



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0106810
(43) 공개일자 2013년09월30일

(51) 국제특허분류(Int. C1..)
G01N 21/55 (2006.01) *G01N 21/27* (2006.01)
G01B 11/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-7003557

(22) 출원일자(국제) 2011년09월14일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2013년02월12일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2011/071020

(87) 국제공개번호 WO 2012/036213
국제공개일자 2012년03월22일

(30) 우선권주장
JP-P-2010-209668 2010년09월17일 일본(JP)

(71) 출원인
하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤
일본국 시주오카센 하마마쓰시 히가시쿠 이치노초
1126-1

(72) 발명자
오츠카 젠이치
일본국 시주오카센 하마마쓰시 히가시쿠 이치노초
1126-1 하마마쓰 포토닉스 가부시키가이샤 내
나카노 데츠히사
일본국 시주오카센 하마마쓰시 히가시쿠 이치노초
1126-1 하마마쓰 포토닉스 가부시키가이샤 내

(74) 대리인
특허법인태평양

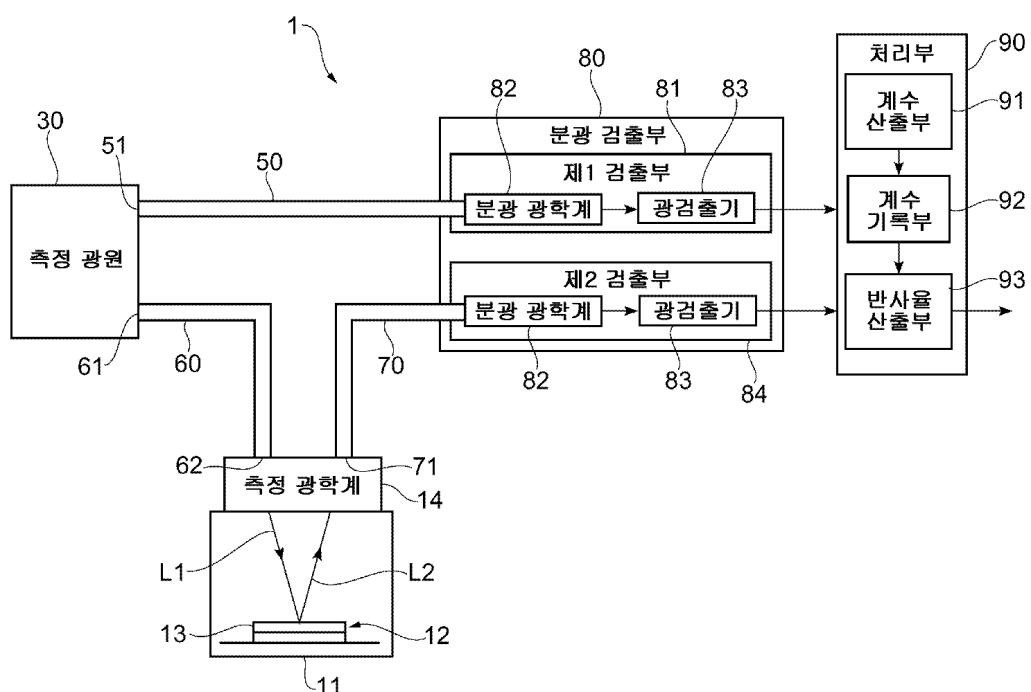
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 반사율 측정 장치, 반사율 측정 방법, 막두께 측정 장치 및 막두께 측정 방법

(57) 요 약

반사율 측정 장치(1)는 조사광(L1)을 측정 대상물에 공급하는 측정 광원(30)과, 조사광(L1)의 강도 및 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 강도를 파장마다 검출하는 분광 검출부(80)와, 조사광(L1)의 파장마다의 강도의 검출값을, 기준 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 파장마다의 강도의 검출값에 상당하는 값으로 변환하는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 기록하는 계수 기록부(92)와, 조사광(L1)의 파장마다의 강도의 검출값 및 변환 계수 $K(\lambda)$ 로부터 구해지는, 기준 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 파장마다의 강도에 상당하는 값에 기초하여, 파장마다의 반사율을 산출하는 반사율 산출부(93)를 구비한다. 이것에 의해, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

조사광을 측정 대상물에 공급하는 측정 광원과,

상기 조사광의 강도 및 상기 측정 대상물로부터의 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 분광 검출부와,

상기 조사광의 파장마다의 강도의 검출값을, 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값으로 변환하기 위한 변환 계수를 기록하는 계수 기록부와,

상기 조사광의 파장마다의 강도의 검출값 및 상기 변환 계수로부터 구해지는, 상기 기준 측정 대상물로부터의 상기 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값에 기초하여, 상기 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 산출하는 반사율 산출부를 구비하는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 측정 광원은 여기광 및 상기 여기광에 의해 생성된 형광을 포함하는 상기 조사광을 공급하는 형광체 방식의 백색 발광 다이오드인 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 측정 광원으로부터 상기 조사광이 조사되는 레퍼런스광 수광면을 일단에 가지고, 타단이 상기 분광 검출부에 광학적으로 결합되어 있는 레퍼런스용 광도파로와,

상기 측정 광원으로부터 상기 조사광이 조사되는 조사광 수광면을 일단에 가지고, 상기 측정 대상물에 상기 조사광을 공급하는 조사광 공급면을 타단에 가지는 제1 측정용 광도파로와,

상기 측정 대상물로부터의 상기 반사광을 수광하는 반사광 수광면을 일단에 가지고, 타단이 상기 분광 검출부에 광학적으로 결합되어 있는 제2 측정용 광도파로를 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 분광 검출부는 상기 조사광의 강도를 파장마다 검출하는 제1 검출부, 및 상기 측정 대상물로부터의 상기 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 제2 검출부를 가지고,

상기 레퍼런스용 광도파로의 타단은 상기 제1 검출부에 광학적으로 결합되고, 상기 제2 측정용 광도파로의 타단은 상기 제2 검출부에 광학적으로 결합되어 있는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 측정 광원으로부터 조사된 상기 조사광을 상기 레퍼런스광 수광면 및 상기 조사광 수광면 중 어느 일방에 선택적으로 입사시키는 광도파로 선택 수단을 추가로 구비하고,

상기 분광 검출부는 상기 조사광의 강도를 파장마다 검출하고 또한 상기 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 제3 검출부를 가지고,

상기 레퍼런스용 광도파로의 타단과 상기 제2 측정용 광도파로의 타단은 상기 제3 검출부에 광학적으로 결합되어 있는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 6

청구항 3 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조사광 수광면에 조사되는 상기 조사광의 광량은 상기 레퍼런스광 수광면에 조사되는 상기 조사광의 광량보다 큰 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제1 측정용 광도파로는 상기 조사광 수광면과 상기 측정 광원이 대향하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 8

청구항 3 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 측정용 광도파로 및 상기 레퍼런스용 광도파로는 상기 제1 측정용 광도파로의 중심축과 상기 레퍼런스용 광도파로의 중심축이, 상기 측정 광원을 통과하는 축에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 장치.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 기재된 반사율 측정 장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 막두께 측정 장치.

청구항 10

기준 측정 대상물로 공급되는 보정용 조사광의 강도를 과장마다 검출하는 보정용 조사광 검출 단계와,

상기 보정용 조사광을 측정 광원으로부터 상기 기준 측정 대상물로 공급하는 보정용 조사광 공급 단계와,

상기 기준 측정 대상물로부터의 상기 보정용 조사광의 반사광의 강도를 과장마다 검출하는 제1 반사광 검출 단계와,

상기 보정용 조사광 검출 단계에 의해 얻어지는 상기 보정용 조사광의 과장마다의 강도의 검출값과, 상기 제1 반사광 검출 단계에 의해 얻어지는 상기 보정용 조사광의 반사광의 과장마다의 강도의 검출값에 기초하여, 측정 대상물로 공급되는 측정용 조사광의 과장마다의 강도의 검출값을, 상기 기준 측정 대상물로부터의 상기 측정용 조사광의 반사광의 과장마다의 강도에 상당하는 값으로 변환하기 위한 변환 계수를 산출하는 계수 산출 단계와,

상기 측정 대상물을 설치하는 설치 단계와,

여기광 및 상기 여기광에 의해 생성된 형광을 포함하는 상기 측정용 조사광의 강도를 과장마다 검출하는 측정용 조사광 검출 단계와,

상기 측정용 조사광을 상기 측정 광원으로부터 상기 측정 대상물로 공급하는 측정용 조사광 공급 단계와,

상기 측정 대상물로부터의 상기 측정용 조사광의 반사광의 강도를 과장마다 검출하는 제2 반사광 검출 단계와,

상기 측정용 조사광 검출 단계에 의해 얻어지는 상기 측정용 조사광의 과장마다의 강도의 검출값 및 상기 변환 계수에 의해 구해지는 상기 기준 측정 대상물로부터의 상기 측정용 조사광의 반사광의 과장마다의 강도에 상당하는 값과, 상기 제2 반사광 검출 단계에 의해 얻어지는 상기 측정 대상물로부터의 상기 측정용 조사광의 반사광의 과장마다의 강도의 검출값에 기초하여, 상기 측정 대상물의 과장마다의 반사율을 산출하는 반사율 산출 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 반사율 측정 방법.

청구항 11

청구항 10에 기재된 반사율 측정 방법을 포함하고, 상기 반사율 측정 방법에 의해 얻어지는 과장마다의 반사율에 기초하여 상기 측정 대상물의 막두께를 산출하는 것을 특징으로 하는 막두께 측정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 반사율 측정 장치, 반사율 측정 방법, 막두께 측정 장치 및 막두께 측정 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 특히 문헌 1에는 액정 표시기용 기판의 표면 처리의 종점(終點)을 검출하는 장치가 기재되어 있다. 이 장치는 크세논 램프나 할로겐 램프 등의 광원으로부터의 광을 액정 표시기용 기판에 조사(照射)하고, 액정 표시기용 기판으로부터의 반사광을 검출하고, 반사광의 파장마다의 반사율로부터 표면 처리의 종점을 검출한다.
- [0003] 또, 특히 문헌 2에는 피(被)에칭 기판의 에칭 깊이를 구하는 장치가 기재되어 있다. 이 장치는 크세논 램프 등의 백색 광원으로부터의 광을 피에칭 기판에 조사하고, 피에칭 기판으로부터의 반사광을 검출하는 것에 의해, 피에칭 기판의 에칭 깊이를 구한다.
- [0004] 선행 기술 문헌
- [0005] 특히 문헌
- [0006] 특히 문헌 1 : 일본 특개평 05-322515호 공보
- [0007] 특히 문헌 2 : 일본 특개 2001-267300호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 측정 대상물의 막두께의 측정 방법으로서, 측정 대상물로부터의 반사 간섭광을 검출해서 파장마다의 반사율을 산출하는 것에 의해, 측정 대상물의 막두께를 구하는 방법이 알려져 있다. 이것은 박막의 표면과 이면에 있어서의 반사광에 의한 간섭을 이용하는 것이다. 이면으로부터의 반사광은 표면으로부터의 반사광에 비하여 막두께 2 배의 두께분만큼 광로가 길어져서, 위상이 변화한다. 이러한 표면으로부터의 반사광과 이면으로부터의 반사광이 간섭되는 것에 의해 간섭광이 얻어진다. 이 간섭광을 파장마다 분해하면, 파장마다 강약이 변화하고, 그 변화의 모습으로부터 막두께를 산출할 수 있다.
- [0009] 간섭광의 파장마다의 강도의 변동으로부터 막두께를 산출하는 경우에는, 광원으로부터 조사되는 광의 파장마다의 강도의 영향을 제거하기 위해서 파장마다의 반사율을 구하는 것이 일반적이다. 이 파장마다의 반사율을 구할 때, 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도와, 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도를 각각 취득할 필요가 있다. 통상은 측정 장치의 공장 출하 시 등에 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도를 취득하여 측정 장치의 기록부 등에 기록해 둔다. 그리고, 측정 대상물의 막두께를 산출할 때에, 기록된 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도를 독출하여 사용하고 있다.
- [0010] 상기한 장치에 의하면, 측정에 이용하는 광원의 파장마다의 강도가 시간 경과에 따른 변화나 주위 환경에 의해 변동하면, 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도를 취득할 때에 측정 광원으로부터 기준 측정 대상물로 공급된 조사광의 강도와, 측정 대상물의 막두께를 산출할 때에 측정 광원으로부터 측정 대상물로 공급된 조사광의 강도가 상위하게 되어, 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 없다.
- [0011] 본 발명은 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있는 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법, 및 측정 대상물의 막두께를 정밀도 좋게 측정할 수 있는 막두께 측정 장치 및 막두께 측정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치는, 조사광을 측정 대상물에 공급하는 측정 광원과, 조사광의 강도 및 측정 대상물로부터의 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 분광 검출부와, 조사광의 파장마다의 강도의 검출값을, 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값으로 변환하기 위한 변환 계수를 기록하는 계수 기록부와, 조사광의 파장마다의 강도의 검출값 및 변환 계수로부터 구해지는 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값에 기초하여, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 산출하는 반사율 산출부를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또, 본 발명의 일 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법은, 기준 측정 대상물로 공급되는 보정용 조사광의 강도를 파장마다 검출하는 보정용 조사광 검출 단계와, 보정용 조사광을 측정 광원으로부터 기준 측정 대상물로 공급하는 보정용 조사광 공급 단계와, 기준 측정 대상물로부터의 보정용 조사광의 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 제1 반사광 검출 단계와, 보정용 조사광 검출 단계에 의해 얻어지는 보정용 조사광의 파장마다의 강도의 검출값

과, 제1 반사광 검출 단계에 의해 얻어지는 보정용 조사광의 반사광의 파장마다의 강도의 검출값에 기초하여, 측정 대상물로 공급되는 측정용 조사광의 파장마다의 강도의 검출값을, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 조사광의 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값으로 변환하기 위한 변환 계수를 산출하는 계수 산출 단계와, 측정 대상물을 설치하는 설치 단계와, 여기광 및 여기광에 의해 생성된 형광을 포함하는 측정용 조사광의 강도를 파장마다 검출하는 측정용 조사광 검출 단계와, 측정용 조사광을 측정 광원으로부터 측정 대상물로 공급하는 측정용 조사광 공급 단계와, 측정 대상물로부터의 측정용 조사광의 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 제2 반사광 검출 단계와, 측정용 조사광 검출 단계에 의해 얻어지는 측정용 조사광의 스펙트럼의 검출값 및 변환 계수에 의해 구해지는 기준 측정 대상물로부터의 측정용 조사광의 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값과, 제2 반사광 검출 단계에 의해 얻어지는 측정 대상물로부터의 측정용 조사광의 반사광의 파장마다의 강도의 검출값에 기초하여, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 산출하는 반사율 산출 단계를 구비하는 것을 특징으로 한다.

