

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) . Int. Cl.⁷
 G01B 7/06

(45) 공고일자 2005년11월08일
 (11) 등록번호 10-0526668
 (24) 등록일자 2005년10월31일

(21) 출원번호	10-2003-0001380	(65) 공개번호	10-2003-0063129
(22) 출원일자	2003년01월09일	(43) 공개일자	2003년07월28일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00009304 2002년01월17일 일본(JP)

(73) 특허권자 파브 솔루션 가부시키가이샤
 일본 가나가와Ken 가와사끼시 다까쓰꾸 히사모또 3쵸메 5방 7고

(72) 발명자 이타가키요스케
 일본211-8668가나가와Ken가와사끼시나까하라구시모누마베1753엔이
 씨일렉트로닉스코포레이션나이

야마다케이조
 일본211-8668가나가와Ken가와사끼시나까하라구시모누마베1753엔이
 씨일렉트로닉스코포레이션나이

우시키다케오
 일본211-8668가나가와Ken가와사끼시나까하라구시모누마베1753엔이
 씨일렉트로닉스코포레이션나이

(74) 대리인 특허법인코리아나

심사관 : 고종우

(54) 박막두께측정방법 및 장치

요약

막두께측정장치는 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사하고, 그 기판에 흐르는 기판전류값을 측정한다. 막두께측정장치는 전자빔의 조사로 이하여 박막의 부근에 발생된 전하분포의 영향 또는 박막의 부근에 기판표면 형상의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정한다. 막두께측정장치는 표준시료들에 대하여 기판전류값과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하고 참조데이터를 고려하여 보정된 기판전류값으로부터 박막의 두께를 계산한다.

대표도

도 7

색인어

막두께측정장치, 전자빔, 기판전류

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 막두께측정장치를 보여주는 블럭도,

도 2a 및 2b는, 전자빔이 기판상에 형성된 박막에 조사될 때 기판에 기판전류가 흐르는 원리를 보여주는 예시도,

도 3은 전자빔이 홀의 저면에 형성된 박막에 조사될 때, 2차전자들이 홀의 벽에 누적되는 상태를 예시적으로 보여주는 도면,

도 4는, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 전자빔을 기판상의 박막에 조사함으로써 기판에 흐르는 기판전류의 값을 측정하는 과정을 보여주는 순서도,

도 5는 측정된 데이터 및 참조데이터에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 과정을 보여주는 순서도,

도 6은, 도 5의 단계S30에서 수행된 측정데이터보정처리의 세부사항을 보여주는 순서도,

도 7은, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 막두께측정장치를 보여주는 블럭도,

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 막두께측정장치의 측정대상인 시료의 예를 보여주는 단면도,

도 9는, 시료에 전자빔을 조사하는 상태를 보여주는 예시도,

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 막두께측정장치의 측정대상이 되는 시료의 다른 예를 보여주는 단면도,

도 11은 보정처리부에 의해 이용되는 표를 보여주는 도면,

도 12a 및 12b는 보정식을 계산하기 위한 기판전류값들과 홀반지름 사이의 관계를 보여주는 그래프,

도 13은 보정된 측정데이터와 참조데이터를 비교하여 각 박막들의 두께를 계산한 결과를 보여주는 그래프, 및

도 14는 조사위치 및 기판전류값들 사이의 관계를 보여주는 그래프이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

1, 32 : 기판 2, 34 : 박막

3, 22 : 전자총 18 : 막두께측정장치

20 : 전자빔처리부 40 : 전자빔제어부

42 : 굴절제어부 44 : 웨이퍼스테이지제어부

46 : 조사위치제어부 48 : 전류측정부

50 : 전류증폭기 52 : 자동증폭기

54 : A/D컨버터 56 : 측정데이터기록부

58 : 보정처리부 60 : 배치데이터저장부

62 : 보정식저장부 66 : 계산처리부

68 : 참조데이터저장부 70 : 디지털멀티미터

72 : CPU 74 : 표시장치

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 전자빔을 이용한 박막두께측정방법 및 장치에 관한 것이다.

지금까지는, 예를 들면, 일본특개평H06-273297호에, 이온빔조사에 의해 박막내에 시료를 형성하면, 전자빔이 이온빔과 동시에 시료에 조사되어 패러데이컵(Faraday cup)으로 시료 전체를 통과한 전자빔을 검출함으로써 과도한 에칭을 방지하는 방법이 개시되어 있다.

유사하게, 일본특개평H08-5528호에는, 이온빔처리장치가 투과전자현미경용 시료를 마련하는데 이용될 때, 이온빔처리량은, 전자빔을 처리부에 조사하여 처리부를 통과한 전자빔의 전류량을 검출함으로써 제어되는 방법이 개시되어 있다.

그러나, 일본특개평H06-273297호 및 H08-5528호에 개시된 방법들에 따르면, 시료를 통과한 전자빔의 양이 측정되므로, 측정대상이 되는 시료는 전자빔이 통과할 정도로 얇게 처리될 필요가 있다. 그러므로, 보통의 반도체장치의 경우와 같은 지지기판상에 형성된 박막의 두께를 측정하기 어렵다.

더우기, 설명된 바와 같이, 예를 들면, 일본특개평S63-9807호에는, 전자빔이 박막에 조사되어 박막의 내측에서 방출된 2차전자들을 수집하고, 수집된 2차전자들의 양과 박막의 두께 사이의 관계에 기초하여 기판상의 박막의 두께가 측정되는 방법이 개시되어 있다. 그러나, 이 방법은, 높은 종횡비를 갖는 홀의 바닥에 형성된 박막으로부터 방출된 2차전자들을 확실하게 수집하기가 어렵다.

이러한 종래기술들의 문제들을 해결하기 위하여, 본 발명자들은, 전자빔을 기판에 형성된 박막에 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값이 측정되고, 참조데이터에 기초하여 박막의 두께가 계산되는 기술을 개발하는 데 성공하였고, 이를 특허출원(일본특개평2000-180143)하였다. 이 방법에서, 기판전류값은 시료를 통과한 전자빔의 양을 측정하는 것이 아니라 기판으로부터 직접 측정되기 때문에, 기판상에 형성된 박막의 두께도 측정할 수 있다.

도 1은 일본특개평2000-180143에 개시된 막두께측정장치를 보여주는 블럭도이다. 이 장치는, 전자빔을 기판(1)상의 박막(2)에 조사하는 전자총(3), 기판(1)의 아래쪽에 접촉되게 배치된 전극(4) 및, 전극(4)에 수집된 기판전류값을 측정하는 전류측정부(5)를 포함한다. 전류측정부(5)에서 측정된 전류는 전류증폭기(6) 및 차동증폭기(7)를 통하여 조정되고 A/D 컨버터(9)에 의해 디지털신호로 변환된다. 막두께측정장치는 디지털신호로 변환된 측정전류값을 저장하는 측정전류저장부(10), 이용가능한 표준시료들을 이용하여 측정된 분석곡선데이터를 저장하는 분석곡선데이터저장부(11), 및 분석곡선데이터와 측정전류값을 비교하는 분석곡선데이터비교부(12)를 더 포함한다.

이렇게 구성된 막두께측정장치에 따르면, 박막, 특히 극히 얇은 막의 두께가 정확하게 측정될 수 있다.

일본특개평2000-180143의 발명은 이하의 원리를 이용하고 있다. 대략 몇 백eV 내지 몇 keV 정도의 낮은 에너지범위를 갖는 전자빔이 시료에 조사되면, 시료표면의 부근에서 2차전자들이 방출된다. 일반적으로, 컨덕터들 또는 반도체들의 2차전자방출용량은 작은 반면, 절연체들의 2차전자방출용량은 크다. 예를 들면, 반도체인 실리콘의 2차전자방출용량은 대략 0.9인 반면에, 절연체인 실리콘산화막의 2차전자방출용량은 대략 2이다.

따라서, 전자빔이 실리콘기판 표면에 형성된 실리콘산화막을 갖는 반도체장치에 조사되면, 실리콘산화막으로부터 더 많은 2차전자들이 방출된다. 이 경우, 실리콘산화막으로부터 방출된 2차전자들을 보상하기 위하여, 전자들은 실리콘기판에서 나와서 실리콘산화막으로 흐른다. 즉, 실리콘기판에는, 조사된 전자빔에 의해 발생된 전류와 이 발생전류의 방향과 반대방향의 보상전류의 합인 기판전류가 흐른다.

도 2a 및 2b는 이 원리를 보여주는 예시적인 도면이다. 도 2a에서와 같이, 실리콘산화막이 실리콘기판에 형성되는 경우에, 하나의 전자빔을 통하여 조사되면, 두개의 전자들이 실리콘산화막으로부터 2차전자들로서 방출된다. 이것은 하나의 전자가 실리콘산화막으로부터 소실되어 소실전자를 보상하기 위하여 하나의 전자가 실리콘기판에서 실리콘산화막으로 흐르게 한다. 이 경우, 전자빔에 의해 발생된 전류의 방향과 반대되는 방향의 기판전류가 실리콘기판에 흐른다.

