05	-6.1998E-07	8.0109E-08	5.0005E-09	2.4307E-35				
S13	9.36	-0.27	-6.0843E-05	-1.4278E-06	2.8099E-08	2.1468E-09	2.4307E-35				

[0122] 제5 수치 실시예에서는 전군(G1)의 가장 상측에 있는 제5렌즈(L5)가 비구면 렌즈이고, 후군(G2)의 가장 상측에 두 개의 비구면 렌즈가 구비될 수 있다.

[0123] 도 32는 제4 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 MTF(Modulation Transform Function) 그래프를, 도 33은 왜곡(distortion)을 나타낸다.

[0124] 도 34 내지 도 38은 제5 수치 실시예에 따른 프로젝션 시스템 렌즈의 각 필드에 대한 레이 수차(Ray Aberration)를 나타낸 것이다.

[0125] 예시적인 제5 수치 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 초단초점 거리(ultra short focal length)를 구현하여, 소형이면서 넓은 화각으로 영상을 투사할 수 있다. 또한, 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 렌즈 시스템은 작은 투사율을 가지고, 높은 분해능(MTF)을 가지며 작은 투사 거리에서도 상이 왜곡되지 않도록 할 수 있다

[0126] 다음은 제1 내지 제5 수치 실시예가 식 1과 식 2를 만족함을 보인 것이다.

표 11

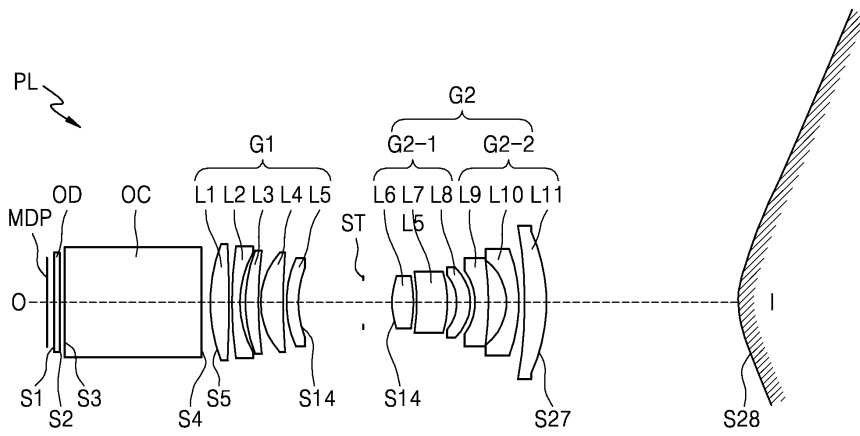
식	제1수치 실시예	제2수치 실시예	제3수치 실시예	제 4 수치 실시예	제5수치 실시예
$0.1 \leq TR \leq 0.3$	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
$2.6 <  R25/R24  < 3.2$	2.73	해당 사항 없음	해당 사항 없음	2.75	2.71

