



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월22일
 (11) 등록번호 10-1781219
 (24) 등록일자 2017년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01J 3/443 (2006.01) G01N 21/64 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0023609
 (22) 출원일자 2011년03월17일
 심사청구일자 2016년02월12일
 (65) 공개번호 10-2011-0105349
 (43) 공개일자 2011년09월26일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2010-061804 2010년03월18일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP05113386 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 오츠카 일렉트로닉스 가부시키키가이샤
 일본 오사카 히라카타시 쇼다이타지카 3-26-3
 (72) 발명자
 오사와 요시히로
 일본 오사카 히라카타시 쇼다이타지카 3-26-3 오
 츠카 일렉트로닉스 가부시키키가이샤 내
 오오꾸보 가즈아끼
 일본 오사카 히라카타시 쇼다이타지카 3-26-3 오
 츠카 일렉트로닉스 가부시키키가이샤 내
 (74) 대리인
 장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 8 항

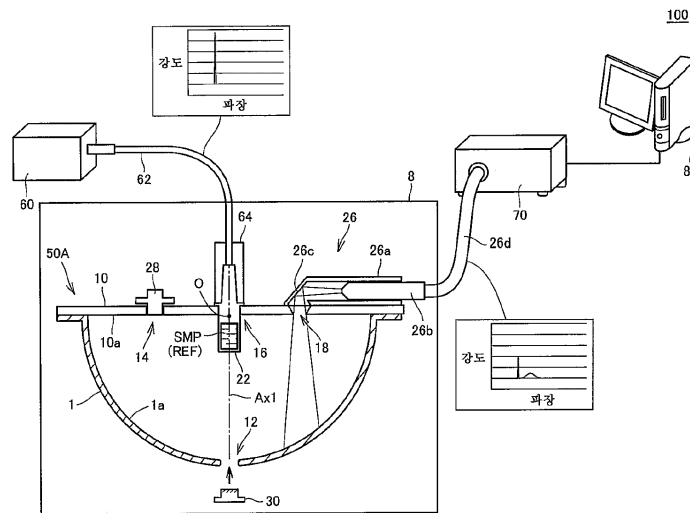
심사관 : 김창주

(54) 발명의 명칭 **양자 효율 측정 방법, 양자 효율 측정 장치 및 적분기**

(57) 요약

양자 효율 측정 방법은, 적분 공간을 갖는 적분기 내의 소정 위치에 시료를 배치하는 스텝(S10)과, 여기광을 시료에 조사하는 동시에, 제2 창을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 제1 스펙트럼으로서 측정하는 스텝(S12)과, 여기광 입사 부분을 시료를 투과 후의 여기광이 적분 공간 내로 반사되지 않도록 구성하는 스텝(S20)과, 여기광을 시료에 조사하는 동시에, 제2 창을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 제2 스펙트럼으로서 측정하는 스텝(S22)과, 제1 스펙트럼 중 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분과, 제2 스펙트럼 중 여기광을 받아 시료가 발하는 광의 파장 범위에 대응하는 성분에 기초하여, 시료의 양자 효율을 산출하는 스텝(S40, S42, S46)을 포함한다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

적분 공간을 갖는 적분기 내의 소정 위치에 시료를 배치하는 스텝과,

상기 적분기에 설치된 제1 창을 통해 여기광을 상기 소정 위치에 배치된 상기 시료에 조사하는 동시에, 상기 적분기의 상기 여기광의 광축과는 교차하지 않는 위치에 설치된 제2 창을 통해 상기 적분 공간 내의 스펙트럼을 제1 스펙트럼으로서 측정하는 스텝과,

상기 제1 창과 대향하고, 또한, 상기 적분기 내의 상기 여기광의 광축이 교차하는 여기광 입사 부분을, 상기 시료를 투과 후의 여기광이 상기 적분 공간 내로 반사되지 않도록 구성하는 스텝과,

여기광이 상기 적분 공간 내로 반사되지 않도록 된 상태에서, 상기 제1 창을 통해 상기 여기광을 상기 소정 위치에 배치된 상기 시료에 조사하는 동시에, 상기 제2 창을 통해 상기 적분 공간 내의 스펙트럼을 제2 스펙트럼으로서 측정하는 스텝과,

상기 제1 스펙트럼 중 상기 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분과, 상기 제2 스펙트럼 중 상기 여기광을 받아 상기 시료가 발하는 광의 파장 범위에 대응하는 성분에 기초하여, 상기 시료의 양자 효율을 산출하는 스텝을 구비하는, 양자 효율 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 적분기의 상기 여기광 입사 부분에는, 상기 여기광을 통과시키기 위한 제3 창이 형성되어 있고,

상기 구성하는 스텝은, 상기 적분기의 내면과 동일한 반사 특성을 갖는 마개 부재로 상기 제3 창이 폐색되어 있는 상태에서부터, 당해 마개 부재를 제거하는 스텝을 포함하는, 양자 효율 측정 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 소정 위치에 표준체를 배치하는 스텝과,

상기 제1 창을 통해 상기 여기광을 상기 소정 위치에 배치된 상기 표준체에 조사하는 동시에, 상기 제2 창을 통해 상기 적분 공간 내의 스펙트럼을 제3 스펙트럼으로서 측정하는 스텝을 더 구비하고,

상기 시료의 양자 효율을 산출하는 스텝은, 상기 제1 스펙트럼 중 상기 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분과, 상기 제3 스펙트럼 중 상기 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분의 차분을 상기 시료에 흡수된 광성분으로서 산출하는 스텝을 포함하는, 양자 효율 측정 방법.

청구항 4

내부에 적분 공간을 갖는 적분기와,

상기 적분기에 설치된 제1 창을 통해 여기광을 상기 적분 공간 내로 조사하기 위한 광원과,

상기 적분기의 상기 여기광의 광축과는 교차하지 않는 위치에 설치된 제2 창을 통해 상기 적분 공간 내의 스펙트럼을 측정하기 위한 측정기와,

상기 적분기 내의 상기 여기광의 광축 상에 시료 또는 표준체를 배치하기 위한 보유 지지부와,

상기 제1 창과 대향하고, 또한, 상기 적분기 내의 상기 여기광의 광축이 교차하는 여기광 입사 부분을, 상기 여기광을 상기 적분 공간 내로 반사하는 상태와, 상기 여기광을 상기 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태로 전환하기 위한 전환 기구와,

상기 보유 지지부에 상기 시료가 배치되어 있고, 또한, 상기 여기광 입사 부분이 상기 여기광을 반사하는 상태로 되어 있는 경우에, 상기 측정기에 의해 측정되는 제1 스펙트럼과, 상기 보유 지지부에 상기 시료가 배치되어 있고, 또한, 상기 여기광 입사 부분이 상기 여기광을 반사하지 않는 상태로 되어 있는 경우에, 상기 측정기에

의해 측정되는 제2 스펙트럼에 기초하여, 상기 시료의 양자 효율을 산출하기 위한 연산부를 구비하는, 양자 효율 측정 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 전환 기구는, 상기 적분기의 상기 여기광 입사 부분에 설치되어 있는 상기 여기광을 통과 시키기 위한 제3 창과, 상기 제3 창에 장착되는 상기 적분기의 내면과 동일한 반사 특성을 갖는 마개 부재를 포함하는, 양자 효율 측정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 전환 기구는, 상기 적분기의 외측으로부터 상기 제3 창에 대응시켜 장착되는 광 흡수부를 더 포함하는, 양자 효율 측정 장치.

청구항 7

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 적분기는,
내면에 광 확산 반사층을 갖는 반구부와,
상기 반구부의 개구를 막도록 배치된 평면 미러를 포함하고,
상기 제1 창은, 상기 평면 미러 상의 상기 반구부의 곡률 중심을 포함하는 위치 및 상기 반구부의 정점을 포함하는 위치 중 어느 하나에 설치되는, 양자 효율 측정 장치.

