

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷ H01J 37/28		(11) 공개번호 (43) 공개일자	10-2004-0107530 2004년12월20일
(21) 출원번호	10-2004-7019515 (분할)		
(22) 출원일자	2004년11월30일		
(62) 원출원	특허 10-2002-7007587		
	원출원일자 : 2002년06월14일	심사청구일자	2002년07월30일
번역문 제출일자	2004년11월30일		
(86) 국제출원번호	PCT/EP1999/009926	(87) 국제공개번호	WO 2001/45136
(86) 국제출원출원일자	1999년12월14일	(87) 국제공개일자	2001년06월21일
(71) 출원인	어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050		
(72) 발명자	골덴시테인,알렉스 이스라엘 75239 리스 레찌온 브리니쯔키 스트리트 15 벤 - 아브,라델 이스라엘 레호보트 메뉴하 베나하라 스트리트 49 펠 - 애서 이스라엘 45297 호드 흐샤론 헤이디두트 스트리트 11/4 페트로브,이고르 이스라엘 58483 홀론 케렌 아야소드 스트리트 18/16 하스,나다브 이스라엘 79411 메르카쯔 - 사피라 피.오. 박스 285 액후짜트 - 에트로그하세오라 43 아다멕,파벨 독일 데 - 85540 하르 야그데펠드링 73 골드,야론 이스라엘 47208 라마트 하샤론 라닥 스트리트 4		
(74) 대리인	남상선		

심사청구 : 있음

(54) 하전 입자 빔을 사용하여 표본을 검사하는 방법 및 시스템

요약

본 발명은 하전 입자 빔을 사용하여 표본을 검사하는 방법을 제공한다. 이러한 방법은 상이한 관찰 각도를 사용하여 이루어진 표본에 대한 1개 이상의 이미지를 제공하여, 표본의 단일 이미지에 비해, 표본에 대한 다수의 추가의 정보를 얻을 수 있다. 상이한 관찰 각도(입사각)은 2개의 이미지들 사이에서 빔을 기울이고 빔을 기울임으로써 발생하는 빔의 변위를 보정하도록 표본을 새로운 위치로 이동시킴으로써 달성된다. 따라서, 제 2 이미지를 표시/기록하는 동안 빔은 제 1 이미지를 표시/기록할 때 스캔된 영역과 동일한 영역 위에서 스캔된다. 색수차를 보정하기 위한 편향 및 포커싱 시스템과 반도체 표면 상의 구조물을 정확히 측정하기 위한 샘플이 개시된다.

대표도

도 5

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 하전 입자 장치의 개략도.

도 2는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 하전 입자 장치의 개략도.

도 3은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 하전 입자 장치의 개략도.

도 4는 도 3의 실시예의 대물 렌즈를 나타내는 확대도.

도 5는 도 4의 확대도.

도 6A 및 도 6B는 평면으로부터 연장하고 그 높이를 측정하는 필라(pillar)를 나타낸 도면.

도 7A 및 도 7B는 평면으로부터 하향으로 연장하고 그 하부의 폭을 측정하는 콘택홀을 나타낸 도면.

도 8A 및 도 8B는 평면으로부터 상향으로 연장하고 그 하부의 폭을 측정하는 라인을 나타내는 도면.

도 9A 및 도 9B는 웨이퍼의 표면 상에 존재하는 트렌치의 평면도 및 경사도.

도 10A 및 도 10B는 웨이퍼의 표면 상에 존재하는 라인의 평면도 및 경사도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

2 : 전자 소스 4 : 전자빔

7A, 7B : 편향기 8 : 표본

10 : 대물 렌즈 11 : 스테이지

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 표본 검사를 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 하전 입자 빔을 사용하여 표본을 검사하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

종래의 광학 현미경의 해상도는 가시광의 파장에 의해 제한되었다. 또한, 최상의 해상도에서 종래의 광학 현미경은 매우 얇은 필드 깊이를 갖는다. 이러한 두가지 제한 사항으로 인해 표본 검사를 위한 하전 입자 장치가 보편화되었다. 예를 들어 전자와 같은 가속된 하전 입자는 광학적 광에 비해 짧은 파장을 나타내며, 이는 해상력을 증가시킨다. 따라서, 하전 입자 빔, 특히 전자빔은 생물학, 의학, 재료 과학, 및 리소그래피의 다양한 분야에 사용된다. 예로는 사람, 동물, 및 식물 질병의 식별, DNA와 같은 세포 내 성분 및 구성물의 시각화, 복합 재료, 박막, 및 세라믹의 구조 측정, 또는 반도체 기술에서 사용되는 마스크 및 웨이퍼의 검사를 포함한다.

또한, 하전 입자 장치는 고체 표면의 마이크로구조의 검사에 매우 적합하다. 특히, 스캐닝 전자 현미경은 표면의 마이크로구조를 검사하기 위한 다용도 기구인데, 이는 동일한 이미지에서 필드 깊이와 높은 공간 해상도가 결합되어, 단지 최소의 샘플만을 준비하면 되기 때문이다. 현대의 기구는 1nm 만큼 작은 피처를 식별 하며, 전체 표면에 대해 수직 방향으로 수십 미크론의 선명한 포커싱을 유지한다. 따라서, 이는 고집적 회로의 복잡한 표면 부분들의 정규적인 검사에 적합하다. 예를 들어, 하전 입자 장치는 반도체 산업에서 웨이퍼 처리과정의 품질을 모니터링하는데 사용될 수 있다. 그래서, 실제로 이러한 장치를 제조 환경 내에 배치시켜, 웨이퍼 처리과정의 문제점을 가능한 빠르게 인식한다.

그러나, 종래의 하전 입자 장치는 상당한 수작업을 하지 않고는 정확한 임계 치수, 정확한 높이 또는 정확한 에지 폭을 측정할 수 없다. 예를 들어, 2개의 이미지 포인트 사이의 높이 차를 측정하기 위해, 노출들 간에 표본을 제한되게 기울여서 2개의 이미지를 기록한다. 그러나, 기계적으로 표본을 기울이는 것은 많은 단점을 나타낸다. 기계적인 결함으로 인해 표본의 측방 이동은 불가피하게 입체 이미지 쌍의 엘리먼트 사이에 오정렬을 야기시킬 수 있다. 따라서, 공정을 상당히 지연시키는 부가의 정렬이 요구된다. 또한, 예를 들어 12 인치 반도체 웨이퍼와 같은 큰 표본을 기울이는 것은 진동에 대해 스테이지가 충분히 견딜 수 있게 하기 위해 매우 튼튼하고 비용이 비싼 기계적 구성을 필요로 한다.