[0128] 도 39는 예시적인 실시예에 따른 프로젝션 시스템(100)을 개략적으로 도시한 것이다. 프로젝션 시스템(100)은

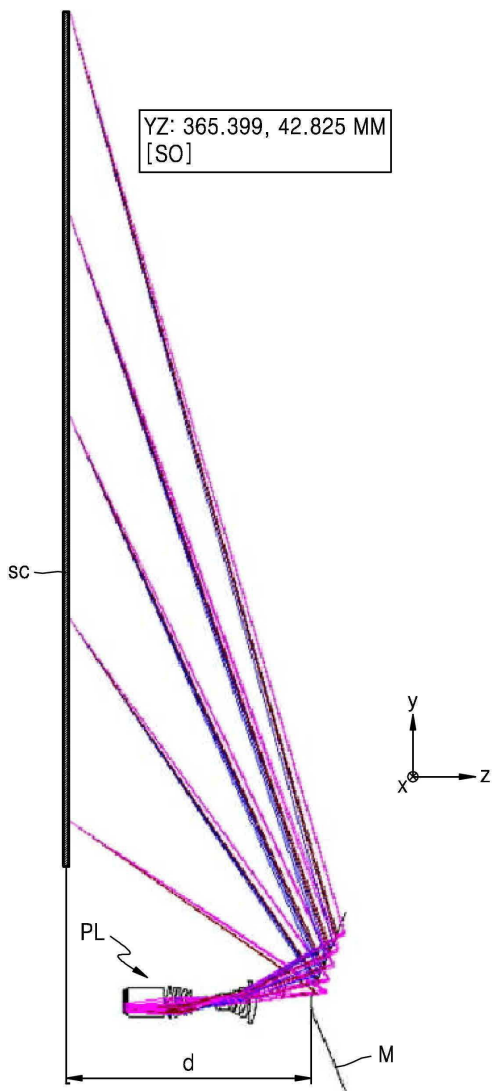


도면

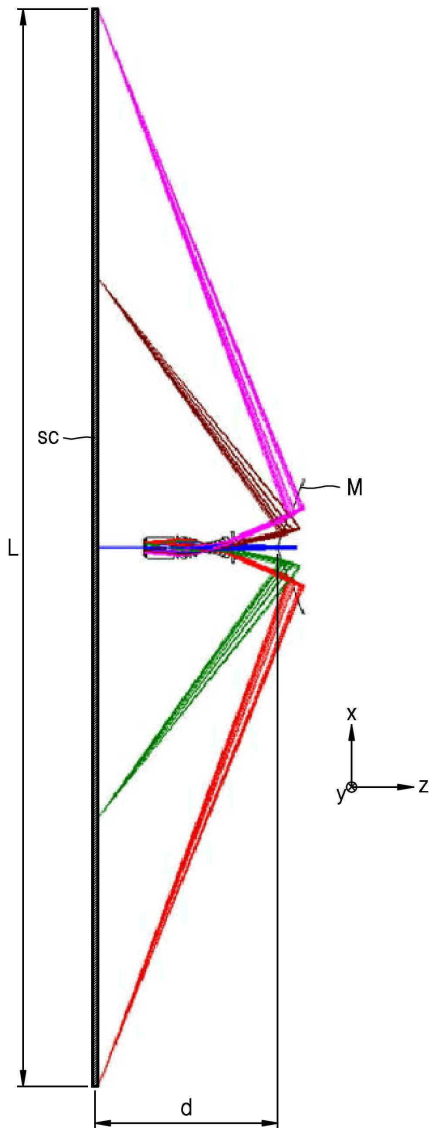
도면1



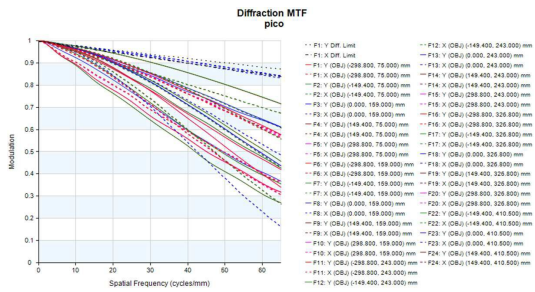
도면2



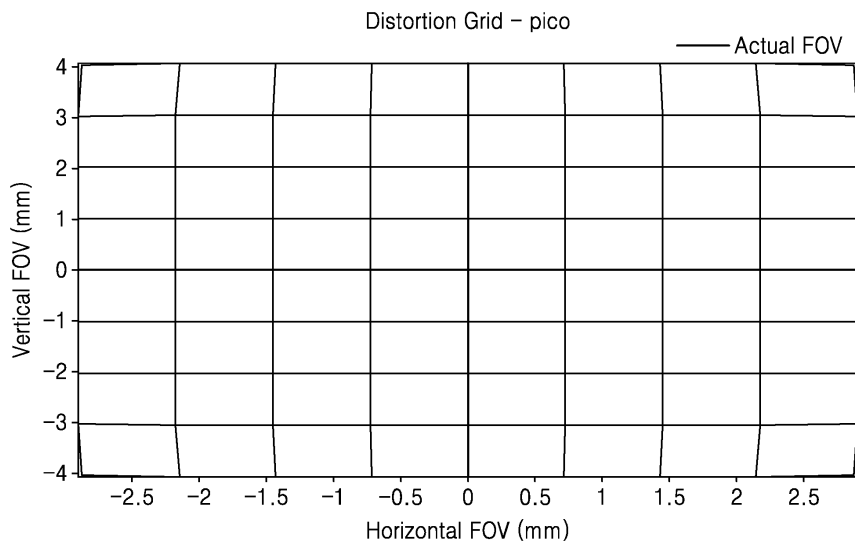
도면3



