



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년11월29일  
(11) 등록번호 10-2606269  
(24) 등록일자 2023년11월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/88 (2006.01) G01J 1/02 (2006.01)  
G01N 21/31 (2006.01) G01N 21/64 (2006.01)  
G06T 7/00 (2017.01) H01L 33/02 (2010.01)
- (52) CPC특허분류  
G01N 21/8851 (2013.01)  
G01J 1/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7029495  
(22) 출원일자(국제) 2020년01월29일  
심사청구일자 2022년08월08일  
(85) 번역문제출일자 2021년09월13일  
(65) 공개번호 10-2021-0144693  
(43) 공개일자 2021년11월30일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2020/003263  
(87) 국제공개번호 WO 2020/195138  
국제공개일자 2020년10월01일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2019-062968 2019년03월28일 일본(JP)  
JP-P-2019-199928 2019년11월01일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2009145550 A  
JP2015010834 A  
JP63250835 A
- (73) 특허권자  
하마마츠 포토닉스 가부시기가이샤  
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1
- (72) 발명자  
나카무라 도모노리  
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시기가이샤 내  
이케무라 겐이치로  
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시기가이샤 내  
오타카 아키히로  
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시기가이샤 내
- (74) 대리인  
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 22 항

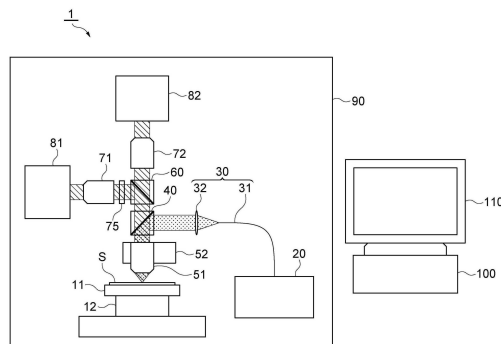
심사관 : 이창호

(54) 발명의 명칭 검사 장치 및 검사 방법

(57) 요약

검사 장치는 복수의 발광 소자가 형성된 샘플을 검사하는 검사 장치로서, 샘플에 조사되는 여기광을 생성하는 여기 광원과, 샘플로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 다이크로익 미러와, 다이크로익 미러에 있어서 반사된 형광을 촬상하는 카메라와, 다이크로익 미러를 투과한 형광을 촬상하는 카메라와, 카메라에 의해서 취득된 제1 형광 화상과, 카메라에 의해서 취득된 제2 형광 화상에 기초하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 제어 장치를 구비하고, 다이크로익 미러에 있어서의, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대의 폭인 에지 변이폭은, 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓다.

대표도



(52) CPC특허분류

*G01N 21/314* (2013.01)

*G01N 21/6428* (2013.01)

*G01N 21/8806* (2013.01)

*G06T 7/0004* (2013.01)

*H01L 33/02* (2013.01)

*G01N 2021/8845* (2013.01)

*G01N 2201/127* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 발광 소자가 형성된 대상물을 검사하는 검사 장치로서,  
 상기 대상물에 조사되는 여기광을 생성하는 여기 광원과,  
 상기 대상물로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 광학 소자와,  
 상기 광학 소자에 있어서 반사된 형광을 촬상하는 제1 촬상부와,  
 상기 광학 소자를 투과한 형광을 촬상하는 제2 촬상부와,  
 상기 제1 촬상부에 의해서 취득된 제1 형광 화상과, 상기 제2 촬상부에 의해서 취득된 제2 형광 화상에 기초하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 처리부를 구비하고,  
 상기 광학 소자에 있어서의, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대의 폭인 에지 변이폭은, 상기 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓은 검사 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,  
 상기 광학 소자의 에지 변이폭은, 150nm 이하인 검사 장치.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,  
 상기 광학 소자는 다이크로익 미러인 검사 장치.

#### 청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 처리부는, 상기 광학 소자에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 더 고려하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 검사 장치.

#### 청구항 5

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 처리부는 상기 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일 정보를 도출하는 검사 장치.

#### 청구항 6

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 처리부는 각 발광 소자 내의 색 불균일 정보를 도출하는 검사 장치.

#### 청구항 7

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 처리부는,  
 상기 형광 화상의 각 화소에 대해서, 상기 촬상부의 시야 내에 있어서의 위치에 따른 파장 시프트를 보정하는 검사 장치.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 처리부는, 상기 시야 내에 있어서의 위치에 따라서 추정되는 각 화소에 대한 상기 광학 소자로의 상기 형광의 입사 각도와, 상기 형광의 입사 각도에 따른 파장의 변화량에 관한 상기 광학 소자의 광학 특성에 기초하여, 각 화소에 대해서 파장 시프트를 보정하는 검사 장치.

#### 청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 처리부는 상기 시야 내에 있어서의 각 화소의 파장의 분산이 작게 되도록, 각 화소에 대해서 파장 시프트를 보정하는 검사 장치.

#### 청구항 10

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 형광을 파장마다 분해하여 스펙트럼을 측정하는 분광기를 더 구비하고,

상기 처리부는, 상기 색 불균일 정보를 도출하기 보다는 전에 행하는 전처리에 있어서, 상기 스펙트럼에 기초하여, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도와, 해당 제1 형광 강도보다도 작은 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도를 특정하고, 상기 제1 형광 강도가 상기 제2 형광 강도와 비교하여 소정값 이상 크게 되도록, 상기 대상물에 조사되는 상기 여기광의 조명 휘도를 결정하고,

상기 여기 광원은 상기 처리부에 의해서 결정된 상기 조명 휘도의 상기 여기광을 생성하는 검사 장치.

#### 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 처리부는, 결정한 상기 조명 휘도의 상기 여기광이 상기 여기 광원에 의해서 생성되어 상기 제1 촬상부 및 상기 제2 촬상부에 있어서 형광이 촬상됨으로써, 상기 제1 촬상부 및 상기 제2 촬상부 중 적어도 어느 한쪽에서의 입사 광량이 포화되는 경우, 포화되는 촬상부의 진단에 광량을 제한하는 필터를 삽입하는 검사 장치.

#### 청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 여기 광원은 펄스광인 상기 여기광을 생성하는 검사 장치.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 처리부는, 결정한 상기 조명 휘도의 상기 여기광이 상기 여기 광원에 의해서 생성되어 상기 제1 촬상부 및 상기 제2 촬상부에 있어서 형광이 촬상됨으로써, 상기 제1 촬상부 및 상기 제2 촬상부 중 적어도 어느 한쪽에서의 입사 광량이 포화되는 경우, 상기 펄스광의 듀티비를 조정함으로써 상기 입사 광량을 억제하는 검사 장치.

#### 청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 여기 광원은, 상기 펄스광의 주파수를, 상기 제1 촬상부 및 상기 제2 촬상부의 노광 시간의 역수의 정수배로 동기시키는 검사 장치.

#### 청구항 15

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 제1 형광 화상 및 상기 제2 형광 화상에 기초하여, 각 발광 소자의 휘도와 형광 파장의 중심을 도출하고,

상기 형광 파장의 중심의 변동이 소정값보다도 크게 되는 휘도의 상기 발광 소자를 불량품으로 판정하고, 상기

형광 파장의 중심의 변동이 상기 소정값 이하로 되는 휘도의 상기 발광 소자를 양품으로 판정하는 검사 장치.

#### 청구항 16

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 대상물을 유지하는 유지 부재를 더 구비하고,  
상기 유지 부재는 온도 조정 기능을 가지고 있는 검사 장치.

#### 청구항 17

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 대상물을 유지하는 유지 부재를 더 구비하고,  
상기 유지 부재는 상기 대상물의 주변부만을 흡착하는 검사 장치.

#### 청구항 18

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 처리부는, 상기 형광 화상의 세이딩을, 상기 대상물 및 상기 여기광의 조명 휘도를 변경할 때마다 변경하는 검사 장치.

#### 청구항 19

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 여기 광원은 상기 여기광의 조명 휘도를 복수 회 전환하는 검사 장치.

#### 청구항 20

복수의 발광 소자가 형성된 대상물에 여기광을 조사하고, 상기 대상물로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 광학 소자에 의해서 반사된 형광을 촬상함으로써 취득되는 제1 형광 화상과, 상기 광학 소자를 투과한 형광을 촬상함으로써 취득되는 제2 형광 화상에 기초하여 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 검사 방법에 있어서,  
상기 형광을 파장마다 분해하여 스펙트럼을 계측하는 공정과,  
상기 스펙트럼에 기초하여, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도와, 해당 제1 형광 강도보다도 작은 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도를 특징하는 공정과,  
상기 제1 형광 강도가 상기 제2 형광 강도와 비교하여 소정값 이상 크게 되도록, 상기 대상물에 조사되는 상기 여기광의 조명 휘도를 결정하는 공정과,  
결정된 상기 조명 휘도의 상기 여기광을 생성하는 공정을 포함하는 검사 방법.

#### 청구항 21

청구항 20에 있어서,  
결정된 상기 조명 휘도의 상기 여기광이 상기 대상물에 조사됨으로써, 상기 형광 화상을 취득하는 촬상부의 입사 광량이 포화되는 경우에 있어서, 상기 촬상부의 전단에 광량을 제한하는 필터를 삽입하는 공정을 더 포함하는 검사 방법.

#### 청구항 22

청구항 20 또는 청구항 21에 있어서,  
결정된 상기 조명 휘도의 상기 여기광이 상기 대상물에 조사됨으로써, 상기 형광 화상을 취득하는 촬상부의 입사 광량이 포화되는 경우에 있어서, 펄스광인 상기 여기광의 듀티비를 조정함으로써 상기 입사 광량을 억제하는 공정을 더 포함하는 검사 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 일 양태는 검사 장치 및 검사 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 웨이퍼 상에 형성된 발광 소자 그룹의 양·불량을 판정하는 수법으로서, 발광 소자가 발생시키는 포토루미네선스를 관찰하고, 해당 포토루미네선스의 휘도에 기초하여 발광 소자의 양부 판정을 행하는 수법이 알려져 있다 (예를 들면 특허문헌 1 참조).

[0003] 특허문헌 1에 기재된 수법에 있어서는, 발광 소자가 발생시키는 포토루미네선스(상세하게는 형광)를 광학 소자에 의해서 장파장측과 단파장측으로 분리하고, 2대의 촬상부에 의해서 각각의 화상을 동시에 계측하고 있다. 이와 같은 구성에 의하면, 장파장측 및 단파장측의 휘도값의 비율에 기초하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출할 수 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특개 2015-10834호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 여기서, 형광을 장파장측과 단파장측으로 분리하는 광학 소자로서, 예를 들면, 특정 파장의 광을 반사시키고 그 외의 파장의 광을 투과시키는 다이크로익 미러가 있다. 이와 같은 광학 소자에 있어서는, 파장폭이 좁은 형광을 적절히 분리할 수 없는 것이 문제가 된다. 형광이 파장에 따라서 적절히 분리되지 않는 경우에는, 발광 소자의 색 불균일을 고정밀도로 도출하지 못할 우려가 있다.

[0006] 본 발명의 일 양태는 상기 실정을 감안하여 이루어진 것으로, 형광을 파장에 따라서 적절히 분리함으로써 발광 소자의 색 불균일을 고정밀도로 도출하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 양태에 따른 검사 장치는, 복수의 발광 소자가 형성된 대상물을 검사하는 검사 장치로서, 대상물에 조사되는 여기광을 생성하는 여기 광원과, 대상물로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 광학 소자와, 광학 소자에 있어서 반사된 형광을 촬상하는 제1 촬상부와, 광학 소자를 투과한 형광을 촬상하는 제2 촬상부와, 제1 촬상부에 의해서 취득된 제1 형광 화상과, 제2 촬상부에 의해서 취득된 제2 형광 화상에 기초하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 처리부를 구비하고, 광학 소자에 있어서의, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대의 폭인 에지 변이폭은, 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓다.

[0008] 본 발명의 일 양태에 따른 검사 장치에서는, 광학 소자에 있어서의, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대의 폭인 에지 변이폭이, 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓게 되어 있다. 예를 들면, 에지 변이폭이 좁은 광학 소자를 이용한 경우에는, 파장폭이 좁은 형광에 대해서 적절히 분리하는 것이 어렵게 되기 쉽다. 이 점, 본 발명의 일 양태에 따른 검사 장치와 같이, 에지 변이폭이, 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓은, 즉 형광의 파장폭을 고려하여 그것에 대해 충분히 넓은 광학 소자가 이용됨으로써, 형광을 파장에 따라서 용이하게 분리할 수 있다. 이것으로, 파장에 따라서 분리된 각 형광에 기초하는 제1 형광 화상 및 제2 형광 화상으로부터, 색 불균일 정보를 고정밀도로 도출할 수 있다.

[0009] 상기의 검사 장치에 있어서, 광학 소자의 에지 변이폭은, 150nm 이하여도 된다. 에지 변이폭이 과도하게 넓게 되었을 경우에는, 광학 소자의 분해능이 저하되어, 형광을 단파장측과 장파장측으로 분리한다고 하는 광학 소자의 본래의 기능에 영향을 미칠 우려가 있다. 이 점, 에지 변이폭이 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓고

그리고 150nm 이하로 됨으로써, 파장폭이 좁은 형광에 대응하면서 형광을 단파장측과 장파장측으로 용이하게 분리할 수 있다.

