

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 21/66 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년03월06일 10-0556529 2006년02월23일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2003-0056961	(65) 공개번호	10-2005-0019303
(22) 출원일자	2003년08월18일	(43) 공개일자	2005년03월03일

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 현필식
 경기도수원시팔달구영통동955-1 황골주공아파트137동1804호

 강선진
 경기도수원시팔달구영통동970-3번지주공아파트904동1902호

 이상길
 경기도수원시팔달구영통동청명마을4단지아파트건영아파트426동502호

 정경호
 인천광역시부평구부평1동70-125번지동아1단지아파트13동403호

(74) 대리인 박영우

심사관 : 맹성재

(54) 다층 박막의 두께 측정 방법 및 이를 수행하기 위한 장치

요약

패턴 웨이퍼에 적층된 박막의 두께를 측정하는 장치 및 방법이 개시되어 있다. 다층 박막이 형성된 웨이퍼에서 측정한 측정 스펙트럼을 저장한다. 상기 예상 적층 구조에 맞는 레서피들을 각각 저장한다. 상기 저장되어 있는 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 이론적 스펙트럼을 계산한다. 상기 분석된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 다층 박막의 임시 두께를 출력한다. 상기 출력된 임시 두께의 신뢰도를 계산한다. 상기 계산된 신뢰도가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하여, 신뢰도 범위를 벗어나는 경우에는 상기 레서피를 변경하여 계속적으로 상기 임시 두께를 측정하도록 제어하고, 상기 신뢰도 범위에 부합하는 임시 두께를 상기 다층 박막의 두께로 출력한다. 따라서, 다층 박막의 정확한 두께를 수득할 수 있다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 일립소메트리 방식으로 두께를 측정하는 장치의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 두께 측정 방법을 나타내는 순서도이다.

도 3a 내지 도 3e는 다층 박막 구조를 나타내는 단면도들이다.

도 4a는 패턴 웨이퍼에서 두께 측정 영역을 나타낸다.

도 4b는 샷 내의 OS사이트를 나타낸다.

도 5는 측정 포인트를 나타내기 위한 상기 웨이퍼 맵이다.

도 6은 각 측정 포인트에서 측정된 파장별 인텐시티를 나타내는 각 스펙트럼(이하, SE α)이다.

도 7은 각 측정 포인트에서 측정된 파장별 위상 쉬프트를 나타내는 각 스펙트럼(이하, SE β)이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 웨이퍼 상에 형성된 다층 박막의 두께를 측정하는 장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 패턴 웨이퍼에서 직접 다층 박막의 두께를 측정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

일반적으로 반도체 장치의 제조 과정은 단결정 실리콘 재질의 웨이퍼 상에 절연막이나 유전막 금속막 등을 적층하는 공정과 상기 적층된 막을 원하는 형태의 패턴으로 형성하는 사진, 식각 공정 등을 포함한다. 상기 공정을 수행한 이 후에, 상기 막이 원하는 두께로 적층되었는지 또한 상기 막이 원하는 부분까지 식각되었는지를 확인하기 위해, 상기 공정 진행 후에는 막의 두께를 측정하여야 한다.

상기 막의 두께를 측정하기 위해 패턴이 형성되어 있지 않는 모니터링 웨이퍼를 사용한다. 즉, 반도체 장치로 제조되기 위한 패턴 웨이퍼들에 공정을 수행할 때 모니터링 웨이퍼에도 동시에 상기 반도체 공정들을 진행한다. 이어서, 상기 공정이 완료된 상기 모니터링 웨이퍼에 형성된 막들 및 식각 후 남아있는 막들의 두께를 측정하여 공정 불량 유무를 판단한다.

그런데, 상기 모니터링 웨이퍼를 재사용하는 것이 정확한 두께 측정을 위해 바람직하지 않기 때문에, 상기 모니터링 웨이퍼를 1회 또는 2회 사용한 후 폐기하여야 한다. 때문에, 상기 모니터링 웨이퍼를 사용하여 막의 두께를 측정하는 방법은 과도한 비용 증가를 초래한다. 또한, 상기 모니터링 웨이퍼에서 측정된 막의 두께가 실제의 패턴 웨이퍼에 형성되어 있는 막의 두께와 동일한지를 확인하기가 매우 어렵다. 따라서, 상기 모니터링 웨이퍼를 사용하지 않고 패턴 웨이퍼에서 바로 막의 두께를 측정하는 방법들이 요구되고 있다.

상기 모니터링 웨이퍼에는 이전의 공정에서 증착되거나 식각된 후 남은막만이 형성되어 있으며 하부막은 전혀 형성되어 있지 않다. 따라서, 하나의 막에 대한 두께만을 측정하면 된다. 그러나, 패턴 웨이퍼에는 반도체 장치의 제조에 요구되는 다양한 종류의 박막들이 적층되어 있다. 때문에, 상기 패턴 웨이퍼 상에 형성되어 있는 다층 박막의 구조를 고려하여 박막들 각각의 두께를 측정하여야 한다. 또한, 상기 패턴 웨이퍼가 손상되지 않아야 하므로 비파괴 방식으로 두께를 측정하여야 한다. 상기 비파괴 두께 측정 방식은 예컨대 듀얼 빔 스펙트로메트리(Dual Beam Spectrometry) 방식 및 스펙트로스코픽 일립소메트리(Spectroscopic Ellipsometry) 방식 등을 들 수 있다.

상기 듀얼 빔 스펙트로메트리 방식은 수직에 가까운 각도로 웨이퍼 상에 광을 입사시키고, 반사되는 광은 샘플 채널과 레퍼런스 채널로 나뉘어진 후 이를 분광한다. 그리고, 실제 광원에서 인텐시티를 측정하고, 실리콘 레퍼런스 칩을 이용하여

레퍼런스 인텐시티를 계산한다. 이어서, 상기 계산된 레퍼런스 인텐시티와 실제 웨이퍼의 측정치에 의해 상대적인 반사율을 구한다. 상기 반사율을 변수로 이용하여 웨이퍼 상에 형성되어 있는 막의 두께를 구할 수 있다. 그러나, 상기 듀얼 빔 스펙트로메트리 방식은 얇은막이나 다층막에 대해서는 결과가 부정확해지는 단점이 있다.

상기 스펙트로스코픽 일립소메트리 방식은 특정 각도의 경사를 가지고 웨이퍼 상에 편광된 광을 입사하고, 상기 광은 편광의 방향이 입사면에 수평인 성분 및 수직인 성분으로 나누어진다. 상기 웨이퍼로부터 반사된 각 수평 및 수직 성분의 반사광으로부터 두 수평, 수직 성분 간의 인텐시티와 위상의 차이를 구할 수 있다. 상기 인텐시티와 위상을 변수로 이용하여 웨이퍼 상에 형성되어 있는 막의 두께를 구할 수 있다.

상기 비파괴 방식의 두께 측정들은 웨이퍼 상에서 파장별로 스펙트럼을 측정하고, 이를 이론상의 스펙트럼과 서로 비교하여 오차를 최소화시킨다. 그리고, 오차가 최소화되는 이론상의 두께를 박막의 두께로 출력하는 방법으로 이루어진다.

상기 이론상의 스펙트럼을 연산하기 위해서는 상기 측정하고자 하는 박막 적층 구조 및 상기 각 박막의 특성들을 정확히 알고 있어야 한다. 상기 박막에 대한 정보들은 구체적으로, 패턴 웨이퍼 상에 형성된 박막의 종류, 상기 박막의 적층 순서, 각 박막의 굴절율(Reflective Index, n) 및 상각 계수(Extinction Coefficient : k) 등을 포함한다. 상기 굴절율은 진공에서의 광의 속도에 대한 특정 물질에서의 광의 속도의 비로 정의된다. 또한, 상기 상각 계수는 광이 특정 물질을 통과할 때 얼마나 빨리 인텐시티가 감소하는가에 대한 척도로 정의된다.

만일, 상기 다층 박막에 대한 정보가 정확하지 않을 경우에는 이론상의 스펙트럼과 측정 스펙트럼이 일치할 수 없기 때문에 두께 측정값을 신뢰할 수 없다.

상기 패턴 웨이퍼의 경우 설계상의 적층 순서에 따라 막이 형성되므로 다층 박막 구조에 대한 개략적인 정보를 용이하게 알 수 있다. 그러나, 반복적으로 막이 적층되고 식각되면서 어느 하나의 공정에서 불량 발생되어 박막 적층 구조가 설계상의 구조와 상이할 경우에는 정확한 두께 측정이 불가능하다. 특히, 패턴 웨이퍼의 평판도가 좋지 못하여 상기 패턴 웨이퍼의 영역별로 박막 적층 구조가 달라지는 경우에는 박막의 두께를 전혀 신뢰할 수 없게 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 제1 목적은 패턴 웨이퍼에 적층된 박막의 두께를 측정하는 장치를 제공하는데 있다.