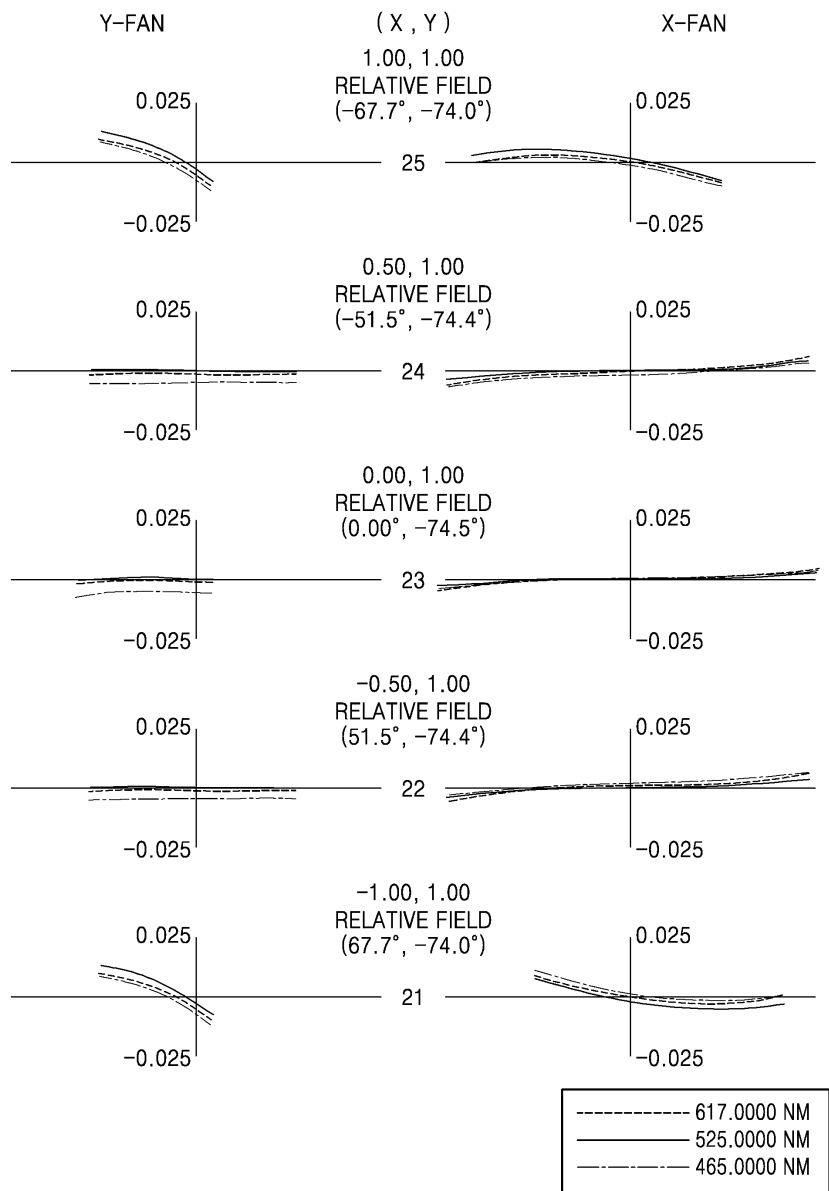
도면4



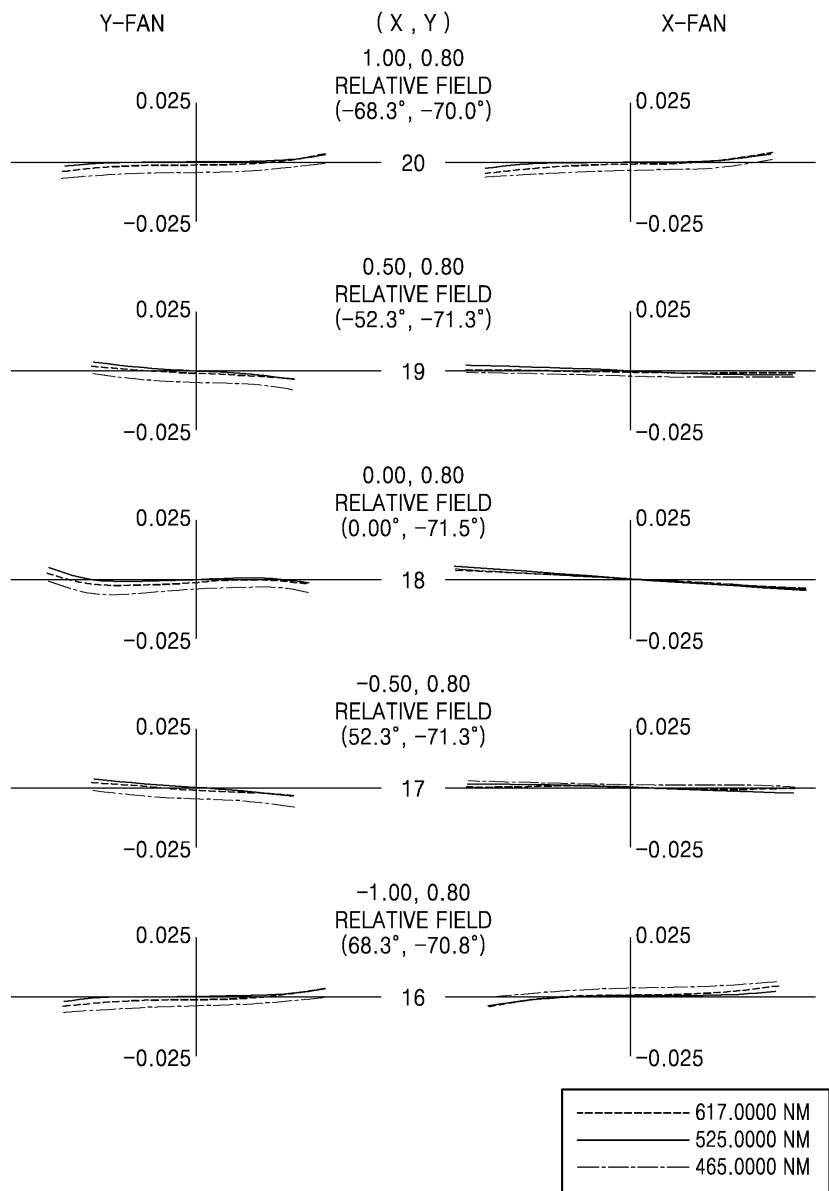
도면5



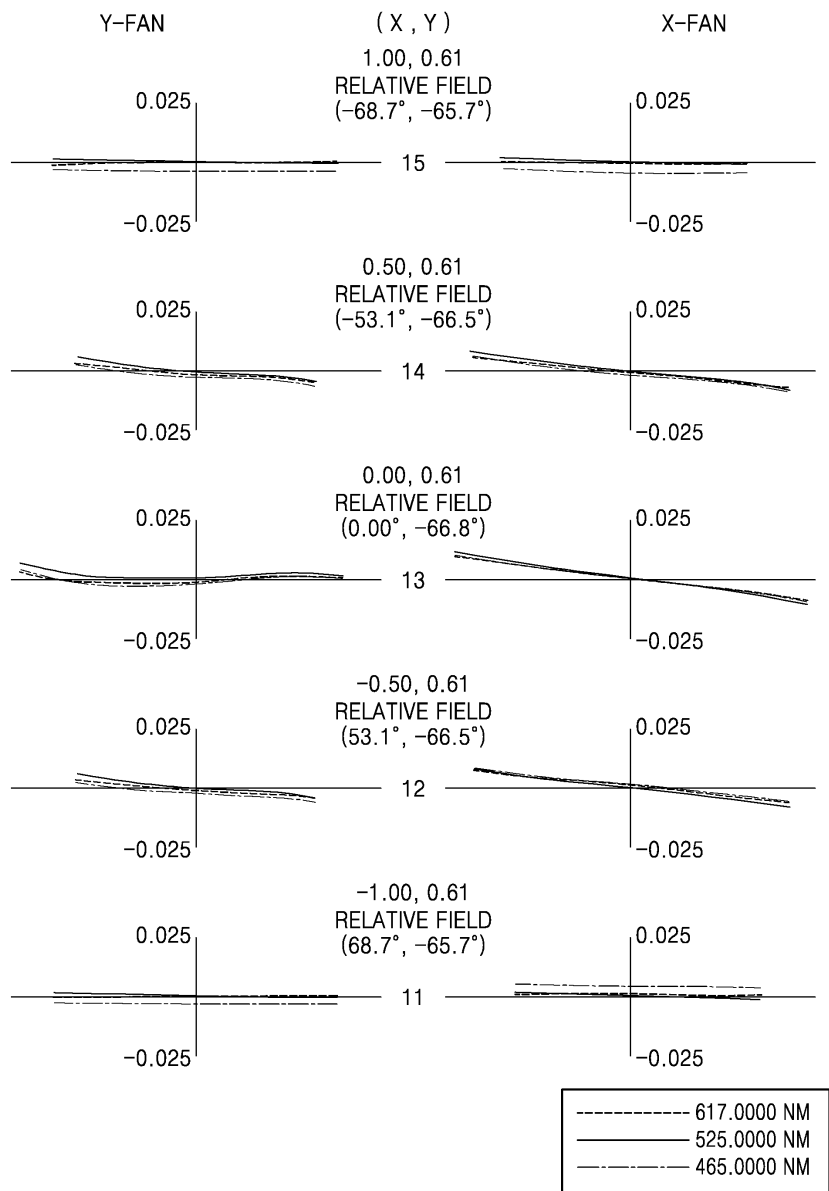
도면6



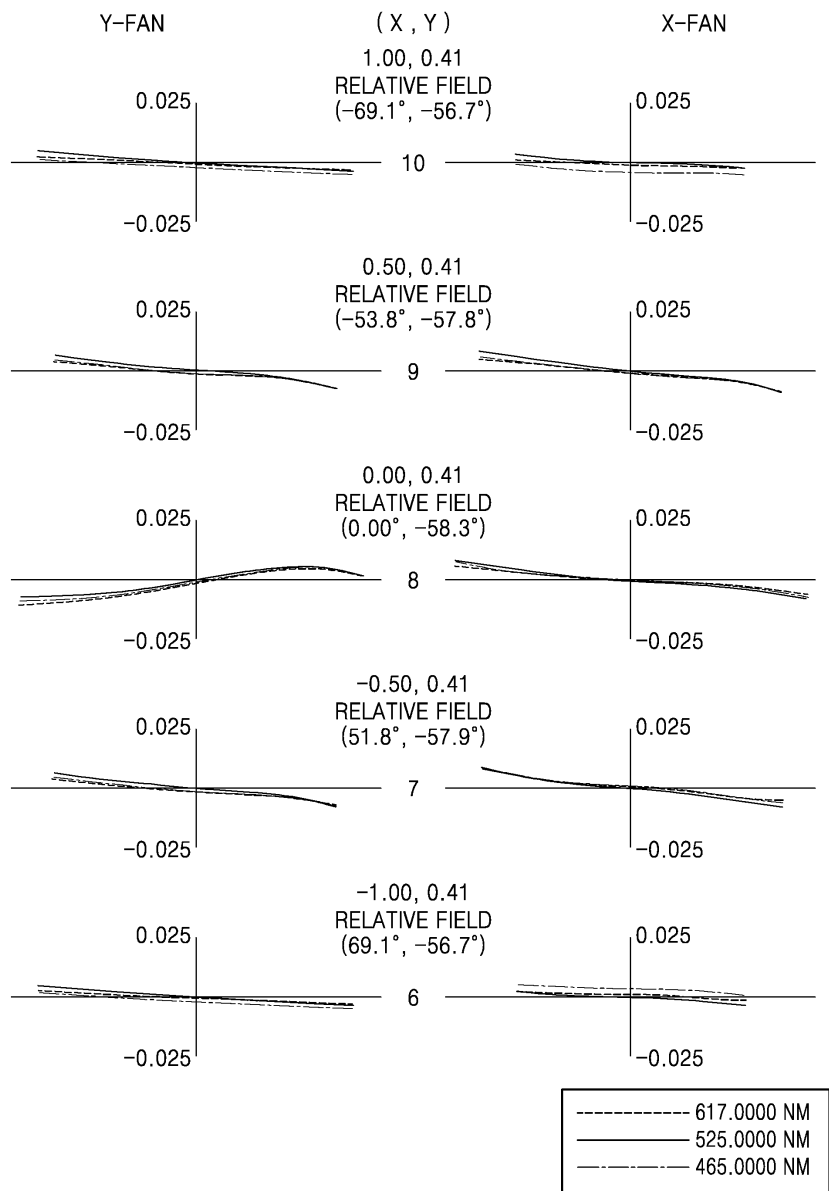
도면7



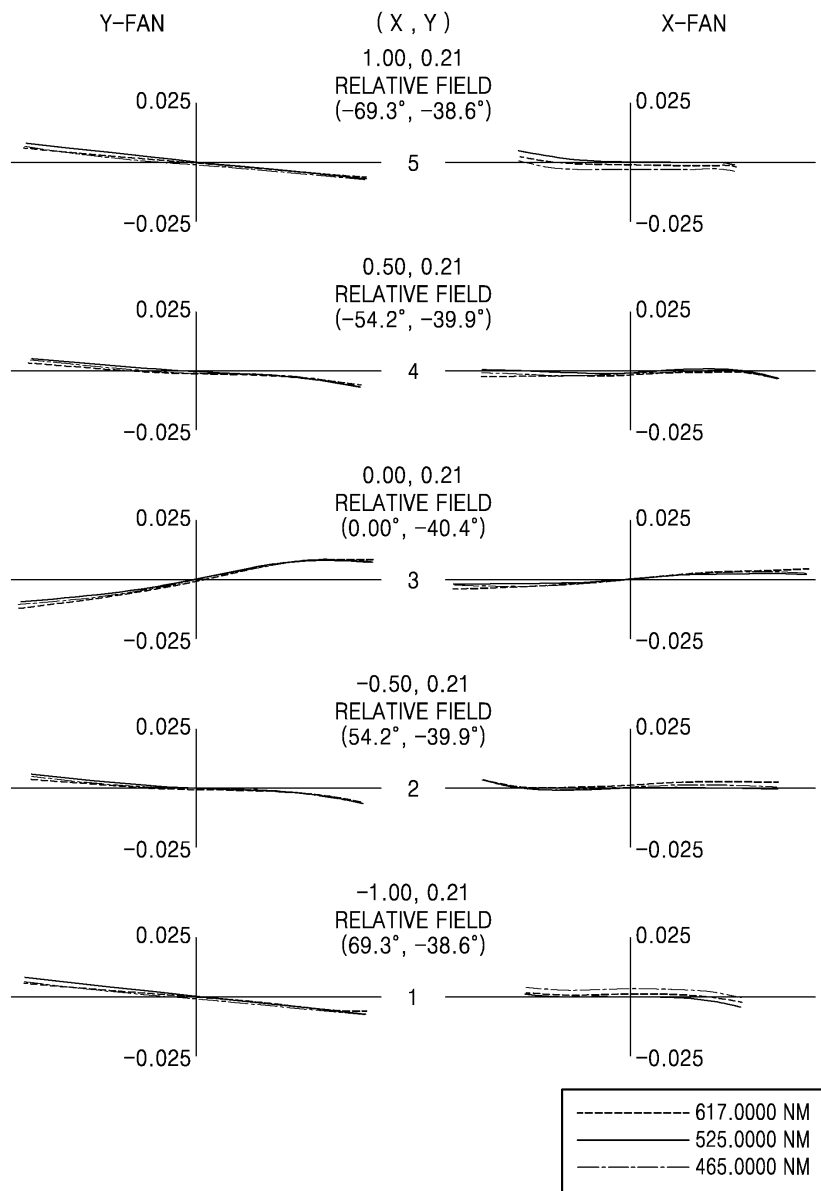
도면8



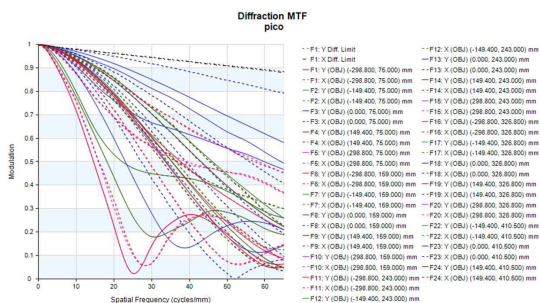
