



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년12월11일
(11) 등록번호 10-0873531
(24) 등록일자 2008년12월04일

(51) Int. Cl.

G01J 4/04 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0008207

(22) 출원일자 2007년01월26일

심사청구일자 2007년01월26일

(65) 공개번호 10-2007-0078394

(43) 공개일자 2007년07월31일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00017561 2006년01월26일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020020021084 A

전체 청구항 수 : 총 4 항

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고

(72) 발명자

시오데 요시히로

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

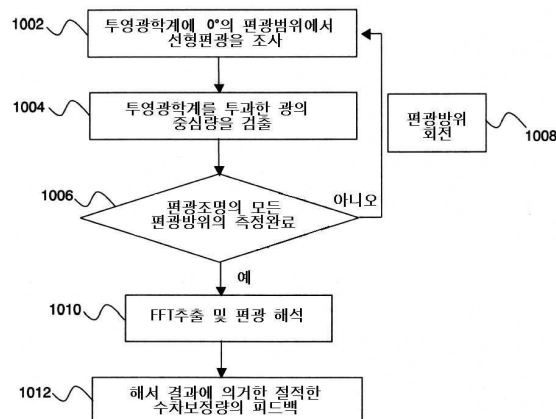
심사관 : 변종길

(54) 측정방법

(57) 요약

피검광학계에 편광방향이 서로 다른 복수의 직선 편광의 광을 조사하고, 상기 피검광학계의 복굴절량(R)과 진상축(ϕ)을 포함한 편광특성을 측정하는 방법은, 상기 피검광학계에 편광방향(θ)을 가진 직선편광의 광을 조사하는 스텝과, 상기 피검광학계를 투과한 광의 중심량을 검출하는 스텝과, $P = -R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 또는 $P = R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 로부터 상기 복굴절량(R)과 상기 진상축(ϕ)을 취득하는 스텝을 포함하고 있다.

대표도 - 도26



특허청구의 범위

청구항 1

피검광학계에 편광방향이 서로 다른 복수의 직선 편광의 광을 조사하여, 복굴절량(R)과 진상축(ϕ)을 포함한 상기 피검광학계의 편광특성을 측정하는 측정방법으로서,

상기 피검광학계에 편광방향(θ)을 가진 직선편광의 광을 조사하여, 상기 피검광학계를 투과한 광의 중심량(P)를 취득하는 스텝과,

$P = -R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 또는 $P = R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 로부터 상기 복굴절량(R)과 상기 진상축(ϕ)을 취득하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 하는 측정방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

복굴절량 R과 진상축 ϕ 에 의하여 피검광학계의 편광특성을 측정하는 측정방법으로서,

피검광학계의 존스 매트릭스의 고유치와 고유벡터로서 산출된 편광특성의 값과, 상기 피검광학계의 복굴절에 의해 분할된 직선편광의 입사광으로부터 생기는 2개의 광의 위상과 광강도에 의해 결정되는 중심량으로부터 근사하여 산출된 대응하는 값사이의 관계를 취득하는 스텝과;

상기 피검광학계에 편광방향(θ)이 서로 다른 복수의 직선편광의 광을 조사하여, 상기 광의 중심량의 값(P)을 측정하는 스텝과;

식 $P = -R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 또는 $P = R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 를 이용하여 상기 광의 중심량의 측정치와 상기 관계에 의거하여 편광특성을 산출하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 하는 측정방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 관계는 비례관계인 것을 특징으로 하는 측정방법.

청구항 12

제1항 또는 제11항에 있어서,

상기 중심량 측정스텝은 점회절 간섭법, 레터럴 세어링 간섭법 또는 하트만법(Hartmann method)을 이용하는 것을 특징으로 하는 측정방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <36> 본 발명은, 편광특성의 측정방법, 노광장치 및 디바이스의 제조 방법에 관한 것이다.
- <37> 포트리소그래피 기술에 의해 미세한 반도체 디바이스를 제조에, 투영 노광장치가 종래부터 사용되고 있다. 투영 노광장치는, 레티클 또는 마스크에 형성된 패턴을, 투영광학계를 개재하여, 웨이퍼 등의 기판에 전사한다. 이 노광장치는, 레티클 패턴을, 소정의 배율로 정확하게 기판에 전사하는 것이 필요하므로, 결상특성이 양호한 투영광학계를 이용하는 것이 중요하다. 또, 결상특성을 향상시키기 위해 편광조명도 사용된다. 그에 따라서, 투영광학계의 복굴절량, 진상축 및 존스 매트릭스 등의 편광특성을 고정밀도로 측정하는 수요가 높아져 왔다. 또, 생산성이나 경제성을 높이기 위해서는 측정의 단순화가 중요하다.
- <38> 복굴절은 통상 소정의 두께의 시료를 광이 투과한 후의 위상차이를 측정하여, 그것을 시료의 두께로 규격화함으로써 산출한다. 이 양을 "복굴절량 또는 리타던스"라고 한다. 또, 리타던스에 부가하여 투영광학계의 진상축이나 존스 매트릭스를 취득하는 것도 중요하다.
- <39> 리타던스의 전형적인 측정법인 세나르몬법은 1/4 위상판과 편광자를 조합하여 시료를 투과한 타원편광을 직선편광으로 다시 변환함으로써 타원율과 타원 주축의 방향을 결정하고, 타원 편광해석에 의해 리타던스를 산출한다. 예를 들면, 회전 검광자(편광자) 및 페이지 법 등의, 광강도로부터 리타던스를 산출하는 방법도 1/4 위상판과 편광자를 사용한다. 광해테로다인 수신장치 간섭법에서는 1/2 위상판과 편광자를 사용하고 리타던스를 산출한다.
- <40> 종래 기술로서는, 예를 들면, 일본국 특개 2004-61515호 공보, 특개평 11-054411호 공보 및 기술문헌 Yasuyuki Unno저 "Influence of birefringence on the image formation of high-resolution projection optics" 1 July 2000, Vol.39, No.19, APPLIED OPTICS(이후 간단히 "Unno"라고 칭함)을 들 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <41> 이와 같이, 리타던스(편광 해석) 측정으로 1/2위상판 또는 1/4위상판, 편광자 및 검광자 등의 광학소자를 이용한다. 따라서, 본래 복잡한 시스템에 이들 광학소자를 내장하는 것은 설계적 부하와 비용을 증가시킨다.
- <42> 본 발명은, 파장판 및 편광자 등의 광학소자를 사용하지 않고 피검광학계의 편광특성을 종래보다 단순하게 측정하는 방법에 관한 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <43> 본 발명의 일 측면에 의한 측정방법은, 피검광학계에 편광방향이 서로 다른 복수의 직선 편광의 광을 조사하여, 상기 피검광학계의 복굴절량(R)과 진상축(ϕ)을 포함한 편광특성을 측정하는 측정방법으로서, 상기 피검광학계에 편광방향(θ)을 가진 직선편광의 광을 조사하여, 상기 피검광학계를 투과한 광의 중심량(P)를 취득하는 스텝과, $P = -R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 또는 $P = R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ 로부터 상기 복굴절량(R)과 상기 진상축(ϕ)을 취득하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <44> 본 발명의 기타 목적 및 그 외의 특징은, 이하, 첨부 도면을 참조하면서 설명되는 바람직한 실시예에 의해서 명백해질 것이다.

<45> <실시형태의 설명>

<46> 본 실시형태에서는, 광학정보를 평가하여, 근사에 의해 피검광학계의 편광특성을 분석한다. 상기 광학정보는 광학소자에 의한 각각의 편광광 마다의 특성의 편광 방향의 관측광을 광학적으로 추출하지 않고 얻을 수 있다. 상기 관측광은 피검광학계에 복수의 다른 편광 상태의 광을 조사함으로써 얻는다. 상기 광정보는 2개의 광이 복굴절에 의해 분할된 경우, 2개의 광의 위상을 각각의 광강도에 의해 가중함으로써 생성된 광의 위상차이(중심) 양(P)이다. 편광특성은 상기 광정보로부터 근사에 의해 산출한다. 이하 중심량에 대해서, 상세하게 설명한다.

<47> 이상적인 투과율 100%의 렌즈는 대각의 단위 행렬로 표현된다. 그 주축에 회전을 형성하는 행렬 $\text{Rot}(\theta)$ 와 $\text{Rot}(-\theta)$ 의 사이에 승산을 하는 경우에는, 1매의 이상 렌즈를 존스 행렬로 표현할 수 있다. 존스 행렬은 편광계산을 행하는데 있어서 일반적으로 사용되는 편리한 행렬이다. 광을 존스 벡터(통상 XY평면 내에서 편광을 기술하는 경우 2×1 행렬)에 의해 나타내는 편광된 광으로서 표현되고, 시료 또는 광학소자를 존스행렬인 2×2 행렬로서 표현되는 경우, 연산을 단순화할 수 있다.

<48> 이전의 행렬식으로 돌아와서 Rot 행렬도 단위행렬이므로 양자의 곱도 역시 단위행렬이 된다. 다음에 노광장치 등에 있어서 투영광학계 전체의 존스 행렬을 논의한다. 노광장치의 투영광학계는 복수의 렌즈로 구성되어 있다. 따라서, 존스 행렬은, 식 1에 표현된 바와 같이 1매 렌즈의 존스 행렬을 렌즈 매수 또는 렌즈면의 수와 승산함으로써 나타낼 수 있다.

<49> [식 1]

$$M' = \prod \text{Rot}(-\theta_j) \cdot [\exp(-iR_j/2), 0; 0, \exp(iR_j/2)] \cdot \text{Rot}(\theta_j)$$

<50>

<51> 여기서, R는 리타던스, θ 는 주축과 입사 편광방향이 이루는 각, j는 렌즈 번호이다.

<52> 식 1은 2×2 의 행렬을 $[(1, 1), (1, 2); (2, 1), (2, 2)]$ 로서 표기하고 있다. 분명하게 존스 매트릭스 M' 도 단위행렬이다(상기 Unno 참조).

<53> 실제의 렌즈에서는 투과율이 경미하게 저하되고, 투영광학계 전체의 투과율은 파장 및 유리재에 의존하여 수% 내지 수 10%의 오더로 저하한다. 따라서, 실제의 투영광학계의 존스 행렬은 식 2에 의해 표현되고 단위행렬이 아닌 것으로 생각되며, 여기서, A, A'는 실수 또는 투과율이다.

<54> [식 2]

$$M'' = \prod \text{Rot}(-\theta_j) \cdot [A_j \cdot \exp(-iR_j/2), 0; 0, A_j' \cdot \exp(iR_j/2)] \cdot \text{Rot}(\theta_j)$$

<55>

<56> 그러나, 투영광학계는 고투과율로 복굴절량도 작게 억제되어 이상 렌즈에 가깝게 된다. 식 2의 존스 행렬 M'' 특성도 아직도 단일성을 가지는 것으로 간주할 수 있다. 실제로 M'' 의 해석 결과, M'' 는 2개의 고유 벡터가 존재하고, 이것들은 대략 동일한 길이를 가진 벡터이지만, 서로 공역인 관계는 아니고 거의 직교 하는 것을 알 수 있다. 상기 해석에 의해 식 3의 고유치 문제를 해결하였다.

<57> [식 3]

$$M \cdot X = X \cdot L$$

<58>

<59> 식 3으로부터보다 고유 벡터 X의 요소인 2개의 벡터를 직교하도록 형성한다. 따라서, 이 2개의 고유벡터의 방향이 복소좌표계로 π 만큼 이동된 가정하에서 이하 검토한다..

<60> [식 4]

$$X = [E_x, E_y \cdot \exp(i \cdot (\pi + \xi)); E_y \cdot \exp(i \cdot \xi), E_x]$$

<61>

<62> [식 5]

$$L = [A \cdot \exp(-i \cdot R), 0; 0, A' \cdot \exp(i \cdot R)]$$

<63>

<64> [식 6]

$$M=X \cdot L \cdot \text{inv}(X)$$

<65>

<66> [식 7]

$$E_x^2 + E_y^2 = 1$$

<67>

<68> [식 8]

$$\text{Det}(X) \approx 1$$

<69>

<70> 식 8은 후술하는 $\xi = n\pi$ (n 는 정수)의 조건하에 성립된다. $n\pi$ (n 는 정수)의 조건은, 피검광학계의 존스 매트릭스의 고유벡터를 직선편광에 근사시키는 것과 동등하다.

