



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0063665  
(43) 공개일자 2017년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 5/02 (2006.01) G02B 3/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G02B 5/0221 (2013.01)  
G02B 3/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7008914  
(22) 출원일자(국제) 2015년09월29일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2016년03월31일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2015/004927  
(87) 국제공개번호 WO 2016/051766  
국제공개일자 2016년04월07일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2014-201607 2014년09월30일 일본(JP)

(71) 출원인  
주식회사 쿠라레  
일본국 오카야마켄 구라시킴시 사카즈1621  
(72) 발명자  
우치다 아츠시  
일본 이바라키켄 가미스시 도와다 36반치 주식회  
사 쿠라레 나이  
히라이 마사시  
일본 이바라키켄 가미스시 도와다 36반치 주식회  
사 쿠라레 나이  
가라이 마사루  
일본 이바라키켄 가미스시 도와다 36반치 주식회  
사 쿠라레 나이  
(74) 대리인  
특허법인코리아나

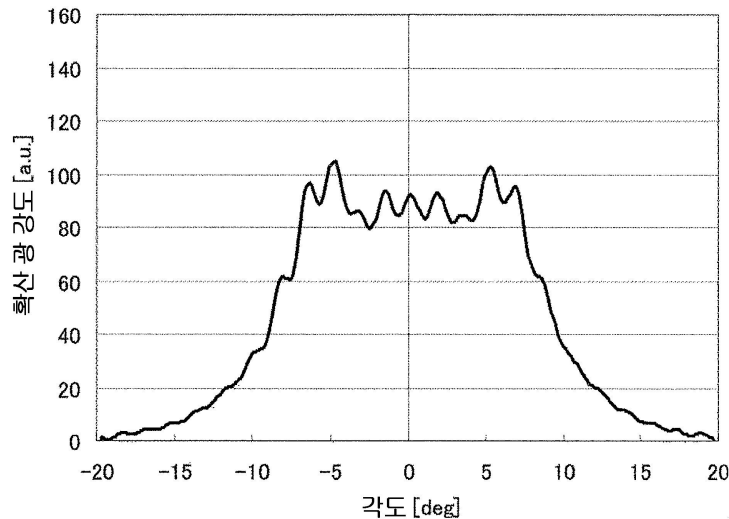
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **확산판 및 확산판의 제조 방법**

**(57) 요약**

본 발명은, 간단한 구성으로 투과광 또는 반사광의 휘도 불균일을 개선할 수 있음과 함께, 설계 및 제조가 용이한 확산판 및 확산판의 제조 방법을 제공한다. 본 발명의 확산판은, 복수의 마이크로 렌즈가 주면에 배열된 확산판으로서, 복수의 마이크로 렌즈와 주면 사이에는 위상차 생성부가 삽입되어 있고, 복수의 마이크로 렌즈는, 2 종류 이상의 렌즈 형상을 갖고, 2 종류 이상의 렌즈 형상의 수량비가 특정한 값이 되도록, 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈의 개수가 각각 결정되어 있고, 복수의 마이크로 렌즈의 저면의 중심이 배열되는 주면 상의 각 좌표에 대응하여, 렌즈 형상의 종류가 각각 선택되어 있고, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위가, 원하는 각도 범위의 +10 % 내지 -10 % 의 범위 내에 있는 것을 특징으로 한다.

**대표도** - 도12



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 마이크로 렌즈가 주면에 배열된 확산판으로서,

상기 복수의 마이크로 렌즈와 상기 주면 사이에는 위상차 생성부가 삽입되어 있고,

상기 복수의 마이크로 렌즈는, 2 종류 이상의 렌즈 형상을 갖고, 상기 2 종류 이상의 렌즈 형상의 수량비가 특정한 값이 되도록, 상기 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈의 개수가 각각 결정되어 있고,

상기 복수의 마이크로 렌즈의 저면의 중심이 배열되는 상기 주면 상의 각 좌표에 대응하여, 상기 렌즈 형상의 종류가 각각 선택되어 있고,

상기 확산판에 있어서의 원하는 각도 범위 내의 확산 광 강도의 가산 평균을 1로 했을 때의, 상기 원하는 각도 범위 내의 확산 광 강도의 상대 강도의 표준 편차가  $9.00 \times 10^{-2}$  이하이고,

상기 확산판의 어느 일 방향의 확산 광 강도의 각도 분포에 있어서, 광 입사광 방향을 따른 방향을 확산 각도 0도로 하고, 각도 분포 측정 방향의 일 방향을 정, 그 반대 방향을 부로 했을 때, 상기 원하는 각도 범위의 확산 광 강도의 가산 평균에 대하여 90%의 상대 강도가 되는 확산 각도 중, 정측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도와, 부측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도의 차를, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위로 했을 때에, 상기 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위가, 상기 원하는 각도 범위의 +10% 내지 -10%의 범위 내에 있는 것을 특징으로 하는 확산판.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 위상차 생성부에 의해 발생하는 위상차의 최대치는, 사용되는 광의 파장의 0.2 배보다 큰 것을 특징으로 하는 확산판.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 원하는 각도 범위  $AngA$  는,  $0^\circ \leq AngA \leq 40^\circ$  인 것을 특징으로 하는 확산판.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 위상차 생성부의 상기 주면으로부터의 높이가, 상기 복수의 마이크로 렌즈가 배열되는 좌표를 독립 변수로 하는 대수 함수, 초등 함수, 또는 그들의 합성 함수에 따라 변화하는 것을 특징으로 하는 확산판.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 위상차 생성부의 상기 주면으로부터의 높이가, 랜덤으로 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 확산판.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마이크로 렌즈의 종류는, 상기 마이크로 렌즈가 배열되는 좌표를 독립 변수로 하는 대수 함수, 초등 함수, 또는 그들의 합성 함수에 따라 선택되는 것을 특징으로 하는 확산판.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 마이크로 렌즈의 종류는, 상기 마이크로 렌즈가 배열되는 좌표에 대하여, 랜덤으로 선택되는 것을 특징으로 하는 확산판.

**청구항 8**

복수의 마이크로 렌즈가 주면에 배열된 확산판의 제조 방법으로서,

원하는 각도 범위에 가까운 확산 광 강도의 각도 분포가 얻어지는 1 종류의 렌즈 형상을 갖는 상기 복수의 마이크로 렌즈가 상기 주면 상에 배열되고, 상기 복수의 마이크로 렌즈와 상기 주면 사이에 위상차 생성부가 삽입된 마이크로 렌즈 세트를, 복수 종류에 대하여 설계하는 공정과,

상기 복수 종류의 각각의 마이크로 렌즈 세트에 대응하는 형상을 갖는 샘플 금형을 상기 복수 종류에 대하여 제조하는 공정과,

상기 샘플 금형을 사용하여 수지에 1 종류의 상기 마이크로 렌즈 세트의 형상을 전사하여, 상기 마이크로 렌즈 세트의 확산 패턴을 1 종류 갖는 샘플 확산판을 상기 복수 종류에 대하여 제조하는 공정과,

상기 복수 종류의 샘플 확산판의 각각의 광학 특성의 평가를 실시하는 공정과,

상기 복수 종류의 샘플 확산판의 각각의 평가 결과에 기초하여, 상기 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트를 조합한 마이크로 렌즈 어레이를 설계하는 공정과,

상기 마이크로 렌즈 어레이에 대응하는 형상을 갖는 확산 패턴 금형을 제조하는 공정과,

상기 확산 패턴 금형을 사용하여 수지에 상기 확산 패턴을 전사하는 공정을 구비하는, 확산판의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 확산판 및 확산판의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 헤드 업 디스플레이나 레이저 프로젝터 등의 스크린으로서, 마이크로 렌즈 어레이를 사용한 확산판이 사용되고 있다. 마이크로 렌즈 어레이를 사용한 경우, 반투명판이나 불투명 유리 등의 확산판을 사용하는 경우와 비교하여, 레이저 광의 스펙클 노이즈를 억제할 수 있는 이점이 있다.

[0003] 특허문헌 1 에는, 레이저 광을 광원으로 하고, 복수 화소의 배열로 형성되는 영상을 투영하는 레이저 프로젝터와 복수의 마이크로 렌즈가 배열된 마이크로 렌즈 어레이를 사용한 확산판을 갖는 확산 형성 장치가 기재되어 있다. 마이크로 렌즈 어레이를 사용한 경우, 입사된 광을 적절히 확산시킬 수 있음과 함께, 필요한 확산각을 자유롭게 설계할 수 있다.

[0004] 특허문헌 2 및 3 그리고 비특허문헌 1 에는, 2 장의 마이크로 렌즈 어레이를 사용한 스크린이 기재되어 있다. 1 장의 마이크로 렌즈 어레이만을 사용한 경우에는 휘도 불균일이나 색 불균일이 발생하기 쉽다. 특허문헌 2 및 3 그리고 비특허문헌 1 에는, 2 장의 마이크로 렌즈 어레이를 사용함으로써, 이와 같은 휘도 불균일의 발생을 억제할 수 있는 것이 기재되어 있다.

[0005] 특허문헌 4 에는, 수직의 측면을 갖는 피스톤 형상 (인상부) 을 마이크로 렌즈에 형성하거나, 미세 구조의 형상 또는 위치를 정의하는 파라미터의 적어도 1 개를 미리 정해진 확률 밀도 함수에 따라 랜덤 분포시킴으로써, 미세 구조의 주기성에서 기인하는 회절 스폿에 의해 발생하는 휘도 불균일이나 색 불균일을 개선하는 방법이 기재되어 있다.

[0006] 특허문헌 4 에는, (a) 기관 표면에 형성된 마이크로 렌즈 등의 미세 구조의 형상을 정의하고, (b) 선택된 미세 구조의 배열 위치를 지정하고, (c) 확산 광의 강도 분포를 계산하고, (d) 원하는 확산 광 강도 분포가 얻어질 때까지 (a) ~ (c) 의 공정을 반복하는 광학 설계 방법이 기재되어 있다. 또한, 특허문헌 4 에는, 미세 구조의 형상 또는 위치를 정의하는 파라미터의 적어도 1 개를 미리 정해진 확률 밀도 함수에 따라 랜덤 분포시키는 것에 의해, 미세 구조의 주기성에 의해 발생하는 회절 스폿에 의한 휘도 불균일을 개선하기 위한 방법이 기

재되어 있다.

[0007] 또한, 특허문헌 5 에는, 렌즈 형상의 적어도 일부가 동일하지 않고, 개구수가 동일한, 차프된 각종 마이크로 렌즈를 랜덤으로 배열하거나, 렌즈의 크기 순서대로 기준면 상에 순서대로 배열함으로써, 방사광을 균질화한 장치가 기재되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2010-145745호  
 (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2012-226300호  
 (특허문헌 0003) 일본 공표특허공보 2007-523369호  
 (특허문헌 0004) 일본 공표특허공보 2004-505306호  
 (특허문헌 0005) 미국 특허 제07839573호

#### 비특허문헌

[0009] (비특허문헌 0001) H. Urey and K. D. Powell, "Microlens-array-based exit-pupil expander for full-color displays", APPLIED OPTICS Vol.44, No.23, p.4930-4936

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0010] 특허문헌 4 및 5 에 기재된 설계 방법은 반복 계산이 필요하기 때문에, 계산 결과가 원하는 결과에 수속할 때까지 몇 번이나 계산을 할 필요가 있어, 작업 부하가 크다는 문제가 있다. 또한, 설계한 마이크로 렌즈 형상과, 제조한 확산판의 마이크로 렌즈 형상 사이에는 오차가 발생하여, 원하는 광학 특성이 완전하게는 얻어지지 않는다는 문제가 있다. 특히, 레이저 빔을 사용한 포토리소그래피법에 의해 마이크로 렌즈 형상을 형성할 때에는, 설계한 마이크로 렌즈의 피치가 좁아지면 레이저 빔 직경의 영향이 상대적으로 커지기 때문에, 오차는 더욱 커질 가능성이 높다. 따라서, 설계 형상에 가까운 형상의 확산판을 제조하기 위한 작업 부하는 커진다. 또한, 복수의 마이크로 렌즈의 곡률 및 배열 위치 등의 복수의 파라미터에 랜덤 분포를 부여하면, 확산판을 스크린으로서 사용한 경우에, 스펙클을 일으키기 쉬워지기 때문에, 화질이 악화된다는 문제가 있다.

[0011] 또한, 특허문헌 5 에서는, 동일 형상이 아닌 복수 종류의 마이크로 렌즈를 랜덤 또는 마이크로 렌즈의 크기 순서대로 배열하고 있다. 피치나 렌즈 높이 등의 형상이 크게 상이한 마이크로 렌즈를 배열한 확산판에서는, 마이크로 렌즈 사이의 접속부의 형상에 대하여 양호한 정밀도로 설계치대로 제조하는 것이 곤란해진다.

[0012] 본 발명은, 상기 서술한 문제를 해결하기 위해서 이루어진 것으로, 간단한 구성으로 투과광 또는 반사광의 휘도 불균일을 개선할 수 있음과 함께, 설계 및 제조가 용이한 확산판 및 확산판의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 확산판은,  
 [0014] 복수의 마이크로 렌즈가 주면에 배열된 확산판으로서,  
 [0015] 상기 복수의 마이크로 렌즈와 상기 주면 사이에는 위상차 생성부가 삽입되어 있고,  
 [0016] 상기 복수의 마이크로 렌즈는, 2 종류 이상의 렌즈 형상을 갖고, 상기 2 종류 이상의 렌즈 형상의 수량비가 특정한 값이 되도록, 상기 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈의 개수가 각각 결정되어 있고,  
 [0017] 상기 복수의 마이크로 렌즈의 저면의 중심이 배열되는 상기 주면 상의 각 좌표에 대응하여, 상기 렌즈 형상의

종류가 각각 선택되어 있고,

- [0018] 상기 확산판에 있어서의 원하는 각도 범위 내의 확산 광 강도의 가산 평균을 1 로 했을 때의, 상기 원하는 각도 범위 내의 확산 광 강도의 상대 강도의 표준 편차가  $9.00 \times 10^{-2}$  이하이고,
- [0019] 상기 확산판의 어느 일 방향의 확산 광 강도의 각도 분포에 있어서, 광 입사광 방향을 따른 방향을 확산 각도 0 도로 하고, 각도 분포 측정 방향의 일 방향을 정 (正), 그 반대 방향을 부 (負) 로 했을 때, 상기 원하는 각도 범위의 확산 광 강도의 가산 평균에 대하여 90 % 의 상대 강도가 되는 확산 각도 중, 정측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도와, 부측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도의 차를, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위로 했을 때에, 상기 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위가, 상기 원하는 각도 범위의 +10 % 내지 -10 % 의 범위 내에 있는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 본 발명에서는, 상기 위상차 생성부에 의해 발생하는 위상차의 최대치는, 사용되는 광의 파장의 0.2 배보다 큰 것이 바람직하다.
- [0021] 본 발명에서는, 상기 원하는 각도 범위 AngA 는,  $0^\circ \leq \text{AngA} \leq 40^\circ$  인 것이 바람직하다.
- [0022] 본 발명에서는, 상기 위상차 생성부의 상기 주면으로부터의 높이가, 상기 복수의 마이크로 렌즈가 배열되는 좌표를 독립 변수로 하는 대수 함수, 초등 함수, 또는 그들의 합성 함수에 따라 변화하는 것이 바람직하다.
- [0023] 본 발명에서는, 상기 위상차 생성부의 상기 주면으로부터의 높이가, 랜덤으로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0024] 본 발명에서는, 상기 마이크로 렌즈의 종류는, 상기 마이크로 렌즈가 배열되는 좌표를 독립 변수로 하는 대수 함수, 초등 함수, 또는 그들의 합성 함수에 따라 선택되는 것이 바람직하다.
- [0025] 본 발명에서는, 상기 마이크로 렌즈의 종류는, 상기 마이크로 렌즈가 배열되는 좌표에 대하여, 랜덤으로 선택되는 것이 바람직하다.
- [0026] 본 발명의 확산판의 제조 방법은,
- [0027] 복수의 마이크로 렌즈가 주면에 배열된 확산판의 제조 방법으로서,
- [0028] 원하는 각도 범위에 가까운 확산 광 강도의 각도 분포가 얻어지는 1 종류의 렌즈 형상을 갖는 상기 복수의 마이크로 렌즈가 상기 주면 상에 배열되고, 상기 복수의 마이크로 렌즈와 상기 주면 사이에 위상차 생성부가 삽입된 마이크로 렌즈 세트를, 복수 종류에 대하여 설계하는 공정과,
- [0029] 상기 복수 종류의 각각의 마이크로 렌즈 세트에 대응하는 형상을 갖는 샘플 금형을 상기 복수 종류에 대하여 제조하는 공정과,
- [0030] 상기 샘플 금형을 사용하여 수지에 1 종류의 상기 마이크로 렌즈 세트의 형상을 전사하여, 상기 마이크로 렌즈 세트의 확산 패턴을 1 종류 갖는 샘플 확산판을 상기 복수 종류에 대하여 제조하는 공정과,
- [0031] 상기 복수 종류의 샘플 확산판의 각각의 광학 특성의 평가를 실시하는 공정과,
- [0032] 상기 복수 종류의 샘플 확산판의 각각의 평가 결과에 기초하여, 상기 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트를 조합한 마이크로 렌즈 어레이를 설계하는 공정과,
- [0033] 상기 마이크로 렌즈 어레이에 대응하는 형상을 갖는 확산 패턴 금형을 제조하는 공정과,
- [0034] 상기 확산 패턴 금형을 사용하여 수지에 상기 확산 패턴을 전사하는 공정을 구비한다.

**발명의 효과**

- [0035] 본 발명에 의하면, 간단한 구성으로 투과광 또는 반사광의 휘도 불균일을 개선할 수 있음과 함께, 설계 및 제조가 용이한 확산판 및 확산판의 제조 방법을 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0036] 도 1 은 제 1 실시형태에 관련된 확산판의 제조 공정으로 설계되는 마이크로 렌즈 세트 (볼록 렌즈) 의 단면 프로파일의 예를 나타내는 도면이다.
- 도 2 는 제 1 실시형태에 관련된 확산판의 제조 공정으로 설계되는 마이크로 렌즈 세트 (오목 렌즈) 의 단면 프

로파일의 예를 나타내는 도면이다.

도 3 은 본 발명에 있어서의 마이크로 렌즈 세트의 단면 프로파일의 예를 나타내는 도면이다.

도 4 는 확산판의 볼록 렌즈의 단면 프로파일 측정 결과의 예를 나타내는 도면이다 (곡률 반경 42  $\mu\text{m}$ , 피치 13  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta H = 1.5 \mu\text{m}$  인 경우).

도 5 는 원하는 각도 범위의 정의를 나타내는 도면이다.

도 6 은 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위의 정의를 나타내는 도면이다.

도 7 은 마이크로 렌즈 A 만이 복수 개 배열된 샘플 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치 (비교예 1) 를 나타내는 도면이다.