본 발명의 제2 목적은 패턴 웨이퍼에 적층된 박막의 두께를 측정하는 방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기한 제1 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

다층 박막이 형성된 웨이퍼에 광을 조사하여 상기 웨이퍼로부터 반사된 광을 분석한 스펙트럼을 출력하는 측정부;

상기 다층 박막에 대하여 복수의 예상 적층 구조에 맞는 각각의 레서피들을 입력하는 입력부;

상기 측정부에서 측정된 데이터들을 저장하는 제1 저장부

상기 입력한 레서피들을 각각 저장하는 제2 저장부;

상기 웨이퍼 상에 형성된 다층 박막의 두께를 출력하는 출력부; 및

상기 측정부, 입력부 제1 저장부, 제2 저장부 및 출력부와 각각 연결되고, 제2 저장부에 저장되어 있는 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 상기 다층 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼을 계산하고, 상기 분석된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 다층 박막의 임시 두께를 출력하고, 상기 출력된 임시 두께의 신뢰도를 계산하고, 상기 계산된 신뢰도가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하여 신뢰도 범위를 벗어나는 경우에는 상기 레서피를 변경하여 계속적으로 예상 두께를 측정하도록 하고 신뢰도 범위 내에 있는 경우에는 상기 임시 두께를 상기 출력부로 전송되도록 제어하는 제어부를 구비하는 두께 측정 장치를 제공한다.

상기 두께 측정 장치는 측정하고자하는 다층 박막 구조에 대하여 각각의 레서피들을 입력부에 입력하면, 상기 레서피들 중 어느 하나의 레서피를 사용하여 다층 박막의 임시 두께를 측정하고 측정한 두께 측정 결과의 신뢰도가 설정된 범위를 벗어나는 경우 레서피를 변환하여 계속적으로 임시 두께가 측정되도록 구성된다. 때문에, 상기 기관상에 형성된 다층 박막의 구조가 설계된 구조와 다를 경우에도 높은 신뢰도를 갖는 정확한 두께를 측정할 수 있다.

상기한 제2 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

다층 박막이 형성된 웨이퍼에 광을 조사하여 상기 웨이퍼로부터 반사된 광을 분석한 측정 스펙트럼을 저장하는 단계;

상기 다층 박막에 대하여 복수의 예상 적층 구조를 지정하고, 상기 예상 적층 구조에 맞는 레서피들을 각각 저장하는 단계;

상기 저장되어 있는 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 상기 다층 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼을 계산하는 단계;

상기 분석된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 다층 박막의 임시 두께를 출력하는 단계;

상기 출력된 임시 두께의 신뢰도를 계산하는 단계;

상기 계산된 신뢰도가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하여, 신뢰도 범위를 벗어나는 경우에는 상기 레서피를 변경하여 계속적으로 상기 임시 두께를 측정하도록 제어하는 단계; 및

상기 신뢰도 범위에 부합하는 임시 두께를 상기 다층 박막의 두께로 출력하는 단계를 수행하는 다층 박막의 두께 측정 방법을 제공한다.

또한, 상기한 제2 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

다층 박막이 형성된 패턴 웨이퍼의 복수의 영역 상에 각각 광을 조사하고 상기 각 영역으로부터 반사된 광을 분석한 영역 별 스펙트럼들을 각각 저장하는 단계;

상기 다층 박막에 대한 복수의 예상 적층 구조를 지정하고, 상기 예상 적층 구조에 맞는 각각의 레서피들을 저장하는 단계;

상기 저장된 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 상기 다층 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼들을 계산하는 단계;

상기 각 영역별로 분석된 스펙트럼들과 상기 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 각 영역별로 다층 박막의 임시 두께들을 각각 출력하는 단계;

상기 각 영역별로 출력된 임시 두께들의 신뢰도를 각각 계산하는 단계;

상기 계산된 신뢰도들이 설정된 범위에 부합하는지를 판단하고, 상기 신뢰도 범위가 벗어나는 영역이 존재하는 경우 상기 레서피를 변경하고 변경된 레서피에 의해 이론적 스펙트럼을 다시 계산하여 상기 신뢰도 범위가 벗어나는 영역에서만 선택적으로 임시 두께를 재측정하는 단계; 및

상기 신뢰도 범위에 부합하는 임시 두께를 취합하여 상기 기관의 영역별로 다층 박막의 두께를 출력하는 단계를 구비하는 다층 박막의 두께 측정 방법을 제공한다.

상기 방법에 의하면, 다층 박막 구조가 설계된 구조와 다른 경우에도 레서피를 변환함으로써 신뢰도의 설정 기준에 부합하도록 박막의 두께를 측정할 수 있다.

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 일립소미트리 방식으로 두께를 측정하는 장치의 개략도이다.

도 1을 참조하면, 다층 박막이 형성된 패턴 웨이퍼(W) 상에 광을 조사하여 상기 웨이퍼(W)로부터 반사된 광을 분석한 스펙트럼을 출력하는 측정부(30)가 구비된다. 좀 더 상세하게, 편광된 광을 측정하고자 하는 웨이퍼(W)에 조사하고, 상기 웨이퍼(W)로부터 반사된 편광의 두 수평 수직 성분 간의 세기(intensity)와 위상(phase)을 상기 광의 파장별로 측정한 스펙트럼을 출력한다.

상기 측정부(30)는 구체적으로, 웨이퍼를 로딩하는 로딩부(10), 상기 웨이퍼(W)로 광을 조사하기 위한 광원(12), 상기 광을 편광시키기 위한 편광기(14), 상기 웨이퍼(W)로부터 반사된 편광을 분석하여 스펙트럼을 출력하는 편광 분석기(16), 프리즘(18) 및 디텍터(20)를 포함한다. 상기 편광된 광은 상기 웨이퍼 표면에 대해 특정 각을 갖도록 사입되어야 한다. 이를 위해, 상기 광의 경로 상에는 광의 경로 변경을 위해서 다수의 미러를 구비할 수 있다.

상기 편광 분석기(16)는 상기 광원으로부터 조사되는 광의 파장별로 인텐시티 및 위상을 각각 분석한다.

상기 패턴 웨이퍼(W) 상에 형성된 다층 박막에 대하여 복수의 예상 적층 구조에 맞는 각각의 레서피 데이터를 입력하기 위한 입력부(40)를 구비한다. 상기 입력부(40)는 작업자가 예측할 수 있는 복수의 예상 적층 구조에 맞는 레서피들을 직접 입력할 수 있도록 구성된다.

상기 레서피는 예상 적층 구조의 박막의 적층 순서, 각 박막의 굴절율 및 상각 계수 등을 포함한다. 상기 입력부에 입력되는 복수의 레서피들은 상기 각 예상 적층 구조의 이론적인 스펙트럼 계산시에 사용된다.

상기 측정부(40)에서 측정된 데이터를 저장하는 제1 저장부(50)가 구비된다. 즉, 상기 제1 저장부(50)는 상기 기관에서 분석된 측정 스펙트럼을 저장한다.

상기 입력부(40)에 입력한 레서피들을 각각 저장하는 제2 저장부(60)가 구비된다. 상기 제2 저장부(60)는 상기 예상 적층 구조에 맞는 각각의 레서피들을 저장한다.

상기 패턴 웨이퍼(W)에 형성되어 있는 다층 박막의 두께를 출력하는 출력부(70)가 구비된다.

상기 측정부(30), 입력부(40), 제1 저장부(50), 제2 저장부(60) 및 출력부(70)와 각각 연결되어 각 요소들을 제어하는 제어부를 구비한다.

상기 제어부는 구체적으로, 상기 제2 저장부(60)에 저장되어 있는 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 상기 다층 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼을 계산한다. 상기 이론적 스펙트럼은 레서피에 작성된 각 다층 박막의 정보를 이론적 수식에 각각 대입하여 파장별 인텐시티 및 위상을 계산하여 출력한다. 그리고, 각 박막의 두께별로 작성된 디스퍼션 커브(dispersion curve)들은 라이브러리화시켜 별도로 저장시킬 수 있다.

상기 분석된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 다층 박막의 임시 두께를 출력한다. 구체적으로, 상기 분석된 스펙트럼과 상기 계산된 이론적 스펙트럼들을 서로 비교하여 상기 스펙트럼 간의 오차가 최소가 되는 이론적 스펙트럼을 선택한다. 그리고, 상기 선택된 이론적 스펙트럼에 해당하는 각 박막의 두께를 상기 다층 박막의 임시 두께로 출력한다.

상기 출력된 임시 두께의 신뢰도(GOF, good of fit)를 계산한다. 구체적으로, 상기 분석된 스펙트럼과 상기 선택된 이론적 스펙트럼을 서로 비교하여 상기 스펙트럼 간의 오차가 발생한 정도를 수치화한다. 상기 신뢰도는 0 내지 1의 값을 가지며, 상기 신뢰도가 1인 경우에는 상기 분석된 스펙트럼과 선택된 이론적 스펙트럼이 완전히 일치하는 것을 의미한다.