<71> M 은 피검광학계의 존스 매트릭스, X 는 고유 매트릭스, L 은 고유치, A, A' 는 실수, E_x, E_y 는 실수의 단위매트릭스의 요소, ξ 는 E_x 와 E_y 의 위상차이다.

<72> 방위(θ)로 피검광학계(S)에 직선 편광을 입사시키면, 피검광학계(S)를 투과한 광 E' 는 다음식으로 표현된다:

<73> [식 9]

$$E' = M \cdot [\cos \theta ; \sin \theta]$$

<74>

<75> 2개의 고유 매트릭스(X)의 크기 E_x, E_y 가 A, A' 로 동일하므로, 식 9는 식 10과 같이 된다.

<76> [식 10]

$$E' = A \cdot [E_x^2 \cdot \exp(-i \cdot R) + E_y^2 \cdot \exp(i \cdot (2\xi + R)),$$

$$2E_x \cdot E_y \cdot \sin R \cdot \exp(i \cdot (\xi + \pi/2)); \quad 2E_x \cdot E_y \cdot \sin R \cdot \exp(i \cdot (\xi + \pi/2)),$$

$$E_x^2 \cdot \exp(i \cdot R) + E_y^2 \cdot \exp(i \cdot (2\xi - R))] \cdot [\cos \theta ; \sin \theta]$$

<77>

<78> 식 11에 의해 식 10을 다시 쓰면, 식 12 및 식13을 얻는다.

<79> [식 11]

$$E' = [E_x' ; E_y']$$

<80>

<81> [식 12]

$$1/A \cdot E_x' = (E_x^2 \cdot \exp(-i \cdot R) + E_y^2 \cdot \exp(i \cdot (2\xi + R))) \cos \theta -$$

$$(2E_x \cdot E_y \cdot \sin R \cdot \exp(i \cdot (\xi + \pi/2))) \sin \theta$$

<82>

<83> [식 13]

$$1/A \cdot Ey' = \{Ex^2 \cdot \exp(i \cdot R) + Ey^2 \cdot \exp(i \cdot (2\xi - R))\} \sin\theta -$$

<84>

$$(2Ex \cdot Ey \cdot \sin R \cdot \exp(i \cdot (\xi + \pi/2))) \cos\theta$$

<85> 여기서, 식 14 및 식 15를 가정한다.

<86> [식 14]

$$\tan(Px) = \text{imaginary}(Ex') / \text{real}(Ex')$$

<87>

<88> [식 15]

$$\tan(Py) = \text{imaginary}(Ey') / \text{real}(Ey')$$

<89>

<90> 그러면, 식 14는 식 16과 같이 된다.

<91> [식 16]

$$\begin{aligned} \tan(Px) = & \{(-Ex^2 \cdot \sin R + Ey^2 \cdot \sin(2\xi + R)) \cos\theta - \\ & 2Ex \cdot Ey \cdot \sin R \cdot \sin(\xi + \pi/2) \cdot \sin\theta\} / \{ (Ex^2 \cdot \cos R + Ey^2 \cdot \cos(2\xi + R)) \cos\theta - \\ & 2Ex \cdot Ey \cdot \sin R \cdot \cos(\xi + \pi/2) \cdot \sin\theta \} = \{ \sin R \cdot (-Ex^2 + Ey^2 \cdot \cos(2\xi)) \cdot \cos\theta - \\ & 2Ey^2 \cdot \cos R \cdot \sin(\xi) \cdot \cos(\xi) \cdot \cos\theta - \\ & 2Ex \cdot Ey \cdot \sin R \cdot \cos(\xi) \cdot \sin\theta \} / \{ \cos R \cdot (Ex^2 + Ey^2 \cdot \cos(2\xi)) \cdot \cos\theta + 2Ey^2 \cdot \sin R \cdot \sin(\xi) \cdot \cos(\xi) \cdot \cos\theta + \\ & 2Ex \cdot Ey \cdot \sin R \cdot \sin(\xi) \cdot \sin\theta \} \end{aligned}$$

<92>

<93> 여기서, 단일성에 대한 조사를 실시한 바, 투과율이 열화하지 않는 이상적인 렌즈라고 가정하면, 한 개의 광학 소자의 복굴절량을 1° , 10° , 20° , 30° , 40° 및 50° 의 각으로 각각 균일하게 분포되었다. 각 광학소자의 주축을 2π 범위내에서 균일하게 분포시켰다. 이 조건하에서 30개의 광학소자 전체의 존스 매트릭스를 산출하고, 고유치 문제로서 이전의 존스 매트릭스를 구하였다. 고유매트릭스를 산출하고, ξ 도 조사하였다. 결과를 도 27에 나타낸다.

<94> 종축은 ξ 의 비율이 $n\pi \pm 10^\circ$ 보다 작은 비율을 나타내고, 횡축은 복굴절량의 분포의 범위를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 복굴절량의 분포의 범위가 30° 이내로서 작은 경우, ξ 는 $n\pi$ (n 는 정수)에 수렴한다. 30° 를 초과하면, ξ 는 $n\pi \pm 10^\circ$ 를 벗어나는 값을 돌연 가지게 된다. 복굴절량을 최소화하여 그 값이 1매의 렌즈당 1° 내지 2° 의 값이 되도록 하면서 투영광학계를 제조한다. ξ 의 값이 식 17과 같이 $n\pi$ 로 간주할 수 있다.

<95> [식 17]

$$\xi \approx n\pi$$

<96>

<97> 식 17로부터, 식 16은 이하와 같이 된다.

<98> [식 18]

$$\begin{aligned} \tan(Px) \approx & \{ \sin R \cdot (-Ex^2 + Ey^2) \cdot \cos\theta - 2Ex \cdot Ey \cdot \sin R \cdot \cos(\xi) \cdot \\ & \sin\theta \} / \{ \cos R \cdot (Ex^2 + Ey^2) \cdot \cos\theta \} = \tan R \cdot \{ -S2 \cdot \cos\theta - S3 \cdot \sin\theta \} / \cos\theta \end{aligned}$$

<99>

[식 19]

$$P_x \approx R \cdot \{-S_2 \cdot \cos\theta - S_3 \cdot \sin\theta\} / \cos\theta$$

마찬가지로, 이하의 식 20이 성립된다:

[식 20]

$$P_y \approx R \cdot \{S_2 \cdot \sin\theta - S_3 \cdot \cos\theta\} / \sin\theta$$

또한, 다음의 식도 성립된다;

[식 21]

$$S_2 = E_x^2 - E_y^2$$

[식 22]

$$S_3 = 2 E_x \cdot E_y \cdot \cos(\xi)$$

[식 23]

$$\tan(P_x), \tan(P_y) \approx P_x, P_y$$

P_x 및 P_y 는 피검광학계(S)를 통과한 X편광, Y편광 각각의 위상 변화이다. 종래의 편광측정에서는 편광자를 사용하여, X편광 및 Y편광을 추출한다. 그러나, 편광자 등의 광학소자를 시스템 내에 설치하는 것이 곤란하고, 따라서 종래의 수차 측정계로는 P_x 및 P_y 의 합을 측정하게 된다. X편광 및 Y편광 각각의 광강도가 동일하면 측정되는 값은 단순히 P_x 와 P_y 의 평균치로 생각된다. 그러나, X편광 및 Y편광 각각의 광강도가 동일하지 않은 경우, 다음의 광의 중심을 측정한다고 예상할 수 있다.

[식 24]

$$P = (P_x \cdot I_x + P_y \cdot I_y) / (I_x + I_y)$$

여기서, P는 중심량, I_x 는 X편광의 광강도, I_y 는 Y편광의 광강도이다.

그러면, 다음식이 성립한다.

[식 25]

$$I_x = E_x' \cdot E_x'^* = A^2 \cdot \{\cos^2\theta + (2E_x \cdot E_y \cdot \sin R \cdot \sin\theta)^2\} \approx A^2 \cdot \cos^2\theta$$

마찬가지로, 다음 식이 성립한다:

[식 26]

$$I_y \approx A^2 \cdot \sin^2\theta$$

그러면, 다음 식이 성립한다.

<123> [식 27]

$$P=R \cdot \{-S2 \cdot \cos \theta-S3 \cdot \sin \theta\} / \cos \theta \cdot \cos ^2 \theta+ \\ R \cdot\left\{S2 \cdot \sin \theta-S3 \cdot \cos \theta\right\} / \sin \theta \cdot \sin ^2 \theta=R \cdot\{-S2 \cdot \cos \theta-S3 \cdot \sin \theta\} \cdot \cos \theta+ \\ R \cdot\left\{S2 \cdot \sin \theta-S3 \cdot \cos \theta\right\} \cdot \sin \theta=R \cdot\left\{S2 \cdot\left(\sin ^2 \theta-\cos ^2 \theta\right)-2 \cdot S3 \cdot \sin \theta \cos \theta\right\}= \\ R \cdot\{-S3 \cdot \sin (2 \theta)-S2 \cdot \cos (2 \theta)\}$$

<124>

<125> 여기서, 식 28 및 식 29를 가정한다. 그러면, 식 27은 식 30과 같이 된다.

<126> [식 28]

$$S2=k \cdot \cos \Phi$$

<127>

<128> [식 29]

$$S3=k \cdot \sin \Phi$$

<129>

<130> [식 30]

$$P=-R \cdot k \cdot \cos (2 \theta-\Phi)$$

<131>

<132> 식 31로부터의 고유 매트릭스 X로부터 산출된 피검광학계(S)의 진상축으로 간주할 수 있다.

<133> [식 31]

$$S3 / S2=\tan \Phi$$

<134>

<135> k에 대해 고유 매트릭스 X를 스토크스 파라미터로 나타내면 다음 식이 성립된다.

<136> [식 32]

$$E x^2+E y^2=1$$

<137>

<138> [식 33]

$$E x^2-E y^2=k \cos \Phi$$

<139>

<140> [식 34]

$$2 E x \cdot E y \cdot \cos (\xi)=k \cdot \sin \Phi$$

<141>

<142> 여기서, k는 계수이다. (Ex, Ey)를 극좌표계(cosθ, sinθ)로 표현하면, 식 34는 다음과 같이 변환된다.

<143> [식 35]

$$\cos (2 \theta)=k \cdot \cos \Phi$$

<144>

[식 36]

$$\sin(2\theta) = k \cdot \sin\Phi / \cos(\xi)$$

따라서, 다음 식이 성립한다.

[식 37]

$$(k \cdot \cos\Phi)^2 + (k \cdot \sin\Phi / \cos(\xi))^2 = 1$$

[식 38]

$$k = \cos(\xi) / \sqrt{\cos^2(\xi) \cdot \cos^2\Phi + \sin^2\Phi}$$

식 17로부터 $k = \pm 1$ (단, n 이 짝수이면 $k=1$, n 홀수이면 $k=-1$) 성립되고, 식 30은 식 39와 같아진다.

[식 39]

$P = -R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ (n 이 짝수인 경우), $P = R \cdot \cos(2\theta - \phi)$ (n 이 홀수인 경우)

식 39로부터, 광의 중심량(P)를 측정 가능한 측정계에서는, 복수의 다른 방위(θ)의 직선 편광을 피검광학계(S)에 조사하여, 많은 측정량 P 를 고속푸리에 변환(FFT) 해석한다. 이 해석에 의해 식 $\xi = n\pi$ 를 만족시키는 고유 매트릭스를 가지는 피검광학계(S)의 리타던스(R) 및 진상축(ϕ)을 근사에 의해 형성할 수 있다.

다음에, 근사적으로 피검광학계(S)의 존스 매트릭스를 근사시키는 방법에 대해서 설명한다.

[식 40]

$$M = [A \cdot \exp(-i \cdot m), a \cdot \exp(-i \cdot b); a \cdot \exp(-i \cdot b), A' \cdot \exp(i \cdot m)]$$

식 9 및 식 40으로부터, 다음 식이 성립한다.