- [0014] 상기한 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법에 의하면, 기준 측정 대상물로부터의 반사광의 파장마다의 강도에 상당하는 값을, 측정 대상물의 측정 시에 기준 측정 대상물을 이용하는 일 없이, 측정 대상물에 조사되는 조사광의 파장마다의 강도의 검출값과, 계수 기록부에 기록된 변환 계수로부터 측정마다 산출할 수 있다. 이것에 의해, 조사광의 파장마다의 강도가 변동하는 경우에도, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있다.
- [0015] 또, 측정 광원은 여기광 및 여기광에 의해 생성된 형광을 포함하는 조사광을 공급하는 형광체 방식의 백색 발광 다이오드이어도 좋다. 발광 다이오드의 수명은 할로겐 램프 등보다 길기 때문에, 측정 광원의 교환 횟수를 감소시킬 수 있다.
- [0016] 또, 상기한 반사율 측정 장치는 측정 광원으로부터 조사광이 조사되는 레퍼런스광 수광면을 일단에 가지고, 타단이 분광 검출부에 광학적으로 결합되어 있는 레퍼런스용 광도파로와, 측정 광원으로부터 조사광이 조사되는 조사광 수광면을 일단에 가지고, 측정 대상물에 조사광을 공급하는 조사광 공급면을 타단에 가지는 제1 측정용 광도파로와, 측정 대상물로부터의 반사광을 수광하는 반사광 수광면을 일단에 가지고, 타단이 분광 검출부에 광학적으로 결합되어 있는 제2 측정용 광도파로를 추가로 구비해도 좋다. 이 구성에 의하면, 레퍼런스용 광도파로와 제1 측정용 광도파로의 배치에 의해 조사광의 파장마다의 강도를 조정할 수 있다.
- [0017] 또, 분광 검출부는 조사광의 강도를 파장마다 검출하는 제1 검출부, 및 측정 대상물로부터의 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 제2 검출부를 가지고, 레퍼런스용 광도파로의 타단은 제1 검출부에 광학적으로 결합되고, 제2 측정용 광도파로의 타단은 제2 검출부에 광학적으로 결합되어 있어도 좋다. 이와 같은 구성에서는 조사광의 강도를 파장마다 검출하는 검출부와, 측정 대상물로부터의 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 검출부가 서로 독립하고 있다. 따라서, 조사광의 파장마다의 강도와 반사광의 파장마다의 강도를 동시에 검출하는 것이 가능하게 되어서, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또한, 파장마다의 반사율의 측정에 필요로 하는 시간을 단축시킬 수 있다.
- [0018] 또, 측정 광원으로부터 조사된 조사광을 레퍼런스광 수광면 및 조사광 수광면 중 어느 일방에 선택적으로 입사시키는 광도파로 선택 수단을 추가로 구비하고, 분광 검출부는 조사광의 강도를 파장마다 검출하고 또한 반사광의 강도를 파장마다 검출하는 제3 검출부를 가지고, 레퍼런스용 광도파로의 타단과 제2 측정용 광도파로의 타단은 제3 검출부에 광학적으로 결합되어 있어도 좋다. 이와 같은 구성에 의하면, 분광 검출부는 1개의 검출부로 구성하는 것이 가능하게 되어서, 간이한 구성에 의해 반사율 측정 장치를 제조할 수 있다.
- [0019] 또, 조사광 수광면에 조사되는 조사광의 광량은 레퍼런스광 수광면에 조사되는 조사광의 광량보다 큰 것을 특징으로 해도 좋다. 따라서, 조사광, 반사광이 광도파로 등을 통과하는 것에 의해 감쇠한 경우에도, 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정하기 위해서 필요한 광량을 확보할 수 있다. 또, 제1 측정용 광도파로는 조사광 수광면과 측정 광원이 대향하도록 배치되어도 좋다. 이와 같은 배치에 의하면, 제1 측정용 광도파로에 조사되는 조사광의 광량을 크게 하는 것이 가능하게 된다.
- [0020] 또, 제1 측정용 광도파로 및 레퍼런스용 광도파로는 제1 측정용 광도파로의 중심축과 레퍼런스용 광도파로의 중심축이, 측정 광원을 통과하는 축에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치되어 있어도 좋다. 예를 들어, 발광 다이오드로부터 조사되는 광과 같이 지향성을 가지는 광을 조사광으로서 이용한 경우에는, 측정 광원과 광도파로의 위치 관계에 의해, 광도파로에 입사되는 조사광의 파장마다의 강도의 검출값이 다른 경우가 있다. 이와 같은 배치에 의하면, 레퍼런스용 광도파로에 조사되는 조사광의 파장마다의 강도의 검출값과, 제1 측정용 광도파로에 조사되는 조사광의 파장마다의 강도의 검출값과의 차이를 억제하고, 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

[0021] 추가로, 막두께 측정 장치는 상기한 반사율 측정 장치를 구비하는 것을 특징으로 한다. 또, 막두께 측정 방법은 상기한 반사율 측정 방법을 포함하여 반사율 측정 방법에 의해 얻어지는 파장마다의 반사율에 기초하여 측정 대상물의 막두께를 산출하는 것을 특징으로 한다. 이것에 의해, 막두께의 측정에 필요한, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 산출하는 것이 가능하게 되어서, 측정 대상물의 막두께를 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 의한 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법에 의하면, 측정 대상물의 파장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또, 본 발명에 의한 막두께 측정 장치 및 막두께 측정 방법에 의하면, 측정 대상물의 막두께를 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 측정 대상물의 막두께의 측정 방법에 대해서 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 2는 막두께 측정 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 3은 반사율 측정 장치의 제1 실시 형태의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 4는 측정 광원과 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로의 구성의 일례를 나타내는 구성도이다.

도 5는 분광 광학계의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 6(a)는 다크 신호의 파장마다의 강도를 나타내는 그래프이고, 도 6(b)는 다크 신호에 포함되는 암전류 성분의 파장마다의 강도를 나타내는 그래프이고, 도 6(c)는 다크 신호에 포함되는 외란광에 기인하는 신호의 파장마다의 강도를 나타내는 그래프이고, 도 6(d)는 다크 신호를 포함하는 조사광의 파장마다의 강도를 나타내는 그래프이고, 도 6(e)는 다크 감산 보정을 행한 후의 조사광의 파장마다의 강도를 나타내는 그래프이다.

도 7은 제1 실시 형태에 관한 변환 계수를 산출하는 수순을 나타내는 플로차트이다.

도 8은 제1 실시 형태에 관한 막두께 등을 산출하는 수순을 나타내는 플로차트이다.

도 9는 다른 온도 환경 하에서 형광체 방식의 백색 발광 다이오드를 발광시킨 경우의 파장과 파장마다의 상대 강도와의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 10(a)는 형광체 방식의 백색 발광 다이오드와 광도파로의 배치의 일례를 나타내고, 도 10(b)는 형광체 방식의 백색 발광 다이오드와 광도파로의 배치의 다른 예를 나타내고, 도 10(c)는 형광체 방식의 백색 발광 다이오드와 광도파로의 배치의 또 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 11은 도 10에 나타내는 광도파로에 입사된 조사광의 파장과 파장마다의 상대 강도와의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 12는 조사광의 조사 범위의 단면을 모식적으로 나타내는 개념도이다.

도 13은 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로에 입사된 조사광의 파장과 파장마다의 상대 강도와의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 14는 반사율 측정 장치의 제2 실시 형태의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 15는 반사율 측정 장치의 제3 실시 형태의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 16은 제3 실시 형태에 관한 변환 계수를 산출하는 수순을 나타내는 플로차트이다.

도 17은 제3 실시 형태에 관한 막두께 등을 산출하는 수순을 나타내는 플로차트이다.

도 18은 제4 실시 형태에 관한 변환 계수를 산출하는 수순을 나타내는 플로차트이다.

도 19는 측정 광원과 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로의 구성의 변형예를 나타내는 구성도이다.

도 20은 측정 광원과 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로의 구성의 다른 변형예를 나타내는 구성도이다.

도 21(a)는 측정 광원과 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로의 구성의 또 다른 변형예를 나타내고, 도

21(b)는 측정 광원과 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로의 구성의 또다른 변형예를 나타내는 구성도이다.

도 22는 측정 광원과 레퍼런스용 광도파로 및 제1 측정용 광도파로의 구성의 또다른 변형예를 나타내는 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명에 의한 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법의 실시 형태를 상세하게 설명한다. 또한, 도면의 설명에 있어서 동일한 요소에는 동일한 부호를 부여하고, 중복하는 설명을 생략한다.

[0025] (제1 실시 형태)

[0026] 먼저, 반사광에 의한 간섭을 이용한 막두께 측정의 원리에 대해서 설명한다. 도 1에 나타내는 예에서는 막형상의 측정 대상물의 일례로서, 기판(2) 상에 형성된 반도체막(13)을 나타내고 있다. 이와 같은 막두께 d에 대해서, 기판(2) 및 반도체막(13)으로 이루어진 시료(12)에 대해서, 기판(2)과는 반대측이 되는 반도체막(13)의 상면(제1면)(6)측으로부터 막두께 측정용의 조사광(L1)을 공급한다. 그리고, 그 상면(6)으로부터의 반사광(L2)과, 하면(제2면, 기판(2)과 반도체막(13)의 경계면)(7)으로부터의 반사광(L3 ~ Lm)이 간섭되어서 생성되는 간섭광을 검출하는 것에 의해, 반도체막(13)의 막두께 d를 산출한다.

[0027] 다음에, 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치를 구비한 막두께 측정 장치의 구성에 대해서 설명한다. 도 2는 막두께 측정 장치(10)의 일 실시 형태의 구성을 나타내는 블록도이다. 도 2에서는 시료 측정부(11)의 처리 챔버 내에 설치된 시료(12)의 반도체막(13)을 측정 대상물로 한 예를 나타내고 있다. 막두께 측정 장치(10)는 후술하는 반사율 측정 장치(1), 측정 광학계(14), 막두께 산출부(19)를 구비하고 있다.

[0028] 막두께 산출부(19)는 측정 대상물인 반도체막(13)의 막두께를 산출하는 막두께 산출 수단이고, 반사율 측정 장치(1)로부터 출력된 광장마다의 반사율(이하 「광장마다의 반사율」을 「분광 반사율 데이터」라고 함)의 산출 값에 기초하여 막두께를 산출한다. 이 막두께 산출부(19)의 입력단은 반사율 측정 장치(1)의 출력단과 접속되어 있다. 또한, 이와 같은 막두께 산출부(19)는 예를 들어 소정의 산출 프로그램이 실행되는 컴퓨터에 의해 구성될 수 있다.

[0029] 이 막두께 산출부(19)에는 측정 제어부(20)가 접속되어 있다. 측정 제어부(20)는 막두께 산출부(19)로부터 출력되는 막두께 정보 등을 참조하여, 반사율 측정 장치(1) 등의 막두께 측정 장치(10)의 장치 각 부를 제어하는 것에 의해, 막두께 측정 장치(10)에 있어서의 막두께 측정 동작 등의 동작에 대해서 필요한 제어를 행한다.

[0030] 이 측정 제어부(20)에는 입력 장치(21) 및 표시 장치(22)가 접속되어 있다. 입력 장치(21)는 반사율 측정 장치(1) 및 막두께 측정 장치(10)에 있어서의 측정 동작에 필요한 정보, 조건, 지시 등의 조작자에 의한 입력에 이용된다. 또, 표시 장치(22)는 상기한 측정 동작에 대해서 필요한 정보의 조작자로의 표시에 이용된다.

[0031] 측정 광학계(14)는 반사율 측정 장치(1)로부터 공급되는 조사광(L1)을 시료(12)의 소정의 측정 위치에 조사하는 것과 동시에, 시료(12)의 표면에서 반사한 반사광(L2)을 반사율 측정 장치(1)에 도광(導光)한다. 이 측정 광학계(14)에 대해서, 반사율 측정 장치(1)로부터의 조사광(L1)을 도광하는 제1 측정용 광도파로(후술하기 때문에 도시하지 않음), 및 후술하는 시료(12)로부터의 반사광(L2)을 반사율 측정 장치(1)로 도광하는 제2 측정용 광도파로(후술하기 때문에 도시하지 않음)가 광학적으로 결합되어 있다. 또 측정 광학계(14)에는 내부에 측정 대상물인 시료(12)가 설치되는 시료 측정부(11)가 마련되어 있다. 이 측정 대상물에는 광장마다의 반사율이 기지(既知)인 기준 측정 대상물과, 막두께 측정의 대상이 되는 측정 대상물이 있다.

[0032] 이 측정 광학계(14)에는 XYθ 스테이지(15)가 마련되어 있다. 이 XYθ 스테이지(15)는 측정 광학계(14)의 위치, 각도 등을 X 방향, Y 방향, θ 방향으로 조정하는 것에 의해, 막두께 측정 장치(10)에 의한 반도체막(13)에서의 막두께의 측정 위치, 측정 조건을 조정한다. 또, XYθ 스테이지(15)는 스테이지 제어부(16)에 의해 구동 제어되고 있다.

[0033] 또, 시료 측정부(11) 내의 시료(12), 및 측정 광학계(14)에는 추가로 활상 장치(17), 및 측정 위치 설정부(18)가 마련되어 있다. 활상 장치(17)는 막두께 측정 장치(10)에 의한 반도체막(13)에서의 막두께의 측정 위치를 확인하기 위한 위치확인용 활상 장치이다. 또, 측정 위치 설정부(18)는 활상 장치(17)에 의해 측정 광학계(14)를 통하여 취득된 반도체막(13)을 포함하는 시료(12)의 화상을 참조하여, 시료(12)에 대한 막두께 측정 위치를 설정한다.