한편, 도 2b에서와 같이, 실리콘산화막이 실리콘기판상에 형성되지 않은 경우, 하나의 전자가 전자빔을 통하여 조사되면, 0.9전자가 기판으로부터 2차전자로서 방출된다. 그 결과, 조사된 전자량에서 방출된 전자량을 뺀 양에 해당하는 기판전류가 전자빔에 의해 발생된 전류의 방향으로 실리콘기판에 흐른다.

상기 설명과 같이, 실리콘산화막이 실리콘기판에 형성되지 않으면, 2차전자방출량은 작아지고 전자빔에 의해 발생된 전류가 우세하지만, 실리콘산화막의 두께가 증가하면, 보상전류도 증가한다. 그러므로, 표준시료들에 대한 기판전류값과 막 두께 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 미리 추출하고, 이 참조데이터와 측정된 기판전류값을 비교함으로써, 박막두께가 계산될 수 있다.

그러나, 일본특개평2000-180143에 개시된 막두께측정방법이 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막의 두께를 측정하는 데 적용된다면, 박막으로부터 방출된 2차전자들의 일부가 도 3에서 보여준 바와 같이 홀의 벽에 누적된다. 그 결과, 그 벽에 누적된 2차전자들로 인하여 홀 안에 전계가 발생된다. 이 전계의 영향 때문에 박막의 표면으로부터 2차전자들의 또 다른 방출이 억제되어, 두께가 동일하다 할지라도, 기판전류값들이 평평한 표면에 형성된 박막과 홀의 저면에 형성된 박막 사이에서 서로 다르다는 것이 발견된다. 특히, 홀의 저면에 형성된 박막으로부터 방출된 2차전자들의 양이 감소되어 보상전류도 따라서 감소되므로, 전자빔에 의해 발생된 전류의 방향이 양의 방향이라면, 기판전류값은 평평한 표면과 비교하여 양의 방향에서 벗어난다는 문제가 발생한다.

이상의 문제는, 일본특개평2000-180143에 개시된 막두께측정방법이 평평한 표면에만 형성된 박막뿐만 아니라 요칠표면을 갖는 기판 또는 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막의 두께를 측정하는 데 이용되는 경우에 더욱 두드러진다. 본 발명은, 이상의 문제를 해결하기 위하여 일본특개평2000-180143에 개시된 기술을 향상시키기 위한 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이러한 환경하에서 이루어졌으며, 본 발명의 목적은 기판상에 형성된 박막의 두께를 측정하는 기술, 특히, 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막 또는 요칠표면을 갖는 기판상에 형성된 박막의 두께를 정확하게 측정하는 기술을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명에 따르면, 기판에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법이 제공된다. 본 방법은, 표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계; 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계; 전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 단계; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함한다.

이 방법에 따르면, 기판전류값이 2차전자들의 전하분포의 영향을 고려하여 보정되기 때문에, 전자빔을 박막에 조사할 때 박막으로부터 방출된 2차전자들이 박막의 부근에 축적되더라도, 기판전류값은 이러한 영향을 제거하여 참조데이터와 비교할 수 있다. 그러므로, 예를 들면, 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막의 두께도 정확하게 측정될 수 있다.

기판전류는, 기판에 조사된 전자빔에 의해 발생된 전류와, 박막에 전자빔을 조사함으로써 박막으로부터 방출된 2차전자들을 보상하기 위하여 기판으로부터 흘러나와 박막으로 들어가는 전자들의 양을 나타나는 보상전류의 합이다.

기판전류값은, 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 측정함으로써 얻어진 미가공데이터일 수도 있고, 증폭기 등을 통하여 미가공데이터를 조정함으로써 얻어진 데이터일 수도 있으며, 이 데이터를 디지털신호들로 변환함으로써 얻어진 데이터일 수고, 측정기판전류값으로부터 유도된 어떤 데이터일 수도 있다.

이 방법에서 이용된 전자빔의 에너지(가속전압)는, 전자빔이 기판을 관통하지 않는 범위 이상, 예를 들면 대략 10keV 이상이 바람직하다.

참조데이터는, 주어진 두께를 갖는 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐를 수 있는 기판전류값과 이 주어진 박막두께 사이의 관계를 나타낸다.

본 발명에 따르면, 기판에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법이 제공된다. 본 방법은, 표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계; 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계; 박막의 부근에서 기판표면 형상의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 단계; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함한다.

이 방법에 따르면, 기판전류값이 박막의 부근에서 기판표면 형상에 따른 2차전자들의 축적량을 고려하여 보정되기 때문에, 전자빔을 박막에 조사할 때 박막으로부터 방출된 2차전자들이 박막의 부근에 축적되더라도, 기판전류값은 이러한 영향을 제거하여 참조데이터와 비교할 수 있다. 그러므로, 예를 들면, 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막의 두께도 정확하게 측정될 수 있다.

기판표면 형상의 영향은, 박막이 형성된 영역과 그 주변 사이의 레벨차이에 의해 야기된 영향일 수도 있고, 박막이 형성된 영역과 그 주변 사이의 불균일에 의해 야기된 영향일 수도 있다.

박막은 기판의 퇴적막상에 형성된 오목부의 저면에 마련되고, 보정단계에서 박막이 마련된 오목부의 형상에 따라 전하분포의 영향을 계산할 수도 있다.

이 방법은, 기판표면에 형성된 오목부의 배열을 나타내는 배치데이터를 취득하는 단계를 더 포함하고, 기판전류값을 취득하는 단계는, 기판전류값들에 대응하여 전자빔이 조사되는 박막상의 위치들을 취득하고, 보정단계는, 전자빔이 조사되는 위치들의 배치데이터에 기초하여 기판전류값들을 보정하도록 배치될 수도 있다.

본 발명에서의 기판은, 그 위에 막두께측정대상인 박막이 형성되고 접지로서 역할을 하는 기재를 나타내고, 또한 그 위에 퇴적막이 없거나 혹은 있는 반도체기판, 그 위에 퇴적막이 있거나 없는 절연기판 등을 나타낸다. 예를 들면, 그 위에 절연막을 갖는 실리콘기판을 나타낸다.

상기 배치데이터를 취득하는 단계는, 박막들의 두께들을 계산하기 위하여 박막들에 전자빔을 조사하기 전에, 배치데이터를 취득하기 위하여 전자빔을 조사하는 단계; 전자빔의 조사위치들 각각에 대응하여 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계; 및 기판전류값들과 조사위치들을 기초로 기판표면에 형성된 오목부들의 배열을 검출하는 단계를 포함할 수도 있다.

배치데이터를 취득하는 단계는 시료의 설계데이터를 기초로 배치데이터를 취득할 수도 있다.

각 오목부는 홀이고, 상기 보정단계는, 보정식의 변수로서 홀의 반지름을 갖는 보정식을 이용하여 기판전류값을 보정할 수도 있다.

복수개의 오목부들이 기판표면에 형성되고, 기판전류값을 취득하는 단계는, 각각의 오목부들의 위치에 대응하여 기판전류값들을 취득하고, 상기 배치데이터를 취득하는 단계는 각각의 오목부들의 위치에 대응하여 오목부들의 형상을 검출하는 단계를 포함하고, 보정단계는, 각각의 오목부들의 형상에 따라 기판전류값을 보정할 수도 있다.

본 발명에 따르면, 기판에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 장치가 제공된다. 이 장치는, 표준시료에 대하여 막두께들와 기판전류값들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 참조데이터취득부; 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 측정데이터취득부; 전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 보정처리부; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 계산처리부를 포함한다.

이 장치에 따르면, 보정처리부가 2차전자들의 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하기 때문에, 전자빔을 박막에 조사할 때 박막으로부터 방출된 2차전자들이 박막의 부근에 축적되더라도, 계산처리부는 이러한 영향을 제거하여 참조데이터와 기판전류값을 비교할 수 있다. 그러므로, 예를 들면, 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막의 두께도 정확하게 측정될 수 있다.

박막은 기판표면에 형성된 오목부의 저면에 마련되고, 보정처리부는 박막이 마련된 오목부의 형상에 따른 전하분포의 영향을 계산하도록 배열될 수도 있다.

본 발명에 따르면, 기판상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 장치가 제공된다. 이 장치는, 표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 참조데이터취득부; 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 측정데이터취득부; 박막의 부근에서 기판표면 형상의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 보정처리부; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 계산처리부를 포함한다.

이 장치에 따르면, 보정처리부가 박막의 부근에서 기판표면 형상에 따른 2차전자들의 축적량을 고려하여 기판전류값을 보정하기 때문에, 전자빔을 박막에 조사할 때 박막으로부터 방출된 2차전자들이 박막의 부근에 축적되더라도, 계산처리부는 이러한 영향을 제거하여 참조데이터와 기판전류값을 비교할 수 있다. 그러므로, 예를 들면, 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막의 두께도 정확하게 측정될 수 있다.

이 장치는, 측정대상인 박막에 전자빔을 조사하는 전자빔조사부; 및 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 측정하는 전류측정부를 더 포함하고, 측정데이터취득부는 전류측정부로부터 기판전류값을 취득하도록 배치될 수 있다.

전류측정부는 기판에 접촉하여 마련된 전극을 포함하고, 기판전류값으로서 전극에 흐르는 전류를 측정하도록 배치될 수 있다.