도 8 은 마이크로 렌즈 B 만이 복수 개 배열된 샘플 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 나타내는 도면이다.

도 9 는 마이크로 렌즈 C 만이 복수 개 배열된 샘플 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 나타내는 도면이다.

도 10 은 마이크로 렌즈 D 만이 복수 개 배열된 샘플 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치 (비교예 2) 를 나타내는 도면이다.

도 11 은 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류만이 복수 개 배열된 각 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 기초로, 4 종류의 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를 0 : 1 : 1 : 0 의 수량비로 가산 평균한 확산 광 강도의 각도 분포의 계산치를 나타내는 도면이다.

도 12 는 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류만이 복수 개 배열된 각 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 기초로, 4 종류의 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를 0 : 1 : 1 : 1 의 수량비로 가산 평균한 확산 광 강도의 각도 분포의 계산치를 나타내는 도면이다.

도 13 은 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류만이 복수 개 배열된 각 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 기초로, 4 종류의 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를 0 : 1 : 3 : 2 의 수량비로 가산 평균한 확산 광 강도의 각도 분포의 계산치를 나타내는 도면이다.

도 14 는 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류만이 복수 개 배열된 각 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 기초로, 4 종류의 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를 1 : 0 : 1 : 1 의 수량비로 가산 평균한 확산 광 강도의 각도 분포의 계산치를 나타내는 도면이다.

도 15 는 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류만이 복수 개 배열된 각 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 기초로, 4 종류의 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를 1 : 1 : 1 : 1 의 수량비로 가산 평균한 확산 광 강도의 각도 분포의 계산치를 나타내는 도면이다.

도 16 은 실시예 1 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 17 은 실시예 2 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 18 은 실시예 3 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 19 는 실시예 4 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 20 은 비교예 1 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 21 은 비교예 2 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 22 는 비교예 3 의 마이크로 렌즈 어레이의 높이 분포를 나타내는 도면이다.

도 23 은 실시예 1 의 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포를 나타내는 도면이다.

도 24 는 실시예 2 의 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포를 나타내는 도면이다.

도 25 는 실시예 3 의 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포를 나타내는 도면이다.

도 26 은 실시예 4 의 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포를 나타내는 도면이다.

도 27 은 비교예 3 의 확산판의 X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포를 나타내는 도면이다.

도 28 은 실시예 1 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 29 는 실시예 2 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 30 은 실시예 3 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 31 은 실시예 4 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 32 는 비교예 1 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 33 은 비교예 2 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 34 는 비교예 3 의 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지를 나타내는 도면이다.

도 35 는 제 1 실시형태에 관련된 확산판의 제조 방법을 나타내는 플로우 차트이다.

도 36 은 제 1 실시형태에 관련된 확산판의 제조 방법에 있어서의 마이크로 렌즈 세트의 설계 방법을 나타내는 플로우 차트이다.

도 37 은 제 1 실시형태에 관련된 확산판의 제조 방법에 있어서의 샘플 금형의 제조 방법을 나타내는 플로우 차트이다.

도 38 은 제 1 실시형태에 관련된 확산판의 제조 방법에 있어서의 마이크로 렌즈 어레이의 설계 방법을 나타내는 플로우 차트이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0037] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 대하여 설명한다.

[0038] [제 1 실시형태]

[0039] 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 은, 복수의 마이크로 렌즈가 주면에 배열된 확산판이다. 도 1 은, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 가 기준면 (S1) 상에 배열된 상태를 나타내는 단면도이다. 도 1 에서는, 기준면 (S1) 은, 확산판 (10) 의 기관의 주면이다.

[0040] 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 에 있어서, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 와 기준면 (S1) (주면) 사이에는 인상부 (41) (위상차 생성부) 가 삽입되어 있다. 복수의 마이크로 렌즈 (31) 에 각각 상이한 높이의 인상부 (41) 를 형성함으로써, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 를 투과하는 광선에 마이크로 렌즈 (31) 마다의 위상차가 발생한다. 인상부 (41) 에 의해 발생하는 위상차의 최대치는, 사용되는 광의 파장의 0.2 배보다 큰 것이 바람직하다.

[0041] 도 1 에서는 동일한 렌즈 형상을 갖는 마이크로 렌즈 (31) 가 배열되어 있다. 그러나, 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 에 있어서는, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 는, 2 종류 이상의 렌즈 형상을 갖는다. 그리고, 2 종류 이상의 렌즈 형상의 수량비가 특정한 값이 되도록, 2 종류 이상의 렌즈 형상의 각각의 마이크로 렌즈 (31) 의 개수가 결정되어 있다. 복수의 마이크로 렌즈 (31) 의 저면의 중심이 배열되는 기준면 (S1) 상의 각 좌표에 대응하여, 형상의 종류가 각각 선택되어 있다.

[0042] 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 에 있어서의 원하는 각도 범위 내의 확산 광 강도의 가산 평균을 1 로 했을 때의, 원하는 각도 범위 내의 확산 광 강도의 상대 강도의 표준 편차가  $9.00 \times 10^{-2}$  이하일 필요가 있다. 또한, 원하는 각도 범위  $AngA$  는,  $0^\circ \leq AngA \leq 40^\circ$  인 것이 바람직하다.

[0043] 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 에 있어서, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위  $AngB$  가, 원하는 각도 범위의 +10 % 내지 -10 % 의 범위 내에 있는 것이 바람직하다. 단, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위  $AngB$  는, 확산판 (10) 의 어느 일 방향의 확산 광 강도 분포에 있어서, 광 입사광 방향을 따른 방향을 확산 각도 0 도로 하고, 각도 분포 측정 방향의 일 방향을 정 (正), 그 반대 방향을 부 (負) 로 했을 때, 원하는 각도 범위의 확산 광 강도의 가산 평균에 대하여 90 % 의 상대 강도가 되는 확산 각도 중, 정측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도와, 부측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도의 차로 한다.

[0044] 도 35 의 플로우 차트를 사용하여, 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 의 제조 방법에 대하여 설명한다. 도

35 에 나타내는 바와 같이, 먼저, 원하는 각도 범위에 가까운 확산 광 강도의 각도 분포가 얻어지는 1 종류의 렌즈 형상을 갖는 복수의 마이크로 렌즈 (31) 가 주면 상에 배열되고, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 와 주면 사이에 인상부 (41) 가 삽입된 마이크로 렌즈 세트를, 복수 종류에 대하여 설계한다 (ST100). 다음으로, 복수 종류의 각각의 마이크로 렌즈 세트에 대응하는 형상을 갖는 샘플 금형을 복수 종류에 대하여 제조한다 (ST200).

[0045] 다음으로, 샘플 금형을 사용하여 수지에 1 종류의 마이크로 렌즈 세트의 형상을 전사하여, 마이크로 렌즈 세트의 확산 패턴을 갖는 샘플 확산판을 복수 종류에 대하여 제조한다 (ST300). 다음으로, 복수 종류의 샘플 확산판 각각의 광학 특성의 평가를 실시한다 (ST400). 다음으로, 복수 종류의 샘플 확산판 각각의 평가 결과에 기초하여, 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트를 조합한 마이크로 렌즈 어레이를 설계한다 (ST500). 다음으로, 마이크로 렌즈 어레이에 대응하는 형상을 갖는 확산 패턴의 금형을 제조한다 (ST600). 다음으로, 확산 패턴 금형을 사용하여 수지에 확산 패턴을 전사한다 (ST700).

[0046] 이하, ST100 내지 ST700 의 각 공정을 순서대로 설명한다.

[0047] (복수 종류의 마이크로 렌즈 세트의 설계)

[0048] 먼저, 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트의 설계 공정 (ST100) 을 설명한다.

[0049] ST100 의 공정은, 작업자가 컴퓨터를 사용하여 실시하면 된다. 즉, CPU, ROM, RAM, 입력 수단 (키보드나 마우스) 및 출력 수단 (모니터, 프린터, 데이터 출력 포트) 을 갖는 통상적인 컴퓨터에, 기하 광학에 기초한 렌즈 설계용 프로그램을 내장한 것을 이용하면 된다.

[0050] 도 36 을 사용하여, 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트의 설계 공정의 흐름을 설명한다. 마이크로 렌즈 세트를 설계하는 데에 있어서, 먼저 실시하는 것은, 마이크로 렌즈 (31) 의 형상 설계를 실시하고, 마이크로 렌즈 (31) 의 렌즈 데이터를 준비하는 것이다 (ST110). 원하는 각도 범위 내에서 확산 광 강도가 대략 일정한 것을 실현하는 데에는, 마이크로 렌즈 (31) 형상의 설계가 우선적으로 중요해진다. 더욱 고려해야 하는 것은, 다수의 마이크로 렌즈 (31) 를 나열했다고 해도 회절·간섭에 의한 휘도 불균일이 잘 발생하지 않도록 한다는 것이다. 마이크로 렌즈 (31) 의 형상이 1 종류 밖에 없으면, 1 종류의 마이크로 렌즈 (31) 를 다수 나열했을 때에 회절·간섭에 의한 휘도 불균일이 발생하기 쉬워질 우려가 있다. 그러나, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 의 형상을 준비하기 위하여 1 개 1 개 시물레이션에 의해 설계를 실시하는 것은 대단한 노고이다.

[0051] 본 실시형태에서는, 시물레이션에 의한 설계는 실시하지 않고, 먼저 기하 광학을 사용한 광학 설계에 의해, 원하는 확산 광 강도의 각도 분포에 가까운 확산 특성을 갖는 수 종류의 마이크로 렌즈 (31) 의 렌즈 형상을 설계한다. 물론, 시물레이션에 의한 설계를 실시하는 것을 방해하는 것은 아니다.

[0052] 마이크로 렌즈 세트를 구성하는 마이크로 렌즈 (31) 는, 볼록 렌즈 또는 오목 렌즈의 어느 것을 선택해도 된다. 도 1 에, 설계된 볼록 형상의 복수의 마이크로 렌즈 (31) 및 인상부 (41) 의 단면 프로파일의 예를 나타낸다. 도 2 에, 설계한 오목 형상의 복수의 마이크로 렌즈 (31) 및 인상부 (41) 의 단면 프로파일의 예를 나타낸다.

[0053] 마이크로 렌즈 (31) 의 높이 (h) 또는 깊이 (d) 는 특별히 한정되는 것은 아니지만, 최종 제품이 되었을 때에 확산판 (10) 의 표면 요철을 인간의 눈에 잘 보이지 않게 하기 위해서, 30  $\mu\text{m}$  이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 제조시에 있어서의 3 차원 형상의 만들기 쉬움을 고려하면, 마이크로 렌즈 (31) 의 높이 (h) 또는 깊이 (d) 는, 1  $\mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0054] 본 실시형태에 있어서의 마이크로 렌즈 (31) 는, 구면, 비구면, 실린드릭, 토로이달, 프레넬의 어느 1 개를 사용해도 된다.

[0055] 마이크로 렌즈 (31) 의 저면의 형상은, 규칙적으로 반복하는 것이 가능한 형상이 바람직하고, 예를 들어, 삼각형, 사각형, 육각형, 그 밖의 각종 다각형 중에서 어느 1 종류를 선택하면 된다.

[0056] 도 36 에 나타내는 바와 같이, ST110 공정 다음으로, ST110 공정에서 설계한 마이크로 렌즈 (31) 를 기준면 (S1) 상에 배열한다 (ST120). 그리고, 개개의 마이크로 렌즈 (31) 에 위상차를 부여하기 위해서, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 의 각각과 기준면 (S1) 사이에 인상부 (41) (위상차 생성부) 를 삽입한다 (ST130).

[0057] 동일 형상의 마이크로 렌즈 (31) 를 단순히 배열한 것만으로는, 마이크로 렌즈 (31) 의 주기성에서 기인하는 회절·간섭에 의한 휘도 불균일이 발생하게 된다. 그래서 본 실시형태의 마이크로 렌즈 세트에서는, 각 마이크로 렌즈 (31) 로부터의 투과광 또는 반사광의 확산 광 강도의 각도 분포를 동일하게 하고, 서로 상이한 마이

크로 렌즈 (31) 사이의 위상차를 설정된 범위 내에 분포시키고 있다. 여기서, 마이크로 렌즈 (31)의 위상차는, 마이크로 렌즈 (31)를 투과 또는 반사한 광의 광로 길이의 차를 과장으로 규격화하여 나타낸다.

[0058] 위상차를 변화시키는 데에는, 마이크로 렌즈 (31) 전체의 높이나 곡률, 피치, 배열, 굴절률 등 다양한 요소를 선택 가능하지만, 본 실시형태의 마이크로 렌즈 세트에서는, 개개의 마이크로 렌즈 (31)에 위상차를 부여하기 위해서, 복수의 마이크로 렌즈 (31)의 각각과 기준면 (S1) 사이에 인상부 (41)가 삽입되어 있다. 인상부 (41)의 높이를 변화시키고 있고, 개개의 마이크로 렌즈 (31)의 곡률이 동일하다는 점에 마이크로 렌즈 세트의 특징이 있다. 이 결과, 단일의 마이크로 렌즈 (31)의 광학 설계 결과를, 전체의 마이크로 렌즈 세트의 광학 특성에 반영시킬 수 있기 때문에, 설계 공정을 단순화할 수 있다.

[0059] ST100 공정의 마이크로 렌즈 세트를 구성하는 마이크로 렌즈 (31)는, 렌즈 형상에 관한 기본 요소, 예를 들어, 인상부 (41)를 제외한 렌즈 높이 (h) 또는 깊이 (d), 렌즈 피치, 렌즈의 곡률 반경, 렌즈 저면의 형상, 렌즈의 개구수가 동일하고, 확산 광 강도의 각도 분포도 동등하다. 이후, 이들 요건을 만족하는 마이크로 렌즈 (31)를, 단일의 마이크로 렌즈 (31)라고 기재한다.

[0060] ST110 공정에 있어서, 단일의 마이크로 렌즈 (31)를 규칙적으로 반복되도록 기준면 (S1) 상에 배열한다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 이 때, 각 마이크로 렌즈 (31)의 각각의 위상을 변화시키기 위해서, 각 마이크로 렌즈 (31)의 저면 아래에 인상부 (41)를 형성한다. 본 명세서 내의 기준면 (S1)은 광의 입사하는 면에 대하여 평행한 면인 것이 바람직하다. 또한, 설계시의 기준면 (S1)을 확산판 (10)의 주면이라고 생각해도 된다.

[0061] 마이크로 렌즈 (31)가 볼록 렌즈인 투과형 확산판의 경우, 기준면 (S1)으로부터의 마이크로 렌즈 (31) 볼록부의 최대 높이와 최소 높이의 차  $\Delta H$  [ $\mu\text{m}$ ]는, 수식 (1)로 부여되는 관계를 만족하도록 제어된다.

$$[0062] \quad 0.2 \leq 1000 \times \Delta H \times (n - 1) / \lambda \quad (1)$$

[0063] 단, n : 마이크로 렌즈 (31)의 굴절률,  $\lambda$  : 광의 파장 [nm]으로 한다.

[0064] 휘도 불균일의 개선 효과를 발생시키는 데에는, 복수의 마이크로 렌즈 (31)가 갖는 위상차의 최대치는 0.2 이상으로 설정하는 것이 바람직하다. 또한, 위상차에 의한 간섭을 약하게 한다는 관점에서 말하면, 위상차의 평균치를 0.5 전후로 설정하는 것이 더욱 바람직하다. 여기서, 광원이 복수의 파장으로 이루어지는 경우에는, 사용하는 파장 중에서 가장 긴 파장으로 대표하여 위상차를 계산하면 된다.

[0065] 또한, 마이크로 렌즈 (31)가 오목 렌즈인 투과형 확산판의 경우, 기준면 (S1)으로부터의 마이크로 렌즈 (31) 오목부의 최대 깊이와 최소 깊이의 차  $\Delta D$  [ $\mu\text{m}$ ]는, 수식 (2)로 부여되는 관계를 만족하도록 제어된다.

$$[0066] \quad 0.2 \leq 1000 \times \Delta D \times (n - 1) / \lambda \quad (2)$$

[0067] 단, n : 마이크로 렌즈 (31)의 굴절률,  $\lambda$  : 광의 파장 [nm]으로 한다.

[0068] 한편, 마이크로 렌즈 (31)가 볼록 렌즈인 반사형 확산판 (10)의 경우, 기준면 (S1)으로부터의 마이크로 렌즈 (31) 볼록부의 최대 높이와 최소 높이의 차  $\Delta H$  [ $\mu\text{m}$ ]는, 수식 (3)으로 부여되는 관계를 만족하도록 제어된다.

$$[0069] \quad 0.1 \leq \Delta H \times 1000 / \lambda \quad (3)$$

[0070] 단,  $\lambda$  : 광의 파장 [nm]으로 한다.

[0071] 휘도 불균일의 개선 효과를 발생시키는 데에는, 투과형의 경우와 마찬가지로, 위상차는 0.2 이상으로 설정하는 것이 바람직하고, 위상차의 평균치를 0.5 전후로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0072] 또한, 마이크로 렌즈 (31)가 오목 렌즈인 반사형 확산판 (10)의 경우, 기준면 (S1)으로부터의 마이크로 렌즈 (31) 오목부의 최대 깊이와 최소 깊이의 차  $\Delta D$  [ $\mu\text{m}$ ]는, 수식 (4)로 부여되는 관계를 만족하도록 제어된다.

$$[0073] \quad 0.1 \leq \Delta D \times 1000 / \lambda \quad (4)$$

[0074] 단,  $\lambda$  : 광의 파장 [nm]으로 한다.

[0075] ST100 공정에 있어서, 어느 마이크로 렌즈 세트에 있어서의 각 마이크로 렌즈 (31)의 인상부 (41)의 높이의 분포로는, 상기 서술한 바와 같이 최대 높낮이차  $\Delta H$  또는  $\Delta D$ 를 설정하고, 그 범위 내에서 인상부 (41)의 높이를 일정한 랜덤 배열, 의사 랜덤 배열, 규칙 배열 등 임의의 분포로 설정하면 된다.

[0076] 이상 설명한 방법에 의해, 단일 형상의 복수의 마이크로 렌즈 (31)를 갖는 마이크로 렌즈 세트의 설계 데이터

를 준비할 수 있었다.