- [0034] 다음에, 제1 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치(1)의 구성에 대해서 설명한다. 도 3은 제1 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치(1)의 구성의 일례를 나타낸다. 이 반사율 측정 장치(1)는 측정 광원(30), 레퍼런스용 광도파로(50), 제1 측정용 광도파로(60), 제2 측정용 광도파로(70), 분광 검출부(80), 및 처리부(90)를 구비하여 구성되어 있다.
- [0035] 이 반사율 측정 장치(1)에는 시료 측정부(11) 내의 시료(12)의 반도체막(13)에 대해서, 측정 광학계(14)를 통하여 조사광(L1)을 공급하는 측정 광원(30)이 마련되어 있다. 이 측정 광원(30)은 소정 대역에 걸친 광장 성분을 적어도 포함하는 조사광(L1)을 측정 대상물인 반도체막(13)으로 공급한다. 이와 같은 측정 광원(30)으로서는 예를 들어, 여기광 및 여기광에 의해 생성된 형광을 포함하는 광을 조사하는 형광 방식의 백색 발광 다이오드 (Light Emitting Diode, 이하 「형광체 방식의 백색 LED」라고 함)를 매우 적합하게 이용할 수 있다. 백색 LED는 단파장의 여기광이 형광체에 조사되는 것에 의해 장파장 영역의 형광이 생성되고, 여기광과 형광이 혼합되어서 백색광을 발생시키는 것이다. 또한, 측정 광원(30)으로서는 크세논 램프나 할로겐 램프 등의 광원이나, 적색 LED, 녹색 LED 및 청색 LED 등을 조합한 3색 LED 방식에 의한 백색 LED를 이용해도 좋다.
- [0036] 제1 측정용 광도파로(60)는 측정 광원(30)으로부터 측정 광학계(14)로 조사광(L1)을 도광한다. 이 제1 측정용 광도파로(60)는 측정 광원(30)으로부터 조사광(L1)이 조사되는 조사광 수광면(61), 및 측정 대상물에 조사광(L1)을 공급하는 조사광 공급면(62)을 가지고 있다. 조사광 수광면(61)은 측정 광원(30)에 광학적으로 결합되고, 조사광 공급면(62)은 측정 광학계(14)에 광학적으로 결합되어 있다. 이 제1 측정용 광도파로(60)로서는 예를 들어, 광 파이버를 매우 적합하게 이용할 수 있다.
- [0037] 제2 측정용 광도파로(70)는 시료(12)로부터의 반사광(L2)을 측정 광학계(14)를 통하여 반사율 측정 장치(1)로 도광한다. 이 제2 측정용 광도파로(70)는 시료(12)로부터의 반사광(L2)을 수광하는 반사광 수광면(71)을 가지고 있다. 반사광 수광면(71)은 측정 광학계(14)에 광학적으로 결합되어 있다. 또, 제2 측정용 광도파로(70)의 타단은 분광 검출부(80)에 광학적으로 결합되어 있다. 이 제2 측정용 광도파로(70)로서는 예를 들어, 광 파이버를 매우 적합하게 이용할 수 있다.
- [0038] 레퍼런스용 광도파로(50)의 일단에는 측정 광원(30)으로부터 조사광(L1)이 조사되는 레퍼런스광 수광면(51)이 마련되어 있다. 이 레퍼런스광 수광면(51)은 측정 광원(30)에 광학적으로 결합되어 있다. 또, 레퍼런스용 광도파로(50)의 타단은 분광 검출부(80)에 광학적으로 결합되어 있다. 이 레퍼런스용 광도파로(50)로서는 예를 들어, 광 파이버를 매우 적합하게 이용할 수 있다.
- [0039] 분광 검출부(80)는 조사광(L1)의 강도를 광장마다 검출하고, 광장마다의 강도의 검출값(이하 「광장마다의 강도의 검출값」을 「스펙트럼 파형」이라고 함)을 취득하는 제1 검출부(81), 및 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 취득하는 제2 검출부(84)를 구비하여 구성되어 있다. 이 제1 검출부(81)는 분광 광학계(82) 및 광 검출기(83)를 구비하여 구성되어 있다. 분광 광학계(82)는 분광 광학계(82)에 입사된 광을 광장마다 분해하고, 광장마다 분해한 광을 광 검출기(83)에 출력한다. 광 검출기(83)는 분광 광학계(82)로부터 출력된 광의 스펙트럼 파형을 취득하고, 취득한 스펙트럼 파형을 처리부(90)에 출력한다. 제1 검출부(81)의 분광 광학계(82)의 입력단에는 레퍼런스용 광도파로(50)의 타단이 광학적으로 결합되어 있다. 또, 광 검출기(83)의 출력단은 처리부(90)의 입력단에 접속되어 있다. 또, 제2 검출부(84)도 제1 검출부(81)와 마찬가지로, 분광 광학계(82) 및 광 검출기(83)를 구비하여 구성되어 있다. 제2 검출부(84)의 분광 광학계(82)의 입력단에는 제2 측정용 광도파로(70)의 타단이 광학적으로 결합되어 있다. 또, 광 검출기(83)의 출력단은 처리부(90)의 다른 입력단에 접속되어 있다.
- [0040] 처리부(90)는 계수 산출부(91), 계수 기록부(92) 및 반사율 산출부(93)를 구비하여 구성되어 있다. 계수 산출부(91)는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형을, 기준 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형에 상당하는 값으로 변환하는 변환 계수를 산출한다. 계수 기록부(92)는 산출한 변환 계수를 기록한다. 반사율 산출부(93)는 측정 대상물의 분광 반사율 데이터를 산출한다. 처리부(90)의 입력단은 제1 검출부(81)의 광 검출기(83)의 출력단과 접속되어 있다. 또, 처리부(90)의 다른 입력단은 제2 검출부(84)의 광 검출기(83)의 출력단과 접속되어 있다. 또한, 처리부(90)의 출력단은 도 2에 나타내는 막두께 산출부(19)의 입력단에 접속되어 있다.
- [0041] 계수 산출부(91)는 기준 측정 대상물에 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형과 기준 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형에 기초하여 변환 계수를 산출한다. 또한, 계수 산출부(91)는 산출한 변환 계수를 계수 기록부(92)에 출력한다. 이 계수 산출부(91)의 출력단은 계수 기록부(92)의 입력단과 접속되어 있다. 또한, 이와 같은 계수 산출부(91)는 예를 들어 소정의 산출 프로그램이 실행되는 컴퓨터에 의해 구성될 수 있다.
- [0042] 계수 기록부(92)는 상기한 변환 계수를 기록하고, 그 변환 계수를 반사율 산출부(93)에 출력한다. 이 계수 기록

부(92)의 입력단은 계수 산출부(91)의 출력단과 접속되어 있다.

- [0043] 반사율 산출부(93)는 측정 대상물에 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 및 변환 계수에 의해 구해지는 기준 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형에 상당하는 값과, 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형에 기초하여, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터를 산출하고, 산출한 스펙트럼 파형을 막두께 산출부(19)(도 2 참조)에 출력한다. 이 반사율 산출부(93)의 출력단은 막두께 산출부(19)(도 2 참조)의 입력단과 접속되어 있다. 또한, 이와 같은 반사율 산출부(93)는 예를 들어 소정의 산출 프로그램이 실행되는 컴퓨터에 의해 구성될 수 있다.
- [0044] 도 4는 본 실시 형태에 있어서의 측정 광원(30), 레퍼런스용 광도파로(50), 및 제1 측정용 광도파로(60)의 구성을 나타낸다. 이 측정 광원(30)은 형광체 방식의 백색 LED(31) 및 광원 본체부(32)를 구비하여 구성되어 있다. 또, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)는 광도파로 홀딩부(96)에 의해 홀딩되어 있다. 본 실시 형태에 있어서, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)는 레퍼런스용 광도파로(50)의 중심축(50A) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 중심축(60A)이, 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치되어 있다.
- [0045] 도 5는 분광 광학계(82)의 구성의 일례를 나타낸다. 구체적으로, 분광 광학계(82)는 조사광(L1)의 측정 대상물로부터의 반사광(L2)과 조사광(L1)을, 파장마다 검출 가능하도록 분해한다. 이 분광 광학계(82)는 입사 슬릿(301), 콜리메이팅(collimating) 광학계(302), 분산 소자인 회절 격자(303), 및 포커싱 광학계(304)를 구비하여 구성되어 있다. 이와 같은 구성에 있어서, 회절 격자(303)에서 각 파장으로 분해된 광은 포커싱 광학계(304)를 통하여 파장 스펙트럼의 출력면(305)에 있어서 파장 성분마다 결상(結像)되고, 출력면(305)에 배치된 광검출기(83)에 의해 파장 성분마다 검출된다. 또한, 본 예 이외에도 예를 들어 대역 필터를 이용하는 것에 의해, 측정 대상물로부터의 반사광(L2)과 조사광(L1)을 파장마다 검출 가능하도록 분해하는 분광 광학계(82)를 매우 적합하게 구성할 수 있다.
- [0046] 도 5에 나타내는 바와 같이, 분광 광학계(82)에 의해 파장 성분마다 분해된 광에 대해서, 각 파장 성분의 강도를 검출하는 검출 수단으로서 광 검출기(83)가 마련되어 있다. 구체적으로, 이 광 검출기(83)는 분광 광학계(82)에 의해 분해된 출력 광의 강도를 수nm 단위의 파장 성분마다 검출한다. 광 검출기(83)는 예를 들어, 도 5에 나타낸 분광 광학계(82)에 대해서, 그 출력면(305)에 배치되고, 분광 광학계(82)에 의해 분해된 각 파장 성분의 강도를 검출하는 복수의 광 검출 소자가 배열된 멀티 채널 광 검출기에 의해 구성되어 있다.
- [0047] 다음에, 제1 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법에 대해서 설명한다. 설명 전에, 다크 감산 보정에 대해서 설명한다. 도 3에 나타내는 제1 검출부(81)로부터는 레퍼런스용 광도파로(50)로부터 조사광(L1)의 입사가 없는 경우에도 미약한 신호가 출력된다. 또, 제2 검출부(84)로부터는 제2 측정용 광도파로(70)로부터 반사광(L2)의 입사가 없는 경우에도 미약한 신호가 출력된다. 이 미약한 신호는 암전류로 불리는 것이다. 이 암전류는 광 검출 소자에 의해 광의 강도를 취득하는 경우에는, 교정(校正)을 필요로 하는 요소로서 취급할 필요가 있다. 이 암전류 이외에, 제1 검출부(81) 및 제2 검출부(84)로부터 출력되는 신호에는 실내 조명으로부터 조사되는 광 등의 외란 광에 기인하는 신호가 포함되어 있다. 상기한 암전류 및 외란광 등의 불필요한 신호를 합한 것을 다크 신호라고 부르기로 한다. 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 및 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 정밀도 좋게 취득하기 위해서는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 및 반사광(L2)의 스펙트럼 파형으로부터 다크 신호의 스펙트럼 파형을 감산할 필요가 있다.
- [0048] 도 6을 참조하면서, 다크 감산 보정의 방법을 설명한다. 여기서는 예로서 조사광(L1)에 대해서 다크 감산 보정을 행하는 방법에 대해서 설명한다. 우선, 측정 광원(30)을 소등시키고, 분광 검출부(80)에 의해 다크 신호의 스펙트럼 파형을 취득한다. 도 6(a)에 나타내는 바와 같이, 다크 신호의 스펙트럼 파형은 백색 잡음 성분과 특정의 파장 영역에 피크를 가지는 잡음 성분을 포함하고 있다. 백색 잡음 성분은 암전류에 의한 잡음 성분이다(도 6(b)). 또, 특정의 파장 영역에 있어서 강도가 피크를 가지는 잡음 성분은 외란광 등에 의한 잡음 성분이다(도 6(c))).
- [0049] 다음에, 측정 광원(30)을 점등시키고, 분광 검출부(80)에 의해 조사광(L1)의 스펙트럼 파형을 취득한다. 도 6(d)에 나타내는 바와 같이, 이 광의 스펙트럼 파형에는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형의 성분 외에, 예를 들어 도 6(a)에 나타내는 다크 신호의 스펙트럼 파형의 성분이 포함되어 있다. 그리고, 도 6(d)에 나타내는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형의 성분 및 다크 신호의 스펙트럼 파형의 성분을 포함하는 스펙트럼 파형으로부터, 도 6(a)에 나타내는 다크 신호의 스펙트럼 파형을 감산한다. 이것에 의해, 다크 신호의 스펙트럼 파형의 성분을 포함하지 않는 도 6(e)에 나타내는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형을 정밀도 좋게 취득할 수 있다. 반사광(L2)에 대

해서도, 측정 광원(30)을 점등시켜서 얻은 반사광(L2)의 스펙트럼 파형으로부터, 측정 광원(30)을 소등시켜서 얻은 다크 신호의 스펙트럼 파형을 감산하는 것에 의해, 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 정밀도 좋게 취득할 수 있다.

[0050] 다음에, 다크 감산 보정을 이용한 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법을 설명한다. 도 7 및 도 8은 제1 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법을 포함하는 막두께 측정 방법을 나타내는 플로차트이다.

[0051] 우선, 도 7에 나타내는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정을 행한다. 여기서 λ 는 파장 또는 분광 검출부의 파장 분해 단위를 의미한다. 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$ 가 기지(既知)인 기준 측정 대상물을 시료 측정부(11)에 설치한다(S10). 다음에, 측정 광원(30)을 점등시키고, 조사광(L1)을 측정 광원(30)으로부터 레퍼런스광 수광면(51) 및 조사광 수광면(61)으로 조사시킨다. 여기서, 이 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정에 있어서, 측정 광원(30)으로부터 조사되는 조사광(L1)을 보정용 조사광이라고 부르기로 한다. 조사광 수광면(61)에 조사된 보정용 조사광은 제1 측정용 광도파로(60) 및 측정 광학계(14)를 통하여, 기준 측정 대상물로 공급된다(보정용 조사광 공급 단계 S12).

[0052] 레퍼런스광 수광면(51)에 조사된 보정용 조사광은 레퍼런스용 광도파로(50)에 의해 제1 검출부(81)에 도광되고, 분광 광학계(82)에 있어서 파장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득한다(보정용 조사광 검출 단계 S14).

[0053] 한편, 기준 측정 대상물에 공급된 보정용 조사광은 기준 측정 대상물의 표면에서 반사하여, 반사광(L2)이 된다. 여기서, 기준 측정 대상물의 표면에서 반사한 보정용 조사광을 보정용 반사광이라고 부르기로 한다. 보정용 반사광은 측정 광학계(14) 및 제2 측정용 광도파로(70)에 의해 제2 검출부(84)에 도광되고, 분광 광학계(82)에 있어서 파장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$ 를 취득한다(제1 반사광 검출 단계 S16). 다음에, 측정 광원(30)을 소등시킨다(S18). 이 상태에 있어서, 제1 검출부(81)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$ 를 취득한다(S20). 또한, 제2 검출부(84)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$ 를 취득한다(S22).

[0054] 하기의 식 (1)은 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 식이다. 기준 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$, 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$, 제1 검출부(81)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$ 및 제2 검출부(84)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$ 에 기초하여, 변환 계수 $K(\lambda)$ 를, 산출한다(계수 산출 단계 S24). 변환 계수 $K(\lambda)$ 의 산출은 계수 산출부(91)에 있어서 실행된다. 변환 계수 $K(\lambda)$ 는 계수 기록부(92)에 기록된다(S26). 또한, 상기한 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정은 출하 검사 시 또는 정기적인 보수 작업으로 실시하면 충분하다.

[0055] [식 1]

$$K(\lambda) = \frac{(Ssig(\lambda) - Dsig(\lambda))}{(Sref(\lambda) - Dref(\lambda)) \times Rref(\lambda)} \quad \dots (1)$$

[0056]

[0057] 다음에, 도 8에 나타내는 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 공정을 실시한다. 우선, 측정 대상물을 시료 측정부(11)에 설치한다(설치 단계 S28). 다음에, 측정 광원(30)을 점등시키고, 조사광(L1)을 레퍼런스광 수광면(51) 및 조사광 수광면(61)에 조사시킨다. 여기서, 이 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 경우에 있어서, 측정 광원(30)으로부터 조사되는 조사광(L1)을 측정용 조사광이라고 부르기로 한다. 조사광 수광면(61)에 조사된 측정용 조사광은 제1 측정용 광도파로(60) 및 측정 광학계(14)를 통하여, 측정 대상물에 공급된다(측정용 조사광 공급 단계 S30).

[0058] 레퍼런스광 수광면(51)에 조사된 측정용 조사광은 레퍼런스용 광도파로(50)에 의해 제1 검출부(81)에 도광되고, 분광 광학계(82)에 있어서 파장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 를 취득한다(측정용 조사광 검출 단계 S32). 이 때, 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 를 취득하는 시간을 임의의 시간으로 설정한다.

[0059] 한편, 측정 대상물에 공급된 측정용 조사광은 측정 대상물의 표면에서 반사하여, 반사광(L2)이 된다. 여기서는 반사광(L2)을 측정용 반사광이라고 부르기로 한다. 측정용 반사광은 측정 광학계(14) 및 제2 측정용 광도파로(70)에 의해 제2 검출부(84)에 도광되고, 분광 광학계(82)에 있어서 파장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$ 를 취득한다(제2 반사광 검출 단계 S34). 이 때, 측정용

반사광의 스펙트럼 파형을 취득하는 시간을 임의의 시간으로 설정한다.