이어서, 상기 계산된 신뢰도가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하여 신뢰도 범위를 벗어나는 경우에는 상기 레서피를 변경하여 계속적으로 상기 임시 두께를 측정하도록 하고 상기 임시 두께가 신뢰도 범위 내에 있는 경우에는 상기 임시 두께를 상기 출력부(70)로 전송시킨다. 만일, 상기 제2 저장부(60)에 저장되어 있는 레서피를 모두 적용하여 임시 두께들을 측정하였으나 상기 두께들이 모두 신뢰도 범위를 벗어나는 경우에는 상기 신뢰도가 가장 높은 데이터를 출력부(70)로 전송시킨다.

즉, 상기 신뢰도가 설정된 범위를 벗어나는 경우에 상기 출력된 임시 두께가 정확하지 않은 것으로 판단하고 레서피를 변경하여 상기 임시 두께를 재측정함으로써, 정확하게 두께를 측정할 수 있다.

방법 실시예 1

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 두께 측정 방법을 나타내는 순서도이다.

다층 박막이 적층된 패턴 웨이퍼를 제공한다.(S10)

상기 패턴 웨이퍼의 스크라이브 라인 영역에는 각 공정의 정상적인 진행 여부를 판단하기 위해 형성된 OS사이트들이 형성되어 있다. 상기 OS사이트들 중 적어도 하나는 두께 측정을 위한 적층 구조를 갖는다. 따라서, 상기 OS사이트에서 상기 패턴 웨이퍼 상에 형성되어 있는 다층 박막들의 두께를 측정한다.

이하에서는, 상기 패턴 웨이퍼는 식각 공정 이전에 1 내지 5막이 증착되어 있었으며, 식각 공정에 의해 상기 4 및 5막이 순차적으로 식각되어 제1 내지 제3막이 남아있도록 설계되어 있는 것으로 예를 든다. 그리고, 식각을 수행한 이 후에 남아있는 박막들의 두께를 측정하는 것으로 한정하여 설명한다.

상기 패턴 웨이퍼의 OS 사이트에 편광된 광을 조사한다. 이어서, 상기 패턴 웨이퍼로부터 반사된 광을 분석한 측정 스펙트럼을 제1 저장부에 저장한다. (S12)상기 측정 스펙트럼은 상기 광의 파장별로 수평 수직 성분간의 인텐시티(intensity)와 위상(phase)을 각각 측정한 것이다.

상기 패턴 웨이퍼 상에 형성되어 있는 다층 박막의 복수개의 예상 적층 구조들을 지정하고, 이들에 대한 각각의 레서피들을 입력시켜, 상기 레서피들을 제2 저장부에 저장한다.(S15) 상기 레서피들을 저장하는 과정은 상기 패턴 웨이퍼에서 스펙트럼을 측정하기 이전에 수행하여도 무방하다.

상기 예상 적층 구조들 중 하나는 설계된 적층 구조와 동일하게 지정한다. 그리고, 상기 설계된 적층 구조를 제외한 나머지 예상 적층 구조들은 상기 설계된 적층 구조의 상부 박막을 한층씩 순차적으로 제거시킨 구조들로서 지정한다.

구체적으로, 상기 예시된 패턴 웨이퍼일 경우 제1 예상 적층 구조는 설계된 적층 구조와 동일하게 제1막, 제 2막 및 제 3막이 순차적으로 적층된 구조로 지정한다. 그리고, 제2 예상 적층 구조는 상기 제 3막이 제거된 형태로서 제1막 및 제2 막이 적층된 형태를 갖는다. 즉, 상기 제2 예상 적층 구조는 오버 에치에 의해 설계된 적층 구조의 최상부막까지 식각되었을 때의 적층 구조이다. 또한, 제3 예상 적층 구조는 상기 제3 및 제2막이 제거된 형태로서 제1막만이 적층된 형태를 갖는다. 상기 제1막이 최하부막이므로 더 이상의 예상 적층 구조를 지정할 필요가 없다.

제4 예상 적층 구조는 상기 제1 예상 적층 구조의 상부층에 한층이 더 적층된 형태인 제1 내지 제4막이 적층된 형태를 갖는다. 즉, 상기 제4 예상 적층 구조는 설계된 적층 구조의 최상부막 상에 한 층이 식각되지 않고 남아 있는 구조이다. 또한, 제5 예상 적층 구조는 제1 내지 제5막이 형성된 구조이다. 상기 제5 막은 이전 공정에서의 최상부막이므로 더 이상의 레서피 작성이 요구되지 않는다. 상기 제5 예상 적층 구조는 식각 공정시에 불량 발생으로 막이 전혀 식각되지 않았을 경우의 적층 구조이다. 상기 제5막이 최상부막이므로 더 이상의 예상 적층 구조를 지정할 필요가 없다.

상기와 같이 예상 적층 구조들을 각각 지정하면, 상기 각 예상 적층 구조에 맞는 제1 레서피 및 제5 레서피를 각각 작성한다. 상기 레서피는 상기 예상 적층 구조에 따른 박막의 적층 개수 및 적층된 박막의 특성 정보를 포함한다. 상기 적층된 박막의 특성 정보는 상기 예상 적층 구조에 포함되는 각 박막의 굴절율 및 상각 계수를 포함한다.

이어서, 상기 설계된 적층 구조에 맞는 제1 레서피를 사용하여 상기 인텐시티 및 위상을 파장별로 각각 계산하여 각 박막 두께별 이론적 스펙트럼들을 계산한다.(S16) 상기 이론적 스펙트럼은 상기 다층 박막에 포함되는 각 박막의 굴절율, 상각 계수 및 두께에 의해 결정된다. 이 때, 상기 제1 레서피에 지정되어 있는 굴절율 및 상각 계수를 이론적 수식에 대입하고, 상기 각 박막 두께를 계속적으로 변경시켜 상기 수식에 대입하여 상기 두께에 따른 스펙트럼들을 출력한다. 상기 이론적 수식에 대입하는 두께 범위는 설계된 박막 구조에서의 각 박막의 두께에 일정 마진을 둔 일정 범위에서 지정할 수 있다.

상기 이론적 스펙트럼을 계산하는 단계를 처음으로 수행하는 경우에는 상기 설계된 적층 구조에 맞는 레서피인 제1 레서피를 사용하여 계산하는 것이 가장 바람직하다. 이는, 상기 패턴 웨이퍼 상에 별다른 불량이 발생하지 않았을 경우에는 상기 패턴 웨이퍼 상의 적층 구조가 설계된 적층 구조와 동일하므로, 상기 제1 레서피로부터 계산된 이론적 스펙트럼을 사용하여 정확하게 다층 박막의 두께를 측정할 수 있는 확률이 가장 크기 때문이다.

이어서, 상기 측정된 스펙트럼과 상기 제1 레서피로부터 계산한 이론적 스펙트럼들을 각각 비교하여 상기 측정된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼간의 오차가 최소가 되도록 하는 이론적 스펙트럼을 선택한다. 상기 선택된 이론적 스펙트럼에 해당 하는 막의 두께를 상기 각 박막의 두께로 출력한다. 상기 과정을 수행하면, 상기 제1 내지 제3 박막 각각의 두께가 동시에 측정된다. 이하에서, 상기 제1 레서피를 사용하여 측정한 제1 내지 제3 박막의 두께를 제1 임시 두께라 한다.(S18)

상기 측정된 스펙트럼과 상기 제1 임시 두께를 측정하기 위해 선택된 이론적 스펙트럼간의 오차를 비교하여 상기 제1 임시 두께의 GOF(goodness of fit)를 계산한다. 상기 GOF는 상기 측정된 스펙트럼과 사용된 이론적 스펙트럼이 어느 정도로 근접하였는지를 나타내는 상수로서, 0 내지 1범위의 값을 갖는다. 만일, 상기 측정된 스펙트럼과 사용된 이론적 스펙트럼이 완전히 일치하는 경우 1로 출력된다.

상기 제1 임시 두께의 GOF가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하고, 상기 GOF가 일정 범위 내에 있는 경우 상기 제1 임시 두께를 출력부로 전송하여 상기 제1 레서피의 적층 구조에 따른 상기 제1 내지 제3 박막의 두께를 출력한다. (S20)

그러나, 상기 제1 임시 두께의 GOF가 설정된 범위에 벗어나는 경우에는 상기 레서피를 변경(S22)하여 계속적으로 임시 두께를 측정하고 상기 측정된 임시 두께의 신뢰도를 계산한다.