- [0077] 마이크로 렌즈 (31) 의 렌즈 형상을 정의하는 기본 요소의 일부를 바꾸어 반복하여 상기 서술한 방법을 실행함으로써, 확산 광 강도의 각도 분포를 바꾼 마이크로 렌즈 세트의 데이터를 복수 종류 준비할 수 있다. 복수의 마이크로 렌즈 (31) 에 위상차를 부여하는 인상부 (41) 의 높이를 결정하는 조건을 변경해도 되지만, 변경하지 않아도 특별히 문제는 없다. 이 작업의 반복에 의해, 확산 광 강도의 각도 분포가 상이한 2 종류 이상의 형상의 마이크로 렌즈 세트를 준비할 수 있다.
- [0078] 마이크로 렌즈 (31) 의 확산 광 강도의 각도 분포를 변경하기 위해서, 어느 기본 요소를 변경할지는 특별히 제한은 없지만, 설계 데이터를 준비할 때의 작업 부하를 생각하면, 마이크로 렌즈 (31) 의 곡률 또는 렌즈 높이 (렌즈 깊이) 를 바꾸는 것이 바람직하다.
- [0079] (샘플 금형의 제조)
- [0080] ST200 공정에서는, ST100 공정에서 작성한 설계 데이터로부터, 마이크로 렌즈 세트에 대응하는 형상이 가공된 샘플 금형을 제작한다. 가공 방법은, 기계 가공, 마스크를 사용한 포토리소그래피, 마스크리스 포토리소그래피, 에칭, 레이저 어블레이션 등의 가공 방법으로부터 적절히 선택하면 된다. 본 실시형태에서는 마스크리스 포토리소그래피에 의한 샘플 금형의 제조 공정에 대하여, 도 37 을 사용하여 간단하게 설명한다.
- [0081] 도 37 에 나타내는 바와 같이, 먼저, 기판 상에 포토레지스트를 도포한다 (ST210). 예를 들어, 스핀 코트 등에 의해 기판에 포지티브형의 포토레지스트를 도포하면 된다. 도포된 레지스트막의 막 두께는, 확산 패턴으로서 형성되는 마이크로 렌즈 세트의 렌즈 높이 이상이면 된다. 다음의 노광 공정 전에, 도포된 레지스트막에 대하여, 70 ~ 110 °C 에서의 베이킹 처리를 실시해 두는 것이 바람직하다.
- [0082] 다음으로, 레이저 빔을 조사함으로써 포토레지스트를 노광한다 (ST220). 레이저 빔의 파장에 특별히 제한은 없고, 포토레지스트의 종류에 따라 적절히 선정된다. 레이저 빔의 파장은, 예를 들어, 351 nm, 364 nm, 458 nm, 488 nm (Ar<sup>+</sup> 레이저의 발진 파장), 351 nm, 406 nm, 413 nm (Kr<sup>+</sup> 레이저의 발진 파장), 352 nm, 442 nm (He-Cd 레이저의 발진 파장), 355 nm, 473 nm (반도체 여기 고체 레이저의 펄스 발진 파장), 375 nm, 405 nm, 445 nm, 488 nm (반도체 레이저) 등을 선택할 수 있다.
- [0083] 인상부 (41) 가 형성된 마이크로 렌즈 (31) 의 노광 공정에서는, 마이크로 렌즈 세트의 설계 데이터에 따라, 레이저 파워를 렌즈 형상과 레지스트 감도로부터 정해지는 값으로 변조시키면서, 레지스트 상에 레이저를 주사시킨다. 어느 마이크로 렌즈 (31) 와 그 옆의 마이크로 렌즈 (31) 에서는 인상부 (41) 의 높이가 상이하기 때문에, 그들의 경계에서 레이저 파워를 계단상으로 변화시킨다. 레이저 노광에 사용되는 레이저는 대물 렌즈로 집광하여 레지스트에 초점을 맞추고 있다. 레이저 스폿은 일반적으로 유한의 직경을 갖는 가우스 분포이기 때문에, 레이저 파워를 계단상으로 변화시켜도 레지스트에 노광된 광량 분포는 계단상으로는 되지 않고, 마이크로 렌즈 (31) 경계부에서도 일정한 경사를 가지는 노광량 분포가 되어, 이 부분의 형상은 설계 형상으로부터 어긋나게 된다. 초점 위치에 있어서의 레이저 빔 스폿 사이즈  $\phi$  는, 일반적으로,  $\phi = k \times \lambda / NA$  ( $k$  : 비례 정수,  $\lambda$  : 파장,  $NA$  : 렌즈 개구수) 로 나타낸다.
- [0084] 어느 마이크로 렌즈 (31) 와 거기에 인접하는 마이크로 렌즈 (31) 의 인상부 (41) 의 높이의 차를 크게 하는 데에는, 인접하는 마이크로 렌즈 (31) 사이의 레이저 파워의 차를 크게 취하면 된다. 그러나, 레이저 파워의 차를 지나치게 크게 취하면, 인접하는 렌즈 경계에 가까운 부분의 렌즈 형상이 광학 설계에 의해 설정된 형상으로부터 벗어나는 영역이 증가한다. 이 때문에, 확산 광 강도의 각도 분포가 다른 마이크로 렌즈 (31) 와 동일한 마이크로 렌즈 (31) 의 비율이 저하한다. 따라서, 광학 설계와 가능한 한 동일한 확산 광 강도의 각도 분포를 얻기 위해서는, 인접하는 마이크로 렌즈 (31) 사이의 인상부 (41) 의 높이의 차를 일정한 범위 내로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0085] 본 실시형태에서, 각 마이크로 렌즈 (31) 의 높이는 일정하게 하면, 각 마이크로 렌즈 (31) 의 볼록부의 정점의 높이의 최대 높낮이차  $\Delta H$  는, 인상부 (41) 의 높이의 최대 높낮이차와 일치한다. 전술한 파장으로 규격화한 위상차를 1 로 하고, 인상부 (41) 의 높이를 일정한 랜덤 분포로 한 경우, 각 마이크로 렌즈 (31) 사이의 위상차의 평균이 0.5 가 된다. 이에 의해, 마이크로 렌즈 세트가 평균적으로 1/2 파장의 위상차를 가지게 되고, 간섭이나 회절의 영향이 보다 유효하게 억제된다는 관점에서 보다 바람직하다.
- [0086] 계속해서, 노광 후의 포토레지스트를 현상한다 (ST230). 포토레지스트의 현상은, 예를 들어, 현상액을 도포 또는 현상액에 침지시키는 등의 방법을 취하면 된다. 현상액으로는, 테트라메틸암모늄하이드록사이드

(TMAH) 등의 알칼리 현상액을 사용할 수 있지만, 포토레지스트의 종류에 따라 결정해야 하는 것이고, 알칼리 현상액에 한정되는 것은 아니다. 포지티브형 레지스트를 현상한 경우, 노광량에 따라 포토레지스트가 제거되고, 포토레지스트에 요철 패턴이 형성된다.

- [0087] 계속해서, 전주 (電鑄) 에 의해 니켈 금형을 만든다 (ST240). 즉, 요철 패턴을 갖는 포토레지스트 표면에 대하여, 전주 (전해 도금) 에 의해 니켈을 판상으로 성장시킨다. 전주 후에, 니켈판을 포토레지스트 원반으로부터 박리함으로써, 포토레지스트 상의 요철 패턴이 반전 전사된 니켈 금형 (스탬퍼) 을 얻는다.
- [0088] (샘플 확산판의 제조)
- [0089] 도 35 에 나타내는 바와 같이, ST200 공정에 이어서, ST200 공정에서 얻어진 금형의 표면 요철 패턴을 수지 기재에 전사하여, 마이크로 렌즈 세트의 확산 패턴을 1 종류 갖는 샘플 확산판을 제조한다 (ST300). 성형법은, 롤 투 롤 성형, 열 프레스 성형, 자외선 경화성 수지를 사용한 성형, 사출 성형 등이 바람직하게 사용된다.
- [0090] 최종 제품으로서의 확산판 (10) 의 용도에 따라 다르기도 하지만, 수지 기재로는, 전리 방사선의 투과성 및 가요성을 갖는 수지 시트를 사용할 수 있다. 수지 기재의 두께는 한정되지 않지만, 50 ~ 500  $\mu\text{m}$  정도의 박형이어도 된다.
- [0091] 투과형 확산판을 제조할 때의, 수지 기재의 재료로는, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트 등의 폴리에스테르, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리메틸아크릴레이트, 폴리에틸아크릴레이트 등의 메타크릴산 혹은 아크릴산에스테르의 중합체 (이른바 아크릴 수지), 폴리카보네이트, 삼아세트산셀룰로오스, 폴리스티렌, 폴리프로필렌, 또는, 분자 중에 중합성 불포화 결합 혹은 에폭시기를 갖는 프리폴리머, 올리고머 혹은 단량체를 적절히 혼합한 조성물을 예로서 들 수 있다.
- [0092] 프리폴리머 또는 올리고머로는, 불포화 디카르복실산과 다가 알코올의 축합물 등의 불포화 폴리에스테르류, 에폭시 수지, 폴리에스테르메타크릴레이트, 폴리에테르메타크릴레이트 등의 메타크릴레이트류, 폴리에스테르아크릴레이트, 에폭시아크릴레이트, 우레탄아크릴레이트, 폴리에테르아크릴레이트, 폴리올아크릴레이트, 또는, 멜라민아크릴레이트 등을 예로서 들 수 있다.
- [0093] 열 프레스 성형의 경우에는, 진술한 스탬퍼를 사용하여 아크릴 시트를 가열하면서 프레스함으로써, 볼록 렌즈 형상의 미세 패턴이 아크릴 시트에 전사된다. 이 결과, 오목 렌즈에 의한 마이크로 렌즈 세트 부재를 제조할 수 있다. 양면에 스탬퍼를 배치한 양면 성형을 채용하면, 양면에 마이크로 렌즈 세트를 형성한 부재를 성형하는 것도 가능하다. 성형에 사용되는 수지는 아크릴에 한정하지 않고, 성형 조건에 따라, 확산판 (10) 에 사용 가능한 수지를 선정하면 된다.
- [0094] 도 4 는, 본 실시형태에 관련된 니켈 스탬퍼의 마이크로 렌즈 세트의 일부의 마이크로 렌즈 (31) 의 단면 프로파일을 레이저 현미경으로 측정한 결과를 나타내는 도면이다. 도 4 에서는, 렌즈 형상의 설계치를 점선으로, 실측치를 실선으로 나타내고 있다. 도 4 중의 일부의 마이크로 렌즈 (31) 에는, 인상부 (41) 의 설계치를 해칭에 의해 나타내고 있다. 이 예에서는, 마이크로 렌즈 (31) 의 렌즈부는 곡률 반경 42  $\mu\text{m}$  의 구면 렌즈이고, 렌즈 피치는 13  $\mu\text{m}$ , 마이크로 렌즈 (31) 의 볼록부의 정점의 최대 높낮이차는  $\Delta H = 1.5 \mu\text{m}$  이다.
- [0095] 도 4 의 마이크로 렌즈 세트의 각 마이크로 렌즈 (31) 에서는, 광학 설계 형상과 일치하지 않는 렌즈부의 비율의 최대치가 단면 프로파일의 약 30 % 이고, 설계와 실제의 제조물 사이에는 오차가 있는 것을 알 수 있다. 특히, 마이크로 렌즈 (31) 의 피치가 좁아지면, 레이저 빔 직경의 영향이 상대적으로 커지기 때문에, 설계 형상 그대로의 확산판 (10) 을 제조하기 위해서는, 설계부터 시작 (試作) 의 루프를 반복할 가능성이 있어, 작업 부하는 커지기 쉽다.
- [0096] (샘플 확산판의 평가)
- [0097] 도 35 에 나타내는 바와 같이, ST300 공정 다음으로, ST300 공정에서 제조된 복수 종류의 샘플 확산판 각각의 광학 특성의 평가를 실시한다 (ST400). 확산판의 광학 특성, 특히 확산 광 강도의 각도 분포의 평가는, 하기의 방법으로 실시한다. 샘플 확산판의 평가뿐만 아니라, 최종적으로 제조되는 확산판 (10) 도 동일하게 평가할 수 있다.
- [0098] 제조한 확산판에 대하여, He-Ne 레이저 광원을 콜리메이트하여 얻어지는 평행광을 입사시키고, 확산판으로부터 출사된 출사광의, 스크린에 대한 확산 이미지를 He-Ne 레이저 확산 이미지로 한다. 확산판의 확산 광 강도

의 각도 분포는, He-Ne 레이저 확산 이미지로부터 얻어지는 것으로 한다. 일례로는, He-Ne 레이저 확산 이미지의 사진을 촬영하고, 사진 상의 확산 광 강도를 관측하면 된다. 또한, 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포 특성을, 할로겐 라이트에 의한 백색광을 광원으로 한 휘도계와 고니오 스테이지에 의해 측정해도 된다.

확산판이 단일 종류의 마이크로 렌즈 (31) 로 이루어지는 마이크로 렌즈 세트에 의한 샘플 확산판인 경우, 회절·간섭에서 기인하는 강도 불균일 (휘도 변동) 이 적지 않게 관찰된다.

[0099] 본 발명의 발명자들의 실험 결과에 의하면, 이 강도 불균일의 산 (山) 과 골 (谷) 을 발생시키는 각도 위치는, 마이크로 렌즈 (31) 의 렌즈면의 형상이 동일하면, 인상부 (41) 에 의한 위상차를 부여하는 방법을 바꿔도 거의 변화하지 않는 것이 판명되어 있다. 한편, 상기의 산과 골의 각도 위치는, 마이크로 렌즈 (31) 의 형상, 예를 들어 곡률이나 높이 등을 바꿈으로써 변화시킬 수 있다. 본 실시형태에서는, 마이크로 렌즈 (31) 의 형상을 정의하는 기본 요소의 일부를 바꾼 마이크로 렌즈 세트를 복수 준비한 결과, 확산 광 강도의 각도 분포의 산과 골의 위치가 상이한 샘플 확산판을 복수 준비할 수 있다.

[0100] 또한, 마이크로 렌즈 세트 또는 확산판에 있어서의 He-Ne 레이저 확산 이미지로부터 얻어진 확산 광 강도의 각도 분포에 대하여, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 입사광과 동일한 광축 방향을 확산 각도의 0 도로 하고, 각도 분포 측정 방향의 일 방향을 정, 그 반대 방향을 부로 한다. 확산판에 있어서 확산 광 강도를 대략 일정하게 유지하고자 하면 설계자가 생각하는 광축을 중심으로 한 각도의 범위를, 원하는 각도 범위로 한다. 확산판에 있어서의 원하는 각도 범위는, 광축을 사이에 두고 정측과 부측이 대칭인 형상이 되는 경우, 정측의 최대치와 부측의 최소치의 절대치를  $|AngA/2|$  라고 하면, AngA 라고 정의된다. AngA 의 값은, 확산판의 사용 용도나 목적에 따라 확산판 마다 설정한다. 본 실시형태의 확산판 (10) 에 있어서의 AngA 의 범위는,  $0^\circ \leq AngA \leq 40^\circ$  로 한다. 설계자가 생각하는 원하는 각도 범위가 불명한 경우에는, 어느 각도 범위 내의 확산 광 강도의 가산 평균을 1 로 했을 때의, 상기 어느 각도 범위 내의 확산 광 강도의 상대 강도의 표준 편차가  $9.00 \times 10^{-2}$  이하가 되는 최대의 각도 범위를 원하는 각도 범위로 한다.

[0101] 원하는 각도 범위 (AngA) 의 광 강도의 가산 평균  $L_{ave}$  는, 하기의 수식 (5) 로 정의된다. 여기서,  $L_i$  : i 번째의 각도에 대응하는 확산 광 강도라고 하면,  $i = 1$  일 때에  $L_1$  : 원하는 각도 범위 (AngA) 에 있어서의 부의 최대치 (=  $-AngA/2$ ) 가 되고,  $i = n$  일 때에  $L_n$  : 원하는 각도 범위 (AngA) 에 있어서의 정의 최대치 (=  $+AngA/2$ ) 가 된다.

**수학식 1**

$$L_{ave} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} L_i \quad (5)$$

[0102]

[0103] 원하는 각도 범위 (AngA) 의 광 강도의 가산 평균  $L_{ave}$  에 대한 90 % 의 상대 강도  $L_{ave}'$  는, 하기의 수식 (6) 으로 정의된다.

[0104]  $L_{ave}' = 0.9 \times L_{ave} \quad (6)$

[0105] 도 6 에 나타내는 바와 같이, 확산판 (10) 에 있어서의 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 (AngB) 는, 원하는 각도 범위 (AngA) 의 확산 광 강도의 가산 평균  $L_{ave}$  에 대하여 90 % 의 상대 강도  $L_{ave}'$  가 되는 확산 각도 중, 정측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도와, 부측에서 절대치가 최대가 되는 확산 각도의 차로 한다.

[0106] (선택한 샘플 확산판의 마이크로 렌즈 세트를 조합한 마이크로 렌즈 어레이를 설계하는 공정)

[0107] 도 35 에 나타내는 바와 같이, ST400 공정 다음으로, 복수 종류의 샘플 확산판 각각의 평가 결과에 기초하여, 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트를 조합한 마이크로 렌즈 어레이를 설계한다 (ST500). ST500 공정에서는, 확산판 (10) 의 확산 광 강도의 각도 분포를 개선하기 위해서, 상기 서술한 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트를 구성하는 마이크로 렌즈 (31) 를 복수 종류 조합하여 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이를 설계한다. 도 38 을 사용하여, ST500 공정에 대하여 상세하게 설명한다.

[0108] 도 38 에 나타내는 바와 같이, 먼저, 복수 종류의 마이크로 렌즈 세트로부터, 마이크로 렌즈 어레이에 사용하는

마이크로 렌즈 (31) 의 형상의 종류를 선택한다 (ST510). 여기서, ST400 공정에 있어서의 복수 종류의 샘플 확산판의 평가 결과를 보고 비교하여, 2 종류 이상의 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를 가산 평균했을 때의 강도 불균일이, 단독의 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포의 강도 불균일보다 개선되는 조합을 선택한다. 그리고, 선택된 샘플 확산판의 마이크로 렌즈 (31) 의 형상을 마이크로 렌즈 어레이의 설계에 사용한다. 이 때, 각각의 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포의 평가 결과에 기초하여, 원하는 각도 범위 (AngA) 에 있어서의 확산 광 강도의 산과 골의 위치가 상쇄되는 조합을 선택한다.

[0109] 여기서, 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포의 강도 불균일, 요컨대, 본 실시형태에 있어서의 휘도 불균일을 이하와 같이 정량적으로 정의한다.

[0110] 어느 1 종류의 마이크로 렌즈 세트를 갖는 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포에 대하여 생각한다. 원하는 각도 범위 (AngA) 의 확산 광 강도의 가산 평균 ( $L_{ave}$ ) 을 1 로 했을 때, 휘도 불균일은, 원하는 각도 범위 내에 있어서의 확산 광 강도의 상대 강도의 표준 편차라고 정의된다. 즉, 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 은, 하기의 수식 (7) 로 정의된다. 여기서,  $L_i/L_{ave}$  : 확산 광 강도의 상대 강도로 한다.

수학식 2

$$L_{STD} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{L_i}{L_{ave}} \right)^2} \quad (7)$$

[0111]

[0112] 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈 (31) 를 조합한 마이크로 렌즈 어레이의 설계에 있어서는, 모든 마이크로 렌즈 (31) 의 피치 및 저면 형상이 동일한 것이, 설계를 간편하게 할 수 있기 때문에 바람직하다. 이 경우, 마이크로 렌즈 (31) 형상을 정의하는 기본 요소 중, 곡률 또는 렌즈의 높이 (h) (오목 렌즈의 경우에는 깊이 (d)) 가 상이한 마이크로 렌즈 (31) 를 조합하는 것이 바람직하다.