[0060] 다음에, 측정 광원(30)을 소등시킨다(S36). 이 때, 측정 광원(30)을 소등시키는 시간을 100밀리초 정도로 설정한다. 그 후, 제1 검출부(81)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'ref(\lambda)$ 를 취득한다(S38). 이 때, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'ref(\lambda)$ 를 취득하는 시간을 임의의 시간으로 설정한다. 또, 측정 광원(30)을 소등시킨 상태에서, 제2 검출부(84)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(\lambda)$ 를 취득한다(S40). 이 때, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(\lambda)$ 를 취득하는 시간을 임의의 시간으로 설정한다.

[0061] 하기의 식 (2)는 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 수식이다. 식 (2)의 분자는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(\lambda)$ 를 포함하지 않는 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$ 를 나타낸다. 식 (2)의 분모는 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형에 상당하는 값을 나타낸다. 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 로부터 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'ref(\lambda)$ 를 감산한 파형과, 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 곱셈하는 것에 의해, 식 (2)의 분모에 해당하는 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형에 상당하는 값을 산출한다. 그리고, 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$ 로부터 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(\lambda)$ 를 감산한 파형을, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형에 상당하는 값으로 나눗셈하는 것에 의해, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출한다(반사율 산출 단계 S42). 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 의 산출은 반사율 산출부(93)에 있어서 실행된다.

[0062] [식 2]

$$Rsig(\lambda) = \frac{(S'sig(\lambda) - D'sig(\lambda))}{(S'ref(\lambda) - D'ref(\lambda)) \times K(\lambda)} \quad \dots (2)$$

[0063]

[0064] 본 실시 형태에 있어서의 반사율 측정 장치(1)에 의해 측정된 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 는 막두께 산출부(19)에 출력된다. 막두께 산출부(19)에서는 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 에 기초하여 측정 대상물의 막두께를 산출한다(S44).

[0065] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)를 이용한 막두께 측정 장치(10), 및 반사율 측정 방법을 이용한 막두께 측정 방법에 대해서, 처음에 측정 광원(30)의 스펙트럼 파형의 변동에 관한 과제를 설명하고 그 후에 작용 효과를 설명한다.

[0066] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)는 도 4에 나타내는 바와 같이 조사광(L1)의 광원으로서 형광체 방식의 백색 LED(31)를 구비하고 있다. 일반적으로, 백색 LED(31)에서는 주위 환경으로부터 주어지는 열과 같은 외적 요인에 의해, 여기광의 광량이 변동되는 것이 알려져 있다. 도 9는 다른 온도 환경 하에 있어서의 백색 LED(31)로부터 발생시킨 백색광의 파장과 파장마다의 상대 강도와의 관계의 일례를 나타내는 그래프이다. 이 백색광이 가지는 파장 영역 중에서, 예를 들어 파장이 400nm 이상 800nm 이하인 영역 B1은 측정 대상이 되는 파장 영역이다. 영역 B1 중에서 예를 들어 파장이 400nm 이상 500nm 이하인 영역 B2가 여기광의 파장 영역이고, 예를 들어 파장이 500nm 이상 800nm 이하인 영역 B3이 형광의 파장 영역이다. 또, 도 9의 곡선 G1은 실온의 온도 환경 하에서 백색 LED(31)를 발광시킨 경우의 백색광의 파장마다의 상대 강도를 나타내고, 곡선 G2는 0°C의 온도 환경 하에서 백색 LED(31)를 발광시킨 경우의 백색광의 파장마다의 상대 강도를 나타낸다. 도 9의 곡선 G1과 곡선 G2를 비교하면, 여기광의 파장 영역인 영역 B2에 있어서 곡선 G1과 곡선 G2의 피크값이 다르다. 즉, 다른 온도 환경 하에서 백색 LED(31)를 발광시킨 경우에는, 여기광의 파장 영역에 있어서의 상대 강도가 상위하다.

[0067] 이 여기광의 파장 영역의 강도의 상위는 백색 LED(31)를 조명 기구에 이용하는 경우에는 문제가 되지 않는다. 한편, 백색 LED(31)를, 측정광의 파장 영역에 여기광의 파장 영역이 포함되는 것과 같은 측정에 이용하는 경우에는 문제가 된다. 또한, 형광의 파장 영역인 영역 B3에 있어서 곡선 G1과 곡선 G2는 상대 강도의 상위는 대부분 없다. 이것은 형광체가 포화 상태로 되도록, 형광체에 여기광을 공급하고 있기 때문에 있다.

[0068] 상기에 예시한 바와 같이, 측정 광원(30)이 구비하는 백색 LED(31)로부터 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형은 주위 온도 등의 외적 요인에 의해 변동한다. 예를 들어, 기준 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 취득할 때의 백색 LED(31)의 온도와, 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 취득할 때의 백색 LED(31)의 온도가 상위한 경우는, 기준 측정 대상물에 조사된 보정용 조사광과, 측정 대상물에 조사된 측정용 조사광과의 여기광의 파장 영역에 있어서의 파장마다의 상대 강도가 상위하다. 이 때문에, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 측정할 수 없다.

- [0069] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1) 및 반사율 측정 방법에 의하면, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 과형에 상당하는 값을, 측정 대상물의 측정 시에 기준 측정 대상물을 이용하는 일 없이, 측정 대상물에 조사되는 측정용 조사광의 스펙트럼 과형 $S'_{ref}(\lambda)$ 와, 변환 계수 $K(\lambda)$ 로부터 측정마다 산출할 수 있다. 이것에 의해, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출할 때에는, 조사광(L1)의 변동의 영향을 포함하는 측정용 반사광의 스펙트럼 과형에 상당하는 값을 이용할 수 있다. 즉, 측정용 조사광의 스펙트럼 과형 $S'_{ref}(\lambda)$ 가 변동하는 경우에도, 측정용 반사광의 스펙트럼 과형 $S'sig(\lambda)$ 에 포함되는 측정용 조사광의 스펙트럼 과형 $S'_{ref}(\lambda)$ 의 변동을 상쇄시키는 것이 가능하게 된다. 따라서, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 항상 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또한, 변환 계수 $K(\lambda)$ 는 스펙트럼 과형 $S'_{ref}(\lambda)$ 가 변동해도 영향을 받는 일은 없다.
- [0070] 또한, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치를 구비하는 막두께 측정 장치(10), 및 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 방법을 포함하는 막두께 측정 방법에 의하면, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 산출하는 것이 가능하게 되기 때문에, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 로부터 구해지는 측정 대상물의 막두께를 정밀도 좋게 산출할 수 있다.
- [0071] 또, 정밀도가 좋은 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 가 얻어지는 것에 의해, 동일한 측정 대상물에 대해서 복수 회의 반사율 측정을 한 경우에 얻어지는 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 의 편차를 억제할 수 있다. 따라서, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 로부터 산출되는 측정 대상물의 막두께의 측정값의 편차를 억제할 수 있다.
- [0072] 또, 조사광(L1)의 스펙트럼 과형의 변동이 있는 경우, 생산 현장에 있어서는 기준 측정 대상물을 이용하여 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 과형을 측정마다 취득하고, 취득한 스펙트럼 과형을 재차 설정하고 있었다. 이 방법에서는 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 과형을 취득하고, 재차 설정하기 위해서, 생산 라인을 일시 정지시킬 필요가 있다. 이 때문에, 생산 라인에 있어서의 생산 효율을 저하시키는 요인이 되고 있었다.
- [0073] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1) 및 반사율 측정 방법에 의하면, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 과형에 상당하는 값을 측정용 조사광의 스펙트럼 과형 $S'_{ref}(\lambda)$ 및 변환 계수 $K(\lambda)$ 로부터 산출한다. 따라서, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 과형을 측정마다 취득하는 일 없이, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 것이 가능하게 된다. 이것에 의해, 조사광(L1)의 스펙트럼 과형의 변동이 있는 경우에도, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 과형에 상당하는 값을 취득하는 공정을 측정마다 실시하는 일 없이, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또한, 작업 공정을 삭감할 수 있기 때문에, 생산 효율의 저하를 막을 수 있고, 비용 절감이 가능하게 된다.
- [0074] 다음에, 도 10 및 도 11을 참조하면서, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)와, 백색 LED(31)를 포함하는 측정 광원(30)과의 위치 관계에 의해 스펙트럼 과형이 다른 과제에 대해서 설명하고, 그 후 본 실시 형태에 의한 작용 효과로서 이 과제의 해결에 대해서 설명한다. 도 10(a)는 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)과 광도파로(P1)의 중심축(P1A)을 일치시키고, 백색 LED(31)와 광도파로(P1)를 대향시킨 위치에 광도파로(P1)를 배치한 형태를 나타내고 있다. 도 10(b)는 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)과 광도파로(P2)의 중심축(P2A)을 이간시킨 위치에 광도파로(P2)를 배치한 형태를 나타내고 있다. 도 10(c)는 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)과 광도파로(P3)의 중심축(P3A)을 추가로 이간시킨 위치에 광도파로(P2)를 배치한 형태를 나타내고 있다.
- [0075] 도 11은 도 10에 나타내는 광도파로(P1 ~ P3)에 입사된 조사광(L1)의 파장마다의 상태 강도를 나타내는 그래프이다. 도 9와 마찬가지로, B1은 측정 대상이 되는 파장 영역이고, B2는 여기광의 파장 영역이고, B3은 형광의 파장 영역이다. 또, 곡선 G3은 광도파로(P1)에 입사된 조사광(L1)의 파장마다의 상태 강도이고, 곡선 G4는 광도파로(P2)에 입사된 조사광(L1)의 파장마다의 상태 강도이고, 곡선 G5는 광도파로(P3)에 입사된 조사광(L1)의 파장마다의 상태 강도이다.
- [0076] 도 11에 나타내는 바와 같이, 각각의 광도파로(P1 ~ P3)에 입사된 조사광(L1)의 파장마다의 상태 강도는 형광의 파장 영역(B3)에서는 거의 동일하다. 한편, 여기광의 파장 영역(B2)에서는 피크값이 상위하다. 즉, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)와 백색 LED(31)의 위치 관계에 의해, 여기광의 파장 영역에 있어서 스펙트럼 과형이 상위하다.
- [0077] 형광체 방식의 백색 LED(31)의 경우, 발광소자로부터의 광이 여기광으로 되어서 형광체에 조사되는 것에 의해 형광이 생성된다. 도 12는 조사광(L1)의 조사 범위의 단면을 나타내는 개념도이다. 여기광은 지향성이 있기 때-

문에, 조사광(L1)의 조사 범위의 단면에 있어서의 중심부(T1)는 여기광의 영향이 강한 영역이 된다. 또, 형광은 광역성이 있기 때문에, 조사광(L1)의 조사 범위의 단면에 있어서의 주변부(T2)는 형광의 영향이 강한 영역이 된다. 이 때문에, 측정 광원(30)과 광도파로(P1 ~ P3)의 위치 관계에 의해, 광도파로(P1 ~ P3)에 입사시킨 조사광(L1)의 스펙트럼 파형이 다른 것으로 여겨진다.

[0078] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)를 이용한 막두께 측정 장치(10)에서는 도 4에 나타내는 바와 같이 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)는 레퍼런스용 광도파로(50)의 중심축(50A) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 중심축(60A)이, 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치되어 있다.

[0079] 도 13은 이와 같이 배치한 경우에, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)에 조사되는 조사광(L1)의 파장마다의 상대 강도를 나타낸다. 도 9와 마찬가지로, B1은 측정 대상이 되는 파장 영역이고, B2는 여기광의 파장 영역이고, B3은 형광의 파장 영역이다. 곡선 G6은 레퍼런스용 광도파로(50)에 조사된 사광(L1)의 파장마다의 상대 강도를 나타내고, 곡선 G7은 제1 측정용 광도파로(60)에 조사된 사광(L1)의 파장마다의 상대 강도를 나타낸다. 레퍼런스용 광도파로(50)의 중심축(50A) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 중심축(60A)이, 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치된 경우에는, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)에 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형의 차가 억제되고 있다. 따라서, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)를 이용한 막두께 측정 장치(10)에 의하면, 레퍼런스용 광도파로(50)에 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형과, 제1 측정용 광도파로(60)에 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형과의 차를 억제하고, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

[0080] 또, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)는 측정 광원(30)으로서 백색 LED(31)를 구비하고 있다. 백색 LED(31)의 수명은 종래에 사용되고 있던 수명이 1000시간 정도인 크세논 램프나 할로겐 램프 등의 램프계 광원 보다 길다. 이것에 의해, 측정 광원(30)이 구비하고 있는 광원의 교환 횟수를 감소시킬 수 있다.

[0081] 또, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)는 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)를 구비한다. 이와 같은 구성에 의하면, 각각의 광도파로의 배치를 조정하는 것이 가능하게 된다. 이것에 의해, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)에 조사되는 조사광(L1)의 파장마다의 강도를 조정할 수 있다.

[0082] 또, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)는 분광 검출부(80)가 제1 검출부(81) 및 제2 검출부(84)를 구비하고 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 조사광(L1)의 스펙트럼 파형을 취득하는 검출부 및 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 취득하는 검출부를 서로 독립시킬 수 있다. 따라서, 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 및 측정 대상물로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 동시에 취득하는 것이 가능하게 되어서, 추가로 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또한, 파장마다의 반사율의 측정에 필요로 하는 시간을 단축시킬 수 있다.

[0083] 또, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1)는 상기한 식 (2)에 의해 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출한다. 식 (2)을 이용하는 것에 의해, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 용이하게 산출할 수 있다. 또한, 식 (2)에 의하면 기준 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$ 를 이용하는 일 없이 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출할 수 있다. 따라서, 기준 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$ 를 기록하는 장치를 구비하는 일 없이, 반사율 측정 장치(1)를 구성할 수 있다.

[0084] (제2 실시 형태)

[0085] 계속해서, 제2 실시 형태에 대해서 설명한다. 도 14는 제2 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치(1A)의 구성의 일례를 나타낸다. 도 14에 나타나는 본 실시 형태와 상기한 제1 실시 형태와 다른 점은 복수의 시료(12)를 동시에 측정할 수 있도록 구성되어 있다는 점이다. 즉, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1A)는 제1 측정용 광도파로(60), 측정 광학계(14), 제2 측정용 광도파로(70), 제2 검출부(84)를 각각 복수 구비하여 구성되어 있다. 여기서, 본 실시 형태에서는 2개의 시료(12)에 대해서 각각의 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 산출하는 경우를 예로 설명한다. 또한, 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1A)에 의하면 시료(12)는 2개 이상이어도 좋다.

[0086] 다음에, 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치(1A)의 구성에 대해서 설명한다. 또한, 여기서는 제1 실시 형태와 다른 구성이 되는 점에 대해서만 설명을 한다. 이 반사율 측정 장치(1A)는 측정 광원(30), 레퍼런스용 광도파로(50), 2개의 제1 측정용 광도파로(60), 2개의 제2 측정용 광도파로(70), 분광 검출부(80A), 및 처리부(90)를 구비하여 구성되어 있다.