- [0010] 상기의 검사 장치에 있어서, 광학 소자는 다이크로익 미러여도 된다. 이와 같은 구성에 의하면, 파장에 따라서 형광을 용이하게 분리할 수 있다.
- [0011] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는, 광학 소자에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 더 고려하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출해도 된다. 색 불균일 정보는 예를 들면 분리한 각 형광 화상의 휘도의 비 등을 고려하여 도출된다. 예지 변이폭이 넓은 광학 소자를 이용한 경우에는, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하기 때문에, 각 형광 화상의 휘도의 비가, 통상의 광학 소자(예지 변이폭이 좁은 광학 소자)를 이용한 경우와는 다른 것이 생각된다. 이 점, 광학 소자에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 고려하여 색 불균일 정보를 도출함으로써, 예지 변이폭이 넓은 광학 소자를 이용한 영향을 제거하여, 고정밀도로 색 불균일 정보를 도출할 수 있다.
- [0012] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일 정보를 도출해도 된다. 이것에 의해, 대상물 단위에서의 색 불균일 정보를 출력할 수 있어, 예를 들면 각 발광 소자의 양부 판정 등을 행할 수 있다.
- [0013] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는 각 발광 소자 내의 색 불균일 정보를 도출해도 된다. 이것에 의해, 발광 소자 단위에서의 색 불균일 정보를 출력할 수 있어, 예를 들면 각 발광 소자 내의 이상 지점 등을 특정할 수 있다.
- [0014] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는, 형광 화상의 각 화소에 대해서, 촬상부의 시야 내에 있어서의 위치에 따른 파장 시프트를 보정해도 된다. 대상물로부터 광학 소자에 입사하는 광의 각도는, 촬상부의 시야 내의 위치에 따라서 다르다. 그리고, 광학 소자로의 입사 각도의 차이는, 형광의 중심 파장의 차이(파장 시프트)를 발생시킨다. 즉, 시야 내에 있어서의 위치에 따라서, 각 화소에 관한 형광의 중심 파장의 차이(파장 시프트)를 발생시켜 버린다. 이 점, 상술한 바와 같이, 촬상부의 시야 내에 있어서의 위치에 따른 파장 시프트가 보정됨으로써, 시야 내의 위치에 기인한 파장 시프트를 억제하여, 각 화소에 관한 본래의 형광을 적절히 취득할 수 있다.
- [0015] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는 시야 내에 있어서의 위치에 따라서 추정되는 각 화소에 대한 광학 소자로의 형광의 입사 각도와, 형광의 입사 각도에 따른 파장의 변화량에 관한 광학 소자의 광학 특성에 기초하여, 각 화소에 대해서 파장 시프트를 보정해도 된다. 시야 내에 있어서의 위치와 광학 소자로의 입사 각도의 관계, 및 입사 각도에 따른 파장의 변화량이 미리 특정되어 있음으로써, 시야 내에 있어서의 위치로부터 그 화소에 대한 파장의 변화량을 도출할 수 있으므로, 각 화소에 관하여 용이하고 적절하게 파장 시프트를 보정할 수 있다.
- [0016] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는, 시야 내에 있어서의 각 화소의 파장의 분산이 작게 되도록, 각 화소에 대해서 파장 시프트를 보정해도 된다. 이것에 의해, 시야 내의 각 화소에 관한 형광의 중심 파장의 변동이 억제되기 때문에, 시야 내의 위치에 기인한 파장 시프트를 적절히 보정할 수 있다.
- [0017] 상기의 검사 장치는, 형광을 파장마다 분해하여 스펙트럼을 계측하는 분광기를 더 구비하고, 처리부는, 색 불균일 정보를 도출하기 보다도 전에 행하는 전처리에 있어서, 스펙트럼에 기초하여, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도와, 해당 제1 형광 강도보다도 작은 이상(異常)인 형광 강도인 제2 형광 강도를 특정하고, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도와 비교하여 소정값 이상 크게 되도록, 대상물에 조사되는 여기광의 조명 휘도를 결정하고, 여기광원은, 처리부에 의해서 결정된 조명 휘도의 여기광을 생성해도 된다. 본래의 형광은, 불순물이나 결함에 기인하는 이상인 형광과 비교하여, 여기광의 조명 휘도가 높게 되었을 경우의 증대율이 크다. 즉, 여기광의 조명 휘도가 낮은 경우에는 본래의 형광과 이상인 형광의 강도의 차이가 작아 본래의 형광이 이상인 형광에 묻혀 버릴 우려가 있는 것에 대하여, 여기광의 조명 휘도가 높은 경우에는 본래의 형광과 이상인 형광의 강도의 차이가 크게 되어 본래의 형광이 이상인 형광에 묻혀 버리는 것이 억제된다. 상술한 바와 같이, 전처리에 있어서, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도가, 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도와 비교하여 충분히 크게 되도록 여기광의 조명 휘도가 결정됨으로써, 본래의 형광이 묻히지 않게 여기광의 조명 휘도를 결정할 수 있어, 색 불균일 정보를 정확하게 도출할 수 있다.
- [0018] 상기의 검사 장치에서는, 처리부가, 결정한 조명 휘도의 여기광이 여기 광원에 의해서 생성되어 제1 촬상부 및 제2 촬상부에 있어서 형광이 촬상됨으로써, 제1 촬상부 및 제2 촬상부 중 적어도 어느 한쪽에서의 입사 광량이 포화되는 경우, 포화되는 촬상부의 전단에 광량을 제한하는 필터를 삽입해도 된다. 이것에 의해, 여기광의 조명 휘도를 높게 한 경우라도 촬상부가 포화되는 것을 적절히 방지할 수 있다.

- [0019] 상기의 검사 장치에 있어서, 여기 광원은 펄스광인 여기광을 생성해도 된다. 펄스광이 조사됨으로써, 본래의 형광 및 이상인 형광은 모두 항상 피크 휘도로 비교되게 되기 때문에, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도에 대해서 충분히 크게 되어 있는지를 용이하고 확실하게 판단할 수 있다.
- [0020] 상기의 검사 장치에서는, 처리부가, 결정한 조명 휘도의 여기광이 여기 광원에 의해서 생성되어 제1 촬상부 및 제2 촬상부에 있어서 형광이 촬상됨으로써, 제1 촬상부 및 제2 촬상부 중 적어도 어느 한쪽에서의 입사 광량이 포화되는 경우, 펄스광의 듀티비를 조정함으로써 입사 광량을 억제해도 된다. 촬상부는 입사 광량, 즉 형광의 강도×시간에 의해서 포화될 수 있는바, 펄스광의 듀티비를 변화시켜 형광의 입사 시간을 조정함으로써, 형광의 강도(본래의 형광 및 이상인 형광의 비율)를 변경하지 않고, 촬상부가 포화되는 것을 적절히 억제할 수 있다.
- [0021] 상기의 검사 장치에 있어서, 여기 광원은, 펄스광의 주파수를, 제1 촬상부 및 제2 촬상부의 노광 시간의 역수의 정수배로 동기시켜도 된다. 이것에 의해, 각 노광 시간에 포함되는 펄스광의 수를 서로 같게 할 수 있어, 각 노광 시간 동안에 형광의 입사 광량이 다른 것을 방지할 수 있다.
- [0022] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는, 제1 형광 화상 및 제2 형광 화상에 기초하여, 각 발광 소자의 휘도와 형광 파장의 중심을 도출하고, 형광 파장의 중심의 변동이 소정값보다도 크게 되는 휘도의 발광 소자를 불량품으로 판정하고, 형광 파장의 중심의 변동이 소정값 이하로 되는 휘도의 발광 소자를 양품으로 판정해도 된다. 형광 파장의 중심(중심 파장)은, 불량품인 휘도대(輝度帶)일수록 요동하기 쉽다(변동하기 쉬움). 이 때문에, 형광 파장의 중심의 변동이 소정값보다도 크게 되는 휘도(휘도대)의 발광 소자를 불량품으로 판정함으로써, 고정밀도로 그리고 간단하고 쉽게 양품/불량품의 판정을 행할 수 있다.
- [0023] 상기의 검사 장치는, 대상물을 유지하는 유지 부재를 더 구비하고, 유지 부재는 온도 조정 기능을 가지고 있어도 된다. 대상물을 유지하는 유지 부재에 온도 조정 기능이 구비되어 있음으로써, 조명에 의해서 대상물의 온도가 드리프트되고 그것에 수반하는 형광 파장이 드리프트되는 것을 억제할 수 있다.
- [0024] 상기의 검사 장치는 대상물을 유지하는 유지 부재를 더 구비하고, 유지 부재는 대상물의 주변부만을 흡착해도 된다. 유지 부재가 대상물의 주변부만을 흡착함으로써, 대상물의 중앙 부분이 뜬 상태(유지 부재에 접하지 않은 상태)로 대상물이 유지되게 되어, 대상물의 온도 변화에 수반하는 파장 시프트를 보다 적절히 억제할 수 있다.
- [0025] 상기의 검사 장치에 있어서, 처리부는, 형광 화상의 셰이딩을, 대상물 및 여기광의 조명 휘도를 변경할 때마다 변경해도 된다. 이것에 의해, 대상물 및 조명 휘도에 따라서 적절한 셰이딩을 실시할 수 있다.
- [0026] 상기의 검사 장치에 있어서, 여기 광원은 여기광의 조명 휘도를 복수 회 전환해도 된다. 서로 다른 조명 휘도에서 데이터가 취득됨으로써, 양부 판단을 보다 정확하게 행할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 양태에 따른 검사 방법은, 복수의 발광 소자가 형성된 대상물에 여기광을 조사하고, 대상물로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 광학 소자에 의해서 반사된 형광을 촬상함으로써 취득되는 제1 형광 화상과, 광학 소자를 투과한 형광을 촬상함으로써 취득되는 제2 형광 화상에 기초하여 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 검사 방법에 있어서, 형광을 파장마다 분해하여 스펙트럼을 계측하는 공정과, 스펙트럼에 기초하여, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도와, 해당 제1 형광 강도보다도 작은 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도를 특정하는 공정과, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도와 비교하여 소정값 이상 크게 되도록, 대상물에 조사되는 여기광의 조명 휘도를 결정하는 공정과, 결정된 조명 휘도의 여기광을 생성하는 공정을 포함한다.
- [0028] 상기의 검사 방법은, 결정된 조명 휘도의 여기광이 대상물에 조사됨으로써, 형광 화상을 취득하는 촬상부의 입사 광량이 포화되는 경우에 있어서, 촬상부의 전단에 광량을 제한하는 필터를 삽입하는 공정을 더 포함하고 있어도 된다.
- [0029] 상기의 검사 방법은, 결정된 조명 휘도의 여기광이 대상물에 조사됨으로써, 형광 화상을 취득하는 촬상부의 입사 광량이 포화되는 경우에 있어서, 펄스광인 여기광의 듀티비를 조정함으로써 입사 광량을 억제하는 공정을 더 포함하고 있어도 된다.

### 발명의 효과

- [0030] 본 발명의 일 양태에 따른 검사 장치 및 검사 방법에 의하면, 형광을 파장에 따라서 적절히 분리함으로써 발광 소자의 색 불균일을 고정밀도로 도출할 수 있다.



## 도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 실시 형태에 따른 검사 장치의 구성도이다.
- 도 2는 발광 스펙트럼 및 다이크로익 미러의 특성을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 평가 지수에 의한 각 발광 소자의 소팅 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 중심 파장의 시프트 보정에 대해서 설명하는 도면이다.
- 도 5는 검사 장치가 실행하는 검사 방법의 플로차트이다.
- 도 6은 시야 내의 위치에 따른 입사 각도의 차이를 설명하는 도면이다.
- 도 7은 조명 휘도에 따른 스펙트럼 강도를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 분광기를 사용하는 광학계의 구성도이다.
- 도 9는 조명 휘도의 조정 처리를 나타내는 플로차트이다.
- 도 10은 듀티비의 조정에 대해서 설명하는 도면이다.
- 도 11은 형광 파장의 중심의 변동에 따른 발광 소자의 양부 판정에 대해서 설명하는 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서, 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당 부분에는 동일 부호를 부여하고, 중복되는 설명을 생략한다.
- [0033] 도 1은 본 실시 형태에 따른 검사 장치(1)의 구성도이다. 검사 장치(1)는 샘플(S)(대상물)을 검사하는 장치이다. 샘플(S)은, 예를 들면, 웨이퍼 상에 복수의 발광 소자가 형성된 반도체 디바이스이다. 발광 소자는 예를 들면 LED, 미니 LED,  $\mu$ LED, SLD 소자, 레이저 소자, 수직형 레이저 소자(VCSEL) 등이다. 검사 장치(1)는, 샘플(S)에 있어서 형성되어 있는 복수의 발광 소자에 대해서, 포토루미네선스(구체적으로는 형광)를 관찰함으로써, 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일 정보를 도출하는 것과 함께(자세한 것은 후술), 각 발광 소자의 양부 판정을 행한다. 또한, 이와 같은 발광 소자의 검사에 대해서는, 예를 들면 프로빙(probing)에 의해서(즉 전기적 특성에 기초하여) 행하는 것도 생각된다. 그렇지만, 예를 들면  $\mu$ LED 등의 미세한 LED에 대해서는, 니들을 대고 계측을 행하는 프로빙이 물리적으로 어렵다. 이 점, 본 실시 형태에 따른 포토루미네선스에 기초하는 발광 소자의 검사 방법은, 형광 화상을 취득함으로써 검사를 행할 수 있으므로, 물리적인 제약에 얽매어는 일 없이, 대량의 발광 소자를 효율적으로 검사할 수 있다.
- [0034] 도 1에 도시되는 바와 같이, 검사 장치(1)는 척(chuck; 11)과, XY 스테이지(12)와, 여기 광원(20)과, 광학계(30)와, 다이크로익 미러(40)와, 대물 렌즈(51)와, Z 스테이지(52)와, 다이크로익 미러(60)(광학 소자)와, 결상 렌즈(71, 72)와, 밴드 패스 필터(75)와, 카메라(81(제1 촬상부), 82(제2 촬상부))와, 암상자(90)와, 제어 장치(100)(처리부)와, 모니터(110)를 구비하고 있다. 암상자(90)는 상술한 구성 중 제어 장치(100) 및 모니터(110) 이외의 구성을 수용하고 있으며, 수용한 각 구성에 외부의 광의 영향이 미치는 것을 회피하기 위해 마련되어 있다. 또한, 암상자(90)에 수용되는 각 구성은, 카메라(81, 82)에 있어서 촬상되는 화상의 질의 향상(화질의 향상 및 화상의 위치 시프트 방지)을 도모하기 위해 제진대 상에 탑재되어 있어도 된다.
- [0035] 척(11)은 샘플(S)을 유지하는 유지 부재이다. 척(11)은 예를 들면 샘플(S)의 웨이퍼를 진공 흡착함으로써, 샘플(S)을 유지한다. XY 스테이지(12)는 샘플(S)을 유지하고 있는 척(11)을 XY 방향(전후·좌우 방향), 즉 척(11)에 있어서의 샘플(S)의 재치면을 따른 방향으로 이동시키는 스테이지이다. XY 스테이지(12)는, 제어 장치(100)의 제어에 따라서, 복수의 발광 소자의 각각이 순차적으로, 여기광의 조사 영역으로 되도록, 척(11)을 XY 방향으로 이동시킨다. 또한, 검사 장치(1)는 추가로 회전 스테이지( $\theta$  스테이지, 미도시)를 구비하고 있어도 된다. 이와 같은 회전 스테이지는 예를 들면 XY 스테이지(12) 위 그리고 척(11) 아래에 마련되어 있어도 되고, XY 스테이지(12)와 일체적으로 마련되어 있어도 된다. 회전 스테이지는 샘플(S)의 종횡의 위치를 정밀도 좋게 맞추기 위한 것이다. 회전 스테이지가 마련됨으로써, 위치 맞춤 등의 시간을 단축시켜, 데이터 처리의 토탈 시간을 단축시킬 수 있다.
- [0036] 여기 광원(20)은 샘플(S)에 조사되는 여기광을 생성하고, 해당 여기광을 샘플(S)에 조사하는 광원이다. 여기 광원(20)은 샘플(S)의 발광 소자를 여기시키는 파장을 포함하는 광을 생성 가능한 광원이면 되고, 예를 들면 LED,

레이저, 할로젠 램프, 수은 램프, D2 램프, 플라스마 광원 등이다. 또한, 검사 장치(1)는 여기 광원(20)으로부터 출사되는 여기광의 휘도를 일정하게 유지하기 위해, 조명 휘도를 모니터링하는 센서를 더 구비하고 있어도 된다. 또한, 세이딩을 최대한 줄이기 위해, 여기 광원(20)으로부터 여기광이 출사되는 위치에 확산판 혹은 플라이아이 렌즈 등을 이용하여 휘도 분포의 균일화를 행해도 된다.