표본의 기계적인 기울임과 관련된 문제점을 해결하기 위해, 동일한 결과를 얻도록 전자-광학 칼럼에서 전기적으로 전자빔을 기울이는 방법이 제안되었다. B.C. Brenton 등이 저술한 'A DYNAMIC REAL TIME 3-D MEASUREMENT TECHNIQUE FOR IC INSPECTION', Microelectronic Engineering 5 (1986) 541-545 및 North Holland 또는 J.T.L. Thong 등이 저술한 'In Situ Topography Measurement in the SEM', SCANNING Vol. 14, 65-72(1992), F AMS Inc. 참조. 그러나, 제시된 시스템의 높이 해상도는 75-100 nm 범위에 있어, 반도체 산업의 요구 조건에는 충분치 않다.

이러한 문제로 인해, 임계 치수 측정 및 측벽 프로파일링은 원자력 현미경을 이용하여 이루어진다. 그러나, 원자력 현미경은 실험에 의한 부가 설정이 요구되며 이는 비용을 크게 증가시키고 또한 속도를 지연시킨다. 따라서, 정확한 임계 치수, 정확한 높이 또는 정확한 에지 폭을 측정하기 위해 보다 빠르고 자동화된 표본 검사 방법이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기 문제로 인해, 임계 치수 측정 및 측벽 프로파일링은 원자력 현미경을 이용하여 이루어진다. 그러나, 원자력 현미경은 실험에 의한 부가 설정이 요구되며 이는 비용을 크게 증가시키고 또한 속도를 지연시킨다. 따라서, 정확한 임계 치수, 정확한 높이 또는 정확한 에지 폭을 측정하기 위해 보다 빠르고 자동화된 표본 검사 방법이 필요하다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 하전 입자 빔을 사용하여 표본을 검사하는 방법을 제공한다. 상기 방법은 상이한 관찰(view) 각도로 이루어진 1개 이상의 표본 이미지를 제공하여, 표본의 단일 상면도 이미지에 비해, 표본에 대한 많은 추가 정보를 얻을 수 있다. 상이한 관찰 각도(입사 각도)는 두 개의 이미지들 간에 빔을 기울이고 빔을 기울임으로써 발생된 빔의 변위가 보정되도록 표본을 새로운 위치로 이동시킴으로써 달성된다. 따라서, 빔은 제 1 이미지를 표시/기록할 때 스캐닝된 것과 동일한 영역 위로 제 2 이미지를 표시/기록하면서 스캐닝된다. 또한, 본 발명은 이러한 개선된 방법을 수행할 수 있는 표본 검사용 장치를 제공한다.

한편으로는 기울어진 입사각을 제공하고 다른 한편으로는 이에 대응하여 표본을 이동시킴으로써, 표본의 입체 이미지들은 어떠한 추가의 정렬과 과도한 이미지 처리를 필요로 하지 않고 빠르고 신뢰성 있는 방식으로 얻어질 수 있다. 따라서, 입체 이미지들이 나타내고 많은 경우에 유용한 추가 정보를 어떠한 추가 비용도 발생시키지 않고 얻을 수 있다.

본 발명의 또 다른 태양에 따라, 하전 입자 빔을 예정된 입사각으로 표본의 표면 상으로 지향시키는 방법이 제공된다. 예정된 입사각은 빔을 대물렌즈의 광학 축으로부터 벗어나게 편향시키는 동작과 표본 상으로 빔을 포커싱하는 동작을 결합함으로써 달성된다. 편향은 표본의 표면 상에서 색수차가 최소화되도록 서로 조절되는 적어도 2개의 단계로 이루어진다. 또한 본 발명은 이러한 개선된 방법을 수행할 수 있도록 하전 입자 빔을 표본의 표면 상으로 지향시키는 칼럼을 제공한다.

본 발명자는 편향의 제 1 단계에 의해 야기된 색수차가 2개의 편향이 적절히 조절되는 경우 상기 편향의 제 2 단계에 의해 대부분 보정될 수 있다는 것을 발견했다. 이 때 2 단계 편향과 빔 포커싱의 결합 동작은 해상도를 수 나노미터의 범위에까지 이르게 하며, 이는 기울어진 입사각을 제공하지 않고 얻을 수 있는 해상도에 필적한다. 따라서, 본 발명은 큰 색수차로부터 야기되는 해상도 감소를 일으키지 않고 표본 상에 다양한 입사각을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

본 발명의 또 다른 태양에 따라, 표본의 표면 특히, 반도체 웨이퍼 상의 표면 상에서 중요한 간격을 정확히 측정할 수 있는 방법을 제공한다. 이러한 방법은 매우 빠르고 신뢰성있는 방식으로 정보를 얻기 위해 기울어진 하전 입자 빔을 사용한다.

본 발명의 상기 설명 및 이하 상세한 설명은 첨부된 도면을 참조로 보다 상세히 설명된다.

예비적으로, 본 발명이 임의의 하전 입자 장치를 사용할 수 있다는 것을 당업자는 인식할 수 있을 것이다. 그러나, 편의상 본 발명은 스캐닝 전자 현미경(SEM)에서의 실시와 관련하여 설명한다. 본 발명에 따른 바람직한 실시예는 도 1에 개략적으로 도시된다. 장치의 기본 부품으로는 전자 소스(2), 렌즈 시스템(집광 렌즈(5) 및 대물 렌즈(10)), 스캐닝 코일(12A, 12B), 빔 시프트 코일(7) 및 검출기(16)가 있다. 동작시에 전자빔(4)이 전자 소스(2)로부터 방출된다. 예를 들어, 전자 소스는 텅스텐-헤어핀 총, 란탄-헥사보라이드 총, 또는 전계-방출 총이 될 수 있다. 전자는 전자 소스(2)에 공급되는 가속 전압에 의해 가속된다. 일반적으로 전자 소스에 의해 직접 형성된 빔 직경은 너무 커서 높은 배율에서 선명한 이미지를 형성할 수 없기 때문에, 전자빔(4)은 전자빔(4)을 축소시키고 표본(8)으로 지향시키는 집광 렌즈(5)를 통해 유도된다.

그 다음 전자빔(4)은 대물 렌즈(10)의 광학 축을 따라 광학 축의 경로로부터 벗어나게 전자빔(4)을 편향시키는 편향기(7A)의 필드로 진입한다. 편향기(7A) 다음에는 표본(8)의 표면 위에서 텔레비전 형상의 래스터와 같이 전자빔(4)을 이동시키는데 사용되는 스캐닝 코일(12)이 위치한다. 전자빔(4)은 스캐닝 코일(12)을 통과한 후 표본(8) 상으로 전자빔(4)을 포커싱시키는 대물렌즈(10)로 진입한다. 대물 렌즈(10)는 전자빔(4)을 포커싱할 뿐만 아니라 전자빔(4)을 회전시킨다. 그러나, 이러한 효과는 2차원 도면으로 설명하기 어렵고 당업자라면 이러한 부가적 효과를 잘 알고 있을 것이기 때문에 도시하지 않는다.