[0113] 도 38 에 나타내는 바와 같이, ST510 공정 다음으로, ST510 공정에서 선택된 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈 (31) 를 기준면 (S1) 에 배열한다 (ST520). 선택한 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈 (31) 를 평면 (기준면 (S1)) 내에 배열할 때의 배열 방법은, 랜덤으로 마이크로 렌즈 (31) 의 렌즈 형상을 선택하여 배열해도 되고, 배치하는 위치에 대하여 일정한 규칙에 따라 마이크로 렌즈 (31) 의 종류를 선택하여 배열해도 된다.

[0114] 마이크로 렌즈 (31) 를 배치하는 위치에 대하여, 마이크로 렌즈 (31) 의 종류를 일정한 규칙에 따라 선택하여, 선택된 마이크로 렌즈 (31) 를 기준면 (S1) 상의 미리 정해진 위치에 각각 배열하는 것이 바람직하다. 이 경우, 예를 들어, 배열하는 마이크로 렌즈 (31) 의 저면의 중심 좌표 (x, y) 를 대표점으로 하여, 대수 함수, 초등 함수, 또는, 그들의 합성 함수인 함수  $U_{x, y}$  의 값에 따라, 복수 종류 중에서 일 종류의 마이크로 렌즈 (31) 를 선택할 수 있다.

[0115] 여기서, 대수 함수란 유리 함수 및 무리 함수이다. 초등 함수란, 복소수를 변수로 하는 다항식 함수, 지수 함수, 또는, 대수 함수 주값의 사칙 연산 및 합성에 의해 표시할 수 있는 함수이다. 삼각 함수나 쌍곡선 함수, 그리고 양자의 역함수 주값도 초등 함수에 포함된다. 또한, 그들의 합성 함수란, 대수 함수 및 초등 함수에 포함되는 함수 중, 적어도 2 개의 함수를 사칙 연산에 의해 조합한 함수이다. 또한, 마이크로 렌즈 (31) 의 선택 및 배열시에는, x 좌표 및 y 좌표를 합성한 값을 독립 변수로 하는 함수  $U_{x, y}$  대신에, x 방향 및 y 방향 마다 상이한 함수  $U_x$  및  $U_y$  를 사용하여, 마이크로 렌즈 (31) 를 선택해도 된다.

[0116] 예를 들어, 각각 확산 광 강도의 각도 분포가 상이한 마이크로 렌즈 (31) 를 3 종류 (A1, A2, A3) 선택하여 마이크로 렌즈 어레이를 만드는 경우, 하기의 수식 (8) 의 함수  $U_{x, y}$  를 사용하여,  $U_{x, y}$  의 값이 -1 ~ -0.33 이 되는 좌표 (x, y) 에서는 마이크로 렌즈 A1 을, -0.33 ~ 0.33 이 되는 좌표 (x, y) 에서는 마이크로 렌즈 A2 를, 0.33 ~ 1.00 이 되는 좌표 (x, y) 에서는 마이크로 렌즈 A3 을 각각 선택하여 배열한다. 여기서, 하기의 수식 (8) 에 있어서, p1, p2, p3, Xb1, Yb1 은 각각 정수이고, (x, y) 는 마이크로 렌즈의 저면의 중심 좌표이다.

수학식 3

$$U_{x,y} = c \circ s \left( p_1 \sqrt{p_2 \times (x - X_{b1})^2 + p_3 (y - Y_{b1})^2} \right) \quad (8)$$

[0117]

[0118]

도 38 에 나타내는 바와 같이, ST520 공정 다음으로, ST520 공정에서 배치된 2 종류 이상의 마이크로 렌즈 (31) 와 기준면 (S1) 사이에 인상부 (41) 를 삽입한다 (ST530). 각 마이크로 렌즈 (31) 에 있어서의 인상부 (41) 의 높이  $H_{x,y}$  또는 깊이  $D_{x,y}$  는, 미리 정한 최대 높낮이차  $\Delta H$  또는  $\Delta D$  의 범위 내에서, 랜덤 혹은 규칙적으로 변화한다. 이에 의해, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 에 위상차를 부여할 수 있다. 예를 들어, 복수의 마이크로 렌즈 (31) 의 위상차를 규칙적으로 변화시키는 경우, 마이크로 렌즈 (31) 를 배열하는 좌표를 독립 변수로 하는 대수 함수, 초등 함수, 또는, 그들의 합성 함수에 따라, 인상부 (41) 의 높이  $H_{x,y}$  또는 깊이  $D_{x,y}$  를 변화시킨다. 이에 의해, 회절·간섭으로 발생하는 이른바 회절 스폿에 의한 휘도 불균일을 간편하게 억제할 수 있다.

[0119]

구체적으로는, 먼저, 기준면 (S1) 에 x 축과 y 축으로 이루어지는 좌표 (x, y) 를 설정하고, 컴퓨터에 (x, y) 에 대한  $H_{x,y}$  또는  $D_{x,y}$  를 계산시키면 된다. 각 마이크로 렌즈 (31) 의 인상부 (41) 의 높이  $H_{x,y}$  또는 깊이  $D_{x,y}$  를 결정하는 함수로는, 대수 함수, 초등 함수, 또는, 그들의 합성 함수에서 적절히 선택하면 된다. 이 때, x 방향 및 y 방향 마다 상이한 함수에  $H_x, H_y, D_x, D_y$  를 선택해도 되고, x 좌표 및 y 좌표를 합성한 값을 독립 변수로 하는 함수  $H_{x,y}, D_{x,y}$  를 선택해도 된다.

[0120]

예를 들어, 마이크로 렌즈 (31) 저면의 중심 좌표 (x, y) 를 대표점으로 하고, 마이크로 렌즈 (31) 의  $H_{x,y}$  또는  $D_{x,y}$  를 하기의 수식 (9) 나 수식 (10) 으로 정의함으로써, 각 좌표에서의  $H_{x,y}$  및  $D_{x,y}$  를 결정할 수 있다 (도 1 및 도 2 참조). 여기서,  $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, X_{a1}, Y_{a1}, X_{a2}, Y_{a2}$  를 정수로 하고, (x, y) 를 마이크로 렌즈 (31) 의 저면의 중심 좌표로 한다.

수학식 4

$$H_{x,y}(D_{x,y}) = a_1 \times \sin \left( b_1 \sqrt{(x - X_{a1})^2 + (y - Y_{a1})^2 + c} \right) + d \quad (9)$$

[0121]

수학식 5

$$H_{x,y}(D_{x,y}) = a_1 \times \sin \left( b_1 \sqrt{(x - X_{a1})^2 + (y - Y_{a1})^2 + c} \right) + a_2 \times \sin \left( b_2 \sqrt{(x - X_{a2})^2 + (y - Y_{a2})^2 + c_2} \right) + d \quad (10)$$

[0122]

[0123]

또한, 최대 높낮이차  $\Delta H$  또는  $\Delta D$  를 변화시키기 위해서, 인상부 (41) 를 삽입할 뿐만 아니라, 함수  $H_{x,y}$  또는  $D_{x,y}$  에 따라 두께가 가변한 기판을 평판상의 기판 대신에 사용해도 되고, 두께가 가변한 기판을 인상부 (41) 와 조합하여 사용해도 된다.

[0124]

이상과 같이 하여 설계한, 본 실시형태에 있어서의 2 종류 이상의 형상의 마이크로 렌즈 (31) 의 조합으로 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이가, 적어도 이하의 (가) ~ (다) 의 조건을 만족하도록 설계되어 있는지를 확인한다.

[0125]

(가) 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈 (31) 의 조합으로 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이의 휘도 불

균일 ( $L_{STD}$ ) 이, 1 종류의 마이크로 렌즈 세트에 이루어지는 각 샘플 확산판으로 실측한 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 보다 작다.

[0126] (나) 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈 (31) 의 조합으로 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이의 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 이,  $9.00 \times 10^{-2}$  이하이다.

[0127] (다) 2 종류 이상의 형상의 마이크로 렌즈 (31) 의 조합으로 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이에 있어서의, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 (AngB) 는, 하기의 수식 (11) 을 만족한다.

$$[0128] \quad 0.9 \times \text{AngA} (\text{도}) \leq \text{AngB} (\text{도}) \leq 1.1 \times \text{AngA} (\text{도}) \quad (11)$$

[0129] 조건 (가) 는, 2 종류 이상의 렌즈 형상의 마이크로 렌즈 (31) 를 조합함으로써 휘도 불균일이 개선되어 있는 것을 나타낸다. 조건 (나) 는 본 실시형태에 관련된 확산판 (10) 에 있어서의 휘도 불균일의 목표치이고, 2 종류 이상의 형상의 마이크로 렌즈 (31) 의 조합으로 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이의 휘도 불균일  $L_{STD}$  는,  $9.00 \times 10^{-2}$  이하인 것이 바람직하고,  $7.00 \times 10^{-2}$  이하인 것이 보다 바람직하다.

[0130] 또한, 본 실시형태에서는, 원하는 각도 범위에 있어서 휘도 불균일이 적은 확산판 (10) 을 얻는 것을 목적으로 하고 있다. 그 때문에, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 (AngB) 가 원하는 각도 범위 (AngA) 로부터 크게 벗어나면, 제품으로서 바람직하지 않다. 따라서, 본 실시형태에서는 조건 (다) 를 만족하는 것을 기준으로 하고 있다. 상기 서술한 조건 (가) ~ (다) 중, 적어도 1 개 이상이 만족하고 있지 않으면 설계를 다시 하고, 모두 만족되면 다음 공정으로 옮긴다.

[0131] 도 35 에 나타내는 바와 같이, ST500 공정 다음으로, 마이크로 렌즈 어레이에 대응하는 형상을 갖는 확산 패턴 금형을 제조한다 (ST600). 상기 서술한 샘플 금형 제조 공정 (ST200) 과 동일한 마스크리스 포토리소그래피에 의해, ST500 공정에서 설계한 2 종류 이상의 형상의 마이크로 렌즈 (31) 의 조합으로 이루어지는 마이크로 렌즈 어레이에 대응하는 형상의 확산 패턴 금형을 제조한다.

[0132] 다음으로, ST600 공정에서 제조된 확산 패턴 금형을 사용하여 수지에 확산 패턴을 전사한다 (ST700). 이에 의해, 설계시에 확인한 원하는 각도 범위에서 확산 광 강도가 대략 일정해지는 확산판 (10) 이 제조된다.

[0133] 블록 렌즈의 마이크로 렌즈 어레이 부재를 얻는 데에는, 전주 공정으로 얻어진 블록 렌즈 형상의 스탬퍼를 형으로 하여 복제 전주를 실시하여, 오목 렌즈의 마이크로 렌즈 어레이 형상이 형성된 스탬퍼를 제작하고, 이 스탬퍼를 사용하여 수지를 열 프레스 성형하면 된다. 마스크리스 리소그래피의 노광 공정에서, 블록 렌즈에 따른 노광 파워의 변조에 의해 레지스트를 노광하는 방법을 사용해도 되지만, 전주 공정에서 스탬퍼를 복제 전주하는 상기 방법이 보다 간편하다.

[0134] 반사형 확산판을 제조하는 경우에는, 예를 들어, 마이크로 렌즈 어레이가 형성된 수지 부재의 표면에 알루미늄 반사막을 진공 증착시키면 된다. 이에 의해, 입사광을 알루미늄면에서 반사시킬 수 있다. 또한, 마이크로 렌즈 어레이가 기판의 편면에만 형성되어 있고, 마이크로 렌즈 어레이면에 알루미늄 반사막이 형성되어 있는 구성으로 해도 된다. 이 경우, 기판의 평면측으로부터 광을 입사시키고, 마이크로 렌즈 어레이면의 알루미늄 반사막으로 광을 반사시킨다.

[0135] 한편, 마이크로 렌즈 어레이면이 아니라 평면측에 알루미늄 반사막이 형성되어 있는 구성이어도 된다. 반사막을 형성하지 않는 마이크로 렌즈 어레이면으로부터 입광하여, 반사막을 형성한 평면측에서 반사시키는 구성으로도 확산판으로서 이용할 수 있다. 또한, 양면에 마이크로 렌즈 어레이를 성형한 기판에 있어서, 입사측의 반사막의 막 두께를 조정하여 하프 미러로 하고, 이면측은 반사율을 대략 100 % 로 하는 구성으로 함으로써, 표리 양면의 2 개의 마이크로 렌즈 어레이에 의한 확산판으로 하는 것도 가능하다. 또한, 필요하면 알루미늄 반사막을 보호하기 위해서 보호층을 코트해도 된다.

[0136] 실시에

[0137] (샘플 확산판을 사용한 예비 실험)

[0138] 원하는 각도 범위 (AngA) 를 14 도로 한 본 실시형태에 관련된 투과형의 확산판 (10) 의 실시예를 이하에 서술한다. 4 종류의 샘플 확산판을 상기 서술한 공정에 따라 먼저 제조하였다. 4 종류의 샘플 확산판의 마이크로 렌즈 세트는 각각, x 방향 및 y 방향의 곡률 반경이 상이한 토로이달 렌즈의 형상을 갖는 단일의 마이크로 렌즈 (31) 에 의해 구성된다. 4 종류의 샘플 확산판의 복수의 마이크로 렌즈 (31) 모두에 대하여, x 방

향의 피치를  $P_x = 22 \mu\text{m}$ , y 방향의 피치를  $P_y = 22 \mu\text{m}$  로 하고, 마이크로 렌즈 (31) 의 저면을 정방형으로 하였다.

- [0139] 마이크로 렌즈 (31) 로서, 형상이 상이한 마이크로 렌즈 A, B, C, D 를 사용하였다. 곡률 반경은, 마이크로 렌즈 A 에서  $R_x = 39 \mu\text{m}$ ,  $R_y = 41 \mu\text{m}$ , 마이크로 렌즈 B 에서  $R_x = 42 \mu\text{m}$ ,  $R_y = 44 \mu\text{m}$ , 마이크로 렌즈 C 에서  $R_x = 35 \mu\text{m}$ ,  $R_y = 37 \mu\text{m}$ , 마이크로 렌즈 D 에서  $R_x = 32 \mu\text{m}$ ,  $R_y = 34 \mu\text{m}$  로 하였다. 여기서,  $R_x$  는 x 방향의 곡률 반경이고,  $R_y$  는 y 방향의 곡률 반경이다. 인상부 (41) 의 높이에 대해서는, 부재 굴절률  $n = 1.5$ , 사용 파장  $\lambda = 750 \text{ nm}$  로 했을 때에, 복수의 마이크로 렌즈의 최대 높낮이차  $\Delta H$  에 의해 발생하는 광로차가 1 파장이 되도록,  $1000 \times \Delta H \times (n - 1) \div \lambda = 1$  로부터,  $\Delta H = 1.5 \mu\text{m}$  로 하였다.
- [0140] 마이크로 렌즈 A, B, C, D 의 형상은 각각 상이하기 때문에, 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 개를 주면 상에 배열한 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포는, 각각 상이하다. 도 7 ~ 도 10 은, 마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류만이 주면 상에 배열된 4 종류의 상이한 샘플 확산판의, X 축 방향에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 각각 나타낸다. 도 7 ~ 도 10 에 있어서의 각 마이크로 렌즈의 수량비는, 도 7 에서  $A : B : C : D = 1 : 0 : 0 : 0$ , 도 8 에서  $A : B : C : D = 0 : 1 : 0 : 0$ , 도 9 에서  $A : B : C : D = 0 : 0 : 1 : 0$ , 도 10 에서  $A : B : C : D = 0 : 0 : 0 : 1$  이다.
- [0141] 즉, 도 7 은 마이크로 렌즈 A 의 마이크로 렌즈 세트를 갖는 샘플 확산판, 도 8 은 마이크로 렌즈 B 의 마이크로 렌즈 세트를 갖는 샘플 확산판, 도 9 는 마이크로 렌즈 C 의 마이크로 렌즈 세트를 갖는 샘플 확산판, 도 10 은 마이크로 렌즈 D 의 마이크로 렌즈 세트를 갖는 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포의 실측치를 각각 나타낸다.
- [0142] 또한, 각 샘플 확산판의 X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포는, 각 샘플 확산판에 대하여 각각 촬영된 He-Ne 레이저 확산 이미지 사진으로부터 구한다. He-Ne 레이저 확산 이미지 사진 상의  $y = 0.5$  도 내지  $y = -0.5$  도의 범위에 있어서, 확산각  $x$  (도) 에 있어서의 확산 광 강도를 산출한다. 확산각  $x$  에 대하여, 0.1 도씩  $x$  를 변화시키면서 확산 광 강도를 산출한다.
- [0143] 즉,  $x = 0.1 \times n'$  도 ( $n'$  : 임의의 정수) 에 있어서의  $y = -0.5, -0.4, -0.3, -0.2, -0.1, 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  도의 11 점의 확산 광 강도치의 가산 평균치를,  $x = 0.1 \times n'$  도에 있어서의 확산 광 강도로 한다.  $x = -20$  도 ~ 20 도의 범위에서 확산 광 강도를 산출하고, X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포로 하였다. 본 발명에 있어서의 확산 광 강도의 각도 분포의 프로파일의 산출 방법은, 상기 서술한 방법에 한정되는 것은 아니다.
- [0144] 상기 서술한 바와 같이 하여 얻어진 4 종류의 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포를, 마이크로 렌즈 A ~ D 의 수량비로 가산 평균함으로써, 도 11 ~ 도 15 를 얻었다. 도 11 ~ 도 15 에 있어서의 마이크로 렌즈 A ~ D 의 수량비는, 도 11 에서  $A : B : C : D = 0 : 1 : 1 : 0$ , 도 12 에서  $A : B : C : D = 0 : 1 : 1 : 1$ , 도 13 에서  $A : B : C : D = 0 : 1 : 3 : 2$ , 도 14 에서  $A : B : C : D = 1 : 0 : 1 : 1$ , 도 15 에서  $A : B : C : D = 1 : 1 : 1 : 1$  로 하였다.
- [0145] 또한, 표 1 에, 마이크로 렌즈 A, B, C, D 의 개수의 비를 변화시켰을 때의, 휘도 불균일  $L_{STD}$  와, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 (AngB) 와, 대응하는 확산 광 강도의 각도 분포도를 나타냈다.