[식 41]

$a = 2A'' \cdot \sin R \cdot E_x \cdot E_y$ (단 $a, A'' > 0$, $A'' = (A + A')/2$)

[식 42]

$$b \approx \xi + \pi/2$$

식 17로부터 식 43이 성립한다.

[식 43]

$$b \approx \pm \pi/2$$

투과율 A 및 A' 를 측정하는 경우, 다음 식으로부터 m 이 산출된다.

[식 44]

$$m \approx \text{Arg}\{A \cdot E_y^2 \cdot \exp(-i \cdot R) + A' \cdot E_x^2 \cdot \exp(i \cdot R)\}$$

이상의 결과를 식 40에 대입하면, 근사적으로 피검광학계(S)의 존스 행렬 M 을 산출할 수 있다.

본 실시형태는 다음의 조건하에서 검증된다: 식 2에서, 1개의 광학소자의 복굴절량을 5° 의 범위에서 균일하게 분포시키고, 마찬가지로 각 광학소자의 주축을 2π 의 범위내에서 균일하게 분포시켰다. 투과율 A 는 각 광학소자

마다 0.985 ± 0.005 의 범위내에서 균일하게 분포시킨다. 투과율 A' 는 1에 고정한다. 이 조건하에서 30개의 광학 소자 전체의 피검광학계의 존스 매트릭스를 산출하고, 고유치 문제로서 이전의 존스 매트릭스를 구하고, 고유벡터 및 고유치를 얻는다. 다음에, 이론치로서 리타던스 및 진상축을 얻는다. 계산은 시판의 매트랩 계산 소프트웨어 라이브러리 (Matlab calculation software library)를 사용한다.

<172> 본 실시형태의 방법에 의하면, 존스 매트릭스에 편광방향이 다른 10° 의 간격으로 직선 편광 조명을 0° 와 180° 사이에 공급하고 투과광의 중심을 산출함으로써 최소 제곱법 또는 고속 푸리에 변환(FFT) 해석에 의해 리타던스와 진상축을 산출한다. 도 1 및 도 2는 존스 매트릭스의 시료 100개에 대한 이들 2개의 결과로부터 얻은 결과물인 리타던스 및 진상축의 상관도이다.

<173> 도 1은, 존스 매트릭스의 고유벡터의 한 쌍의 직교하는 요소간의 위상차이를 $n\pi$ 에 근사한 결과로부터 얻은 리타던스의 값과 리타던스의 실측치간에 1 대 1의 비례형태의 관계가 있다는 것을 나타내고 있다. 도 2는, 존스 매트릭스의 고유 벡터의 한 쌍의 직교하는 요소간의 위상차이를 $n\pi$ 에 근사한 결과로부터 얻은 진상축의 값과 진상축의 실측치가 1 대 1 비례형태의 관계가 있다는 것을 나타내는 그래프이다.

<174> 도 1로부터 리타던스는 문제없이 측정된다. 도 2의 진상축의 결과에서, 데이터가 약간 흩어져 있다. 근사 직선으로부터 크게 어긋난 점은 리타던스량이 적은 것이었다. 이로부터 진상축의 측정정도는 리타던스량의 크기에 비례하는 것으로 생각된다. 이것은 노광장치의 경우, 수차의 조정이 필요한 큰 리타던스에는 고정밀도의 진상축 측정이 필요하지만, 리타던스가 작으면 조정의 필요도 없다. 따라서, 리타던스량을 올바르게 측정할 수 있으면, 실질적인 문제는 적다.

<175> 다른 검사예로서는 투영광학계의 동공위치에 대한 계산을 한다. 결과를 도 3A 내지 도 4B에 나타낸다. 사용된 샘플은 동공내 63×63 개의 존스 행렬로, 실제로 노광장치를 평가하기 위해 설계된 것이다. 도 3A 및 도 3B는 투영광학계의 동공내에 분포하는 리타던스량을 분류한 MAP이다. 도 3A는 이론치이며, 도 3B는 본 실시형태의 근사 측정방법에 의해 얻은 결과이다. 마찬가지로, 도 4A 및 도 4B는 투영광학계의 동공내에 분포하는 진상축을 분류한 MAP이다. 도 4A는 이론치이며, 도 4B는 본 실시예의 근사 측정방법에 따라 얻은 결과이다. 본 결과로부터 본 실시형태의 편광해석은 노광장치의 광학계 측정에 충분히 적용 가능하다는 것을 이해할 수 있다.

<176> 광의 중심량(P)은 점회절 간섭법(PDI), 래터럴 셰어링 간섭법("LSI" : lateral sharing interferometry) 등의 위상차이 측정 방식 및 하트만법 등의 횡변위 측정 방식으로 측정할 수 있다.

<177> 점회절 간섭법을 측정계에 포함하고 있는 노광장치에 대해서 측정방법을 도 5를 참조하면서 설명한다. 편광조명 유닛(2)을 가지는 조명광학계(1)에 의해 편광방향 0° 의 각도로 핀홀 혹은 라인개구를 1개 이상 가지는 플레이트(3)에 광을 조사한다. 도 6에 편광 조명유닛(2)의 상세도를 도시한다. 확산소자(21)로 확산된 광은 회전 가능한 편광자(22)와 마찬가지로 회전 가능한 파장판을 통과하여 투영광학계 (4)의 NA보다 큰 NA를 가진 임의의 편광상태를 형성할 수 있다. 플레이트(3)의 개구가 파장 수준으로 작은 경우, 맥스웰 방정식으로부터 유도되는 엄밀해로부터, 개구가 편광상태를 변경하는 것이 공지되어 있다. 따라서, 조명편광 상태를 유지하기 위해 개구의 크기나 단면 형상 및 개구에 이용되는 막의 재질이 고려될 필요가 있다. 플레이트(3)의 개구를 통과한 광은 이상적인 구면파가 되어, 투영광학계(4)를 통과한 후 투영광학계(4)의 파면의 영향하에서 핀홀 혹은 라인 개구를 1개 이상 가지는 플레이트(10)를 통과한다. 이 구성에 의해, 상기 광을 2개의 광속으로 분할하여 이들 2개의 광속이 릴레이 광학계(11)를 개재하여 투영광학계(4)의 동공과 거의 공역인 위치에 설치된 검출계(12)에 간섭 패턴을 형성한다. 또 릴레이 광학계(11)는, 검출계(12)가 파 필드로 간주할 수 있는 위치에 배치되면 생략 가능하다. 조명의 편광방향을 회전시켜 간섭패턴의 측정을 반복하여 얻은 간섭패턴 및 편광방향의 값에 대해서 본 발명의 FFT 해석과 상술한 편광 해석을 처리계(43)에 의해 행한다.

<178> PDI에는 도 7 및 도 9에 도시된 구성을 채택할 수 있다. 도 7은 크기가 다른 한 쌍의 핀홀 또는 라인 개구를 가진 플레이트(30)를 도시한다. 이들을 통과한 광속(31) 및 (32)는 투영광학계(4)를 통과한 후, 크기가 다른 한 쌍의 핀홀 또는 라인 개구를 가진 플레이트(10)를 통과한다. 핀홀 플레이트(30) 및 핀홀 플레이트(10)는 광(31) 및 (32)이 플레이트(10)를 통과한 후 동일한 광도를 가지도록 설계된다. 광속(31) 및 (32)은 투영광학계(4)의 동일한 파면정보를 가지고 있다.

<179> 한쪽의 광은 핀홀 플레이트(10)에서 작은 개구를 통과하여 위상정보를 가지고 있지 않은 구면 또는 원통형 파면(참조 파면)으로 기능 한다. 다른 쪽 광은 개구를 통과하고 위상정보를 유지한다. 이들 광이 서로 간섭을 일으킨다. 도 9도 마찬가지이다. 플레이트(3)의 하나의 개구를 통과한 광속은 회절격자(5)에 의해 광(33)과 광(34)로 분할되고, 이들 광이 플레이트(3)의 개구 및 회절격자(5)에 대응하여, 크기가 다른 플레이트(13)의 상기 개

구에 의해 서로 간섭을 일으킨다. 도 8은 도 9에 도시된 노광장치의 구조이다. 플레이트(3)의 개구와 마찬가지로, 플레이트(10), (30) 및 (13)의 개구도 편광 상태를 유지하도록 설계되는 것이 필요하다.

- <180> PDI 정법에서는 검출계(12)상에 형성된 간섭 패턴의 각 점은 X편광의 위상정보 및 Y편광의 위상정보의 합을 포함하고 있다. 또한, 양쪽 편광의 강도는 위상과, 참조와 어느 쪽이나 투영광학계(4)의 영향을 균등하게 받으므로, 이들의 광강도에 의해 간섭의 정보를 유지한다. 따라서, 간섭 패턴은 광의 중심의 정보를 가지며 PDI 측정계를 가지는 노광장치에 본 실시예의 측정방법이 적용 가능하다.
- <181> 이하, LSI 측정계에 가지는 노광장치에 대해 도 10을 참조하면서 설명한다. 조명광학계(1)에 의해 편광방향 0° 의 각도로 직선 편광을 플레이트(3)의 개구에 조사한다. 플레이트(3)의 개구를 통과한 광은 이상적인 구면파가 되어, 투영광학계(4)의 파면 정보를 가진 회절격자(14)를 통과하여 릴레이 광학계(11)를 개재하여 투영광학계(4)의 동공에 공역위치인 검출기(12)상에 도달한다. 릴레이 광학계(11)는, 검출기(12)가 파 필드에 배치되면, 생략되어도 된다. 어느쪽의 경우도, 회절격자(14)가 상면 위치로부터 떨어진 장소에 있으므로, 회절격자(14)를 통과한 광은 회절되어 2개의 광속으로 분할된다. 도 11에 이 상태를 도시한다.
- <182> 회절된 2개의 광속(35) 및 (36)은 동일한 파면정보를 유지하고 있지만 회절 각도에 차이가 있다. 그 때문에, 이들 사이의 간섭 패턴은 자체 파면에 대응하는 차분 간섭패턴이 된다. 간섭 패턴의 콘트라스트를 올리기 위해, 예를 들면 +1차와 -1차 회절광 등의 광(35) 및 (36)의 강도가 동일하게 구성되고 있다. 이러한 간섭측정을 LSI라고 부른다. LSI에 의해 조명의 편광방향을 회전시켜 마찬가지로 간섭 패턴의 측정을 반복하여, 얻어지는 복수의 다른 편광방향의 값과 간섭패턴에 대한 FFT 해석을 행한다.
- <183> PDI와 마찬가지로, LSI는 간섭 패턴의 각 점에서 X편광 및 Y편광 양자 모두의 위상 정보가 합해진다. 또, 광(35) 및 (36)은 투영광학계(4)의 영향을 균등하게 받아서 광강도가 간섭의 정보를 유지하고 있다. 따라서, 간섭 패턴도 광의 중심의 정보를 가진다. LSI는 상기 위상정보의 중심과 다른 차분위상(파면 기울기)의 중심정보를 얻기 때문에, 한번 파면 재생을 하여 상기 정보를 위상으로 변환할 필요가 있다. 파면 재생에 의해, 마찬가지로 취급이 가능하다. 차분파면으로부터의 파면재생에서는 재생된 파면의 오프셋은 계산할 수 없기 때문에, 적어도 1개 이상의 리타던스량과 진상축의 정보를 별도 산출하여, 가산할 필요가 있다.
- <184> 이와 같이, LSI를 가지는 노광장치에 본 실시형태의 측정방법을 적용 가능하다.
- <185> 플레이트(3)의 개구와 마찬가지로, 회절격자(14)는 편광상태를 유지하도록 설계된다.
- <186> 또한, 플레이트(3)의 개구와 마찬가지로, 회절격자(14)는 편광상태를 유지하도록 설계되어야 할 필요가 있다.
- <187> 다음에, ISI 마스크 및 하트만법을 측정계에 가지는 노광장치에 있어서의 측정방법을 도 12를 참조하면서 설명한다. 앞의 실시예와 마찬가지로, 조명광학계(1)로부터 0° 의 편광방향으로 직선 편광을 ISI 마스크(24)에 조사한다.
- <188> 도 13에 도시된 바와 같이, ISI 마스크(24)는 볼록렌즈(25), 패턴(26), 핀홀(27)을 가진다. 콘덴서 광학소자는 볼록렌즈(25)를 사용하여도 된다. 패턴(26)은 도 14에 도시된 격자형상 또는 도 15에 도시된 그리드 형상을 가져도 된다.
- <189> 마스크(24)를 통과한 광은, 투영광학계(4)를 통과한다. 상기 광이 투영광학계(4)를 통과할 때, 파면(37)의 영향 하에서 광(38)의 진행 방향이 굽어지고, 결과적으로 횡변위를 형성하여 광은 웨이퍼(28)상에 결상한다. 웨이퍼(28)에는 감광재가 도포되어 있어, 현상 또는 잠상에 의해 패턴(26)의 상으로부터 횡변위 측정을 행한다. 포커스계(19), 웨이퍼 스테이지(18) 및 웨이퍼 홀더(17)에 의해 웨이퍼(28)를 상면위치에 보낼 수 있다.
- <190> 이전의 실시형태와 마찬가지로, 도 16에 도시된 바와 같이, 검출계(12)에 상을 재결상 시킴으로써 위치차이를 측정하여도 된다. 다음에, 조명의 편광방향을 회전시켜 횡변위량의 측정을 반복하여, 본 실시형태에서는 복수의 다른 편광방향의 값과 횡변위량을 FFT 해석에 제공한다.
- <191> 이 경우도, 상기 실시형태와 마찬가지로, 얻은 상의 위치는 X편광의 위상정보 및 Y편광의 위상정보의 합을 포함하고 있다. 광(38)은 투영광학계(4)의 영향을 받고 결상된 광의 광강도는 상기 영향의 정보를 유지한다. 따라서, 상의 위치 차이는 광의 중심의 정보를 포함하고 있다. 상기 정보는 파면의 기울기의 중심 정보이므로, 상기 파면은 한 번 재생을 하여 위상 변환할 필요가 있다. 이와 같이, 본 실시형태의 측정방법은 ISI 마스크에 및 하트만법을 이용하는 측정계를 가지는 노광장치에 적용 가능하다. 핀홀(27), 볼록렌즈(25) 및 동일한 기능을 가지는 광학소자도 편광상태를 유지하도록 설계될 필요가 있다.