편향기(7A)와 대물 렌즈(10)의 결합 동작으로 인해, 전자빔(4)은 예정된 경사 각도, 바람직하게 1° 내지 20° 사이의 범위로 표본과 부딪힌다. 전자가 표본(8)의 표면에 충돌할 때, 상이한 에너지의 전자, X선, 광, 및 열과 같은 다양한 2차 부산물 뿐만 아니라 후방에서 산란된 전자가 형성된다. 이러한 2차 부산물 및/또는 후방 산란된 하전 입자들의 대부분은 표본의 이미지를 형성하는데 사용되고 표본으로부터 추가의 데이터를 수집하는데 사용된다. 표본의 검사 또는 이미지 형성에 매우 중요한 2차 부산물은 상대적으로 낮은 에너지(3 내지 50eV)를 갖는 다양한 각도에서 표본(8)로부터 탈출하는 2차 전자들이다. 2차 전자 및 후방 산란된 전자들은 검출기(16)에 도달하여 측정된다. 표본 위로 전자빔을 스캐닝하고 검출기(16)의 출력을 표시/기록함으로써, 표본(8)의 표면 이미지가 형성된다.

표본(8)은 모든 방향으로 수평 이동이 가능한 스테이지(11)(표본 지지부) 상에서 지지되어, 전자빔(4)이 검사될 표본 상의 타겟 영역에 도달하게 된다. 표본(8)을 기울어진 입사각으로 관찰할 때, 전자빔은 광학 축을 따라 표본에 충돌하는 것이 아니라, 광학 축으로부터 이동된다. 따라서, 스테이지(11)는 전자빔이 빔 시프트 코일(7A)에 의해 편향되지 않는 경우에 충돌해야 할 표본 상의 동일한 영역에 충돌할 수 있도록 대응하여 표본(8)과 함께 이동한다. 예를 들어 한 쌍의 입체 이미지를 형성하기 위해 전자빔(4)의 편향 및 그에 따른 입사각을 바꾸는 경우, 스테이지(11)는 표본(8)을 다시 새로운 위치로 이동시켜 빔을 기울임으로써 발생된 빔의 변위를 보정한다. 따라서, 2개의 이미지들 사이에 어떠한 오정렬도 기본적으로 방지할 수 있다.

한편으로는 기울어진 입사각을 제공하고 다른 한편으로는 표본을 대응되게 이동시킴으로써, 어떠한 추가적 정렬도 필요로 하지 않고 표본의 입체 이미지를 빠르고 신뢰성 있는 방식으로 형성할 수 있다. 따라서, 입체 이미지들이 나타나고 많은 경우에 유용한 추가 정보가 어떠한 추가 비용도 발생시키지 않고 얻을 수 있다. 일반적으로, 한 쌍의 입체 이미지 모두는 기울어진 입사각을 사용하여 얻어진다. 그러나, 용도에 따라, 입체 이미지중 하나는 표본의 평면도($\theta = 0^\circ$)를 이용하여 얻어질 수도 있다.

도 1에 도시된 실시예는 전자빔(4)을 편향시키기 위해서 프리-렌즈(pre-lens) 편향기(7A)를 사용한다. 전자빔(4)의 편향은 빔을 축에서 벗어난 경로로 대물 렌즈(10)를 통과하게 하고, 이는 색수차를 발생시킨다.

색수차를 감소시키기 위해서, 도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 장치의 개략도를 나타낸다. 이 실시예는 이하 설명을 제외하면 도 1과 유사하다. 프리-렌즈 편향기(7A)가 대물 렌즈(10) 내에 위치한 인-렌즈(in-lens) 편향기(7B)로 대체되었다. 편향기(7B)가 대물 렌즈(10)의 필드 내에 위치된 경우, 색수차는 현저히 감소한다. 편향기(7B)가 대물 렌즈(10)의 필드 내에 깊이 위치하거나 심지어 대물 렌즈 아래에 부분적으로 위치되면, 감소치는 50% 또는 그 이상 될 수 있다.

시스템의 성능을 보다 향상시키기 위해, 도 2에 도시된 실시예는 스테이지(11)에 통합된 기준 타겟(40)을 포함한다. 기준 타겟(40)은 기준 타겟(40)에 충돌하는 전자빔(4)의 정확한 입사각을 결정하는데 사용된다. 예를 들어, 기준 타겟은 수직벽을 나타내는 라인 또는 트렌치의 반복되는 구조물을 포함할 수 있다. 기준 타겟(40)이 전자빔(4)의 스캐닝 영역 내에 위치하도록 스테이지(11)를 이동시킴으로써, 전자빔(4)이 예정된 입사각으로 기준 타겟(40)에 충돌하도록 기준 타겟(40)의 이미지는 입사각을 측정하고 (예를 들어, 편향기(7B), 대물 렌즈(10), 빔 에너지 등에 대한) 파라미터

설정값을 찾는데 사용될 수 있다. 일단 이러한 파라미터 설정값을 찾으면, 설정값은 실제 표본(8)에 대한 정확한 측정
에 계속 사용될 수 있다.

도 2에 도시된 실시예에서, 기준 타겟(40)은 스테이지(11)에 통합된다. 그러나, 기준 타겟(40)은 예를 들어 기준 타겟
(40)을 전자빔(4)의 스캐닝 영역으로 이동시키기 위해 회전될 수 있는 분리된 지지부 상에 제공될 수도 있다. 게다가,
기준 타겟(40)의 가열에 의해 타겟의 표면에 존재하는 오염물을 증발시키기 위해 가열 시스템(도시되지 않음)이 기준
타겟(40)에 제공될 수도 있다. 가끔씩 기준 타겟을 가열시킴으로써, 오염되지 않은 기준 타겟이 오랜 시간 주기동안
유지될 수 있다. 결과적으로, 전체 시스템의 운영 정지 시간이 감소될 수 있다.

색수차를 더 감소시키기 위해, 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 장치의 개략도를 도시한다. 이 실시예는 이하
의 설명을 제외하면 도 1 및 도 2와 유사하다. 프리-렌즈 편향기(7A) 또는 인-렌즈 편향기(7B)를 사용하는 대신, 도
3에 도시된 실시예는 프리-렌즈 편향기(7A) 및 인-렌즈 편향기(7B)를 결합하여 사용한 다. 이러한 코일에 의해 발생
된 편향이 적절하게 조절되면, 이 실시예에서 프리-렌즈 편향기(7A)인 제 1 편향기에 의해 발생된 색수차가 인-렌즈
편향기(7B)인 제 2 편향기에 의해 상당히 보정될 수 있다는 것이 본 발명에 의해 밝혀졌다. 본 실시예에서, 하나의 프
리-렌즈(7A)와 하나의 인-렌즈(7B)가 사용된다. 그러나, 동일한 결과를 얻기 위해 두 개의 프리-렌즈 편향기와 두
개의 인-렌즈 편향기를 사용하는 것도 가능하다.