[0087] 본 실시 형태에 관한 분광 검출부(80A)는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형을 취득하는 제1 검출부(81), 및 시료(12A, 12B)로부터의 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 취득하는 2개의 제2 검출부(84)를 구비하여 구성되어 있다. 일방의 제2 검출부(84)의 분광 광학계(82)에는 시료(12A, 12B) 중 어느 일방으로부터의 반사광(L2)을 도광하는 제2 측정용 광도파로(70)의 타단이 광학적으로 결합되어 있다. 또, 타방의 제2 검출부(84)의 분광 광학계(82)에는 시료(12A, 12B)의 타방으로부터의 반사광(L2)을 도광하는 제2 측정용 광도파로(70)의 타단이 광학적으로 결합되어 있다.

[0088] 측정 광원(30)으로부터 조사된 조사광(L1)은 제1 측정용 광도파로(60) 및 측정 광학계(14)를 통하여 시료(12A, 12B)에 공급된다. 시료(12A, 12B)에 공급된 조사광(L1)은 시료(12A, 12B)의 표면에서 반사하여, 반사광(L2)이 된다. 반사광(L2)은 측정 광학계(14) 및 제2 측정용 광도파로(70)를 통하여 제2 검출부(84)의 분광 광학계(82)에 공급된다. 분광 광학계(82)에 공급된 반사광(L2)은 과장마다 검출 가능하도록 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 반사광(L2)의 스펙트럼 파형을 취득한다.

[0089] 다음에, 다크 감산 보정을 이용한 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법에 대해서 설명한다. 또한, 다크 감산 보정의 원리는 제1 실시 형태에서 설명한 원리와 동일하다. 본 실시 형태와 제1 실시 형태에서 상위한 점은 제1 실시 형태에서 1개의 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출했지만, 본 실시 형태에서는 제2 검출부(84)마다 변환 계수 $K(n, \lambda)$ 를 산출한다는 점이 상위하다. 여기서 n 은 본 실시 형태에서 $n=1 \sim 2$ 인 정수이다. 또, 본 실시 형태에서는 복수의 시료(12)마다 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 산출한다는 점이 제1 실시 형태와 상위하다. 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법의 수순에 있어서 상기한 상위점 이외의 수순은 제1 실시 형태와 동일하다.

[0090] 우선, 본 실시 형태에서는 2개의 제2 검출부(84) 각각에 대해서 변환 계수 $K(n, \lambda)$ 를 산출한다. 하기의 식 (3)은 변환 계수 $K(n, \lambda)$ 를 산출하는 식이다. 기준 측정 대상물로부터의 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssin(n, \lambda)$, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(n, \lambda)$, $Dref(\lambda)$, 및 기준 측정 대상물의 기지의 분광 반사율 $Rref(\lambda)$ 에 기초하여, 변환 계수 $K(n, \lambda)$ 를 산출한다.

[0091] [식 3]

$$K(n, \lambda) = \frac{(Ssig(n, \lambda) - Dsig(n, \lambda))}{(Sref(\lambda) - Dref(\lambda)) \times Rref(\lambda)} \quad \dots (3)$$

[0092]

[0093] 다음에, 시료(12A, 12B)의 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 산출한다. 하기의 식 (4)은 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 산출하는 식이다. 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sin(n, \lambda)$, 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(n, \lambda)$, $D'ref(\lambda)$, 및 변환 계수 $K(n, \lambda)$ 에 기초하여, 시료(12A, 12B)의 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 산출한다.

[0094] [식 4]

$$Rsig(n, \lambda) = \frac{(S'sig(n, \lambda) - D'sig(n, \lambda))}{(S'ref(\lambda) - D'ref(\lambda)) \times K(n, \lambda)} \quad \dots (4)$$

[0095]

[0096] 본 실시 형태의 반사율 측정 장치(1A) 및 반사율 측정 장치(1A)를 이용한 반사율 측정 방법에 의하면, 복수의 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 측정할 수 있다. 또, 복수의 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(n, \lambda)$ 를 동시에 측정할 수도 있다. 또한, 본 실시 형태의 반사율 측정 장치(1A)를 구비하는 막두께 측정 장치(10), 및 막두께 장치(10)를 이용한 막두께 측정 방법에 의하면, 복수의 측정 대상물의 막두께를 동시에 측정할 수 있다.

[0097] (제3 실시 형태)

[0098] 계속해서, 제3 실시 형태에 대해서 설명한다. 도 15는 제3 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치(1B)의 구성의 일례를 나타낸다. 상기한 제1 실시 형태와 본 실시 형태와 다른 점은 도 15에 나타내는 바와 같이, 분광 검출부(80B)가 제3 검출부(85)에 의해 구성되어 있다는 점이다. 즉, 본 실시 형태에 있어서는 제3 검출부(85)에 의해 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 및 반사광(L2)의 스펙트럼 파형이 취득되는 구성이 제1 실시 형태와 다르다. 또한, 상기한 제1 실시 형태와 본 실시 형태와 다른 점은 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 장치(1B)가 광도파로 선택 수단(40)을 구비하고 있다는 점이다. 또한, 분광 검출부(80B) 및 광도파로 선택 수단(40) 이외의 장치 구성에

대해서는 제1 실시 형태와 동일하다.

- [0099] 우선, 도 15에 나타내는 본 실시 형태에 이용되는 반사율 측정 장치(1B)의 구성에 대해서 설명한다. 또한, 여기서는 제1 실시 형태와 다른 구성이 되는 점에 대해서만 설명을 한다. 측정 광원(30)에는 광도파로 선택 수단(40)이 광학적으로 결합되어 있다. 이 광도파로 선택 수단(40)은 셔터(41)를 포함하여 구성되어 있다. 셔터(41)에 의해, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 적어도 일방에, 선택적으로 조사광(L1)을 조사할 수 있다. 또, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 쌍방에 조사하지 않게 할 수도 있다.
- [0100] 레퍼런스용 광도파로(50)에 있어서, 레퍼런스광 수광면(51)이 마련된 일단은 광도파로 선택 수단(40)과 광학적으로 결합되어 있고, 타단은 제3 검출부(85)에 있어서의 분광 광학계(82)에 광학적으로 결합되어 있다. 제1 측정용 광도파로(60)에 있어서, 조사광 수광면(61)이 마련된 일단은 광도파로 선택 수단(40)과 광학적으로 결합되어 있다. 또, 제2 측정용 광도파로(70)에 있어서 타단은 제3 검출부(85)에 있어서의 분광 광학계(82)에 광학적으로 결합되어 있다.
- [0101] 다음에, 다크 감산 보정을 이용한 제3 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법에 대해서 설명한다. 도 16 및 도 17은 본 실시 형태에 관한 반사율 측정 방법을 포함하는 막두께 측정 방법을 나타내는 플로차트이다. 또한, 다크 감산 보정의 원리는 제1 실시 형태에서 설명한 원리와 동일하다.
- [0102] 우선, 도 16에 나타내는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정을 행한다. 본 실시 형태에서는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 방법으로서, 측정 광원(30)을 제어하여 다크 신호의 스펙트럼 파형을 취득하는 것에 의해 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 방법을 설명한다.
- [0103] 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$ 가 기지인 기준 측정 대상물을 시료 측정부(11)에 설치된다(S50). 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 조사광 수광면(61)으로의 조사광(L1)의 조사를 차단하여 레퍼런스광 수광면(51)에만 조사광(L1)을 입사시키도록 셔터(41)를 조작한다(S52). 셔터(41)를 조작하는 시간은 100밀리초 정도 걸린다. 다음에, 측정 광원(30)을 점등시키고, 조사광(L1)을 측정 광원(30)으로부터 레퍼런스광 수광면(51)으로 조사시킨다(S54). 여기서, 이 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정에 있어서 측정 광원(30)으로부터 조사되는 조사광(L1)을 보정용 조사광이라고 부르기로 한다.
- [0104] 레퍼런스광 수광면(51)에 조사된 보정용 조사광은 레퍼런스용 광도파로(50)에 의해 제3 검출부(85)에 도광된다. 제3 검출부(85)에 도광된 보정용 조사광은 분광 광학계(82)에 있어서 광장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득한다(보정용 조사광 검출 단계 S56). 또한, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득하는 시간은 임의의 시간으로 설정된다. 다음에, 측정 광원(30)을 소등시킨다(S58). 측정 광원(30)을 소등시키는 시간은 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득하는 시간과 동일한 정도의 시간으로 설정된다. 그 후, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$ 를 취득한다(S60).
- [0105] 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 레퍼런스광 수광면(51)으로의 보정용 조사광의 조사를 차단하고, 조사광 수광면(61)에만 보정용 조사광이 조사되도록 셔터(41)를 조작한다(S62). 셔터(41)를 조작하는 시간은 100밀리초 정도 걸린다. 이 상태에 있어서, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$ 를 취득한다(S64). 이 때, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$ 를 취득하는 시간은 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$ 를 취득하는 시간과 동일한 정도의 시간으로 설정된다. 또한, 여기서는 상기한 $Dref(\lambda)$ 를 $Dsig(\lambda)$ 로서 이용해도 좋다.
- [0106] 다음에, 측정 광원(30)을 점등시킨다. 조사광 수광면(61)에 조사되는 보정용 조사광은 제1 측정용 광도파로(60) 및 측정 광학계(14)를 통하여, 기준 측정 대상물에 공급된다(보정용 조사광 공급 단계 S66). 기준 측정 대상물에 공급된 보정용 조사광은 기준 측정 대상물의 표면에서 반사하여, 반사광(L2)이 된다. 여기서, 반사광(L2)을 보정용 반사광이라고 부르기로 한다. 보정용 반사광은 측정 광학계(14) 및 제2 측정용 광도파로(70)에 의해 제3 검출부(85)에 도광되고, 분광 광학계(82)에 있어서 광장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$ 를 취득한다(제1 반사광 검출 단계 S68). 이 때, 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$ 를 취득하는 시간은 소정의 시간으로 설정된다.
- [0107] 하기의 식 (5)는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 식이다. 기준 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$, 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$, $Dsig(\lambda)$ 에 기초하여, 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출한다(계수 산출 단계

S70). 변환 계수 $K(\lambda)$ 의 산출은 계수 산출부(91)에 있어서 실행된다. 변환 계수 $K(\lambda)$ 는 계수 기록부(92)에 기록된다(S72). 또한, 상기한 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정은 출하 검사 시 또는 정기적인 보수 작업으로 실시하면 충분하다.

[0108] [식 5]

$$K(\lambda) = \frac{(Ssig(\lambda) - Dsig(\lambda))}{(Sref(\lambda) - Dref(\lambda)) \times Rref(\lambda)} \quad \dots (5)$$

[0109]

[0110] 다음에, 도 17에 나타내는 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 공정을 실시한다. 우선, 측정 대상물을 시료 측정부(11)에 설치한다(설치 단계 S74). 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 레퍼런스광 수광면(51)에 측정 광원(30)으로부터의 조사광(L1)을 입사시키도록, 셔터(41)를 조작한다(S76). 다음에, 측정 광원(30)을 점등시키고, 조사광(L1)을 레퍼런스광 수광면(51)에 조사시킨다(S78). 여기서, 이 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 경우에, 측정 광원(30)으로부터 조사되는 조사광(L1)을 측정용 조사광이라고 부르기로 한다.

[0111] 레퍼런스광 수광면(51)에 조사된 측정용 조사광은 레퍼런스용 광도파로(50)을 통하여 제3 검출부(85)에 공급된다. 제3 검출부(85)에 공급된 측정용 조사광은 분광 광학계(82)에 있어서 광장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 를 취득한다(측정용 조사광 검출 단계 S80).

[0112] 다음에, 측정 광원(30)을 소등시킨다(S82). 이 상태에 있어서, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'ref(\lambda)$ 를 취득한다(S84). 다음에, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(\lambda)$ 를 취득한다(S86). 또한, 상기한 $D'ref(\lambda)$ 및 $D'sig(\lambda)$ 중 $D'ref(\lambda)$ 만을 취득하고, 취득된 $D'ref(\lambda)$ 를 $D'sig(\lambda)$ 로서 이용해도 좋다. 반대로, 상기한 $D'ref(\lambda)$ 및 $D'sig(\lambda)$ 중 $D'sig(\lambda)$ 만을 취득하고, 취득한 $D'sig(\lambda)$ 를 $D'ref(\lambda)$ 로서 이용해도 좋다.

[0113] 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 레퍼런스광 수광면(51)으로의 측정용 조사광의 조사를 차단하여 조사광 수광면(61)에만 측정용 조사광이 조사되도록 셔터(41)를 조작한다(S88). 다음에, 측정 광원(30)을 점등시킨다. 조사광 수광면(61)에 조사된 측정용 조사광은 제1 측정용 광도파로(60) 및 측정 광학계(14)를 통하여, 측정 대상물에 공급된다(측정용 조사광 공급 단계 S90).

[0114] 측정용 대상물에 공급된 측정용 조사광은 측정 대상물의 표면에서 반사하여, 반사광(L2)이 된다. 여기서는 반사광(L2)을 측정용 반사광이라고 부르기로 한다. 측정용 반사광은 측정 광학계(14) 및 제2 측정용 광도파로(70)에 의해 제3 검출부(85)에 도광되고, 분광 광학계(82)에 있어서 광장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$ 를 취득한다(제2 반사광 검출 단계 S92).

[0115] 하기의 식 (6)은 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하는 수식이다. 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'ref(\lambda)$, 및 변환 계수 $K(\lambda)$ 에 기초하여, 식 (6)의 분모에 해당하는 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형에 상당하는 값을 산출한다. 그리고, 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$, 다크 신호의 스펙트럼 파형 $D'sig(\lambda)$, 및 식 (6)의 분모에 해당하는 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형에 상당하는 값을 기초하여, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출한다(반사율 산출 단계 S94). 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 의 산출은 반사율 산출부(93)에 있어서 실행된다.

[0116] [식 6]

$$Rsig(\lambda) = \frac{(S'sig(\lambda) - D'sig(\lambda))}{(S'ref(\lambda) - D'ref(\lambda)) \times K(\lambda)} \quad \dots (6)$$

[0117]

[0118] 본 실시 형태에 있어서의 반사율 측정 장치(1B)에 의해 측정된 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 는 막두께 산출부(19)에 출력된다. 막두께 산출부(19)에서는 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 에 기초하여 측정 대상물의 막두께를 산출한다(S96).