청구항 8

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 적분기는, 내면에 광 확산 반사층을 갖는 구체이고,
상기 보유 지지부는, 상기 구체의 중심부에 상기 시료 및 상기 표준체를 배치할 수 있도록 구성되는, 양자 효율 측정 장치.

청구항 9

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 양자 효율을 측정하기 위한 방법, 장치 및 그를 위한 적분기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 형광 램프나 디스플레이의 개발이 급속하게 진행되고 있다. 이와 같은 개발에 따라, 그들에 사용되는 형광체의 성능을 보다 정확하게 평가하는 지표로서, 양자 효율이 착안되고 있다. 일반적으로, 양자 효율은, 시료(전형적으로는, 형광체)에 흡수된 광양자수에 대한 당해 시료로부터 발생한 광양자수의 비율을 의미한다.

[0003] 예를 들어, "오오쿠보, 시게타, 「NBS 표준 형광체의 양자 효율의 측정」, 조명학회지, 사단 법인 조명학회, 1999년, 제83권, 제2호, p. 87-93"에는, 양자 효율을 측정하는 전형적인 구성이 개시되어 있다. 이와 같은 전형적인 구성 대신에, 일본 특허 출원 공개 평09-292281호 공보, 일본 특허 출원 공개 평10-142152호 공보 및 일본 특허 출원 공개 평10-293063호 공보 등에는, 양자 효율을 측정하기 위한 대체의 구성이 개시되어 있다.

[0004] 상술한 바와 같은 양자 효율을 측정하기 위한 구성은, 주로, 고체 시료, 혹은, 고체 상태로 성형된 시료에 대한 양자 효율의 측정을 위한 것이다. 즉, 여기광을 시료에 조사하여, 그 시료로부터 발광하는 형광을 포착함으로써 양자 효율이 측정된다.

[0005] 예를 들어, EL(Electro Luminescent) 발광에 사용되는 형광체는, 분말 형상인 경우도 많아, 이와 같은 경우에는, 시료를 용매에 녹여 용액의 상태에서 측정된다. 이와 같은 용액의 양자 효율을 측정하는 경우에는, 용액 시료를 투광성의 용기에 봉입한 후에, 당해 용기 내의 용액 시료에 여기광을 조사함으로써 형광을 발생시킨다.

[0006] 그러나, 이와 같은 측정계에서는, 재여기(2차 여기)에 의한 측정 오차가 문제로 될 수 있다. 즉, 용액 시료를 투과한 후의 여기광이 적분구의 내부 등에서 반사되어 용액 시료에 재입사함으로써, 본래보다 많은 형광이 발광하는 현상이 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 이와 같은 과제를 해결하기 위해 이루어진 것이며, 그 목적은, 양자 효율의 측정시에 있어서의 재여기(2차 여기)에 기인하는 오차를 저감할 수 있는 양자 효율 측정 방법, 양자 효율 측정 장치 및 그를 위한 적분구를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 어느 국면을 따르는 양자 효율 측정 방법은, 적분 공간을 갖는 적분기 내의 소정 위치에 시료를 배치하는 스텝과, 적분기에 설치된 제1 창을 통해 여기광을 소정 위치에 배치된 시료에 조사하는 동시에, 적분기의 여기광의 광축과는 교차하지 않는 위치에 설치된 제2 창을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 제1 스펙트럼으로서 측정하는 스텝과, 제1 창과 대향하고, 또한, 적분기 내의 여기광의 광축이 교차하는 여기광 입사 부분을, 시료를 투과한 후의 여기광이 적분 공간 내로 반사되지 않도록 구성하는 스텝과, 여기광이 적분 공간 내로 반사되지 않도록 된 상태에서, 제1 창을 통해 여기광을 소정 위치에 배치된 시료에 조사하는 동시에, 제2 창을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 제2 스펙트럼으로서 측정하는 스텝과, 제1 스펙트럼 중 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분과, 제2 스펙트럼 중 여기광을 받아 시료가 발하는 광의 파장 범위에 대응하는 성분에 기초하여, 시료의 양자 효율을 산출하는 스텝을 포함한다.

[0009] 바람직하게는, 적분기의 여기광 입사 부분에는, 여기광을 통과시키기 위한 제3 창이 형성되어 있고, 구성하는 스텝은, 적분기의 내면과 실질적으로 동일한 반사 특성을 갖는 마개 부재에 의해 제3 창이 막아져 있는 상태에서부터, 당해 마개 부재를 제거하는 스텝을 포함한다.

[0010] 바람직하게는, 본 방법은, 소정 위치에 표준체를 배치하는 스텝과, 제1 창을 통해 여기광을 소정 위치에 배치된 표준체에 조사하는 동시에, 제2 창을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 제3 스펙트럼으로서 측정하는 스텝을 더 포함한다. 시료의 양자 효율을 산출하는 스텝은, 제1 스펙트럼 중 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분과, 제3 스펙트럼 중 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분의 차분을 시료에 흡수된 광성분으로서 산출하는 스텝을 포함한다.

[0011] 본 발명의 다른 국면에 따르는 양자 효율 측정 장치는, 내부에 적분 공간을 갖는 적분기와, 적분기에 설치된 제1 창을 통해 여기광을 적분 공간 내로 조사하기 위한 광원과, 적분기의 여기광의 광축과는 교차하지 않는 위치에 설치된 제2 창을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 측정하기 위한 측정기와, 적분기 내의 여기광의 광축 상에 시료 또는 표준체를 배치하기 위한 보유 지지부와, 제1 창과 대향하고, 또한, 적분기 내의 여기광의 광축이 교차하는 여기광 입사 부분을, 여기광을 적분 공간 내로 반사하는 상태와, 여기광을 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태로 전환하기 위한 전환 기구와, 보유 지지부에 시료가 배치되어 있고, 또한, 여기광 입사 부분이 여기광을 반사하는 상태로 되어 있는 경우에, 측정기에 의해 측정되는 제1 스펙트럼과, 보유 지지부에 시료가 배치되어 있고, 또한, 여기광 입사 부분이 여기광을 반사하지 않는 상태로 되어 있는 경우에, 측정기에 의해 측정되는 제2 스펙트럼에 기초하여, 시료의 양자 효율을 산출하기 위한 연산부를 포함한다.

[0012] 바람직하게는, 전환 기구는, 적분기의 여기광 입사 부분에 설치되어 있는 여기광을 통과시키기 위한 제3 창과, 제3 창에 장착되는 적분기의 내면과 실질적으로 동일한 반사 특성을 갖는 마개 부재를 포함한다.

[0013] 더욱 바람직하게는, 전환 기구는, 적분기의 외측으로부터 제3 창에 대응시켜 장착되는 광 흡수부를 더 포함한다.

[0014] 바람직하게는, 적분기는, 내면에 광 확산 반사층을 갖는 반구부와, 반구부의 개구를 막도록 배치된 평면 미러를 포함하고, 제1 창은, 평면 미러 상의 반구부의 실질적인 곡률 중심을 포함하는 위치 및 반구부의 정점을 포함하는 위치 중 어느 하나에 설치된다.

[0015] 바람직하게는, 적분기는, 내면에 광 확산 반사층을 갖는 구체이고, 보유 지지부는, 구체의 중심부에 시료 및 표준체를 배치할 수 있도록 구성된다.

[0016] 본 발명의 또 다른 국면에 따르면, 내부에 적분 공간을 갖는 적분기를 제공한다. 본 적분기는, 제1 창을 통해 적분 공간 내로 조사되는 여기광의 광축 상에 시료 또는 표준체를 배치하기 위한 보유 지지부와, 적분 공간 내의 스펙트럼을 측정하기 위해, 여기광의 광축과는 교차하지 않는 위치에 설치된 제2 창을 통해 광을 유도하기 위한 광 취출부와, 제1 창과 대향하고, 또한, 적분기 내의 여기광의 광축이 교차하는 여기광 입사 부분을, 여기광을 적분 공간 내로 반사하는 상태와, 여기광을 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태로 전환하기 위한 전환 기구를 포함한다.