도면9



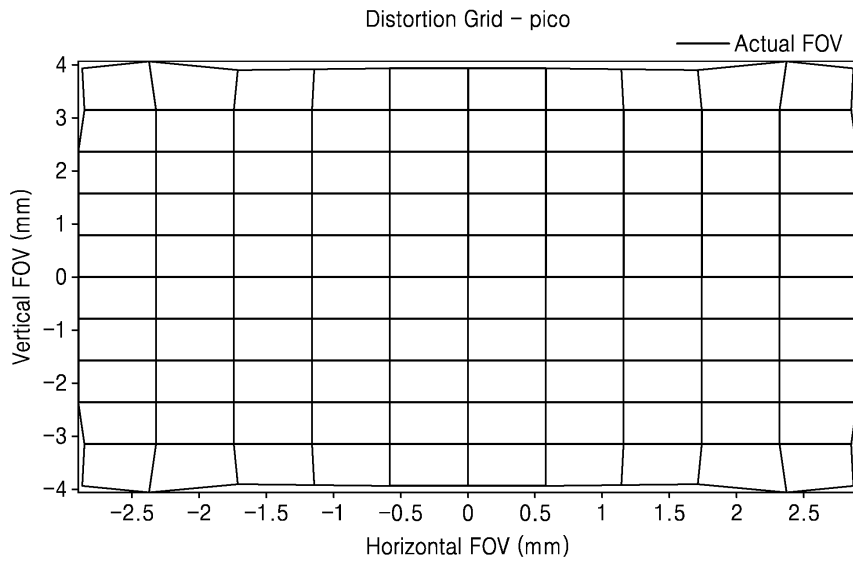
도면10



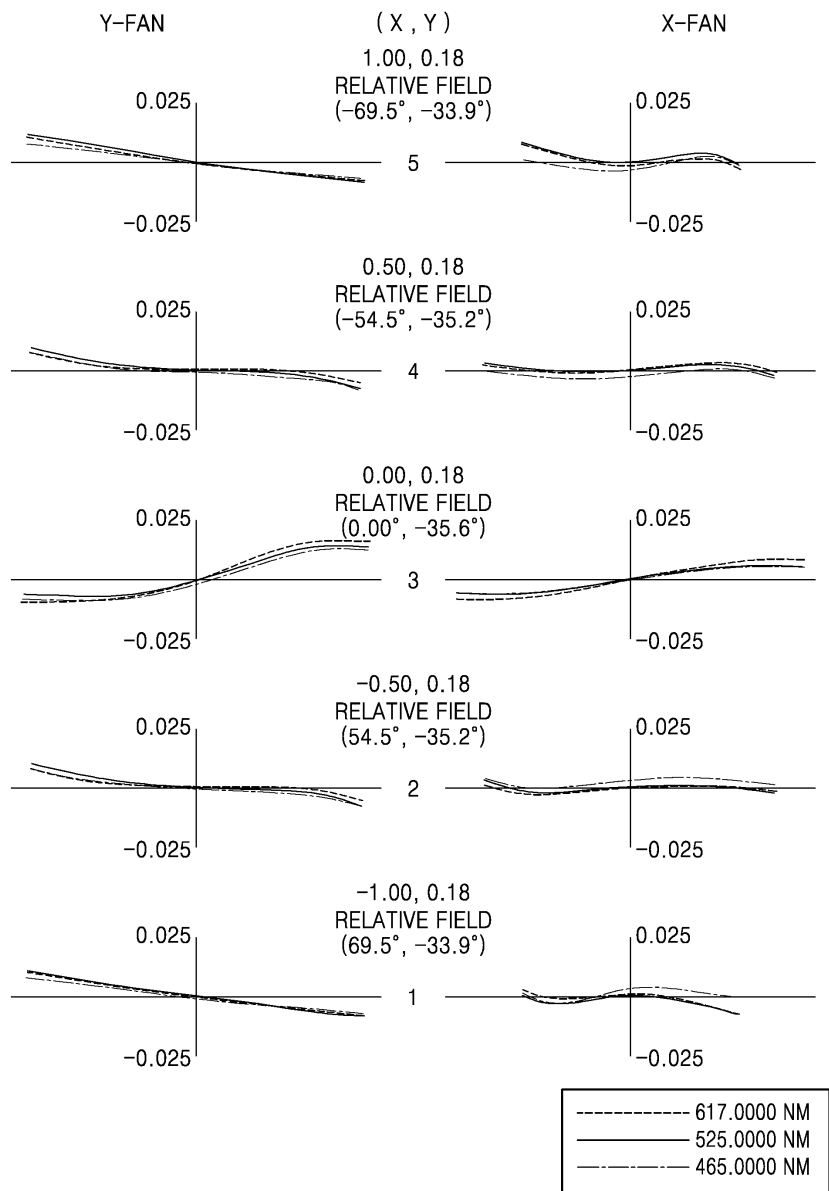
도면11



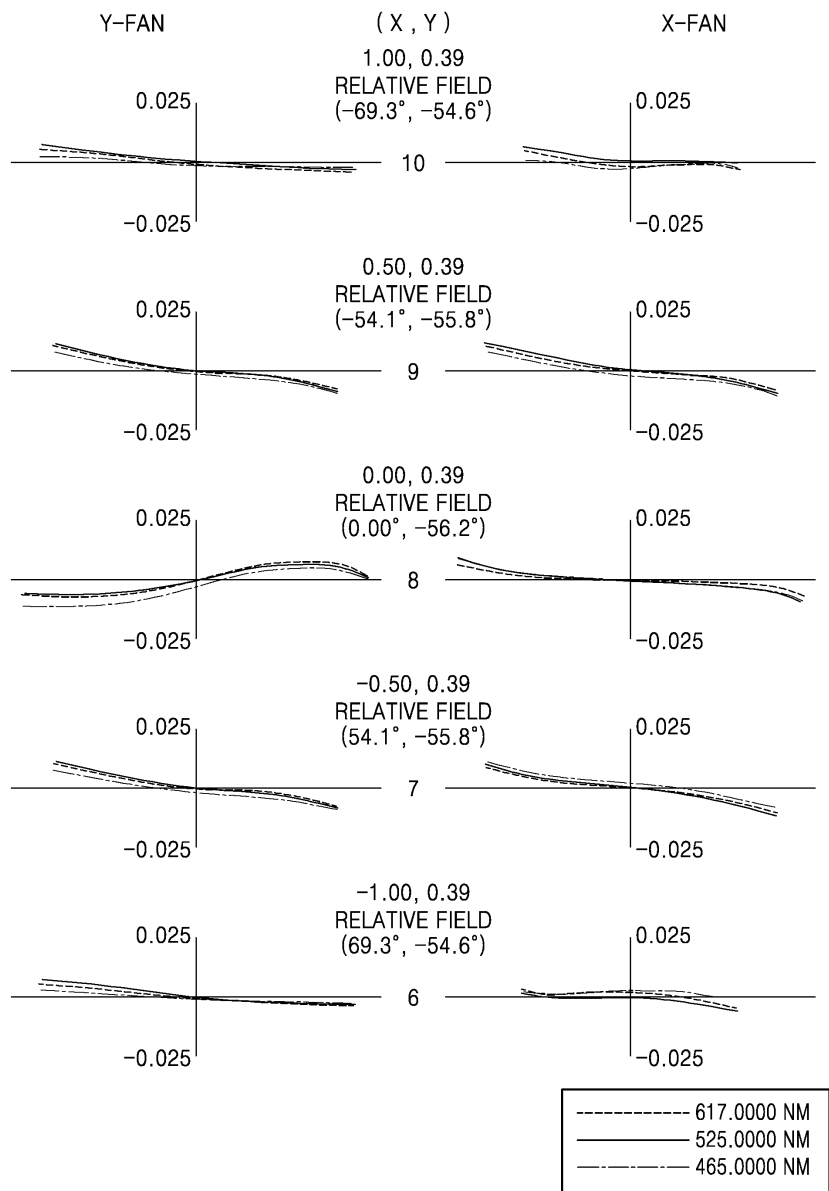
도면12



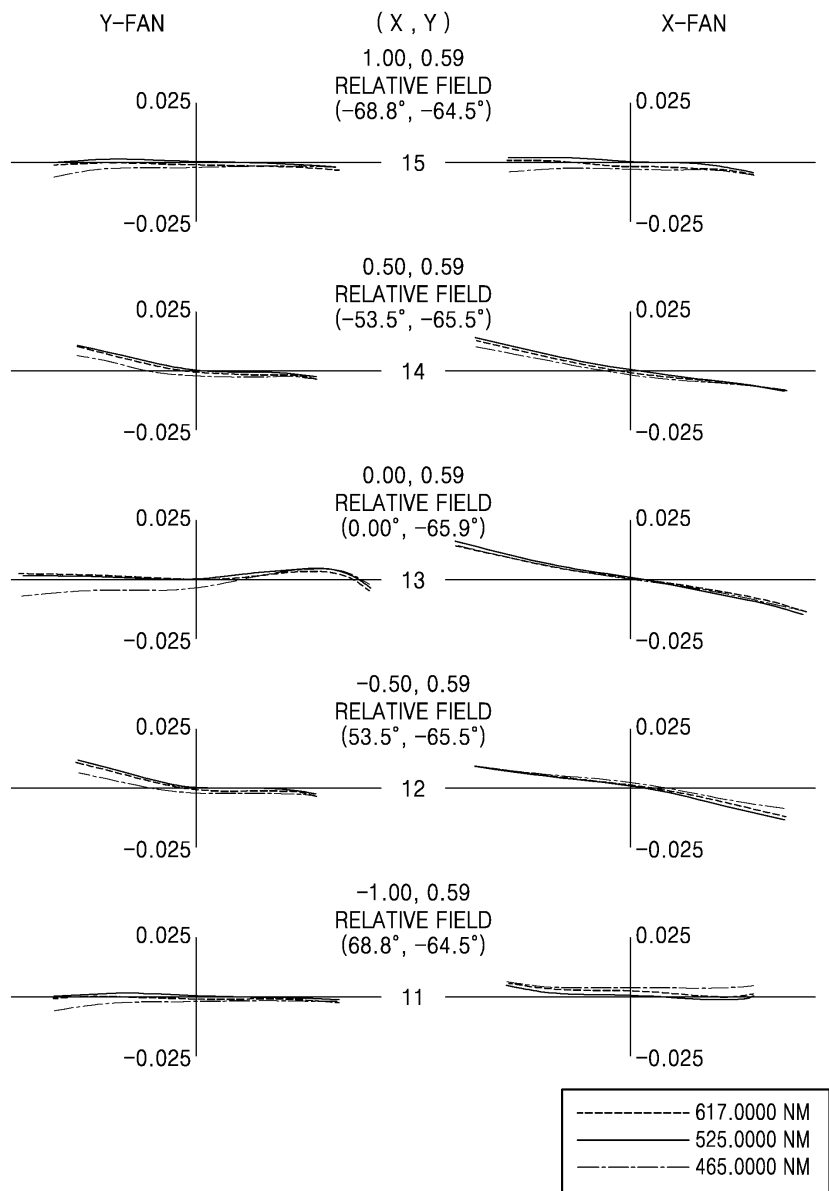
도면13



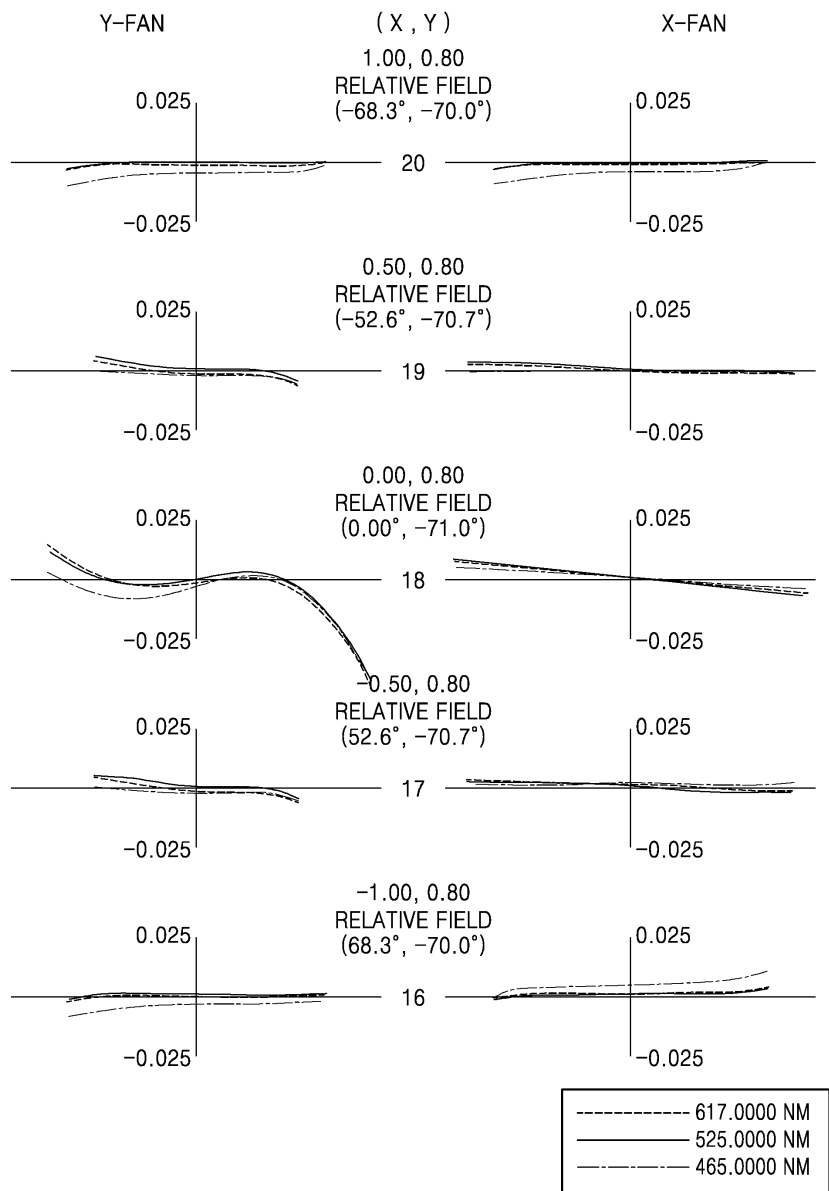
도면14