두 편향기를 정밀하게 조정하는 것은 예를 들어 선택된 입사각, 빔 에너지, 대물 렌즈 전류 등과 같은 다수의 파라미
터에 의존한다. 그러나, 본 발명의 실시는 이러한 파라미터 및 빔 편향에 의해 발생한 색수차에 대한 파라미터의 영향
에 대한 정확한 정보에 의존하지 않는다. 미리 선택된 입사각에 대해 최소의 색수차가 얻어지는 프리-렌즈 및 인-렌
즈의 편향 방향과 편향각은 표본(8) 자체의 이미지 또는 기준 타겟(40)의 이미지로부터의 결과 이미지에서 실험적으
로 추론될 수 있다. 이어, 프리-렌즈 및 인-렌즈 편향기의 결합된 동작은 해상도를 수 나노미터의 영역까지 이르게 하
며, 이는 기울어진 입사각을 제공하지 않고 달성될 수 있는 해상도에 필적한다. 따라서, 본 발명은 표본에 대한 큰 입
사각이 큰 색수차로부터 발생하는 해상도의 감소없이 제공될 수 있다.

시스템의 성능을 더 향상시키기 위해, 도 3에 도시된 실시예는 자기 렌즈(10A) 및 정전기 렌즈(10B)가 결합된 대물
렌즈(10)를 포함한다. 결과적으로, 대물 렌즈(10)는 자기-정전기 결합 렌즈이다. 바람직하게, 자기-정전기 결합 렌즈
(10)의 정전기 부분은 정전기 억제 렌즈(10B)이다. 이러한 자기-정전기 결합 렌즈 (10)의 사용은 SEM의 경우 수 백
전자 볼트와 같은 낮은 가속 에너지로 우수한 해상도를 제공한다. 특히 현대 반도체 산업에서, 방사 감지 표본의 대전
(charging) 및/또는 손상을 방지하기 위하여, 이러한 저가속 에너지가 바람직하다.

도 4와 도 5는 도 3에 도시된 자기-정전기 결합 렌즈(10)와 표본(8)에 대한 확대도를 도시한다. 초점 길이를 작게 하
기 위하여, 여기 코일(excitation coil)을 흐르는 전류에 의해 생성된 자속은 폴 피스(pole piece)를 통해 전도되고 자
기 렌즈의 광학 축을 따라 작은 영역 안으로 집중된다. 자기 필드는 광학 축 둘레에서 대칭적으로 회전하고 상부 및
하부 폴 피스 사이의 폴 갭 내에서 최대값에 도달한다. 더욱이, 빔 시프트 코일(7B)은 대물 렌즈(10A)의 자기 필드 내
부에 위치하여, 각각의 자체의 필드들 사이에서 현저하게 중첩한다.

자기 렌즈(10A) 이외에, 도 3 내지 도 5에 도시된 실시예는 자기 렌즈(10A)에 인접하여 위치한 정전기 억제 렌즈(10
B)를 포함한다. 정전기 억제 렌즈(10B)는 다른 전위로 고정된 두 개의 전극을 갖는다. 도시된 실시예에서 두 개의 전
극 중 하나는 광학 축을 따라 자기 렌즈(10A) 내에 배열된 실린더형 빔 튜브(14)에 의해 형성된다. 정전기 억제 렌즈(
10B)의 제 2 전극은 자기 렌즈(10A) 아래에 제공되는 금속 컵이다. 시스템의 동작시에 제 1 전극은 일반적으로, 예컨
대 8kV의 높은 양전위를 가지며, 제 2 전극은 예컨대 3kV의 낮은 양전위를 갖기 때문에, 전자들은 제 1 에너지로부터
낮은 제 2 에너지로 해당 정전기 필드 내에서 감속된다.

도 4와 도 5에 도시된 예에서 표본(8)은 접지 전위로 고정된다. 따라서, 금속 컵과 표본(8) 사이에 추가의 정전기 억제
필드가 존재한다. 금속 컵과 표본(8) 사이의 정전기 억제 필드로 인해, 빔 시프트 코일(7A 및 7B)에 의해 유발된 전자
빔(4)의 초기 편향은 강화되어 입사각을 크게 한다. 따라서 예정된 입사각을 이루기 위하여 오로지 빔 시프트 코일(7
A 및 7B)에 의해 유발된 작은 편향만이 필요하다.

표본의 표면은 접지될 필요가 없다. 또한 표본 표면 상의 전위는 소정의 전압을 표본에 인가함으로써 조절될 수 있다.
전압은 예컨대, 회로의 단락을 검출하는데 사용되는 전압 대비 이미징을 얻기 위하여, 웨이퍼에 인가될 수 있다. 금속
컵의 전위가 표본 표면 상의 전위보다 높은 한, 정전기 억제 필드가 생성된다.

도 5에 도시된 바와 같이, 표본(8)을 기울어진 입사각(θ)으로 관찰할 때, 전자빔은 표본 표면에 수직인 축과 관련하
여 측정할 때처럼 대물 렌즈(10)의 광학 축을 따라 표본에 충돌하지 않는다. 전자빔(4)은 광학 축으로부터 거리(d)만
큼 떨어져 있다. 따라서, 스테이지(11)는, 만약 전자빔이 빔 시프트 코일(7A)에 의해 편향되지 않았다면, 전자빔이 충
돌할 표본 상의 동일한 영역에 충돌하도록 대응하여 표본(8)과 함께 이동한다. 전자빔(4)을 편향시키고, 이로 인해 입
사각(θ)이 예컨대 - θ 로 변할때, 스테이지(11)는 두 개의 이미지들 사이의 오정렬(misregistration)을 기본적으로

방지하기 위해 표본(8)을 다시 새로운 위치로 이동시킨다.

도 6A와 도 6B는 하기 설명과 함께 어떻게 본 발명에 따라서 정확한 높이 측정이 이루어지는지를 설명한다. 도 6A와 도 6B는 평면으로부터 연장하는 필라(pillar)를 도시한다. 도 6A는 평면에 수직인 축에 대해 $\theta_L = -3^\circ$ 의 빔 기울기를 갖는 필라의 이미지이고 도 6B는 $\theta_R = +3^\circ$ 의 빔 기울기를 갖는 필라의 이미지이다.

필라의 상부와 하부 표면 사이의 높이차(Δh)를 검출하기 위하여 구별 피쳐가 각각의 레벨에 대하여 위치되어야 한다. 필라의 상부에서 플레이크(flake)의 우측 단부는 제 1 구별 피쳐로서 사용된다. 하부 표면 상의 입자의 단부는 제 2 구별 피쳐로서 사용된다. 두 개의 이미지에서 두 개의 피쳐 사이의 X-방향의 거리가 도 6A에서 P1 및 도 6B에서 P2로 측정된다. 이 때 거리(P1)과 거리(P2) 사이의 차이(P)($P = P1 - P2$, P는 패럴랙스라고 부름)는 필라의 상부와 하부 표면 사이의 높이차(Δh)를 계산하기 위하여 사용된다. 높이차(Δh)는 다음 공식에 의하여 주어진다:

$$\Delta h = P * ((\sin \theta_R * \sin \theta_L) / (\sin \theta_R - \sin \theta_L))$$

작은 각도의 근사치($\theta_R, \theta_L \leq 5^\circ$)에 대해서, 높이차는 또한

$$\Delta h = P / (2 * \sin((\theta_R - \theta_L) / 2)).$$

으로 주어질 수 있다.