[0017] 본 발명에 따르면, 양자 효율의 측정시에 있어서, 재여기(2차 여기)에 기인하는 오차를 저감할 수 있다.

[0018] 본 발명의 상기 및 다른 목적, 특징, 국면 및 이점은, 첨부 도면과 관련하여 이해되는 본 발명에 대한 다음 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은, 본 발명에 관련되는 양자 효율 측정 장치의 전체 구성을 도시하는 모식도.
- 도 2는, 도 1에 도시하는 양자 효율 측정 장치에 있어서 제공되는 가상적인 적분 공간을 도시하는 도면.
- 도 3a 및 3b는, 양자 효율의 측정 원리를 설명하기 위한 도면.
- 도 4a 및 4b는, 본 발명에 관련되는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 시료의 양자 효율을 측정하기 위한 수순을 설명하기 위한 도면.
- 도 5는, 도 4a 및 4b에 도시하는 측정 수순에 따라 측정되는 스펙트럼의 일례를 도시하는 도면.
- 도 6은, 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치의 전체 구성을 도시하는 모식도.
- 도 7a 및 7b는, 도 6에 도시하는 마개 부재의 보다 상세한 구조의 일례를 도시하는 도면.
- 도 8은, 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 제1 스펙트럼을 측정하는 상태를 도시하는 도면.
- 도 9는, 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 제2 스펙트럼을 측정하는 상태를 도시하는 도면.
- 도 10은, 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 제3 스펙트럼을 측정하는 상태를 도시하는 도면.
- 도 11은, 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 양자 효율을 측정하기 위한 수순을 도시하는 흐름도.
- 도 12a 및 12b는, 본 발명의 제1 실시 형태의 변형예에 따르는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 시료의 양자 효율을 측정하기 위한 수순을 설명하기 위한 도면.
- 도 13은, 본 발명의 제2 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치의 전체 구성을 도시하는 모식도.
- 도 14는, 본 발명의 제3 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치의 전체 구성을 도시하는 모식도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명의 실시 형태에 대해, 도면을 참조하면서 상세하게 설명한다. 또한, 도면 중의 동일 또는 상당 부분에 대해서는, 동일 부호를 부여하여 그 설명은 반복하지 않는다.

[0021] [A. 개요]

[0022] 본 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 방법에 있어서는, 적분 공간 내에 배치된 시료에 여기광을 조사하여 발생하는 광(형광)을 측정함으로써 양자 효율이 측정된다. 이때, 시료를 투과한 후의 여기광이 적분 공간 내로 반사하는 상태에서, 시료에 흡수되는 여기광을 측정하고, 시료를 투과한 후의 여기광이 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태에서, 시료로부터 발생하는 광(형광)을 측정한다.

[0023] 이와 같이 2단계의 측정 처리를 행함으로써, 재여기(2차 여기)에 의한 측정 오차를 저감한다.

[0024] [B. 관련 기술]

- [0025] 우선, 도 1을 참조하여, 본 발명에 관련되는 양자 효율 측정 장치(400)에 대해 설명한다.
- [0026] (b1. 장치 구성)
- [0027] 도 1에는, 반구형의 적분기(40)를 사용하여, 샘플(시료)(SMP)의 양자 효율을 측정하는 양자 효율 측정 장치(400)를 도시한다.
- [0028] 적분기(40)는, 반구부(1)와, 반구부(1)의 실질적인 곡률 중심 O를 지나고, 또한 반구부(1)의 개구부를 막도록 배치된 원판 형상의 평면 미러(10)로 이루어진다. 적분기(40)는, 내부에 적분 공간을 형성한다. 반구부(1)의 곡률 중심 O라 함은, 대표적으로 반구부(1)의 내면측에 대한 기하학적인 중심을 의미한다.
- [0029] 반구부(1)는, 내면(내벽)에 광 확산 반사층(1a)을 갖는다. 이 광 확산 반사층(1a)은, 대표적으로, 황산바륨이나 PTFE(polytetrafluoroethylene) 등의 광 확산 재료를 도포 또는 분사함으로써 형성된다. 평면 미러(10)는, 반구부(1)의 내면측에 경면 반사(정반사)하는 반사층(10a)을 갖는다. 평면 미러(10)의 반사층(10a)이 반구부(1)의 내면에 대향 배치됨으로써, 반구부(1)에 대한 허상이 생성된다. 상술한 바와 같이, 평면 미러(10)는 반구부(1)의 곡률 중심 O를 지나도록 배치되므로, 평면 미러(10)에 의해 생성되는 허상은, 일정한 곡률을 가지는 반구 형상으로 된다. 반구부(1)의 내면으로 정의되는 공간(실상)과, 평면 미러(10)에 의해 생성되는 허상을 조합시키면, 전구형의 적분기를 사용한 경우와 실질적으로 동일한 조도 분포를 얻을 수 있다.
- [0030] 즉, 적분기(40)에 있어서는, 반구부(1)의 내면으로 정의되는 공간(실상)과, 평면 미러(10)에 의해 생성되는 허상을 조합시킨 공간이 실질적인 적분 공간으로 된다.
- [0031] 적분기(40)에는, 평면 미러(10)의 중심부에 시료창(16)이 형성되어 있다. 양자 효율 측정 장치(400)는, 이 적분기(40)에 설치된 시료창(16)을 통해 여기광을 적분 공간 내로 조사하기 위한 광원 장치(60)를 포함한다.
- [0032] 광원 장치(60)는, 여기광을 발생시키기 위한 광원을 포함한다. 이 광원으로서, 예를 들어, 크세논 방전 램프(Xe 램프)나 백색 LED(Light Emitting Diode) 등이 사용된다. 시료(SMP)의 양자 효율을 측정하는 경우에는, 여기광으로서, 대상의 시료(SMP)에 따른 특정한 단일 파장을 갖는 단색광(예를 들어, 200 내지 400nm 내의 단일 파장을 갖는 자외 단색광)을 사용하는 것이 바람직하다. 그로 인해, 광원 장치(60)는, 광원이 발생하는 광 중, 원하는 단색광을 선택하기 위한 파장 대역 투과 필터를 포함한다.
- [0033] 광원 장치(60)가 발생하는 여기광은, 광 파이버(62)에 의해, 시료창(16)에 대응시켜 배치된 조사부(64)로 유도된다. 그리고, 여기광은, 조사부(64)로부터 적분 공간 내로 조사되어, 광축 Ax1을 따라 전반한다.
- [0034] 적분기(40) 내의 여기광의 광축 상에 시료(SMP) 또는 표준체(REF)를 배치하기 위한 보유 지지부(22)가 배치된다. 이 보유 지지부(22)는, 그 중심에 공동이 형성된 통 형상의 하우징으로, 그 중심부에 투광성의 용기(셀)를 배치하는 것이 가능하다. 이 셀은, 투광성의 재질로 이루어지고, 그 내부에, 용액 형상의 시료(SMP) 또는 표준체(REF)가 봉입된다.
- [0035] 조사부(64)로부터 조사된 여기광은, 보유 지지부(22)에 보유 지지된 셀을 투과하여, 반구부(1)의 정점을 향한다. 여기광의 조사에 의해 시료(SMP) 중의 형광체가 여기되어, 당해 형광체로부터 형광이 발생한다. 이 발생한 형광의 강도는, 후술하는 바와 같은 방법에 의해 측정된다.
- [0036] 표준체(REF)는, 전형적으로는, 용액 형상의 시료(SMP)를 조제하기 위해 사용되는 용매로 이루어진다. 즉, 표준체(REF)가 봉입된 셀은, 용액 상태의 시료(SMP)가 봉입되어 있는 셀로부터 형광체를 제거하고, 대신 용매를 추가한 것에 상당한다.
- [0037] 적분기(40)에는, 평면 미러(10)의 중심으로부터 이격된 위치에 관측창(18)이 형성되어 있다. 관측창(18)은, 적분기(40) 내의 여기광의 광축 Ax1과는 교차하지 않는 위치에 설치된다. 양자 효율 측정 장치(400)는, 이 적분기(40)에 설치된 관측창(18)을 통해 적분 공간 내의 조도(스펙트럼)를 측정하기 위한 측정기(70)를 더 포함한다. 이 관측창(18)을 통해 측정되는 조도는, 반구부(1)의 내면으로 정의되는 공간(실상)과, 평면 미러(10)에 의해 생성되는 허상으로 이루어지는 전구형의 적분기를 사용한 경우에, 그 내벽면에 나타나는 조도에 상당한다.
- [0038] 예를 들어, 도 2에 도시하는 바와 같이, 적분기(40) 내에 시료(SMP) 또는 표준체(REF)를 배치하면, 시료(SMP) 또는 표준체(REF)에 대하여, 실상 및 허상이 나타난다. 예를 들어, 여기광을 받아 시료(SMP)가 발광하면, 도 2에 도시하는 적분 공간 내에 있어서는, 2개의 시료(SMP)가 각각 발광한 경우와 마찬가지로의 조도 분포를 얻을 수 있다.