[0119] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1) 및 반사율 측정 방법에 의하면, 상기한 제1 실시 형태와 마찬가지로, 기준 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$ 에 상당하는 값을, 측정 대상물에 조사되는

측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 와, 계수 기록부(92)에 기록된 변환 계수 $K(\lambda)$ 로부터 측정마다 산출할 수 있다. 이것에 의해, 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 가 변동하는 경우에도, 측정 대상물로부터의 측정용 반사광의 스펙트럼 파형 $S'sig(\lambda)$ 에 포함되는 측정용 조사광의 스펙트럼 파형 $S'ref(\lambda)$ 의 변동의 영향을 상쇄시키는 것이 가능하게 된다. 따라서, 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

- [0120] 본 실시 형태에 의한 반사율 측정 장치(1B)에 의하면, 분광 검출부(80B)는 1개의 광 검출기(83)에 의해 구성되는 것이 가능하게 된다. 이 구성에 의해, 반사율 측정 장치(1B)의 구성을 간소하게 하여, 소형화할 수 있다. 또한, 반사율 측정 장치(1B)의 구성을 간소하게 하는 것에 의해 제조에 필요한 부재 및 제조 공정을 삭감하는 것이 가능하게 되기 때문에, 반사율 측정 장치(1B)의 제조 비용을 억제할 수 있다.
- [0121] (제4 실시 형태)
- [0122] 계속해서, 제3 실시 형태의 변형예인 제4 실시 형태에 대해서 설명한다. 상기한 제3 실시 형태와 본 실시 형태와 다른 점은 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 방법이다. 제3 실시 형태에서는 측정 광원(30)을 제어하는 것에 의해 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출했지만, 본 실시 형태에서는 측정 광원(30)은 점등시킨 상태로 하여, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하는 것에 의해 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하고 있다. 또한, 본 실시 형태에 사용하는 반사율 측정 장치(1B)는 제3 실시 형태에 사용하는 반사율 측정 장치(1B)와 동일한 구성을 구비한다. 또, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 에 기초하여 측정 대상물의 막두께 등을 산출하는 도 17에 나타내는 공정은 제3 실시 형태의 공정과 동일하다.
- [0123] 도 18에 나타내는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정에 대해서 설명한다. 본 실시 형태에서는 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 방법으로서, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하여 다크 신호의 스펙트럼 파형을 취득하는 것에 의해 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 방법을 설명한다.
- [0124] 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$ 가 기지인 기준 측정 대상물을 시료 측정부(11)에 설치한다(S100). 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 조사광 수광면(61)으로의 조사광(L1)의 조사를 차단하여 레퍼런스광 수광면(51)에만 조사광(L1)을 조사하도록 셔터(41)를 조작한다(S102). 다음에, 측정 광원(30)을 점등시킨다(S104). 여기서, 이 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정에 있어서 측정 광원(30)으로부터 조사되는 조사광(L1)을 보정용 조사광이라고 부르기로 한다.
- [0125] 레퍼런스광 수광면(51)에 조사된 보정용 조사광은 레퍼런스용 광도파로(50)에 의해 제3 검출부(85)에 도광된다. 제3 검출부(85)에 도광된 보정용 조사광은 분광 광학계(82)에 있어서 광장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득한다(보정용 조사광 검출 단계 S106). 이 때, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득하는 시간을 임의의 시간으로 설정한다.
- [0126] 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 레퍼런스광 수광면(51) 및 조사광 수광면(61)에 보정용 조사광이 조사되지 않게 셔터(41)를 조작한다(S108). 그 후, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$ 를 취득한다(S110). 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$ 를 취득하는 시간을 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 를 취득하는 시간과 동일한 정도로 설정한다. 또한, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$ 를 취득한다(S112). 또한, $Dref(\lambda)$ 및 $Dsig(\lambda)$ 는 동시에 측정해도 좋다. 다음에, 광도파로 선택 수단(40)을 제어하고, 조사광 수광면(61)에 보정용 조사광이 조사되도록 셔터(41)를 조작한다. 조사광 수광면(61)에 조사된 보정용 조사광은 제1 측정용 광도파로(60) 및 측정 광학계(14)를 통하여, 기준 측정 대상물에 공급된다(보정용 조사광 공급 단계 S114).
- [0127] 기준 측정 대상물에 공급된 보정용 조사광은 기준 측정 대상물의 표면에서 반사하여, 반사광(L2)이 된다. 여기서는 반사광(L2)을 보정용 반사광이라고 부르기로 한다. 보정용 반사광은 측정 광학계(14) 및 제2 측정용 광도파로(70)에 의해 제3 검출부(85)에 도광된다. 제3 검출부(85)에 도광된 보정용 반사광은 분광 광학계(82)에 있어서 광장 성분마다 분해된다. 그 후, 광 검출기(83)에 의해 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$ 를 취득한다(제1 반사 검출 단계 S116). 이 때, 보정용 반사광 스펙트럼 파형을 취득하는 시간을 임의의 시간으로 설정한다.
- [0128] 하기의 식 (7)은 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 식이다. 기준 측정 대상물의 분광 반사율 데이터 $Rref(\lambda)$, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$, 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$, $Dsig(\lambda)$ 에 기초하여, 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출한다(계수 산출 단계 S118). 변환 계수 $K(\lambda)$ 의 산출은 계수 산출부(91)에 있어서 실행된다. 변환 계수 $K(\lambda)$ 는 계수 기록부(92)에

기록된다(S120). 또한, 상기한 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 공정은 출하 검사 시 또는 정기적인 보수 작업으로 실시하면 충분하다.

[0129] [식 7]

$$K(\lambda) = \frac{(Ssig(\lambda) - Dsig(\lambda))}{(Sref(\lambda) - Dref(\lambda)) \times Rref(\lambda)} \quad \dots (7)$$

[0130]

[0131] 광도파로 선택 수단(40)을 제어하는 것에 의해 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하는 상기한 방법에 의하면, 측정 광원(30)을 연속해서 점등시킨 상태에서 기준 측정 대상물의 분광 반사를 데이터 $Rref(\lambda)$, 보정용 조사광의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$, 보정용 반사광의 스펙트럼 파형 $Ssig(\lambda)$, 제3 검출부(85)로부터 출력되는 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dref(\lambda)$, $Dsig(\lambda)$ 를 취득하는 것이 가능하다. 이 때문에, 측정 광원(30)을 연속해서 점등시킨 상태에서 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출할 수 있다. 따라서, 측정동안은 측정 광원(30)을 점등시킨 상태를 유지하는 것이 가능하게 되어서, 측정 광원(30)으로부터 조사되는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형을 안정시킬 수 있다.

[0132] 본 발명에 의한 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법은 상기 실시 형태에 한정되는 것이 아니며, 여러가지 변형이 가능하다. 예를 들어, 상기한 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는 도 19에 나타내는 바와 같이, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)는 번들 파이버(95)를 통하여 측정 광원(30)과 광학적으로 결합되어 있어도 좋다. 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)는 레퍼런스광 수광면(51) 및 조사광 수광면(61)을 통하여 번들 파이버(95)의 일단에 광학적으로 결합되어 있다. 레퍼런스용 광도파로(50)의 중심축(50A)과 제1 측정용 광도파로(60)의 중심축(60A)은 번들 파이버(95)의 중심축(95A)에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치되어 있다. 이 번들 파이버(95)는 광도파로 훌딩부(96)에 의해 훌딩되고, 백색 LED(31)의 중심을 통과하는 축과 번들 파이버(95)의 중심축(95A)이 거의 일치하도록 광학적으로 결합되어 있다.

[0133] 도 19에 나타내는 구성을 구비한 반사율 측정 장치(1)에 의하면, 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)과 레퍼런스용 광도파로(50)의 중심축(50A) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 중심축(60A)과의 위치의 조정을 용이하게 행할 수 있다.

[0134] 또, 번들 파이버(95)에 의해 광도파로를 분기시키는 경우에는, 번들 파이버(95)를 구성하는 파이버를 이상적인 랜덤 배치로 하는 것이 바람직한다. 번들 파이버(95)를 구성하는 파이버를 이상적인 랜덤 배치로 하는 것이 제조 상의 문제로 인해 곤란한 경우에는, 번들 파이버(95)를 이용하는 일 없이 반사율 측정 장치(1)를 구성할 수도 있다. 번들 파이버(95)를 이용하지 않는 구성으로 하는 것에 의해, 반사율 측정 장치(1)의 제조 비용을 억제 할 수 있다.

[0135] 또, 레퍼런스용 광도파로(50)에 입사되는 조사광(L1), 및 제1 측정용 광도파로(60)에 입사되는 조사광(L1)의 광량의 크기를 조정할 필요가 있는 경우에는, 번들 파이버(95)를 이용하는 일 없이 반사율 측정 장치(1)를 구성할 수도 있다. 번들 파이버(95)를 이용하지 않는 구성으로 하는 것에 의해, 레퍼런스용 광도파로(50)에 입사되는 조사광(L1), 및 제1 측정용 광도파로(60)에 입사되는 조사광(L1)의 광량의 크기를 조정할 수 있다.

[0136] 또한, 도 20은 번들 파이버(95)를 구비한 반사율 측정 장치(1)의 다른 변형 예의 구성을 나타낸다. 도 19의 변형예와 상위한 점은 광도파로 선택 수단(40)을 구비하고 있다는 점이다. 광도파로 선택 수단(40)을 구비하고 있는 것에 의해, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 적어도 일방에 대해서 선택적으로, 백색 LED(31)로부터 조사된 조사광(L1)을 조사할 수 있다. 또, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 쌍방에 조사하지 않게 할 수도 있다.

[0137] 또, 도 20에 나타내는 구성을 구비한 반사율 측정 장치(1)에서는 반사율 측정 장치(1)의 구성이 번잡하게 되는 경우가 있다. 간이한 구성에 의한 반사율 측정 장치(1)를 원하는 경우에는, 번들 파이버(95)를 이용하는 일 없이 반사율 측정 장치(1)를 구성할 수도 있다. 번들 파이버(95)를 이용하지 않는 구성으로 하는 것에 의해, 측정 광원(30)과 광도파로 선택 수단(40)을 구비하는 구성을 간소하게 할 수 있다. 추가로 간소한 구성으로 하는 것에 의해, 측정 광원(30)과 광도파로 선택 수단(40)을 용이하게 일체화할 수 있다. 또한, 측정 광원(30)과 광도파로 선택 수단(40)을 구비하는 구성을 용이하게 소형화할 수 있다.

[0138] 또, 상기한 제1 실시 형태 ~ 제4 실시 형태에서, 레퍼런스용 광도파로(50) 및 제1 측정용 광도파로(60)는 레퍼런스용 광도파로(50)의 중심축(50A) 및 제1 측정용 광도파로(60)의 중심축(60A)이, 백색 LED(31)를 통과하는 축(31A)에 대해서 서로 선대칭이 되도록 배치되어 있지만, 도 21(a)에 나타내는 바와 같이 백색 LED(31)와 제1 측

정용 광도파로(60)가 대향하도록 배치되어 있어도 좋다. 이것에 의하면, 시료(12)에 공급되는 조사광(L1)의 광량을 크게 할 수 있다. 따라서, 조사광(L1), 반사광(L2)이 광도파로 등을 통과하는 것에 의해 감쇠한 경우에도, 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 정밀도 좋게 측정하기 위해서 필요한 광량을 확보할 수 있다. 또, 도 21(b)와 같이, 광도파로 선택 수단(40)을 구비하고 있어도 좋다.

[0139] 또, 상기한 제1 실시 형태에 나타낸 반사 이율 측정 장치(1) 및 제2 실시 형태에 나타낸 반사 이율 측정 장치(1A)에서는 광도파로 선택 수단(40)을 구비하지 않지만, 도 22에 나타내는 바와 같이 광도파로 선택 수단(40)을 구비하고 있어도 좋다.

[0140] 또, 상기한 제1 실시 형태 ~ 제4 실시 형태에서는 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 와, 다크 감산 보정용의 보정 데이터인 $Dsig(\lambda)$, $Dref(\lambda)$ 를 측정마다 취득할 필요가 있다. 본 발명에 의한 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법은 이것에 한정되는 것이 아니며, 예를 들어 일련의 측정 시간 내에 있어서 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 및 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$, $Dref(\lambda)$ 의 변동이 측정 결과에 영향을 미치지 않는 정도이면, 조사광(L1)의 스펙트럼 파형 $Sref(\lambda)$ 및 다크 신호의 스펙트럼 파형 $Dsig(\lambda)$, $Dref(\lambda)$ 의 취득은 측정 개시 직후에 1회만 실시하여 그 데이터를 보존해 두고, 그 이후는 보존된 데이터를 사용해도 좋다. 이것에 의해, 텍트 타임(tact Time)을 단축시킬 수 있다.

[0141] 또, 상기한 제1 실시 형태 ~ 제4 실시 형태에서는 반사율 측정 장치(1)를, 분광 반사율 데이터의 산출값에 기초하여 막두께를 산출하는 막두께 측정 장치(10)에 이용하고 있다. 본 발명에 의한 반사율 측정 장치(1)는 이것에 한정되는 것이 아니며, 분광 반사율 데이터의 산출값에 기초하여, 색을 측정하는 색측정 장치, 반사율을 측정하는 반사율 측정 장치, 또는 투과율을 측정하는 투과율 측정 장치에 이용해도 좋다.

[0142] 또, 상기한 제1 실시 형태, 제3 실시 형태, 및 제4 실시 형태에서는 하기에 나타내는 식 (8)을 이용하여 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하고, 추가로 식 (9)를 이용하여 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출하고 있다. 본 발명에 의한 반사율 측정 장치(1)는 이것에 한정되는 것이 아니며, 하기에 나타내는 식 (10)을 이용하여 변환 계수 $K(\lambda)$ 를 산출하고, 추가로 식 (11)을 이용하여 분광 반사율 데이터 $Rsig(\lambda)$ 를 산출해도 좋다.

[0143] [식 8]

$$K(\lambda) = \frac{(Ssig(\lambda) - Dsig(\lambda))}{(Sref(\lambda) - Dref(\lambda)) \times Rref(\lambda)} \quad \dots \quad (8)$$

[0144]

[0145] [식 9]

$$Rsig(\lambda) = \frac{(S' sig(\lambda) - D' sig(\lambda))}{(S' ref(\lambda) - D' ref(\lambda)) \times K(\lambda)} \quad \dots \quad (9)$$

[0146]

[0147] [식 10]

$$K(\lambda) = \frac{(Ssig(\lambda) - Dsig(\lambda))}{(Sref(\lambda) - Dref(\lambda))} \quad \dots \quad (10)$$

[0148]

[0149] [식 11]

$$Rsig(\lambda) = \frac{(S' sig(\lambda) - D' sig(\lambda)) \times Rref(\lambda)}{(S' ref(\lambda) - D' ref(\lambda)) \times K(\lambda)} \quad \dots \quad (11)$$

[0150]

[0151] [산업상의 이용 가능성]

[0152] 본 발명은 측정 대상물의 과장마다의 반사율을 정밀도 좋게 측정할 수 있는 반사율 측정 장치 및 반사율 측정 방법, 및 측정 대상물의 막두께를 정밀도 좋게 측정할 수 있는 막두께 측정 장치 및 막두께 측정 방법으로서 이용 가능하다.