구체적으로, 상기 GOF가 일정 범위를 벗어나는 경우, 상기 제1 레서피에 의해 측정된 제1 임시 두께를 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다. 따라서, 상기 제1 레서피 이외의 레서피 예컨대, 상기 제2 레서피를 적용하여 이론적 스펙트럼들을 다시 연 산한다.(S16) 그리고, 상기 제2 레서피를 적용한 이론적 스펙트럼과 상기 측정 스펙트럼을 비교하여 제2 임시 두께를 출력 한다.(S18) 이어서, 상기 제2 임시 두께의 GOF(goodness of fit)를 계산한다.(S20)

상기 제2 임시 두께의 GOF가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하고, 상기 GOF가 일정 범위 내에 있는 경우 상기 제2 임시 두께를 출력부로 전송하여 상기 제2 레서피의 적층 구조에 따른 상기 제1 및 제2 박막의 두께를 출력한다. (S20)

그러나, 상기 제2 임시 두께의 GOF가 일정 범위를 벗어나면, 계속하여 상기 제3 레서피를 적용하여 제3 임시 두께를 측정 하고 상기 제3 임시 두께의 GOF를 계산하는 과정을 반복 수행한다.

상기 GOF가 일정 범위를 계속하여 벗어나는 경우, 순차적으로 제4 내지 제5 레서피를 사용하여 제 4 및 제5 임시 두께를 측정한다.

만일, 상기 공정들을 수행하는 중에 상기 GOF가 상기 일정 범위를 벗어나지 않는 경우에는 후속의 임시 두께 측정 공정들 을 수행하지 않고 상기 GOF를 만족하는 임시 두께를 상기 다층 박막의 두께로 출력한다.(S24) 그러나, 계속적으로 임시 두께를 측정하였음에도 상기 임시 두께의 GOF들이 설정 범위를 모두 벗어나는 경우, 상기 측정된 제1 내지 제5 두께 중 가장 GOF가 가장 높은 것으로 상기 박막 두께를 출력한다.

상기 방법에 의하면, 기판상에 다층으로 적층된 박막의 두께를 비접촉 방식으로 측정할 수 있다. 또한, 상기 다층 박막이 공정 불량에 의해 설계된 적층 구조를 갖지 못하더라도 정확하게 두께를 측정할 수 있다.

방법 실시예 2

다층 박막이 적층된 패턴 웨이퍼를 로딩한다.

상기 패턴 웨이퍼는 식각 공정이 수행된 상태이고, 식각 전의 박막 구조는 도 3a에 도시된 것과 같이, 실리콘 기판(100) 상 에 제1 실리콘 질화막 260Å(102), 제1 실리콘 산화막 750Å(104), 제2 실리콘 질화막 500Å(106), 제2 실리콘 산화막 5500Å(108), 제3 실리콘 질화막 600Å(110), 제3 실리콘 산화막 13000Å(112) 및 제4 실리콘 질화막 3000Å(114)이 적층되어 있는 구조이다.

그리고, 상기 제4 실리콘 질화막(114), 제3 실리콘 산화막(112) 및 제3 실리콘 질화막(110)을 식각하고 난 후, 상기 제2 실리콘 산화막(108)을 부분적으로 식각한 상태이다. 따라서, 상기 식각 공정이 정상적으로 이루어졌는지를 확인하기 위하 여 상기 패턴 웨이퍼 상에 남아있는 박막의 두께를 각각 측정하고자 한다.

상기 식각 공정을 수행하면, 상기 패턴 웨이퍼에는 제1 실리콘 질화막 260Å, 제1 실리콘 산화막 750Å, 제2 실리콘 질화 막 500Å 및 제2 실리콘 산화막 4500Å가 남아있도록 설계되어 있다.

도 4a는 패턴 웨이퍼에서 두께 측정 영역을 나타내며, 도 4b는 샷 내의 OS사이트를 나타낸다.

상기 패턴 웨이퍼에서 두께를 측정할 복수 영역을 지정하고, 상기 영역들 내에 측정 OS사이트를 지정한다. 일반적으로 상기 패턴 웨이퍼의 상부, 중앙, 하부, 좌측부 및 우측부에서 각각 1개 이상의 OS 사이트를 지정한다. 이하에서는 상기 패턴 웨이퍼에서 상부, 중앙, 하부, 좌측부 및 우측부에 각각 1개씩 제1 내지 제5 OS 사이트를 지정한다.

상기 OS 사이트(120)들은 각 공정의 정상적인 진행 여부를 판단하기 위한 패턴들로서 웨이퍼의 스크라이브 라인 영역에 형성되어 있다. 상기 OS사이트(120)들 중 적어도 하나는 패턴 웨이퍼의 칩 영역에 형성되는 소정 패턴과 동일한 적층 구조를 갖는다.

편광된 광을 패턴 웨이퍼의 선택된 제1 OS 사이트에 조사한다. 이어서, 상기 패턴 웨이퍼의 제1 OS사이트로부터 반사된 편광의 두 수평 수직 성분간의 인텐시티(intensity)와 위상(phase)의 측정 스펙트럼을 출력한다. 상기 측정 스펙트럼은 제 1 저장부에 저장한다.

이어서, 상기 패턴 웨이퍼 상에 형성되어 있는 다층 박막의 적층 구조를 예상한 후 복수의 예상 적층 구조에 맞는 레서피들을 작성하여 제2 저장부에 저장한다.

도 3b 내지 도 3e는 패턴 웨이퍼 상에 형성되어 있는 다층 박막의 예상 적층 구조의 단면도들이다.

도 3b를 참조하면, 제1 예상 적층 구조는 설계된 적층 구조와 동일하게 제1 실리콘 질화막(102), 제1 실리콘 산화막(104), 제2 실리콘 질화막(106) 및 제2 실리콘 산화막(108)이 적층된 구조로 지정한다. 상기 제1 레서피는 상기 제1 예상 적층 구조의 박막 적층 순서, 제1 및 제2 실리콘 질화막, 제1 및 제2 실리콘 산화막 각각의 굴절율 및 상각 계수 등을 포함한다.

도 3c를 참조하면, 제2 예상 적층 구조는 상기 제1 예상 적층 구조에서 최상부막이 제거된 구조로 지정한다. 즉, 상기 제2 예상 적층 구조는 제1 실리콘 질화막(102), 제1 실리콘 산화막(104), 제2 실리콘 질화막(106)이 적층된 구조로 지정할 수 있다. 상기 제2 레서피는 상기 제2 예상 적층 구조의 박막 적층 순서, 제1 및 제2 실리콘 질화막, 제1 실리콘 산화막 각각의 굴절율 및 상각 계수 등을 포함한다.

도 3d를 참조하면, 상기 제3 예상 적층 구조는 상기 제2 예상 적층 구조에서 최상부막이 제거된 구조로 지정한다. 즉, 상기 제3 예상 적층 구조는 제1 실리콘 질화막(102), 제1 실리콘 산화막(104)이 적층된 구조로 지정할 수 있다.

도 3e를 참조하면, 상기 제4 예상 적층 구조는 상기 제3 예상 적층 구조에서 최상부막이 제거된 구조로 지정한다. 즉, 상기 제4 예상 적층 구조는 제1 실리콘 질화막(102)이 증착된 구조로 지정할 수 있다. 상기 제1 실리콘 질화막(102)이 최하부 막이므로, 더 이상의 예상 적층 구조의 지정은 요구되지 않는다.

도시하지는 않았으나, 상기 제1 예상 적층 구조의 최상부막 상에 제3 실리콘 질화막 600Å, 제3 실리콘 산화막 13000Å 및 제4 실리콘 질화막이 3000Å이 순차적으로 하나씩 적층하여 예상 적층 구조들을 지정할 수도 있다. 그러나, 상기와 같이 식각 두께가 매우 두껍고 식각 공정이 과도한 경우에는 설계된 적층 구조의 상부막들이 오버 에치되어 제거되는 경우가 더욱 일반적이므로, 상기 제1 예상 적층 구조에 막을 추가시켜 레서피를 작성하는 것은 생략할 수도 있다.

이어서, 상기 제1 레서피를 사용하여 이론적 수식에 의한 스펙트럼들을 연산한다. 상기 이론적 수식에 의한 스펙트럼은 상기 제1 레서피에 지정된 상기 제1 실리콘 질화막(102), 제1 실리콘 산화막(104), 제2 실리콘 질화막(106), 제2 실리콘 산화막(108) 각각의 굴절율 및 상각계수를 사용하고, 각 박막의 두께를 계속적으로 변경시켜 상기 두께에 따른 파장별 스펙트럼들을 출력한다. 상기 두께 범위는 설계된 박막 구조에서의 각 박막의 두께에 일정 마진을 두어 지정할 수 있으며, 상기 지정된 두께 범위 내에서 두께를 변경하여 각 스펙트럼들을 출력하고 저장한다.

이어서, 상기 제1 OS사이트에서 측정된 스펙트럼과 상기 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 측정된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼간의 오차가 최소가 되는 이론적 스펙트럼을 선택하고, 상기 선택된 이론적 스펙트럼을 계산하는데 사용된 두께를 각 박막의 두께로 출력한다. 상기 과정을 수행하면, 상기 제1 실리콘 질화막(102), 제1 실리콘 산화막(104), 제2 실리콘 질화막(106), 제2 실리콘 산화막(108)의 두께가 동시에 측정된다. 상기 각 박막의 두께들을 제1 두께라 한다.