- [0039] 다시 도 1을 참조하여, 평면 미러(10)의 외측에는, 관측창(18)을 통해 적분 공간 내의 광의 일부를 측정기(70)로 유도하기 위한 광 취출부(26)가 설치된다. 광 취출부(26)는, 관측창(18)을 덮는 하우징(26a)을 포함한다. 하우징(26a) 내에는, 광 파이버(26d)에 접속된, 측정기(70)로 광을 유도하기 위한 파이버 단부(26b)가 설치되어 있다. 하우징(26a) 내에는, 관측창(18)을 통해 입사하는 광의 전반 방향을 약 90° 변환한 뒤에, 파이버 단부(26b)로 유도하기 위한 반사부(26c)가 설치되어 있다.
- [0040] 측정기(70)는, 광 파이버(26d)에 의해 도입된 광의 스펙트럼을 측정한다. 전형적으로, 측정기(70)는, 회절 격자 및 회절 격자의 회절 방향에 관련된 라인 센서 등을 포함하여 구성되고, 입력된 광의 파장마다의 강도를 검출한다. 형광체의 양자 효율을 측정하는 경우에는, 시료(SMP)에 조사하는 여기광의 파장 범위와, 시료(SMP)로부터 발생하는 형광의 파장 범위는 다른 것으로 되므로, 측정기(70)의 측정 범위는, 광원 장치(60)로부터 조사되는 여기광의 파장 범위 및 여기광을 받아 시료(SMP)에서 발생하는 형광의 파장 범위의 양쪽을 커버하도록 적절하게 설정된다.
- [0041] 양자 효율 측정 장치(400)는, 측정기(70)와 접속되고, 측정기(70)의 검출 결과를 사용하여, 시료(SMP)의 양자 효율을 산출하기 위한 연산부(80)를 포함한다. 연산부(80)는, 전형적으로는, 범용적인 아키텍처를 갖고 있는 컴퓨터로, 미리 인스톨된 프로그램(명령 코드)을 실행함으로써, 후술하는 바와 같은 양자 효율의 산출 기능을 제공한다. 이와 같은 기능을 제공하는 프로그램은, CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory) 등의 기록 매체에 저장되어 반포되고, 혹은, 네트워크를 통해 송신된다. 이와 같은 양자 효율을 산출하는 프로그램은, 다른 프로그램의 일부에 내장되어 제공되는 것이어도 된다. 이 경우에는, 다른 프로그램이 제공하는 모듈을 이용하여 처리가 실현되는 것도 가능하므로, 양자 효율을 산출하는 프로그램 자체에 대해 다른 프로그램이 제공하는 모듈이 포함되지 않는 경우도 있다.
- [0042] 또한, 프로그램에 의해 제공되는 기능의 일부 혹은 전부를 전용 하드웨어 회로로서 실장해도 된다. 예를 들어, 연산부(80)가 제공하는 기능의 전부를 측정기(70)에 내장해도 된다.
- [0043] 적분기(40)에는, 평면 미러(10)의 중심으로부터 이격된 위치에 관측창(14)이 형성되어 있다. 관측창(14)은, 주로, 측정 전 등에 적분기(40) 내의 상태를 관측하기 위한 창으로, 통상의 측정시에는, 적분 공간 내로 외란광이 입사되지 않도록, 마개 부재(28)로 폐색된다.
- [0044] 양자 효율 측정 장치(400)에 있어서는, 적분기(40) 전체가 암상자(8) 내에 수납되는 것이 바람직하다. 측정 정밀도를 높이기 위해서는, 적분기(40)의 적분 공간으로의 외란광의 입사를 제한하는 것이 바람직하기 때문이다.
- [0045] (b2. 측정 원리)
- [0046] 다음에, 도 1에 도시하는 양자 효율 측정 장치(400)를 사용하여, 시료(SMP)의 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 를 측정하는 원리 및 수순에 대해 설명한다.
- [0047] 도 1에 도시하는 양자 효율 측정 장치(400)를 사용한 양자 효율 측정에 있어서는, 광원 장치(60)로부터의 여기광을 표준체(REF)(용매만)에 조사한 경우에 측정되는 스펙트럼(여기광 스펙트럼)을 기준으로 하여, 광원 장치(60)로부터의 여기광을 시료(SMP)(시료+용매)에 조사한 경우에 측정되는 스펙트럼(시료 스펙트럼)이 평가된다.
- [0048] 도 3a에는, 레퍼런스(용매) 측정의 상태를 도시하고, 도 3b에는, 시료(용액) 측정의 상태를 도시한다. 본 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정에서는, 도 3a에 도시하는 바와 같이, 광원 장치(60)로부터의 여기광[광원 광 스펙트럼 $E_0(\lambda)$]을 표준체(REF)(용매만)에 조사한 경우에 측정되는 스펙트럼을 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 로서 취득한다. 이 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 는, 도 3b에 도시하는 시료 측정시에 시료(SMP)에 흡수되는 광 에너지(여기 에너지를 산출하기 위한 기준치로 된다. 즉, 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 는, 광원 장치(60)로부터 조사되는 광 에너지 중, 용매 및 용기(셀)에서의 흡수분을 제외한 광 에너지에 상당한다.
- [0049] 또한, 도 3b에 도시하는 바와 같이, 광원 장치(60)로부터의 여기광[광원 광 스펙트럼 $E_0(\lambda)$]을 시료(SMP)에 조사한 경우에 측정되는 투과광의 스펙트럼을 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 로서 취득한다. 이때, 여기광에 의해 시료(SMP) 중의 형광 물질이 여기되어 형광[형광 스펙트럼 $P(\lambda)$]이 발생한다. 그로 인해, 여기광이 표준체(REF)(용매만)를 투과한 경우에 측정되는 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 와, 여기광이 시료(SMP)를 투과한 경우에 측정되는 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 의 차가, 형광 발생에 사용된 광 에너지(흡수 에너지 A_b)에 상당한다.
- [0050] 발생한 형광의 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 로부터 형광이 갖는 광 에너지를 측정할 수 있으므로, 이 형광이 갖는 광 에너지와 형광 발생에 사용된 광 에너지의 비율이 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 로 된다. 또한, 여기광 스펙트

럼 $E(\lambda)$ 에 대한 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 의 비율이 시료(SMP)에 대한 여기광의 투과율로 된다.

[0051] 예를 들어, 광원 장치(60)가 발생하는 여기광의 파장 범위를 λ_1 내지 λ_2 로 하고, 시료(SMP)가 발생하는 형광의 파장 범위를 λ_3 내지 λ_4 로 하면, 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 는, 이하에 도시하는 바와 같은 수학적 식 1로 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

[0052]
$$\eta_{내부} = \frac{\int_{\lambda_3}^{\lambda_4} \lambda \cdot P(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda \cdot \{E(\lambda) - R(\lambda)\} d\lambda}$$

[0053] 또한, 수학적 식 1의 분모 및 분자에 있어서, 스펙트럼에 파장 λ 가 곱해져 있는 것은, 스펙트럼(광 강도)을 광량자수로 변환하기 위해서이다.