[0037] 광학계(30)는 광파이버 케이블(31)과, 도광 렌즈(32)를 포함하여 구성되어 있다. 광파이버 케이블(31)은 여기 광원(20)에 접속된 도광용의 광파이버 케이블이다. 광파이버 케이블(31)로서는, 예를 들면, 편파 보존 파이버 또는 싱글 모드 파이버 등을 이용할 수 있다. 도광 렌즈(32)는 예를 들면 단독 또는 복합 볼록 렌즈로서, 광파이버 케이블(31)을 통해서 도달한 여기광을 다이크로익 미러(40) 방향으로 안내한다. 또한, 여기 광원(20)으로부터 출사되는 여기광의 파장이 경시적으로 변화하는 것을 막기 위해서, 검사 장치(1)는 여기 광원(20)과 다이크로익 미러(40) 사이에 밴드 패스 필터(미도시)를 구비하고 있어도 된다.

[0038] 다이크로익 미러(40)는, 특수한 광학 소재를 이용하여 작성된 미러로서, 특정 파장의 광을 반사시키는 것과 함께, 그 외의 파장의 광을 투과시킨다. 구체적으로는, 다이크로익 미러(40)는 여기광을 대물 렌즈(51) 방향으로 반사시키는 것과 함께, 여기광과는 다른 파장대의 광인 발광 소자로부터의 포토루미네선스(상세하게는 형광)를 다이크로익 미러(60) 방향으로 투과시키도록 구성되어 있다. 또한, 도 2에 나타내지는 바와 같이, 여기광의 정상 발광 스펙트럼(FS)의 영역은, 형광의 정상 발광 스펙트럼(정상 형광 스펙트럼)(ES)의 영역보다도 낮은 파장측이다. 즉, 다이크로익 미러(40)는 낮은 파장대의 광인 여기광을 대물 렌즈(51) 방향으로 반사시키는 것과 함께, 여기광과 비교하여 높은 파장대의 광인 형광을 다이크로익 미러(60) 방향으로 투과시킨다. 이것은, 도 2에 나타내지는 다이크로익 미러(40)의 특성 D1으로부터도 분명하다.

[0039] 대물 렌즈(51)는 샘플(S)을 관찰하기 위한 구성으로, 다이크로익 미러(40)에 의해서 안내된 여기광을 샘플(S)에 집광시킨다. Z 스테이지(52)는 대물 렌즈(51)를 Z 방향(상하 방향), 즉 척(11)에 있어서의 샘플(S)의 재치면과 교차하는 방향으로 이동시켜 포커스 조정을 행한다.

[0040] 다이크로익 미러(60)는 특수한 광학 소재를 이용하여 작성된 미러로서, 특정 파장의 광을 반사시키는 것과 함께, 그 외의 파장의 광을 투과시킨다. 즉, 다이크로익 미러(60)는 샘플(S)로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 광학 소자이다.

[0041] 도 2는 발광 스펙트럼 및 다이크로익 미러(60, 40)의 특성을 설명하는 도면이다. 도 2에 있어서, 가로축은 파장을 나타내고 있고, 왼쪽 세로축은 발광 휘도를 나타내고 있으며, 오른쪽 세로축은 투과율을 나타내고 있다. 도 2의 다이크로익 미러(60)의 특성 D2에 나타내지는 바와 같이, 다이크로익 미러(60)에 있어서는, 특정 파장대(SW)에서는 파장의 변화에 따라서 형광의 투과율(및 반사율)이 변화하고, 해당 특정 파장대(SW) 이외의 파장대(즉, 파장대(SW)보다도 낮은 파장측 및 파장대(SW)보다도 높은 파장측)에서는 파장의 변화에 상관없이 형광의 투과율(및 반사율)이 일정하게 되어 있다. 투과율과 반사율은, 한쪽이 커지는 방향으로 변화하면 다른 쪽이 작아지는 방향으로 변화하는, 음의 상관관계에 있기 때문에, 이하에서는 「투과율(및 반사율)」이라고 기재하지 않고 단지 「투과율」이라고 기재하는 경우가 있다. 또한, 「파장의 변화에 상관없이 형광의 투과율이 일정」이란, 완전하게 일정한 경우만이 아니라, 예를 들면 파장 1nm의 변화에 대한 투과율의 변화가 0.1% 이하인 것과 같은 경우도 포함하는 것이다. 파장대(SW)보다도 낮은 파장측에서는 파장의 변화에 상관없이 형광의 투과율이 대체로 0%이며, 파장대(SW)보다도 높은 파장측에서는 파장의 변화에 상관없이 형광의 투과율이 대체로 100%이다. 또한, 「형광의 투과율이 대체로 0%이다」란, 0%+10% 정도의 투과율을 포함하는 것이며, 「형광의 투과율이 대체로 100%이다」란, 100%-10% 정도의 투과율을 포함하는 것이다. 또한, 이하에서는, 파장의 변화에 따라서 형광의 투과율이 변화하는 파장대(SW)의 폭을 「에지 변이폭(WE)」으로 하여 설명하는 경우가 있다.

[0042] 도 2에 나타내지는 바와 같이, 다이크로익 미러(60)의 에지 변이폭(WE)은, 적어도, 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼(ES)의 반치전폭(WH)보다도 넓다. 반치전폭(WH)은 예를 들면 10nm 정도이다. 즉, 에지 변이폭(WE)은 예를 들면 10nm보다도 넓다. 도 2에 나타내지는 예에서는, 파장대(SW)가 대체로 425nm~525nm의 파장대이며, 에지 변이폭(WE)이 약 100nm 정도로, 정상 형광 스펙트럼(ES)의 반치전폭(WH)보다도 충분히 넓게 되어 있다. 에지 변이폭(WE)은 예를 들면 150nm 이하로 된다. 파장대(SW)는 정상 형광 스펙트럼(ES)의 파장대를 대체로 포함하고 있다. 이것에 의해, 샘플(S)로부터의 형광은, 다이크로익 미러(60)에 의해서 적절히 분리된다. 또한, 정상 형광 스펙트럼(ES)의 파장대(본래 발광 파장)는, 예를 들면 미리 발광 소자의 사양으로부터 미리 알고 있는 파장이어도 되고, 발광 소자로부터의 형광을 분광기에 의해 실측한 강도가 피크로 되는 파장이어도 된다.

[0043] 도 2에 나타내지는 다이크로익 미러(60)의 특성 D2로부터도 분명한 바와 같이, 다이크로익 미러(60)는 파장대(SW)보다도 낮은 파장측의 형광을 대체로 모두 반사시키고, 파장대(SW)보다도 높은 파장측의 형광을 대체로 모

두 투과시키며, 과장대(SW)의 형광에 대해서는 과장에 따른 투과율로 투과(과장에 따른 반사율로 반사)시킨다. 다이크로익 미러(60)에 있어서 반사된 형광(단파장측의 형광)은 밴드 패스 필터(75)를 거쳐 결상 렌즈(71)에 도달한다. 다이크로익 미러(60)를 투과한 형광(장파장측의 형광)은 결상 렌즈(72)에 도달한다.

[0044] 결상 렌즈(71)는 다이크로익 미러(60)에 있어서 반사된 형광(단파장측의 형광)을 결상시켜, 해당 형광을 카메라(81)로 안내하는 렌즈이다. 카메라(81)는 발광 소자로부터의 형광 중 다이크로익 미러(60)에 있어서 반사된 형광(단파장측의 형광)을 촬상한다. 카메라(81)는 결상 렌즈(71)에 의해서 결상된 화상을 검출함으로써 단파장측의 형광을 촬상한다. 카메라(81)는 촬상 결과인 단파장측의 형광 화상(제1 형광 화상)을 제어 장치(100)에 출력한다. 카메라(81)는 예를 들면 CCD나 MOS 등의 에어리어 이미지 센서이다. 또한, 카메라(81)는 라인 센서나 TDI(Time Delay Integration) 센서에 의해서 구성되어 있어도 된다. 밴드 패스 필터(75)는 여기광의 혼입을 막기 위해 마련된 필터로서, 다이크로익 미러(60)와 결상 렌즈(71) 사이에 마련되어 있다. 또한, 검사 장치(1)는 단파장측의 형광의 계측시 다이크로익 미러(60)의 표면 반사에 수반하는 장파장측의 형광의 혼입을 막기 위해서, 다이크로익 미러(60)와 카메라(81) 사이에 밴드 패스 필터를 더 구비하고 있어도 된다.

[0045] 결상 렌즈(72)는 다이크로익 미러(60)를 투과한 형광(장파장측의 형광)을 결상시켜, 해당 형광을 카메라(82)로 안내하는 렌즈이다. 카메라(82)는 발광 소자로부터의 형광 중 다이크로익 미러(60)를 투과한 형광(장파장측의 형광)을 촬상한다. 카메라(82)는 결상 렌즈(72)에 의해서 결상된 화상을 검출함으로써 장파장측의 형광을 촬상한다. 카메라(82)는 촬상 결과인 장파장측의 형광 화상(제2 형광 화상)을 제어 장치(100)에 출력한다. 카메라(82)는 예를 들면 CCD나 MOS 등의 에어리어 이미지 센서이다. 또한, 카메라(82)는 라인 센서나 TDI 센서에 의해서 구성되어 있어도 된다. 또한, 검사 장치(1)는 장파장측의 불필요한 발광을 막기 위해서, 다이크로익 미러(60)와 카메라(82) 사이에 밴드 패스 필터를 더 구비하고 있어도 된다.

[0046] 제어 장치(100)는 XY 스테이지(12), 여기 광원(20), Z 스테이지(52), 및 카메라(81, 82)를 제어한다. 구체적으로는, 제어 장치(100)는 XY 스테이지(12)를 제어함으로써 여기광의 조사 영역(샘플(S)에 있어서의 조사 영역)을 조정한다. 제어 장치(100)는 Z 스테이지(52)를 제어함으로써 여기광에 관한 포커스 조정을 행한다. 제어 장치(100)는 여기 광원(20)을 제어함으로써 여기광의 출사 조정 및 여기광의 파장 및 진폭 등의 조정을 행한다. 제어 장치(100)는 카메라(81, 82)를 제어함으로써 형광 화상의 취득에 관한 조정을 행한다. 또한, 제어 장치(100)는, 카메라(81, 82)에 의해서 촬상된 형광 화상에 기초하여, 샘플(S)의 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출한다(자세한 것은 후술). 또한, 제어 장치(100)는 컴퓨터로서, 물리적으로는, RAM, ROM 등의 메모리, CPU 등의 프로세서(연산 회로), 통신 인터페이스, 하드 디스크 등의 격납부를 구비하여 구성되어 있다. 이러한 제어 장치(100)로서는, 예를 들면 퍼스널 컴퓨터, 클라우드 서버, 스마트 디바이스(스마트폰, 태블릿 단말 등) 등을 들 수 있다. 제어 장치(100)는 메모리에 격납되는 프로그램을 컴퓨터 시스템의 CPU로 실행함으로써 기능한다. 모니터(110)는 계측 결과인 형광 화상을 표시하는 표시 장치이다.

[0047] 다음으로, 발광 소자의 색 불균일 정보의 도출에 관한 제어 장치(100)의 기능에 대해서 상세하게 설명한다.

[0048] 제어 장치(100)는 카메라(81)에 의해서 취득된 형광 화상(단파장측의 형광 화상)과, 카메라(82)에 의해서 취득된 형광 화상(장파장측의 형광 화상)에 기초하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출한다.