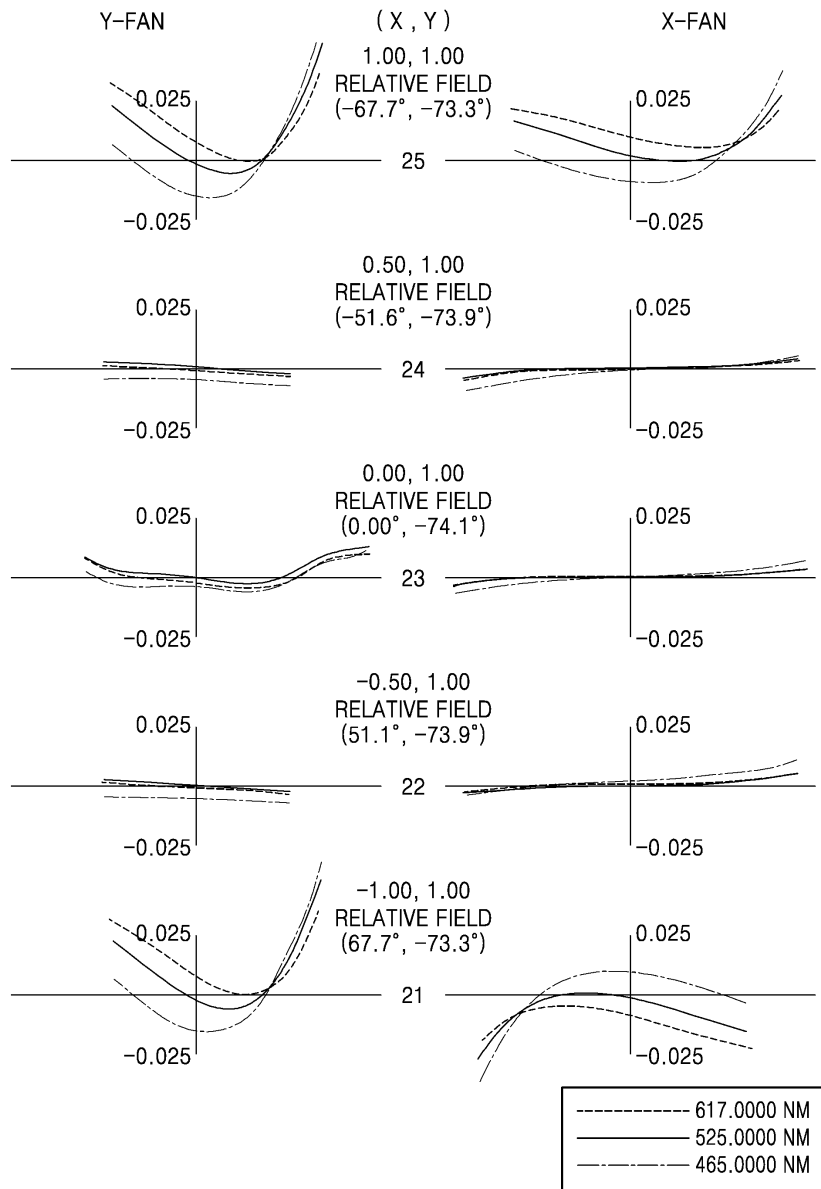
도면15



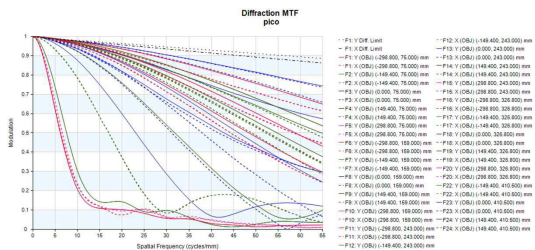
도면16



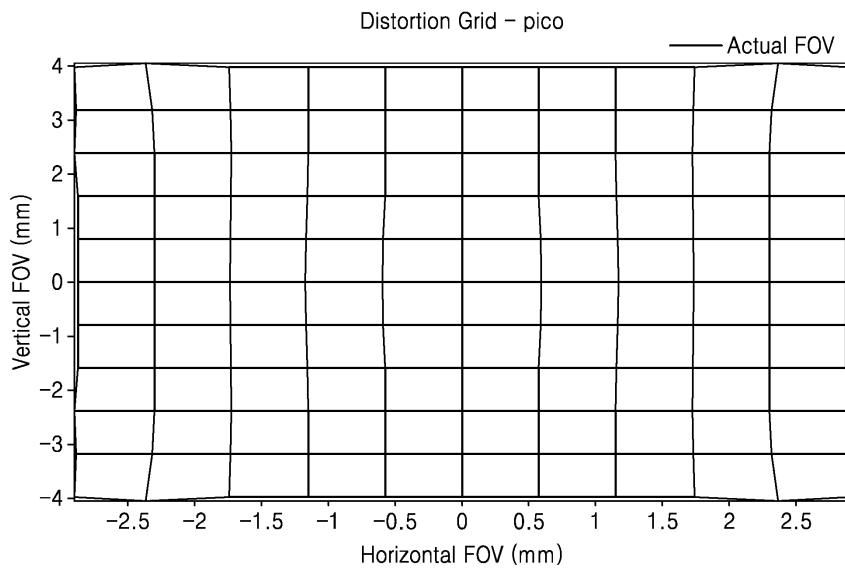
도면17



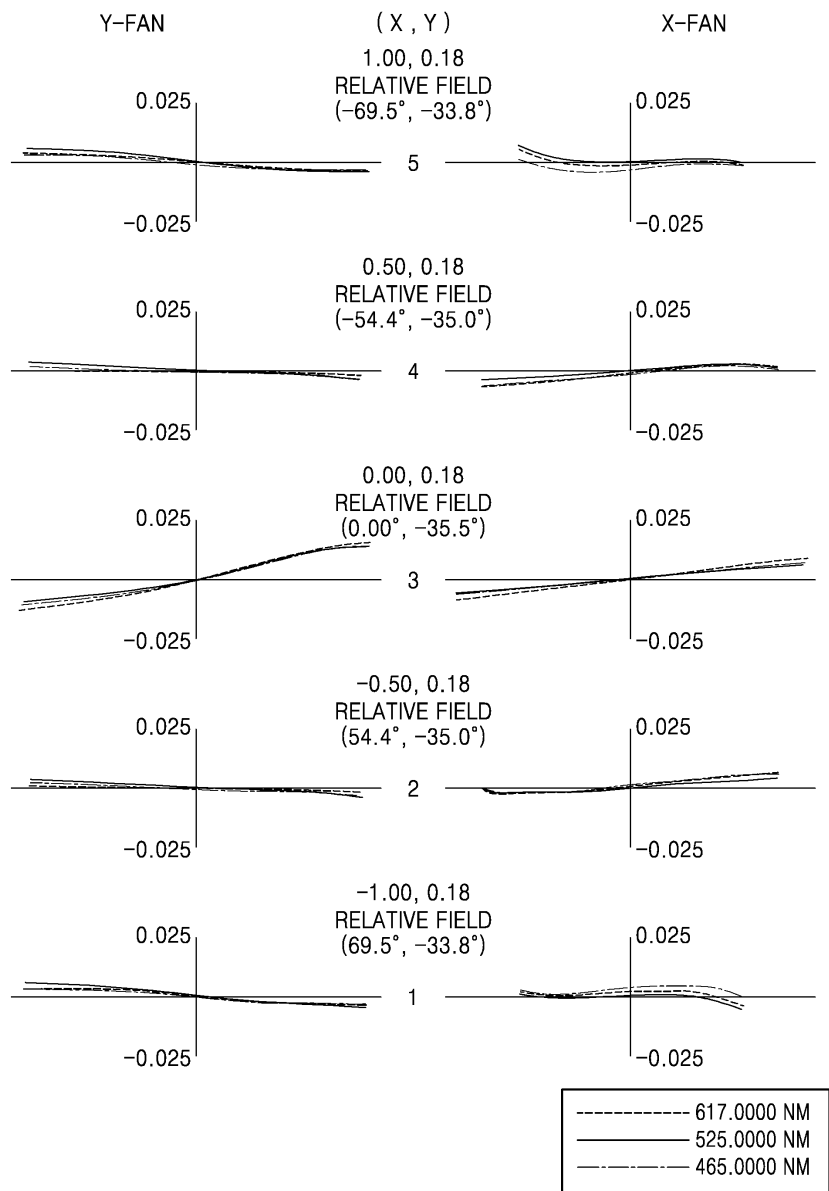
도면18



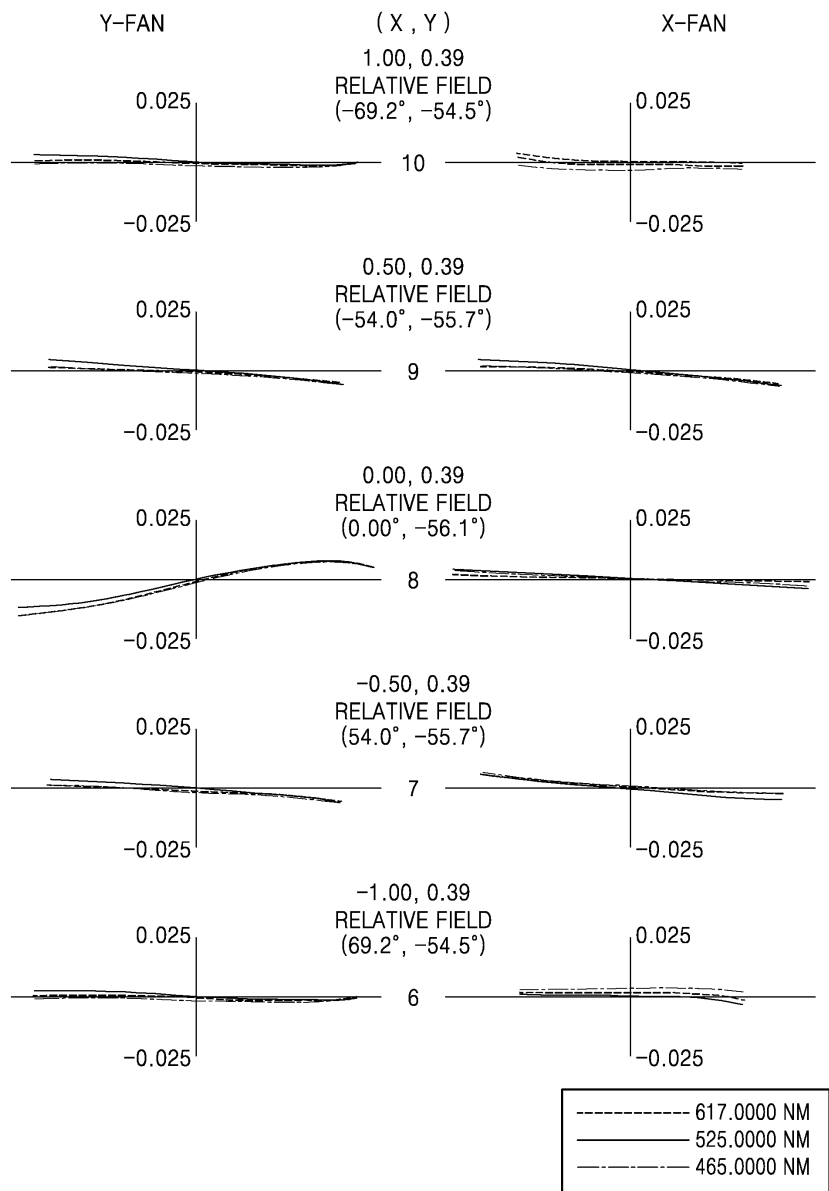
도면19



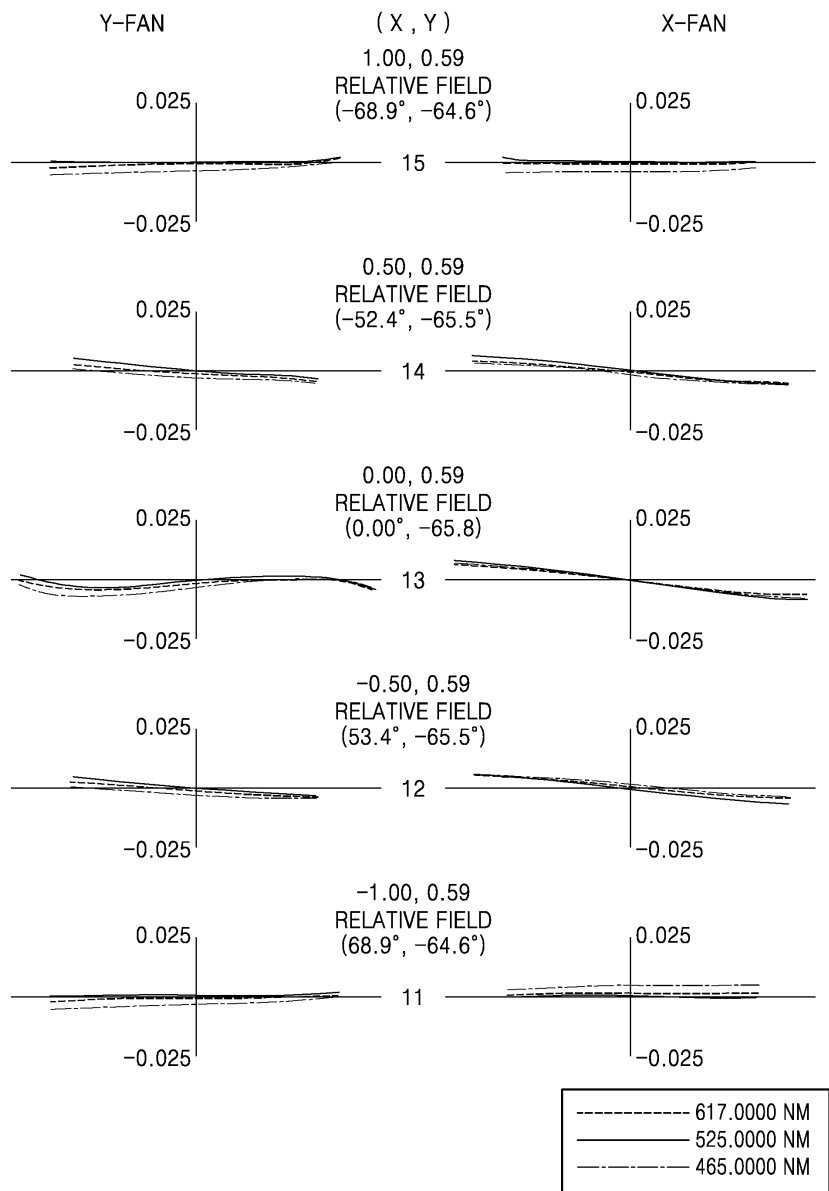
