

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. ⁸ H01L 21/027 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년01월23일 10-0543733 2006년01월10일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2004-7007800	(65) 공개번호	10-2004-0066838
(22) 출원일자	2004년05월21일	(43) 공개일자	2004년07월27일
번역문 제출일자	2004년05월21일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2002/012465	(87) 국제공개번호	WO 2003/046530
국제출원일자	2002년11월28일	국제공개일자	2003년06월05일

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00367400 2001년11월30일 일본(JP)

(73) 특허권자 인터내셔널 비지네스 머신즈 코포레이션
 미국 10504 뉴욕주 아몬크 뉴오차드 로드

(72) 발명자 우다 미즈루
 일본 시가켄 코가군 코세이초 보다이지 330-279

 테라카와 가즈나리
 일본 시가켄 요카이치시 가미히라기초 2030-25

 스즈키 아키라
 일본 시가켄 오미하히만시 후나마치 2

 오이시 시아키
 일본 시가켄 오즈시 타이쇼군 1-17-17-2에이

 야마다 야스하루
 일본 시가켄 가모우군 가모우초 카모도우 328-586

 하야노 데루히코
 일본 시가켄 고가군 코세이초 보다이지 1492-339

(74) 대리인 김태홍
 신정건

심사관 : 김준학

(54) 패턴 프로파일의 검사 장치 및 검사 방법, 노광 장치

요약

요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차(편차)를 간단하고 또한 고정밀도로 검출한다. 요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차를 검출하기 위한 패턴(32) 검사 장치로서, 패턴을 얹는 플레이트(30)와, 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범

위 내에서 상기 패턴으로의 조사광의 각도를 변경할 수 있는 광원(40, 42, 44)과, 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내의 각도로 상기 패턴으로부터의 반사광을 수광할 수 있는 수광기(52, 54)를 포함하며, 수광기가 수광하는 패턴 각부의 상면과 측면 사이의 엣지로부터의 반사광량으로부터 패턴의 프로파일 오차를 검출하는 것을 특징으로 하는 패턴 검사 장치이다.

대표도

도 7

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차(편차)를 검출하는 패턴 검사 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 웨이퍼 등의 기판 상에 형성된 포토레지스트 패턴의 형성 불량 유무를 판정하는 검사 장치 및 검사 방법에 관한 것이다.

배경기술

반도체 소자의 제조 공정에 있어서, 회로 패턴을 형성하기 위한 마스크로서, 웨이퍼 상에 포토레지스트 패턴(이하, 단순히 레지스트 패턴이라 칭함)을 형성한다. 레지스트 패턴은 웨이퍼 상에 도포된 레지스트에 대하여 스테퍼나 스캔형 노광기를 사용하여, 마스크 패턴을 노광하여, 노광된 부분 또는 노광되지 않은 부분을 제거함(현상함)으로써 형성된다. 이 레지스트 패턴을 가능한 한 설계 치수 그대로 정밀도 좋게 만드는 것이 반도체의 각종 패턴을 미세 가공함에 있어서 특히 중요하다.

노광시의 디포커스(초점이 흐려짐) 등에 의해 레지스트 패턴이 설계대로 정확하게 형성되지 않는 경우가 있다. 즉, 디포커스에 의해 레지스트 패턴이 설계 치수보다도 틀어져 만들어져 버린다. 이 디포커스는 예컨대 웨이퍼를 대에 얹어, 흡착시켜 웨이퍼 표면을 평면으로 유지하여 노광할 때에, 웨이퍼 이면과 대의 표면 사이의 먼지나 티끌 등의 이물질에 의해 웨이퍼 표면이 평면으로 되지 않는 경우나, 레지스트의 도포 불균일 등의 여러 가지 원인에 의하여 레지스트 표면의 높이가 불균일하게 되는 경우에 발생한다.

종래부터 디포커스에 의한 레지스트 패턴의 형성 불량(프로파일 오차)은 레지스트 패턴을 회절 격자라 간주하여, 레지스트 패턴에 빛을 조사했을 때에 발생하는 회절광을 이용하여 검사되어 왔다. 예컨대, 일본국 공개 특허 2001-141657호 공보에서는 레지스트 패턴의 디포커스부와 정상부에서 발생하는 회절광의 회절 각도의 차이를 색차로서 파악하여, 디포커스부의 유무를 검출하고 있다.

반도체의 미세화가 진행되어, 웨이퍼 상에 형성되는 패턴의 피치가 가시광에 의해 회절광을 발생시키기 위해선 지나치게 작아지고 있다. 예컨대, 0.1 마이크로미터(100 nm) 정도의 미세화가 진행된 웨이퍼로부터 회절광을 발생시키기 위해서는 예컨대 일본국 공개 특허 2000-338049호 공보에 기재된 것과 같이 가시광 보다도 파장이 짧은 자외선 영역(400 nm 이하)의 빛을 광원으로 사용해야만 한다. 그러나, 자외선 광을 사용하면, 레지스트 패턴이 노광되어 버린다. 또한, 인간은 자외선 광에 시감도가 없기 때문에, 광학계의 설정이나 회절광을 측정하기가 매우 수고스러우며 시간이 걸린다. 또한, 수광기로서 사용하는 자외선 센서는 고가이며, 또한 대면적의 자외선 센서는 입수하기조차도 곤란한 경우가 있다.

또한, 회절광을 이용한다고 하는 것은 웨이퍼 상의 패턴의 차이에 의존하여 회절 각도가 변하는 것을 의미한다. 즉, 모든 각도, 방향으로부터 디포커스에 의한 레지스트 패턴의 형성 불량을 관측하는 매크로 관찰을 행할 필요가 있고, 검사 시간의 단축, 매크로 검사의 자동화에 대하여 큰 단점이 된다.

본 발명의 목적은 요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차(편차)를 간단하고 또한 고정밀도로 검출하는 것이다.

본 발명의 목적은 레지스트 패턴의 디포커스 유무를 간단하게 판정하는 것이다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 요철 단면을 갖는 패턴의 상면과 측면 사이의 엣지로부터의 반사광량을 모니터하여, 패턴의 프로파일 오차를 검출한다. 즉, 본 발명은 수광기로 수광하는 패턴의 엣지로부터의 반사광량이 많은 경우에는 그 엣지를 포함하는 패턴의 프로파일 오차는 작고, 반대로 엣지로부터의 반사광량이 적은 경우에는 그 엣지를 포함하는 패턴의 프로파일 오차는 크다고 하여, 패턴의 프로파일 오차를 검출한다.

본 발명은 요철 단면을 갖는 패턴의 상면과 측면 사이의 엣지로부터의 반사광량을 모니터하여, 패턴의 프로파일 오차를 검출하기 위한 새로운 광학 시스템을 제공한다. 그 때, 본 발명은 자외선 광이나 회절광을 이용하지 않고 일반적으로 사용되는 가시광을 이용한 간단한 광학계에 의해 미세한 패턴의 프로파일 오차를 거시적으로 정밀도 좋게 검출한다고 하는 특징을 갖는다.

도면의 간단한 설명

도 1은 디포커스부의 레지스트 패턴과 정상적인 레지스트 패턴의 엣지 형상을 비교하는 도면이다.