상기 측정된 스펙트럼과 상기 제1 두께를 측정하는데 사용된 이론적 스펙트럼 간의 오차에 의해 상기 제1 두께의 신뢰도 (이하 GOF, goodness of fit)를 계산한다. 상기 GOF가 일정 범위 내에 있는 경우 상기 제1 두께를 출력하여 상기 각 박막의 두께로 저장한다. 상기 GOF의 범위는 0.9 이상이 되도록 지정할 수 있다.

그러나, 상기 GOF가 일정 범위를 벗어나는 경우, 상기 제1 레서피에 의해 측정된 제1 두께를 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.

만일, 상기 GOF가 일정 범위를 벗어나면, 상기 제2 레서피를 적용하여 상기 제2 예상 적층 구조의 다층 박막의 제2 두께를 다시 측정한다. 이는, 이전에 수행된 식각 공정에 의해 최상부의 제2 실리콘 산화막(108)까지 과도하게 식각되어 제1 레서피가 맞지 않은 것으로 판단한 것으로서, 상기 제2 실리콘 산화막(108)이 제거된 구조로 작성된 제2 레서피를 사용하여 두께를 재측정하는 것이다. 상기 두께 측정 과정은 상기 제2 레서피를 적용하는 것 이외에는 상기 방법과 동일하므로 설명은 생략한다

이어서, 상기 측정된 스펙트럼과 선택된 이론적 스펙트럼 간의 오차에 의해 상기 제2 두께의 GOF를 계산한다. 상기 GOF가 일정 범위 내에 있는 경우 상기 제2 두께를 출력한 후 저장한다.

그러나, 상기 GOF가 일정 범위를 벗어나는 경우, 상기 제2 레서피에 의해 측정된 제2 두께를 신뢰할 수 없는 것으로 판단하고, 상기 제3 레서피를 적용하여 상기 제3 예상 적층 구조의 다층 박막의 제3 두께를 측정한 후 상기 제3 두께의 GOF (goodness of fit)를 계산하는 과정을 수행한다.

동일하게, 상기 제4 두께의 GOF가 일정 범위를 벗어나는 경우, 제4 레서피를 적용하여 제4 두께를 측정하고 상기 제4 두께의 GOF를 계산하는 과정을 반복 수행한다.

만일, 상기 공정들을 수행하는 중에 상기 GOF가 상기 일정 범위를 벗어나지 않는 경우에는 후속의 두께 측정 공정들을 수행하지 않고 GOF를 만족하는 소정 두께를 상기 제1 OS 사이트에서의 다층 박막의 두께로 출력한다.

그러나, 상기 공정들을 수행하는 중에 상기 GOF가 일정 범위를 모두 벗어나는 경우, 상기 측정된 제1 내지 제4 두께 중 가장 GOF가 가장 높은 것으로 상기 박막 두께를 출력한다.

상기 과정에 의해, 상기 제1 OS사이트에 형성되어 있는 다층 박막 각 두께를 측정할 수 있다.

이어서, 상기 제1 OS사이트 이외의 제2 내지 제5 OS 사이트에서 상기 설명한 두께 측정 과정들을 수행하여 각 OS 사이트에 형성되어 있는 다층 박막 각각의 두께를 측정할 수 있다.

따라서, 상기 패턴 웨이퍼에 식각 공정이 균일하게 수행되지 못하였을 경우 각 OS 사이트의 적층 구조에 적합한 레서피를 적용하여 정확하게 두께를 측정할 수 있다.

방법 실시예 3

방법 실시예 3은 상기 설명한 방법 실시예 2와 측정 순서만이 달라지며, 그 외는 매우 유사하다.

다층 박막이 적층된 패턴 웨이퍼를 로딩한다.

상기 패턴 웨이퍼는 상기 방법 실시예 2와 동일한 것으로 하여 설명한다. 즉, 상기 패턴 웨이퍼는 상기 식각 공정 이 후에 남아있는 각 박막의 두께가 제1 실리콘 질화막 260Å, 제1 실리콘 산화막 750Å, 제2 실리콘 질화막 500Å 및 제2 실리콘 산화막 4500Å가 되도록 설계되어 있다.

편광된 광을 패턴 웨이퍼의 선택된 제1 OS 사이트에 조사한다. 이어서, 상기 패턴 웨이퍼의 제1 OS사이트로부터 반사된 편광의 두 수평 수직 성분간의 인텐시티(intensity)와 위상(phase)을 파장별로 분석한 제1 스펙트럼을 출력한다. 이어서, 상기 제2 내지 제5 OS 사이트에도 동일하게 공정을 수행하여 상기 제2 내지 제5 분측정 스펙트럼을 출력한다. 다음에, 상기 제1 내지 제5 측정 스펙트럼을 제1 저장부에 저장한다.

이어서, 실시예 2에서와 동일한 방법으로 다층 박막의 적층 구조를 예상한 후, 제1 내지 제4 예상 적층 구조에 맞는 제1 내지 제4 레서피를 셋업한다.

이어서, 상기 패턴 웨이퍼에서 두께를 측정하기 위한 복수개의 OS 사이트를 지정한다. 본 실시예에서는 상기 패턴 웨이퍼의 상부, 중앙, 하부, 좌측부 및 우측부에 해당하는 제1 내지 제5 OS사이트를 지정한다.

그리고, 상기 제1 레서피를 사용하여 이론적 수식에 의한 스펙트럼들을 연산한다. 상기 이론적 수식에 의한 스펙트럼은 상기 제1 레서피에 지정된 막들 각각의 굴절율 및 상각계수를 사용하고, 각 박막의 두께를 계속적으로 변경시켜 상기 두께에 따른 파장별 스펙트럼들을 출력한다. 상기 두께 범위는 설계된 박막 구조에서의 각 박막의 두께에 일정 마진을 두어 지정할 수 있으며, 상기 지정된 두께 범위 내에서 두께를 변경하여 각 스펙트럼들을 출력하고 저장한다.

이어서, 상기 제1 OS사이트에서 측정된 스펙트럼과 상기 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 측정된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼간의 오차가 최소가 되는 이론적 스펙트럼을 선택하고, 상기 선택된 이론적 스펙트럼을 계산하는데 사용된 두께를 제1 OS 사이트의 다층 박막의 두께로 출력한다. 동일한 방법으로, 상기 제2 내지 제5 OS 사이트에서도 상기 제2 내지 제5 OS 사이트에서의 다층 박막의 두께를 출력한다.

상기 제1 내지 제5 OS 사이트에서 출력된 다층 박막의 두께들 각각의 GOF를 계산한다. 상기 제1 내지 제5 OS 사이트에서 출력된 다층 박막의 두께들 중에서 상기 GOF가 설정된 범위 이내에 있는 두께들은 정상적인 두께로 판단하여 저장한다.

그러나, 상기 GOF가 일정 범위를 벗어나는 OS 사이트에서 측정된 두께는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다. 만일, 특정 OS 사이트(예컨대 제1 OS 사이트)에서 상기 GOF가 일정 범위를 벗어나면, 상기 제2 레서피를 적용하여 상기 이론적 스펙트럼들을 다시 연산한다.

이어서, 상기 GOF가 일정 범위를 벗어난 제1 OS 사이트에서 측정된 스펙트럼과 상기 제2 레서피에 의해 연산된 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 측정된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼간의 오차가 최소가 되도록 하는 두께를 상기 제1 OS 사이트의 다층 박막의 두께로 측정한다.

이어서, 상기 제2 레서피에 의해 측정된 두께의 GOF를 계산하고, 일정 범위를 벗어나는 경우에는 제3 레서피 및 제4 레서피를 순차적으로 사용하여 두께를 재측정한다.

상기 제1 내지 제5 OS 사이트에서 모두 상기 GOF가 상기 일정 범위를 벗어나지 않는 두께가 출력된 경우에는 후속의 두께 측정 공정들을 수행하지 않고, 상기 GOF를 만족하는 소정 두께를 취합하여 다층 박막의 두께로서 출력한다.

그러나, 상기 제1 내지 제5 OS 사이트 중에서 상기와 같이 계속하여 레서피를 변경하여 두께를 측정하여도 GOF가 일정 범위를 벗어나는 OS사이트가 있는 경우에는, 상기 OS 사이트에서 가장 GOF가 가장 높게 측정된 것으로 상기 박막 두께를 출력한다.

상기 과정에 의해, 상기 제1 내지 제5 OS사이트에 형성되어 있는 다층 박막의 두께를 측정할 수 있다. 또한, 웨이퍼에 식각 공정이 균일하게 수행되지 못하였을 경우 각 OS 사이트의 적층 구조에 적합한 레서피를 적용하여 정확하게 두께를 측정할 수 있다.

상기 방법을 사용하여 패턴 웨이퍼의 각 OS 사이트에서 다층 박막들의 두께를 측정하였다.

시료 : 패드 식각 후의 패턴 웨이퍼

측정 설비 : 스펙트로스코피 엘립소메트리(SE)

측정 포인트 : 6 point

OS사이트의 예상 적층 구조 수 : 3가지

제1 적층 구조 : 제1 실리콘 질화막, 실리콘 산화막, 제2 실리콘 질화막.