도면20



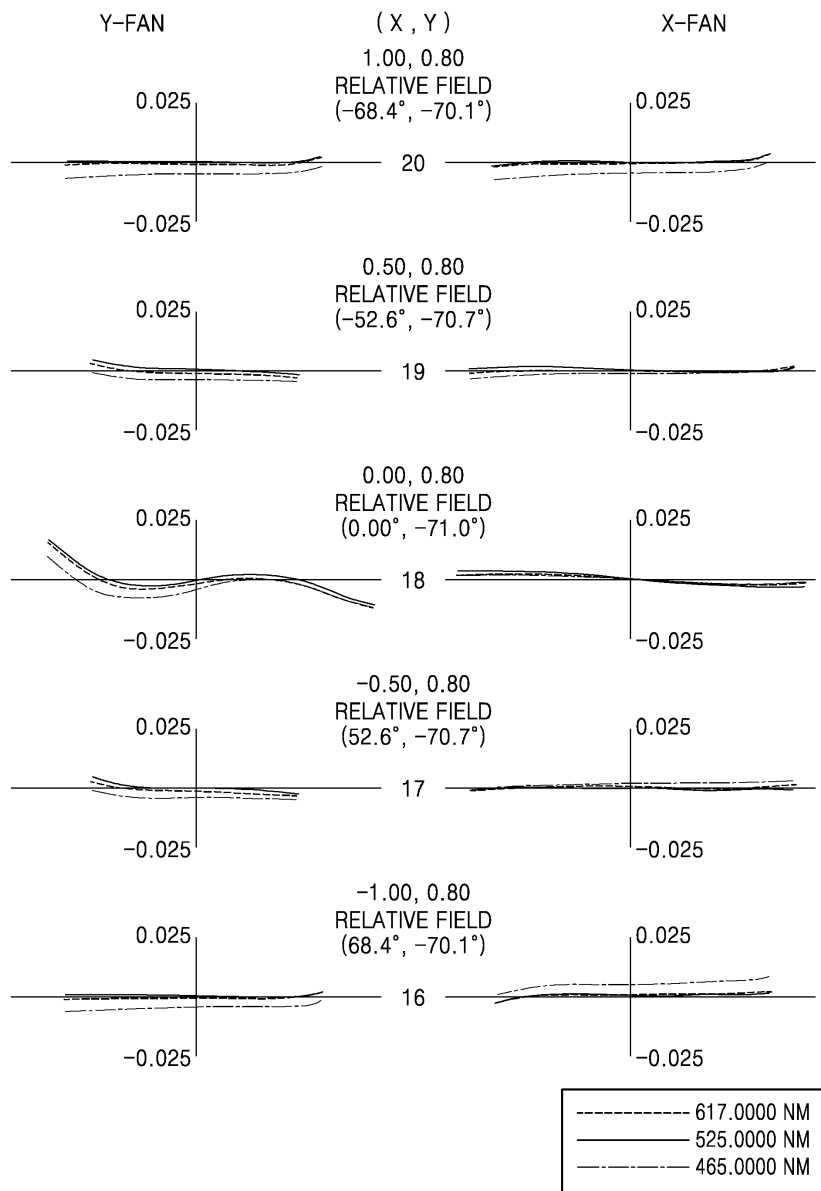
도면21



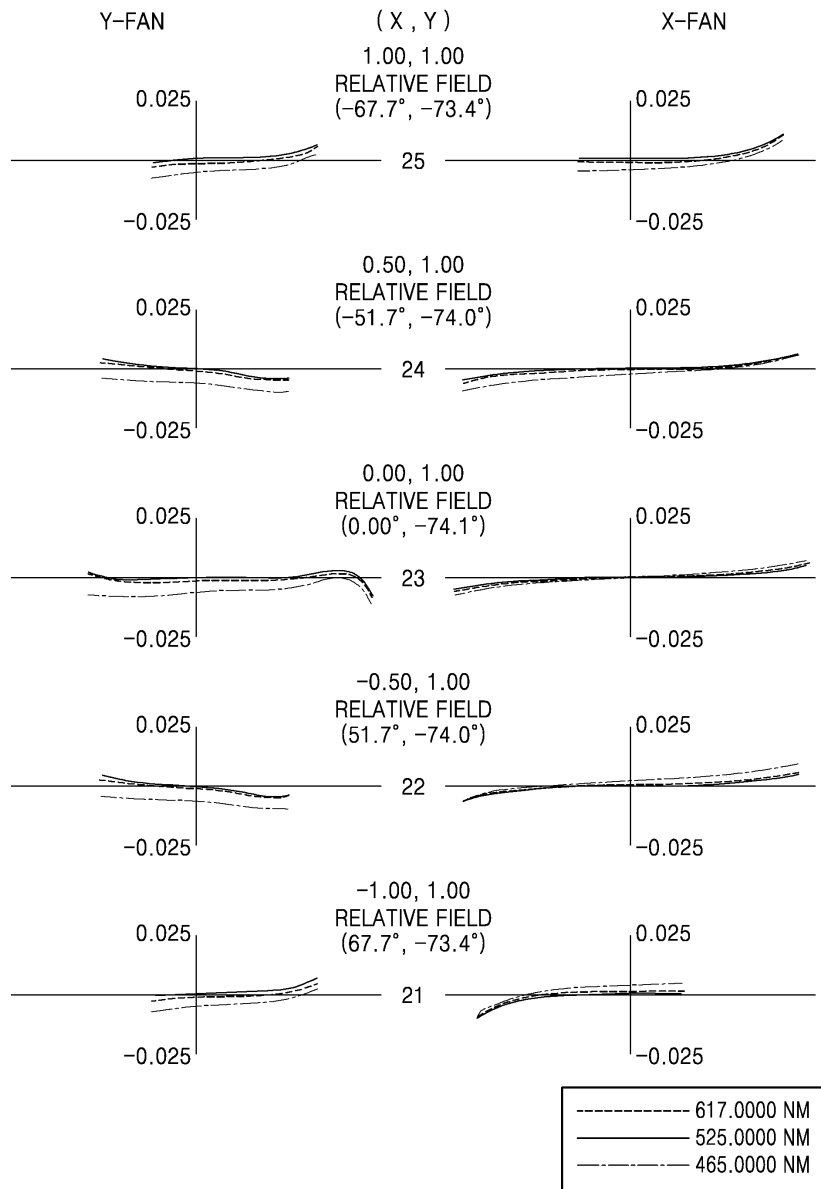
도면22



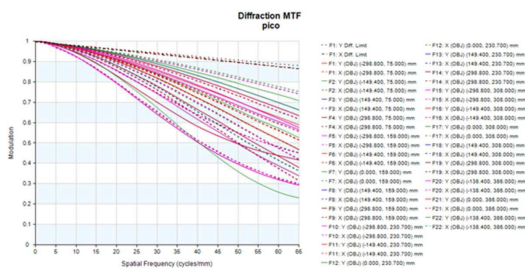
도면23



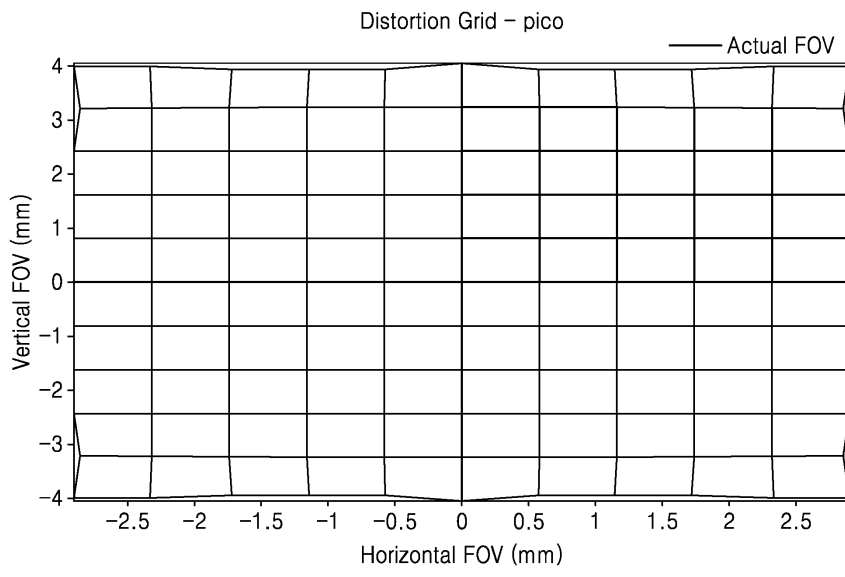
도면24



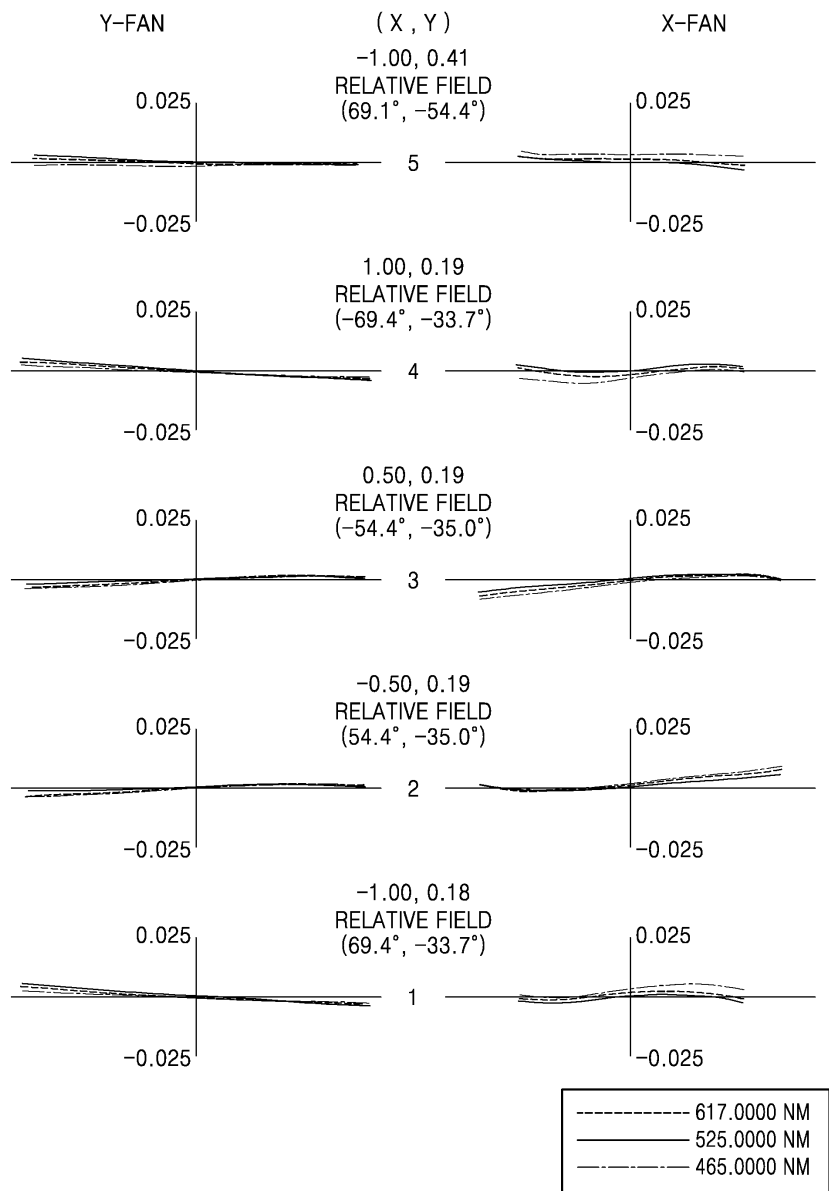
도면25