도 6A와 도 6B에 나타난 예에서, 거리(P1)은 $0.546 \mu\text{m}$ 인 반면, 거리(P2)는 $0.433 \mu\text{m}$ 이다. 따라서, 본 실시예에서 필라(pillar)의 상부와 하부 표면 사이의 높이차(Δh)는 $1.076 \mu\text{m}$ 이다.

본 발명으로 인하여, 표본으로부터 추가의 높이 정보를 얻는데에는 부가적인 노력이 전혀 들지 않는다. 그러나, 상기 추가 정보는 종종 특히 형상이 복잡한 표본에 대해서 매우 유용하다. 본 실시예에서, 필라의 높이가 결정된다. 그리고, 동일한 절차가 또한 트렌치 또는 홀의 깊이를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 반도체 웨이퍼의 경우에, 예를 들어, 절연 트렌치의 깊이와 같은 트렌치의 정확한 깊이, 또는 콘택홀의 정확한 깊이는 제조 공정의 품질을 제어하는데 매우 유용한 정보이다.

일단 트렌치 또는 홀의 깊이 또는 라인의 높이가 알려지면, 이러한 정보는 부가적인 관련 피쳐를 결정하기 위하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 콘택홀의 깊이를 알게 됨으로써, 본 발명의 또 다른 실시예가 콘택홀의 하부에서 콘택홀의 실제 폭을 결정하기 위하여 사용될 수 있다. 도 7A와 도 7B는 평면으로부터 하향으로 연장하는 콘택홀의 이미지를 보여준다. 평면에 수직인 축에 대해 도 7A는 $\theta_L = -3^\circ$ 의 빔 기울기를 갖는 콘택홀의 이미지이고, 도 7B는 $\theta_R = +3^\circ$ 의 빔 기울기를 갖는 콘택홀의 이미지이다.

도 7A(좌측도)에서, 콘택홀의 좌측 상부 에지(T_1), 우측 상부 에지(T_2) 및 우측 하부 에지(B_L)가 나타나 있다. 도 7B(우측도)에, 다시 좌측 상부 에지(T_1)와 우측 상부 에지(T_2) 나타나 있다. 또한, 콘택홀의 좌측 하부 에지(B_R)도 볼 수 있다. 좌측도인 도 7A에서 도시된 가시 거리($T_1 B_L$ 와 $T_1 T_2$), 우측도인 도 7B에서 도시된 거리($T_2 B_R$)를 측정함으로써, 하부에서의 콘택홀의 실제 폭(W_b)이 계산될 수 있다:

$$W_b = T_1 B_L / \cos \theta_L + T_2 B_R / \cos \theta_R + h(\tan \theta_L + \tan \theta_R) - W_t$$

여기서 h는 콘택홀의 깊이이고, W_t 는 상부에서의 콘택홀의 폭이다. 본 실시예에서, W_t 는 $T_1 T_2 / \cos \theta_L$ 에 의해 주어진다. 도 7A와 도 7B에 나타난 실시예에서, 거리($T_1 B_L / \cos \theta_L$)는 $0.29 \mu\text{m}$ 이고, 거리($T_2 B_R / \cos \theta_R$)는 $0.334 \mu\text{m}$ 이며, 거리($T_1 T_2 / \cos \theta_L$)는 $0.4005 \mu\text{m}$ 이다. 또한, 콘택홀의 깊이(h)는 $1.0 \mu\text{m}$ 인 것으로 측정되었다. 따라서, 본 실시예에서 콘택홀 하부에서의 실제 폭(W_b)은 $0.324 \mu\text{m}$ 이다.

상기 방법은 큰 종횡비(깊고 좁음)를 갖는 콘택홀들에 대해서도 콘택홀 하부에서의 실제 폭(W)을 측정할 수 있다는 이점이 있다. 이것은 예컨대 원자력 현미경법과 같은 다른 방법들에서는 이러한 경우에 측정하기가 매우 어렵다는 점에서 대조적이다.

콘택홀 하부에서의 실제 폭(W)을 측정하는 것에 추가하여, 도 7A 또는 도 7B에서 볼 수 있는 측벽의 폭을 측정하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예가 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 7B로부터, 콘택홀의 좌측벽의 폭을 측정할 수 있다

. 상기 문장에서, 측벽의 폭이란 측벽의 상부와 측벽의 하부 사이에서 수평한 웨이퍼 평판 방향으로의 측방 거리를 의미한다. 도 7B에서 나타난 가시 거리($T_2 B_R$)를 측정 함으로써 콘택홀 좌측벽의 실제 폭(W_L)이 계산될 수 있다:

$$W_L = W_t - T_2 B_R / \cos \theta_R - h \tan \theta_R$$

여기서, $T_2 B_R$ 는 트렌치 또는 홀의 측벽의 하부 에지와 대향하는 상부 에지 사이에서 측정한 가시 거리이고, h는 트렌치 또는 홀의 깊이, W_t 는 트렌치 또는 홀의 상부에서의 폭, 그리고 θ_R 은 도 7B의 이미지의 관찰 각도이다.

유사하게, 도 7A에서 측정한 것처럼 가시거리($T_1 B_L$)를 측정함으로써 콘택 홀의 좌측벽의 실제 폭(W_R)이 계산될 수 있다:

$$W_R = W_t - T_1 B_L / \cos \theta_L - h \tan \theta_L$$

여기서, $T_1 B_L$ 은 트렌치 또는 홀의 측벽의 하부 에지와 대향하는 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, h는 트렌치 또는 홀의 깊이, W_t 는 트렌치 또는 홀의 상부에서의 폭이고, θ_L 은 도 7A의 이미지의 관찰 각도이다.

본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 라인의 높이를 알게 됨으로써, 하부에서의 라인의 실제 폭을 측정하기 위하여 라인의 한 쌍의 입체 이미지가 이용될 수 있다. 도 8A 및 도 8B는 각각 평면으로부터 상향으로 연장하는 라인의 좌측면도 및 우측면도를 도시한다. 도 8A는 평면에 수직인 축에 대하여 $\theta_L = -3^\circ$ 의 빔 기울기를 가지는 라인의 이미지이고, 도 8B는 $\theta_R = +3^\circ$ 의 빔 기울기를 가지는 라인의 이미지이다.