이 장치는, 기판표면에 형성된 오목부의 배열을 나타내는 배치데이터를 저장하는 배치데이터저장부를 더 포함하고, 전류측정부는, 기판전류값에 대응하여 전자빔이 조사되는 박막의 위치를 취득하고, 보정처리부는 전자빔이 조사되는 위치의 배치데이터에 기초하여 기판전류값을 보정하도록 배치될 수 있다.

오목부는 홀이고, 보정처리부는 변수로서 홀의 반지름을 갖는 보정식을 이용하여 기판전류값을 보정하도록 배치될 수 있다.

복수의 오목부들이 기판표면에 형성되고, 측정데이터기록부는 오목부들의 위치에 대응하여 기판전류값들을 각각 저장하고, 배치데이터저장부는 오목부들의 위치에 대응하여 오목부들의 형상을 각각 저장하고, 및 보정처리부는 오목부들의 형상에 따라 기판전류값들을 각각 보정하도록 배치될 수 있다.

본 발명에 따르면, 기판상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 프로그램이 제공된다. 이 프로그램은, 표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계; 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계; 전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 단계; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함하는 막두께측정방법을 컴퓨터가 수행하게 한다.

본 발명에 따르면, 기판상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 프로그램이 제공된다. 이 프로그램은, 표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 참조데이터취득수단; 기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 측정데이터취득수단; 기판전류값을 보정하는 보정처리수단; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 계산처리수단을 포함하는 정보처리장치를 제어하고, 참조데이터취득수단이 참조데이터를 취득하는 공정을 수행하게 하고, 측정데이터취득수단이 기판전류값을 취득하는 공정을 수행하게 하고, 보정처리수단이 전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 공정을 수행하게 하고, 계산처리수단이 참조데이터저장수단으로부터 참조데이터를 독출하여 참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 공정을 수행하게 한다.

본 발명에 따르면, 기판상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 프로그램이 제공된다. 이 프로그램은, 표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계; 기판에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에

흐르는 기관전류값을 취득하는 단계; 박막의 부근에서 기관표면 형상의 영향을 고려하여 기관전류값을 보정하는 단계; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기관전류값에 기초하여 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함하는 막두께측정방법을 컴퓨터가 수행하게 한다.

본 발명에 따르면, 기관상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기관에 흐르는 기관전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 프로그램이 제공된다. 이 프로그램은, 표준시료에 대하여 기관전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 참조데이터취득수단; 기관에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기관에 흐르는 기관전류값을 취득하는 측정데이터취득수단; 기관전류값을 보정하는 보정처리수단; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기관전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 계산처리수단을 포함하는 정보처리장치를 제어하고, 참조데이터취득수단이 참조데이터를 취득하는 공정을 수행하게 하고, 측정데이터취득수단이 기관전류값을 취득하는 공정을 수행하게 하고, 보정처리수단이 박막의 부근에서 기관표면 형상의 영향을 고려하여 기관전류값을 보정하는 공정을 수행하게 하고, 계산처리수단이 참조데이터저장수단으로부터 참조데이터를 독출하여 참조데이터를 고려한 보정된 기관전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 공정을 수행하게 한다.

본 발명에 따르면, 기관상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기관에 흐르는 기관전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 프로그램을 기록한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체가 제공된다. 이 기록매체에는, 표준시료에 대하여 기관전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계; 기관에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기관에 흐르는 기관전류값을 취득하는 단계; 전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기관전류값을 보정하는 단계; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기관전류값에 기초하여 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함하는 막두께측정방법을 컴퓨터가 수행하게 하는 프로그램이 기록된다.

본 발명에 따르면, 기관상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기관에 흐르는 기관전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 프로그램을 기록한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체가 제공된다. 이 기록매체에는, 표준시료에 대하여 기관전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계; 기관에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기관에 흐르는 기관전류값을 취득하는 단계; 박막의 부근에서 기관표면 형상의 영향을 고려하여 기관전류값을 보정하는 단계; 및 참조데이터를 고려한 보정된 기관전류값에 기초하여 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함하는 막두께측정방법을 컴퓨터가 수행하게 하는 프로그램이 기록된다.

본 발명은 이상의 구성요소들의 임의의 결합들에 적용될 수 있고, 본 발명의 표현을 방법들, 장치들, 시스템들, 기록매체들, 컴퓨터프로그램들 등 중에서 변환한 것도 본 발명의 태양으로써 유효하다.

제1실시예

도 4는, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 전자빔을 기관상의 박막에 조사함으로써 기관에 흐르는 기관전류의 값을 측정하는 과정을 보여주는 순서도이다. 먼저, 전자빔의 박막에의 조사위치가 설정된다(단계S10). 다음, 설정조사위치의 박막에 전자빔이 조사된다(단계12). 연이어, 전자빔이 박막에 조사될 때 기관에 흐르는 기관전류값이 측정된다(단계S14). 다음에, 측정된 기관전류값이 증폭기들에 의해 조정되고(단계S16), 조정된 기관전류값이 측정데이터로서 조사위치에 대응되게 기록된다(단계S18). 그런 후에, 모든 필요영역에서 측정이 종료되었는지 아닌지를 판단한다(단계S20). 아직 종료되지 않았다면(단계S20에서 "아니오"), 과정은 새로운 조사위치가 설정되는 단계S10으로 되돌아 간다. 한편, 모든 필요영역에서의 측정이 종료되면(단계S20에서 "예"), 과정이 종결된다.

도 5는 측정된 데이터 및 참조데이터에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 과정을 보여주는 순서도이다. 여기서, 참조데이터는 표준시료에 대하여 막두께와 기관전류값들 사이의 관계를 나타낸다.

먼저, 측정된 기관전류값들이 보정된다(단계S30). 다음, 참조데이터가 독출되고(단계S32), 보정된 기관전류값들 및 참조데이터가 서로 비교되어(단계S34), 보정된 기관전류값들에 대응하는 두께들이 계산된다(단계S36). 계산된 두께들은 조사위치에 대응되게 출력된다(단계S38).

도 6은, 도 5의 단계S30에서 수행된 측정데이터보정처리의 세부사항을 보여주는 순서도이다. 먼저, 전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향 또는 박막의 부근의 기관표면형상의 영향을 고려하여 보정식이 얻어진다(단계S40). 다음, 박막이 형성될 영역의 시료의 배치데이터가 얻어진다(단계S42). 얻어진 보정식 및 배치데이터에 기초하여, 시료의 상태위치들에서 보정데이터가 계산된다(단계S44). 다음, 도 4의 단계S18에서 기록된 측정데이터가 독출되고(단계S46), 보정데이터에 기초하여 보정처리가 수행된다(단계S48).

이제, 이러한 막두께측정방법을 실현시킬 수 있는 막두께측정장치의 구조가 설명된다. 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 막두께측정장치를 보여주는 블럭도이다.

막두께측정장치(18)는, 전자빔처리부(20), 전자빔제어부(40), 굴절제어부(42), 웨이퍼스테이지제어부(44), 조사위치제어부(46), 전류측정부(48), 전류증폭기(50), 자동증폭기(52), A/D(Analog/Digital)컨버터(54), 측정데이터기록부(56), 보정처리부(58), 배치데이터저장부(60), 보정식저장부(62), 계산처리부(66), 참조데이터저장부(68), 디지털멀티미터(70), CPU(72) 및 표시장치(74)를 포함한다.

전자빔처리부(20)는 전자빔을 발생시키는 전자총(22), 전자빔을 굴절시켜 전자빔이 표면에 주어진 영역에 조사되게 하는 굴절부(24), 시료를 유지하는 웨이퍼스테이지(26) 및 웨이퍼스테이지(26)를 구동하는 웨이퍼스테이지구동부(28)를 포함한다. 이 실시예에서, 전자빔처리부(20)는 웨이퍼스테이지(26)에 배치된 전극(30)을 포함한다. 본 실시예에서 측정대상이 되는 시료으로서 기판(32)에 형성된 박막(34)이 전극(30)상에 위치되고, 전극(30)은 시료에 흐르는 전류를 검출한다.

도면에 도시되지는 않았지만, 전자빔처리부(20)는 가속전압발생부를 가지며, 소정의 가속전압을 갖는 전자빔이 전자총(22)에서 발사되도록 전자빔제어부(40)가 가속전압발생부를 제어한다. 또한, 전자빔처리부(20)는, 웨이퍼스테이지(26)와 같이 시료 부근에 전압을 인가하는 수단을 가질 수도 있다. 시료의 부근에 전압을 인가함으로써, 전자빔의 가속은 실질적으로 낮아져 측정결과가 높은 정확도를 가질 수 있다. 웨이퍼스테이지(26) 등에 전압의 인가에 의해 발생된 신호들이 이후에 설명될 차동증폭기(52)에 의해 제거될 수 있다. 이러한 배열에 의해, 측정결과는 높은 정확도를 얻을 수 있다.