[0054] 도 4a 및 4b를 참조하여, 양자 효율 측정 장치(400)를 사용하여 시료(SMP)의 양자 효율을 측정하기 위한 수순을 설명한다. 도 4a에는, 레퍼런스(용매) 측정의 상태를 도시하고, 도 4b에는, 시료(용액) 측정의 상태를 도시한다.

[0055] 도 4a에 도시하는 바와 같이, 보유 지지부(22)에 표준체(REF)가 배치된 뒤에, 광원 장치(60)(도 1)로부터 여기광을 조사함으로써, 적분 공간 내의 스펙트럼[여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$]이 측정된다.

[0056] 또한, 도 4b에 도시하는 바와 같이, 보유 지지부(22)에 시료(SMP)가 배치된 뒤에, 광원 장치(60)(도 1)로부터 여기광을 조사함으로써, 적분 공간 내의 스펙트럼[투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 및 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$]이 측정된다. 또한, 양자 효율 측정 장치(400)에서는, 여기광 및 형광의 파장 범위의 양쪽을 커버하는 검출 범위를 갖는 측정기(70)를 사용하므로, 도 4b에 도시하는 상태에 있어서는, 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 및 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 를 동시에 측정할 수 있다. 또한, 형광체의 양자 효율을 측정하는 경우에는, 여기광으로서는 자외선이 사용되고, 발생하는 형광은 가시광선이므로, 양자를 파장축 상에서 분리하는 것은 용이하다.

[0057] 즉, 도 4a 및 4b에 도시하는 각각의 측정을 행함으로써, 이상적으로는, 도 5에 도시하는 바와 같은 스펙트럼이 측정된다. 또한, 도 4a 및 4b에 도시하는 측정은 어느 순서로 실행해도 좋다.

[0058] (b3. 재여기)

[0059] 다음에, 상술한 바와 같은 양자 효율의 측정 방법에 있어서 발생하는 재여기에 대해 설명한다.

[0060] 다시, 도 4b를 참조하여, 시료(SMP)에 여기광을 조사한 경우에는, 광원 장치(60)로부터의 여기광이 시료(SMP)에 직접적으로 입사함으로써 발생하는 형광(1차 여기광 L1에 의해 발생하는 형광)과, 시료(SMP)를 투과한 여기광이 반구부(1)의 내벽면 등에서 반사되어 시료(SMP)에 재입사함으로써 발생하는 형광(2차 여기광 L2에 의해 발생하는 형광)의 양쪽이 발생할 수 있다. 이와 같은 2차 여기광 L2에 의한 형광의 발생은 「재여기 현상」 또는 「이차 여기 현상」으로도 칭해진다.

[0061] 그 결과, 적분기(40) 내부의 적분 공간에는, 이들 형광을 합계한 조도가 나타난다. 즉, 도 5에 도시하는 바와 같이, 양자 효율을 산출하기 위해서는, 1차 여기광 L1에 의해 발생하는 형광의 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 를 측정해야 하지만, 현실에서는, 2차 여기광 L2에 의해 발생하는 형광의 분만큼 큰 형광 스펙트럼 $P'(\lambda)$ 가 측정되어 버린다. 그 결과, 원래 산출해야 할 값보다 큰 값의 양자 효율이 산출되어 버린다.

[0062] 이하에 나타내는 본 발명의 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치에 있어서는, 이와 같은 재여기(2차 여기)에 의한 측정 오차를 저감하는 것을 하나의 목적으로 하고 있다.

[0063] [C. 제1 실시 형태]

[0064] (c1. 장치 구성)

[0065] 도 6을 참조하여, 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치(100)의 전체 구성에 대해 설명한다. 도 6에 도시하는 양자 효율 측정 장치(100)는, 시료(SMP)의 양자 효율을 측정하기 위한 적분 공간을 반구형의 적분기(50A)를 사용하여 형성한다.

- [0066] 적분기(50A)에는, 반구부(1)의 정점부에 여기광 통과창(12)이 형성되어 있다. 여기광 통과창(12)은, 시료창(16)과 대향하고, 또한, 적분기(50A) 내의 여기광의 광축 Ax1이 교차하는 여기광이 입사 부분하는 부분에 위치한다. 즉, 여기광 통과창(12)이 개방 상태이면, 광원 장치(60)로부터 조사된 여기광 중, 시료(SMP)를 투과한 후의 성분(2차 여기광)은, 적분기(50A)의 외부로 배출되게 된다.
- [0067] 여기광 통과창(12)에는, 반구부(1)의 내면에 있는 광 확산 반사층(1a)과 실질적으로 동일한 반사 특성을 갖는 마개 부재(30)가 장착된다. 여기광 통과창(12)에 마개 부재(30)가 장착되어, 여기광 통과창(12)이 폐쇄 상태이면, 광원 장치(60)로부터 조사된 여기광 중, 시료(SMP)를 투과한 후의 성분(2차 여기광)은, 적분기(50A)의 내부로 확산 반사되게 된다.
- [0068] 즉, 여기광 통과창(12)과 마개 부재(30)는, 여기광(2차 여기광)을 적분 공간 내로 반사하는 상태와, 여기광(2차 여기광)을 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태로 전환하기 위한 전환 기구로서 기능한다.
- [0069] 도 7a 및 7b를 참조하여, 도 6에 도시하는 마개 부재(30)의 보다 상세한 구조의 일례에 대해 설명한다. 도 7a에 도시하는 마개 부재(30)는, 여기광 통과창(12)과 거의 동일한 반경을 갖는 반사부(31)와 기재(32)로 이루어진다. 반사부(31)의 적분 공간측의 표면에는, 반구부(1)의 광 확산 반사층(1a)과 마찬가지로의 확산 재료(예를 들어, PTFE 소결체나 황산바륨 등)로 이루어지는 반사층이 형성되어 있다. 그로 인해, 여기광 통과창(12)에 마개 부재(30)가 장착되면, 적분기(50A)가 제공하는 적분 공간은, 도 1에 도시하는 양자 효율 측정 장치(400)의 적분기(40)가 제공하는 적분 공간과 실질적으로 동일하게 된다.
- [0070] 여기광 통과창(12)에 마개 부재(30)를 장착하는 방법의 일례로서, 도 7a에는, 여기광 통과창(12)의 주위에 설치된 자석(34)을 사용하는 구성을 도시한다. 즉, 마개 부재(30)의 기재(32)가 금속으로 이루어지고, 이 기재(32)와 자석(34) 사이의 자력에 의해, 마개 부재(30)를 반구부(1)에 접합한다.
- [0071] 대체의 구성으로서, 반구부(1)와 마개 부재(30)의 사이를 나사 체결함으로써, 여기광 통과창(12)을 폐쇄해도 된다. 구체적으로는, 도 7b에 도시하는 바와 같이, 마개 부재(30)의 반사부(31)의 외주 부분에 나사 홈(36)을 형성하는 동시에, 여기광 통과창(12)의 내주측에 나사 홈(36)과 나사 결합하기 위한 나사 홈(38)을 형성한다. 이에 의해, 여기광 통과창(12)에 마개 부재(30)를 장착할 수 있다.
- [0072] 적분기(50A)에 있어서의 적분 효율을 높이는 관점으로부터는, 여기광 통과창(12)의 개구 면적은 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 일례로서, IES(Illuminating Engineering Society of North America)의 LM-79-08로서 규정되는 "Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products"의 기준에 따르면, 적분기 내부의 반사층의 면적은, 90% 내지 98%가 권장되어 있다. 예를 들어, 적분기 내부의 반사층의 면적을 98%로 유지하기 위해서는, 반구부(1)의 곡률 반경을 R로 하고, 여기광 통과창(12)의 반경을 r로 하면, 수학적식 2와 같은 관계식을 만족할 필요가 있다. 또한, 반구형의 적분기(40)에 있어서는, 여기광 통과창(12)의 허상도 나타나므로, 수학적식 2에 있어서는, 여기광 통과창(12)의 개구 면적을 2배로 하고 있다.