도 8A에는 라인의 좌측 하부 에지(X_1), 좌측 상부 에지(X_2) 및 우측 상부 에지(X_3)가 도시되어 있다. 도 8B에는 또한 라인의 좌측 상부 에지(Y_3) 및 우측 상부 에지(Y_2)가 도시되어 있다. 또한, 라인의 우측 하부 에지(Y_1)도 도시되어 있다. 도 8A에서 도시된 가시거리($X_1 X_2$ 및 $X_2 X_3$), 및 도 8B에서 도시된 가시거리($Y_1 Y_2$ 및 $Y_2 Y_3$)를 측정함으로써 라인 하부에서의 실제 폭(W_b)을 계산할 수 있다:

$$W_b = (X_1 X_2 + X_2 X_3) / \cos \theta_L + (Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3) / \cos \theta_R - h(\tan \theta_L + \tan \theta_R) - W_t$$

또는

$$(X_1 X_2 + X_2 X_3 = X_1 X_3, Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3 = Y_1 Y_3)$$

또는

$$W_b = X_1 X_3 / \cos \theta_L + Y_1 Y_3 / \cos \theta_R - h(\tan \theta_L + \tan \theta_R) - W_t$$

여기서, h는 라인의 높이, W_t 는 피쳐 상부에서의 피쳐 폭이다. 예컨대, W_t 는 $Y_2 Y_3 / \cos \theta_R$ 로 주어진다. 도 8A 및 도 8B에 도시된 예에서, 거리 $(X_1 X_2 + X_2 X_3) / \cos \theta_L$ 은 $0.274 \mu\text{m}$ 이고, 거리 $(Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3) / \cos \theta_R$ 은 $0.312 \mu\text{m}$ 이며, 거리 $Y_2 Y_3 / \cos \theta_R$ 은 $0.232 \mu\text{m}$ 이다. 또한, 라인의 깊이(h)는 $0.8 \mu\text{m}$ 로 측정된다. 따라서, 본 실시예에서 라인 하부에서의 실제 폭(W_b)은 $0.27 \mu\text{m}$ 이다.

전술한 공식 대신에, 하기와 같은 또 다른 등가 공식이 사용될 수 있다.

$$W_b = X_1 X_2 / \cos \theta_L + (Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3) / \cos \theta_R - h(\tan \theta_L + \tan \theta_R)$$

또는

$$W_b = (X_1 X_2 + X_2 X_3) / \cos \theta_L + Y_1 Y_2 / \cos \theta_R - h(\tan \theta_L + \tan \theta_R)$$

또는

$$W_b = X_1 X_2 / \cos \theta_L + Y_1 Y_2 / \cos \theta_R - h(\tan \theta_L + \tan \theta_R) + W_t$$

또한, 상기 방법은 높은 종횡비(높고 폭이 좁음)를 갖는 라인에 대해서도 라인의 하부에서의 실제 폭(W)을 측정할 수 있다 장점을 가진다. 상기 방법은 예컨대 원자력을 이용한 현미경과 같은 다른 여러 방법들에서는 이러한 경우에 측

정하기가 매우 어렵다는 점에서 대조적이다.

라인의 바닥에서의 실제 폭(W)을 측정하는 것에 추가하여 도 8A 또는 도 8B에서 볼 수 있는 측벽의 폭을 측정하기 위하여, 본 발명의 또 다른 실시예가 이용될 수 있다. 예컨대, 도 8B로부터 라인의 우측벽의 폭을 측정할 수 있다. 상기 문장에서 측벽의 폭이란 측벽의 상부와 하부 사이의 수평 방향의 측방 거리를 의미한다. 도 8B에서 측정한 것처럼 가시 거리($Y_1 Y_2$)를 측정함으로써, 라인의 우측벽의 실제 폭(W_R)이 계산된다:

$$W_R = Y_1 Y_2 / \cos \theta_R - h \tan \theta_R$$

여기서, $Y_1 Y_2$ 는 피쳐의 측벽의 하부 에지와 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, h는 피쳐의 높이이며, θ_R 는 도 8B의 이미지 관찰 각도이다.

유사하게, 도 8A에서 측정한 것과 같이 가시 거리($X_1 X_2$)를 측정함으로써, 라인의 좌측벽의 실제 폭(W_L)이 계산된다:

$$W_L = X_1 X_2 / \cos \theta_L - h \tan \theta_L$$

여기서, $X_1 X_2$ 는 피쳐 측벽의 하부 에지와 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, h는 피쳐의 높이이며, θ_L 는 도 8A의 이미지의 관찰 각도이다.

도 9A와 도 9B는 웨이퍼의 표면 상에 존재하는 트렌치의 평면도 및 경사도이다. 도 9B에 도시된 바와 같이, 경사도는 트렌치 측벽의 실제 특성(character)을 관찰하고 규정할 수 있다. 경사도에서, 측벽은 평면도인 도 9A에서 검출되지 않았던 세부 사항들이 더욱 잘 보이고 더욱 상세하게 도시된다. 따라서, 트렌치 좌측벽의 측벽 프로파일은 도 9B로부터 수집할 수 있다. 더욱이, 두 이미지에서 동일한 에지부를 관찰함으로써, 평면도에서 볼 수 있었던 것의 대략 두 배나 많은 픽셀들을 경사도에서 볼 수 있다. 명확하게, 이는 매우 우수한 정확도를 가진 에지 폭을 측정할 수 있게 한다.

도 10A와 도 10B는 웨이퍼의 표면 상에 존재하는 라인의 평면도 및 경사도이다. 다시, 경사도(도 10B)는 라인의 측벽의 실제 특성을 관찰하고 규정할 수 있다. 경사도에서, 측벽은 T-상부(T-top)로서 규정되고 그 프로파일이 결정된다. 평면도(도 10A)에서, T-상부는 검출될 수 없다.

본 발명이 여러 실시예를 참조로 하여 설명되었지만, 당업자라면 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고 첨부된 청구항에서 한정되는 바와 같은 여러 실행 및 변형이 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 예를 들면, 도 6 내지 도 8과 관련하여 제공된 각도, 높이 및 폭의 크기는 예시를 위한 것이며 다른 각도, 높이 및 폭의 크기가 사용될 수 있다. 유사하게, 대물렌즈의 구성도 예시를 위해 제공된 것이며, 다른 구성의 대물렌즈가 사용될 수 있다.

발명의 효과

본 발명에 따른 측정 방법은 기울어진 하전 입자 빔을 사용하여 표본의 표면 특히, 반도체 웨이퍼 상의 표면 상에서 간격, 높이, 폭 등을 매우 빠르고 신뢰성있게 측정할 수 있게 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

하전 입자 빔을 사용하여 표면 상에 트렌치 또는 홀을 가진 표본을 검사하기 위한 방법으로서,

- a) 두 개의 다른 입사각들을 사용하여 상기 표본에 대한 적어도 두 개의 입체 이미지들을 생성하는 단계; 및
- b) 상기 트렌치 또는 홀의 하부에서 상기 트렌치 또는 홀의 폭을 결정하는 단계

를 포함하는 표본 검사 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 입체 이미지들 중 제 1 이미지로부터 상기 트렌치 또는 홀의 좌측 상부 에지 및 우측 하부 에지 사이의 가시 거리를 결정하고, 상기 적어도 두 개의 입체 이미지들 중 제 2 이미지로부터 상기 트랜

치 또는 홀의 우측 상부 에지 및 좌측 하부 에지 사이의 가시 거리를 결정하는 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 트렌치 또는 홀의 하부에서 상기 트렌치 또는 홀의 폭은 공식:

$$W_b = T_1 B_L / \cos \theta_L + T_2 B_R / \cos \theta_R + h(\tan \theta_L + \tan \theta_R) - W_t$$

에 따라 결정되고, 여기서 상기 $T_1 B_L$ 은 상기 트렌치 또는 홀의 좌측 상부 에지 및 우측 하부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 $T_2 B_R$ 은 상기 트렌치 또는 홀의 우측 상부 에지 및 좌측 하부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 h 는 상기 트렌치 또는 홀의 깊이이고, 상기 W_t 는 상기 트렌치 또는 홀의 상부에서의 트렌치 또는 홀의 폭이고, 상기 θ_L , θ_R 은 각각 상기 적어도 두 개의 입체 이미지들 중 제 1 이미지 및 두 개의 입체 이미지들 중 제 2 이미지의 관찰 각도들인 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 4.