표 1

사용 마이크로 렌즈 A:B:C:D	휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) [a. u]	확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 ( $AngB$ ) [도]	대응하는 도면
1:0:0:0	$13.3 \times 10^{-2}$	13.7	도 7
0:1:0:0	$14.6 \times 10^{-2}$	11.7	도 8
0:0:1:0	$14.8 \times 10^{-2}$	14.8	도 9
0:0:0:1	$19.7 \times 10^{-2}$	17.7	도 10
0:1:1:0	$8.17 \times 10^{-2}$	14.1	도 11
0:1:1:1	$6.81 \times 10^{-2}$	14.3	도 12
0:1:3:2	$10.3 \times 10^{-2}$	14.7	도 13
1:0:1:1	$8.97 \times 10^{-2}$	14.5	도 14
1:1:1:1	$7.12 \times 10^{-2}$	14.3	도 15

[0146]

[0147]

마이크로 렌즈 A, B, C, D 중 1 종류의 형상만으로 이루어지는 각 샘플 확산판의 확산 광 강도의 각도 분포 (도 7 ~ 도 10) 와 비교하여, 2 종류 이상의 마이크로 렌즈를 특정한 수량비로 선택하여 가산 평균한 확산 광 강도의 각도 분포 (도 11 ~ 도 15) 가, 회절·간섭에서 기인하는 강도 불균일 (휘도 불균일) 이 작은 것을 알 수 있다 (표 1 중의  $L_{STD}$ ).

[0148]

또한, 표 1 에 나타내는 바와 같이, 도 11 ~ 도 15 에 대응하는 확산판의 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 ( $AngB$ ) 는,  $12.6^\circ \leq AngB \leq 15.4^\circ$  의 범위를 만족하고 있다. 여기서, 원하는 각도 범위 ( $AngA$ ) 가  $14^\circ$  일 때에,  $AngA$  의 +10 % 의 각도가  $15.4^\circ$  이고,  $AngA$  의 -10 % 의 각도가  $12.6^\circ$  이다. 1 종류의 형상의 마이크로 렌즈만으로 이루어지는 샘플 확산판의 확산 광 강도가 대략 일정한 확산 각도 ( $AngB$ ) 와 비교하여, 원하는 각도 범위 ( $AngA$ ) 의  $\pm 10\%$  이내로 제어되어 있다. 또한, 상세를 서술하고 있지 않지만, 마이크로 렌즈 A ~ D 의 수량비의 추가적인 적정화를 실시하면, 확산판의 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 ( $AngB$ ) 를 원하는 각도 범위 ( $AngA$ ) 에 보다 근접시킬 수 있다.

[0149]

[실시예 1 ~ 4]

[0150]

상기 서술한 예비 실험의 결과를 감안하여, 본 발명의 실시예 1 ~ 4 에서는, 가장 휘도 불균일 (표 1 의  $L_{STD}$ ) 이 작았던 A : B : C : D = 0 : 1 : 1 : 1 의 수량비로 마이크로 렌즈 A, B, C, D 를 선택하였다. 마이크로 렌즈 어레이에 있어서의 각 마이크로 렌즈의 선택 및 배열  $U_{x,y}$  를, 상기 서술한 바와 같이 랜덤 또는 수식 (8) 의 함수에 따라 결정하였다. 각 마이크로 렌즈의 인상부 (41) 의 높이  $H_{x,y}$  를 랜덤 또는 수식 (10) 의 함수에 따라 결정하였다.

[0151]

표 2 에, 실시예 1 ~ 4 및 비교예 1 ~ 3 에 있어서의 마이크로 렌즈 어레이의 설계 조건, 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ), 및 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 ( $AngB$ ) 의 계산치를 나타낸다.

표 2

	사용 마이크로 렌즈 A:B:C:D	렌즈 선택/배열 $U_{x,y}$	인상부의 높이 $H_{x,y}$	휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) [a. u]	확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위 (AngB) [도]
실시에 1	0:1:1:1	랜덤	랜덤	$6.75 \times 10^{-2}$	14.3
실시에 2	0:1:1:1	랜덤	수식 (10)	$7.36 \times 10^{-2}$	14.2
실시에 3	0:1:1:1	수식 (8)	랜덤	$6.09 \times 10^{-2}$	14.2
실시에 4	0:1:1:1	수식 (8)	수식 (10)	$7.38 \times 10^{-2}$	13.9
비교예 1	1:0:0:0	—	랜덤	$13.3 \times 10^{-2}$	13.7
비교예 2	0:0:0:1	—	랜덤	$19.7 \times 10^{-2}$	17.7
비교예 3	0:1:1:1	수식 (8)	일정치	$49.4 \times 10^{-2}$	21.5

[0152]

[0153]

비교예 1 에 있어서의 마이크로 렌즈 어레이에서는, 마이크로 렌즈 A 만을 사용하고, 인상부 (41) 의 높이  $H_{x,y}$  를 랜덤으로 결정하였다. 또한, 비교예 2 에 있어서의 마이크로 렌즈 어레이에서는, 마이크로 렌즈 D 만을 사용하고, 인상부 (41) 의 높이  $H_{x,y}$  를 랜덤으로 결정하였다. 비교예 3 에 있어서의 마이크로 렌즈 어레이에서는, 실시예 1 ~ 4 와 동일하게 마이크로 렌즈의 수량비를  $A : B : C : D = 0 : 1 : 1 : 1$  로 하였다. 그러나, 비교예 3 에 있어서의 마이크로 렌즈 어레이에서는, 인상부 (41) 의 높이는 전체 마이크로 렌즈에서 일정치이고, 각 마이크로 렌즈의 렌즈 형상의 선택 및 배열  $U_{x,y}$  를 수식 (8) 의 함수에 따라 결정하였다. 또한, 인상부 (41) 의 높이에 대해서는, 예비 실험과 동일하게 최대 높낮이차  $\Delta H = 1.5 \mu m$  로 하였다.

[0154]

표 2 로부터, 실시예 1 ~ 4 의 확산판 (10) 은 조건 (가) ~ (다) 를 모두 만족하였다.

[0155]

(가) 실시예 1 ~ 4 의 마이크로 렌즈 어레이의 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 은, 비교예 1 ~ 3 의 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 보다 작다.

[0156]

(나) 실시예 1 ~ 4 의 마이크로 렌즈 어레이의 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 은,  $9.00 \times 10^{-2}$  이하이다.

[0157]

(다) 실시예 1 ~ 4 의 마이크로 렌즈 어레이에 있어서의, 확산 광 강도가 대략 일정해지는 확산 각도 (AngB) 는, 원하는 각도 범위 (AngA) 의  $\pm 10\%$  이내이다. 즉,  $12.6^\circ \leq \text{AngB} \leq 15.4^\circ$  의 범위를 만족하고 있다.

[0158]

또한, 상세를 기재하고 있지 않지만, 마이크로 렌즈 A ~ D 의 수량비의 추가적인 적정화를 실시하면, 2 종류 이상의 형상의 마이크로 렌즈를 특정한 수량비로 선택하여 가산 평균한 마이크로 렌즈 어레이의 휘도 불균일 ( $L_{STD}$ ) 을 실시예 1 ~ 4 보다 작게 할 수도 있다.

[0159]

실시예 1 ~ 4 및 비교예 1 ~ 3 의 약  $350 \mu m \times$  약  $350 \mu m$  의 단위 영역의 마이크로 렌즈 어레이의 설계 결과를 도 16 ~ 도 22 에 나타낸다. 도 16 ~ 도 22 에 있어서는, 저면으로부터의 높이를 그레이 스케일로 나타내고, 저면으로부터의 높이가 높아질수록 밝은 색을 부여하고 있다. 이들 단위 영역을 복수 개 나열하여, 약  $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$  의 마이크로 렌즈 어레이 영역을 설계하였다.

[0160]

상기 서술한 마이크로 렌즈 어레이 영역의 설계 데이터를 이용하여, 진술한 마스크리스 리소그래피 공정, 전주 공정을 거쳐, 블록 렌즈에 의한 마이크로 렌즈 어레이가 형성된 스탬퍼를 얻었다. 이 스탬퍼를 사용하여, 열 프레스법 (가열  $150^\circ C$ , 압력  $0.9 \text{ MPa}$ , 가압 시간 300 초) 으로 두께  $1 \text{ mm}$  의 아크릴 시트에 마이크로 렌즈 어레이의 요철 패턴을 전사하였다. 성형은 이형 불량 등의 문제도 없이 실시할 수 있고, 마이크로 렌즈 어레이가 편면에 형성된 확산판을 얻을 수 있었다.

[0161]

실시예 1 ~ 4 및 비교예 1 ~ 3 의 확산판에 대하여, He-Ne 레이저 확산 이미지로부터 얻어진 X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포를 각각 도 23 ~ 도 26, 도 7, 도 10, 도 27 에 나타낸다. 도 23 ~ 도 26, 도 7, 도 10, 도 27 의 X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포는, 각 확산판에 대하여 He-Ne 레이저 확산 이미지 사진을 각각 촬영하고, 각 사진 상의  $y = 0 \pm 0.5$  도에 대응하는 각 확산각  $x$  (도) 에 있어서의 확산 광 강도를  $x = 0.1$  도씩 추출하고,  $x = 0.1 \times n'$  도 ( $n'$ : 임의의 정수) 에 있어서의  $y = -0.5, -0.4, -0.3, -0.2, -0.1,$

0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 도의 11 점의 확산 광 강도치의 가산 평균치를  $x = 0.1 \times n$  도에 있어서의 확산 광 강도로 한다.  $x = -20 \sim 20$  도까지의 확산 광 강도의 분포를, X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포로 하였다.

[0162] 종래 기술인 비교예 1 및 2 의 X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포 (도 7, 도 10) 에서는, -5 도 ~ +5 도 부근에 회절 스폿에서 기인하는 큰 휘도 변동이 관찰되어 있다. 또한, 비교예 3 의 X 축 방향의 확산 광 강도의 각도 분포 (도 27) 에서는 몇 도마다 주기적인 휘도 변동이 확인되어 있다. 한편, 실시예 1 ~ 4 의 확산판 (도 23 ~ 도 26) 에서는, 회절이 완화되고, 휘도 불균일이 개선되어 있는 것이 확인된다.

[0163] 실시예 1 ~ 4 및 비교예 1 ~ 3 의 확산판에 대하여, He-Ne 레이저 확산 이미지를 각각 도 28 ~ 도 34 에 나타낸다. 종래 기술에 의한 확산판 (도 32, 도 33) 에서는 큰 암선이 X, Y 방향으로 각각 2 개씩 확인되어, 회절에 의한 휘도 불균일이 발생해 있다. 또한, 백색 LED 의 광을, 마이크로 렌즈 어레이를 가지지 않는 면 측으로부터 약 4 cm 의 거리를 떨어트려 입사시켰을 때의 확산 이미지를 확인하면, 색 불균일도 확인되었다. 나아가 또한, 비교예 3 에서는, 확산 이미지 전체면에서 현저한 회절 스폿이 확인되어 있다 (도 34). 그러나, 본 발명에 관련된 확산판의 He-Ne 레이저 확산 이미지 (도 28 ~ 도 31) 에서는, 회절에 의한 휘도 불균일이 대폭 개선되어 있는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명에 관련된 확산판에 대한 백색 LED 로부터의 확산 이미지에서는 색 불균일의 저감이 확인되었다.

[0164] 본 발명에 의해, 원하는 각도 범위에서 확산 광 강도를 용이하게 대략 일정하게 함으로써, 1 장의 마이크로 렌즈 어레이에 의한 투과광 또는 반사광의 휘도 불균일을 개선한 확산판을 제공할 수 있다.

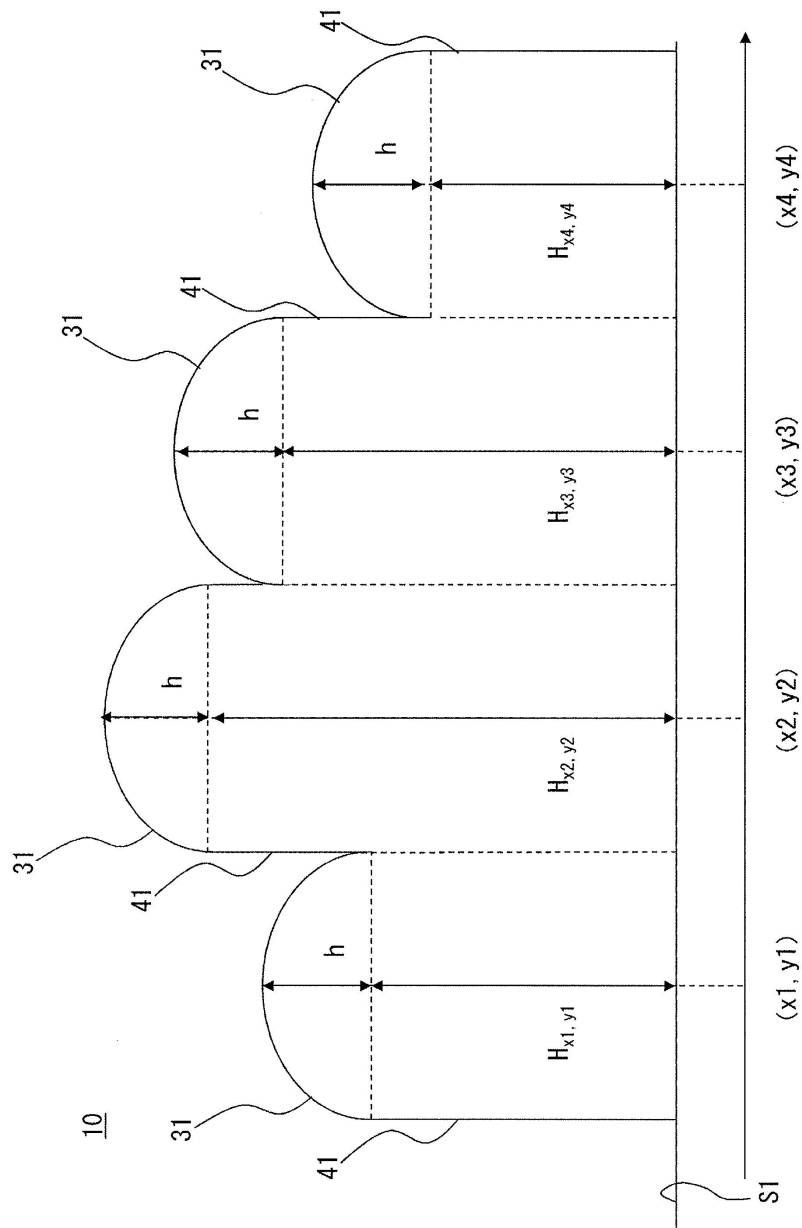
[0165] 또한, 본 발명은 상기 실시형태에 한정된 것이 아니고, 취지를 이탈하지 않는 범위에서 적절히 변경하는 것이 가능하다. 예를 들어, 상기 실시형태에 있어서, 마이크로 렌즈는 볼록 렌즈를 전체로 하여 설명되어 있지만, 오목 렌즈여도 동일하게 확산판으로서 기능한다. 또한, 상기 실시형태에 있어서, 투과형의 확산판을 전체로 하여 설명이 되어 있지만, 반사형의 확산에 대해서도 본 발명은 동일하게 성립된다. 반사형의 확산판에 있어서의 「마이크로 렌즈」 는, 요철 형상의 표면에 반사막을 형성한 것을 말한다.

[0166] 이 출원은, 2014년 9월 30일에 출원된 일본 특허출원 2014-201607 을 기초로 하는 우선권을 주장하고, 그 개시의 모두를 여기에 인용한다.

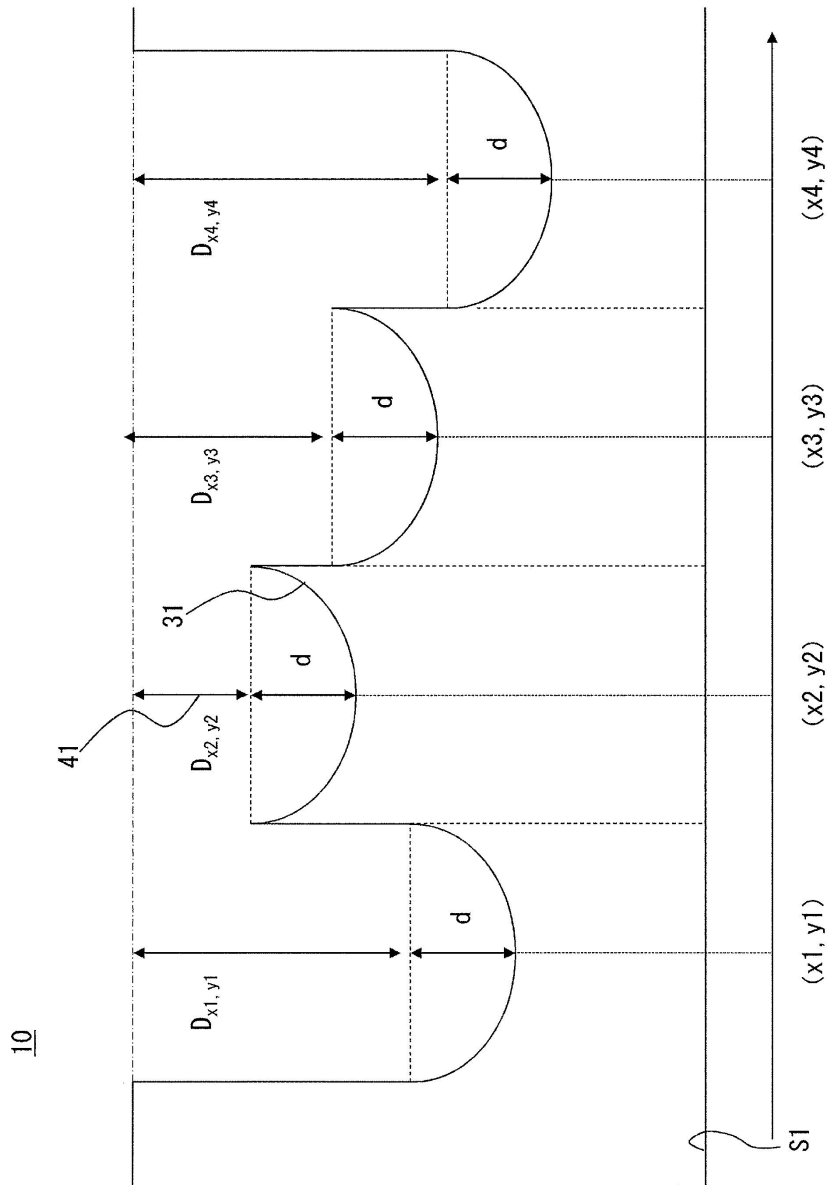
### 부호의 설명

- [0167] 10 확산판
- 31 마이크로 렌즈
- 41 인상부
- S1 기준면
- ΔH 볼록 형상의 복수의 마이크로 렌즈의 정점의 최대 높낮이차
- ΔD 오목 형상의 복수의 마이크로 렌즈의 저부의 최대 높낮이차
- AngA 원하는 각도 범위
- AngB 확산 광 강도가 대략 일정해지는 각도 범위
- $L_{ave}$  원하는 각도 범위의 광 강도의 가산 평균
- $L_{ave}'$  원하는 각도 범위의 광 강도의 가산 평균에 대하여 90 % 의 상대 강도