수학적식 2

$$2 \times \pi r^2 / 4 \pi R^2 \leq 0.02$$

$$r / R \leq 0.2$$

- [0073]
- [0074] 즉, 여기광 통과창(12)의 반경 r은, 반구부(1)의 곡률 반경 R의 20% 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0075] 예를 들어, 조사부(64)로부터 사출되는 여기광이 7mm×7mm인 각형의 단면을 갖는다고 한 경우를 생각한다. 이 때, 반구부(1)의 곡률 반경을 약 7cm(직경 φ 5.5인치)로 하면, 여기광 통과창(12)의 반경 r은, 14mm(직경 φ 28mm)로 된다. 즉, 여기광 통과창(12)의 최대 허용 사이즈는, 7mm×7mm인 단면을 갖는 여기광보다 충분히 크다. 또한, 반구부(1)의 곡률 반경을 약 4.2cm(직경 φ 3.3인치)로 하면, 여기광 통과창(12)의 반경 r은, 8.4mm(직경 φ 16.8mm)로 된다. 이 경우에 있어서는, 여기광 통과창(12)의 최대 허용 사이즈는 여기광의 단면적보다 충분히 크다.
- [0076] 따라서, 상술한 바와 같은 여기광 통과창(12)을 설치했다고 해도, 실용상, 측정 정밀도에의 영향은 무시할 수 있다.

- [0077] 또한, 조사부(64)에 여기광을 평행광으로 변환하기 위한 광학계를 설치해도 된다. 이와 같은 광학계를 채용함으로써, 시료(SMP) 및 표준체(REF)를 투과하는 여기광의 빔 직경이 확대되는 것을 방지할 수 있다.
- [0078] 도 6에 도시하는 본 발명의 제1 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치(100)는, 반구부(1)의 정점부에 여기광 통과창(12)이 형성되어 있는 점을 제외하고, 도 1에 도시하는 본 발명에 관련되는 양자 효율 측정 장치(400)와 마찬가지로, 그 밖의 부위에 대한 상세한 설명은 반복하지 않는다.
- [0079] (c2. 측정 원리)
- [0080] 다음에, 도 6에 도시하는 양자 효율 측정 장치(100)를 사용하여, 시료(SMP)의 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 를 측정하는 원리 및 수순에 대해 설명한다.
- [0081] 도 6에 도시하는 양자 효율 측정 장치(100)를 사용한 양자 효율 측정에 있어서는, 이하 3개의 상태에 있어서 각각 측정되는 제1 내지 제3 스펙트럼이 사용된다.
- [0082] (1) 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$: 보유 지지부(22)에 시료(SMP)가 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(12)이 2차 여기광을 반사하는 상태로 되어 있는 경우[마개 부재(30)가 장착되어 있는 상태]
- [0083] (2) 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$: 보유 지지부(22)에 시료(SMP)가 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(12)이 2차 여기광을 반사하지 않는 상태로 되어 있는 경우[마개 부재(30)가 제거되어 있는 상태]
- [0084] (3) 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$: 보유 지지부(22)에 표준체(REF)가 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(12)이 2차 여기광을 반사하는 상태로 되어 있는 경우[마개 부재(30)가 장착되어 있는 상태]
- [0085] 상술한 바와 같이 측정되는 제1 내지 제3 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 내지 $E^{(3)}(\lambda)$ 을 사용하여, 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$, 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$, 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 가 각각 산출된다.
- [0086] 도 8은, 양자 효율 측정 장치(100)를 사용하여 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 을 측정하는 상태를 도시한다. 도 9는, 양자 효율 측정 장치(100)를 사용하여 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 를 측정하는 상태를 도시한다. 도 10은, 양자 효율 측정 장치(100)를 사용하여 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 을 측정하는 상태를 도시한다.
- [0087] 도 8에 도시하는 바와 같이, 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 은, 보유 지지부(22)에 시료(SMP)가 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(12)에 마개 부재(30)가 장착되어 2차 여기광을 반사하는 상태에서 측정된다. 이 측정된 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 중, 여기광의 파장 범위(λ_1 내지 λ_2)의 부분이 도 5에 도시하는 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 로서 산출된다.
- [0088] 도 9에 도시하는 바와 같이, 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 는, 보유 지지부(22)에 시료(SMP)가 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(12)으로부터 마개 부재(30)가 제거되어 2차 여기광을 반사하지 않는 상태에서 측정된다. 이 측정된 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 중, 형광의 파장 범위(λ_3 내지 λ_4)의 부분이 도 5에 도시하는 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 로서 산출된다.
- [0089] 도 10에 도시하는 바와 같이, 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 은, 보유 지지부(22)에 표준체(REF)가 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(12)에 마개 부재(30)가 장착되어 2차 여기광을 반사하는 상태에서 측정된다. 이 측정된 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 중, 여기광의 파장 범위(λ_1 내지 λ_2)의 부분이 도 5에 도시하는 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 로서 산출된다.
- [0090] 그리고, 연산부(80)는, 상술한 바와 같은 수순에 의해 산출되는 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$, 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 및 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 를 사용하여, 시료(SMP)의 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 를 산출한다.
- [0091] 즉, 본 발명의 제1 실시 형태에 있어서는, 도 8에 도시하는 바와 같이, 상술한 본 발명에 관련되는 양자 효율 측정 장치(400)(도 4b 참조)와 마찬가지로의 방법으로, 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 이 측정되는 한편, 도 9에 도시하는 바와 같이, 시료(SMP)에 재여기(2차 여기)가 발생하지 않는 상태에서 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 가 측정된다. 이와

같은 2단계로 스펙트럼을 측정함으로써, 재여기(2차 여기)에 기인하는 오차를 저감할 수 있다.