굴절제어부(42)는 굴절부(24)를 제어한다. 웨이퍼스테이지제어부(44)는 웨이퍼스테이지구동부(28)를 제어하여 웨이퍼스테이지(26)를 주어진 위치로 이동시킨다. 조사위치제어부(46)는 전자빔이 시료의 주어진 위치에 조사되도록 굴절제어부(42) 및 웨이퍼스테이지제어부(44)를 제어한다. 도시되지는 않았지만, 막두께측정장치(18)는 전자총이동수단을 가지며, 조사위치제어부(46)는 전자총이동수단을 제어하여 전자빔이 시료의 주어진 위치에 조사되도록 전자총(22)을 이동시킨다.

전류측정부(48)는 전극(30)에 연결되고 전극(30)에 의해 검출된 기판전류값을 측정한다. 전류증폭기(50)는 기판전류값을 증폭한다. 차동증폭기(52)는, 막두께측정장치(18)의 누설전류에 의해 야기된 오프셋전압을 제거하는 기능을 조절하는 정상편차를 포함하며, 기판전류값을 증폭한다. 차동증폭기(52)는, 전자빔이 조사되지 않을 때의 전류값과 전자빔이 조사될 때의 전류값의 차를 이용하여 오프셋전압보정을 수행한다. 디지털멀티미터(70)는 조정된 기판전류값을 표시한다.

A/D컨버터(54)는 차동증폭기(52)에 의해 조정된 기판전류값의 디지털변환을 수행한다. 측정데이터기록부(56)는 디지털변환된 기판전류값을 기록한다. 또한, 측정데이터기록부(56)는 조사위치제어부(46)로부터 전자빔의 조사위치데이터를 요구한다. 측정데이터기록부(56)는 측정된 기판전류값에 대응하는 조사위치데이터를 기록한다.

배치데이터저장부(60)는 박막(34)이 형성될 영역의 배치데이터를 저장한다. 이 경우, 예를 들면, 복수의 홀들로 형성된 퇴적층이 기판(32)상에 형성되면, 배치데이터저장부(60)는 배치데이터로서 그 위치에 관련된 각 홀들의 반지름들을 나타내는 데이터를 저장한다. 배치데이터는, 막두께측정가 될 시료를 측정하여 얻어진 측정값들이거나 그 시료의 설계데이터일 것이다. 배치데이터는, CD-SEM(Critical Dimension Scanning Electron Microscope)장치 또는 이하에서 설명될 막두께측정장치(18) 자체를 이용한 측정을 통하여 얻어질 수 있다.

보정식저장부(62)는 배치데이터에 기초하여 측정데이터를 보정하는 보정식을 저장한다. 보정식은, 예를 들면, 변수로서 홀의 반지름을 갖는 함수일 수 있으며, 구체적인 예는 이하에서 설명된다.

보정처리부(58)는 측정데이터저장부(56)로부터 측정데이터를 독출하여 전자빔의 조사로 인한 박막(34)의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 측정데이터를 보정한다. 이 경우, 보정처리부(58)가 박막(34)의 부근에서 기판의 표면형상의 영향을 고려하여 측정데이터를 보정할 수도 있다.

참조데이터저장부(68)는 표준시료들에 대하여 기판전류값들과 막두께 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 저장한다. 이 경우, 참조데이터는, 기지의 박막을 포함하는 표준시료를 이용하여 막두께측정장치(18)에 의해 전자빔을 조사할 때 얻어진 측정값들을 그 막두께들과 관련시킴으로써 얻어 질 수도 있다. 표준시료들에 포함된 박막들은 박막(34)의 재료로서 동일한 재료로 형성되는 것이 바람직하지만, 박막(34)의 재료와 같은 2차전자방출용량을 갖는 것과 같은 다른 재료로 형

성될 수도 있다. 참조데이터는, 예를 들면 평평한 기판에 형성된 박막을 이용함으로써 바람직하게 얻어진다. 보정처리부(58)는, 참조데이터가 요구될 때 박막의 부근에서 기판표면 형상과, 측정데이터를 요구할 때 박막(34)의 부근에서 기판표면 형상 사이의 차이를 고려하여 측정데이터를 보정할 수도 있다.

또한, 다른 예에서는, 참조데이터가, 측정대상이 되는 박막(34) 및 기판(32)의 2차전자방출용량들을 고려하여 이론적인 계산을 통하여 도출될 수도 있다. 또한, 예를 들어, 박막(34)이 SiON으로 형성되면, 참조데이터는 SiO_2 및 SiON 각각에 측정된 기판전류값들로부터 비율계산을 통하여 도출될 수도 있다.

연산처리부(66)는, 참조데이터저장부(68)에 저장된 참조데이터를 고려하여 측정된 기판전류값으로부터 측정대상이 되는 박막(34)의 두께를 계산한다. CPU(72)는 막두께측정장치(18) 전체를 제어한다. 표시장치(74)는 계산의 결과를 표시한다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 막두께측정장치의 측정대상이 되는 시료의 예를 보여주는 단면도이다. 막두께측정장치(18)는 기판(32)상에 누적된 퇴적막(80)상에 형성된 홀들(82)의 저면에 형성된 박막(34)의 두께를 측정한다. 홀(82)의 구체적인 예로서, 예를 들면, 에칭에 의해 형성된 접촉홀이 있다. 이 경우, 측정대상이 되는 박막(34)은, 기판상에 층간절연막을 에칭할 때 층간절연막의 잔류막 또는 층간절연막과 기판 사이에 마련된 에칭스토퍼일 수도 있다. 여기서, 기판(32)은 바람직하게는 컨덕터 또는 반도체이다. 이 실시예에서, 기판(32)은 실리콘으로 형성된다.

박막(34)은, 예를 들면, SiO_2 (P 또는 B를 함유한 것을 포함함)(실리콘산화막), SiN(실리콘질화막), SiON(실리콘질산화막), SiOF(실리콘불소함유산화막), SiONF(실리콘불소함유질산화막), USG(undoped silicate glass), BPSG(borophosphosilicate glass), PSG(phosphosilicate glass), 유기고분자와 같은 중합체, 무기산화막, 실리사이드, 질화막, 강유전체, 폴리이미드, 레지스트, 불화탄소, 탄소, 단백질, DNA 또는 SOG(spin on glass), FOX(flowable oxide), 파리렌(Pariren), 사이톱(Cytop), BCB(bensocyclobutene), HSQ(hydrogen silsesquioxane), MSQ(metal silsesquioxane) 또는 실크(Dow케미컬주식회사의 등록상표)와 같은 낮은 유전율재료(low-k film) 등으로 형성된다. 박막(34)은 또한 예를 들면, Al, W, Mo, Pt, Au, Cu, Ti, 또는 Co합금과 같은 금속으로 형성될 수도 있다. 이 실시예에서, 퇴적막(80) 및 박막(34)은 실리콘산화막들로 형성된다.

여기에는, 박막(34)이 홀의 저면에 마련된 것이 설명되었다. 그러나, 박막(34)이, 홀에 한정되지 않고 예를 들어 흄과 같은 오목부의 저면 또는 볼록부의 정상면에 마련될 수도 있다. 이 경우, 오목부는, 전자빔이 박막(34)에 조사될 수 있도록 어떤 개구형태를 가질 수도 있다.

도 9는, 시료에 전자빔을 조사하는 상태를 보여주는 예시도이다. 조사위치제어부(46)는, 웨이퍼스테이지제어부(44), 굴절제어부(42) 등을 제어하여, 전자빔을 시료에 X 및 Y방향의 2차원적으로 주사한다.

이 실시예에서, 막두께측정장치(18)는 각 홀(82)의 저면에 마련된 박막(34)을 측정한다. 그러므로, 전자빔은, 홀의 저면의 박막(34)에 직접 닿도록 수직적으로 유지되는 것이 바람직하다. 홀(82)의 저면, 또는 상기와 같이 흄과 같은 오목부의 저면에 마련된 박막의 두께를 측정할 때, 전자빔을 굴절시키기보다는 시료의 표면에 수직적으로 전자빔을 조사하기 위하여 웨이퍼스테이지(26) 또는 전자총(22)을 움직여 조사하는 것이 바람직하다. 또한, 홀(82)내의 박막(34)에 수직적으로 전자빔을 조사함으로써, 박막(34)에 조사되기 전에 실리콘산화퇴적막(80)에 부딪혀 흡수되는 2차전자들의 양은 감소될 수 있다. 따라서, 박막(34)의 두께는 더욱 정확하게 계산될 수 있다.

전자빔은 동일한 각도로 측정범위내의 시료의 모든 부분에 조사하는 것이 바람직하다. 이 배열에 의해, 2차전자방출량은, 막두께가 측정된 기판전류값으로부터 정확하게 계산될 수 있도록 정량적으로 유지될 수 있다. 막두께측정장치(18)는, 상기와 같이 시료에 전자빔을 조사하는 동안 기판전류값들을 측정하고 측정데이터기록부(56)가 전자빔의 조사위치에 해당하는 측정된 기판전류값들을 저장하게 한다.