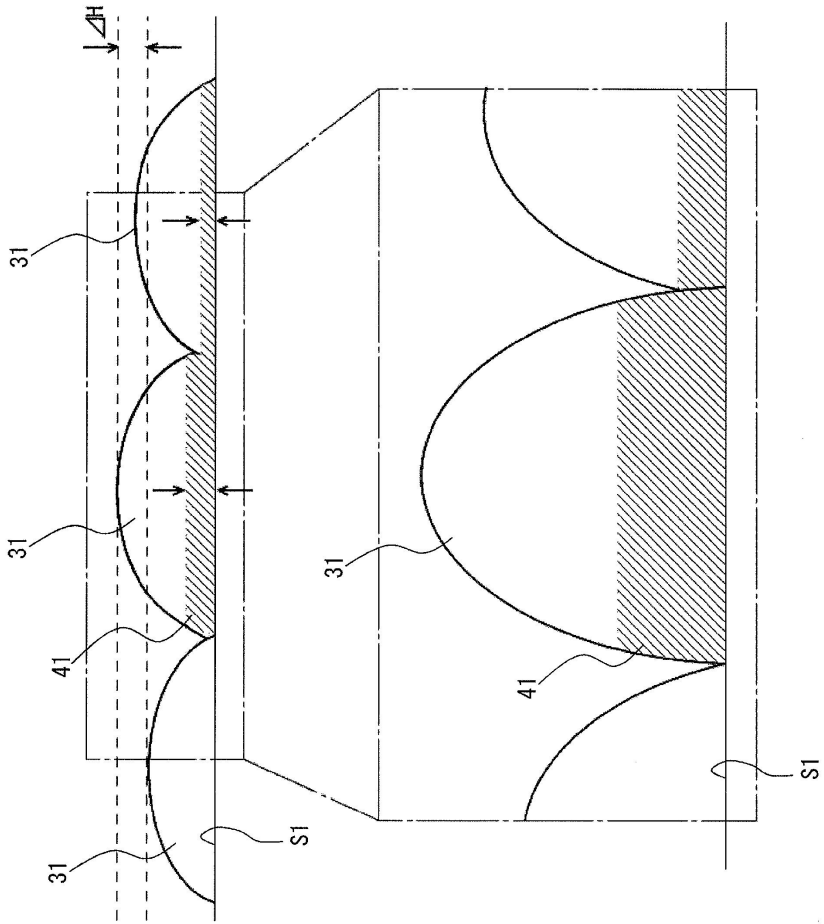
도면  
도면1



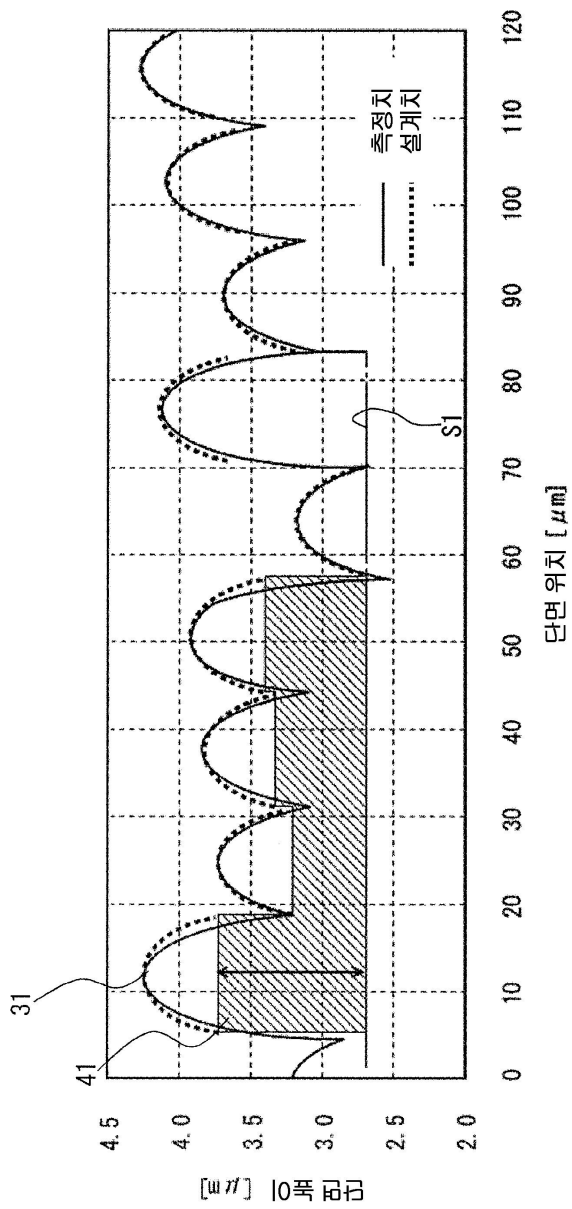
도면2



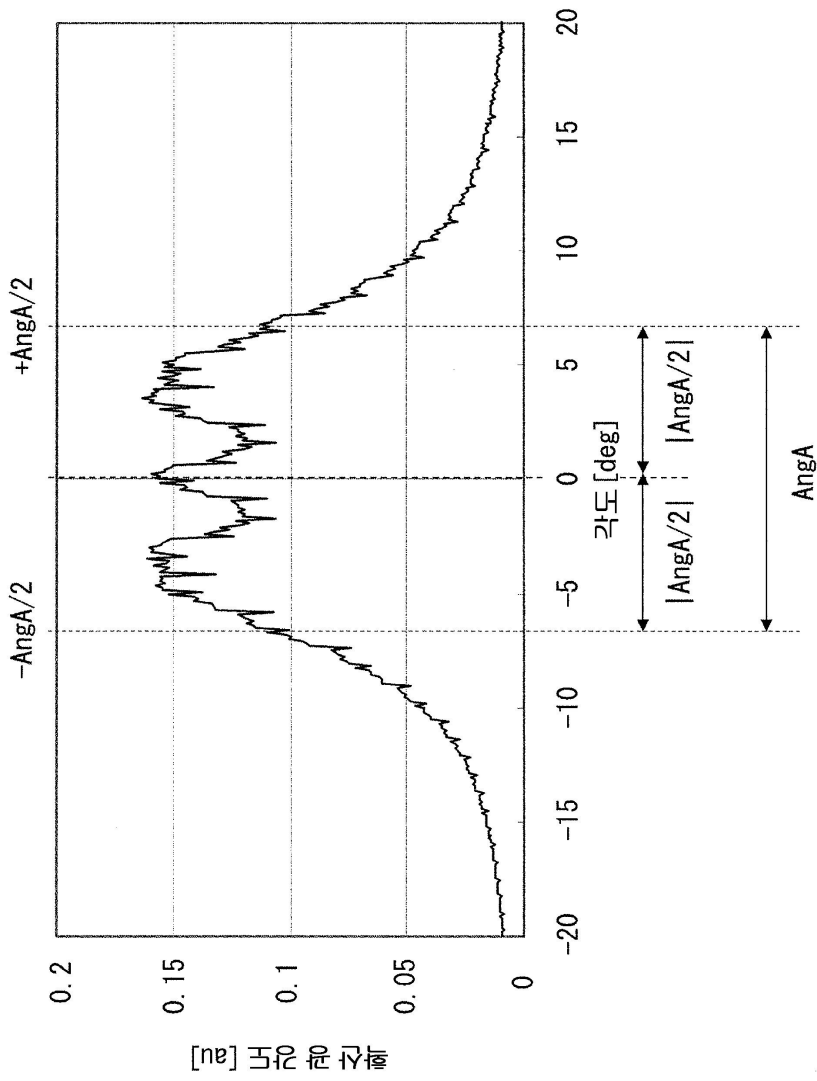
도면3



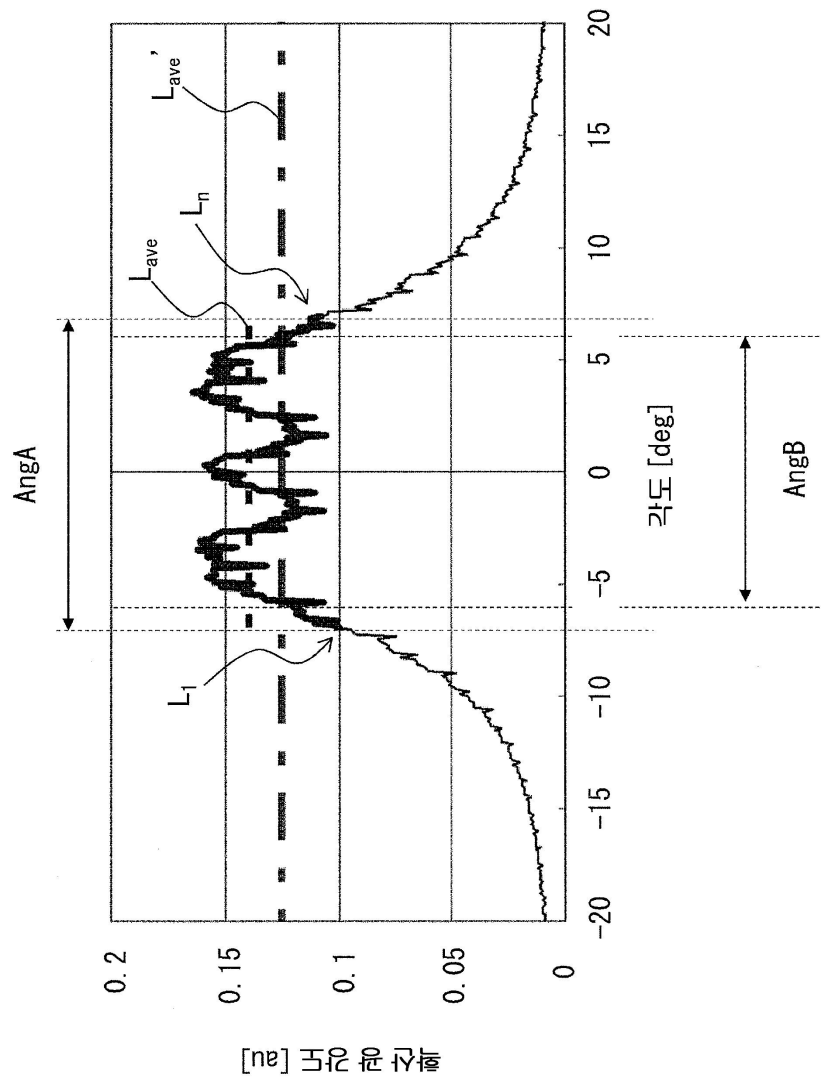
도면4



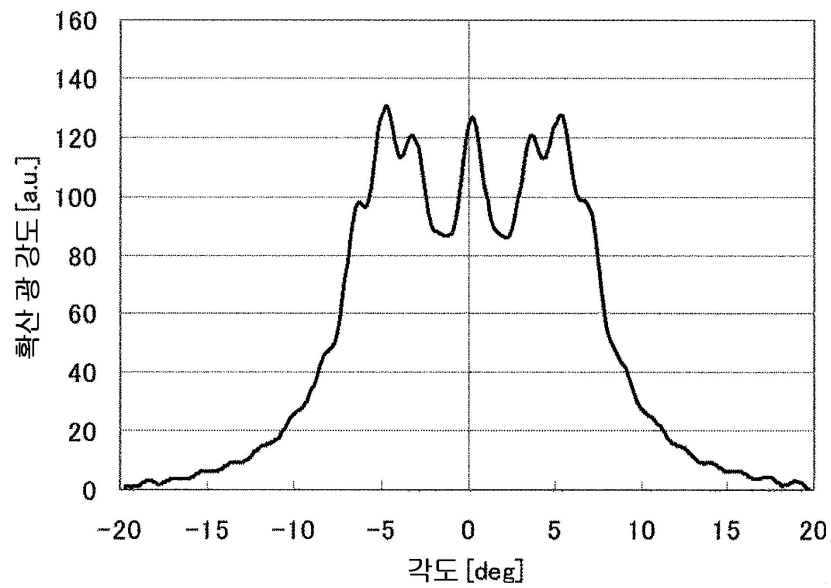
도면5



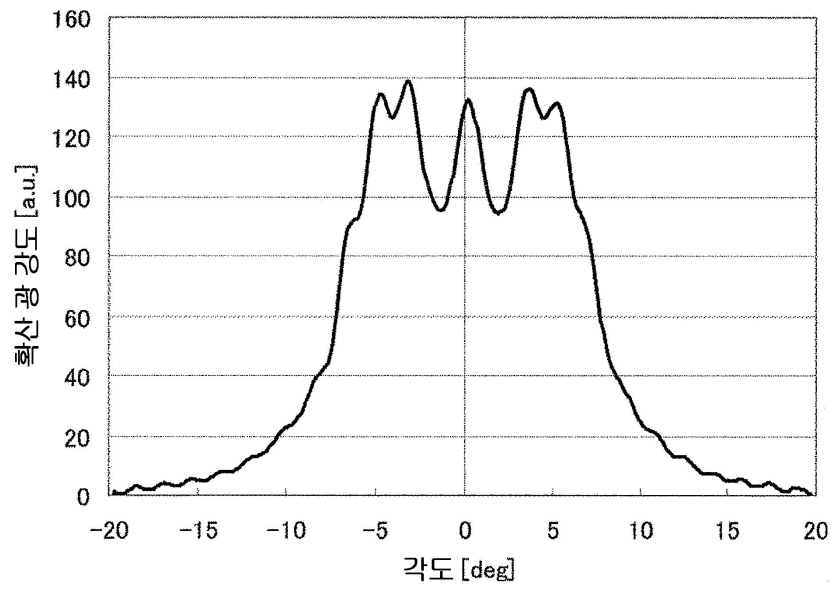
도면6



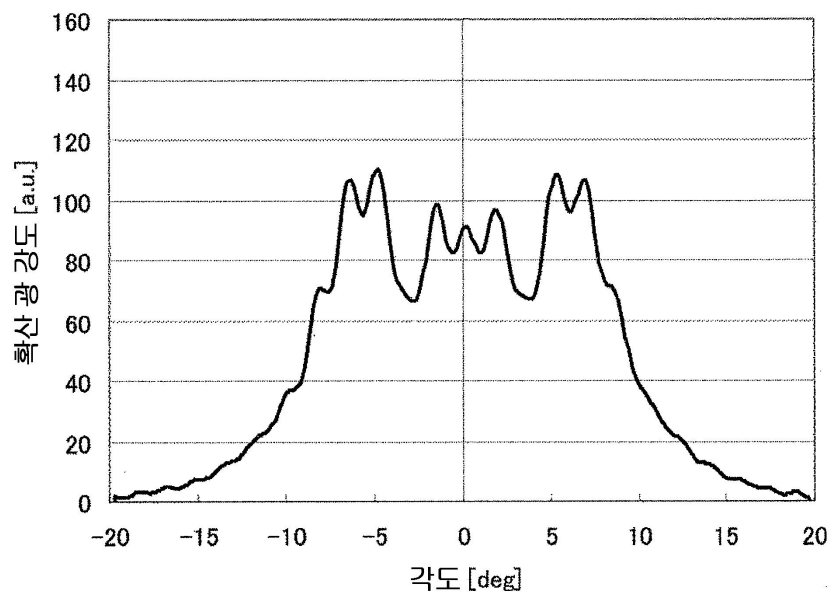
도면7



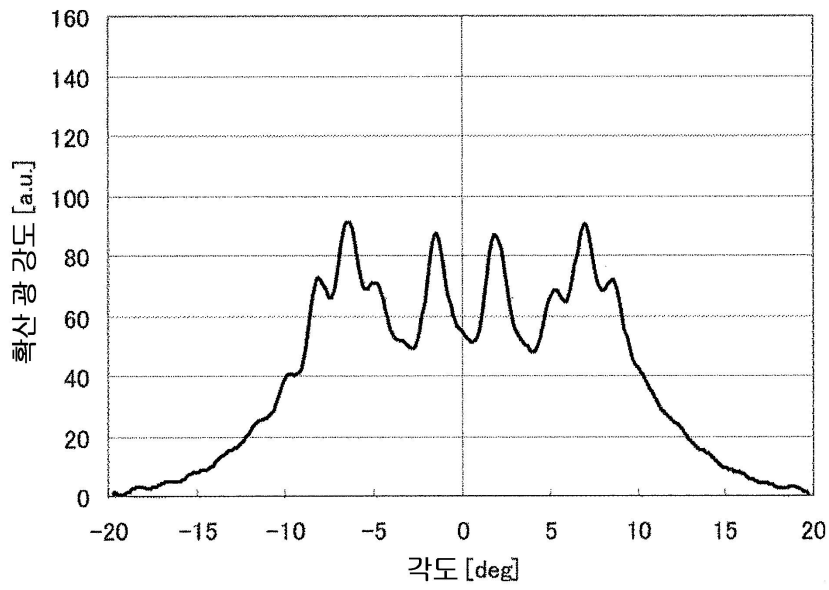
도면8



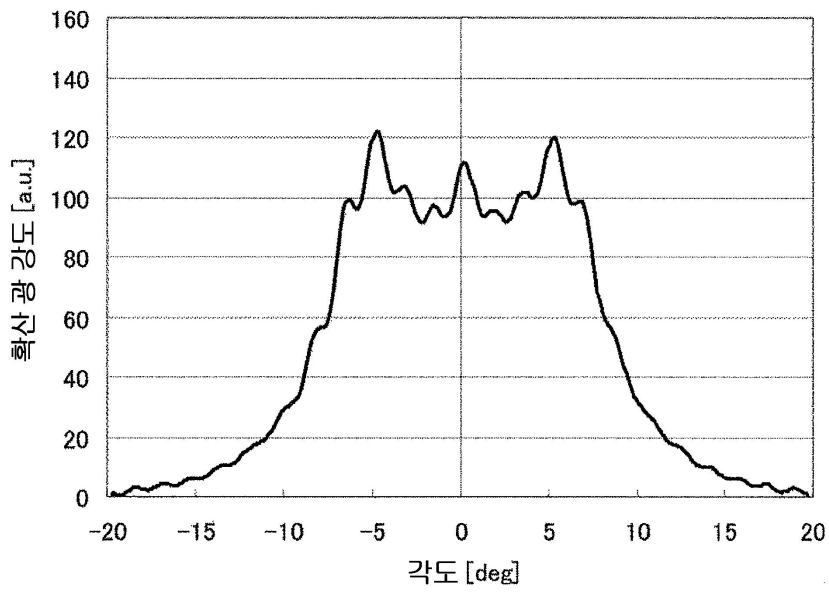
도면9



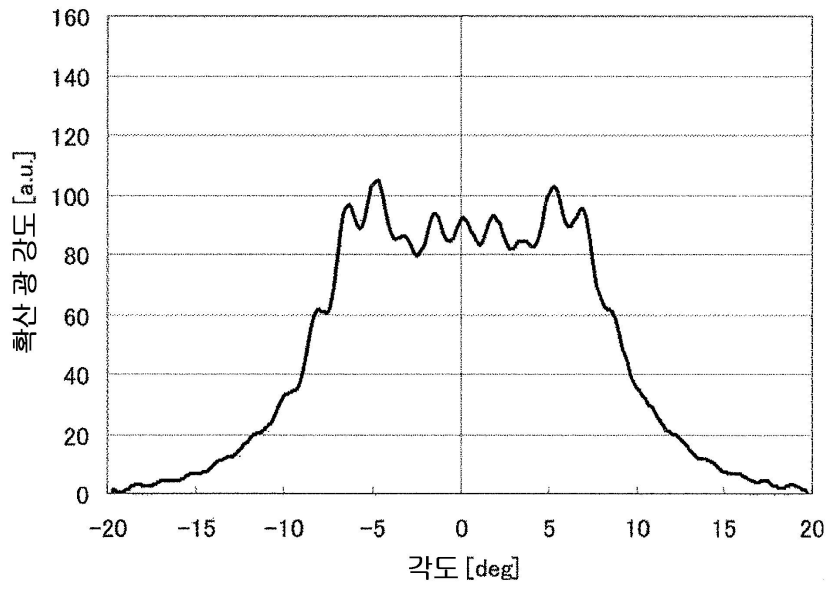
도면10



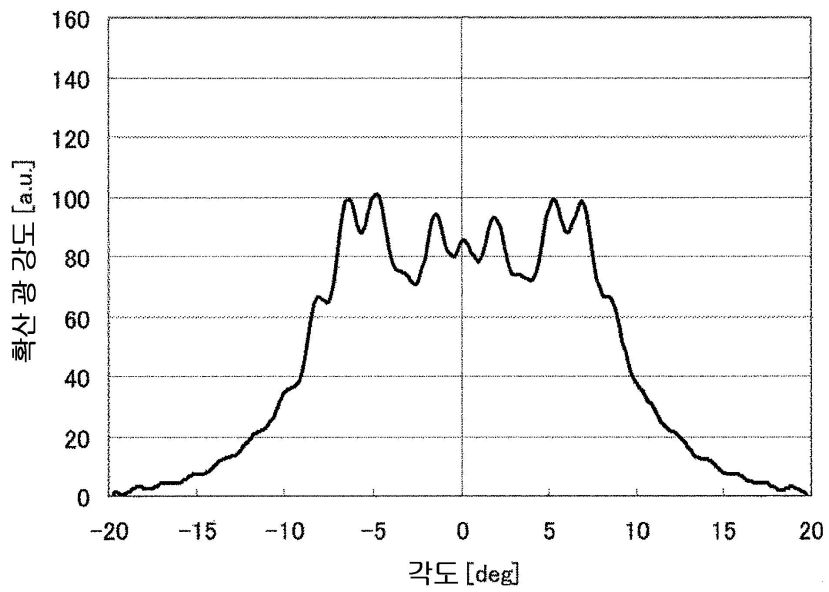
도면11



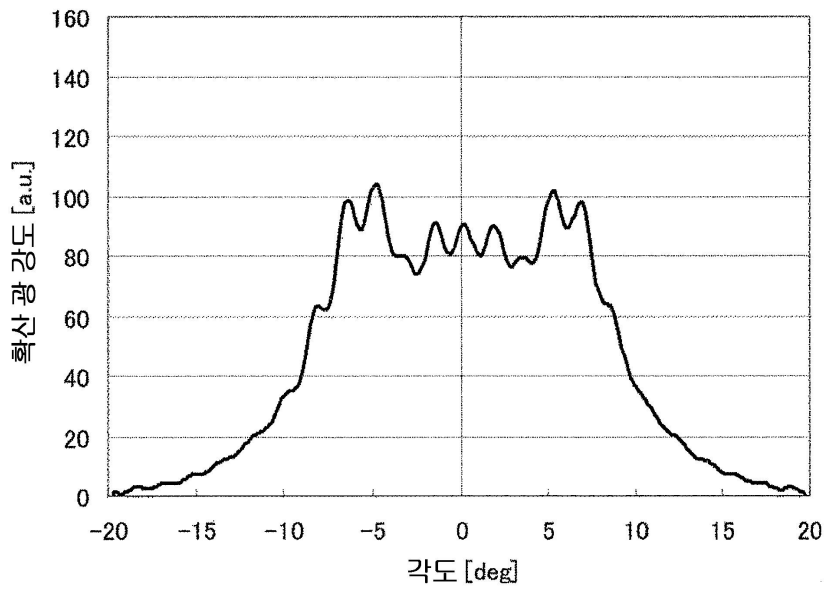