도 2는 디포커스부의 레지스트 패턴과 정상적인 레지스트 패턴의 조사광의 입사 각도의 차이를 도시한 도면이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명에 따른 레지스트 패턴 검사 장치 및 검사 방법의 도면으로서, 도 3a는 레지스트 패턴 검사의 개략도이며, 도 3b는 도 3a의 주요부 확대도이다.

도 4는 조사광의 확산 각도(α)를 포함하는 조명 주위를 도시한 도면이다.

도 5는 레지스트 패턴의 등가 모델을 도시한 도면이다.

도 6은 조사광을 눈으로 보아 확인할 수 없는 광원과 눈의 배치를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 CCD를 이용한 자동 검사 장치의 예를 도시한 도면이다.

도 8은 대 위의 웨이퍼의 회전을 도시한 도면이다.

도 9는 레지스트 패턴에 조사광이 조사되는 방향을 도시한 도면이다.

도 10은 도 7의 검사용 PC에 있어서 제어 흐름을 도시한 도면이다.

도 11은 도 7의 본 발명의 시스템에 의해 측정된 웨이퍼의 측정 결과를 도시한 도면이다.

도 12는 레지스트 패턴의 상면에 조사되는 조사광과 엣지에 조사되는 조사광을 도시한 도면이다.

도 13은 엣지에 조사되는 조사광의 비율을 나타내는 그래프이다.

도 14는 디포커스부의 레지스트 패턴과 정상적인 레지스트 패턴의 반사광의 차이를 도시한 도면이다.

실시예

이하의 설명에서는 오로지 레지스트 패턴을 이용하고 있지만, 본 발명의 적용 대상은 이것에 한정되는 것이 아니라, 연속되는 적어도 복수의 요철을 갖는(두께를 갖는) 패턴 전체에 적용할 수 있다. 예컨대, 반도체 상의 미세한 도체 회로 패턴, 반도체 레이저용의 격자, 컬러 필터 등의 광학용 패턴 등에도 적용할 수 있다.

본 발명의 실시예를 상세히 설명하기 전에, 본 발명의 검출 원리에 관해서 설명한다. 패턴의 프로파일 오차는 그 패턴의 상면과 측면 사이의 엣지(이하, 단순히 엣지라 함)에 있어서 현저히 나타난다. 프로파일 오차(편차)가 있으면, 엣지의 형상이 원래 있어야 할 형태에서 틀어져 버린다. 예컨대, 도 1에 도시한 바와 같이, 레지스트 패턴(12b)의 엣지(18b)는 정상적인 12a의 엣지(18a)보다도 급격한 커브로 되어 있다. 즉, 엣지가 보다 내측으로 들어가 있다. 이것은 노광시의 디포커스 때문에, 흐릿해진 상(마스크 패턴)이 레지스트에 찍히기 때문이다.

따라서, 도 2에 도시한 바와 같이, 정상적인 12a의 엣지(18a)와 디포커스인 12b의 엣지(18b)에서는 엣지에 대한 조사광(Li)의 입사 각도(θ 와 ϕ)가 다르기 때문에, 조사광(Li)에 대한 반사광(Lr)의 각도도 다르다. 즉, 패턴으로의 입사광 중 엣지에 있어서의 반사광의 반사 각도가 엣지의 경사 상태(각도)에 따라서 변화된다. 반사광의 수광기의 위치(예컨대 패턴 상면에 대한 각도)를 일정한 위치(각도)에 고정한 경우, 수광기로 들어가는 엣지로부터의 반사광의 양이 엣지의 경사 상태(각도)에 따라서 변화된다. 즉, 엣지의 경사 상태(각도)가 커질수록, 바꿔 말하면 디포커스가 클수록 수광기로 들어가는 엣지로부터의 반사광량이 작아진다. 그 결과, 패턴의 프로파일 오차를 엣지로부터의 반사광량을 검출함으로써 검지할 수 있다.

엣지로부터의 반사광량을 각 엣지마다 혹은 일정한 영역마다 상대적으로 비교함으로써, 2차원으로 배치되는 패턴에 있어서의 프로파일 오차의 유무 및 그 분포를 거시적으로 얻을 수 있다. 바꿔 말하면, 패턴이 2차원으로 넓은 면적에 형성되어 있는 경우라도, 적당한 면적마다 스캔하면서 측정함으로써, 패턴의 프로파일 오차를 2차원 분포(매크로)로서 얻을 수 있다.

본 발명에서는 종래의 회절광이나 간섭광을 이용한 방법과는 검출 원리가 근본적으로 다르다. 즉, 본 발명에서는 회절광이나 간섭광을 가능한 한 배제하여(검출하지 않도록 하여), 엣지로부터의 반사광량을 가능한 한 많이 검출할 수 있도록 한다. 그 때문에, 본 발명에서는 종래 방식과는 다른 광학계의 배치나 광학 소자의 특성 등을 이용한다. 본 발명에서는 검출 감도를 최대한으로 인출하기 위해서 예컨대 이하에 나타난 바와 같은 종래 방식과는 다른 광학계의 배치나 광학 소자의 특성 등을 이용한다.

(a) 광원으로서의 균일한 면발광의 광원이 바람직하다.

(b) 광원을 레지스트의 엣지 부분에 빛을 조사하는 위치에 배치하는 것이 바람직하다. 혹은, 수광기로 그 균일한 면발광의 광원을 관측할 수 있도록 배치하는 것이 바람직하다.

또한, 패턴의 상면과 측면 사이의 엣지에 대하여 거의 수직인 방향으로부터 빛을 입사시키는 것이 바람직하다.

(c) 광원은 소정의 각도(예컨대 약 35도) 이하의 지향성을 갖은 광속으로 하는 것이 바람직하다.

(d) 광원은 지향성을 갖게 하기 위해서, 예컨대 20 mm × 300 mm와 같이 장방형(스틱형)의 형상으로 하는 것이 바람직하다.

(e) 수광기로서는, 예컨대 CCD를 이용할 수 있지만, 영역 센서형이 아니라 지향성을 갖는 빛을 검출할 수 있는 라인 센서형이 바람직하다.

이하, 본 발명의 일 실시예의 패턴 검사 장치 및 검사 방법에 관해서 도면을 사용하여 상세히 설명한다. 본 명세서에서는 일례로서 기관으로서 실리콘의 웨이퍼를 사용하고, 그 웨이퍼 상에 도포된 포토티브형의 레지스트에 대하여, 스캔형 노광기를 사용하여 노광을 행한 후, 불필요한 레지스트를 제거하여 생성된 레지스트 패턴을 검사하는 경우에 관해서 설명한다. 또한, 레지스트 패턴은 예컨대 0.6 내지 0.7 마이크로미터(μm)의 두께를 갖는다. 또한, 레지스트의 두께는 더욱 얇은, 예컨대 0.1 마이크로미터(μm) 이하라도 검출 가능하다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예의 패턴 검사 장치의 빛의 조사와 반사의 모습을 도시한 도면이다. 웨이퍼(14) 상에 형성된 레지스트 패턴(12)에 조사광(Li)을 조사하기 위한 광원(S)과, 조사광(Li)이 레지스트 패턴(12)의 엣지에 의해 반사된 반사광(Lr)을 수광하기 위한 수광 수단(P)을 포함한다. 레지스트 패턴(12)의 전체 혹은 부분에 조사광(Li)을 조사한다. 수광 수단으로 수광하는 것은, 엣지에 의해서 반사된 반사광(Lr)이며, 상면에서 반사된 빛 등은 가능한 한 수광하지 않도록 한다. 엣지에 의해서 반사된 반사광(Lr)을 보다 많이 수광함으로써 검출 감도가 향상된다.