부호의 설명

[0153] 1 . . . 반사율 측정 장치,

30 . . . 측정 광원,

80 . . . 분광 검출부,

92 . . . 계수 기록부,

93 . . . 반사율 산출부,

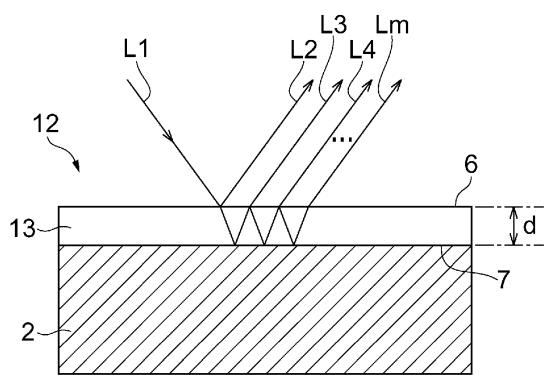
L1 . . . 조사광,

L2 . . . 반사광,

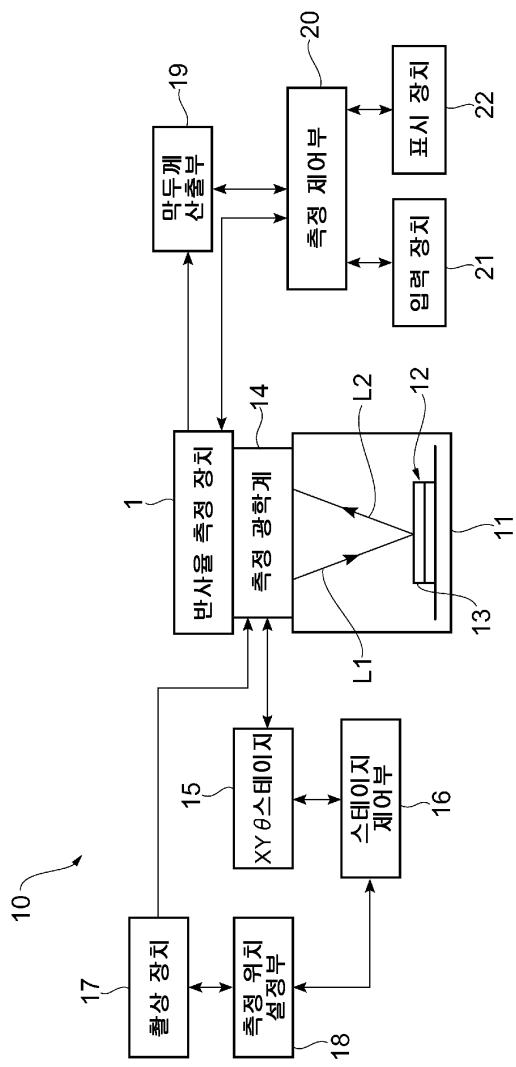
$K(\lambda)$. . . 변환 계수.

도면

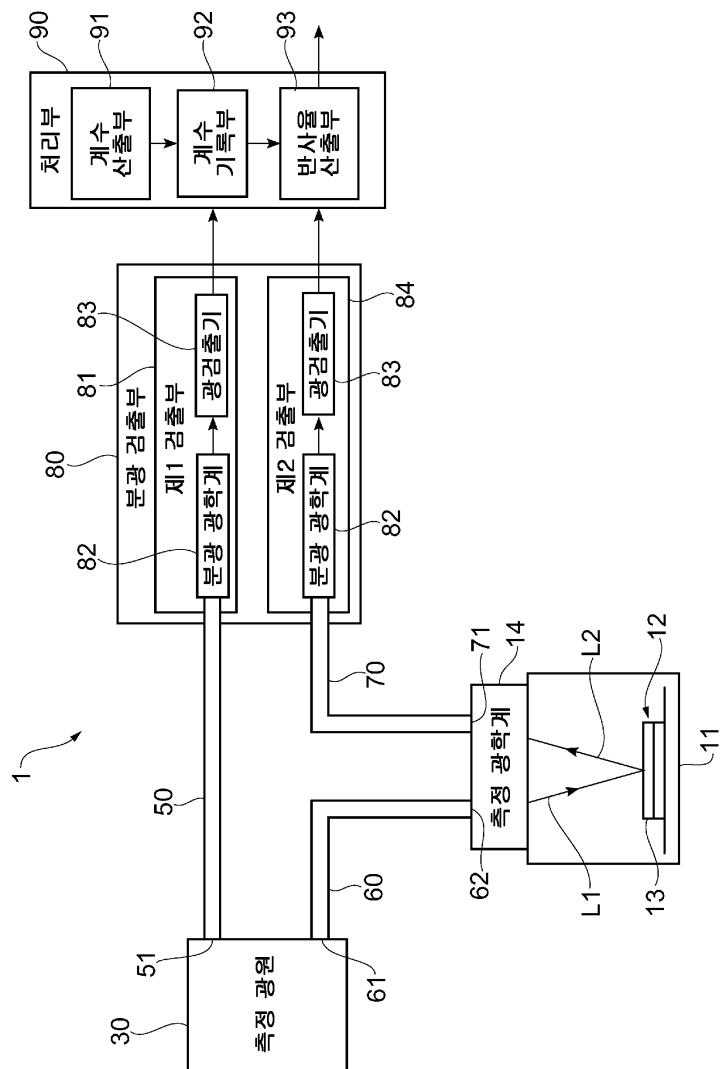
도면1



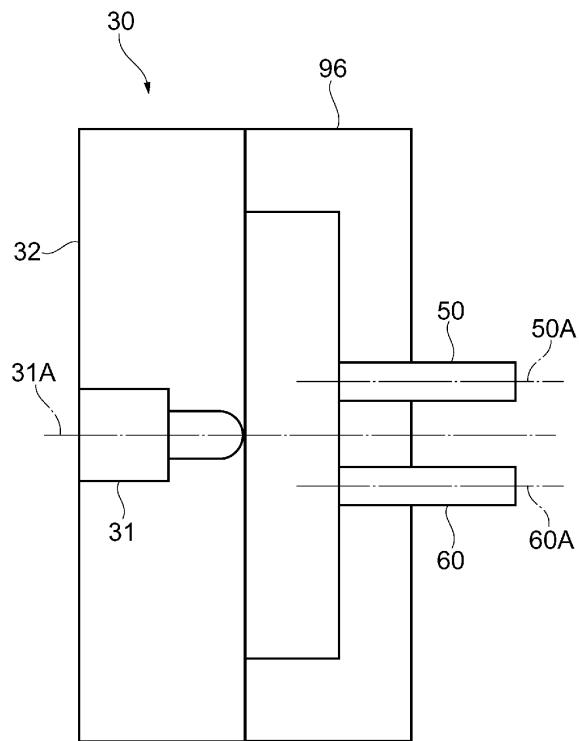
도면2



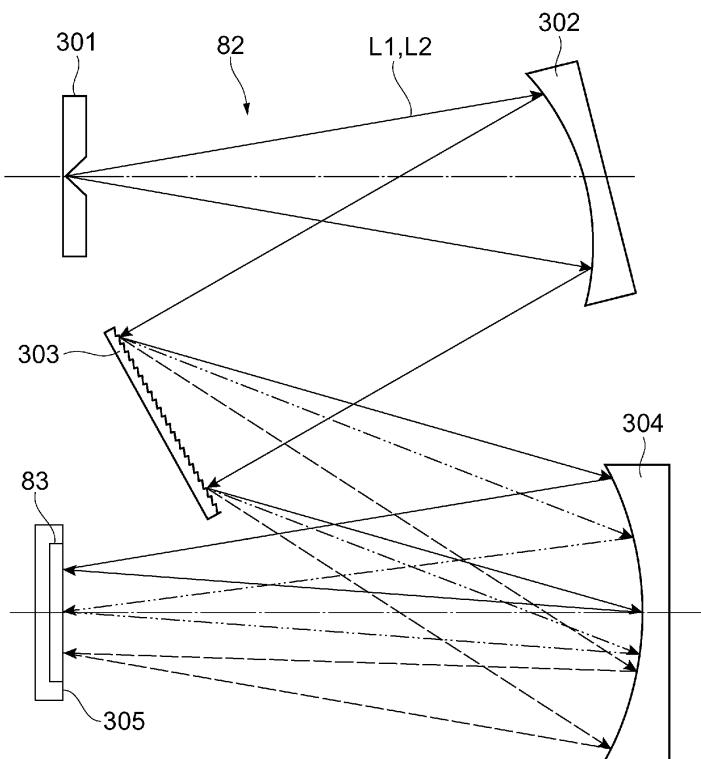
도면3



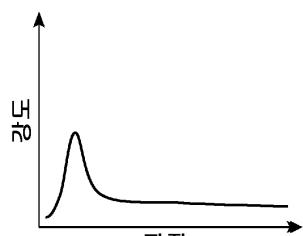
도면4



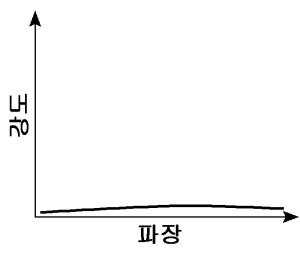
도면5



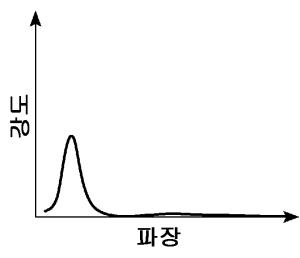
도면6



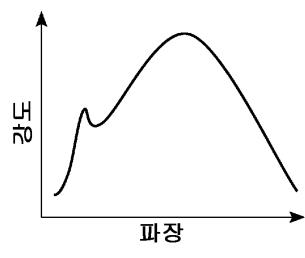
(a)



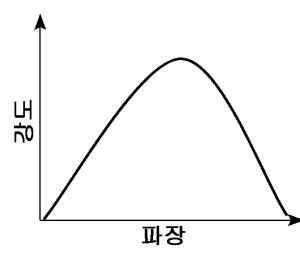
(b)



(c)

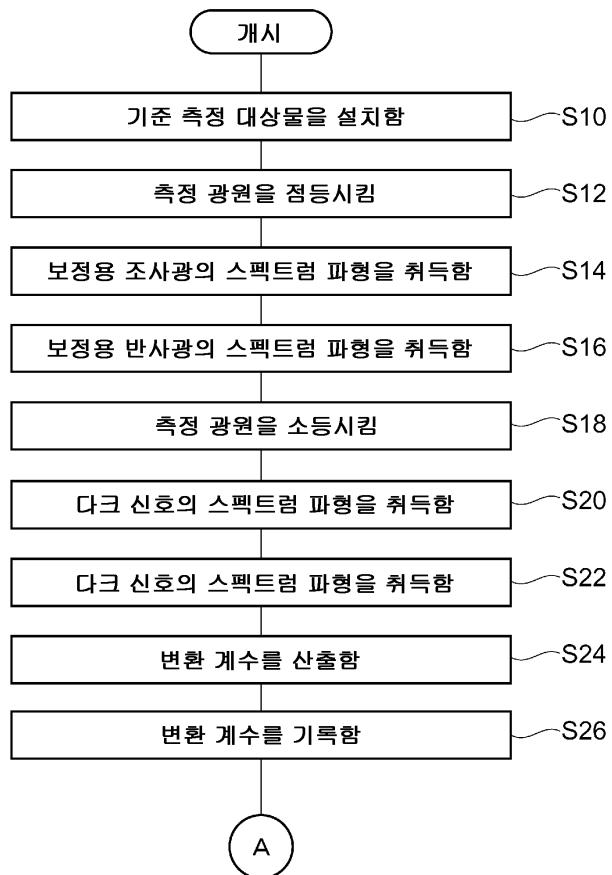


(d)

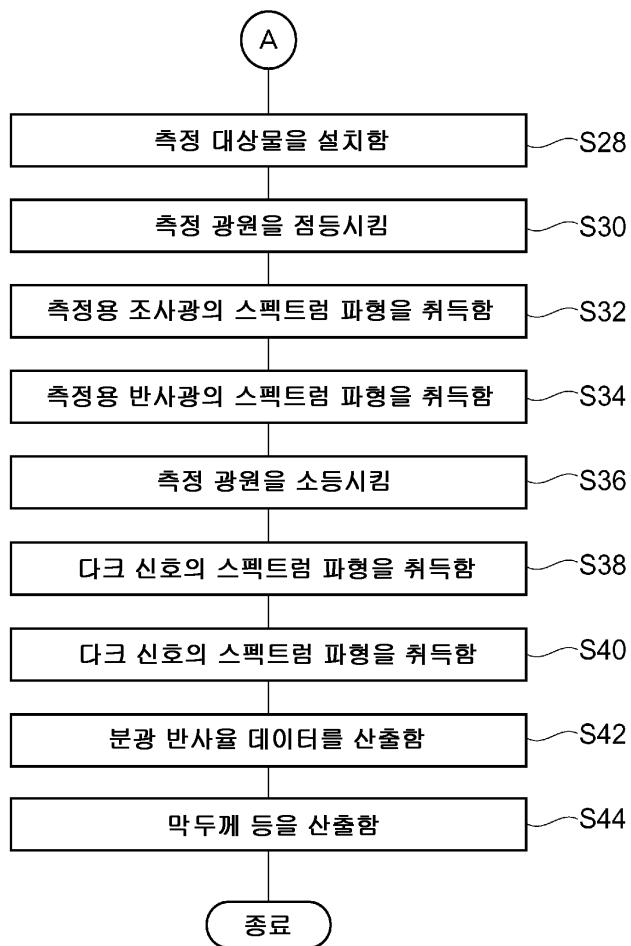


(e)

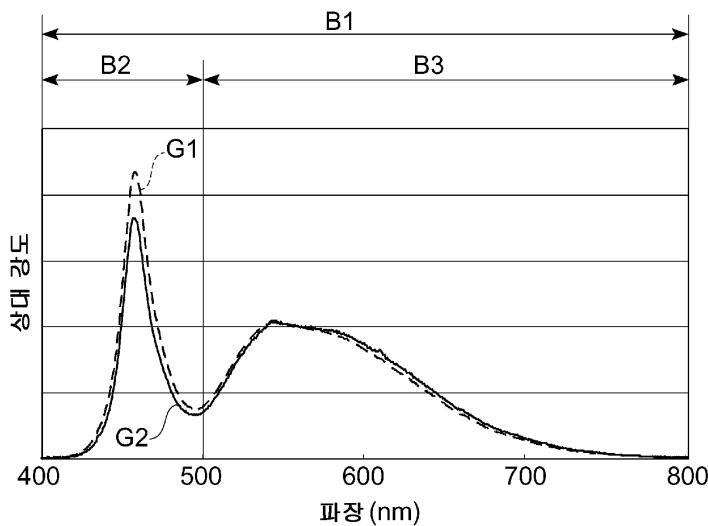
도면7



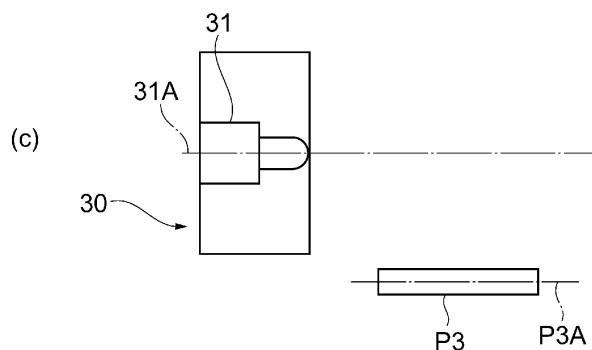
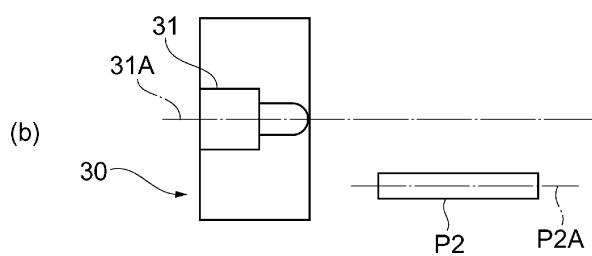
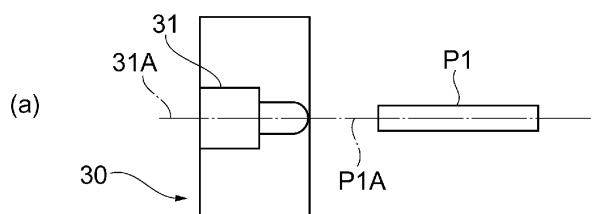
도면8