- <192> 도 19에 도시된 바와 같이, 대안적인 방법에서는 검출계(29)를 상면 위치에 배치하고, 스테이지(18)를 이동시키면서 공중 상 및 상의 위치 차이를 측정한다. 이 방법은 원리적으로는 상기 실시형태와 마찬가지로 적용 가능하다. 검출계(29)는 도 20에 도시된 바와 같이, 상부에 개구(43)를 가지고, 개구(43)를 통과한 광량을 광량 센서(44)에 의해 측정한다.
- <193> 다음에, 도 17을 참조하면서 어레이 렌즈 및 하트만법을 이용하는 측정계를 가지는 노광장치의 측정방법에 대해서 설명한다. 상기 실시형태와 마찬가지로, 조명광학계(1)에 의해 0°의 편광방향으로 직선 편광을 플레이트(3)의 개구에 조사한다. 플레이트(3)의 개구를 통과한 광은 이상적인 구면파가 된 후, 투영광학계(4)를 통과한다. 파면(37)의 영향을 받은 광(38)이 마이크로렌즈 어레이유닛(40)을 개재하여 검출계(12)에 도달한다. 마이크로렌즈 어레이유닛(40)을 통과한 광(38)은 도 18에 도시된 릴레이 광학계(41)에 의해 평행광으로 되어 마이크로렌즈 어레이(42)에 안내된다. 마이크로렌즈 어레이(42)는 광속(38)을 검출계(12) 상에 이산적으로 광을 집광시킨다. 검출계(12)의 위치는 상면과 공역인 위치에 배치되어 있다. 검출계(12)에 결상된 이산적인 도트상은 파면(37)의 영향하에서 굽어져서, 횡변위를 발생시킨다. 다음에 조명의 편광방향을 회전시켜 횡변위량의 측정을 반복하여, 본 실시형태에서는 복수의 다른 편광방향의 값과 횡변위량을 FFT 해석에 제공한다.
- <194> 이 경우에도, 상기 실시형태와 마찬가지로, 얻은 상의 위치는 X편광광의 위상정보 및 Y편광광의 위상정보의 합이 포함되어 있다. 상기 광(38)은 투영광학계(4)의 영향을 받고, 결상된 광의 광강도는 상기 영향의 정보를 유지하고 있다. 따라서, 상의 위치 차이는 광의 중심의 정보를 포함하고 있다. 상기 정보는 파면의 기울기의 중심 정보이기 때문에, 상기 파면은 한 번 재생을 하여 위상 변환할 필요가 있다. 이와 같이, 본 실시형태는 어레이 렌즈 및 하트만법을 이용하는 측정계를 가지는 노광장치에 적용 가능하다.
- <195> 다음에, 도 21을 참조하면서, SPIN 마스크 및 하트만법을 이용하는 측정계를 가지는 노광장치의 측정방법에 대해서 설명한다. 이전의 실시형태와 마찬가지로, 조명광학계(1)에 의해 0°의 편광방향으로 도 22에 도시된 바와 같이 개구에 확산 광학소자(8) 및 패턴(9)을 가진 SPIN 마스크(7)에 직선 편광을 조사한다. 패턴(9)은 도 23에 도시된 바와 같이 그리드 형상을 가지고 있고, 각 라인(9)은 모두 야마모토마크(Yamamoto mark)로 칭하는 회절광을 억제하는 특수한 패턴을 가지고 있다. SPIN 마스크(7)를 통과한 광은 투영광학계(4)를 통과한다. 상기 광이 투영광학계(4)를 통과할 때, 파면(37)의 영향을 받는다. 따라서, 광(38)의 진행 방향이 굽어지고, 결과적으로 횡변위를 형성하고 상기 광(38)은 웨이퍼(28)상에서 결상한다. 웨이퍼(28)에는 감광재가 도포되어 있고, 현상 또는 잠상에 의해 패턴(9)의 상으로부터 횡변위를 측정한다. 포커스계(19), 웨이퍼 스테이지(18) 및 웨이퍼 홀더(17)는 웨이퍼(28)를 상면위치에 보낼 수 있다.
- <196> 다음에, 조명의 편광방향을 회전시킴으로써 횡변위량의 측정을 반복하여 본 발명에서는 복수의 다른 편광방향의 값과 횡변위량을 FFT 해석에 제공한다. 이 경우에도, 상기 실시형태와 마찬가지로, 얻은 상의 위치는 X편광광의 위상 정보 및 Y편광광의 위상 정보의 합이 포함되어 있다. 상기 광(38)은 투영광학계(4)의 영향을 받고 결상된 광의 광강도에는 상기 영향의 정보를 유지하고 있다. 따라서, 상의 위치 차이는 광의 중심의 정보를 포함하고 있다. 상기 정보는 파면의 기울기의 중심 정보이기 때문에, 상기 파면은 한 번 재생을 하여 위상 변환할 필요가 있다. 차분파면으로부터의 파면재생에서는 재생된 파면의 오프셋은 계산할 수 없기 때문에, 적어도 1개 이상의 리타던스량과 진상축의 정보를 별도로 측정하여, 가산할 필요가 있다.
- <197> 이와 같이, SPIN 마스크 및 하트만법을 이용하는 측정계를 가지는 노광장치에 본 실시형태의 측정방법을 적용할 수 있다.
- <198> 확산 광학소자(8) 및 야마모토 패턴(9)은 편광 상태를 유지하도록 설계되어 있다.
- <199> 다른 예시적인 적용에서는 도 24A 및 도 24B에 도시된 바와 같이, 편광모듈(45)이 마스크(46)에 형성된 것처럼 복수의 편광모듈(45)이 배치되어 있다. 각각의 편광모듈(45)은 편광자(44)의 상부에 확산 광학소자(8)의 개구와 편광자(44)의 하부에 패턴(9)(야마모토 마크)를 가진다. 도 24A 및 도 24B는 각 편광 모듈(45)의 개략 단면도이다.
- <200> 각 편광 모듈(45)에 있어서의 편광자(44)의 주축을 조금씩 회전시킨다. 결과로서, 조명광학계(1)에 의해 적절한 광을 조사하는 경우, 본 실시형태에서는 편광 유닛(2)이 없이 다른 편광상태를 측정할 수도 있다. 상기 모듈(45)의 구성은 확산 광학소자(8)의 상부 개구 및 하부 패턴(9)을 변경함으로써, SPIN법, ISI법 및 그 외 간섭측정에서도 플레이트(3)의 개구에 응용가능하다. 도 25A 및 도 25B에 본 실시형태를 나타낸다. 도 24A 및 도 24B에 도시된 마스크 및 측정용 광학부품을 이용한 PDI, LDI 및 각종 하트만법에 따르는 본 측정방법은 상술한 바와 같다.

<201> 다음에, 도 26에 도시된 측정 시퀀스 흐름도를 참조하면서, 편광조명 노광조건하에서 편광상태를 최적화할 수 있는 노광장치에 대해서 설명한다. 조명광학계(1)에 의해 0° 의 편광방향으로 직선편광을 조사한다(스텝 1002). 다음에, 상술한 각종 측정법 중의 하나에 의해, 투영광학계(4)를 투과한 광의 중심량을 측정하고, 데이터 처리계(43)에 저장한다(스텝 1004). 다음에, 편광 유닛(2)을 회전시켜서, 다른 편광방향을 가지는 조명에 의해 측정을 반복하고, 상기 결과의 저장을 설정된 모든 편광방향에 대해서 반복한다(스텝 1006, 1008). 저장된 측정 결과 및 각각 대응하는 편광방향의 값을 이용하여, 데이터 처리계(43)에서 편광특성을 해석하고, 최적인 투영광학계(4), 레티클패턴 및 조명광학계(1)의 보정량을 산출한다(스텝 1010). 상기 보정량의 산출에는 일본국 특개평 11-054411호 공보에 개시된 방법을 사용할 수 있다. 그 후, 보정량이 노광장치에 피드백된다(스텝 1012). 피드백은, 렌즈 구동계(20) 및 편광 조명을 제어하는 조명광학계(1)의 도시하지 않는 편광 제어부에 의해 실행된다.

<202> 다음에, 도 28 및 도 29를 참조하면서, 상술의 노광장치를 이용한 디바이스의 제조 방법의 실시형태를 설명한다. 도 28은, 반도체 디바이스 및 액정 표시 디바이스 등의 미세 디바이스의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다. 본 실시형태에서는, 반도체 디바이스의 제조의 예를 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 디바이스의 회로설계를 실시한다. 스텝 2(레티클 제작)에서는, 설계한 회로 패턴을 형성한 레티클을 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용하여 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는, 전 공정으로 부르며 레티클과 웨이퍼를 이용하여 본 발명의 포토리소그래피 기술에 의해 웨이퍼상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는, 후속공정으로 부르며 스텝 4에서 형성된 웨이퍼를 이용하여 반도체 칩으로 형성하는 공정이며, 어셈블리 공정(다이싱, 본딩), 패키징 공정(칩 밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 제작된 반도체 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트 등의 검사를 실시한다. 이들 공정을 거쳐 반도체 디바이스를 완성하여, 출하된다(스텝 7).

<203> 도 29는, 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름도이다. 스텝 11(산화)에서는, 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 12(CVD)에서는, 웨이퍼의 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극 형성)에서는, 웨이퍼상에 전극을 증착 등에 의해 형성한다. 스텝 14(이온 주입)에서는, 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(레지스트 처리)에서는, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는, 상술의 노광장치에 의해 레티클의 회로패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 18(에칭)에서는, 현상한 레지스트상 이외의 부분을 지워낸다. 스텝 19(레지스트 박리)에서는, 에칭이 끝나 불필요해진 레지스트를 제거한다. 이들 공정을 반복하여 웨이퍼상에 다층의 회로 패턴이 형성된다. 이 디바이스의 제조방법에 의하면, 이전보다 고품위의 디바이스를 제조할 수 있다. 이와 같이, 노광장치를 사용하는 디바이스의 제조방법 및 결과물로서의 디바이스도 본 발명의 1 측면을 구성한다.