[0049] 제어 장치(100)는, 우선, 형광 화상에 기초하여 발광 소자의 위치를 특정하고, 각 발광 소자의 발광 에어리어를 특정한다. 발광 소자의 위치의 특정은, 예를 들면 형광 화상 내의 위치와 XY 스테이지(12)의 위치의 환산에 의해서 행해진다. 또한, 제어 장치(100)는 미리 샘플(S) 전체의 패턴 이미지를 취득해 두고, 패턴 이미지 내지 형광 화상으로부터, 발광 소자의 위치를 인식(특정)해도 된다. 그리고, 제어 장치(100)는 단파장측의 형광 화상에 기초하여 각 발광 소자의 발광 에어리어 내의 평균 휘도를 도출하는 것과 함께, 장파장측의 형광 화상에 기초하여 각 발광 소자의 발광 에어리어 내의 평균 휘도를 도출하고, 각 발광 소자에 대해서 어드레스 위치와 휘도(단파장측의 평균 휘도 및 장파장측의 평균 휘도)를 연관짓는다. 제어 장치(100)는 각 어드레스(각 발광 소자)에 대해서, 단파장측의 휘도 및 장파장측의 휘도의 합계값을 도출하고, 해당 합계값의 절대 휘도와 상대 휘도로부터 평가 지수를 도출한다. 상대 휘도란, 도출 대상의 발광 소자와 해당 발광 소자의 주변의 발광 소자를 포함하는 발광 소자 그룹의 평균 휘도에 대한 도출 대상의 발광 소자의 휘도 비율이다. 제어 장치(100)는, 예를 들면, 절대 휘도와 상대 휘도의 곱으로부터 평가 지수를 도출한다. 혹은, 제어 장치(100)는 절대 휘도와 상대 휘도의  $n$ 승( $n$ 은 자연수. 예를 들면 2)의 곱으로부터 평가 지수를 도출한다. 제어 장치(100)는 동일 형광 화상에 포함되는 각 발광 소자 각각에 대해서 상술한 평가 지수의 도출을 행한다. 또한, 제어 장치(100)는 조사 영역을 변경함으로써 새로운 형광 화상(단파장측의 형광 화상 및 장파장측의 형광 화상)을 취득하고, 형광 화상에 포함되는 각 발광 소자 각각에 대해서 평가 지수의 도출을 행한다. 제어 장치(100)는, 모든 발광 소자에 대해서 평가 지

수를 도출하면, 해당 평가 지수가 높은 순서로 발광 소자의 소팅(재정렬)을 행한다. 도 3은 평가 지수에 의한 발광 소자의 소팅 결과를 나타내는 도면이다. 도 3에 있어서 세로축은 휘도의 크기에 따른 평가 지수를 나타내고 있고, 가로축은 각 발광 소자의 순위를 나타내고 있다. 도 3에 나타내지는 바와 같이, 평가 지수는 어느 점(변화점)을 경계로 급격하게 작아지고 있다. 제어 장치(100)는 예를 들면 이와 같은 변화점을 임계값으로 하여, 평가 지수가 해당 임계값보다도 작은 발광 소자를 불량품(불량 픽셀)으로 판정해도 된다. 또한, 임계값은, 예를 들면, 사전에 임계값 결정용의 참조 반도체 디바이스를 이용하여, 형광(포토루미네선스)에 기초하는 발광 소자의 양부 판정 결과와, 프로빙에 기초하는 양부 판정 결과(전기적 특성에 기초하는 양부 판정 결과)를 비교하여 결정되어 있어도 된다.

[0050] 또한, 제어 장치(100)는, 각 발광 소자에 대해서, 단파장측의 휘도와 장파장측의 휘도의 비로부터, 형광 파장의 중심(중심 파장)을 도출한다. 제어 장치(100)는 중심 파장이 규정된 파장 범위 내(예를 들면 440nm~460nm의 범위 내)인지 여부를 판정하고, 규정된 파장 범위 내가 아닌 발광 소자를 불량품(불량 픽셀)으로 판정해도 된다. 제어 장치(100)는, 중심 파장의 소정의 범위마다, 각 발광 소자에 대해서 그레이드 분류를 행하고, 해당 그레이드에 기초하여, 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일을 도출한다.

[0051] 여기서, 상술한 바와 같이, 본 실시 형태에 따른 다이크로익 미러(60)에서는, 도 2에 나타내지는 바와 같이, 파장의 변화에 따라서 형광의 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대(SW)의 에지 변이폭(WE)이, 충분히 넓다(구체적으로는, 정상 형광 스펙트럼(ES)의 반치전폭(WH)보다도 넓다). 이와 같은 다이크로익 미러(60)를 이용한 경우에는, 다이크로익 미러(60)에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율(또는 반사율)의 변화 비율에 따라서, 단파장측의 휘도 및 장파장측의 휘도에 기초하는 중심 파장이, 본래의 값으로부터 시프트되어 도출된다. 이와 같은 중심 파장의 시프트를 보정하는 처리에 대해서, 도 4를 참조하여 설명한다.

[0052] 도 4는 중심 파장의 시프트 보정에 대해서 설명하는 도면이다. 도 4의 (a) 및 도 4의 (b)에서는, 가로축이 파장, 세로축이 투과율(및 반사율)을 나타내고 있다. 또한, 도 4의 (a) 및 도 4의 (b)에는, 투과율(투과광량)이  $a\%/nm$ 의 비율로 변화하는 다이크로익 미러의 특성 D22가 나타내지고 있다. 이제, 다이크로익 미러의 반사율이 50%인 파장을  $\lambda(50\%)nm$ 로 하여, 도 4의 (a)에 나타내지는 바와 같이, 분포가 구형인 발광 파장의 중심이  $\lambda(50\%)$ 라고 하면, 반사광의 광량(반사광량) R과 투과광의 광량(투과광량) T는 동일하게 된다. 그리고, 도 4의 (a)에 나타내지는 바와 같이, 구형인 발광 파장의 최저 파장에 있어서의 투과광량을 T1, 반사광량을 R1, 최고 파장에 있어서의 투과광량을 T2, 반사광량을 R2, 발광 파장폭을 W, 파장 시프트 파라미터를 S로 하면, 이하의 (1)~(4)식이 성립된다. 또한, 파장 시프트 파라미터는, 「투과광량과 반사광량의 차를 전(全) 광량으로 나눈 값」이라고 바꿔 말할 수 있다.

[0053] 
$$\text{발광량 } L = R+T \quad \cdots \quad (1)$$

[0054] 
$$\text{반사광량 } R = (R1+R2)*W/2 \quad \cdots \quad (2)$$

[0055] 
$$\text{투과광량 } T = (T1+T2)*W/2 \quad \cdots \quad (3)$$

[0056] 
$$\text{파장 시프트 파라미터 } S = (T-R)/(T+R) = 0 \quad \cdots \quad (4)$$

[0057] 도 4의 (b)는, 도 4의 (a)의 조건으로 도출되는 중심 파장이  $\Delta\lambda$ 만큼 시프트되어 있는 상태를 나타내고 있다. 도 4의 (b)에 나타내지는 바와 같이, 발광 파장이  $\Delta\lambda$  시프트되면, 발광 파장의 전 범위에서 투과광량이  $a\Delta\lambda$ 만큼 증가한다. 이 경우, 발광 파장의 최저 파장에 있어서의 투과광량을 T1', 반사광량을 R1', 최고 파장에 있어서의 투과광량을 T2', 반사광량을 R2', 파장 시프트 파라미터를 S'로 하면, 이하의 (5)~(12)식이 성립된다.

[0058] 
$$R1' = R1-a\Delta\lambda \quad \cdots \quad (5)$$

[0059] 
$$R2' = R2-a\Delta\lambda \quad \cdots \quad (6)$$

[0060] 
$$T1' = T1+a\Delta\lambda \quad \cdots \quad (7)$$

[0061] 
$$T2' = T2+a\Delta\lambda \quad \cdots \quad (8)$$

[0062] 
$$\text{반사광량 } R' = (R1'+R2')*W/2 = R-aW\Delta\lambda \quad \cdots \quad (9)$$

[0063] 
$$\text{투과광량 } T' = (T1'+T2')*W/2 = T+aW\Delta\lambda \quad \cdots \quad (10)$$

[0064] 
$$\text{파장 시프트 파라미터 } S' = (T'-R')/(T'+R') = 2aW\Delta\lambda / L \quad \cdots \quad (11)$$

[0065] 여기서, 상술한 (1)~(3)식으로부터, 이하의 (12)식이 성립된다.



- [0066]  $L/W = R1+T1 = 100\% = 1 \quad \cdots \quad (12)$
- [0067] (11) 및 (12)식으로부터,
- [0068]  $S' = 2a \Delta \lambda / (100\%) = 2a \Delta \lambda \quad \cdots \quad (13)$
- [0069] (13)식으로부터,
- [0070]  $\Delta \lambda = S' / 2a \quad \cdots \quad (14)$
- [0071] 상기 (14)식에 나타내지는 바와 같이, 중심 파장의 시프트량인  $\Delta \lambda$ 는, 투과광량과 반사광량의 차를 전 광량으로 나눈 값  $S'$ 를, 투과율(투과광량)의 변화량  $a$ 의 2배로 나눈 값과 동일하게 된다. 이것으로부터, 제어 장치(100)는 다이크로익 미러(60)에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 더 고려하여, 구체적으로는 상기 (14)식을 이용하여, 중심 파장의 시프트량인  $\Delta \lambda$ 를 도출하고, 미리 도출되어 있는 중심 파장에 대해서 시프트량  $\Delta \lambda$ 분을 보정(차감)함으로써, 각 발광 소자에 대한 정확한 중심 파장을 도출해도 된다.
- [0072] 다음으로, 도 5를 참조하여, 검사 장치(1)가 실행하는 검사 방법(발광 소자의 색 불균일 정보의 도출)의 처리 순서에 대해서 설명한다. 도 5는 검사 장치(1)가 실행하는 검사 방법의 플로차트이다.
- [0073] 도 5에 나타내지는 바와 같이, 검사 장치(1)에서는, 처음에, 샘플(S)에 있어서의 조사 영역이 결정된다(스텝 S1). 구체적으로는, 제어 장치(100)는 XY 스테이지(12)를 제어함으로써 여기광의 조사 영역을 결정한다.
- [0074] 이어서, 제어 장치(100)의 제어에 따라서, 여기 광원(20)이 샘플(S)의 조사 영역에 여기광을 조사한다(스텝 S2). 여기 광원(20)은 샘플(S)의 발광 소자를 여기시키는 파장을 포함하는 광을 생성하여 출사한다. 여기광은 광학계(30)의 광파이버 케이블(31) 및 도광 렌즈(32)를 거쳐 다이크로익 미러(40)에 도달하고, 다이크로익 미러(40)에 있어서 반사되어, 대물 렌즈(51)를 거쳐 샘플(S)의 조사 영역에 집광 된다. 샘플(S)의 발광 소자는 여기광에 따라서 형광을 발생시킨다. 해당 형광은 다이크로익 미러(40)를 투과하여, 다이크로익 미러(60)에 있어서 단파장측의 형광과, 장파장측의 형광으로 분리된다. 단파장측의 형광은, 결상 렌즈(71)에 의해서 결상되어 카메라(81)로 안내된다. 장파장측의 형광은, 결상 렌즈(72)에 의해서 결상되어 카메라(82)로 안내된다.
- [0075] 카메라(81)는 단파장측의 형광을 촬상한다(스텝 S3). 또한, 카메라(82)는 장파장측의 형광을 촬상한다(스텝 S3). 카메라(81, 82)는 촬상 결과인 형광 화상을 제어 장치(100)에 출력한다.
- [0076] 이어서, 제어 장치(100)는 형광 화상에 기초하여 발광 소자의 위치를 특정하고(스텝 S4), 각 발광 소자에 있어서의 발광 에어리어를 특정한다. 그리고, 제어 장치(100)는 단파장측의 형광 화상에 기초하여 각 발광 소자의 발광 에어리어 내의 휘도(평균 휘도)를 도출하는 것과 함께, 장파장측의 형광 화상에 기초하여 각 발광 소자의 발광 에어리어 내의 휘도(평균 휘도)를 도출한다(스텝 S5). 그리고, 제어 장치(100)는, 각 발광 소자에 대해서, 어드레스 위치와 휘도(단파장측의 평균 휘도 및 장파장측의 평균 휘도)를 연관짓는다(스텝 S6).
- [0077] 이어서, 제어 장치(100)는, 각 발광 소자에 대해서, 단파장측의 휘도 및 장파장측의 휘도의 합계값을 도출하고, 해당 합계값의 절대 휘도와 상대 휘도로부터 평가 지수를 도출한다(스텝 S7). 제어 장치(100)는, 예를 들면, 절대 휘도와 상대 휘도의 곱으로부터 평가 지수를 도출한다. 혹은, 제어 장치(100)는 절대 휘도와 상대 휘도의  $n$ 승( $n$ 은 자연수. 예를 들면 2)의 곱으로부터 평가 지수를 도출한다.
- [0078] 이어서, 제어 장치(100)는 샘플(S)의 모든 발광 소자(판정 대상의 발광 소자)에 대해서 상술한 평가 지수를 도출 완료했는지 여부를 판정한다(스텝 S8). 스텝 S8에 있어서 도출 완료되지 않았다고 판정했을 경우에는, 제어 장치(100)는 평가 지수를 도출하기 전의 발광 소자가 포함되도록 새로운 조사 영역을 결정한다(스텝 S9). 그 후, 다시 스텝 S2 이후의 처리가 행해진다.
- [0079] 스텝 S8에 있어서 모든 발광 소자에 대해서 평가 지수를 도출 완료했다고 판정했을 경우에는, 제어 장치(100)는 각 발광 소자의 평가 지수와 소정의 임계값을 비교하여, 불량품(불량 픽셀)을 특정한다(스텝 S10). 구체적으로는, 제어 장치(100)는 평가 지수가 높은 순서로 발광 소자의 소팅(재정렬)을 행하고, 평가 지수가 임계값 이상인 발광 소자를 양품(양호 픽셀), 해당 임계값보다도 작은 발광 소자를 불량품(불량 픽셀)으로 판정한다.
- [0080] 이어서, 제어 장치(100)는, 스텝 S10에 있어서 양품이라고 판정한 각 발광 소자에 대해서, 단파장측의 휘도와 장파장측의 휘도의 비로부터, 형광 파장의 중심(중심 파장)을 도출한다(스텝 S11). 중심 파장의 도출에 있어서는, 제어 장치(100)는, 다이크로익 미러(60)에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 더 고려하여, 구체적으로는 상기 (14)식을 이용하여, 중심 파장의 시프트량인  $\Delta \lambda$ 를 도출하고, 미리 도출되어 있는 중심 파장에 대해서 시프트량  $\Delta \lambda$ 분을 보정(차감)함으로써, 각 발광 소자에 대한 정확한 중심 파장을 도

출해도 된다.