도 3a 및 도 3b에서는 웨이퍼(14)를 설치하는 대(16)는 원형이며, 원의 중심점을 수직으로 관통하는 선을 축으로 하여, 자유롭게 둘레 방향으로 회전할 수 있도록 되어 있다.

조사광(Li)은 수광 수단이 반사광(Lr)을 수광했을 때의 감도나 시인성을 좋게 하기 위해서는 단색광인 것이 바람직하다. 다만, 검출상 이것에 한정되지 않는다. 어떤 파장 및 그 파장에 가까운 복수의 파장을 포함하는 빛이라도 좋다. 예컨대, 광원(S)은 복수의 발광 다이오드(LED)를 중첩으로 늘어놓아 어레이로서 구성한 면발광 광원을 사용하여, 레지스트 패턴(12)의 전체에 조사광(Li)이 조사되도록 한다.

엣지에서 반사된 반사광(Lr)을 수광하기 위해서, 조사광(Li)의 파장은 가시광 영역의 약 400 내지 700 나노미터(nm)인 것이 바람직하다. 가시광의 경우, 눈으로 확인함으로써, 반사광(Lr)의 밝기(명도)에 의해 반사광량을 인식할 수 있기 때문이다. 단, 가시광에 한정된 것은 아니며, 레지스트를 노광하는 파장(자외선 광)을 포함하지 않는 빛이라면, 예컨대 적외선 광과 같은 다른 파장 영역의 빛이라도 좋다.

도 4는 본 발명의 일 실시예의 광원 주위의 모습을 도시한 도면이다. 도 4에서, LED의 전면에는 확산판(13)을 배치하여, 광원(S)으로부터의 조사광(Li)의 확산 각도(γ)(중심광에 대한 최상광 또는 최하광의 각도)를 35도 이하로 한다. 확산 각도(γ)를 35도 이하로 하는 이유는 여러 가지 실험을 한 결과, 엣지 이외의 부분으로부터의 반사광, 회절광, 산란광 등의 불필요한 빛을 제외하고, 검출 감도를 높이기 위해서는 최적이라는 지견을 얻었기 때문이다. 본 발명에서 사용하는 LED 및 확산판의 구성예를 하기에 나타낸다. 다만, 다른 파장의 LED로 구성해도 되는 것은 말할 필요도 없다.

<LED 및 확산판의 구성예>

LED -- 주파장 : 535 nm, 광도 : 3.4 cd, 지향 특성 : $\pm 15^\circ$, 개수 : 240개, 사이즈 : 250 mm $\times$ 48 mm

확산판 -- 투과율 : 60%

LED를 이용한 면발광 광원은 발광면의 휘도를 균일하게 하여, 조사광의 지향성을 높이는 데에 적합하다. 면발광 광원은 넓은 영역에 동시에 조사광(Li)을 조사할 수 있다. 따라서, 수광 수단으로 반사광(Lr)을 수광할 때, 정상부와 디포커스부로부터의 반사광의 차이를 양호하게 식별할 수 있다. 또한, 넓은 범위에 조사광(Li)을 조사할 수 있기 때문에, 검사를 행할 때에, 광원(S) 또는 기관(14)을 이동시키지 않더라도 측정이 가능하다고 하는 메리트가 있다.

광원(S)으로부터의 빛은 레지스트 패턴(12)의 상면에 대하여 비스듬하게 15도 내지 75도의 각도로, 보다 바람직하게는 30도 내지 50도의 각도로 조사할 필요가 있다. 또한, 수광 수단에 의한 반사광의 수광도 레지스트 패턴(12)의 상면에 대하여 비스듬하게 15도 내지 75도의 각도로 실시할 것이 요망된다. 그 근거는 다음과 같다.

실험 결과로부터 광 조사에 의한 레지스트 엣지로부터의 반사광은 레지스트의 형상을 도 5에 도시하는 등가 모델로 근사함으로써 거시적으로 산출할 수 있음을 알았다. 즉, 광 조사(입사) 각도에 대한 반사 각도는 다음의 수학적 식 1과 같다.

$$\text{수학적 식 1} \\ \theta = 180 - \theta_{in} - 2\theta_o$$

단, θ 는 반사 각도, θ_{in} 은 광 조사 각도, θ_o 는 레지스트의 엣지 각도로 근사적으로 구할 수 있다.

또한, SEM 등에 의한 복수 선평의 레지스트 단면 형상으로부터 엣지 부분의 경사 각도(θ_o)는 $30^\circ \sim 70^\circ$ 의 범위에서 모든 레지스트 형상이 대표되는 것을 알았다. 그리고, 수학적 식 1을 이용하여 최대 광 조사 각도 75° 에서부터 최소 광 조사 각도 15° 에서의 반사 각도와 레지스트 엣지 경사 각도의 관계를 구한 결과, 레지스트 엣지 경사 각도 $30^\circ \sim 70^\circ$ 에 있어서의 반사광은 광 조사 각도 $15^\circ \sim 75^\circ$ 에 대하여 전부 반사 각도도 $15^\circ \sim 75^\circ$ 의 범위로 집중되는 것을 알아냈다. 즉, 모든 형상의 레지스트 엣지로부터의 반사광을 수광하고자 하면, 광원이 조사 각도 15도에서부터 75도를, 또한, 수광기도 수광 각도 15도에서부터 75도를 커버하면 되는 것을 알았다. 달리 말하면, 각도가 15도 이하가 되면, 조사광(Li)이 수광기(P)(도 3a 및 도 3b)의 반대측으로 반사하고, 75도 이상으로 되면, 조사광(Li)이 기관(14)의 방향으로 반사하기 때문에, 수광기(P)로 반사광(Lr)을 수광할 수 없게 된다.

수광기는 예컨대 수광 소자로서 CCD(Charge Coupled Device)를 이용한 카메라(P)를 포함한다. CCD가 수광된 반사광(Lr)은 이후에 상세히 설명하는 것과 같이, 화상 데이터로 변환된다. 화상 데이터를 다시 화상 처리함으로써, 디포커스부를 검출한다. 예컨대, 화상 처리로서는 엣지에서의 반사광량에 기인하여 화상 데이터가 급격히 변화하고 있는 부분을 밝기(명도)의 차로써 검출함으로써, 정상부와 디포커스부를 구별할 수 있다. 카메라(P)를 사용한 경우, 후술하는 바와 같이 검사 장치(10)의 자동화가 가능하다. 또한, 카메라(P) 대신에 사람의 눈을 사용하더라도 좋다. 이 경우, 반사광(Lr)을 눈으로 보아 확인하여, 반사광(Lr)의 차이에 의해 정상부와 디포커스부를 구별한다.