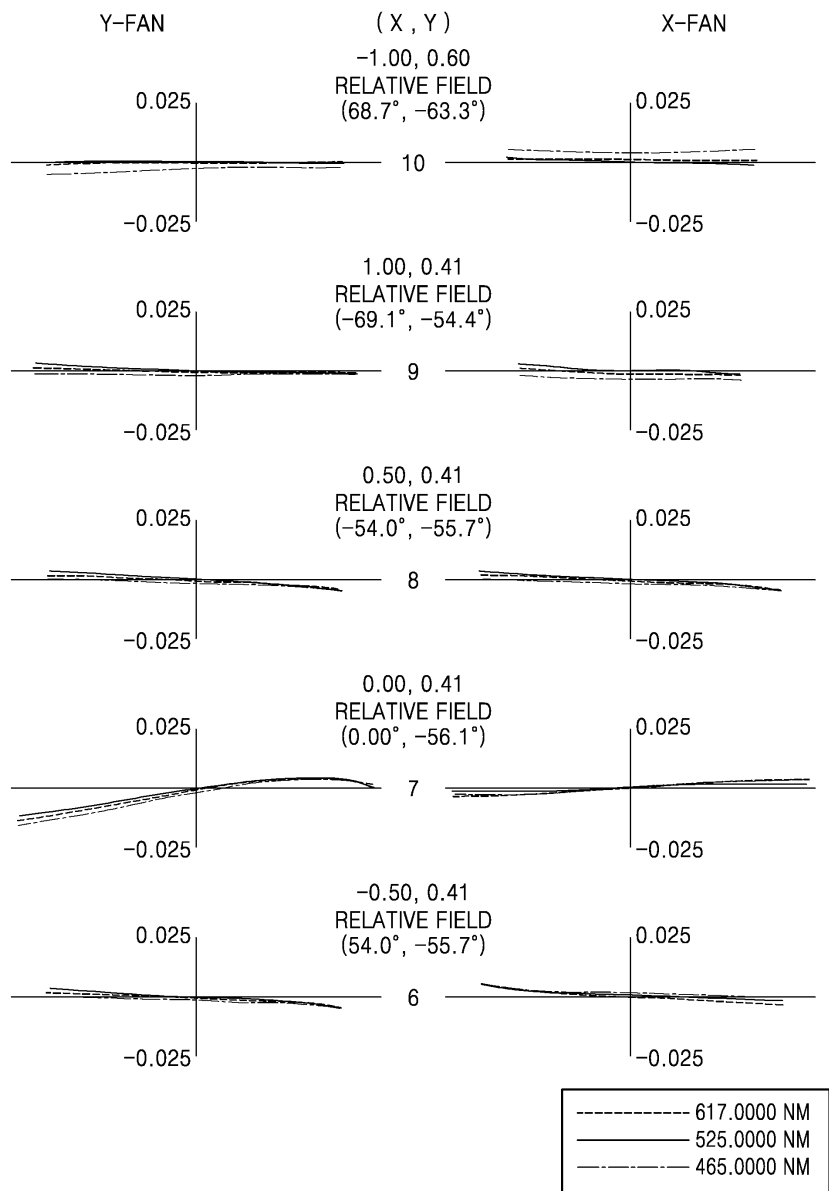
도면26



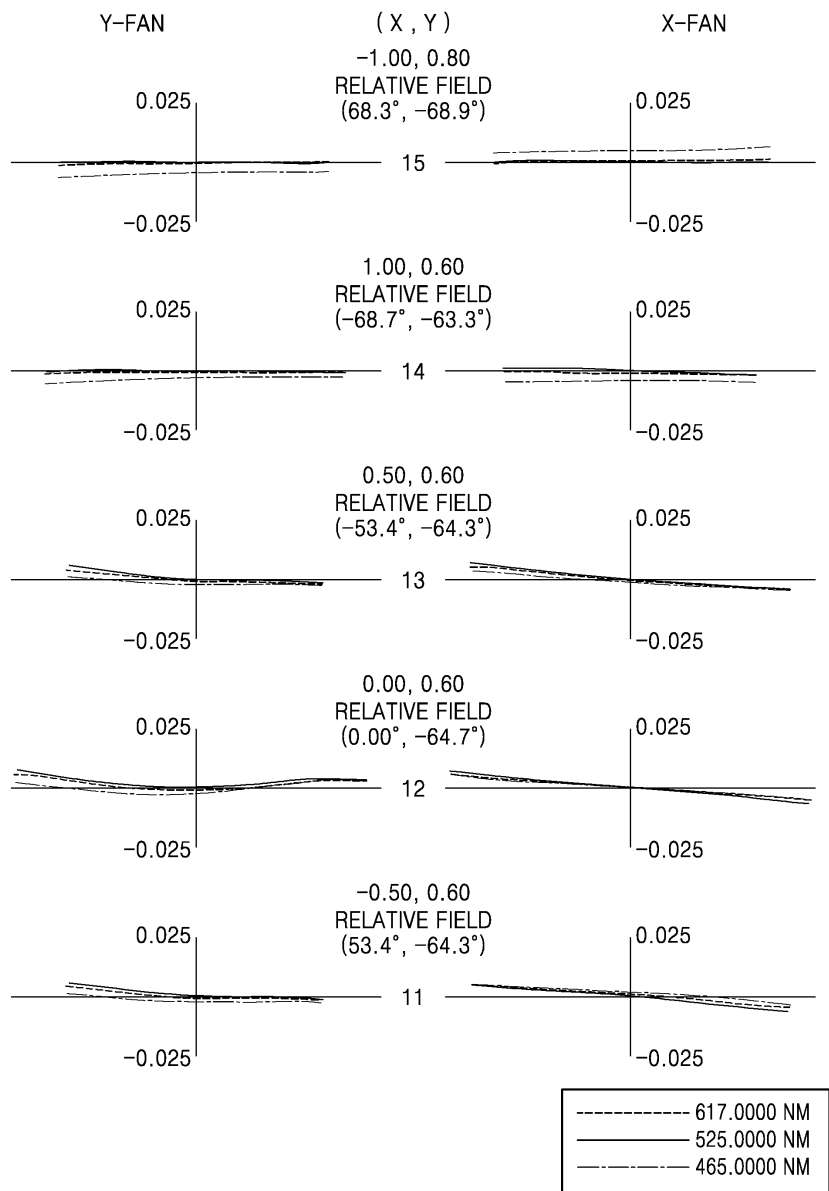
도면27



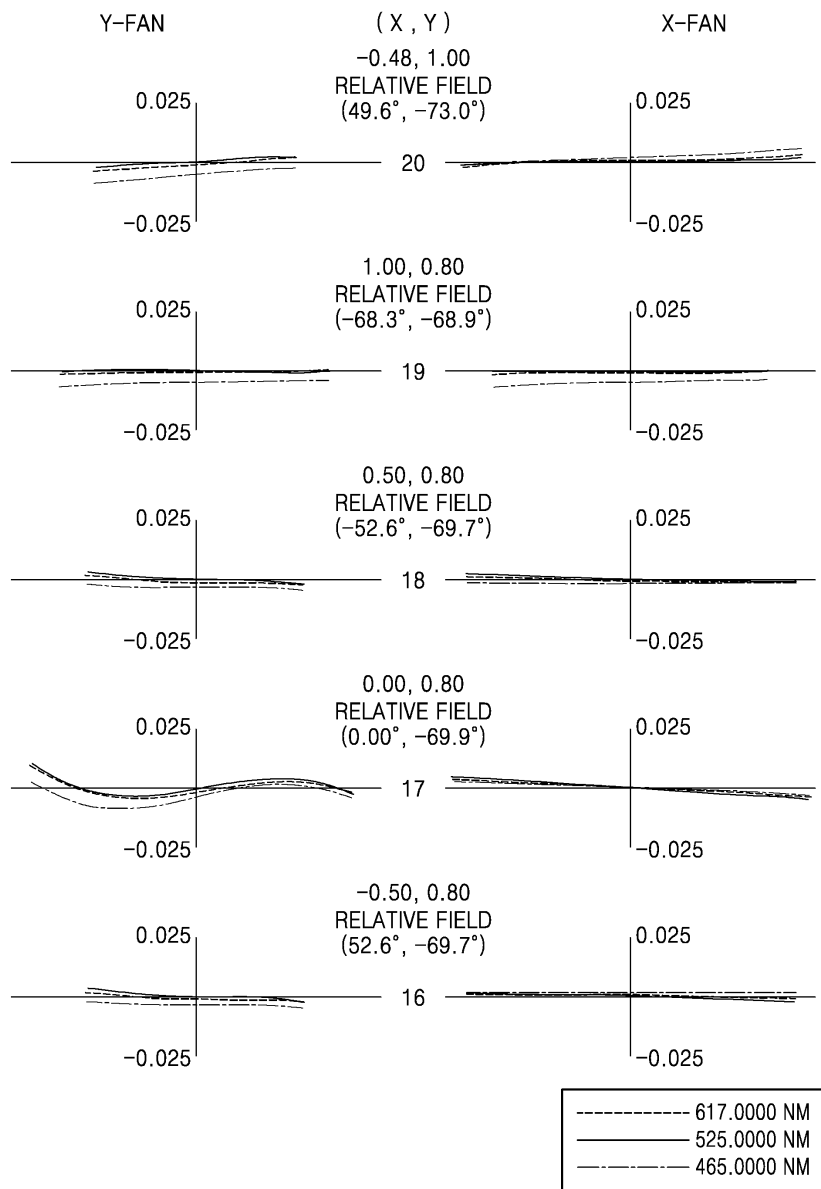
도면28



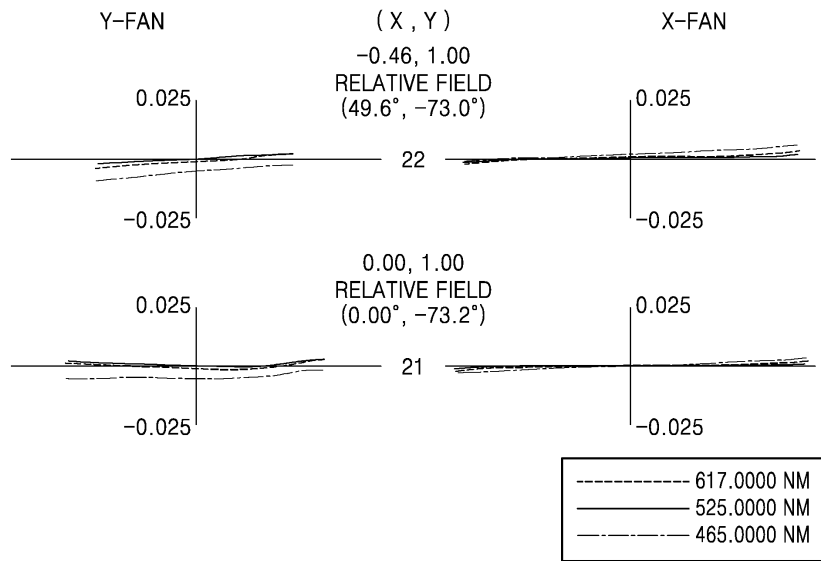
도면29



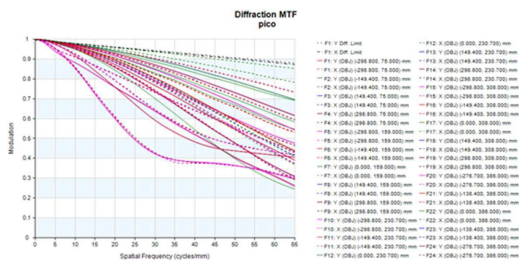
도면30



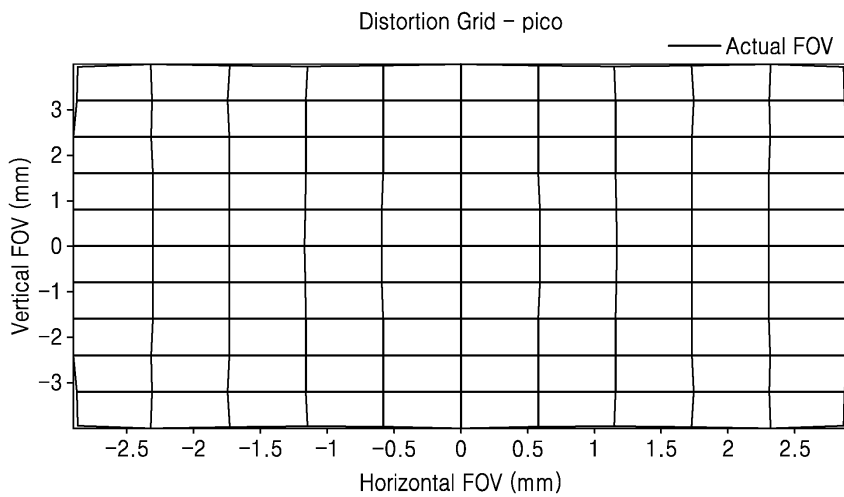
도면31