- [0081] 마지막으로, 제어 장치(100)는 중심 파장이 규정된 파장 범위 내인지 여부를 판정하여 규정된 파장 범위 내가 아닌 발광 소자를 불량품(불량 픽셀)으로 하는 것과 함께, 규정된 파장 범위 내인 각 발광 소자에 대해서, 소정의 파장 범위마다 그레이드 분류를 행하고, 해당 그레이드에 기초하여, 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일 정보를 도출한다(스텝 S12). 제어 장치(100)는 해당 색 불균일 정보에 기초하여, 각 발광 소자 및 샘플(S)의 양부 판정을 행해도 된다.
- [0082] 다음으로, 본 실시 형태의 작용 효과에 대해서 설명한다.
- [0083] 본 실시 형태에 따른 검사 장치(1)의 작용 효과에 대해서 설명한다.
- [0084] 본 실시 형태에 따른 검사 장치(1)는, 복수의 발광 소자가 형성된 샘플(S)을 검사하는 검사 장치로서, 샘플(S)에 조사되는 여기광을 생성하는 여기 광원(20)과, 샘플(S)로부터의 형광을 파장에 따라서 투과 또는 반사시킴으로써 분리하는 광학 소자(다이크로익 미러(60))와, 다이크로익 미러(60)에 있어서 반사된 형광을 촬상하는 카메라(81)와, 다이크로익 미러(60)를 투과한 형광을 촬상하는 카메라(82)와, 카메라(81)에 의해서 취득된 제1 형광 화상과, 카메라(82)에 의해서 취득된 제2 형광 화상에 기초하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출하는 제어 장치(100)를 구비하고, 다이크로익 미러(60)에 있어서의, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대의 폭인 에지 변이폭(WE)은, 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼(ES)의 반치전폭(WH)보다도 넓다(도 2 참조).
- [0085] 검사 장치(1)에서는, 다이크로익 미러(60)에 있어서의, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하는 파장대의 폭인 에지 변이폭이, 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓게 되어 있다. 예를 들면, 에지 변이폭이 좁은 광학 소자를 이용한 경우에는, 파장폭이 좁은 형광에 대해서 적절히 분리할 수 없는 것이 생각된다. 가령 발광 소자의 정상 형광 스펙트럼의 파장폭이 5nm, 또한, 광학 소자의 에지 변이폭이 5nm라고 한다. 이때, 투과 파장과 반사 파장이 변화하는 것은 불과 15nm의 범위로 되어, 이 범위 이상으로 정상 형광 스펙트럼의 파장이 시프트되어도 투과율 내지 반사율이 100%가 될뿐으로, 얼마만큼 파장이 변화했는가 하는 정보는 얻을 수 없다. 또한, 반사광과 투과광의 비율의 변화량은, 정상 형광 스펙트럼의 휘도가 높은 피크가 에지 변이폭의 중심 파장에 가까울수록 크고, 멀어질수록 작게 된다. 즉, 이 변화량은 발광 파장의 스펙트럼 형상에 크게 의존한다. 실제 발광 소자는 단순한 발광(예를 들면 가우시안 분포의 스펙트럼)이 아니라, 복수 피크를 가진 경우도 있을 수 있다. 이와 같이, 에지 변이폭이 좁은 광학 소자를 이용한 경우, 파장의 변화량을 정확하게 추측하는 것은 거의 불가능하다. 이 점, 본 실시 형태에 따른 검사 장치(1)와 같이, 에지 변이폭이, 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓은, 즉 형광의 파장폭을 고려하여 그것에 대해 충분히 넓은 다이크로익 미러(60)가 이용됨으로써, 형광을 파장에 따라서 용이하게 분리할 수 있다. 이것으로, 파장에 따라서 분리된 각 형광에 기초하는 제1 형광 화상 및 제2 형광 화상으로부터, 색 불균일 정보를 고정밀도로 도출할 수 있다.
- [0086] 또한, 본 실시 형태에서는, 다이크로익 미러(60)의 에지 변이폭이 150nm 이하로 되어 있다. 에지 변이폭이 과도하게 넓게 되었을 경우에는, 다이크로익 미러의 분해능이 저하되어, 형광을 단파장측과 장파장측으로 분리한다고 하는 다이크로익 미러의 본래의 기능에 영향을 미칠 우려가 있다. 이 점, 에지 변이폭이 정상 형광 스펙트럼의 반치전폭보다도 넓고 또한 150nm 이하로 됨으로써, 파장폭이 좁은 형광에 대응하면서 형광을 단파장측과 장파장측으로 용이하게 분리할 수 있다.
- [0087] 상술한 바와 같이, 본 실시 형태에서는, 광학 소자로서 다이크로익 미러(60)를 이용함으로써, 파장에 따라서 형광을 용이하게 분리할 수 있다.
- [0088] 제어 장치(100)는, 다이크로익 미러(60)에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 더 고려하여, 발광 소자의 색 불균일 정보를 도출해도 된다. 색 불균일 정보는 예를 들면 분리한 각 형광 화상의 휘도의 비 등을 고려하여 도출된다. 에지 변이폭이 넓은 다이크로익 미러(60)를 이용한 경우에는, 파장의 변화에 따라서 투과율 및 반사율이 변화하기 때문에, 각 형광 화상의 휘도의 비가, 통상의 다이크로익 미러(에지 변이폭이 좁은 광학 소자)를 이용한 경우와는 다른 것이 생각된다. 이 점, 다이크로익 미러(60)에 있어서의 파장의 변화에 대한 투과율 또는 반사율의 변화 비율을 고려하여 색 불균일 정보를 도출함으로써, 에지 변이폭이 넓은 다이크로익 미러(60)를 이용한 영향을 제거하여, 고정밀도로 색 불균일 정보를 도출할 수 있다.
- [0089] 제어 장치(100)는 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일 정보를 도출한다. 이것에 의해, 샘플(S) 단위에서의 색 불균일 정보를 출력할 수 있어, 해당 색 불균일 정보에 기초하여, 예를 들면 각 발광 소자의 양부 판정 등을 행할 수 있다.

- [0090] 이상, 본 실시 형태에 대해서 설명했지만, 본 발명은 상기 실시 형태로 한정되지 않는다. 예를 들면, 광학 소자로서 다이크로익 미러(40, 60)를 이용하는 것으로 하여 설명했지만 이것으로 한정되지 않고, 예를 들면 하프 미러, 쇼트(short) 패스 필터, 및 롱(long) 패스 필터 등을 조합한 구성을 광학 소자로서 이용해도 된다. 또한, 예를 들면, 하프 미러 및 에지 변위폭이 넓은 다이크로익 필터를 조합한 구성을 광학 소자로서 이용해도 된다. 이 경우, 예를 들면 에지 변위폭이 넓은 다이크로익 미러(60)는 하프 미러와, 카메라(81, 82) 측에 배치된 에지 변위폭이 넓은 다이크로익 필터에 의해 구성할 수 있다.
- [0091] 또한, 제어 장치(100)가 복수의 발광 소자 사이에 있어서의 색 불균일 정보를 도출하는 것으로 하여 설명했지만 이것으로 한정되지 않고, 제어 장치(100)는 각 발광 소자 내의 색 불균일 정보를 도출하는 것이어도 된다. 이 경우에 있어서는, 제어 장치(100)가 발광 소자 단위에서의 색 불균일 정보를 출력할 수 있어, 해당 색 불균일 정보에 기초하여 각 발광 소자 내의 이상 지점 등을 특정할 수 있다.
- [0092] 다음으로, 본 발명의 추가 실시 형태로서, 시야 내의 위치에 따른 파장 시프트 보정(도 6 참조), 여기광의 조명 휘도 조정(도 7~도 10 참조), 및, 파장의 변동(요동)에 따른 발광 소자의 양부 판정(도 11 참조)에 대해서 설명한다.
- [0093] (시야 내의 위치에 따른 파장 시프트 보정)
- [0094] 도 6은 카메라(81, 82)에 있어서의 시야 내의 위치에 따른 입사 각도의 차이를 설명하는 도면이다. 도 6에는, 샘플(S)로부터의 형광을 다이크로익 미러(60) 방향으로 안내하는 대물 렌즈(51)와, 다이크로익 미러(60)가 도시되어 있다. 또한, 여기서의 대물 렌즈(51) 및 다이크로익 미러(60)는, 도 1에 도시되는 대물 렌즈(51) 및 다이크로익 미러(60)와 마찬가지로의 구성으로, 마찬가지로의 위치 관계에 있는 것으로 한다. 여기서, 일반적으로 무한원 보정된 대물 렌즈(51)를 이용하면, 샘플(S)의 일점으로부터 발생한 광(형광)은, 대물 렌즈(51)를 통과한 후에 있어서 평행광으로 된다. 이것은, 카메라(81, 82)의 시야 내의 각 점(각 화소)에 있어서 성립된다. 그렇지만, 각 점에 있어서 광속은 평행하기는 하지만, 다른 점의 광속끼리는 평행하지 않다. 이 때문에, 다이크로익 미러(60)에 입사하는 광의 각도는, 카메라(81, 82)의 시야 내의 어느 점(화소)으로부터의 광인가에 따라서 달라지게 된다. 그리고, 다이크로익 미러(60)의 광학 특성은, 형광의 입사 각도에 의해서 변화한다. 즉, 다이크로익 미러(60)에 있어서는, 형광의 입사 각도(즉 시야 내에 있어서의 화소의 위치)에 따라서, 투과율이 50%로 되는 파장(중심 파장)이 변화한다.
- [0095] 일례로서, 카메라(81, 82)의 시야 사이즈가  $\pm 0.47\text{mm}$ ( $0.94\text{mm}$  각), 대물 렌즈(51)가 10배 렌즈인 경우에 있어서, 도 6에 나타내는 시야 내의 일단축의 광속 L1과 타단축의 광속 L2에서는, 각도차가  $\pm 1.31^\circ$ 로 되는 것으로 한다. 이와 같은 각도차가 있으면, 예를 들면 중심 파장이  $460\text{nm}$  정도인 경우에 있어서는 광속 L1, L2의 파장차가  $\pm 1.8\text{nm}$  정도로 되고, 중심 파장이  $520\text{nm}$  정도인 경우에 있어서는 광속 L1, L2의 파장차가  $\pm 2.6\text{nm}$  정도로 되며, 중심 파장이  $600\text{nm}$  정도인 경우에 있어서는 광속 L1, L2의 파장차가  $\pm 3.0\text{nm}$  정도로 되어 버린다.
- [0096] 본 실시 형태에서는, 이와 같은 파장 시프트를 제어 장치(100)가 보정한다. 즉, 제어 장치(100)는, 형광 화상의 각 화소에 대해서, 카메라(81, 82)의 시야 내에 있어서의 위치에 따른 파장 시프트를 보정한다. 구체적으로는, 제어 장치(100)는 시야 내에 있어서의 위치에 따라서 추정되는 각 화소에 대한 다이크로익 미러(60)로의 형광의 입사 각도와, 형광의 입사 각도에 따른 파장의 변화량에 관한 다이크로익 미러(60)의 광학 특성에 기초하여, 각 화소에 대해서 파장 시프트를 보정한다. 제어 장치(100)는, 미리, 시야 내에 있어서의 위치와 광학 소자의 입사 각도의 관계, 및, 입사 각도에 따른 파장의 변화량(다이크로익 미러(60)의 광학 특성)을 취득하고 있기 때문에, 형광 화상의 각 화소의 위치가 입력됨으로써, 계산(시뮬레이션)에 의해서 파장의 변화량(시프트량)을 도출할 수 있다. 그리고, 제어 장치(100)는, 각 화소의 파장의 변화량(파장 시프트)을 작게 하도록, 파장의 보정량(오프셋)을 결정한다.
- [0097] 제어 장치(100)는, 상술한 보정에 더하여, 시야 내에 있어서의 각 화소의 파장의 분산이 작게 되도록, 각 화소에 대해서 파장 시프트를 보정해도 된다. 상술한 시뮬레이션의 결과는, 어디까지나 설계값에 기초하는 보정이다. 그 때문에, 예를 들면 다이크로익 미러(60)의 설치 각도가 설계값으로부터 시프트되어 있는 경우 등에 있어서는, 정밀도가 높은 파장 시프트 보정을 행할 수 없는 경우가 있다. 이와 같은 경우에도, 시야 내에 있어서의 각 화소의 파장의 분산이 작게 되도록 각 화소에 대해서 파장 시프트 보정을 행함으로써, 설계값과는 관계없이, 시야 내의 파장을 같은 정도로 할 수 있어, 시야 내의 위치에 기인하는 파장 시프트를 적절히 보정할 수 있다. 또한, 제어 장치(100)는 상술한 시뮬레이션에 의한 보정을 행하는 일 없이, 본 보정만을 행해도 된다.
- [0098] (여기광의 조명 휘도 조정)