도면12



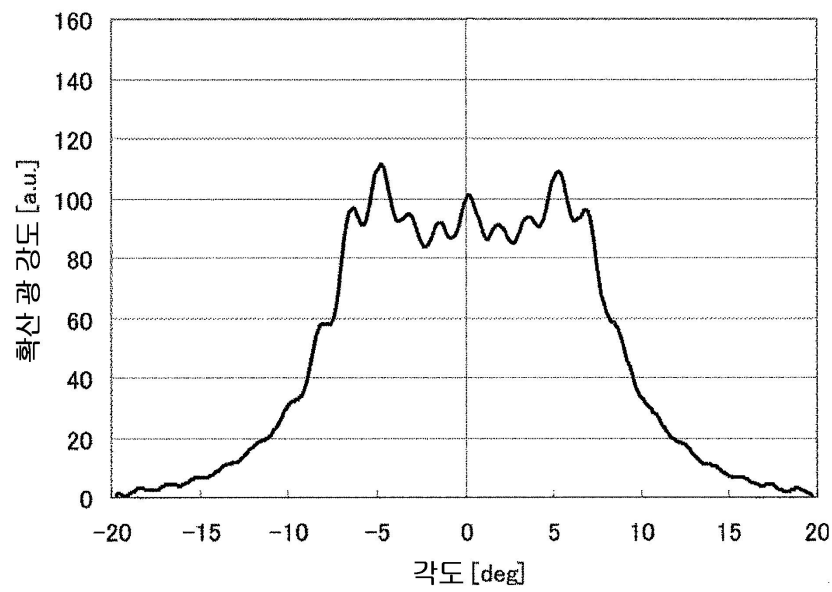
도면13



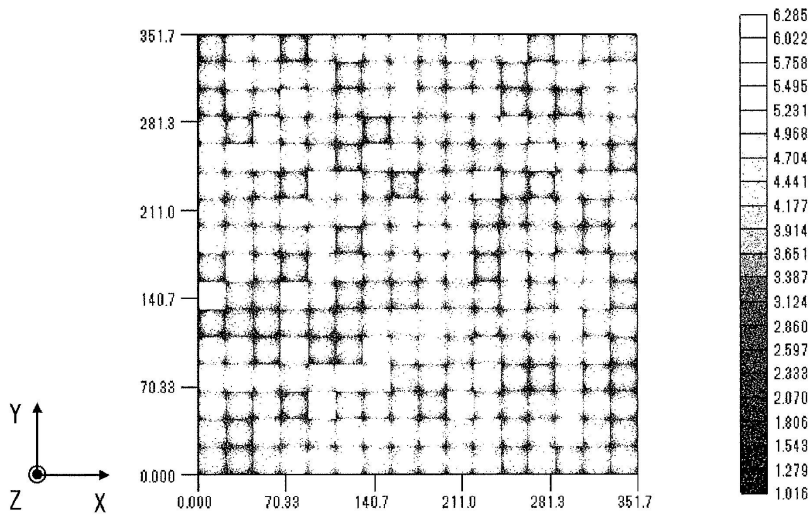
도면14



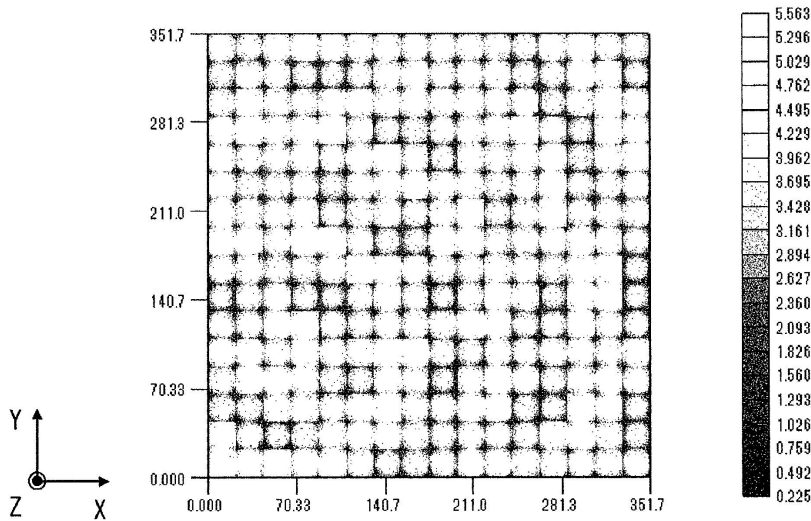
도면15



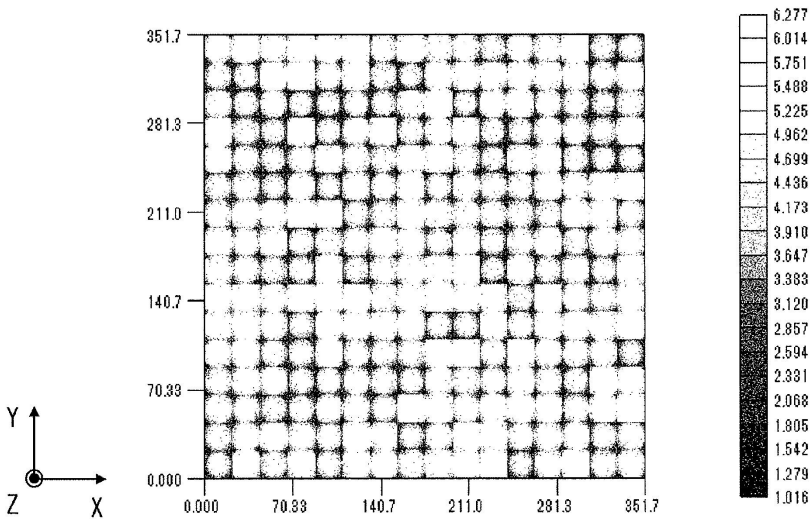
도면16



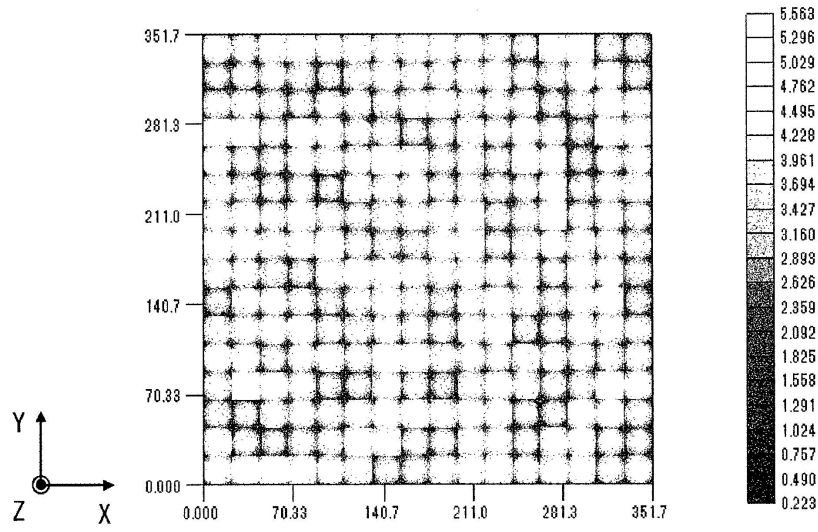
도면17



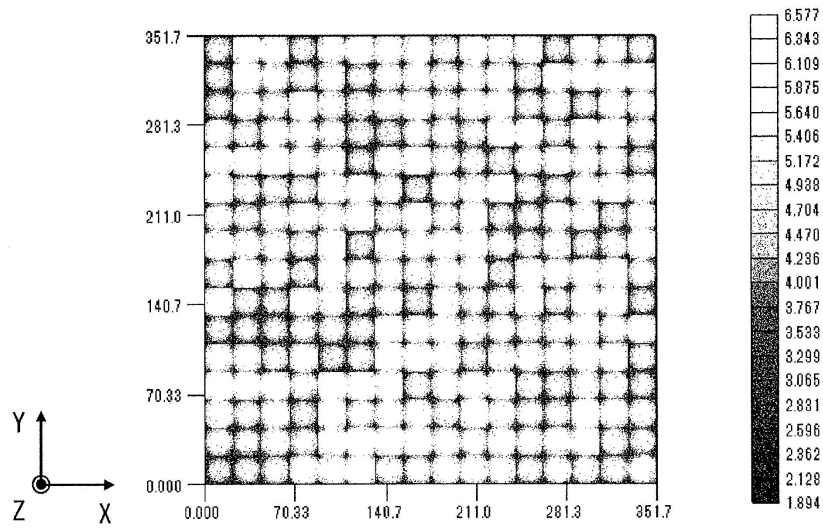
도면18



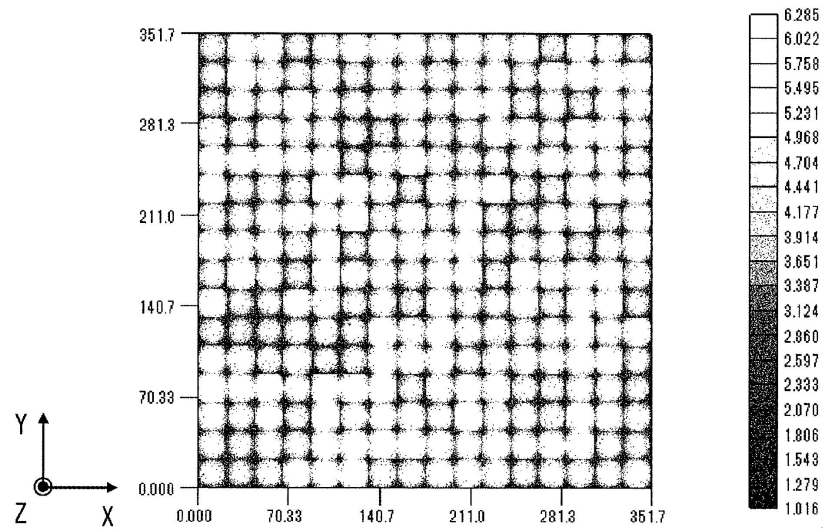
도면19



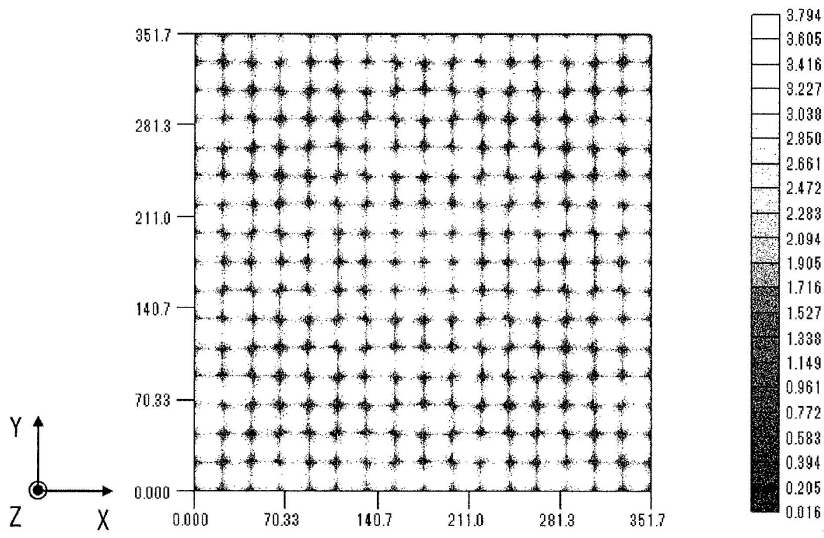
도면20



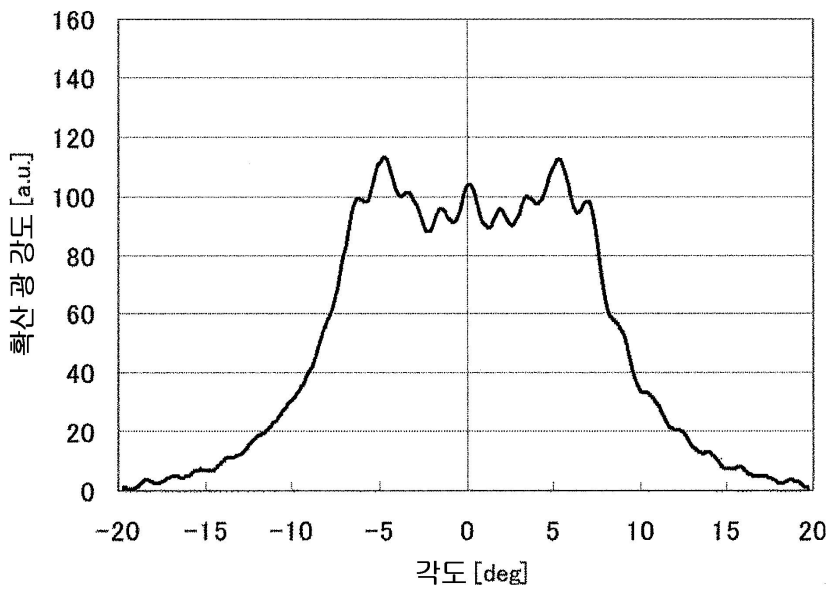
도면21



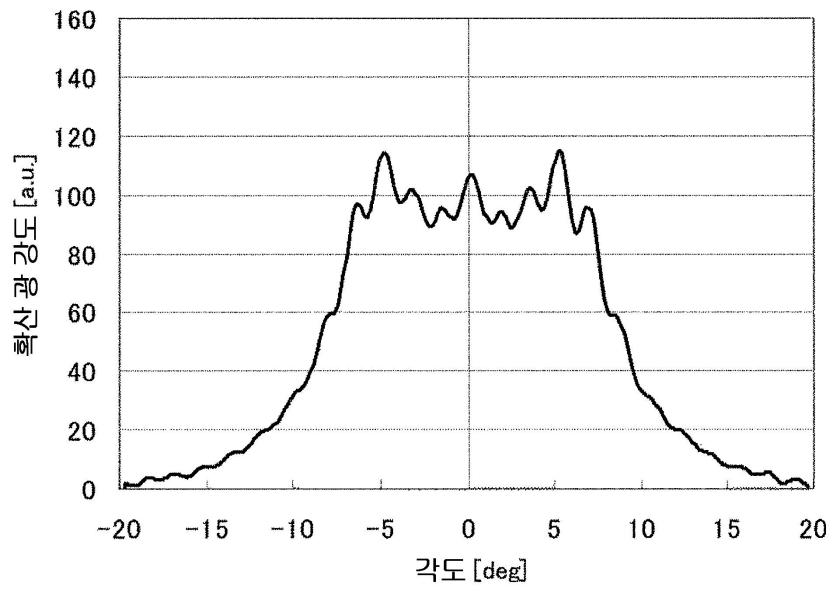
도면22



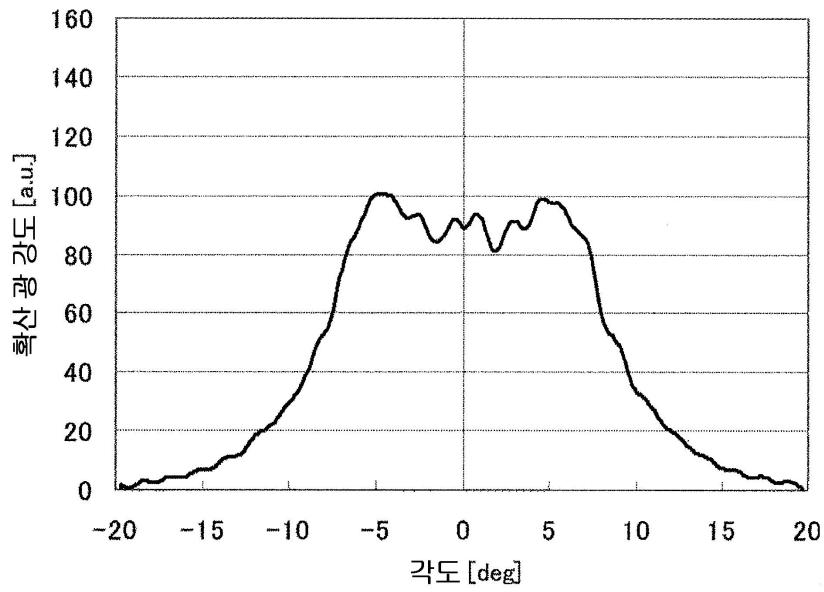
도면23



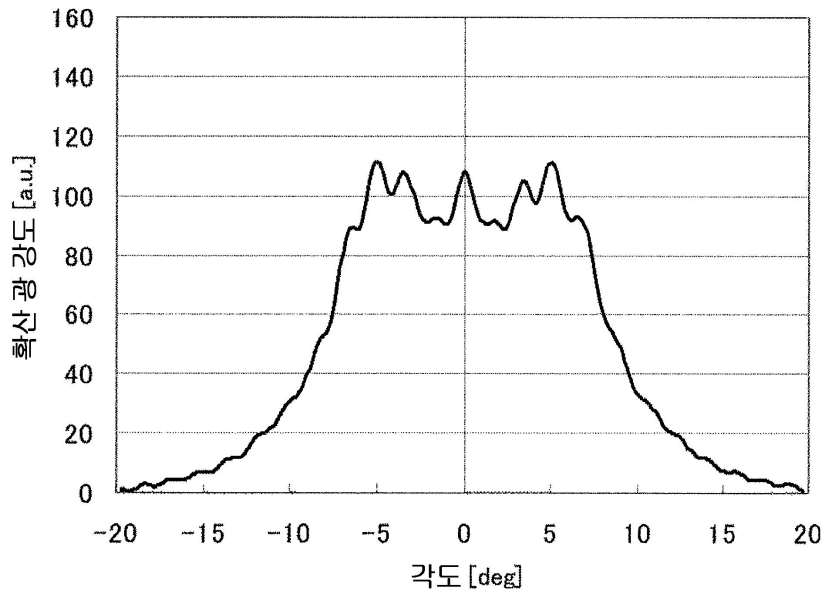