제2 적층 구조 : 제1 실리콘 질화막, 실리콘 산화막

제3 적층 구조 : 제1 실리콘 질화막

측정 레서피 종류 : 3가지

제1 내지 제3 예상 적층 구조에 따른 제1 내지 제3 레서피

도 5는 측정 포인트를 나타내기 위한 웨이퍼 맵이다. 상기 측정 포인트는 상기 패턴 웨이퍼의 서로 구분되는 3영역을 지정하고 각 영역에서 서로 인접한 2개의 측정 포인트를 지정하였다. 도 5에서 제1 내지 제6 포인트는 참조 번호 200a 내지 200f에 해당하는 영역 내에 형성된 각각의 OS사이트이다.

도 6은 각 측정 포인트에서 측정된 파장별 인텐시티를 나타내는 각 스펙트럼(이하, SE α)이다. 도 7은 각 측정 포인트에서 측정된 파장별 위상 쉬프트를 나타내는 각 스펙트럼(이하, SE β)이다.

도 6에서 참조 번호 210a, 210b는 제1 및 제2 포인트에서의 스펙트럼이고, 참조 번호 212a, 212b는 제3 및 제4 포인트에서의 스펙트럼이고, 참조 번호 2a, 214b는 제5 및 제6 포인트에서의 스펙트럼이다. 또한, 도 7에서 참조 번호 250a, 250b는 제1 및 제2 포인트에서의 스펙트럼이고, 참조 번호 252a, 252b는 제3 및 제4 포인트에서의 스펙트럼이고, 참조 번호 254a, 254b는 제5 및 제6 포인트에서의 스펙트럼이다.

도 6 및 도 7을 참조하면, 상기 측정 포인트가 서로 인접한 영역의 2 포인트는 SE α 및 SE β 의 형태는 매우 유사하고 다만 그 위치만 쉬프트된다. 그러나, 측정 포인트가 서로 인접한 영역이 아닌 경우에는 SE α 및 SE β 의 형태가 전혀 다르게 나타난다. 상기 결과에서, 상기 인접한 측정 포인트에서는 박막의 적층 구조가 동일하여 SE α 및 SE β 의 형태는 매우 유사하게 나타남을 알 수 있다. 그리고, 상기 패턴 웨이퍼에서 평판도의 불량에 의해 서로 인접한 영역이 아닌 경우에는 박막의 적층 구조가 서로 다르고, 이에 따라 상기 SE α 및 SE β 의 형태가 전혀 다르게 나타남을 알 수 있다.

상기 제1 적층 구조에 따른 제1 레서피를 적용하여 상기 각 측정 포인트에서 각 박막의 두께를 측정하였다. 이어서, 상기 박막의 두께의 GOF를 각각 계산하였다. 측정 결과는 다음의 표와 같다.

【표 1】

	제1 실리콘 질화막 두께	실리콘산화막 두께	제2 실리콘 질화막 두께	두께 합	GOF
제1 포인트	76.62	524.12	682.24	1285.98	0.000
제2 포인트	329.93	163.63	670.50	1164.07	0.000
제3 포인트	228.53	1070.20	133.81	1432.54	0.993
제4 포인트	234.61	1063.05	110.53	1408.19	0.993
제5 포인트	287.09	751.16	0	1038.25	0.994
제6 포인트	287.80	744.48	0	1032.28	0.994

상기 측정 결과를 참조하면, 제3 내지 제6 포인트에서 측정된 두께의 GOF는 0.9 이상이나, 제1 및 제2 포인트에서 측정된 GOF는 0으로 전혀 신뢰할 수 없다. 또한, 상기 제5 및 제6 포인트의 제2 실리콘 질화막 두께는 0으로 측정되었다. 상기 결과에서, 실제의 적층 구조가 제1 예상 적층 구조에서 최상부막만이 제거된 경우에는 상기 제1 레서피를 적용하더라도 비교적 정확하게 두께를 측정할 수 있다.

이어서, 상기 GOF가 설정 범위를 벗어나있는 제1 및 제2 측정 포인트에서 상기 제2 적층 구조에 따른 제2 레서피를 적용하여 두께를 측정한다. 이어서, 상기 박막의 두께의 GOF를 각각 계산하였다. 측정 결과는 다음의 표와 같다.

[표 2]

	제1 실리콘 질화막 두께	실리콘산화막 두께	두께합	GOF
제1 포인트	81.36	0.00	81.36	0.994
제2 포인트	78.89	0.00	78.89	0.994

이어서, 상기 제1 내지 제6 포인트에서 측정된 두께들에서 상기 GOF가 0.9 이상인 값들을 취합하여 결과를 출력한다. 출력된 결과 데이터는 다음의 표와 같다.

[표 3]

	제1 실리콘 질화막 두께	실리콘산화막 두께	제2 실리콘 질화막 두께	두께 합	GOF
제1 포인트	81.36	0.00	-	81.36	0.994
제2 포인트	78.89	0.00	-	78.89	0.994
제3 포인트	228.53	1070.20	133.81	1432.54	0.993
제4 포인트	234.61	1063.05	110.53	1408.19	0.993
제5 포인트	287.09	751.16	0	1038.25	0.994
제6 포인트	287.80	744.48	0	1032.28	0.994

상기 결과에서, 제1 및 제2 포인트는 제2 실리콘 질화막 및 실리콘 산화막이 제거되고 제1 실리콘 질화막만이 부분적으로 남아있는 적층구조를 갖고, 상기 제3 및 제4 포인트는 제1 실리콘 질화막, 실리콘 산화막 및 제2 실리콘 질화막이 모두 남아있는 적층 구조를 갖고, 제5 및 제6 포인트는 제2 실리콘 질화막이 제거되고, 실리콘 산화막 및 제1 실리콘 질화막이 남아있는 적층구조를 갖는 것을 알 수 있다.

상기와 같이, 패턴 웨이퍼에서 공정이 균일하게 진행되지 못하여 웨이퍼 영역별로 적층 구조가 달라지더라도 상기 패턴 웨이퍼의 전 영역에서 0.9 이상의 GOF를 갖도록 두께를 측정할 수 있다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 모니터링 웨이퍼를 사용하지 않고 패턴 웨이퍼에서 직접 비접촉 방식으로 두께를 측정할 수 있어서 원가 절감 효과가 있다. 또한, 상기 패턴 웨이퍼에 공정이 균일하게 진행되지 못하여 웨이퍼 영역별로 다층 박막의 적층 구조가 달라지더라도 상기 패턴 웨이퍼의 전 영역에서 신뢰성 있는 두께 데이터를 신속하게 측정할 수 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

삭제

청구항 2.

삭제

청구항 3.

삭제

청구항 4.

삭제

청구항 5.

삭제

청구항 6.

삭제

청구항 7.

삭제

청구항 8.

다층 박막이 형성된 웨이퍼에 각 파장별로 광을 조사하고 상기 웨이퍼로부터 반사된 광을 분석한 측정 스펙트럼을 생성하는 단계;

상기 다층 박막에 대한 복수의 예상 적층 구조를 설정하고, 상기 각 예상 적층 구조에 상응하는 박막 적층 순서, 적층 갯수 및 각 박막의 특성 정보들을 포함하는 레서피들을 상기 예상 적층 구조별로 각각 저장하는 단계;

상기 저장되어 있는 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 상기 다층 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼을 계산하는 단계;

상기 분석된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 다층 박막의 임시 두께를 출력하는 단계;

상기 출력된 임시 두께의 신뢰도를 계산하는 단계;

상기 계산된 신뢰도가 설정된 범위에 부합하는지를 판단하여, 신뢰도 범위를 벗어나는 경우에는 상기 저장되어 있는 레서피 중에서 또 다른 레서피로 변경하여 계속적으로 상기 임시 두께를 측정하도록 제어하는 단계; 및

상기 신뢰도 범위에 부합하는 임시 두께를 상기 다층 박막의 두께로 출력하는 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 예상 적층 구조들 중 하나는 설계된 다층 박막의 적층 구조와 동일한 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 이론적 스펙트럼을 계산하는 단계를 처음 수행하는 경우는 설계된 적층 구조에 맞는 레서피를 사용하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 11.

제9항에 있어서, 상기 설계된 적층 구조를 제외한 나머지 예상 적층 구조들은 상기 설계된 적층 구조의 박막의 상부층부터 한층씩 순차적으로 제거시킨 각각의 적층 구조들로서 지정하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 12.

제9항에 있어서, 상기 설계된 적층 구조를 제외한 나머지 예상 적층 구조들은 상기 설계된 적층 구조의 박막의 상부층 상에 한층씩 순차적으로 적층되어 있는 각각의 적층 구조들로서 지정하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 13.

삭제

청구항 14.

제8항에 있어서, 상기 적층된 박막의 특성 정보는 상기 예상 적층 구조에 포함되는 각 박막의 굴절을 및 상각 계수를 포함하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 방법.