발명의 효과

<204> 본 발명에 의하면, 파장판 및 편광자 등의 광학소자를 사용하지 않고 피검광학계의 편광특성을 종래보다 단순하게 측정할 수 있다.

<205> 또한, 본 발명은 이들 바람직한 실시형태에 한정되지 않으며, 본 발명의 범위를 일탈하지 않고 각종 변형 및 변경이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은, 존스 매트릭스의 고유 벡터(특성 벡터)의 한 쌍의 직교하는 요소간의 위상차이를 $n\pi$ 에 근사시킨 결과로서 얻은 리타던스의 값과 리타던스의 실측치가 1대1의 비례형태로 되는 것을 도시한 그래프;
- <2> 도 2는, 존스 매트릭스의 고유 벡터의 한 쌍의 직교하는 요소간의 위상차이를 $n\pi$ 에 근사시킨 결과로서 얻은 진상축의 값과 진상축의 실측치가 1대1의 비례형태로 되는 것을 도시한 그래프;
- <3> 도 3A 및 도 3B는, 투영광학계의 동공 내의 리타던스의 분포도이며; 구체적으로는, 도 3A는 이론치를 나타내는 도면; 도 3B는 본 실시예에 의한 근사의 결과도;
- <4> 도 4A 및 도 4B는, 투영광학계의 동공 내의 진상축의 분포도이며; 구체적으로는, 도 4A는 이론치를 나타내는 도면; 도 4B는 본 실시예에 의한 근사의 결과도;
- <5> 도 5는, 광의 중심량을 점회절 간섭측정법(PDI": point diffraction interferometry)을 이용하여 산출하는 노광장치의 개략 블록도;
- <6> 도 6은, 도 5에 도시된 편광 유닛의 구성을 나타내는 개략 블록도;

- <7> 도 7은, PDI를 설명하기 위한 개략 블록도;

<8> 도 8은, 도 5에 도시된 노광장치의 변형예인 개략 블록도;

<9> 도 9는, 도 8에 도시된 노광장치의 PDI를 설명하기 위한 개략 블록도;

<10> 도 10은, 광의 중심량을 래터럴 셰어링 간섭측정법("LSI": lateral shearing interferometry)으로 산출하기 위한 노광장치의 개략 블록도;

<11> 도 11은, 도 10에 도시된 노광장치의 LSI를 설명하기 위한 개략 블록도;

<12> 도 12는, 광의 중심량을 ISI 횡변위 측정법으로 산출하기 위한 노광장치의 개략 블록도;

<13> 도 13은, 도 12에 도시된 노광장치의 ISI 횡변위 측정법을 설명하기 위한 개략 블록도;

<14> 도 14는, 도 13에 도시된 ISI 마스크 패턴을 도시한 개략 평면도;

<15> 도 15는, 도 13에 적용할 수 있는 다른 ISI 마스크 패턴을 도시한 개략 평면도;

<16> 도 16은, 광의 중심량을 ISI 횡변위 측정법으로 산출하기 위한 다른 노광장치의 개략 블록도;

<17> 도 17은, 광의 중심량을 하트만 측정법(Hartmann measurement method)을 이용하여 산출하는 노광장치의 개략 블록도;

<18> 도 18은, 도 17에 도시된 노광장치의 하트만 측정법을 설명하기 위한 개략 블록도;

<19> 도 19는, 광의 중심량을 하트만 측정법을 이용하여 산출하는 다른 노광장치의 개략 블록도;

<20> 도 20은, 도 19에 도시된 노광장치의 하트만 측정법을 설명하기 위한 개략 블록도;

<21> 도 21은, 광의 중심량을 SPIN 측정법으로 산출하는 노광장치의 개략 블록도;

<22> 도 22는, 도 21에 도시된 노광장치의 SPIN 측정법을 설명하기 위한 개략 블록도;

<23> 도 23은, 도 21에 도시된 피측정 마크의 개략 평면도;

<24> 도 24A 및 도 24B는, 도 22의 응용예를 도시한 단면도 및 평면도;

<25> 도 25A 및 도 25B는, 도 24A 및 도 24B에 도시된 마스크를 ISI 횡변위 측정법 또는 다른 측정법으로 적용 가능한 구성의 개략 단면도;

<26> 도 26은, 본 실시예의 측정방법을 설명하기 위한 흐름도;

<27> 도 27은, 복굴절량이 작은 경우에, 존스 매트릭스의 고유벡터의 한 쌍의 직교하는 요소간의 위상차이를 $n\pi$ 에 근사시키는 것을 나타내는 그래프;

<28> 도 28은, 디바이스의 제조를 설명하기 위한 흐름도;

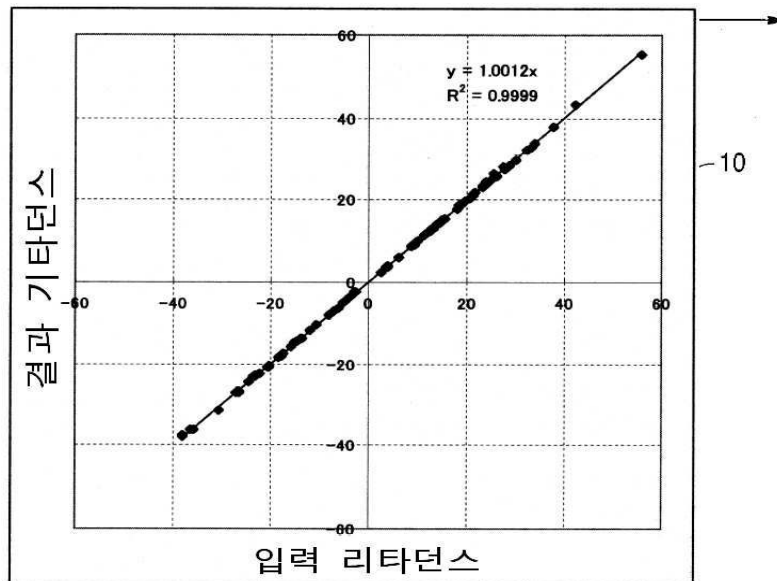
<29> 도 29는, 도 28에 도시된 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름도.

<30> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

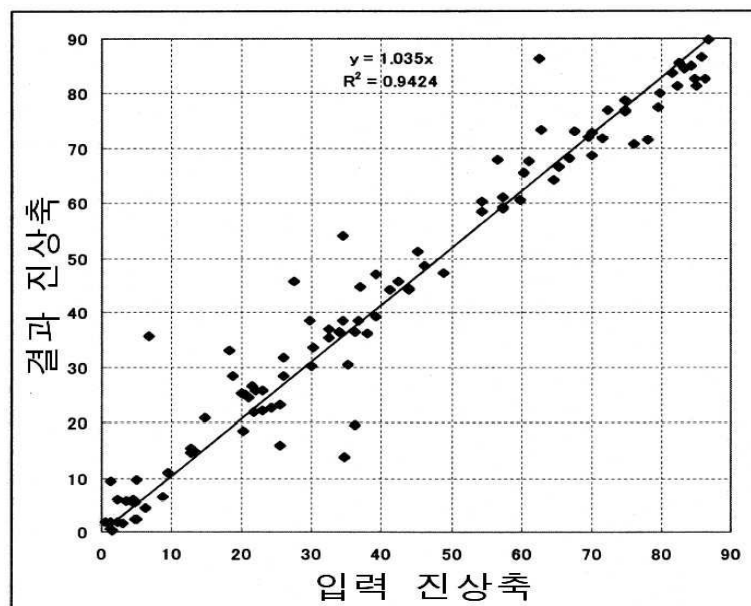
<31> 1: 조명광학계	2: 편광 조명유닛
<32> 3, 10, 30: 플레이트	4: 투영광학계
<33> 11: 릴레이 광학계	12: 검출계
<34> 21: 확산소자	22: 편광자
<35> 43: 처리계	