이미 상술한 것과 같이, 카메라(P)는 일반적으로는 레지스트 패턴(12)의 상면에 대하여 상측으로 15도에서부터 75도 범위의 위치에 배치된다. 또한, 15도에서부터 75도의 각도라도 반사광(Lr)을 수광할 수 있는 경우, 그 각도의 범위에 카메라(P)

를 배치하더라도 좋다. 다만, 도 6에 도시한 바와 같이, 광원(S)과 카메라(P)가 조사광(Li)의 동일선 상에 배치되면, 카메라(P)가 반사광(Lr)을 확인할 수 없다. 따라서, 광원(S)과 카메라(P)는 각도 위치를 바꿀 필요가 있는데, 레지스트 패턴(12)에 대해서 동일한 쪽에 위치할 필요가 있다. 광원(S)이 레지스트 패턴(12)의 상면에 대하여 15도에서부터 75도의 위치에 배치된 경우, 조사광(Li)과 반사광(Lr)이 이루는 각도(β)는 조사광(Li)에 대하여 거의 플러스 또는 마이너스 60도의 각도 범위에서 변할 수 있다.

광원(S)과 레지스트 패턴(12)과의 거리는 예컨대 300 mm에서 600 mm의 범위가 바람직하다. 이것은 광원(S)과 레지스트 패턴(12)과의 거리가 지나치게 멀어지면, 레지스트 패턴(12) 상의 조도가 저하되어, 반사광(Lr)의 콘트라스트가 악화되어, 디포커스를 못보고 넘기게 되기 때문이다. 반대로, 광원(S)과 레지스트 패턴(12)과의 거리가 너무 가까우면, 반사광(Lr)의 콘트라스트가 나빠져서 레지스트 패턴(12) 상의 조도가 지나치게 높아져서 인간의 눈으로 보아 확인하는 경우에 눈이 지치기 쉽고, 레지스트 패턴(12) 상으로의 조사광(Li)의 조사 면적이 좁아진다.

레지스트 패턴(12)과 카메라(또는 눈)(P)와의 거리도 예컨대 300 mm에서 600 mm의 범위가 바람직하다. 이것은 레지스트 패턴(12)에 카메라(P)가 지나치게 근접하면 시야가 좁아지고, 지나치게 멀어지면 반사광(Lr)의 콘트라스트가 나빠지기 때문이다.

광원(S)과 카메라(또는 눈)(P)의 위치는 전술한 범위에서 고정하더라도 좋다. 이것은 조사광(Li)에 대한 반사광(Lr)의 각도가 일정하기 때문이다. 따라서, 본 발명은 앞으로 수요가 예상되는 CCD를 이용한 자동 검사 장치에 이용할 수 있다.

도 7은 본 발명의 일 실시예의 CCD를 이용한 자동 검사 장치를 도시한 도면이다. 도 7에 있어서, 원형의 대(워크)(30)에 측정 대상이 되는 패턴을 갖는 기판(웨이퍼)(32)이 얹어진다. 대(30)는 컨트롤러(36)에 의해 제어되는 선형 모터(34)에 의해 회전 이동, 또는 수평 혹은 수직 방향으로 이동된다. 도 8에 도시한 바와 같이, 대(30)를 둘레 방향으로 90도 회전시켜, 다른 방향에서도 검사가 이루어질 수 있게 되어 있다. 이것은 도 9에 도시한 바와 같이, 레지스트 패턴(12)이 X 방향과 Y 방향을 향하고 있었던 경우에, A 점에서부터 빛을 조사한 경우, Y 방향을 향한 레지스트 패턴(12)의 검사는 상기한 방법으로 행할 수 있는데, X 방향을 향한 레지스트 패턴(12)은 조사된 빛이 A 점의 방향으로 반사되지 않기 때문에 여러 방향에서 검사를 행할 필요가 있기 때문이다.

광원으로서의 조사 각도가 다른 조명 A, B, C의 3개의 조명(40, 42, 44)이 사용된다. 각 조명은 컨트롤러(48)에 의해 제어되는 모터(46)에 의해 소정의 원호를 따라서 위치가 바뀐다. 각 조명의 각도는 워크 상의 패턴 상면에 대하여 15도~75도의 범위에서 변화된다. 또한, 이 조명의 수를 3개로 하고 있는 것은 검출 감도를 보다 높이기 위해서이며, 최저 하나 이상 있으면 검출은 가능하다. 조명의 적어도 하나는 웨이퍼 상의 레지스트 패턴의 엣지에 대하여 거의 수직이 되도록 위치 결정된다. 도 7에서는 조명 A(40)는 48도에서부터 52도의 위치, 조명 C(44)는 16도에서부터 18도의 위치, 조명 B(42)는 CCD 라인 센서와 거의 동축 상에 설치된다. 조명의 밝기는 조명용 전원(50)에 의해 조정된다.

CCD 라인 센서 카메라(52)는 조명과 마찬가지로 컨트롤러(48)에 의해 제어되는 모터(46)에 의해 소정의 원호를 따라서 위치가 바뀐다. 카메라(52)의 수광 각도는 워크 상의 패턴 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위에서 변화된다. 카메라(52)에는 모니터용의 카메라(54)를 붙이고 있다. 모터의 컨트롤러(36, 48), 조명용 전원(50), 카메라(52, 54)의 출력은 검사용 퍼스널 컴퓨터(PC)(56)에 접속한다. 검사용 PC(56)는 소정의 자동 측정 프로그램에 기초하여 각 컨트롤러 및 조명용 전원 등을 제어한다. 검사용 PC(56)에 의한 지시에 의해 대상에 따라서 임의로 촬상 광학계(조명과 라인 센서 카메라의 위치 관계)가 설정된다.

도 7의 촬상 광학계(조명과 라인 센서 카메라의 위치 관계) 및 각도의 설정은 다음과 같이 설정된다. 즉, 불필요한 산란광이나 회절광을 제거하여, 레지스트의 미묘한 형상 변화를 감도 좋게 검출하도록 설정한다. 여기서, 시스템을 설계하는 데에 있어서 가장 중요한 것은 검사 웨이퍼로부터의 회절광을 라인 센서 카메라(52)의 설치 각도로 되돌아가지 않도록 하여, 레지스트 엣지 부분으로부터의 반사광만을 콘트라스트 좋게 추출하는 것이다. 그래서, 웨이퍼 상의 패턴을 회절 격자로 하여 발생하는 회절광을 반사형 격자 모델에 의해 계산하여, 전용 레티클을 사용했을 때, CCD 라인 센서가 존재하는 각도로 회절광이 돌아가지 않는 위치 관계를 설정하였다. 한편, 설정함에 있어서는 레지스트의 형상에 따라서도 최적의 촬상 각도가 변하는 데에 유의할 필요가 있다.

도 10에 도 7의 검사용 PC(56)에 의한 제어 흐름(자동 측정 플로우)를 도시한다. 3개의 조명이 온으로 된다(단계 60). 카메라(52)로 웨이퍼(32) 상의 패턴으로부터의 반사광을 수광한다(단계 62). 카메라(52)의 출력을 PC(56) 내의 캡처 카드로 수신하여, 그 값(디지털값)을 화상 데이터로서 메모리에 저장한다(단계 64). 이 디지털값의 크기는 반사광량의 크기에 대

응하고 있다. 모터(46)를 제어하여 카메라의 각도를 바꾼다(단계 66). 단계 62에서부터 단계 66까지를 반복하여, 각 각도에 있어서의 화상 데이터(디지털값)를 메모리에 저장한다. PC(56)는 얻어진 디지털값을 기초로 검출 감도(화상의 농담(명암))가 최대가 되는 카메라(52)의 각도를 결정한다(단계 68). 카메라(52)는 결정된 각도로 고정된다.