- [0099] 다음으로, 여기광의 조명 휘도 조정에 대해서 설명한다. 반도체 디바이스인 샘플(S)에 대해서 여기광을 조사하고 형광 관찰을 행하는 경우에 있어서는, 샘플(S)에 있어서의 불순물 또는 결함 지점으로부터 발생하는 형광(이상인 형광)의 파장을 포함하는 브로드한 형광을 취득한다. 즉, 형광 관찰에 있어서는, 본래의 형광의 파장 및 이상인 형광의 파장 양방을 포함하는 브로드한 형광을 취득한다. 여기서, 이상인 형광에 대해서는 여기광의 조명 휘도에 대해서 거의 비례하여 강해지는 것에 대하여, 본래의 형광은 여기광의 조명 휘도에 대해서 대략 2승 정도로 강해진다. 이 때문에, 여기광의 조명 휘도가 비교적 낮은 경우에는, 본래의 형광의 휘도(본래의 형광 강도: 제1 형광 강도)와 이상인 형광의 휘도(이상인 형광 강도: 제2 형광 강도)의 차가 작은 것에 대하여, 여기광의 조명 휘도가 비교적 높은 경우에는, 제1 형광 강도와 제2 형광 강도의 차가 크게 된다.
- [0100] 도 7은 여기광의 조명 휘도에 따른 형광의 스펙트럼 강도를 나타내는 도면이다. 도 7에 나타내지는 바와 같이, 조명 휘도가 비교적 낮은 경우(도 7 내에 있어서의 조명 휘도: 0 또는 5의 그래프 참조)에 있어서는, 스펙트럼 강도로부터 제1 형광 강도 및 제2 형광 강도의 차이를 판별하는 것은 어렵다. 즉, 여기광이 약한 조건에서는 관찰해야 할 본래의 형광이 이상인 형광에 묻혀 버려 관찰하기 어렵다. 한편으로, 도 7에 나타내지는 바와 같이, 조명 휘도가 비교적 높은 경우(도 7 내에 있어서의 조명 휘도: 128의 그래프 참조)에 있어서는, 제1 형광 강도가 충분히 크게 되기 때문에, 스펙트럼 강도로부터, 본래의 형광의 휘도(제1 형광 강도)와 결함 등에 기인하는 이상인 형광의 휘도(제2 형광 강도)를 구별할 수 있다. 이 경우에는, 발광 소자의 발광 휘도 및 파장을 정확하게 관찰할 수 있다.
- [0101] 본 실시 형태에서는, 색 불균일 정보를 도출하기 보다도 전에 행하는 전처리에 있어서, 상술한 제1 형광 강도와 제2 형광 강도를 구별할 수 있을 정도로 여기광의 조명 휘도가 강하게 되도록, 여기광의 조명 휘도 조정을 행한다. 구체적으로는, 도 8에 도시되는 검사 장치(500)에 의해, 여기광의 조명 휘도 조정이 행해진다. 또한, 도 8에 있어서는, 여기광의 조명 휘도 조정을 행하기 위한 구성만을 도시하고 있지만, 실제로는, 도 1에 도시되는 촬상부 등의 색 불균일 정보의 도출에 관한 구성도 구비하고 있으며, 여기광의 조명 휘도 조정에 관한 처리(전처리)와, 색 불균일 정보의 도출에 관한 처리에서, 대응하는 구성을 전환하여 사용 가능하게 되어 있다.
- [0102] 도 8에 도시되는 바와 같이, 검사 장치(500)는 다이크로익 미러(40)의 후단에, 하프 미러(510)와, 분광기(520)를 구비하고 있다. 하프 미러(510)는 샘플(S)로부터의 형광의 적어도 일부를 분광기(520) 방향으로 반사 가능하게 구성되어 있다. 분광기(520)는 하프 미러(510)를 통해서 입력된 형광을 파장마다 분해하여 해당 형광의 스펙트럼(도 7 참조)을 계측한다.
- [0103] 제어 장치(100)는, 여기광의 조명 휘도 조정에 관한 처리(전처리)에 있어서, 분광기(520)가 계측한 형광의 스펙트럼에 기초하여, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도와, 해당 제1 형광 강도보다도 작은 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도를 특정하고, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도와 비교하여 소정값 이상 크게 되도록, 샘플(S)에 조사되는 여기광의 조명 휘도를 결정한다. 제어 장치(100)는, 예를 들면, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도의 10배 이상 크게 될 때까지, 여기 광원(20)으로부터 조사되는 여기광의 조명 휘도가 강하게 되도록 조명 휘도를 조정한다. 그리고, 여기 광원(20)은, 전처리 후의 색 불균일 정보를 도출하는 처리에 있어서, 제어 장치(100)에 의해서 결정된 조명 휘도의 여기광을 생성한다.
- [0104] 도 9는 제어 장치(100)에 의한 조명 휘도의 조정 처리를 나타내는 플로차트이다. 또한, 이하의 설명에서 제어 장치(100)가 실시하는 것으로 하는 처리의 일부에 대해서는, 검사 실시자가 실행해도 된다. 도 9에 나타내지는 바와 같이, 제어 장치(100)는, 검사 장치(500)의 구성을, 도 8에 도시되는 분광기(520)를 이용하는 구성(전처리를 실시하는 구성)으로 전환하여(스텝 S1), 여기광의 파장을 여기용의 파장으로 전환한다(스텝 S2). 또한, 제어 장치(100)는 여기광의 파장을 전환하는 것을 대신하여 밴드 패스 필터를 삽입해도 된다.
- [0105] 이어서, 제어 장치(100)는, 분광기(520)의 전단에, 여기 파장을 제거하는 필터를 삽입한다(스텝 S3). 그리고, 제어 장치(100)는, 분광기(520)가 계측한 형광의 스펙트럼에 기초하여, 제1 형광 강도 및 제2 형광 강도를 특정한다(스텝 S4). 제어 장치(100)는 제2 형광 강도가 제1 형광 강도의 1/10 이하인지(제1 형광 강도가 제2 형광 강도의 10배 이상인지)를 판정한다(스텝 S5).
- [0106] 스텝 S5에 있어서, 제2 형광 강도가 제1 형광 강도의 1/10 이하로 되어 있지 않다고 판정되었을 경우에는, 제어 장치(100)는 여기 광원(20)으로부터 조사되는 여기광의 조명 휘도를 소정값만큼 강하게 하고(스텝 S6), 다시 스텝 S4 이후의 처리가 실시된다. 이와 같이 하여, 스텝 S5에 있어서 제2 형광 강도가 제1 형광 강도의 1/10 이하로 되어 있다고 판정될 때까지는, 조명 휘도를 변경(강하게)하는 처리가 반복 실시된다.
- [0107] 스텝 S5에 있어서, 제2 형광 강도가 제1 형광 강도의 1/10 이하로 되어 있다고 판정되었을 경우에는, 제어 장치



(100)는, 그 시점의 조명 휘도를, 관찰계(색 불균일 정보를 도출하는 처리)에 있어서의 조명 휘도로 결정한다(스텝 S7). 그리고, 제어 장치(100)는, 검사 장치(500)의 구성을, 관찰계(색 불균일 정보를 도출하는 처리)의 구성으로 전환하여, 색 불균일 정보의 도출 처리를 개시한다(스텝 S8).

[0108] 또한, 제어 장치(100)는 결정한 조명 휘도의 여기광이 여기 광원(20)에 의해서 생성되어, 카메라(81, 82)(도 1 참조)에 있어서 형광이 환상됨으로써, 카메라(81, 82) 중 적어도 어느 한쪽에서의 입사 광량이 포화되는 경우, 포화되는 카메라(81, 82)의 전단에 광량을 제한하는 필터를 삽입해도 된다.

[0109] 또한, 제어 장치(100)는, 여기 광원(20)이 펄스광인 여기광을 생성·조사하고 있는 경우에 있어서, 펄스광의 듀티비를 조정함으로써, 카메라(81, 82)로의 입사 광량을 억제하여, 상술한 카메라(81, 82)의 포화를 회피해도 된다. 즉, 제어 장치(100)는, 도 10에 나타내지는 바와 같이, 카메라(81, 82)의 포화가 문제가 되지 않을 정도로 여기광의 조명 휘도가 낮은 경우(샘플(S)이 어두운 경우)와 비교하여, 카메라(81, 82)가 포화될 정도로 여기광의 조명 휘도가 높은 경우(샘플(S)이 밝은 경우)에 있어서 펄스광의 듀티비를 작게 함으로써, 카메라(81, 82)로의 형광의 입사 시간을 짧게 하여, 형광의 강도를 변경하지 않고 입사 광량을 억제해도 된다. 또한, 여기 광원(20)은, 제어 장치(100)의 제어에 기초하여, 펄스광의 주파수를, 카메라(81, 82)의 노광 시간의 역수의 정수배로 동기시킴으로써, 각 노광 시간에 포함되는 펄스광의 수를 서로 같게 하여 각 노광 시간에서의 형광의 입사 광량을 통일하는 것이 바람직하다.

[0110] 또한, 제어 장치(100)는, 상술한 전처리에 있어서, 조명 휘도가 낮은 경우의 이상인 형광만의 신호를 정수배하여, 조명 휘도가 높은 경우의 신호 스펙트럼으로부터 이상인 형광의 스펙트럼만을 제거하는 처리를 행해도 된다.

[0111] (파장의 변동에 따른 발광 소자의 양부 판정)

[0112] 다음으로, 파장의 변동에 따른 발광 소자의 양부 판정 수법에 대해서 설명한다. 본 수법은, 발명자들이, 「샘플(S)에 있어서의 각 발광 소자의 형광 파장의 중심(중심 파장)은, 불량품인 휘도대일수록 요동하기 쉽다(홀어짐)」는 것에 주목하여, 형광 파장의 중심의 변동에 따라서 양부 판정을 행하는 것이다. 이와 같은 변동은, 불량품에서는, 불순물이나 리크 전류에 의해서 전압이 내려가 에너지량이 감소하기 때문에, 장파장 방향으로 형광이 시프트되기 쉽게 됨으로써 발생하는 것으로 생각된다.

[0113] 도 11은 형광 파장의 중심의 변동에 따른 발광 소자의 양부 판정에 대해서 설명하는 도면이다. 도 11은 샘플(S)의 모든 발광 소자에 있어서 PL휘도(형광 휘도) 순서로 발광 소자의 소팅(재정렬)을 행한 경우의 결과의 일례를 나타내고 있다. 도 11의 (a)의 가로축은 형광 휘도, 세로축은 발광(형광) 파장의 중심을 나타내고 있고, 도 11의 (a) 내의 원은 각 발광 소자의 결과를 나타내고 있다. 또한, 도 11의 (b)의 가로축은 형광 휘도, 세로축은 발광 소자의 수(빈도)를 나타내고 있다. 도 11의 (b)에 나타내지는 바와 같이, 어느 휘도대의 발광 소자의 수(빈도)를 정점으로, 휘도가 높아지는 방향 및 휘도가 낮아지는 방향의 각각의 방향에 있어서 서서히 발광 소자의 수(빈도)가 적어지고 있다. 또한, 도 11의 (a)에 나타내지는 바와 같이, 비교적 휘도가 높은(양품인) 휘도대에 있어서는 발광 소자의 형광 파장의 변동이 작은데 대하여, 비교적 휘도가 낮은(불량품인) 휘도대에 있어서는 발광 소자의 형광 파장의 변동이 크게 되어 있다. 제어 장치(100)는 변동이 크게 되어 있는 휘도대의 발광 소자를 불량품으로 판정한다.

[0114] 즉, 제어 장치(100)는, 단파장측의 형광 화상(제1 형광 화상) 및 장파장측의 형광 화상(제2 형광 화상)에 기초하여, 각 발광 소자의 휘도 및 형광 파장의 중심을 도출한다. 그리고, 제어 장치(100)는 휘도순서로 발광 소자의 소팅을 행하여, 형광 파장의 변동이 소정값보다도 크게 되는 휘도대의 발광 소자를 불량품으로 판정하고, 형광 파장의 변동이 소정값 이하로 되는 휘도대의 발광 소자를 양품으로 판정한다. 제어 장치(100)는, 예를 들면 소팅한 후에, 불량품측(휘도가 작은 쪽)으로부터 일정 수마다(예를 들면 10개씩) 형광 파장의 요동(표준 편차)을 도출하고, 해당 요동이 소정 이하로 수렴하는 휘도를 양품/불량품의 임계값으로 판단한다.

[0115] 또한, 제어 장치(100)는 2개의 카메라(81, 82)에 의한 계측 결과(형광 화상)로부터 형광 파장의 중심을 도출할 때, 상술한 분광기(520)의 계측 결과(전처리에 있어서 취득한 결과)를 고려하여 보정을 행해도 된다. 이것에 의해, 형광 파장의 중심을 보다 고정밀도로 도출할 수 있다.

[0116] 마지막으로, 추가 실시 형태로서 설명한 각 양태의 작용 효과에 대해서 설명한다.

[0117] 제어 장치(100)는, 형광 화상의 각 화소에 대해서, 카메라(81, 82)의 시야 내에 있어서의 위치에 따른 파장 시프트를 보정해도 된다. 샘플(S)로부터 다이크로익 미러(60)에 입사하는 광의 각도는, 카메라(81, 82)의 시야 내의 위치에 따라서 다르다. 그리고, 다이크로익 미러(60)로의 입사 각도의 차이는, 형광 파장의 중심(중심 파

장)의 차이(과장 시프트)를 발생시킨다. 즉, 시야 내에 있어서의 위치에 따라서, 각 화소에 관한 형광의 중심 과장의 차이(과장 시프트)를 발생시켜 버린다. 이 점, 상술한 바와 같이, 카메라(81, 82)의 시야 내에 있어서의 위치에 따른 과장 시프트가 보정됨으로써, 시야 내의 위치에 기인한 과장 시프트를 억제하여, 각 화소에 관한 본래의 형광을 적절히 취득할 수 있다.

[0118] 제어 장치(100)는 시야 내에 있어서의 위치에 따라서 추정되는 각 화소에 대한 다이크로익 미러(60)로의 형광의 입사 각도와, 형광의 입사 각도에 따른 과장의 변화량에 관한 다이크로익 미러(60)의 광학 특성에 기초하여, 각 화소에 대해서 과장 시프트를 보정해도 된다. 시야 내에 있어서의 위치와 다이크로익 미러(60)로의 입사 각도의 관계, 및 입사 각도에 따른 과장의 변화량이 미리 특정되어 있음으로써, 시야 내에 있어서의 위치로부터 그 화소에 대한 과장의 변화량을 도출할 수 있으므로, 각 화소에 관하여 용이하고 적절하게 과장 시프트를 보정할 수 있다.

[0119] 제어 장치(100)는 시야 내에 있어서의 각 화소의 과장의 분산이 작게 되도록, 각 화소에 대해서 과장 시프트를 보정해도 된다. 이것에 의해, 시야 내의 각 화소에 관한 형광의 중심 과장의 변동이 억제되기 때문에, 시야 내의 위치에 기인한 과장 시프트를 적절히 보정할 수 있다.

[0120] 검사 장치(500)는 형광을 과장마다 분해하여 스펙트럼을 측정하는 분광기(520)를 더 구비하고, 제어 장치(100)는, 색 불균일 정보를 도출하기 보다는 전에 행하는 전처리에 있어서, 스펙트럼에 기초하여, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도와, 해당 제1 형광 강도보다도 작은 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도를 특정하고, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도와 비교하여 소정값 이상 크게 되도록, 샘플(S)에 조사되는 여기광의 조명 휘도를 결정하고, 여기 광원(20)은 제어 장치(100)에 의해서 결정된 조명 휘도의 여기광을 생성해도 된다. 본래의 형광은, 불순물이나 결합에 기인하는 이상인 형광과 비교하여, 여기광의 조명 휘도가 높게 되었을 경우의 증대율이 크다. 즉, 여기광의 조명 휘도가 낮은 경우에는 본래의 형광과 이상인 형광의 강도의 차이가 작아 본래의 형광이 이상인 형광에 묻혀 버릴 우려가 있는 것에 대하여, 여기광의 조명 휘도가 높은 경우에는 본래의 형광과 이상인 형광의 강도의 차이가 크게 되어 본래의 형광이 이상인 형광에 묻혀 버리는 것이 억제된다. 상술한 바와 같이, 전처리에 있어서, 본래의 형광 강도인 제1 형광 강도가, 이상인 형광 강도인 제2 형광 강도와 비교하여 충분히 크게 되도록 여기광의 조명 휘도가 결정됨으로써, 본래의 형광이 묻히지 않게 여기광의 조명 휘도를 결정할 수 있어, 색 불균일 정보를 정확하게 도출할 수 있다.