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 막두께측정장치(18)의 측정대상인 시료의 다른 예를 보여주는 단면도이다. 막두께측정장치(18)는, 실리콘기판(32)에 퇴적된 실리콘산화퇴적막(80)이 복수의 홀들(82a, 82b 및 82c)로 형성되고, 박막(34)이 각 홀의 저면에 마련된 시료를 측정한다. 홀들(82a, 82b 및 82c)의 반지름들(r_1 , r_2 및 r_3)은 서로 다르다. 시료상에 전자빔의 조사위치들은, 홀들(82a, 82b 및 82c)의 중심들에서 (x_1, y_1) , (x_2, y_1) , (x_3, y_1) 이다.

지금부터 도 7 내지 도 10을 참조하여, 본 실시예의 막두께측정장치(18)의 동작이 설명될 것이다.

도 7에서, 측정의 대상인 시료는 웨이퍼스테이지(26)에 배치된 전극(30)에 위치된다. 여기서, 도 10에서 보여준 시료가 측정대상으로서 이용된다. 전자빔제어부(40)는, 소정의 에너지를 갖는 전자빔이 전자총(22)으로부터 조사되도록 가속전 압발생부를 제어한다. 먼저, 조사위치제어부(46)는, 전자빔이 시료상의 주어진 위치(x_1, y_1)에 조사되도록 웨이퍼스테이지제어부(44) 및 굴절제어부(42)를 제어한다. 조사위치제어부(46)는 이 조사위치(x_1, y_1)를 측정데이터기록부(56)에 출력한다.

전자빔이 전자총(22)으로부터 시료에 조사될 때, 2차전자들이 시료로부터 방출된다. 그러므로, 박막(34)로부터 방출된 2차전자들을 보상하기 위하여 전자들은 기판(32)으로부터 박막(34)으로 흐르므로 기판(32)에서 보상전류가 흐른다. 또한, 전자총(22)으로부터 조사되지만 시료에 닿지 않은 전자빔에 의해 발생된 전류가 기판(32)에서 흐른다. 기판에서(32), 이 전류들의 합인 기판전류가 흐른다. 전극(30)은 기판전류를 검출하고, 전류측정부(48)는 기판전류값을 측정한다.

측정된 기판전류값은 전류증폭기(50) 차동증폭기(52) 및 A/D컨버터(54)를 통하여 조정된다. 디지털변환된 기판전류값이 "a"라고 가정하면, 측정데이터기록부(56)는 기판전류값(a)을 조사위치(x_1, y_1)에 대응하여 기록한다.

조사위치제어부(46)는 시료의 전자빔의 조사위치를 제어하고, 기판전류값의 측정이 위치들(x_2, y_1) 및 (x_3, y_1)에서 동일한 방식으로 반복된다. 측정데이터기록부(56)는, 기판전류값들(b 및 c)을 조사위치들((x_2, y_1) 및 (x_3, y_1)) 각각에 대응되게 각 위치들에 기록한다.

도 11은, 보정처리부(58)에 의해 이용되는 표를 보여주는 도면이다. 이 도면을 참조하여, 보정처리부(58)에서 수행된 처리가 이하에서 설명된다. 보정처리부(58)는 측정데이터기록부(56)로부터 조사위치들((x_1, y_1), (x_2, y_1) 및 (x_3, y_1)) 각각에 관련된 기판전류값들(a, b 및 c)을 독출한다.

보정처리부(58)는, 보정식저장부(62)로부터 홀의 반지름(r)에 기초하여 기판전류값을 보정하는 보정식($f(r)$)을 요구한다. 이하에서, 보정식의 계산방법의 일례가 설명된다.

일함수는 Φ , 입사전자에너지는 E_0 , 외부전위는 V 라고 가정하면, 2차전자방출에너지(E)는 이하와 같이 주어지며, 여기서 Φ 는 박막(34)의 두께에 따라 변하는 값이다.

수학식 1

$$E = E_0 - (\Phi + V)$$

한편, 거리(r)의 점에서 어떤 전자에 의해 발생된 전위(V')는 이하와 같이 주어지고, 여기서 A 및 B는 양의 상수들이다.

수학식 2

$$V' = A \times \exp(-B \times r)$$

외부전위(V)가 식(2)의 V' 로 주어지고, 홀의 반지름은 r , n전자들이 전자들이 포화된 상태에서 홀(82)의 벽에 누적된다고 가정하면, 수학식(1)은 이하와 같이 변환될 수 있다.

수학식 3

$$E = E_0 - \Phi - n \times A \times \exp(-B \times r)$$

기판 하부에서 검출된 에너지는, 입사전자에너지(E_0)와 2차전자방출에너지(E)의 차이에 해당하기 때문에, 수학식(3)은 아래와 같이 변환될 수 있다.

수학식 4

$$E_0 - E = \Phi + n \times A \times \exp(-B \times r)$$

따라서, 검출된 기판전류(I)는 이하와 같이 주어지고, 여기서 a는 상수, b 및 c는 양의 상수들이다.

수학식 5

$$I = a + n \times b \times \exp(-c \times r)$$

이 경우에, 퇴적막(80)의 두께가 지정값이면, 벽에 부착된 전자들의 수(n)는 홀의 반지름(r)에 비례하고, 수학식(5)은 이하와 같이 변환될 수 있고, 여기서 a는 박막(34)의 두께에 따라 결정되는 상수이고, β 및 γ 는 양의 상수들이다.

수학식 6

$$I = a + \beta \times r \times \exp(-\gamma \times r)$$

그러므로, 홀반지름에 따른 영향이 없을 때 기대되는 출력이 I' 라고 하면, I' 는 이하와 같이 주어지고, 여기서 홀반지름에 따른 효과는 측정값(I)에서 뺀 것이다.

수학식 7

$$I' = I - \beta \times r \times \exp(-\gamma \times r)$$

다음, 수학식(6)에서 (a, β 및 γ)의 값이 계산된다. 먼저, 실리콘기판의 퇴적막에 에칭에 의해 복수의 홀들을 형성할 때 과도에칭(overetching)된 시료를 이용하여, 기판전류값들이 측정된다. 실리콘기판에 부착된 천연산화막들만이 과도에칭된 시료의 홀들의 저면에 마련되고, 따라서 잔류막의 두께는 홀의 반지름들에 관계없이 일정하다고 가정한다.

도 12a 및 12b는 CD-SEM장치에 의해 유도된 기판전류값들과 홀반지름들 사이의 관계를 보여주는 그래프이다. 홀의 반지름은 $0.15\text{ }\mu\text{m}$ ~ $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 범위 내이다. 도 12a의 그래프를 이용하여, a, β 및 γ 가, 과도에칭된 시료에 대하여 수학식(6)에 의해 유도된 이론적 값과 측정된 기판전류값 사이의 차이를 최소로 하도록 계산되었다. 그 결과, 도 12b에서 보여준 바와 같이, $\beta=56.428$ 및 $\gamma=8.3947$ 이 얻어졌다.

얻어진 β 및 γ 값이 수학식(7)에 넣어져 측정된 기판전류값들이 보정된다. 미흡에칭(underetching)된 시료 및 적정에칭(just-etching)된 시료에 대하여도, 기판전류값들이 계산되고 동일한 방식으로 보정된다. 여기서, 저스트에칭은 과도에칭과 미흡에칭 사이에 평균시간동안에칭된 것을 나타낸다.

참조데이터와 보정된 측정데이터를 비교하면, 각 박막의 두께가 계산된다. 계산결과는 도 13에서 보여준다. 참조로, 각각 평평한 실리콘기판에 홀없이 형성된 박막에 전자빔을 조사하여 얻어진 두께들과 기판전류값들 사이의 관계도 보여준다.

홀의 반지름(r)이 이용되고 수학식(7)도 이하와 같이 주어지는 경우가 설명되며, 여기서 "d"는 퇴적막의 두께를 나타내고 x' 는 종횡비를 나타낸다.

수학식 8

$$I' = I - \beta \times d/x' \times \exp(-\gamma \times d/x')$$

보정식저장부(60)는, 이렇게 유도된 보정식 $f(r)=56.428 \times r \times \exp(-8.3947 \times r)$ 을 저장한다. 보정식 $f(r)$ 에서, 수학식(7)에서 β 및 γ 값이 재료마다 유도된다. 보정식은 외부에서 입력될 수도 있고, 또는 막두께측정장치(18)가 보정식계산기능을 가질 수도 있다. 여기에서 이용된 보정식은 예일 뿐이고, 다양한 보정식들이 요철부의 구조에 따라 제안될 수도 있다.

다시 도 11을 참조하여, 보정처리부(58)는 배치데이터저장부(60)로부터 퇴적막(80)상의 홀들(82)의 배치를 나타내는 배치데이터를 요구한다. 보정처리부(58)는 배치데이터로부터 홀반지름(r) 및 각 홀(82)의 위치를 검출한다. 보정처리부(58)는 조사위치들에 대응하는 위치들에 형성된 홀들의 홀반지름들(r)을 각 조사위치들과 결합한다. 여기서, 전자빔조사위치들((x1, y1), (x2, y1) 및 (x3, y1))에서의 홀반지름들이 각각 r1, r2 및 r3이다. 다음, 보정처리부(58)는 보정식 $f(r)$ 에 각 홀반지름을 넣어 보정데이터를 계산한다. 보정처리부(58)는, 기판전류값에서 보정데이터를 뺌으로써 각 기판전류값을 보정한다. 예를 들면, 전자빔의 조사위치(x1, y1)에서의 보정된 기판전류값은 $a'=a-f(r2)$ 이고, 전자빔의 조사위치(x2, y1)에서의 보정된 기판전류값은 $b'=b-f(r3)$ 이고, 전자빔의 조사위치(x3, y1)에서의 보정된 기판전류값은 $c'=c-f(r1)$ 이다.