- [0092] 또한, 도 8 및 도 10에 도시하는 바와 같이, 여기광이 적분기 내에서 반복해 반사하고 있는 상태에 있어서 스펙트럼을 측정하기 위해서는, 미리, 에너지 교정을 해 두는 것이 바람직하다. 이 에너지 교정에서는, 분광 에너지가 기지의 광을 적분기에 조사해, 그때 측정되는 스펙트럼을 기준으로 하여, 측정된 스펙트럼을 보정한다. 이에 의해, 시료(SMP)에 흡수되는 광 에너지(여기 에너지)를 정확하게 측정할 수 있다.
- [0093] (c3. 측정 수순)
- [0094] 도 11을 참조하여, 사용자는, 양자 효율 측정 장치(100)를 준비하는 동시에, 측정 대상의 시료(SMP) 및 표준체(REF)가 봉입된 셀을 준비한다(스텝 S2). 그리고, 상술한 제1 내지 제3 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 내지 $E^{(3)}(\lambda)$ 을 측정한다. 또한, 각 스펙트럼의 측정 순서는 특별히 제한되는 일 없이, 최종적으로, 양자 효율을 산출할 때에 3개의 스펙트럼이 측정되어 있으면 된다. 도 11에는, 제1 스펙트럼, 제2 스펙트럼 및 제3 스펙트럼의 순으로 측정하는 예를 나타낸다.
- [0095] 스텝 S10에 있어서, 사용자는, 적분기(50A)의 보유 지지부(22)에 시료(SMP)를 배치한다. 즉, 사용자는, 적분기(50A)의 적분 공간 내의 소정 위치에 시료(SMP)를 배치한다. 이때, 적분기(50A)의 관측창(14)은, 마개 부재(28)로 막아져 있는 것으로 한다.
- [0096] 계속되는 스텝 S12에 있어서, 사용자는, 시료(SMP)에 대한 스펙트럼을 측정한다. 즉, 적분기(50A)의 시료창(16)을 통해 광원 장치(60)로부터의 여기광을 시료(SMP)에 조사하는 동시에, 적분기(50A)의 관측창(18)을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 측정기(70)에 의해 측정한다. 이 측정기(70)에 의해 측정된 스펙트럼이 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 로 된다.
- [0097] 계속되는 스텝 S14에 있어서, 연산부(80)가 측정기(70)에 의해 측정된 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 의 데이터를 저장한다.
- [0098] 스텝 S20에 있어서, 사용자는, 적분기(50A)의 보유 지지부(22)에 배치된 시료(SMP)를 유지한 채로, 적분기(50A) 내의 여기광의 광축 Ax1이 교차하는 여기광 입사 부분[여기광 통과창(12)]을, 시료(SMP)를 투과 후의 여기광(2차)이 적분 공간 내로 반사되지 않도록 구성한다. 즉, 사용자는, 2차 여기광을 통과시키기 위한 여기광 통과창(12)이 마개 부재(30)로 폐색되어 있는 상태에서부터, 마개 부재(30)를 제거한 상태로 변경한다.
- [0099] 계속되는 스텝 S22에 있어서, 사용자는, 시료(SMP)에 대한 스펙트럼을 측정한다. 즉, 적분기(50A)의 시료창(16)을 통해 광원 장치(60)로부터의 여기광을 시료(SMP)에 조사하는 동시에, 적분기(50A)의 관측창(18)을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 측정기(70)에 의해 측정한다. 이 측정기(70)에 의해 측정된 스펙트럼이 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 로 된다.
- [0100] 계속되는 스텝 S24에 있어서, 연산부(80)가 측정기(70)에 의해 측정된 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 의 데이터를 저장한다.
- [0101] 스텝 S30에 있어서, 사용자는, 적분기(50A)의 보유 지지부(22)에 표준체(REF)를 배치한다. 즉, 사용자는, 적분기(50A)의 적분 공간 내의 소정 위치에 표준체(REF)를 배치한다.
- [0102] 계속되는 스텝 S32에 있어서, 사용자는, 적분기(50A) 내의 여기광의 광축 Ax1이 교차하는 여기광 입사 부분[여기광 통과창(12)]을, 표준체(REF)를 투과 후의 여기광이 적분 공간 내로 반사하도록 구성한다. 즉, 사용자는, 2차 여기광을 통과시키기 위한 여기광 통과창(12)이 개방되어 있는 상태에서부터, 마개 부재(30)로 폐색되어 있는 상태로 변경한다.
- [0103] 계속되는 스텝 S34에 있어서, 사용자는, 표준체(REF)에 대한 스펙트럼을 측정한다. 즉, 적분기(50A)의 시료창(16)을 통해 광원 장치(60)로부터의 여기광을 표준체(REF)에 조사하는 동시에, 적분기(50A)의 관측창(18)을 통해 적분 공간 내의 스펙트럼을 측정기(70)에 의해 측정한다. 이 측정기(70)에 의해 측정된 스펙트럼이 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 으로 된다.
- [0104] 계속되는 스텝 S36에 있어서, 연산부(80)가 측정기(70)에 의해 측정된 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 의 데이터를 저장한다.

- [0105] 이상의 처리에 의해, 제1 내지 제3 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 내지 $E^{(3)}(\lambda)$ 이 측정되면, 연산부(80)에 의한 양자 효율의 산출 처리가 실행된다.
- [0106] 스텝 S40에 있어서, 연산부(80)는, 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 중 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분을 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 로서 산출한다. 계속되는 스텝 S42에 있어서, 연산부(80)는, 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 중 형광의 파장 범위에 대응하는 성분을 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 로서 산출한다. 계속되는 스텝 S44에 있어서, 연산부(80)는, 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 중 여기광의 파장 범위에 대응하는 성분을 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 로서 산출한다.
- [0107] 스텝 S46에 있어서, 연산부(80)는, 스텝 S40 내지 S44에 있어서 산출된, 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$, 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$ 및 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 를 사용하여, 상술한 수학적 식 1을 따라, 시료(SMP)의 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 를 산출한다. 이때, 연산부(80)는, 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 중 여기광에 대응하는 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$ 과, 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 중 여기광에 대응하는 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 의 차분을 시료(SMP)에 흡수된 광 성분으로서 산출한다.
- [0108] 스텝 S48에 있어서, 연산부(80)는, 산출한 양자 효율(내부 양자 수율) $\eta_{내부}$ 의 값을 출력한다. 또한, 출력 형태로서는, 연산부(80)에 접속된 디스플레이 등에 그 값을 표시하는 형태, 연산부(80)에 접속된 상위 컴퓨터 등에 그 값을 전송하는 형태, 연산부(80)에 접속된 프린터 등으로부터 그 값을 프린트하는 형태 등이 생각된다.
- [0109] 상술한 바와 같이, 제1 내지 제3 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 내지 $E^{(3)}(\lambda)$ 의 측정은 임의로 순서에 의해 행할 수 있다. 즉, 도 11에 도시하는 스텝 S10 내지 S14, 스텝 S20 내지 S24 및 스텝 S30 내지 S36의 처리 단위에서 순서를 교체하는 것이 가능하다. 또한, 복수의 시료(SMP)를 연속적으로 측정하는 경우에는, 스텝 S30 내지 S36에 나타내는 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 의 산출 처리를 1회만 실행해 두고, 복수의 시료(SMP)에 대해, 이 산출된 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 를 공통적으로 이용해도 된다.
- [0110] (c4. 변형예)
- [0111] 상술한 제1 실시 형태에 있어서는, 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 의 측정시에, 마개 부재(30)를 제거하는 경우에 대해 예시했지만, 적분 공간에 외란광이 입사되지 않도록, 여기광을 흡수하는 부재를 장착해도 된다.
- [0112] 도 12a 및 12b를 참조하여, 본 발명의 제1 실시 형태의 변형예에 따르는 양자 효율 측정 장치를 사용하여 시료(SMP)의 양자 효율을 측정하기 위한 수순을 설명한다. 특히, 도 12a에는, 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 및 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 의 측정 상태를 나타내고, 도 12b에는, 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 의 측정 상태를 나타낸다.
- [0113] 즉, 도 12a에 도시하는 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 및 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$ 의 측정 상태는, 상술한 도 8 및 도 10과 마찬가지로이지만, 도 12b에 도시하는 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$ 의 측정 상태에 있어서는, 적분기(50A)의 외측으로부터 여기광 통과창(12)에 대응시켜 광 흡수부(90)가 장착된다.
- [0114] 광 흡수부(90)는, 전형적으로는, 라이트 트랩으로 칭해지는 광학 부품으로, 여기광 통과창(12)을 통과한 2차 여기광이 적분 공간 내로 반사하지 않도록 2차 여기광을 흡수한다. 동시에, 광 흡수부(90)는, 여기광 통과창(12)을 통해 적분 공간 내로 외란광이 입사하는 것을 방지하는 기능도 수행한다.
- [0115] 혹은, 여기광의 파장 범위의 광을 선택적으로 흡수하는 광 디바이스를 여기광 통과창(12)에 장착해도 된다. 이 경우에는, 2차 여기광만이 흡수되어, 시료(SMP)로부터 발생하는 형광은, 여기광 통과창(12)의 부분에서 반사하게 된다.
- [0116] [D. 제2 실시 형태]
- [0117] 도 13을 참조하여, 본 발명의 제2 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치(200)의 전체 구성에 대해 설명한다. 도 13에 도시하는 양자 효율 측정 장치(200)는, 도 6에 도시하는 양자 효율 측정 장치(100)의 적분기(50A)에 있어서, 여기광 통과창(12)과 시료창(16) 사이의 위치 관계를 교체한 것에 상당한다.
- [0118] 즉, 적분기(50B)에 있어서는, 평면 미러(10)의 중심부에 2차 여기광을 통과시키기 위한 여기광 통과창(13)이 형성되어 있고, 반구부(1)의 정점부에 여기광을 적분 공간 내로 조사하기 위한 시료창(17)이 형성되어 있다. 여

기광 통과창(13)은, 시료창(17)과 대향하고, 또한, 적분기(50B) 내의 여기광의 광축 Ax2가 교차하는 여기광이 입사 부분하는 부분에 위치한다. 여기광 통과창(13)이 개방 상태이면, 광원 장치(60)로부터 조사된 여기광 중, 시료(SMP)를 투과한 후의 성분(2차 여기광)은, 광축 Ax2를 전반한 후에 적분기(50B)의 외부로 배출되게 된다.