[0121] 제어 장치(100)는, 결정한 조명 휘도의 여기광이 여기 광원(20)에 의해서 생성되어 카메라(81, 82)에 있어서 형광이 촬상됨으로써, 카메라(81, 82) 중 적어도 어느 한쪽으로서의 입사 광량이 포화되는 경우, 포화되는 카메라(81, 82)의 전단에 광량을 제한하는 필터를 삽입해도 된다. 이것에 의해, 여기광의 조명 휘도를 높게 한 경우에도 카메라(81, 82)가 포화되는 것을 적절히 방지할 수 있다.

[0122] 여기 광원(20)은 펄스광인 여기광을 생성해도 된다. 펄스광이 조사됨으로써, 본래의 형광 및 이상인 형광은 모두 항상 피크 휘도로 비교되게 되기 때문에, 제1 형광 강도가 제2 형광 강도에 대해서 충분히 크게 되어 있는지를 용이하고 확실하게 판단할 수 있다.

[0123] 제어 장치(100)는, 결정한 조명 휘도의 여기광이 여기 광원(20)에 의해서 생성되어 카메라(81, 82)에 있어서 형광이 촬상됨으로써, 카메라(81, 82) 중 적어도 어느 한쪽으로서의 입사 광량이 포화되는 경우, 펄스광의 듀티비를 조정함으로써 입사 광량을 억제해도 된다. 카메라(81, 82)는 입사 광량, 즉 형광의 강도×시간에 의해서 포화될 수 있는바, 펄스광의 듀티비를 변화시켜 형광의 입사 시간을 조정함으로써, 형광의 강도(본래의 형광 및 이상인 형광의 비율)를 변경하지 않고, 카메라(81, 82)가 포화되는 것을 적절히 억제할 수 있다.

[0124] 여기 광원(20)은, 펄스광의 주파수를, 카메라(81, 82)의 노광 시간의 역수의 정수배로 동기시켜도 된다. 이것에 의해, 각 노광 시간에 포함되는 펄스광의 수를 서로 같게 할 수 있어, 각 노광 시간 동안에 형광의 입사 광량이 다른 것을 방지할 수 있다.

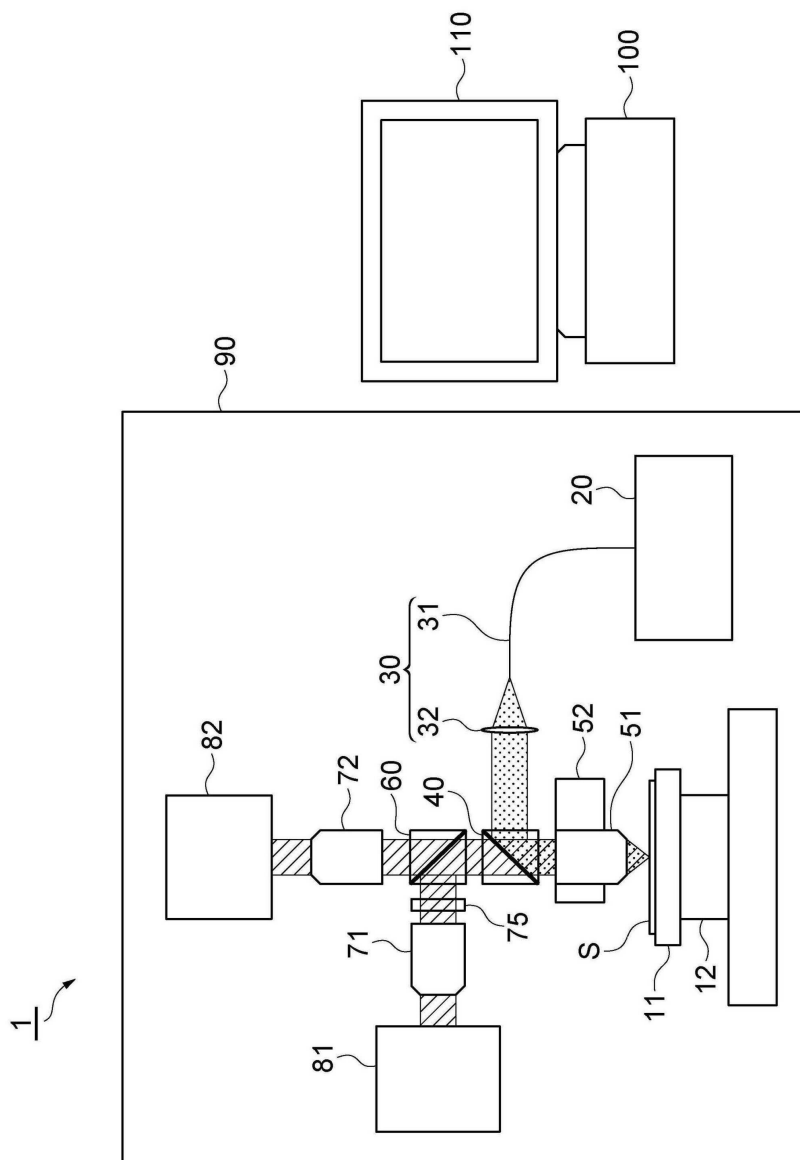
[0125] 제어 장치(100)는, 단파장측의 형광 화상(제1 형광 화상) 및 장파장측의 형광 화상(제2 형광 화상)에 기초하여, 각 발광 소자의 휘도와 형광 과장의 중심을 도출하고, 형광 과장의 중심의 변동이 소정값보다도 크게 되는 휘도의 발광 소자를 불량품으로 판정하고, 형광 과장의 중심의 변동이 소정값 이하로 되는 휘도의 발광 소자를 양품으로 판정해도 된다. 형광 과장의 중심(중심 과장)은, 불량품인 휘도대일수록 요동하기 쉽다(변동하기 쉬움). 이 때문에, 형광 과장의 중심의 변동이 소정값보다도 크게 되는 휘도(휘도대)의 발광 소자를 불량품으로 판정함으로써, 고정밀도로 그리고 간단하고 쉽게 양품/불량품의 판정을 행할 수 있다.