모터(34)를 제어하여 웨이퍼 상의 측정 위치를 설정한다(단계 70). 최초의 측정 위치로 이동한 후, 단계 62, 64와 같은 방식으로 측정을 행하여, 화상 데이터를 메모리에 저장한다(단계 72). 단계 70과 72를 반복하여, 웨이퍼 상의 측정 위치를 스캔하면서 순차 측정한다. 이 때, 카메라(52)는 라인 센서 카메라이기 때문에, 웨이퍼를 소정 간격으로 1 라인씩 이동시키면서 측정한다. 측정은 모든 측정점(라인)에서의 측정이 종료될 때까지 행한다. PC는 측정 데이터로부터 웨이퍼 상의 각 위치에서의 화상 데이터를 2차원 화상으로서 맵핑한다(단계 76). 맵핑된 화상 정보에 있어서의 명암(색의 농담)으로부터 웨이퍼 상의 패턴의 프로파일 오차(디포커스)의 유무를 검출할 수 있다.

도 11에 도 7의 본 발명의 일 실시예의 시스템에 의해서 실제로 측정된 웨이퍼의 측정 결과를 도시한다. 도 11은 선폭 0.3 마이크로미터의 레지스트 패턴을 측정한 것이다. 도 11 중의 화상의 대략 네모난 어두운 부분(길은 부분)이 프로파일 오차(패턴 엣지의 폴아임)가 있는 부분을 나타내고 있다. 이 프로파일 오차는 레지스트 패턴을 노광한 스테퍼 장치의 스캔시의 동기 어긋남(정오차)에 의해서 생긴 것이다. 사용한 스테퍼 장치는 3×4의 12침을 1 레티클로 하여, 그 1 레티클 단위로 동기를 취하기 때문에, 1 레티클의 영역마다 프로파일 오차가 생기고 있다. 이 프로파일 오차는 스테퍼의 스캔시의 동기의 정밀도 상 불가피하게 생겨 버리는 것이다. 발명자가 행한 실험에서는 종래의 회절을 이용한 방법에서는 이 불가피하게 생겨 버리는 프로파일 오차를 거의 측정할 수는 없었다. 그러나, 도 7의 본 발명의 일 실시예의 장치에서는 도 11에 도시한 바와 같이 선명한 화상으로서 프로파일 오차를 검출할 수 있다.

도 7의 검사 장치에 따르면, 검출된 패턴의 프로파일 오차에 기초하여 포토레지스트의 노광 조건을 조정할 수 있기 때문에, 노광 장치나 스테퍼 장치의 일부로서 내장하여 사용할 수 있다. 즉, 도 7의 검사 장치로 검출된 패턴의 프로파일 오차에 기초하여 포토레지스트의 노광 조건을 조정하는 수단(흐름)을 노광 장치나 스테퍼 장치에 설치함으로써, 반도체의 제조 라인에 있어서 노광 조건(디포커스)을 인라인으로 조정할 수 있다고 하는 메리트가 있다. 또한, 노광 장치나 스테퍼 장치를 갖는 웨이퍼와 레티클의 스캔시의 동기 어긋남(정오차), 자동 초점의 추종 성능, 레벨링 기구의 오차, 렌즈의 왜곡 등의 특성도 검출하는 것이 가능해진다. 마지막으로, 본 발명의 검사 장치가 유효하게 사용할 수 있는 경우에 대해서 재차 설명한다. 전술한 바와 같이 본 발명의 검사 장치는 도 3a 및 도 3b에 도시한 바와 같이 레지스트 패턴(12)의 엣지에 조사광(Li)을 조사하여, 반사광(Lr)을 카메라(P)의 CCD로 수광함으로써 디포커스에 의한 레지스트 패턴(12)의 프로파일 오차(형성 불량)를 검사한다. 따라서, 레지스트 패턴(12)에 있어서의 엣지의 면적 비율이 클수록 카메라(P)의 CCD로 많은 반사광(Lr)을 수광할 수 있어, 검사 장치(10)를 유효하게 사용할 수 있다.

도 12에 도시한 바와 같이, 레지스트 패턴(12)의 상면(20)에 조사되는 조사광(Li)의 폭을 a, 엣지(18)에 조사되는 조사광(Li)의 폭을 b라고 하면, 조사광(Li) 중 엣지(18)에 조사되는 비율 A는 다음의 수학적 2로 나타내어진다.

$$\text{수학적 2} \\ A = b/(a+b) \times 100$$

레지스트 패턴(12)의 피치(패턴 폭과 패턴 간격의 합)와 엣지(18)에 조사되는 조사광(Li)의 비율 관계를 구한 그래프를 도 13에 도시한다. 도 13에 도시한 바와 같이, 피치가 0.8 μm (패턴 폭/패턴 간격 = 0.40 μm /0.40 μm)와 0.6 μm (패턴 폭/패턴 간격 = 0.29 μm /0.31 μm) 사이에서 상기한 조사광(Li)의 비율이 급격히 커진다. 피치가 0.6 μm 보다도 미세화된 레지스트 패턴(12)의 검사에 있어서, 본 발명의 검사 장치(10)는 유효하게 사용할 수 있지만, 본 발명자들의 실험에 의해 엣지(18)에 조사되는 조사광(Li)의 비율이 50% 이상인 레지스트 패턴(12)의 검사라면 반사광(Lr)을 확인할 수 있기 때문에 사용 가능하다. 이것은 레지스트 패턴(12)이 미세화됨으로써 레지스트 패턴(12) 전체에서 차지하는 엣지(18)의 비율이 커져서 광원(S)에서 레지스트 패턴(12)을 보았을 때 엣지(18)가 경면과 같은 상태로 되어 있기 때문이다. 따라서, 디포커스에 의한 레지스트 패턴(12)의 형성 불량량이 있으면, 도 14에 도시한 바와 같이, 그 부분[도면에서 사선 부분의 레지스트 패턴(12b)]만 반사광(Lr)의 각도가 상이해져 버리기 때문에, 정상부와 디포커스부를 구별할 수 있다. 소정의 각도로 설치된 수광기에서의 수광량에 차이가 나기 때문이다.

본 발명의 실시예에 관해서 설명했지만, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 광원(S)과 카메라(P)의 위치를 전술한 범위에서 변경할 수 있도록 함으로써, 레지스트 패턴(12)의 엣지(18)에 의한 반사광(Lr)을 수광할 수 있는 것 이외에, 광원(S)과 카메라(P)의 위치에 따라서는 레지스트 패턴(12)을 회절 격자로 하여 회절광도 수광할 수 있도록 하

더라도 좋다. 이 경우, 회절광을 수광하기 위해서 적재대(16)의 중심을 통과하는 선을 축으로 하여, 적재대(16)를 임의의 각도로 기울어지도록 구성한다. 이상과 같이 구성함으로써, 상기한 검사 장치 및 종래의 검사 장치와는 달리, 레지스트 패턴(12)의 패턴 폭이 있는 경우라도 확실하게 검사를 행할 수 있다.