계산처리부(66)는 참조데이터저장부(68)로부터 참조데이터를 검출하고, 이것을 보정된 측정데이터와 비교하여 각 조사위치에서의 박막(34)의 두께를 계산한다.

이상의 일련의 동작들은 CPU(72) 및 이를 동작하는 제어프로그램에 의해 수행되고, 계산결과는 표시장치(74)에 표시된다. 측정데이터기록부(56)가 계산된 막두께를 조사위치데이터에 대응되게 기록할 수도 있다.

도 14는 조사위치 및 기판전류값들 사이의 관계를 보여주는 그래프이다. 이 도면은, 측정대상인 실리콘산화박막(34)을 가로지르는 방향으로 전자빔을 주사할 때 기판전류값들과 조사위치들 사이의 관계를 보여주고, 여기서, 박막(34)은 실리콘기판(32)상에 퇴적된 실리콘산화퇴적막(80)상에 형성된 홀(82)의 저면에 마련된다.

상기와 같이 조사위치들에 대응되게 기판전류값들을 요구함으로써, 홀(82)의 형상도 검출될 수 있다. 막두께측정장치(18)는 이렇게 얻어진 데이터를 배치데이터로서 이용할 수도 있다. 예를 들면, 막두께측정장치(18)는, 배치데이터를 얻으려고 할 때 전자빔의 주사속도를 증가함으로써 배치데이터를 빠르게 얻을 수도 있고, 다음 얻어진 배치데이터를 기초로 기판전류값들을 측정할 목적으로 전자빔조사처리를 수행할 수도 있다.

본 발명은 그 바람직한 실시예를 통하여 설명되었다. 바람직한 실시예는 예일 뿐이며 각 구성요소들 및 각 공정들의 조합으로 다양한 변경들이 가능하며 이 변형예들도 본 발명의 범위에 포함된다는 것은 본 기술분야의 기술자들에게는 명백할 것이다.

발명의 효과

본 발명의 막두께측정장치 및 방법에 따르면, 높은 종횡비를 갖는 홀의 저면에 형성된 박막 또는 요철면을 갖는 기판에 형성된 박막의 두께도 정확하게 측정될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 기판에 형성된 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법에 있어서,

표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계;

기판에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계;

전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 단계; 및

참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함하는 막두께측정방법.

청구항 2.

박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 기판에 형성된 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 방법에 있어서,

표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 단계;

기판에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계;

박막의 부근에서 기판표면 형상의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 단계; 및

참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 박막의 두께를 계산하는 단계를 포함하는 막두께측정방법.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 박막은 상기 기판표면상에 형성된 오목부의 저면에 마련되고,

상기 박막이 마련된 오목부의 형상에 따른 전하분포의 영향을 고려하여 계산하는 기판전류값을 보정하는 막두께측정방법.

청구항 4.

제3항에 있어서, 각각의 오목부들의 위치에 대응하여 기판표면에 형성된 복수의 오목부들의 형상을 검출하는 단계를 더 포함하고,

상기 기판전류값을 취득하는 단계는, 각각의 오목부들의 위치에 대응하여 기판전류값들을 취득하고,

상기 기판전류값을 보정하는 단계는, 각각의 오목부들의 형상에 따라 기판전류값을 보정하는 막두께측정방법.

청구항 5.

제3항에 있어서, 각 오목부는 홀이고,

상기 보정단계는, 보정식의 변수로서 홀의 반지름(r)을 갖는 보정식($f(r)$)을 이용하여 기판전류값을 보정하는 막두께측정방법.

$$f(r) = \beta \times r \times \exp(-\gamma \times r)$$

청구항 6.

제3항에 있어서, 기판표면에 형성된 오목부들의 배열을 나타내는 배치데이터를 취득하는 단계를 더 포함하고,

상기 기판전류값을 취득하는 단계는, 기판전류값에 대응하여 전자빔이 조사되는 박막상의 위치들을 취득하고,

상기 기판전류값을 보정하는 단계는, 전자빔이 조사되는 위치들의 배치데이터에 기초하여 기판전류를 보정하는 막두께측정방법.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 배치데이터를 취득하는 단계는,

박막들을 계산하기 위하여 박막에 전자빔을 조사하기 전에, 배치데이터를 취득하기 위하여 전자빔을 조사하는 단계;

전자빔의 조사위치들 각각에 대응하여 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 단계; 및

기판전류값들과 조사위치들을 기초로 기판표면에 형성된 오목부들의 배열을 검출하는 단계를 포함하는 막두께측정방법.

청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 배치데이터를 취득하는 단계는 시료의 설계데이터를 기초로 배치데이터를 취득하는 막두께측정방법.

청구항 9.

박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 기판에 형성된 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 장치에 있어서,

표준시료에 대하여 막두께들와 기판전류값들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 참조데이터취득부;

기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 측정데이터취득부;

전자빔의 조사로 인하여 박막의 부근에서 발생된 전하분포의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 보정처리부; 및

참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 계산처리부를 포함하는 막두께측정장치.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 박막은 기판표면에 형성된 오목부의 저면에 마련되고, 보정처리부는 박막이 마련된 오목부의 형상에 따른 전하분포의 영향을 계산하는 막두께측정장치.

청구항 11.

기판상에 형성된 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 이용하여 측정대상인 박막의 두께를 측정하는 장치에 있어서,

표준시료에 대하여 기판전류값들과 막두께들 사이의 관계를 나타내는 참조데이터를 취득하는 참조데이터취득부;

기판에 형성된 측정대상인 박막에 전자빔을 조사할 때 기판에 흐르는 기판전류값을 취득하는 측정데이터취득부;

박막의 부근에서 기판표면 형상의 영향을 고려하여 기판전류값을 보정하는 보정처리부; 및

참조데이터를 고려한 보정된 기판전류값에 기초하여 측정대상인 박막의 두께를 계산하는 계산처리부를 포함하는 막두께측정장치.

청구항 12.

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 측정대상인 박막에 전자빔을 조사하는 전자빔조사부; 및 박막에 전자빔을 조사할 대 기판에 흐르는 기판전류값을 측정하는 전류측정부를 더 포함하고, 상기 측정데이터취득부는 전류측정부로부터 기판전류값을 취득하는 막두께측정장치.

청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 전류측정부는 기판에 접촉하여 마련된 전극을 포함하고, 기판전류값으로서 전극에 흐르는 전류를 측정하는 막두께측정장치.

청구항 14.

제12항에 있어서, 기판표면에 형성된 오목부의 배열을 나타내는 배치데이터를 저장하는 배치데이터저장부를 더 포함하고, 상기 전류측정부는, 기판전류값에 대응하여 전자빔이 조사되는 박막의 위치를 취득하고 상기 보정처리부는 전자빔이 조사되는 위치의 배치데이터에 기초하여 기판전류값을 보정하는 막두께측정장치.

청구항 15.

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 오목부는 홀이고, 상기 보정처리부는 변수로서 홀의 반지름(r)을 갖는 보정식을 이용하여 기판전류값을 보정하는 막두께측정장치.

$$f(r) = \beta \times r \times \exp(-\gamma \times r)$$

청구항 16.

제14항에 있어서, 복수의 오목부들이 기판표면에 형성되고, 상기 측정데이터기록부는 오목부들의 위치에 대응하여 기판전류값들을 각각 저장하고, 상기 배치데이터저장부는 오목부들의 위치에 대응하여 오목부들의 형상을 각각 저장하고, 및 상기 보정처리부는 오목부들의 형상에 따라 기판전류값들을 각각 보정하는 막두께측정장치.

청구항 17.