도면

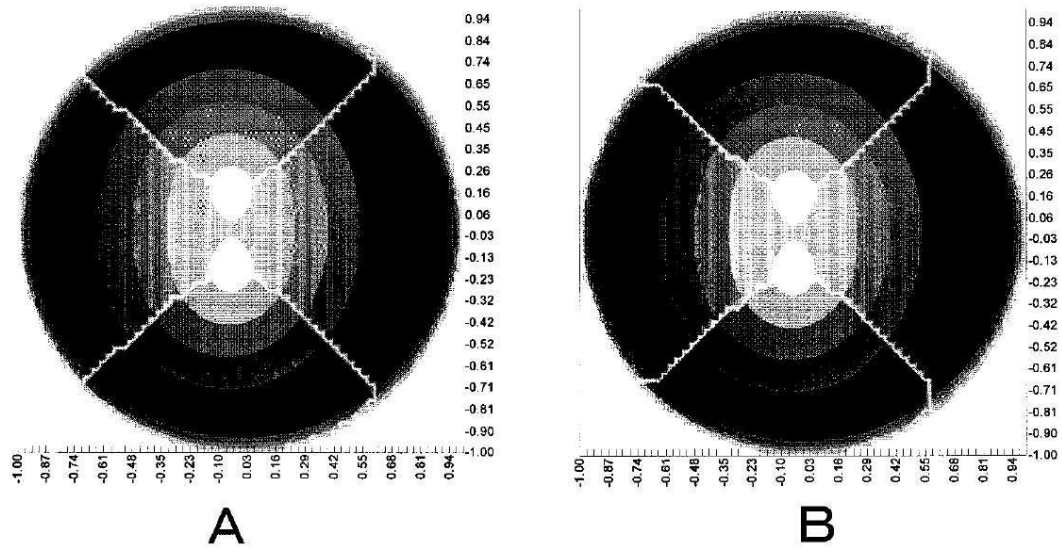
도면1



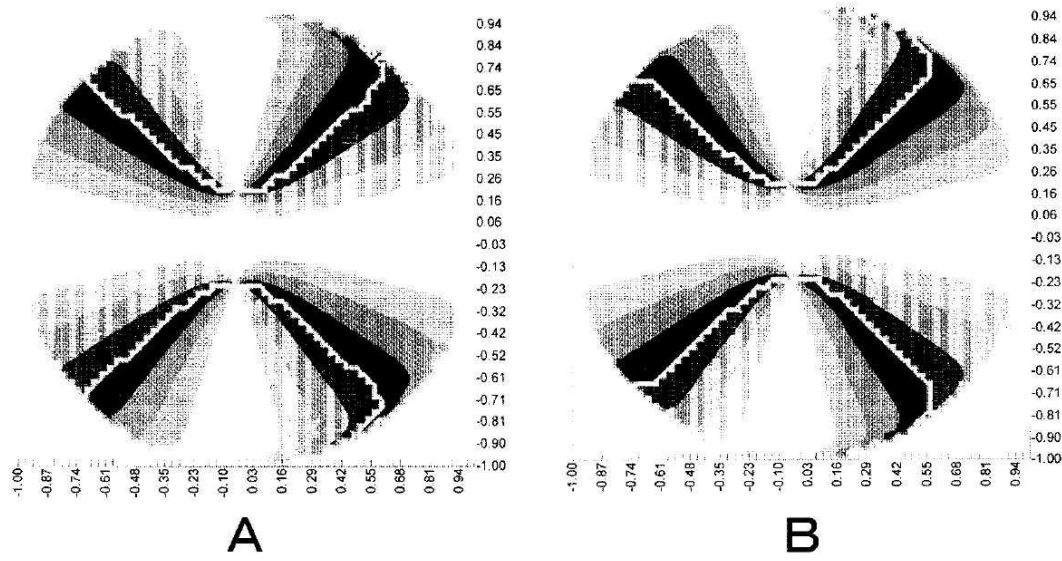
도면2



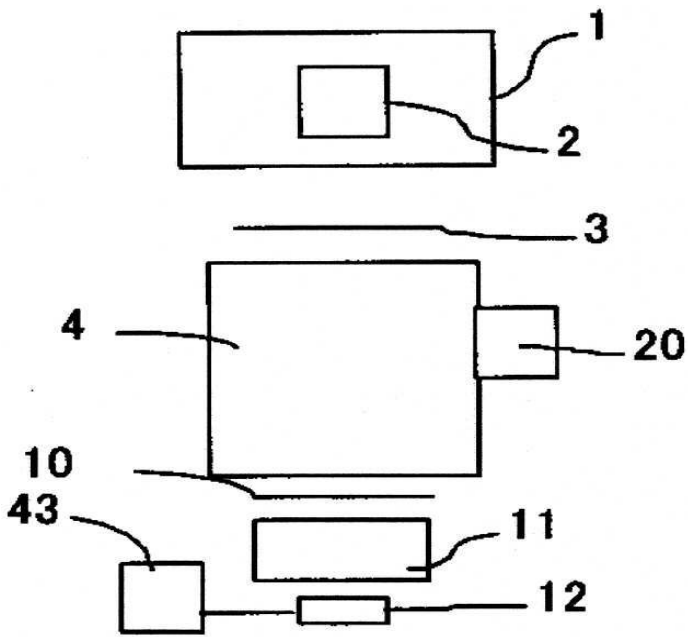
도면3



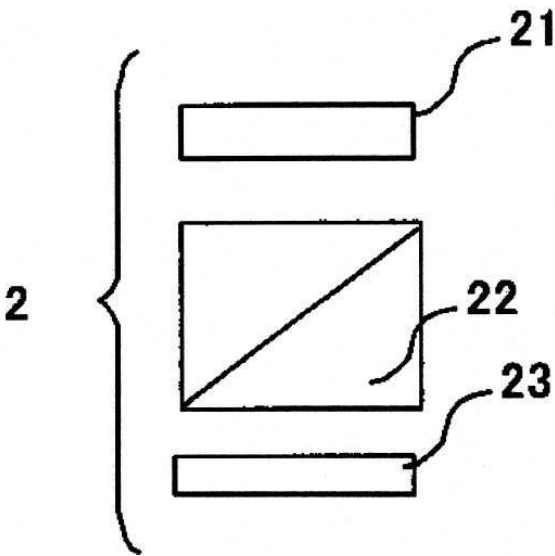
도면4



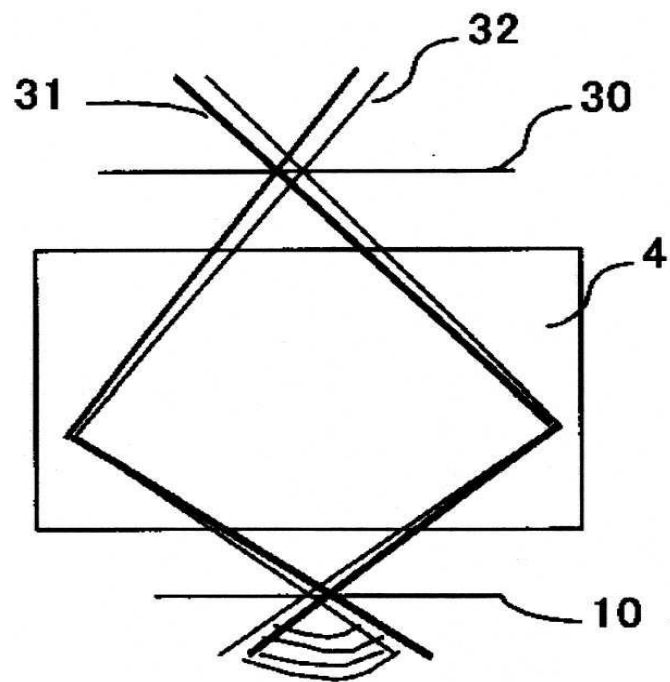
도면5



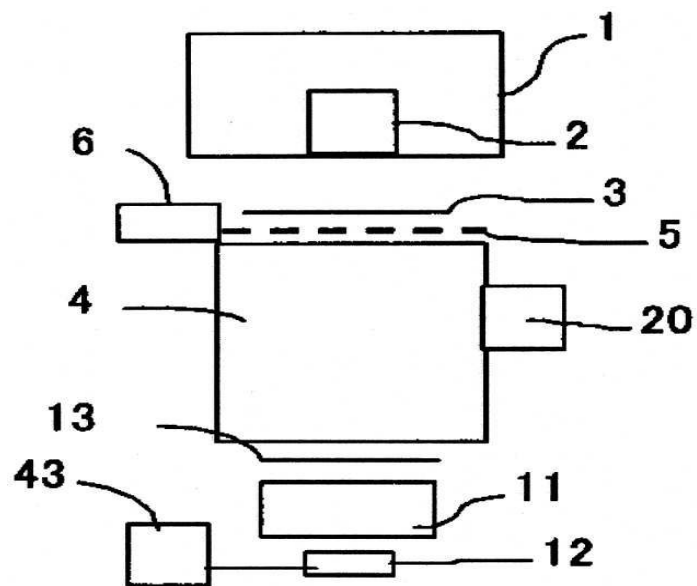
도면6



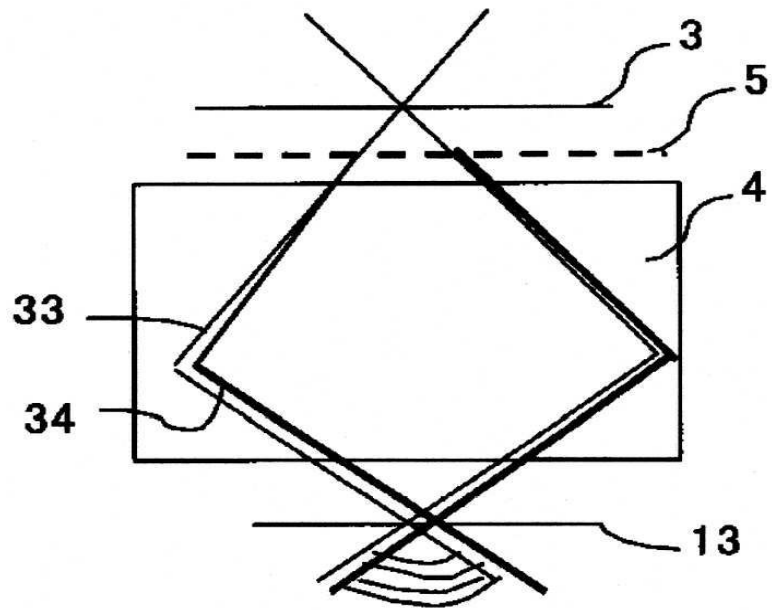
도면7



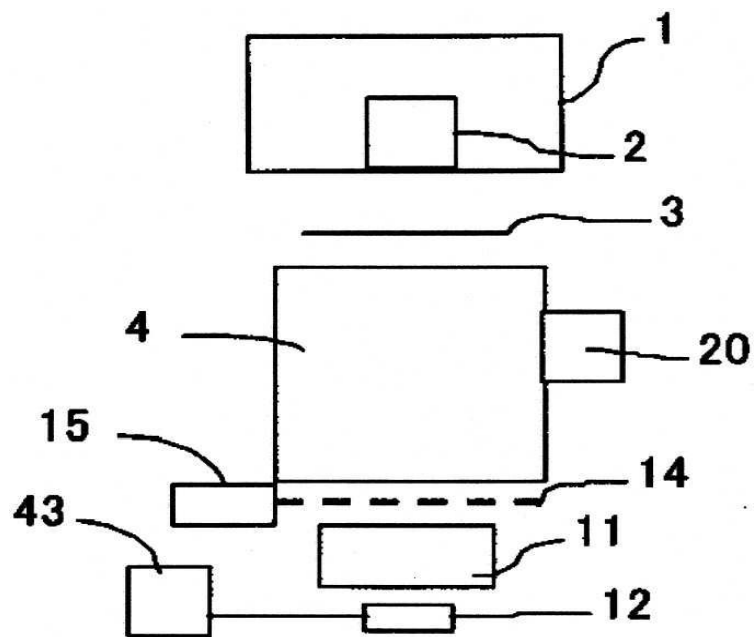
도면8



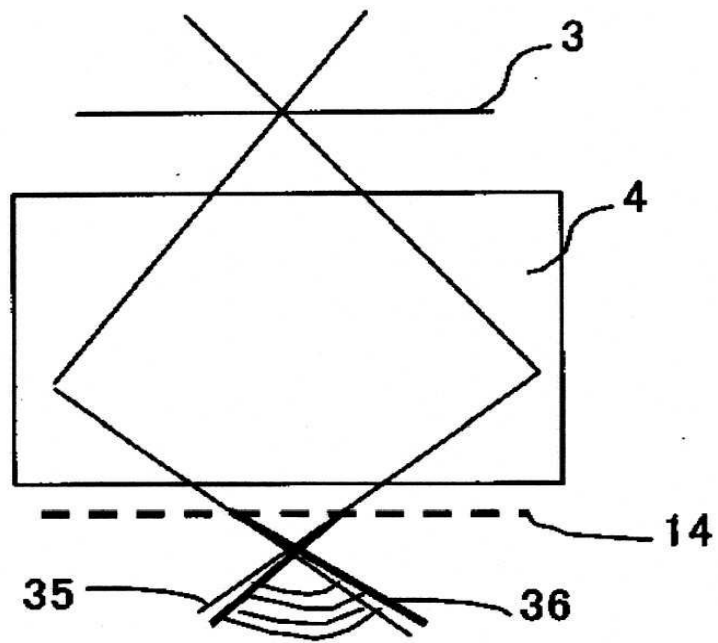