청구항 15.

제8항에 있어서, 상기 스펙트럼의 측정은,

광을 편광시켜 웨이퍼 상에 조사하는 단계; 및

상기 웨이퍼에서 반사된 편광의 인텐시티 및 위상을 상기 광의 파장별로 분석하는 단계를 수행하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 두께 측정 방법.

청구항 16.

제8항에 있어서, 상기 다층 박막의 임시 두께 출력은,

레서피 정보를 입력받아 이론적 수식에 대입하여 각 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼을 계산하는 단계; 및

상기 분석된 스펙트럼과 이론적 스펙트럼들을 각각 비교하여 오차가 최소가 되는 이론적 스펙트럼을 선택하고 상기 선택된 스펙트럼에 해당하는 두께를 상기 다층 박막의 임시 두께로 출력하는 단계를 수행하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 두께 측정 방법.

청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 신뢰도는 상기 분석된 스펙트럼과 선택된 이론적 스펙트럼간에 오차가 발생한 정도를 수치화하여 계산하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 방법.

청구항 18.

제8항에 있어서, 상기 웨이퍼는 반도체 제조 공정이 수행되고 있는 패턴 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 두께 측정 방법.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 패턴 웨이퍼에서의 두께 측정 영역은 스크라이브 라인 내에 구비되어 있는 OS 사이트인 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 20.

제8항에 있어서, 상기 두께 측정은 상기 웨이퍼의 복수개의 영역에서 각각 수행하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 21.

다층 박막이 형성된 패턴 웨이퍼의 복수의 영역 상에 각각 광을 조사하고 상기 각 영역으로부터 반사된 광을 분석한 영역별 스펙트럼들을 각각 저장하는 단계;

상기 다층 박막에 대한 복수의 예상 적층 구조를 설정하고, 상기 각 예상 적층 구조에 상응하는 박막 적층 순서, 적층 갯수 및 각 박막의 특성 정보들을 포함하는 레서피들을 상기 예상 적층 구조별로 각각 저장하는 단계;

상기 저장된 레서피들 중 하나의 레서피를 사용하여 상기 다층 박막의 두께별로 이론적 스펙트럼들을 계산하는 단계;

상기 각 영역별로 분석된 스펙트럼들과 상기 이론적 스펙트럼들을 비교하여 상기 각 영역별로 다층 박막의 임시 두께들을 각각 출력하는 단계;

상기 각 영역별로 출력된 임시 두께들의 신뢰도를 각각 계산하는 단계; 및

상기 계산된 신뢰도들이 설정된 범위에 부합하는지를 판단하고, 상기 신뢰도 범위가 벗어나는 영역이 존재하는 경우 상기 레서피를 다른 레서피로 변경하고 변경된 레서피에 의해 이론적 스펙트럼을 다시 계산하여 상기 신뢰도 범위가 벗어나는 영역에서만 선택적으로 임시 두께를 재측정하는 단계; 및

상기 신뢰도 범위에 부합하는 임시 두께를 취합하여 상기 기관의 영역별로 다층 박막의 두께를 출력하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 22.

제21항에 있어서, 상기 예상 적층 구조들 중 하나는 설계된 다층 박막의 적층 구조와 동일하게 지정하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 23.

제21항에 있어서, 상기 이론적 스펙트럼을 계산하는 단계를 처음 수행하는 경우는 설계된 적층 구조에 맞는 레서피를 사용하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 24.

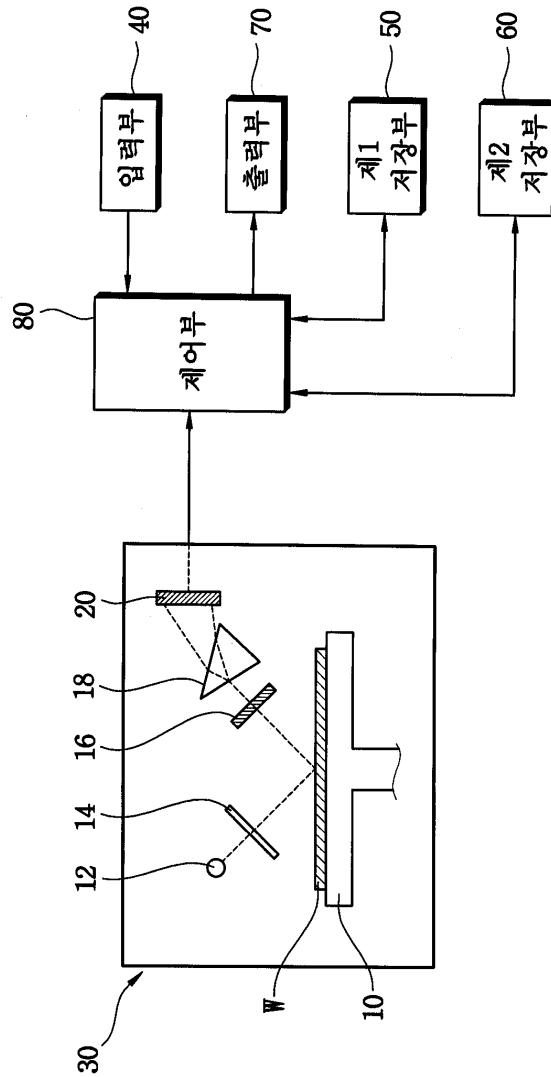
제21항에 있어서, 상기 설계된 적층 구조를 제외한 나머지 예상 적층 구조들은 상기 설계된 적층 구조의 박막의 상부층을 한층씩 순차적으로 제거시킨 각각의 적층 구조들로서 지정하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

청구항 25.

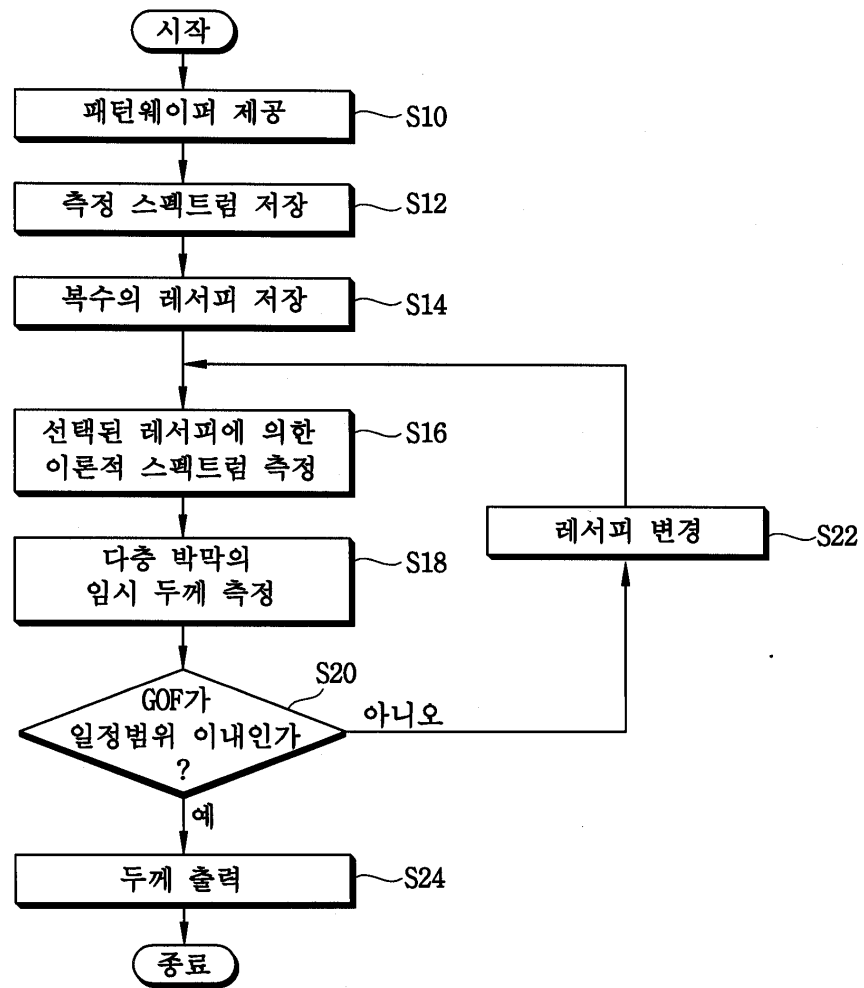
제21항에 있어서, 상기 설계된 적층 구조를 제외한 나머지 예상 적층 구조들은 상기 설계된 적층 구조의 박막의 상부층 상에 한층씩 순차적으로 적층되어 있는 각각의 적층 구조들로서 지정하는 것을 특징으로 하는 다층 박막의 두께 측정 방법.