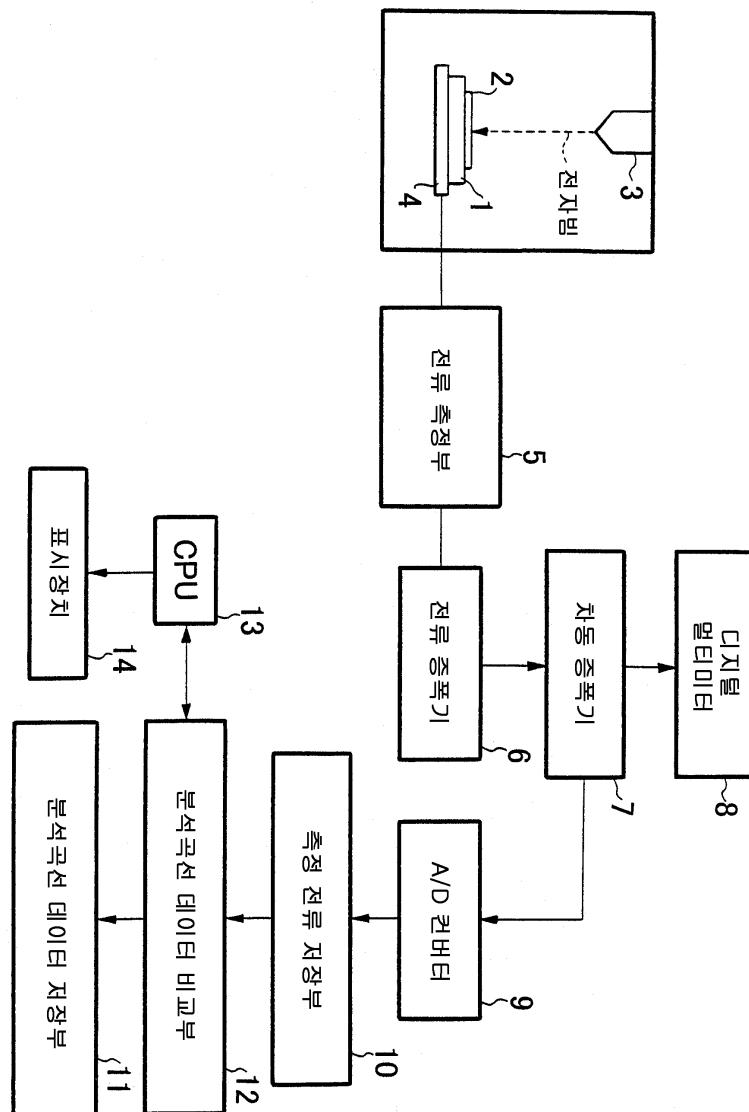
삭제

청구항 18.