도면9



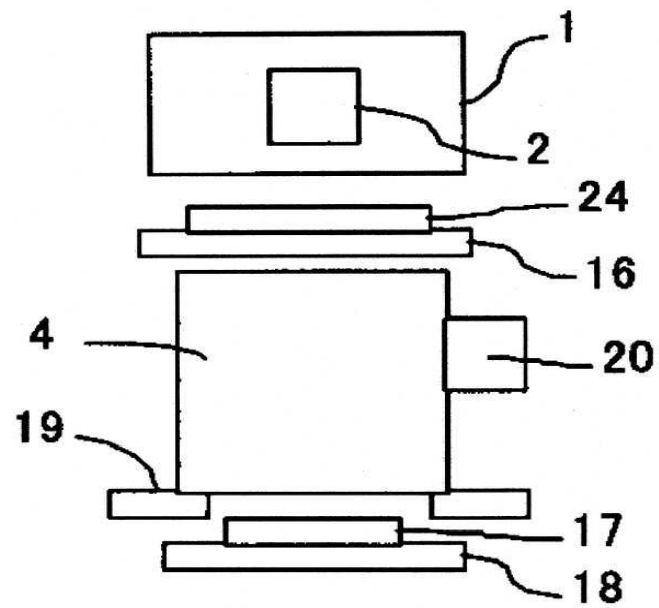
도면10



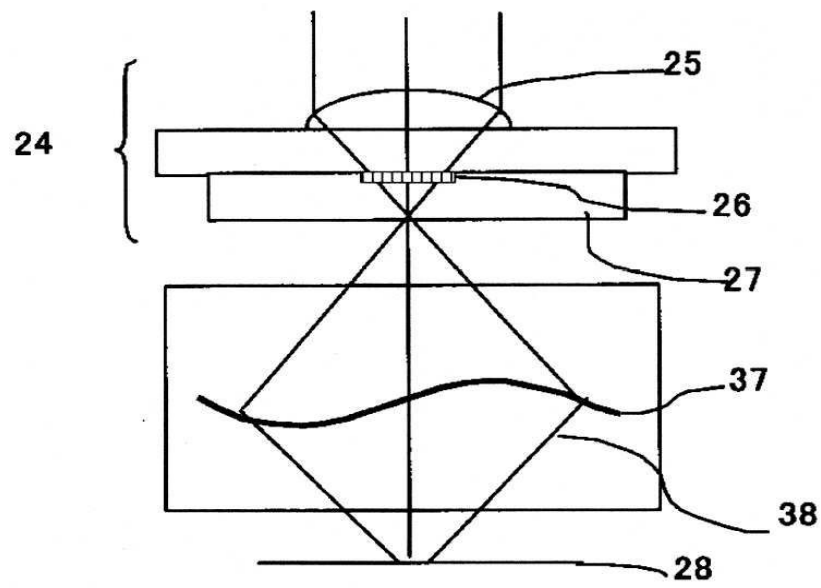
도면11



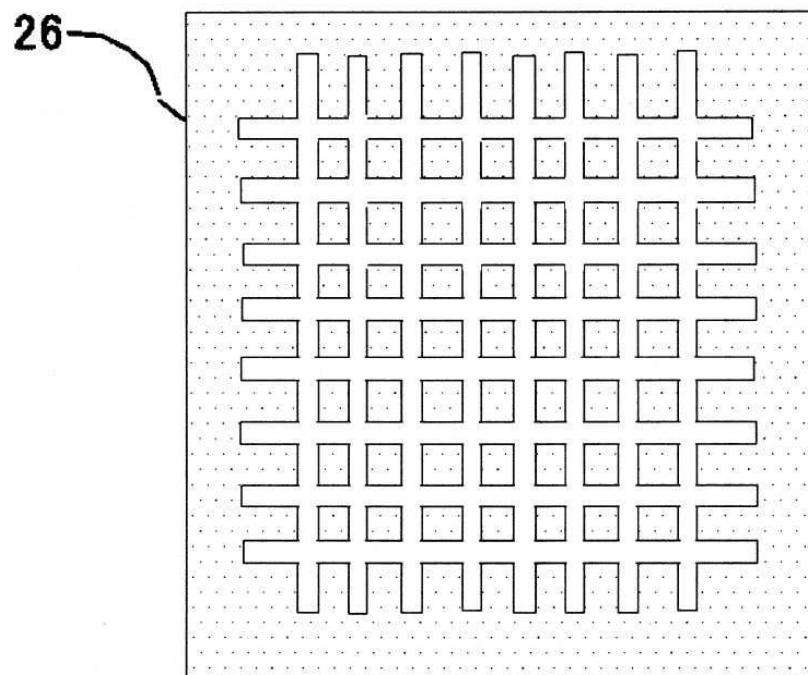
도면12



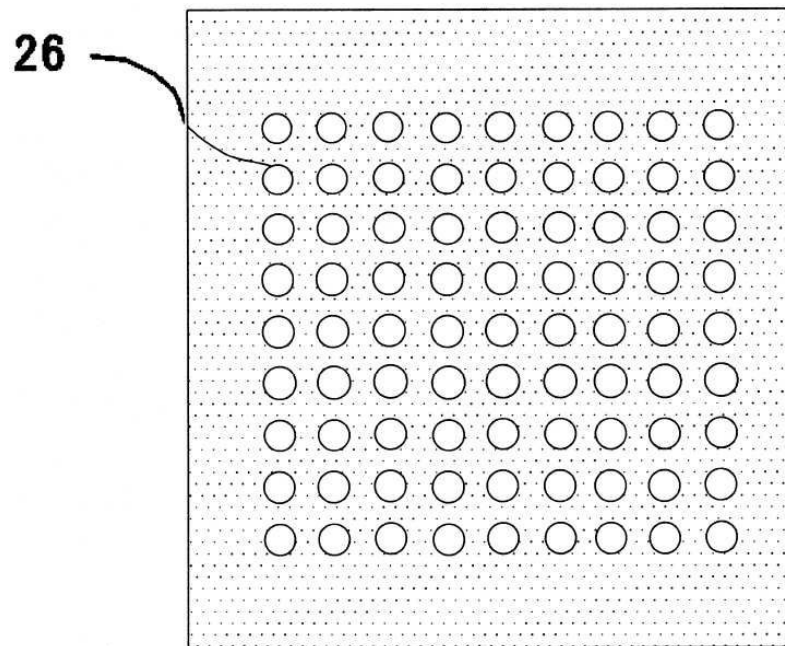
도면13



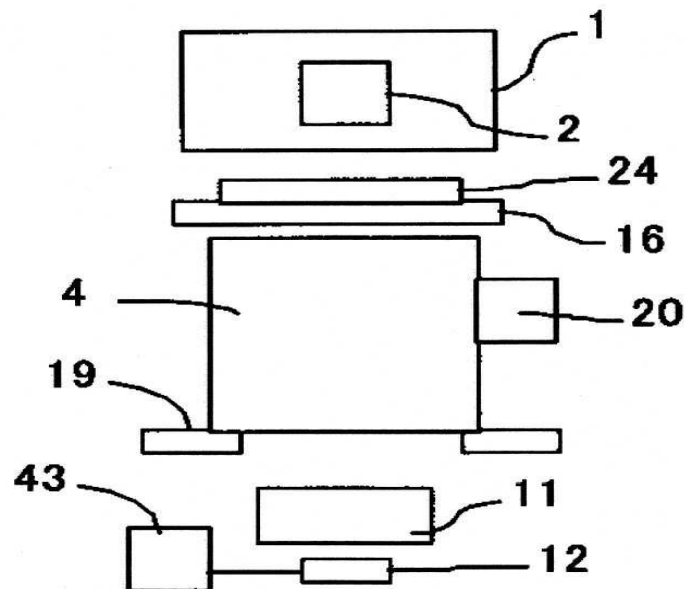
도면14



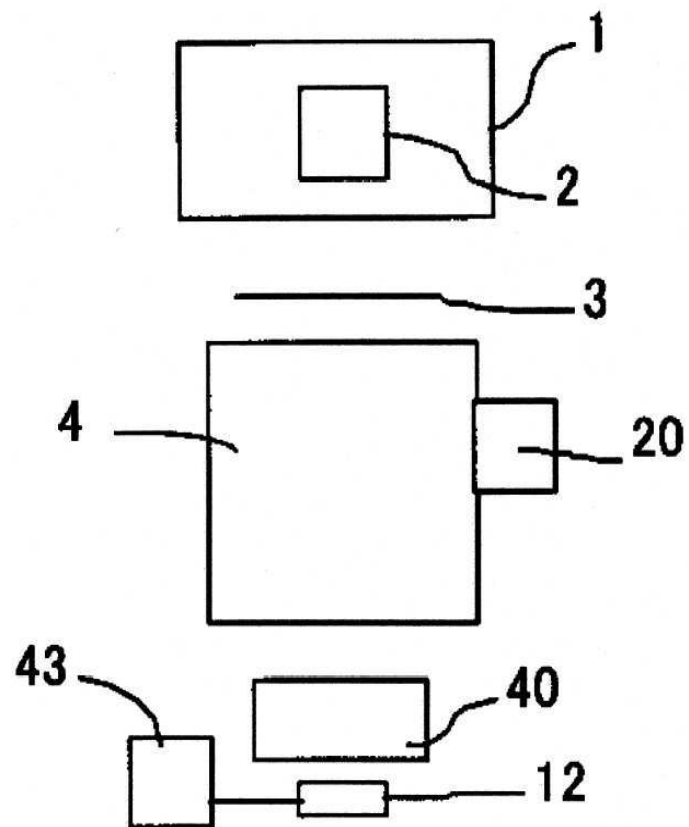
도면15



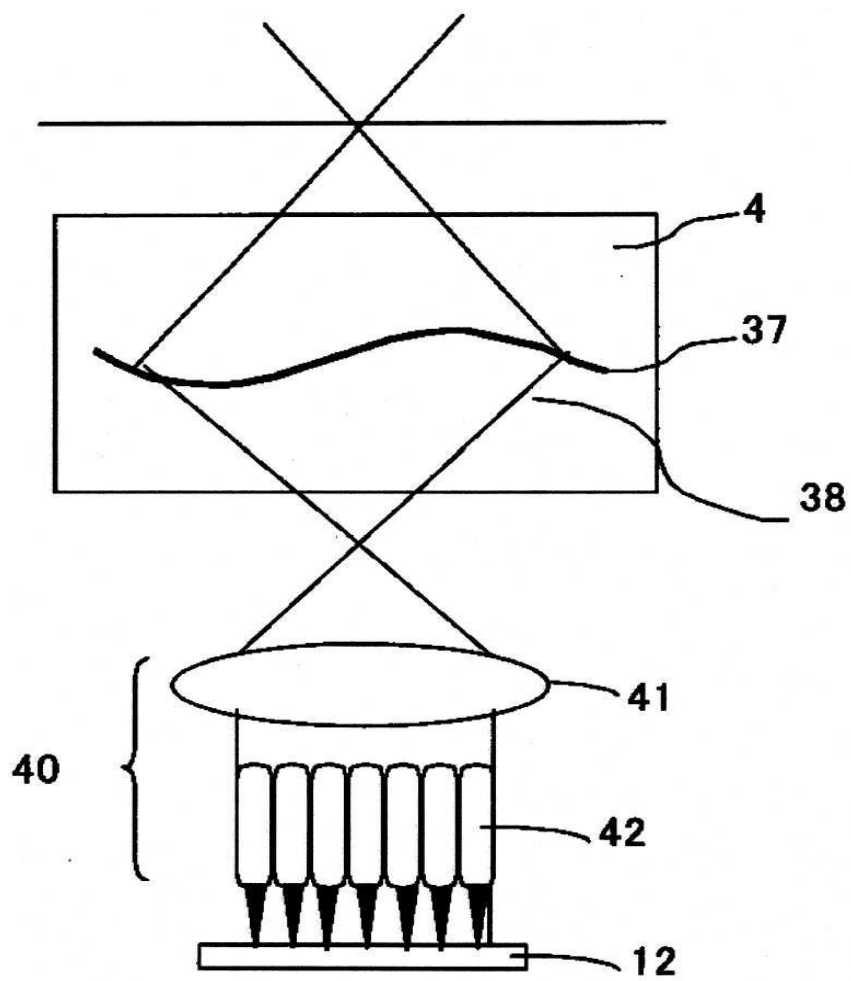
도면16



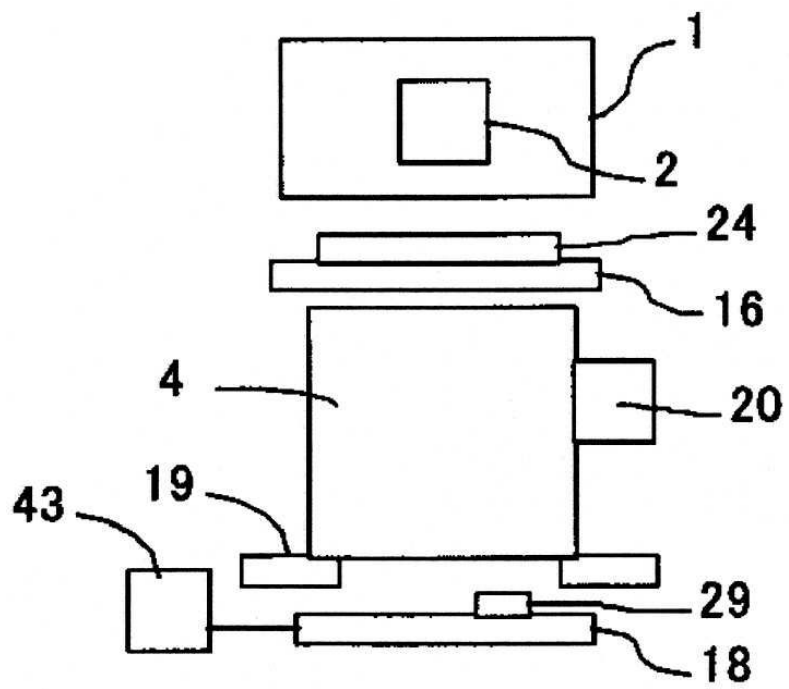
도면17



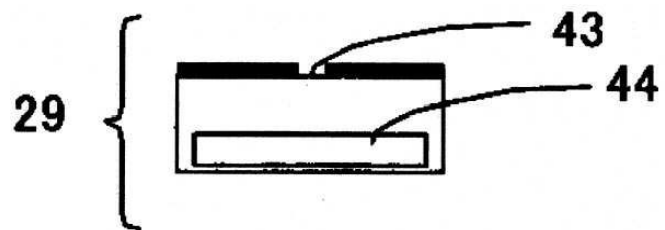