[0126] LED의 발광 과장은, 디바이스의 온도에 의존하는 것이 알려져 있다. 그 때문에, 척(11)은 조명광의 반사에 의한

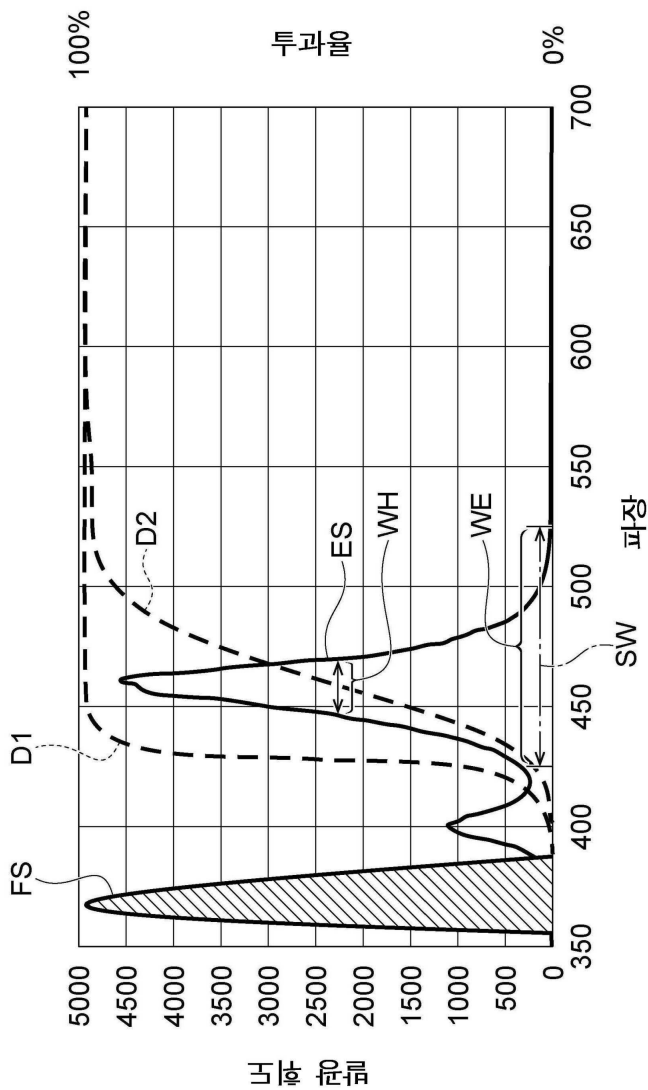


도면

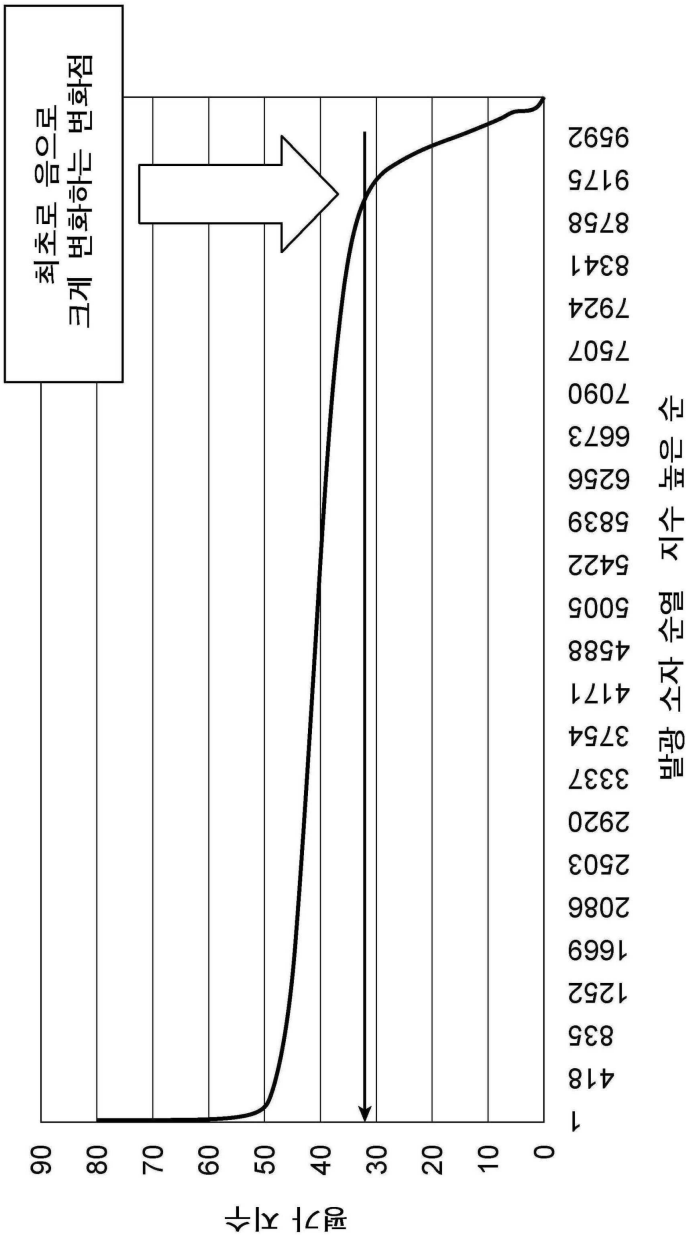
도면1



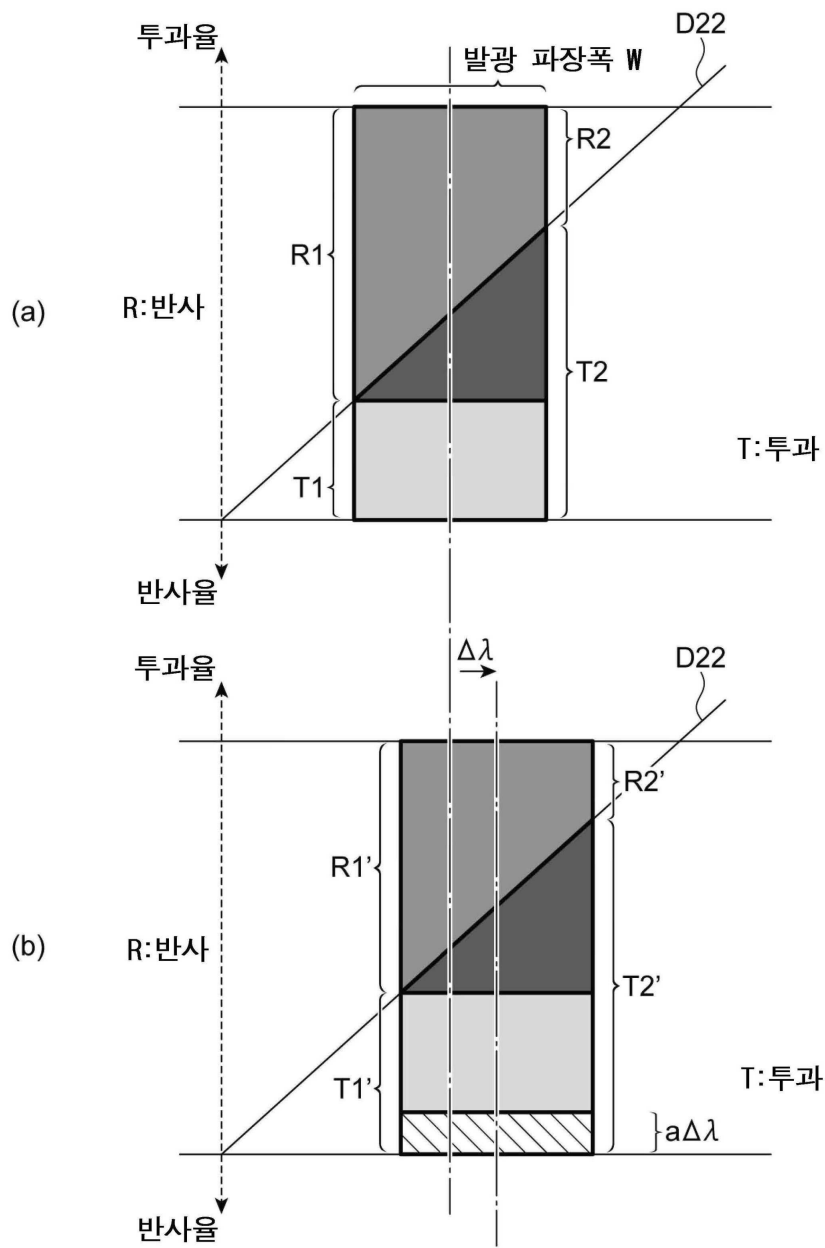
도면2



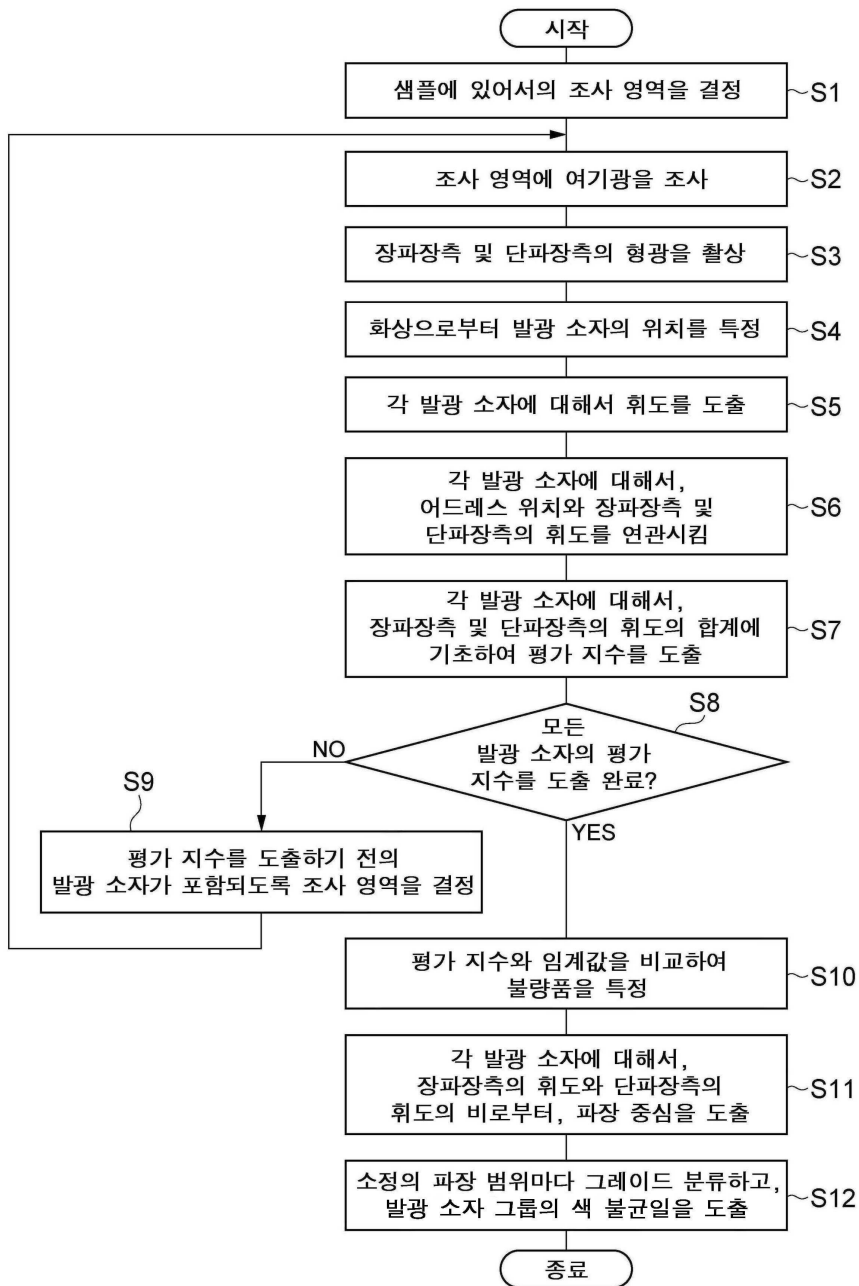
도면3



도면4

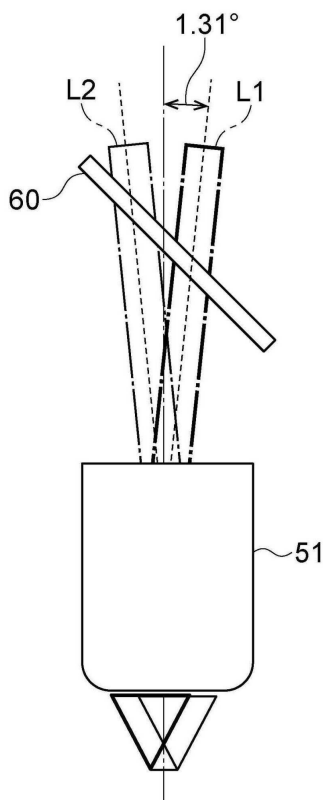


도면5

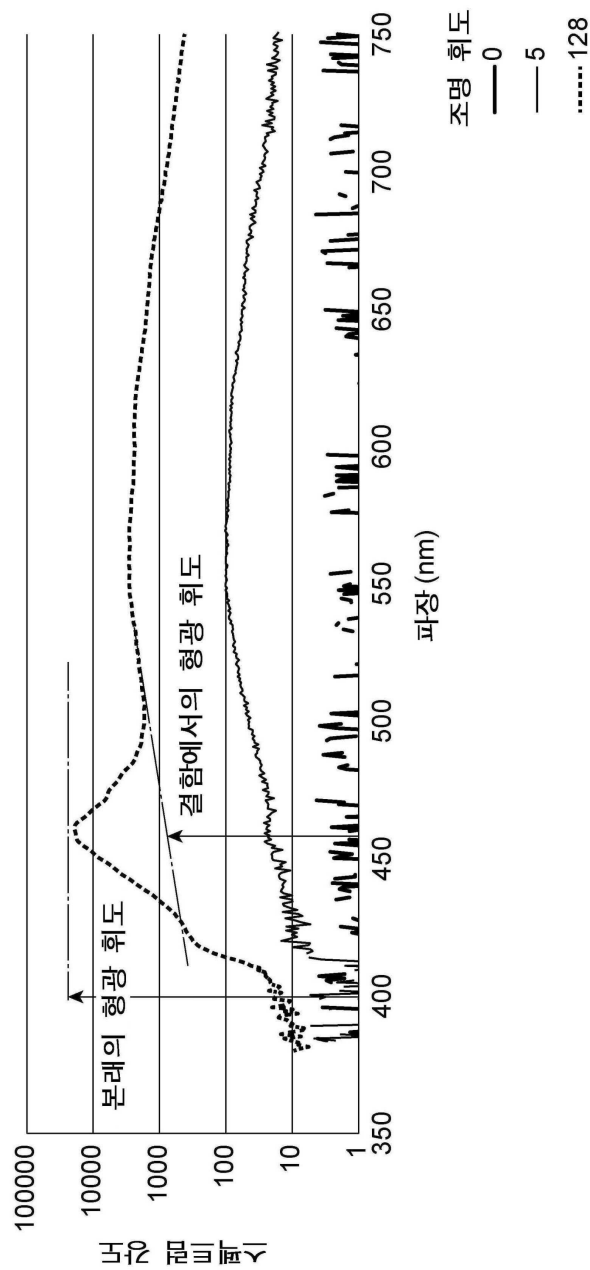




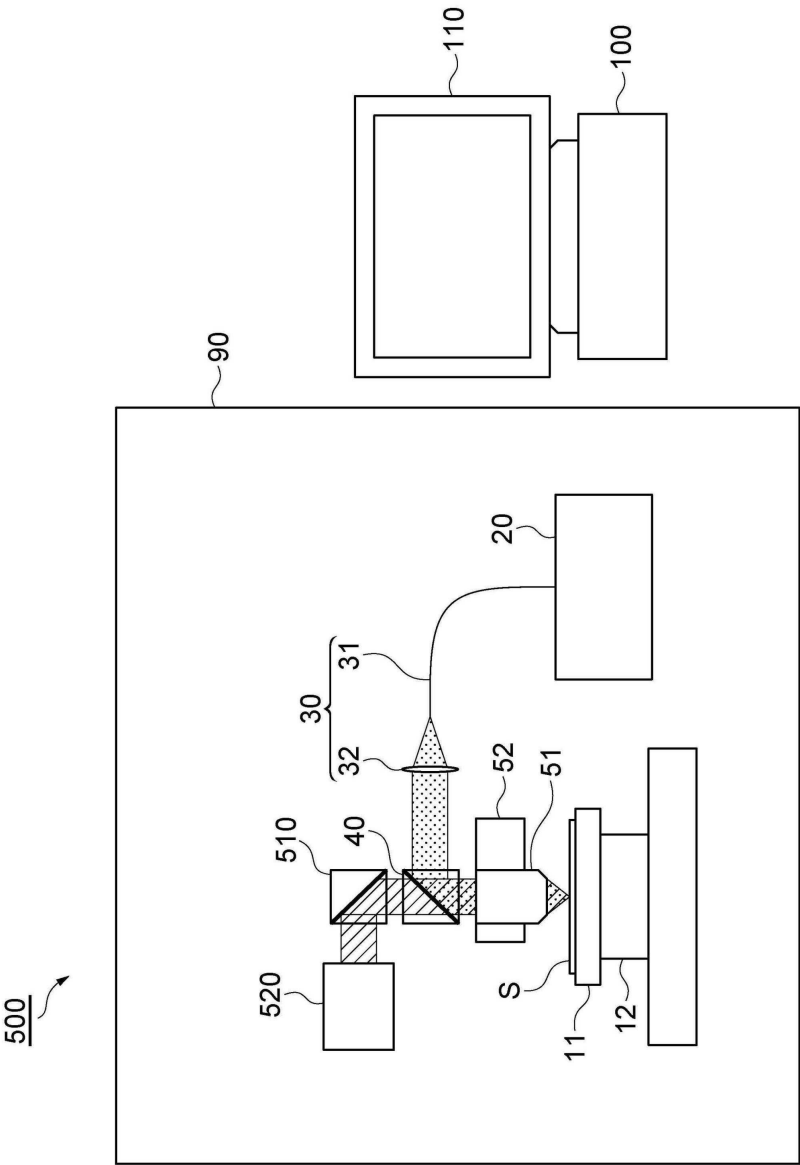
도면6



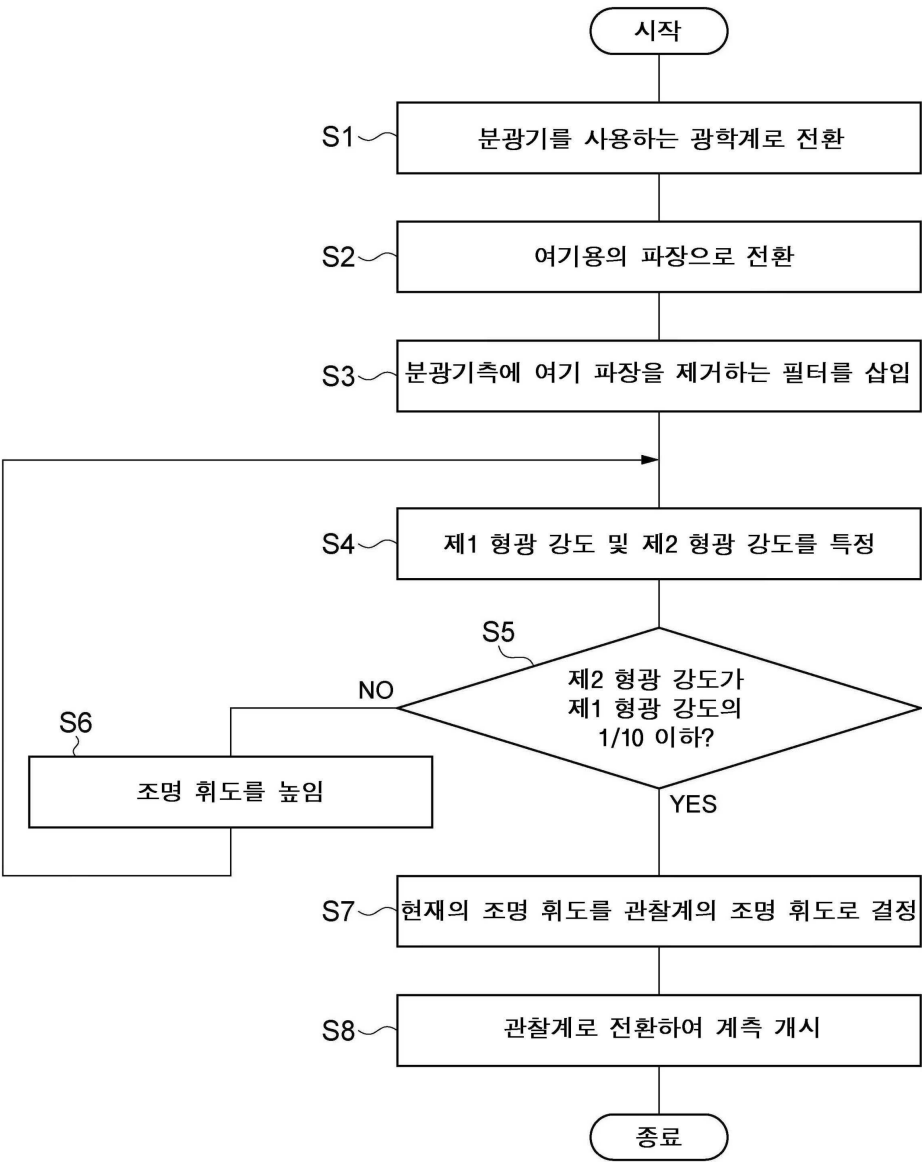
도면7



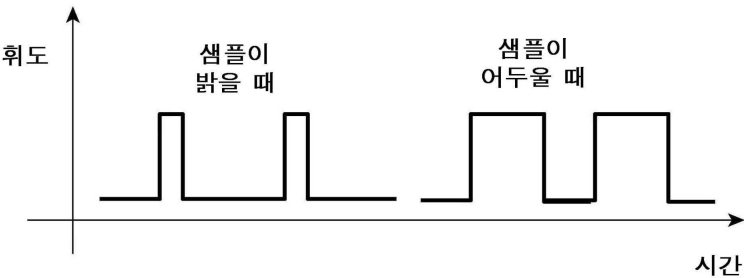
도면8



도면9



도면10



도면11