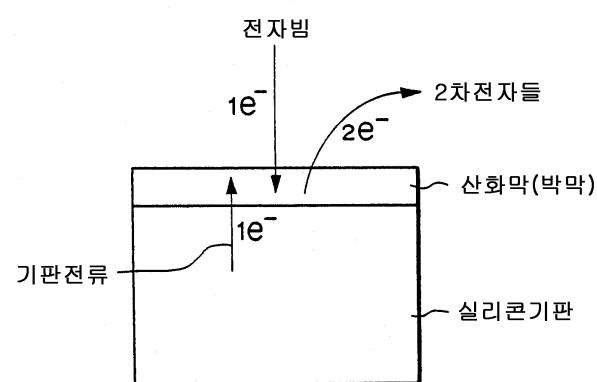
삭제

도면

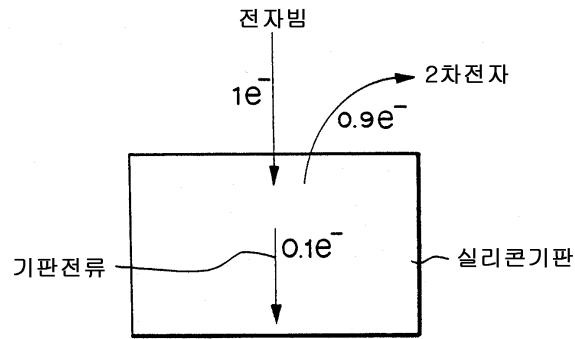
도면1



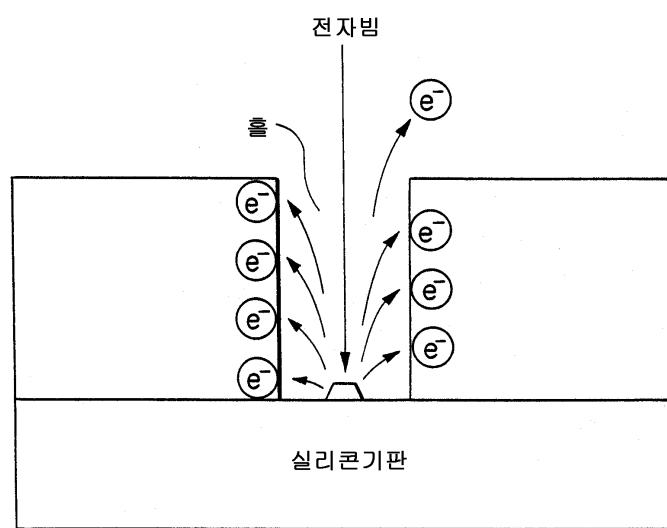
도면2a



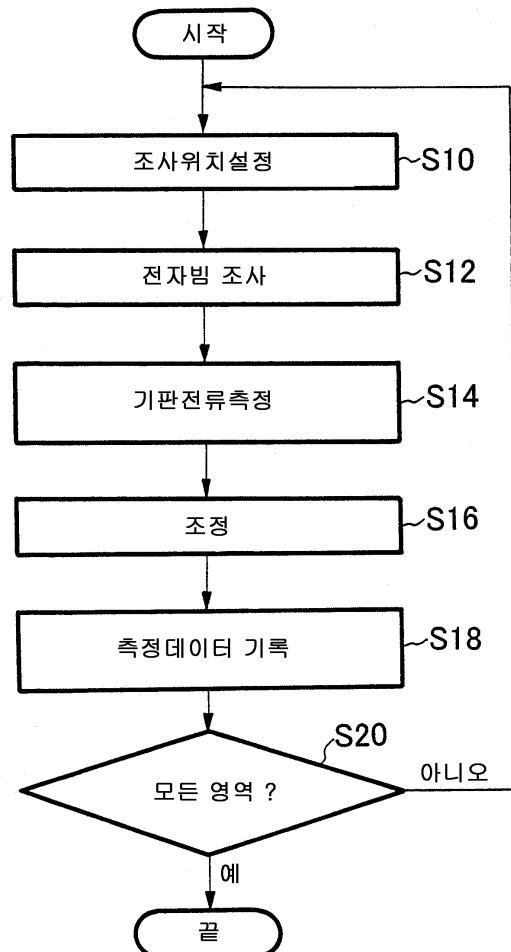
도면2b



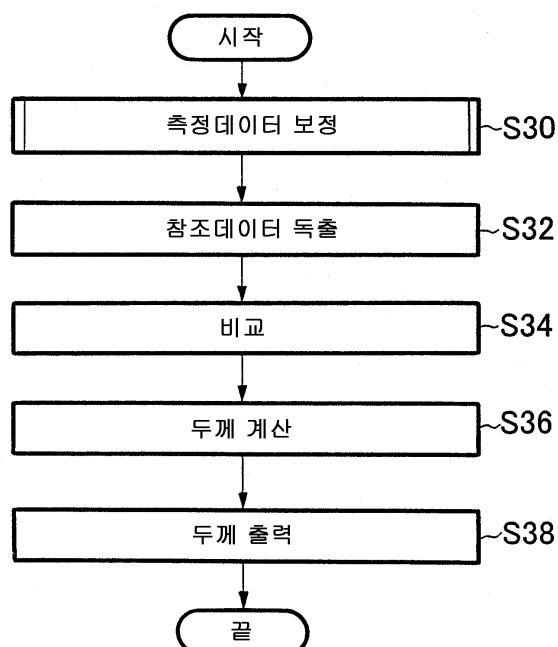
도면3



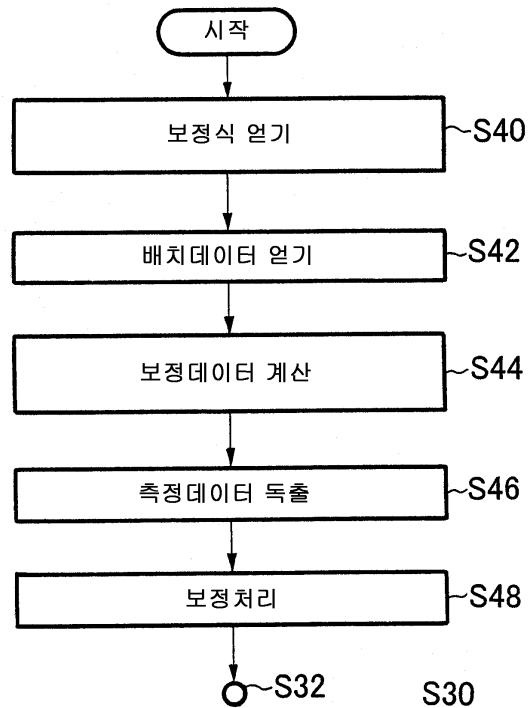
도면4



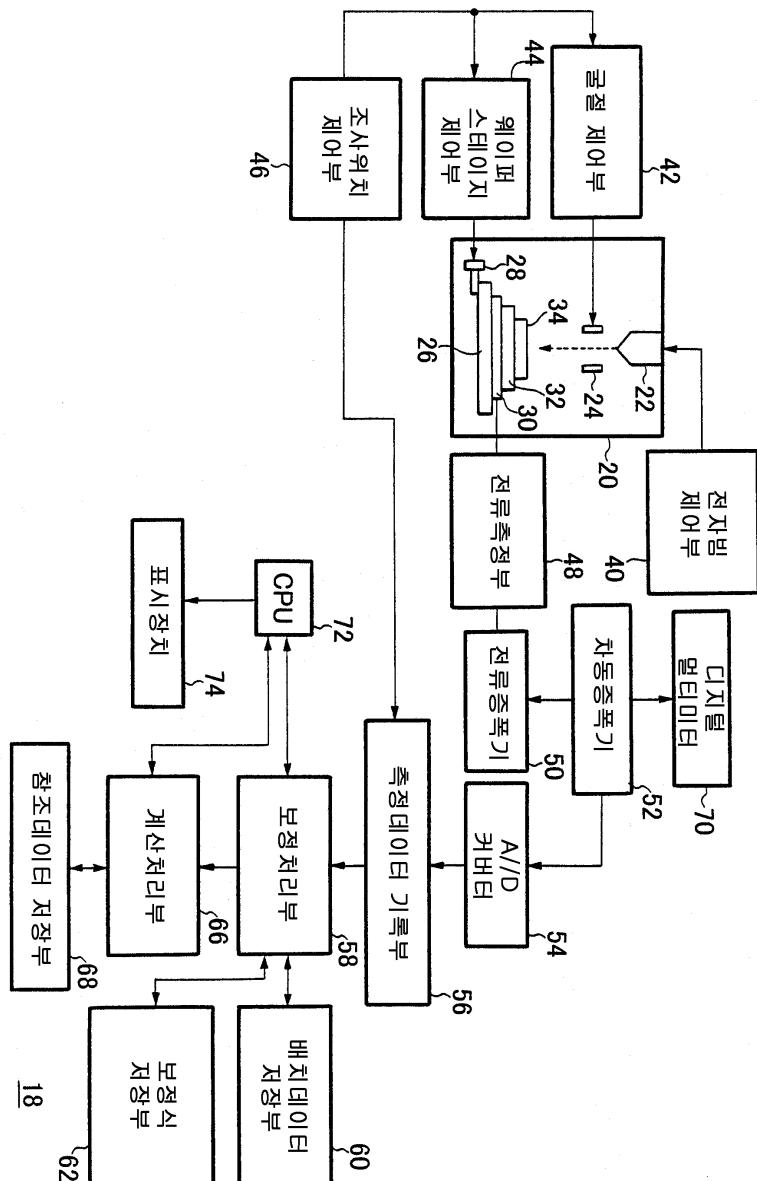
도면5



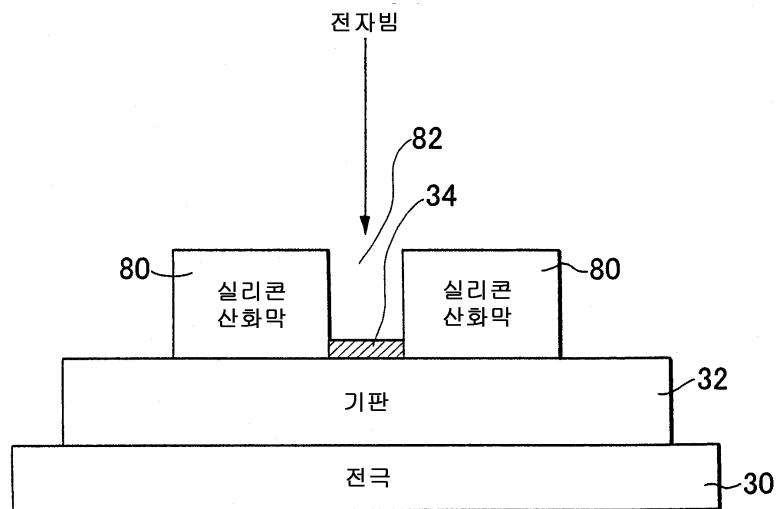
도면6



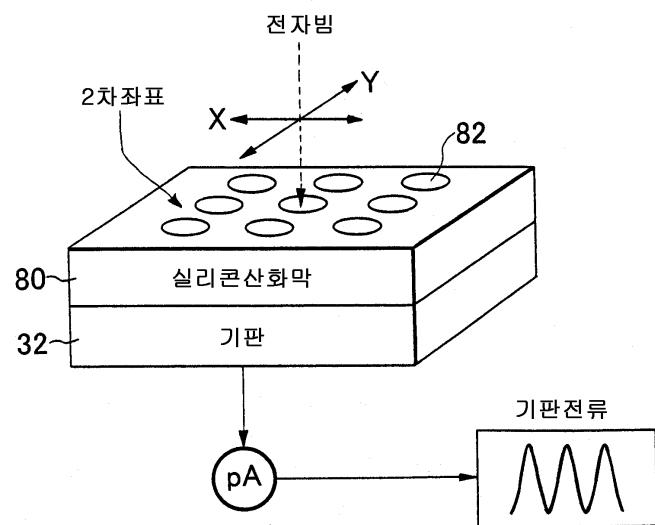
도면7



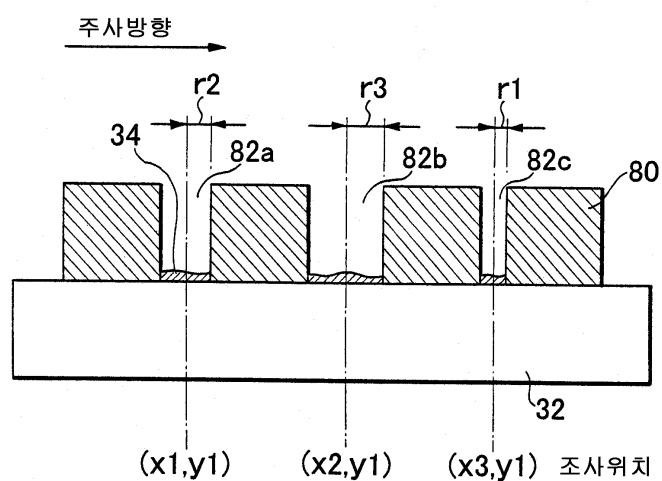
도면8



도면9



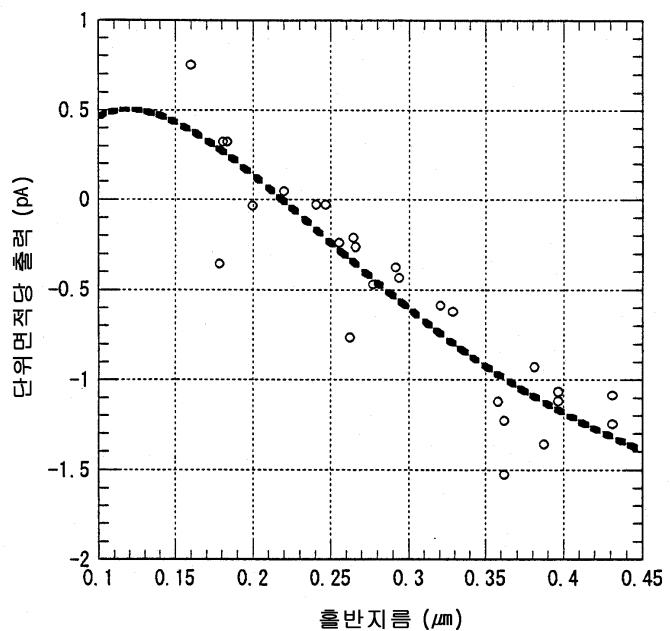
도면10



도면11

	(x1,y1)	(x2,y1)	(x3,y1)	...
측정데이터	a	b	c	...
반지름	r2	r3	r1	...
보정데이터	f(r2)	f(r3)	f(r1)	...
보정된 측정데이터	$a' = a - f(r2)$	$b' = b - f(r3)$	$c' = c - f(r1)$...

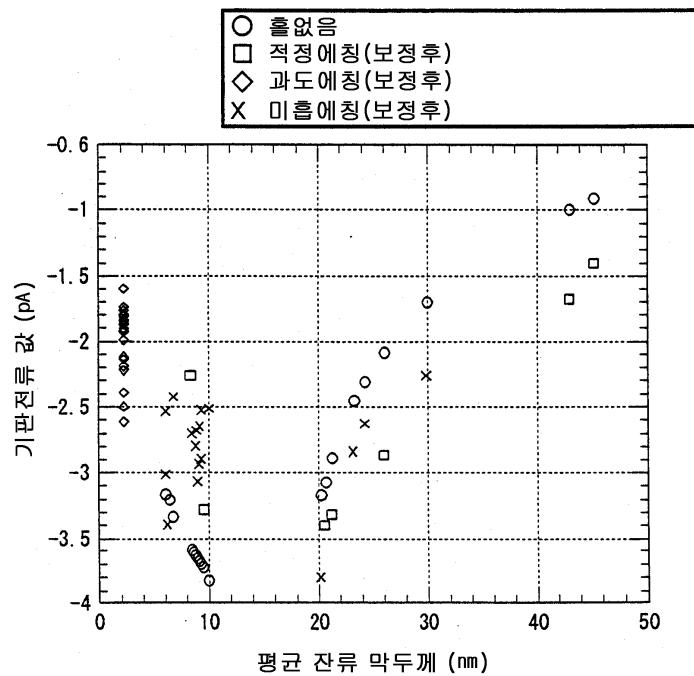
도면12a



도면12b

$y = \alpha + \beta * r * \exp(\gamma * r)$		
	값	오차
α	-1.9702	0.46952
β	56.428	8.1544
γ	-8.3947	1.5815
CHI 제곱	1.4849	NA
R	0.91202	NA

도면13



도면14