도면24



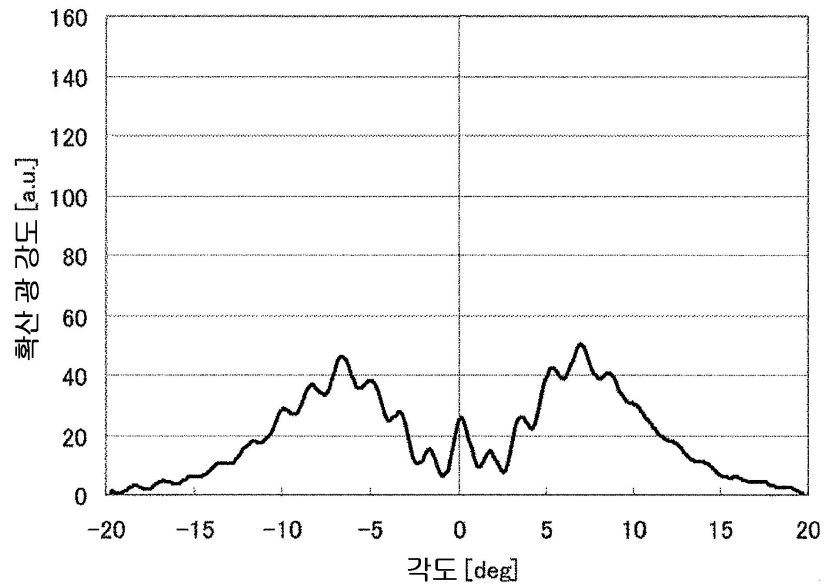
도면25



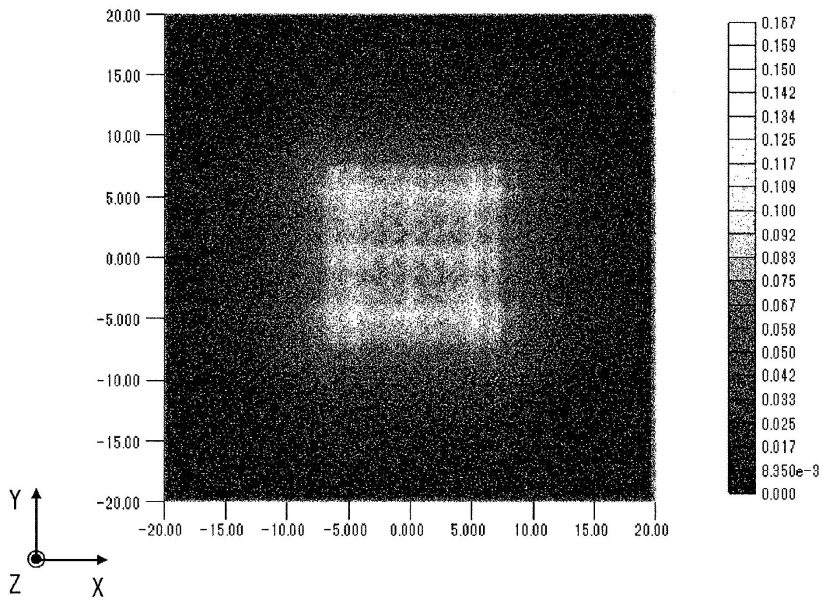
도면26



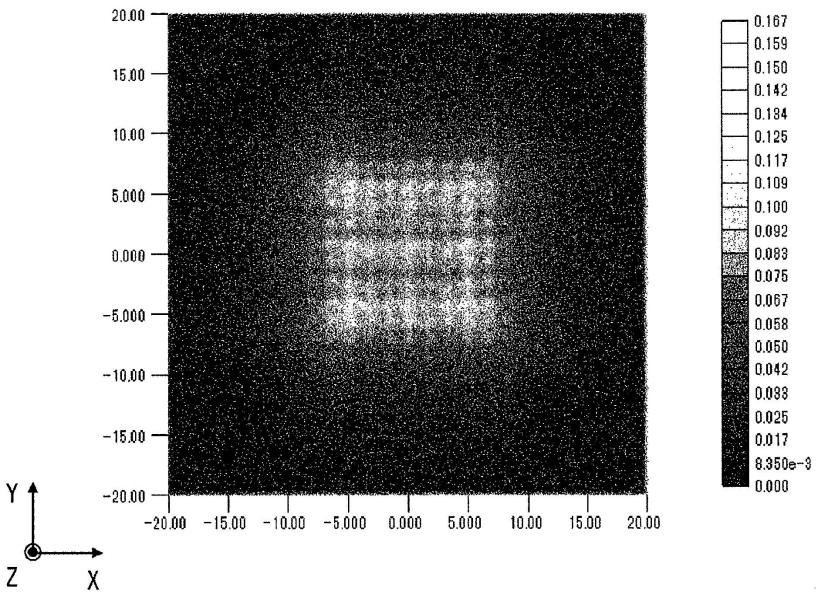
도면27



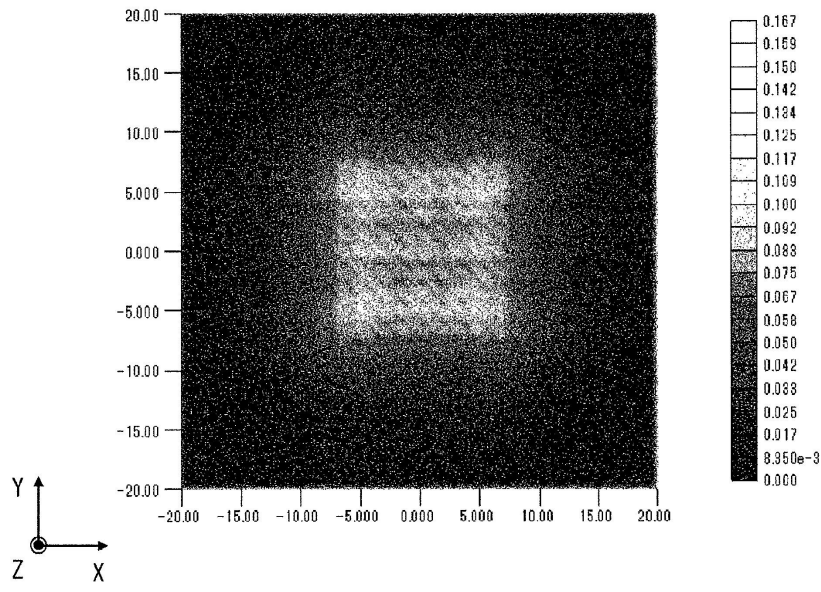
도면28



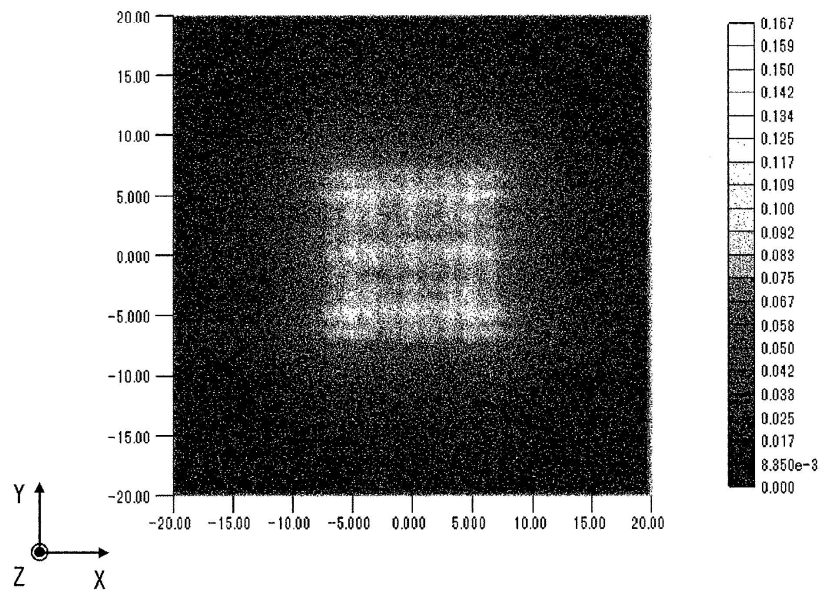
도면29



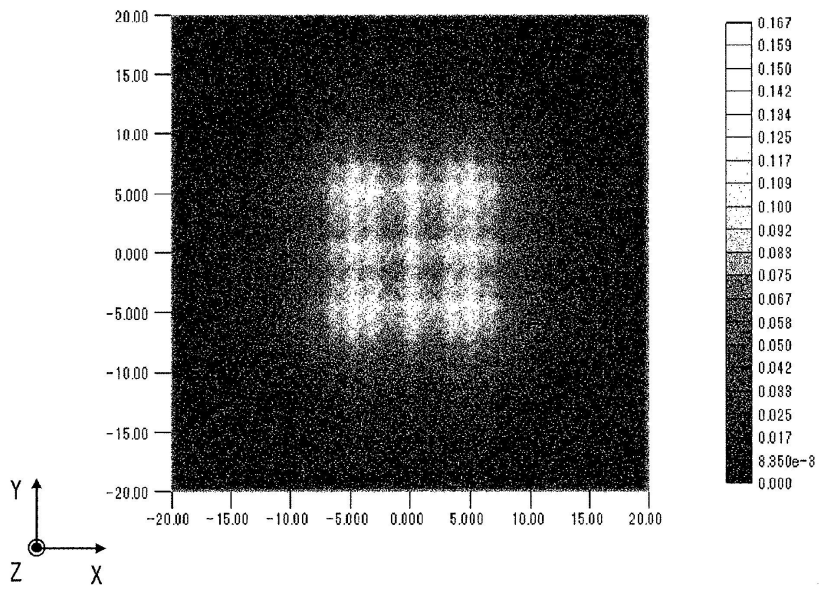
도면30



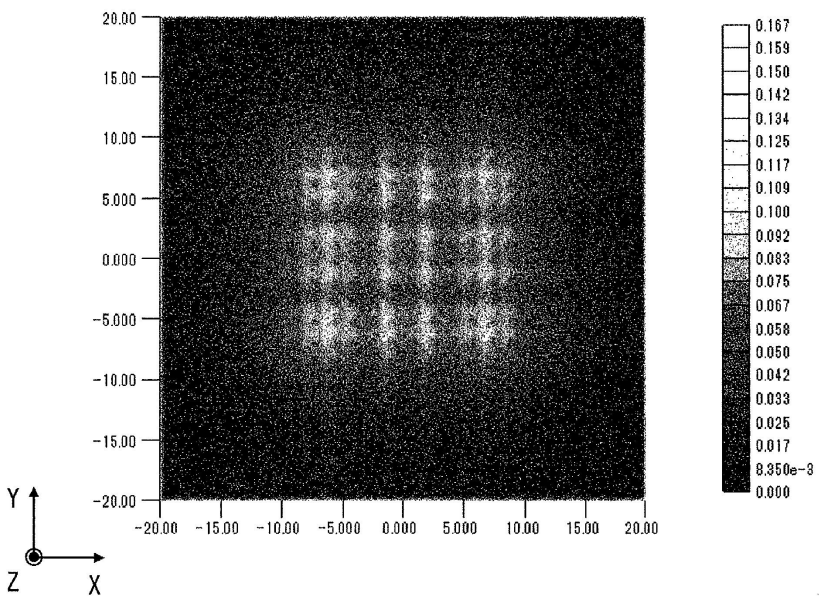
도면31



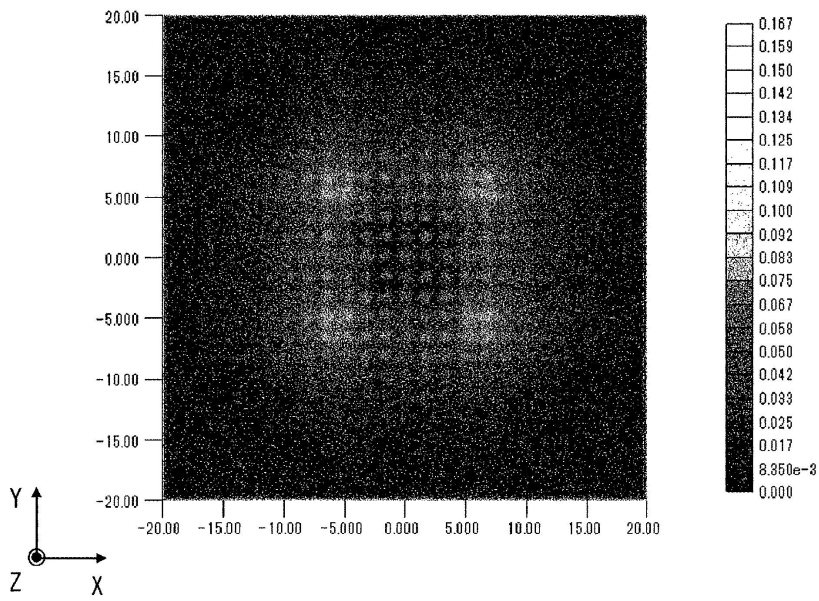
도면32



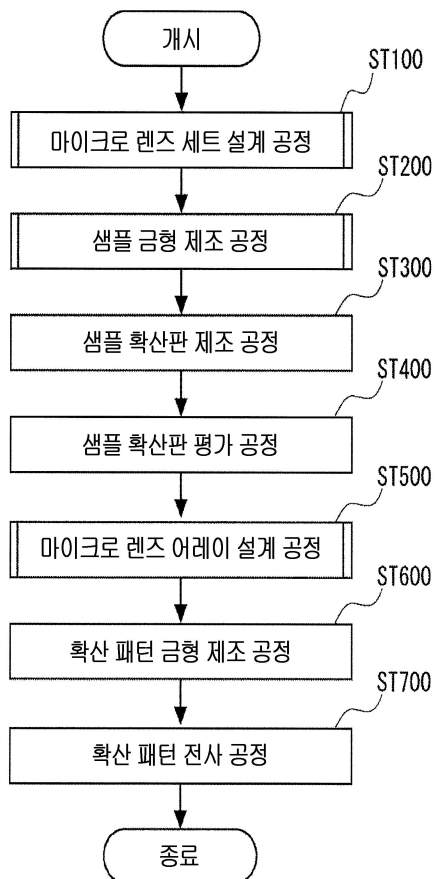
도면33



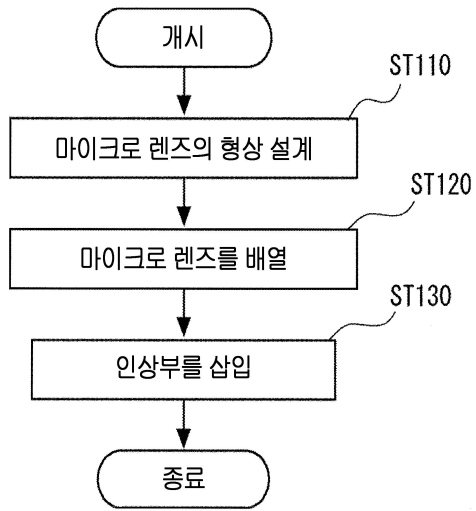
도면34



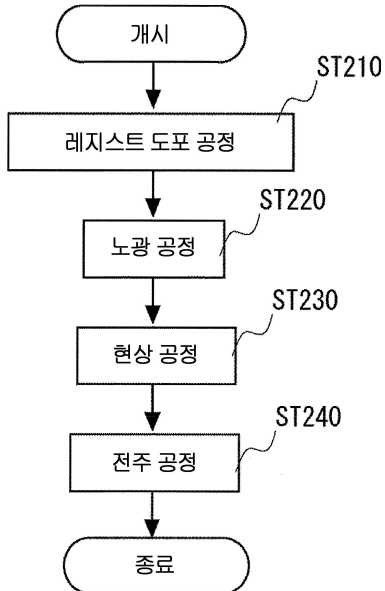
도면35



도면36



도면37



도면38