하전 입자 빔을 사용하여 상기 표본 상에 트렌치 또는 홀을 가진 표본을 검사하기 위한 방법으로서,

a) 기울어진 입사각을 사용하여 상기 트렌치 또는 홀의 측벽을 나타내는 상기 표본에 대한 적어도 하나의 이미지를 생성하는 단계; 및

b) 상기 트렌치 또는 홀의 측벽의 폭을 결정하는 단계

를 포함하는 표본 검사 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 이미지로부터 상기 트렌치 또는 홀의 측벽의 하부 에지 및 대향하는 상부 에지 사이의 가시 거리와, 상기 트렌치 또는 홀의 좌측 상부 에지 및 우측 상부 에지 사이의 가시 거리를 결정하는 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 6.

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서, 상기 트렌치 또는 홀의 우측벽 및 좌측벽의 폭은 공식:

$$W_L = W_t - T_2 B_R / \cos \theta_R - h \tan \theta_R$$

$$W_R = W_t - T_1 B_L / \cos \theta_L - h \tan \theta_L$$

에 따라 결정되고, 여기서 상기 $T_1 B_L$ 은 상기 트렌치 또는 홀의 좌측 상부 에지 및 우측 하부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 $T_2 B_R$ 은 상기 트렌치 또는 홀의 우측 상부 에지 및 좌측 하부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 h 는 상기 트렌치 또는 홀의 깊이이고, 상기 W_t 는 상기 트렌치 또는 홀의 상부에서의 트렌치 또는 홀의 폭이고, 상기 θ_R , θ_L 은 각각 상기 이미지의 우측 및 좌측 관찰 각도들인 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 7.

하전 입자 빔을 사용하여 표면으로부터 연장하는 피처를 가진 표본을 검사하기 위한 방법으로서,

a) 두 개의 다른 입사각들을 사용하여 상기 표본에 대한 적어도 두 개의 입체 이미지들을 생성하는 단계; 및

b) 상기 피처의 하부에서 상기 피처의 폭을 결정하는 단계

를 포함하는 표본 검사 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 상기 적어도 두 개의 입체 이미지들 중 제 1 이미지로부터 상기 피처의 좌측 하부 에지 및 좌측 상부 에지 사이의 가시 거리와 상기 피처의 좌측 상부 에지 및 우측 상부 에지 사이의 가시 거리를 결정하고, 상기 적어도 두 개의 입체 이미지들 중 제 2 이미지로부터 상기 피처의 좌측 상부 에지 및 우측 상부 에지 사이의 가시 거리와 상기 피처의 우측 상부 에지 및 우측 하부 에지 사이의 가시 거리를 결정하는 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 9.

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서, 상기 피처의 하부에서 상기 피처의 폭은 공식:

$$W_b = (X_1 X_2 + X_2 X_3) / \cos \theta_L + (Y_1 Y_2 + Y_2 Y_3) / \cos \theta_R - h(\tan \theta_L + \tan \theta_R) - W_t$$

또는 상기 공식의 등가물들에 따라 결정되고, 여기서, 상기 $X_1 X_2$ 는 상기 피쳐의 좌측 하부 에지 및 좌측 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 $X_2 X_3$ 는 상기 피쳐의 좌측 상부 에지 및 우측 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 $Y_1 Y_2$ 는 상기 피쳐의 우측 하부 에지 및 우측 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 $Y_2 Y_3$ 는 상기 피쳐의 우측 상부 에지 및 좌측 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 h 는 상기 피쳐의 높이이고, 상기 W_t 는 상기 피쳐의 상부에서의 피쳐의 폭이고, 상기 θ_L , θ_R 은 각각 상기 적어도 두 개의 입체 이미지들 중 제 1 이미지 및 두 개의 입체 이미지들 중 제 2 이미지의 관찰 각도들인 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 10.

하전 입자 빔을 사용하여 표면으로부터 연장하는 피쳐를 가진 표본을 검사하기 위한 방법으로서,

a) 기울어진 입사각을 사용하여 상기 피쳐의 측벽을 나타내는 상기 표본에 대한 적어도 하나의 이미지를 생성하는 단계; 및

b) 상기 피쳐의 측벽의 폭을 결정하는 단계

를 포함하는 표본 검사 방법.

청구항 11.

제 10 항에 있어서, 상기 이미지로부터 상기 피쳐의 측벽의 하부 에지 및 상부 에지 사이의 가시 거리와 상기 피쳐의 좌측 상부 에지 및 우측 상부 에지 사이의 가시 거리를 결정하는 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

청구항 12.

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서, 상기 피쳐의 우측벽 및 좌측벽의 폭은 공식:

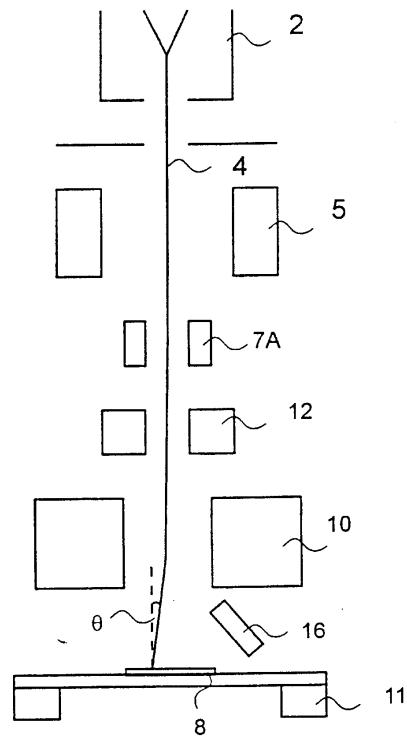
$$W_R = Y_1 Y_2 / \cos \theta_R - h \tan \theta_R$$