도면

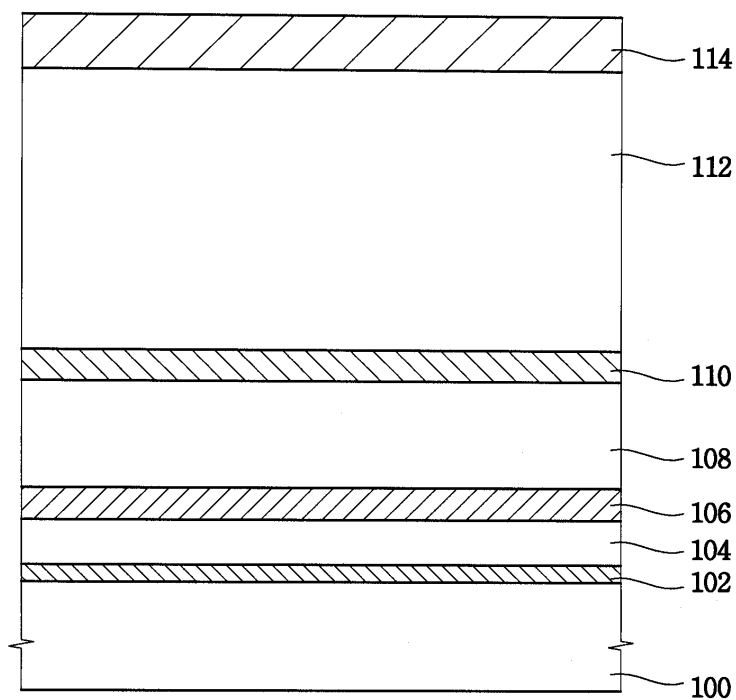
도면1



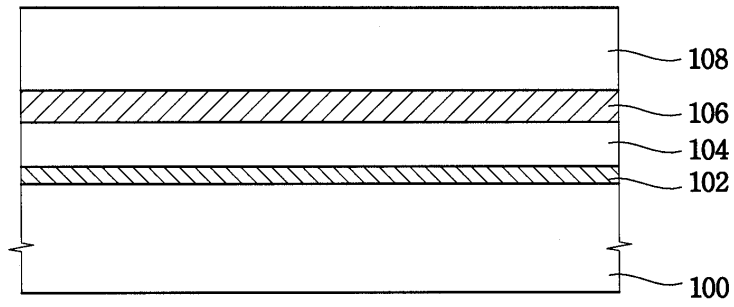
도면2



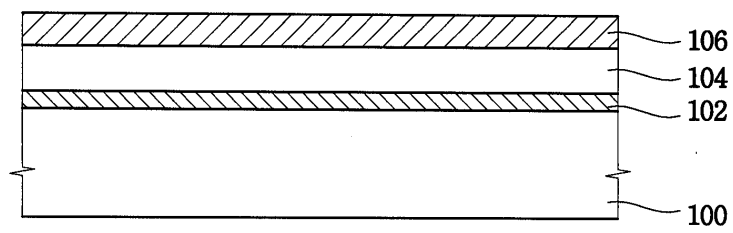
도면3a



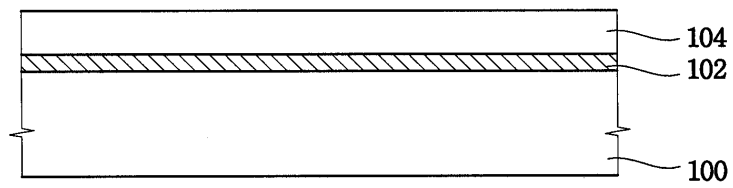
도면3b



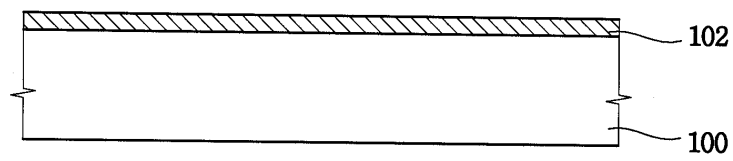
도면3c



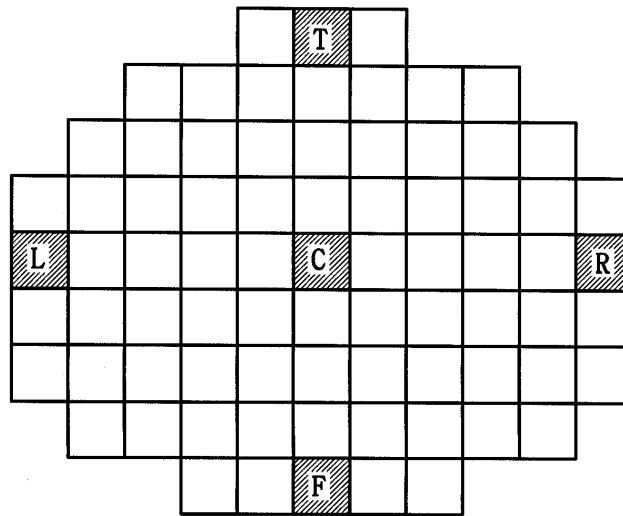
도면3d



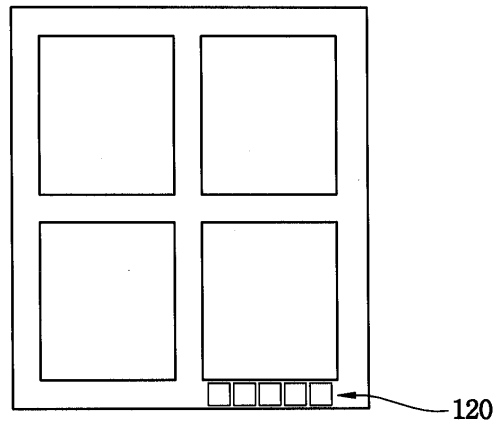
도면3e



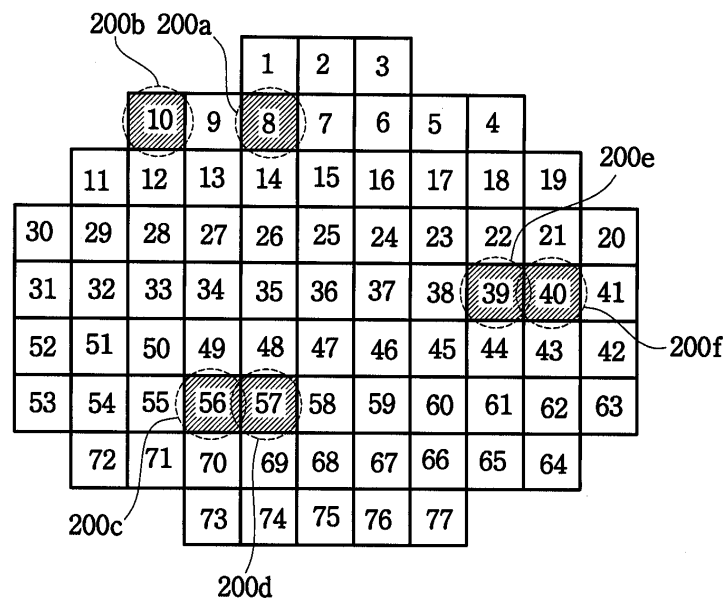
도면4a



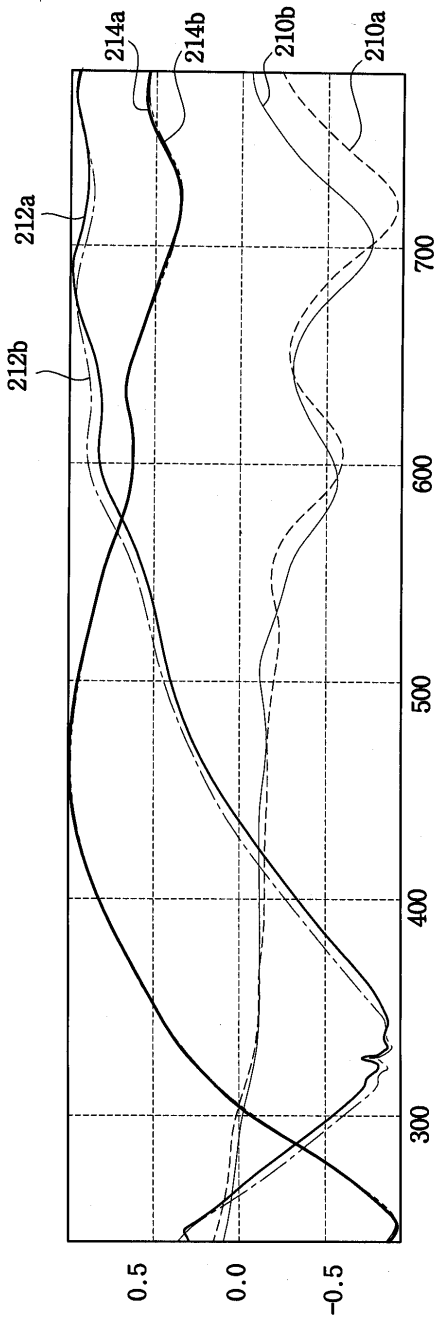
도면4b



도면5



도면6



도면7