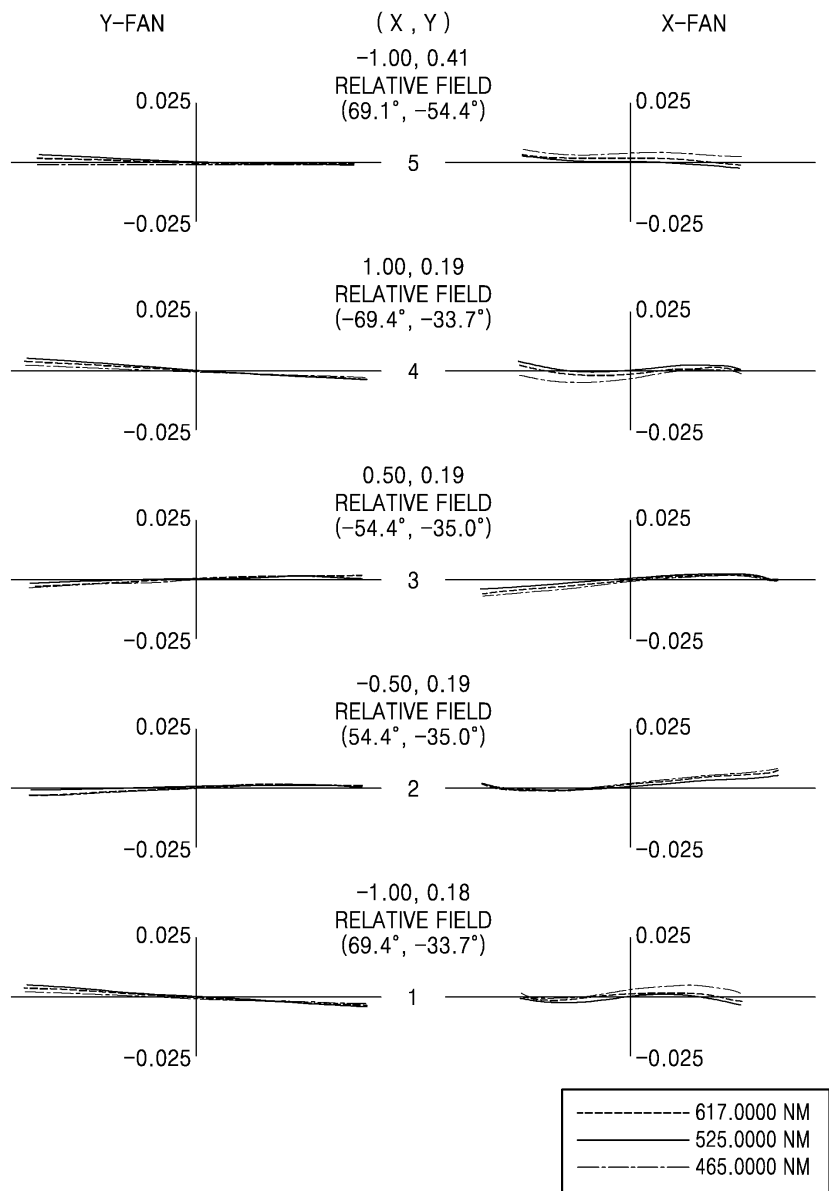
도면32



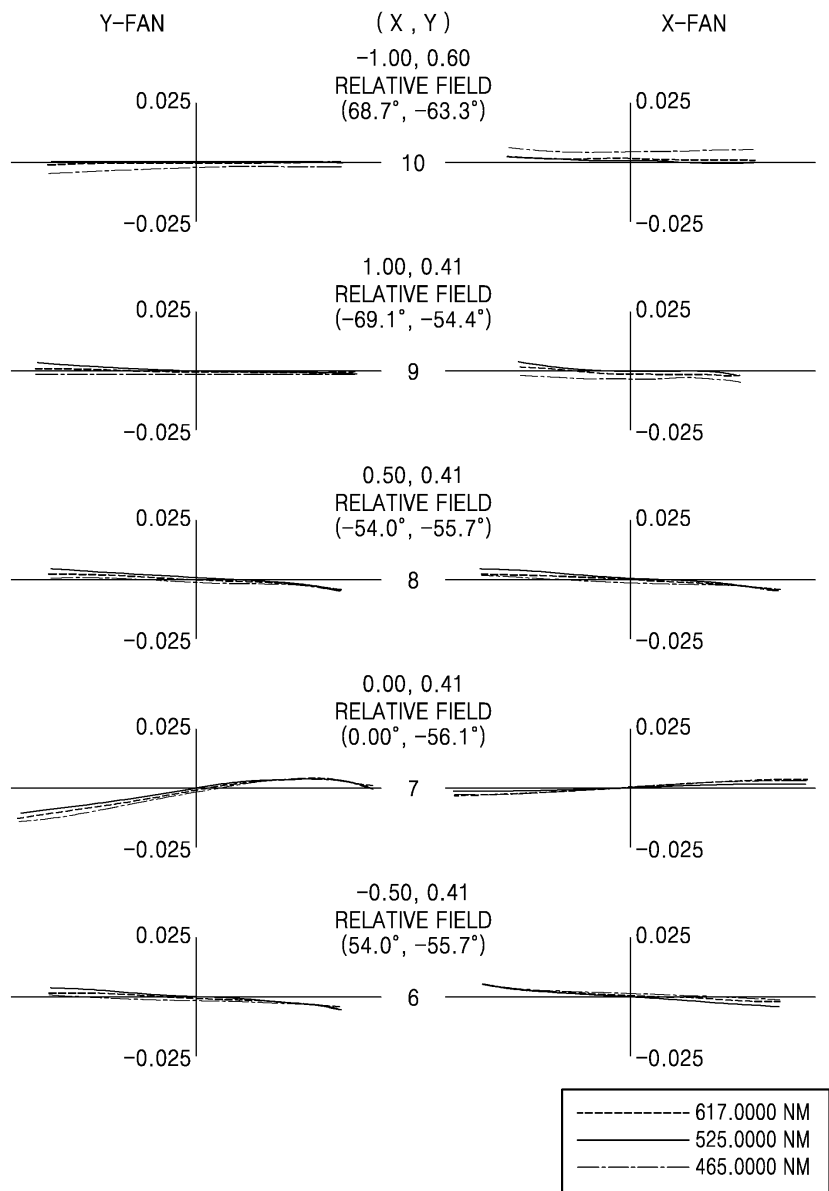
도면33



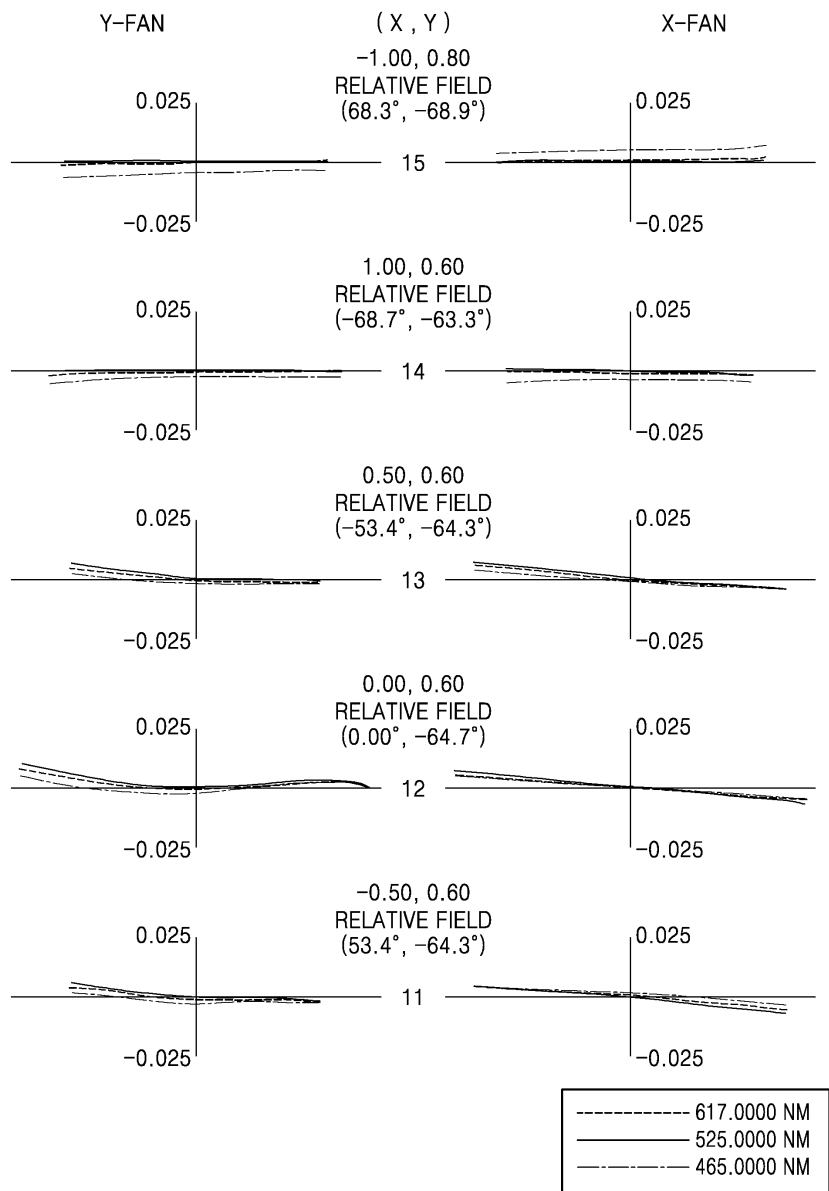
도면34



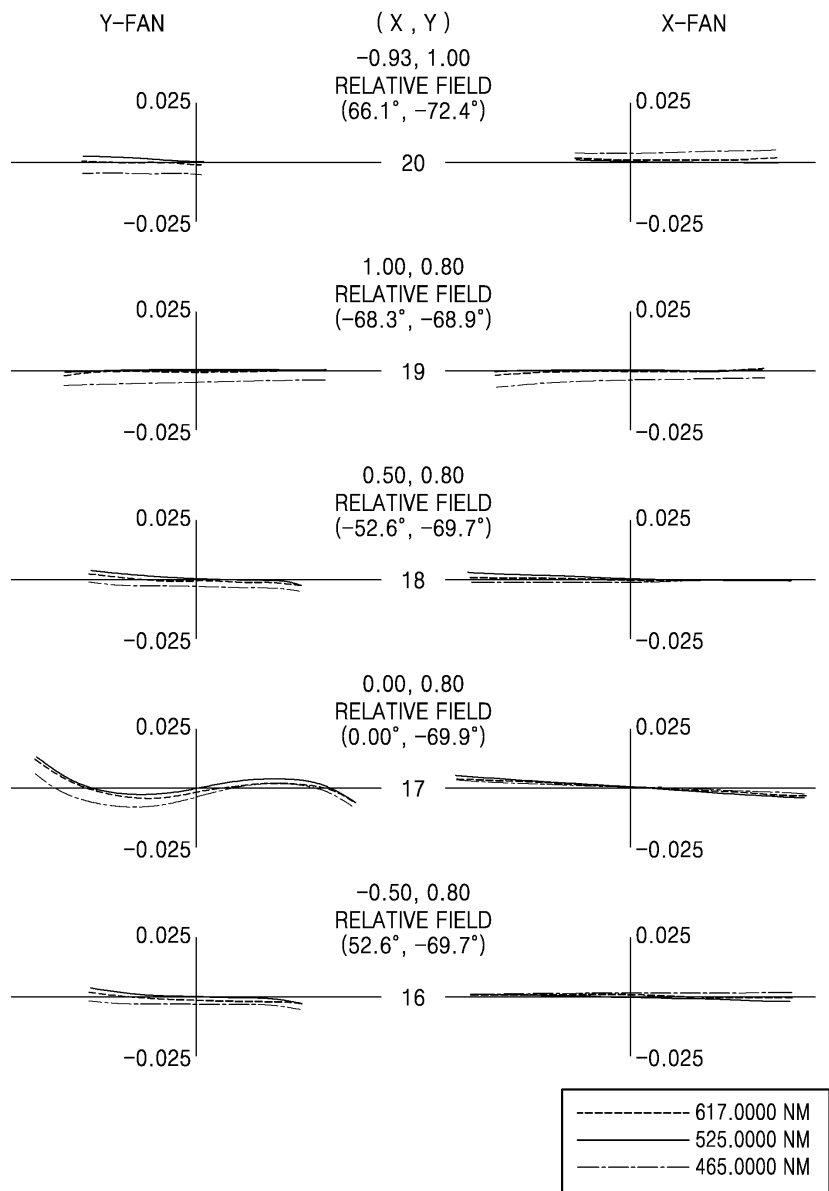
도면35



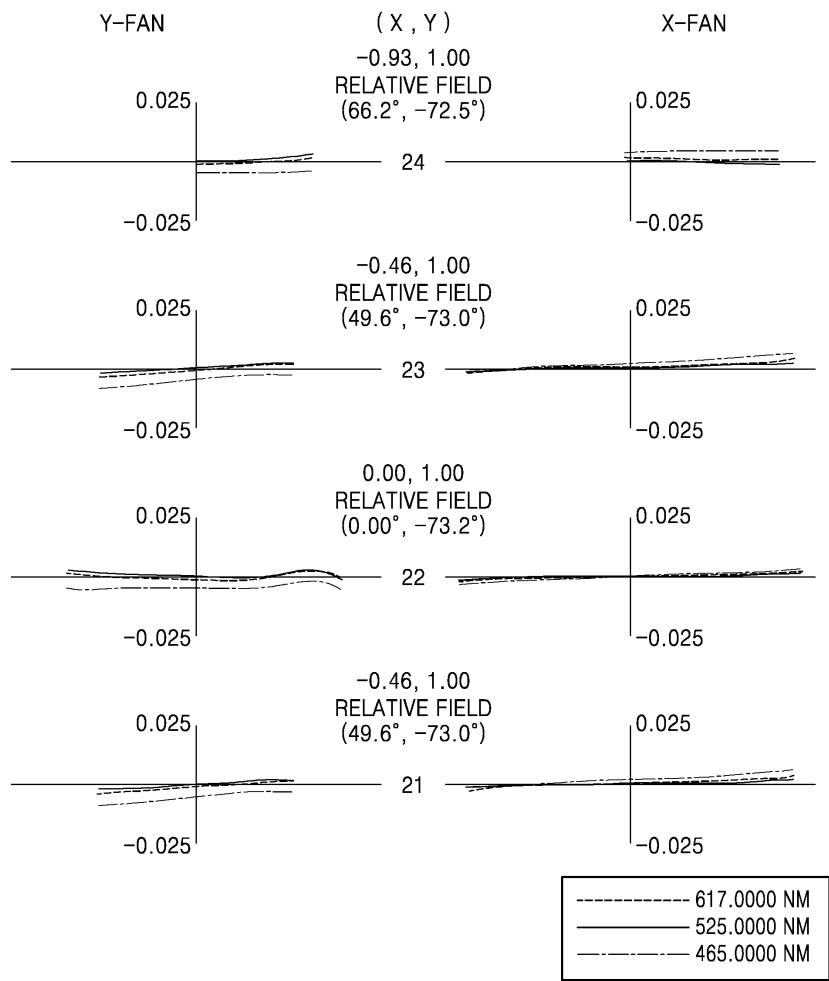
도면36



도면37



도면38



도면39