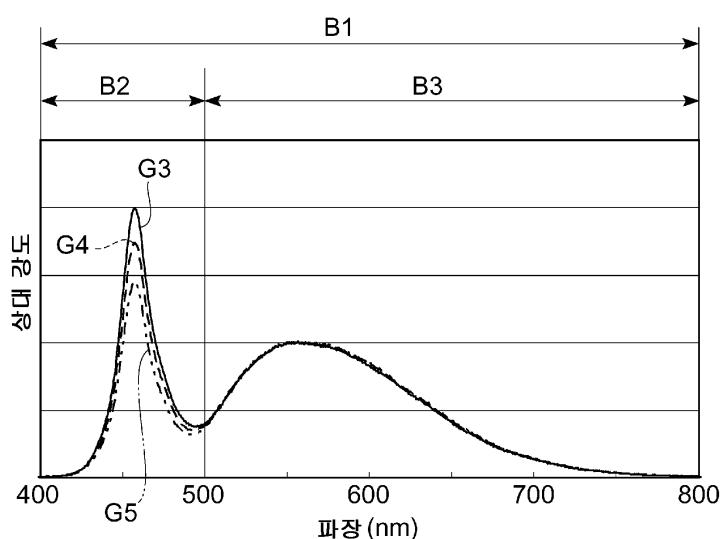
도면9



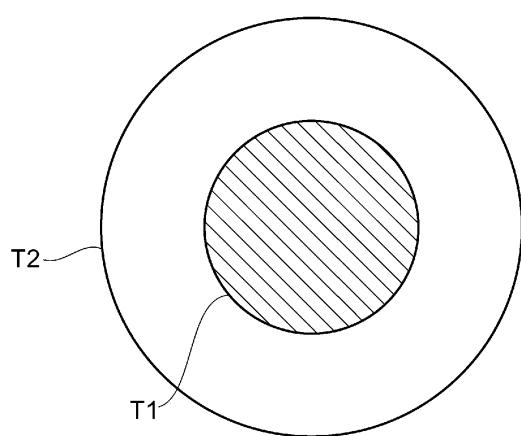
도면10



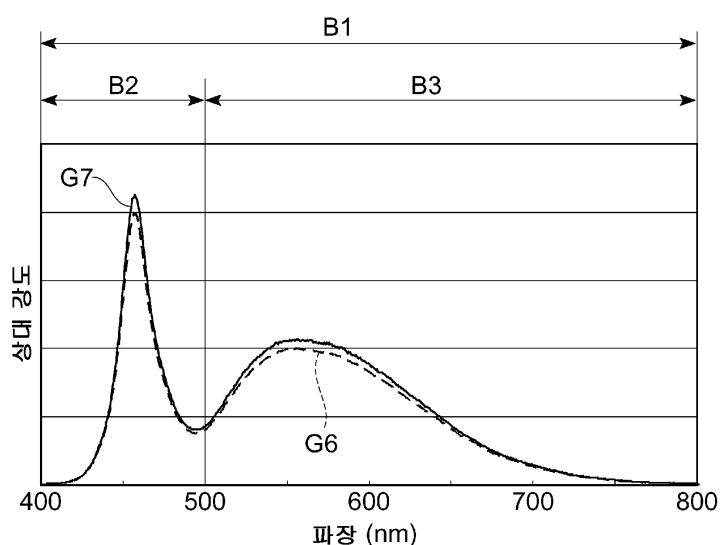
도면11



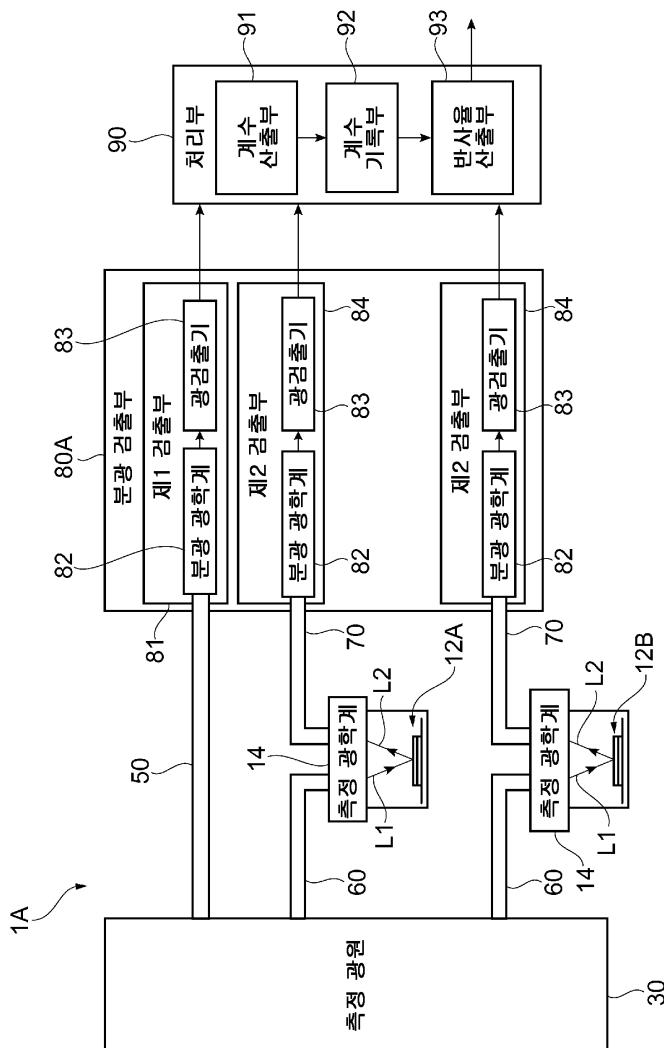
도면12



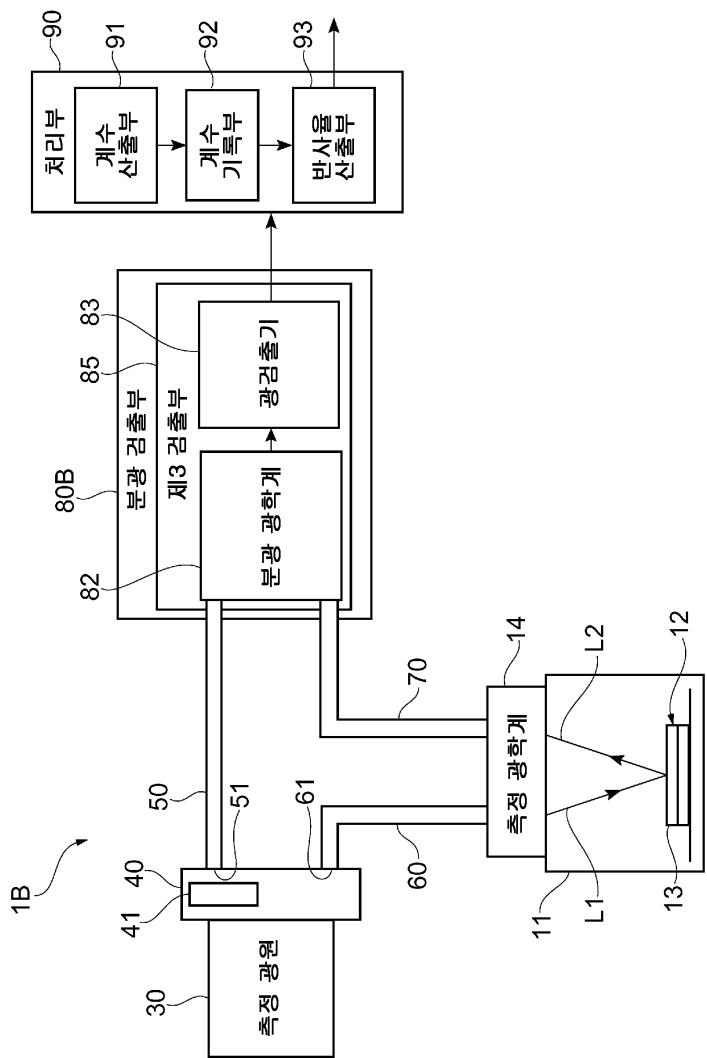
도면13



도면14



도면15



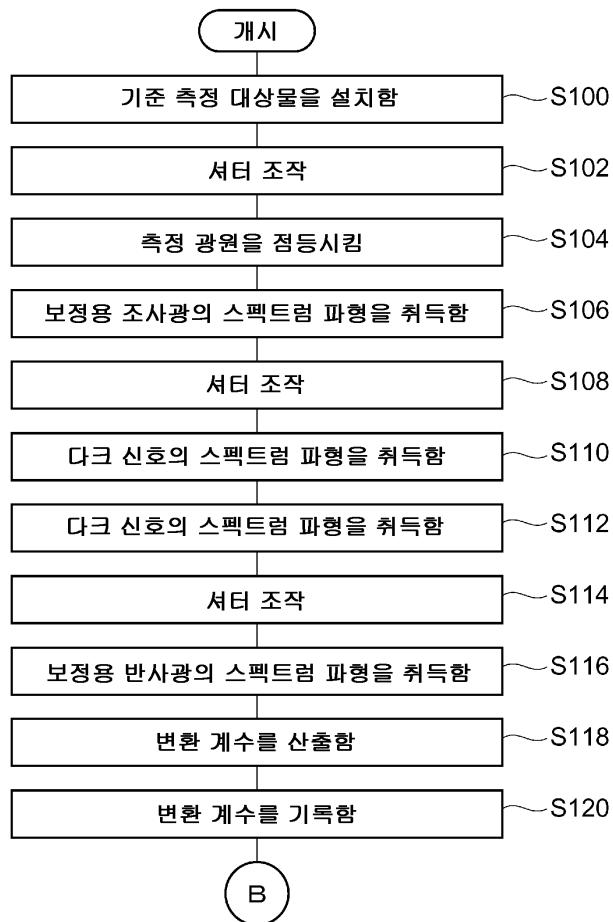
도면16



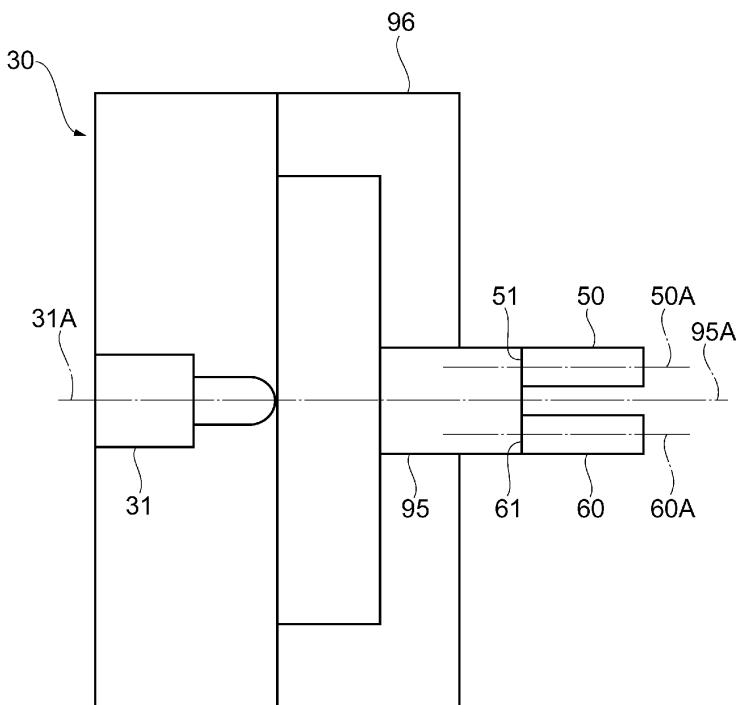
도면17



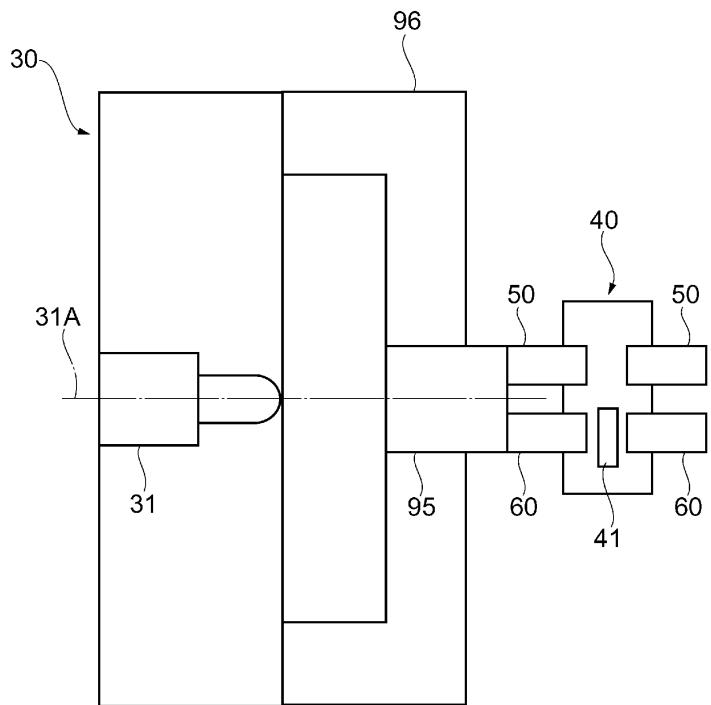
도면18



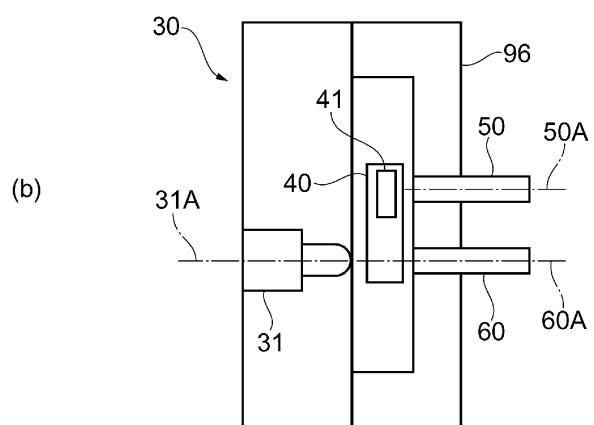
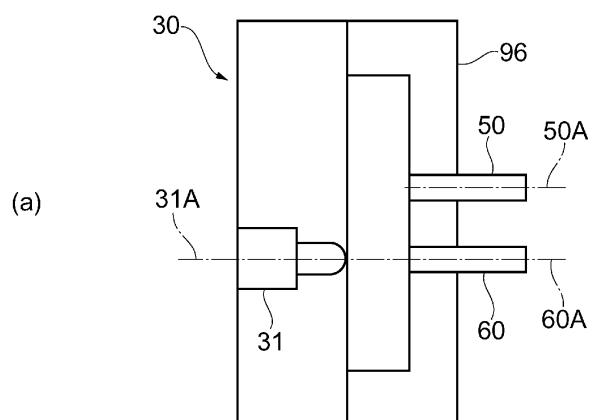
도면19



도면20



도면21



도면22