$$W_L = X_1 X_2 / \cos \theta_L - h \tan \theta_L$$

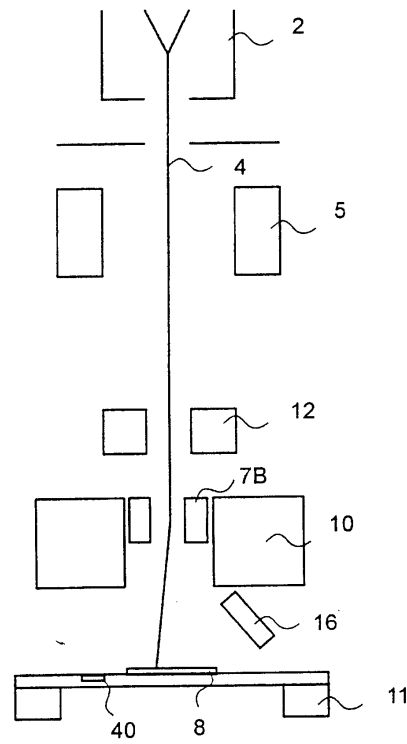
에 따라 결정되고, 여기서, 상기 $X_1 X_2$ 은 상기 피쳐의 좌측 하부 에지 및 좌측 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 $Y_1 Y_2$ 는 상기 피쳐의 우측 하부 에지 및 우측 상부 에지 사이를 측정한 가시 거리이고, 상기 h 는 상기 피쳐의 높이이고, 상기 θ_R , θ_L 은 각각 상기 이미지의 우측 및 좌측 관찰 각도들인 것을 특징으로 하는 표본 검사 방법.

도면

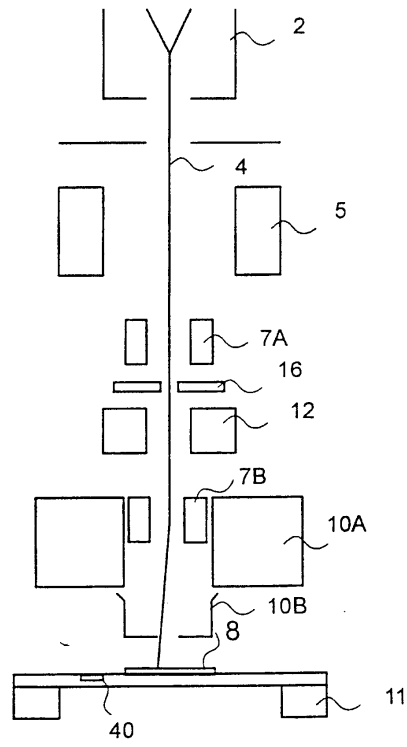
도면1



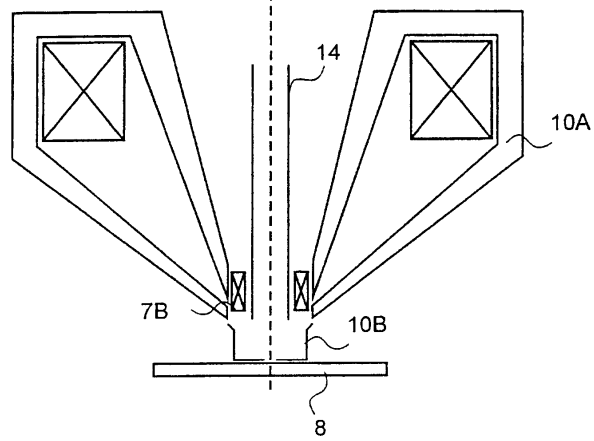
도면2



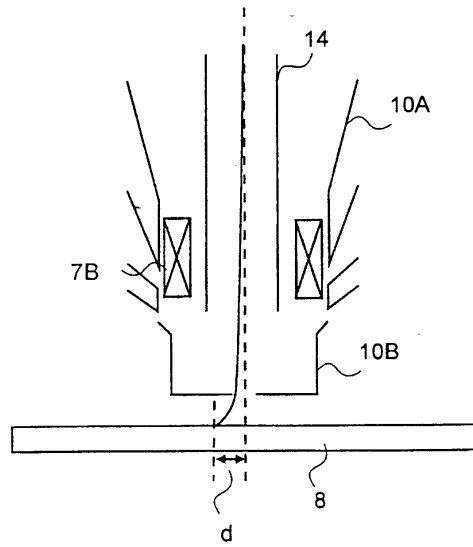
도면3



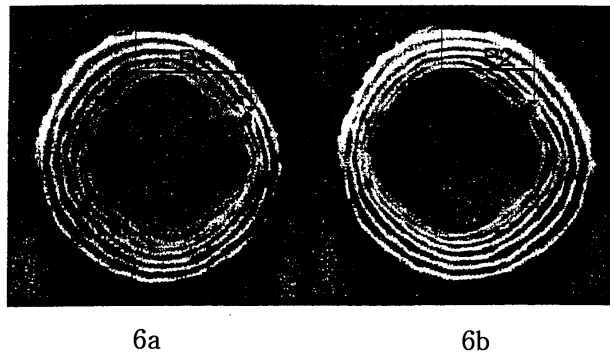
도면4



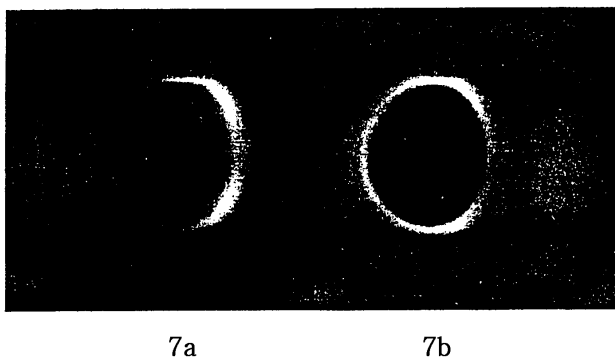
도면5



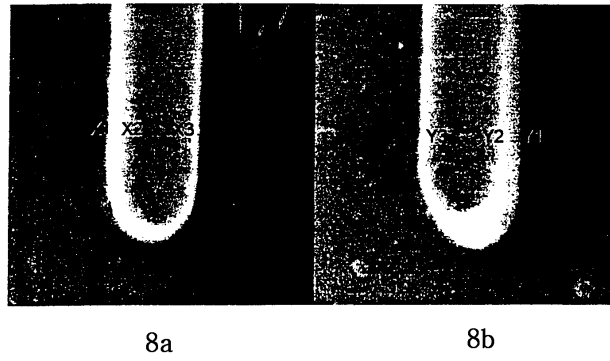
도면6



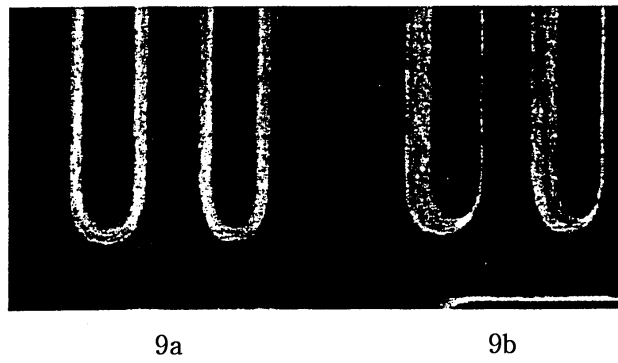
도면7



도면8



도면9



도면10