또한, 엣지(18)에 조사되는 조사광(Li)의 비율에 따라 본 발명의 검사 장치(10)와 종래의 회절광을 이용한 검사 장치를 구별해서 사용함으로써, 디포커스부를 확실하게 검사할 수 있다. 레지스트 패턴(12)의 패턴 폭이 복수개 있는 경우에, 본원과 종래의 검사 장치를 사용함으로써, 확실하게 검사를 행할 수 있다.

광원(S)에 LED를 사용하였지만, LED 대신에 할로겐 램프와 필터를 구비한 구성으로 하여도 좋다. 할로겐 램프의 빛으로부터 제1 파장(단파장) 이하의 빛을 컷트하는 필터와 제2 파장(장파장) 이상의 빛을 컷트하는 필터에 의해 제1 파장에서부터 제2 파장을 포함한 빛을 추출한다. 제1 및 제2 파장은 전술한 LED의 조건에 맞는 파장이다. 2개의 필터 대신에, 제1 파장에서부터 제2 파장을 포함한 빛만이 통과하는 필터를 사용하더라도 좋다.

그 밖에, 본 발명은 그 취지를 일탈하지 않는 범위에서 당업자의 지식에 기초하여 여러 가지의 개량, 수정, 변형을 가한 형태로 실시할 수 있는 것이다.

본 발명에 의하면, 요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차(편차)를 간단하고 또한 고정밀도로 검출할 수 있다. 본 발명에 따르면, 레지스트 패턴의 노광시의 디포커스의 유무를 간단하게 검출할 수 있다. 본 발명에 따르면, 회절광을 이용한 종래의 방법에서는 검출할 수 없었던 0.1 마이크로미터 정도 혹은 그 이하의 패턴 폭을 갖는 미세화된 레지스트 패턴의 프로파일 오차(편차)의 유무도 간단하게 검출할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차를 검출하기 위한 패턴 프로파일 검사 장치로서,

상기 패턴을 얹는 플레이트와;

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내에서 상기 패턴으로의 조사광의 각도를 변경할 수 있는 광원과;

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내의 각도로 상기 패턴으로부터의 반사광을 수광할 수 있는 수광기를 포함하고,

상기 수광기가 수광하는 상기 패턴 각 부의 상면과 측면 사이의 엣지로부터의 반사광량으로부터 상기 패턴의 프로파일 오차를 검출하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 수광기가 수광하는 상기 반사광량이 많은 경우에는 그 엣지를 포함하는 패턴의 프로파일 오차는 작고, 반대로 상기 반사광량이 적은 경우에는 그 엣지를 포함하는 패턴의 프로파일 오차는 크게 되는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 3.

요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차를 검출하기 위한 패턴 프로파일 검사 장치로서,

상기 패턴을 얹는 플레이트와;

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내에서 상기 패턴으로의 조사광의 각도를 변경할 수 있는 광원과;

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내의 각도로 상기 패턴으로부터의 반사광을 수광할 수 있는 수광기를 포함하고,

상기 광원에 의한 조사 각도는 상기 패턴의 상면과 측면 사이의 엣지에 대하여 거의 수직이 되도록 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 조사 각도와 다른 조사 각도를 갖는 적어도 하나 이상의 광원을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 5.

제3항에 있어서, 상기 광원은 균일한 면발광 광원을 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 6.

제3항에 있어서, 상기 광원은 조사광이 지향성을 갖도록 장방형 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 7.

제3항에 있어서, 상기 수광기에 의한 수광 각도는 상기 반사광 중 상기 패턴의 엣지로부터의 반사광의 비율이 최대가 되도록 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 8.

제3항에 있어서, 상기 수광기에 의한 수광 각도 a (도)는,

$$a = 180 - b - 2c$$

[단, b 는 패턴 상면에 대한 조사 각도(도)이고, c 는 패턴 상면에 평행한 평면에 대한 엣지의 경사 각도(도)임]

의 관계를 만족하도록 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 9.

제3항에 있어서, 상기 수광기는 라인 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 10.

제3항에 있어서, 상기 수광기는 CCD 카메라를 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 11.

제3항에 있어서, 상기 패턴은 기관 상에 설치된 포토레지스트 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 12.

제3항에 있어서, 상기 수광기의 출력 신호를 수신하여, 상기 수광기에 의해 수광된 반사광량에 대응하는 화상 정보를 생성하는 화상 처리 수단과,

상기 조사광의 각도와 상기 반사광의 수광 각도를 변경하기 위해서 상기 광원과 수광기의 위치를 변경하는 구동 수단과,

상기 조사광의 상기 패턴에서의 조사 위치를 변경하기 위해서 상기 플레이트를 이동시키는 이동 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치.

청구항 13.

기관 상에 형성된 두께가 있는 패턴의 형성 불량을 검출하기 위한 패턴 프로파일 검사 장치로서,

상기 기관을 엮는 플레이트와;

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내에서 상기 패턴으로의 조사광의 각도를 변경할 수 있는 광원과;

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내의 각도로 상기 패턴으로부터의 반사광을 수광할 수 있는 수광기를 포함하고,

상기 광원에 의한 조사 각도는 상기 조사광 중 상기 패턴의 상면과 측면 사이의 엣지에 조사되는 조사광의 비율이 50% 이상이 되도록 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 검사 장치.

청구항 14.

기관 상에 설치된 포토레지스트를 노광하는 노광 장치로서,

요철 단면을 갖는 포토레지스트 패턴의 프로파일 오차를 검출하기 위한 패턴 프로파일 검사 장치를 포함하고, 이 검사 장치는,

상기 패턴을 엮는 플레이트와,

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내에서 상기 패턴으로의 조사광의 각도를 변경할 수 있는 광원과,

상기 패턴의 상면에 대하여 15도 내지 75도의 범위 내의 각도로 상기 패턴으로부터의 반사광을 수광할 수 있는 수광기를 포함하고,

상기 수광기가 수광하는 상기 패턴 각 부의 상면과 측면 사이의 엣지로부터의 반사광량으로부터 상기 패턴의 프로파일 오차를 검출하는 것을 특징으로 하는 패턴 프로파일 검사 장치이며,

상기 검사 장치에 의해 검출된 상기 패턴의 프로파일 오차로부터 상기 포토레지스트의 노광 조건을 조정하는 수단을 더 포함하는 노광 장치.

청구항 15.

요철 단면을 갖는 패턴의 프로파일 오차를 검출하는 패턴 프로파일 검사 방법으로서,

- (a) 상기 패턴의 상면에 대하여 비스듬하게 빛을 조사하는 단계와;
- (b) 상기 패턴의 상면과 측면과의 사이의 엣지에서 반사된 반사광을 수광하는 단계와;
- (c) 상기 수광된 상기 엣지에서 반사된 반사광량으로부터 상기 패턴의 프로파일 오차를 검출하는 단계를 포함하는 패턴 프로파일 검사 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 상기 프로파일 오차를 검출하는 단계 (c)는,

상기 반사광량이 많은 경우에는 그 엣지를 포함하는 패턴의 프로파일 오차는 작고, 반대로 상기 반사광량이 적은 경우에는 그 엣지를 포함하는 패턴의 프로파일 오차는 크다고 판단하는 단계를 포함하는 패턴 프로파일 검사 방법.

청구항 17.