도면18



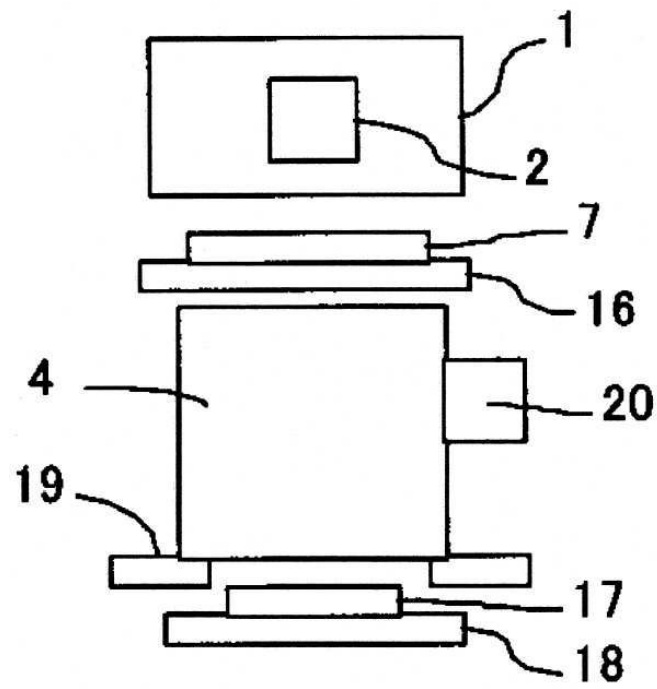
도면19



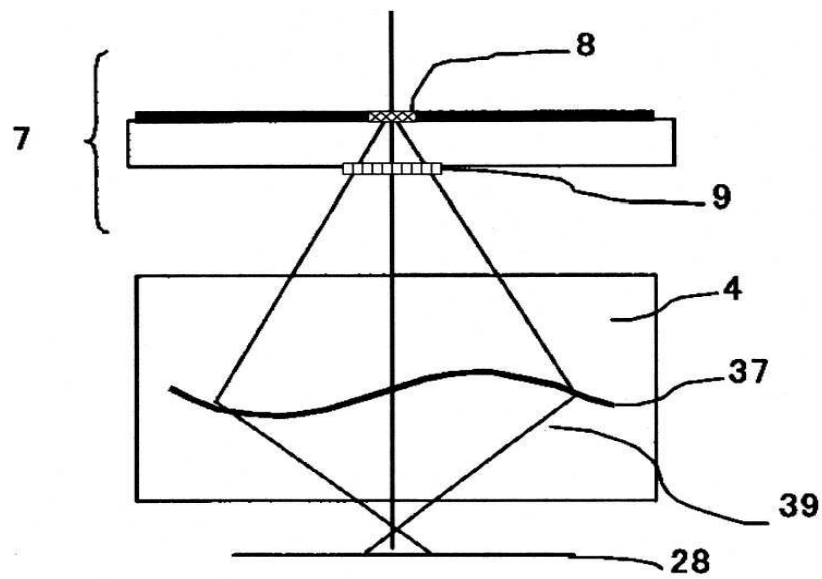
도면20



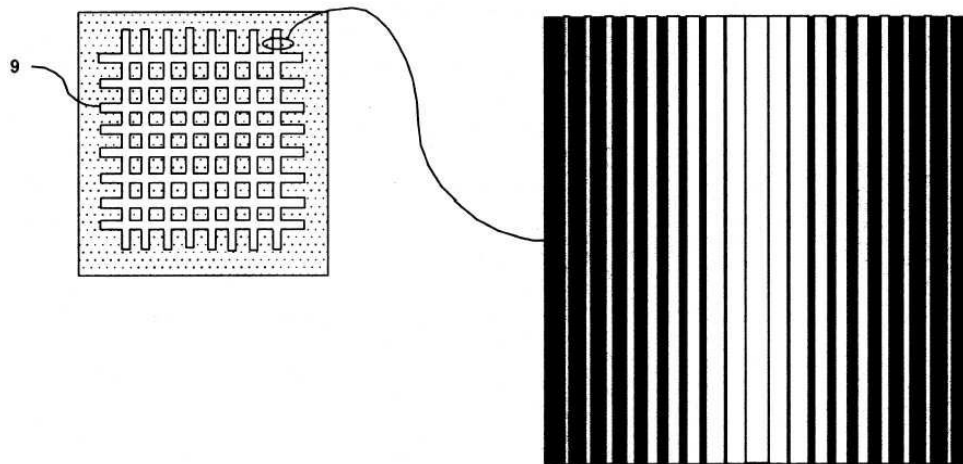
도면21



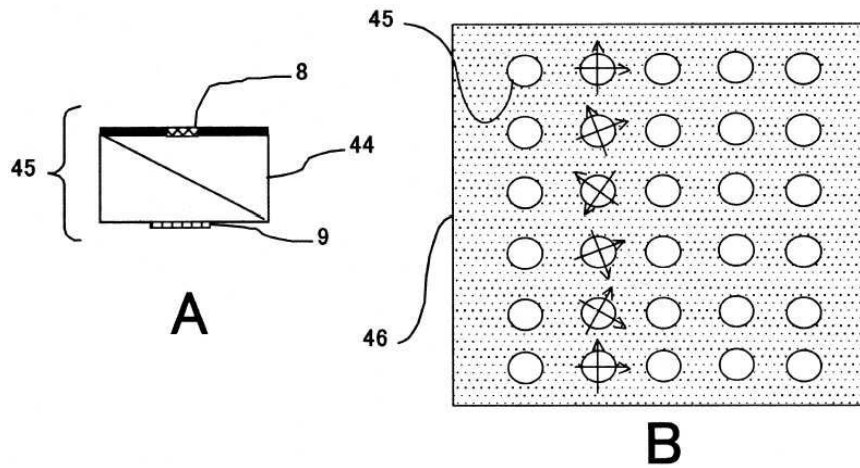
도면22



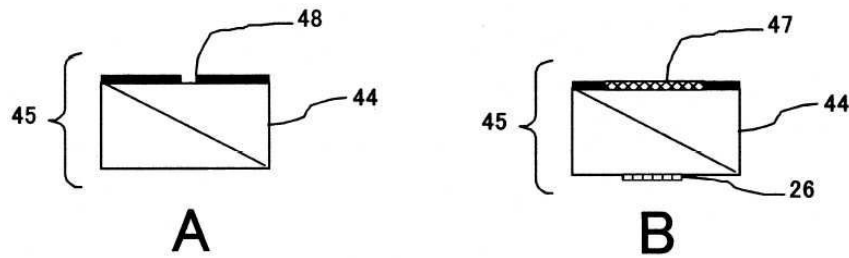
도면23



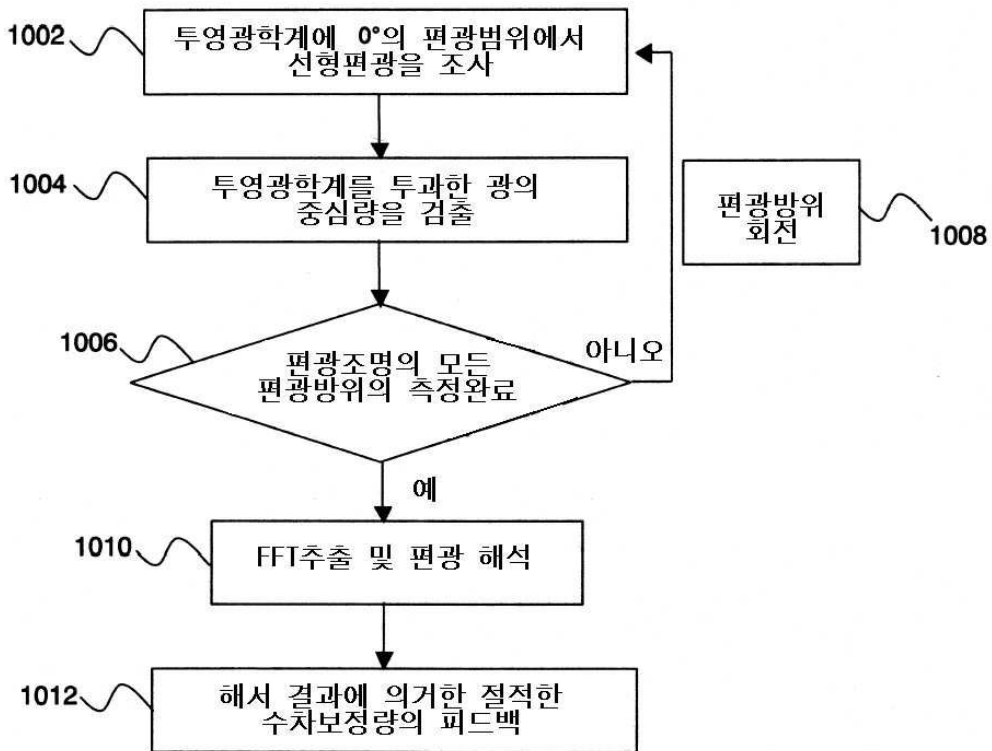
도면24



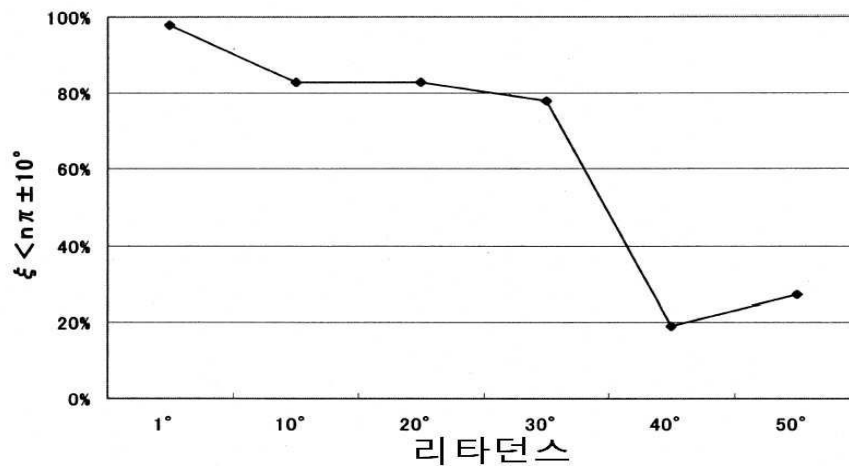
도면25



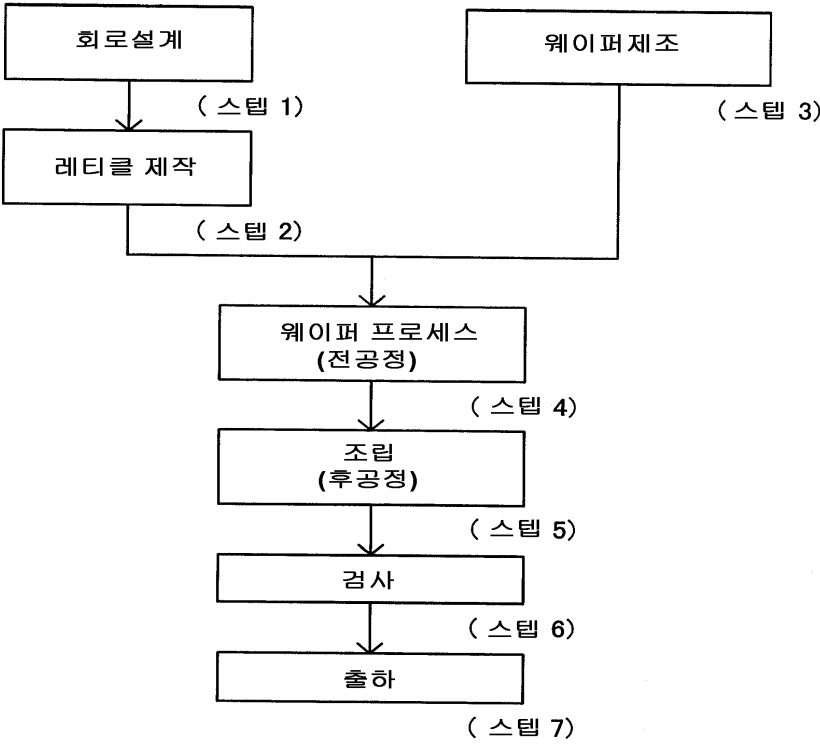
도면26



도면27



도면28



도면29