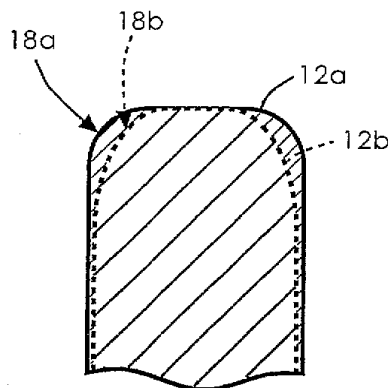
제16항에 있어서, (d) 상기 검출된 패턴 각 부의 프로파일 오차로부터 패턴 전체에서의 프로파일 오차를 화상 정보로서 맵핑하는 단계를 더 포함하는 패턴 프로파일 검사 방법.

청구항 18.

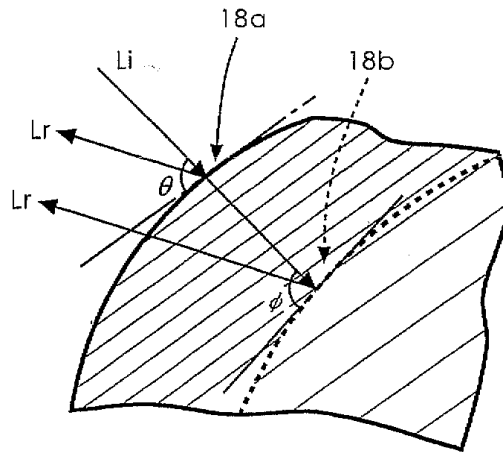
제15항에 있어서, 상기 조사하는 단계 (a)는 상기 엣지에 대하여 거의 수직이 되도록 빛을 조사하는 단계를 포함하는 패턴 프로파일 검사 방법.

도면

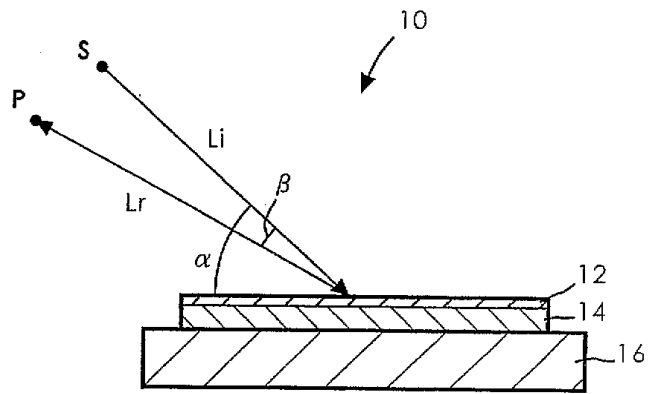
도면1



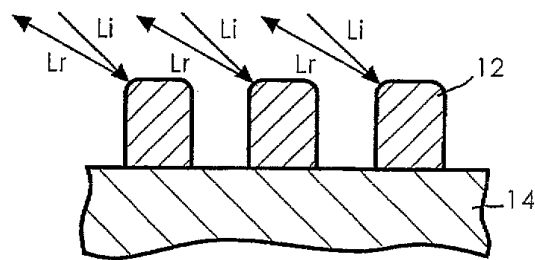
도면2



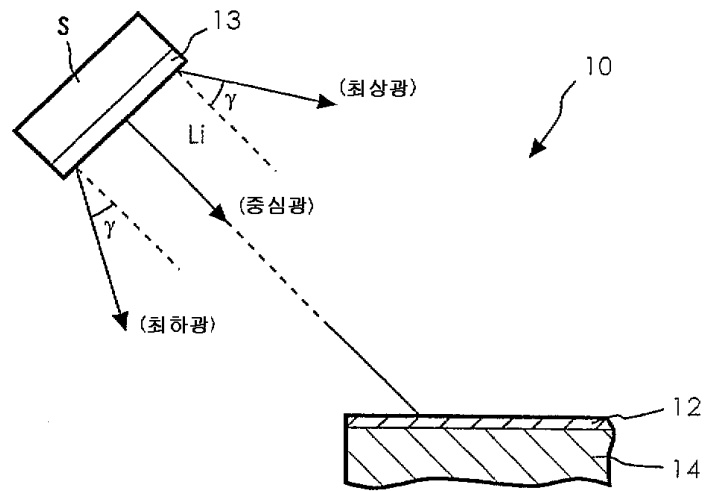
도면3a



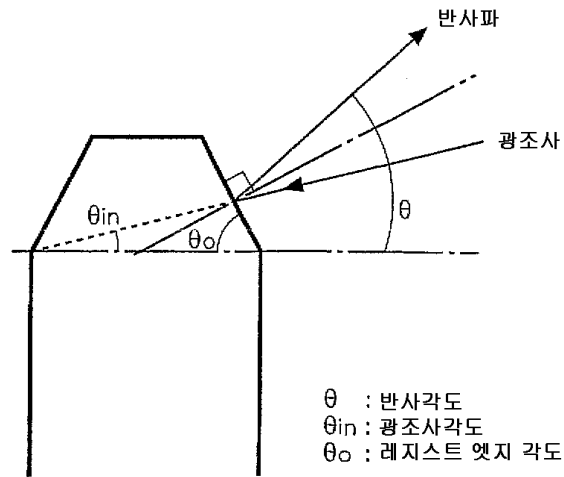
도면3b



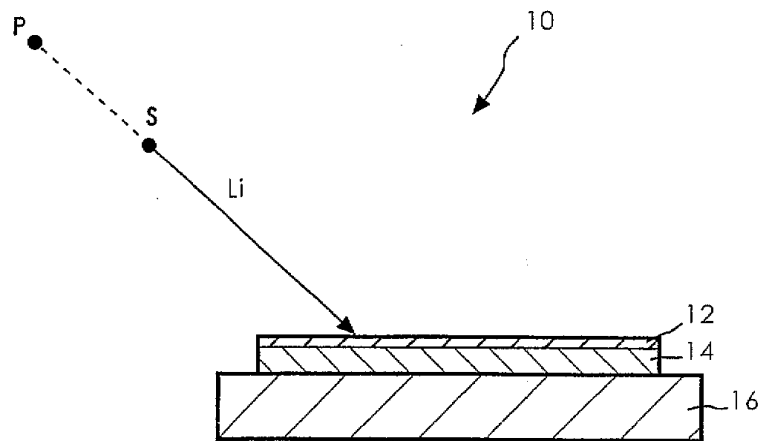
도면4



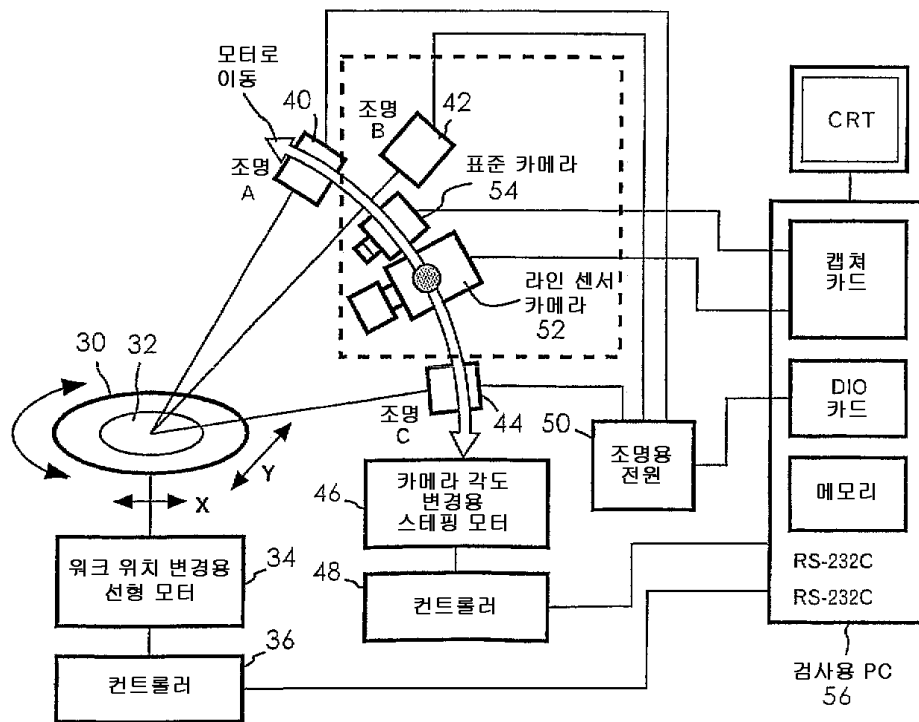
도면5



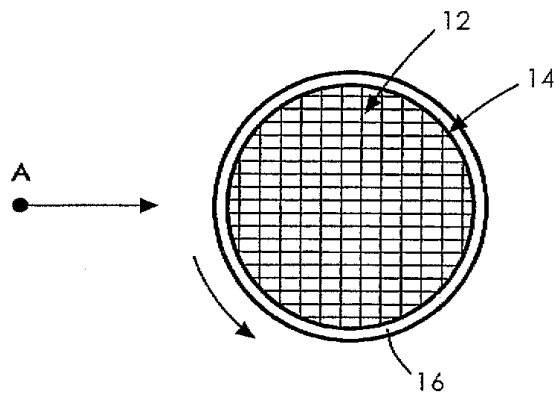
도면6



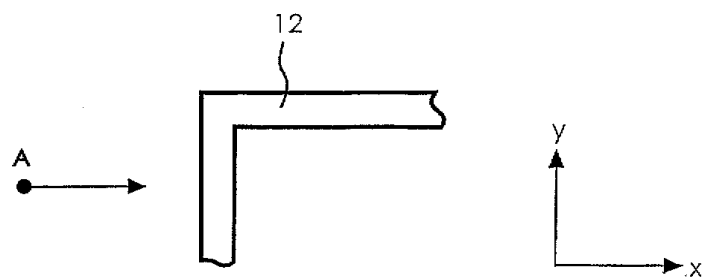
도면7



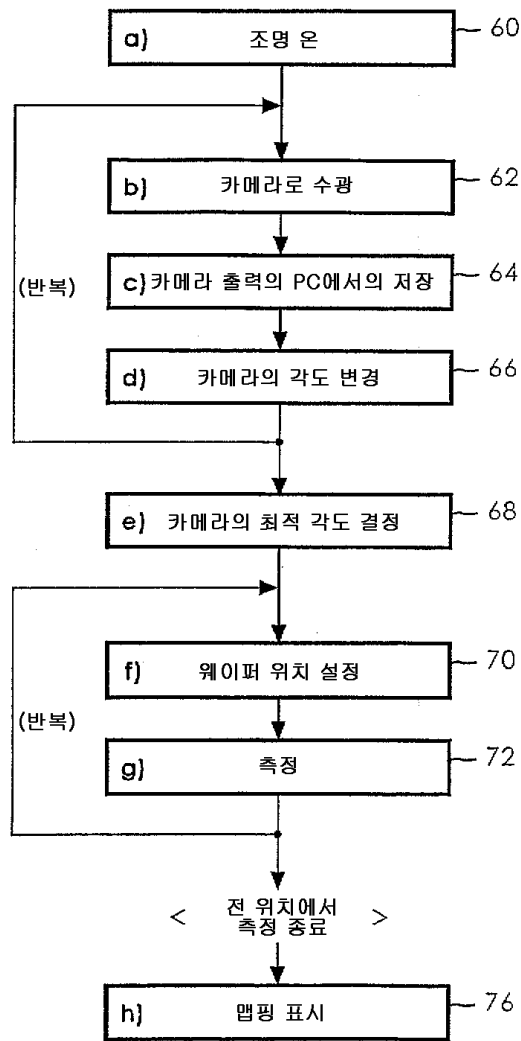
도면8



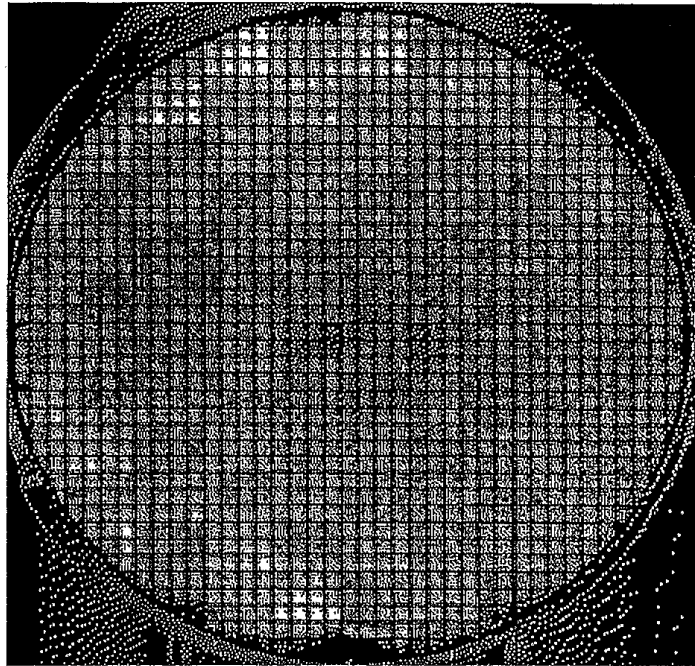
도면9



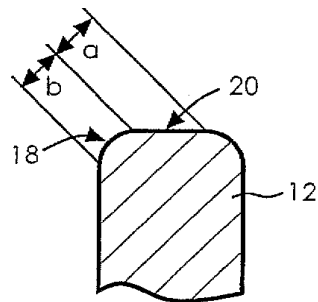
도면10



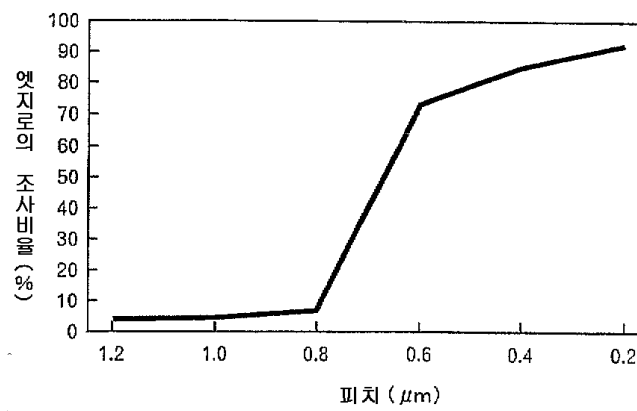
도면11



도면12



도면13



도면14