[0119] 도 13에 도시하는 본 발명의 제2 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치(200)는, 상술한 점을 제외하고, 도 6에 도시하는 본 발명에 관련된 양자 효율 측정 장치(100)와 마찬가지로, 그 밖의 부위에 대한 상세한 설명은 반복하지 않는다. 또한, 양자 효율의 측정 수순 등에 대해서도, 상술한 제1 실시 형태와 마찬가지로, 상세한 설명은 반복하지 않는다.

[0120] [E. 제3 실시 형태]

[0121] 상술한 제1 및 제2 실시 형태에 있어서는, 반구형의 적분기를 사용하는 구성에 대해 예시했지만, 전구형의 적분기를 사용해도 마찬가지로 측정이 가능하다.

[0122] 도 14를 참조하여, 본 발명의 제3 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치(300)의 전체 구성에 대해 설명한다. 도 14에 도시하는 양자 효율 측정 장치(300)는, 시료(SMP)의 양자 효율을 측정하기 위한 적분 공간을 전구형의 적분기(50C)를 사용하여 형성한다.

[0123] 적분기(50C)는, 그 내면(내벽)에 광 확산 반사층(2a)을 갖는 전구부(2)를 포함한다. 이 광 확산 반사층(2a)은, 대표적으로, 황산바륨이나 PTFE 등의 광 확산 재료를 도포 또는 분사함으로써 형성된다.

[0124] 적분기(50C)에 있어서는, 그 내면측에 대한 실질적인 곡률 중심 0를 지나는 광축 Ax3 상에, 광원 장치(60)로부터의 여기광을 적분 공간 내로 조사하기 위한 조사창(56)과, 시료(SMP)를 투과한 후의 2차 여기광을 적분기(50C)의 외부로 배출시키기 위한 여기광 통과창(58)이 대향하여 형성되어 있다. 여기광 통과창(58)에는, 전구부(2)의 내면에 있는 광 확산 반사층(2a)과 실질적으로 동일한 반사 특성을 갖는 마개 부재(30)가 장착된다. 여기광 통과창(58)에 마개 부재(30)가 장착되어, 여기광 통과창(58)이 폐쇄 상태이면, 광원 장치(60)로부터 조사된 여기광 중, 시료(SMP)를 투과한 후의 성분(2차 여기광)은, 적분기(50C)의 내부로 확산 반사되게 된다.

[0125] 즉, 여기광 통과창(58)과 마개 부재(30)는, 여기광(2차 여기광)을 적분 공간 내로 반사하는 상태와, 여기광(2차 여기광)을 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태로 전환하기 위한 전환 기구로서 기능한다.

[0126] 적분기(50C)의 내부에는, 적분기 내의 여기광의 광축 Ax3 상에 시료(SMP) 또는 표준체(REF)를 배치하기 위한 보유 지지부(51)가 설치되어 있고, 용액 상태의 시료(SMP) 또는 표준체(REF)를 봉입한 셀(52)이 보유 지지부(51)에 의해 적분 공간 내에 현수된다. 즉, 보유 지지부(51)는, 구체인 적분기(50C)의 중심부에 시료(SMP) 및 표준체(REF)를 배치할 수 있도록 구성된다.

[0127] 적분기(50C)에는, 여기광의 광축 Ax3과는 교차하지 않는 위치에 관측창(54)이 형성되어 있다. 이 관측창(54)을 통해 적분 공간 내의 조도(스펙트럼)가 측정된다. 즉, 시료(SMP)에 대하여 여기광을 조사함으로써 발생하는 형광은, 적분기(50C)의 내면에서 다중 반사되어 적분(균일화)된다. 이 광의 일부는, 관측창(54)을 통하여, 광 취출부(26)로부터 측정기(70)로 유도된다. 또한, 시료(SMP)에서 발생한 형광이 직접적으로 관측창(54)에 입사하지 않도록, 보유 지지부(51)와 관측창(54)의 사이에 배플(53)이 설치된다.

[0128] 상술한 양자 효율 측정 장치(100 및 200)와 마찬가지로, 양자 효율 측정 장치(300)를 사용한 양자 효율 측정에 있어서도, 이하 3개의 상태에 있어서 각각 측정되는 제1 내지 제3 스펙트럼이 사용된다.

[0129] (1) 제1 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$: 보유 지지부(51)에 시료(SMP)가 봉입된 셀(52)이 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(58)이 2차 여기광을 반사하는 상태로 되어 있는 경우[마개 부재(30)가 장착되어 있는 상태]

[0130] (2) 제2 스펙트럼 $E^{(2)}(\lambda)$: 보유 지지부(51)에 시료(SMP)가 봉입된 셀(52)이 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(58)이 2차 여기광을 반사하지 않는 상태로 되어 있는 경우[마개 부재(30)가 제거되어 있는 상태]

[0131] (3) 제3 스펙트럼 $E^{(3)}(\lambda)$: 보유 지지부(51)에 표준체(REF)가 봉입된 셀(52)이 배치되어 있고, 또한, 여기광 통과창(58)이 2차 여기광을 반사하는 상태로 되어 있는 경우[마개 부재(30)가 장착되어 있는 상태]

[0132] 상술한 바와 같이 측정된 제1 내지 제3 스펙트럼 $E^{(1)}(\lambda)$ 내지 $E^{(3)}(\lambda)$ 을 사용하여, 투과광 스펙트럼 $R(\lambda)$, 형광 스펙트럼 $P(\lambda)$, 여기광 스펙트럼 $E(\lambda)$ 가 각각 산출된다. 그리고, 이들 산출된 스펙트럼을 사용하여, 시료(SMP)의 양자 효율이 산출된다.

- [0133] 구체적인 양자 효율의 측정 수순에 대해서는, 상술한 제1 실시 형태와 마찬가지로, 상세한 설명은 반복하지 않는다.
- [0134] [F. 결론]
- [0135] 본 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 방법에 있어서는, 시료(SMP)를 투과 후의 2차 여기광이 적분 공간 내로 반사하는 상태에서, 시료(SMP)에 흡수되는 여기광(투과광 스펙트럼)을 측정하는 동시에, 시료(SMP)를 투과 후의 2차 여기광이 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태에서, 시료(SMP)로부터 발생하는 형광 스펙트럼을 측정한다. 이와 같이 측정된 형광 스펙트럼은, 재여기(2차 여기)의 영향을 받지 않는다. 따라서, 측정되는 양자 효율에의 재여기(2차 여기)에 기인하는 오차를 저감할 수 있다.
- [0136] 또한, 본 실시 형태에 따르는 양자 효율 측정 장치에 있어서는, 적분기에 설치된 여기광 통과창에 마개 부재를 장착하고, 혹은, 제거하는 것만으로, 시료(SMP)를 투과 후의 2차 여기광이 적분 공간 내로 반사하는 상태와, 시료(SMP)를 투과 후의 2차 여기광이 적분 공간 내로 반사하지 않는 상태를 간단하게 전환할 수 있다. 이에 의해, 시료(SMP)의 양자 효율의 측정에 필요로 하는 시간을 단축할 수 있다.
- [0137] 본 발명을 상세하게 설명해 나타내어 왔지만, 이것은 예시를 위한 것이며, 한정으로 취급해서는 안되고, 발명의 범위는 청구의 범위에 의해 해석되는 것이 명백하게 이해될 것이다.

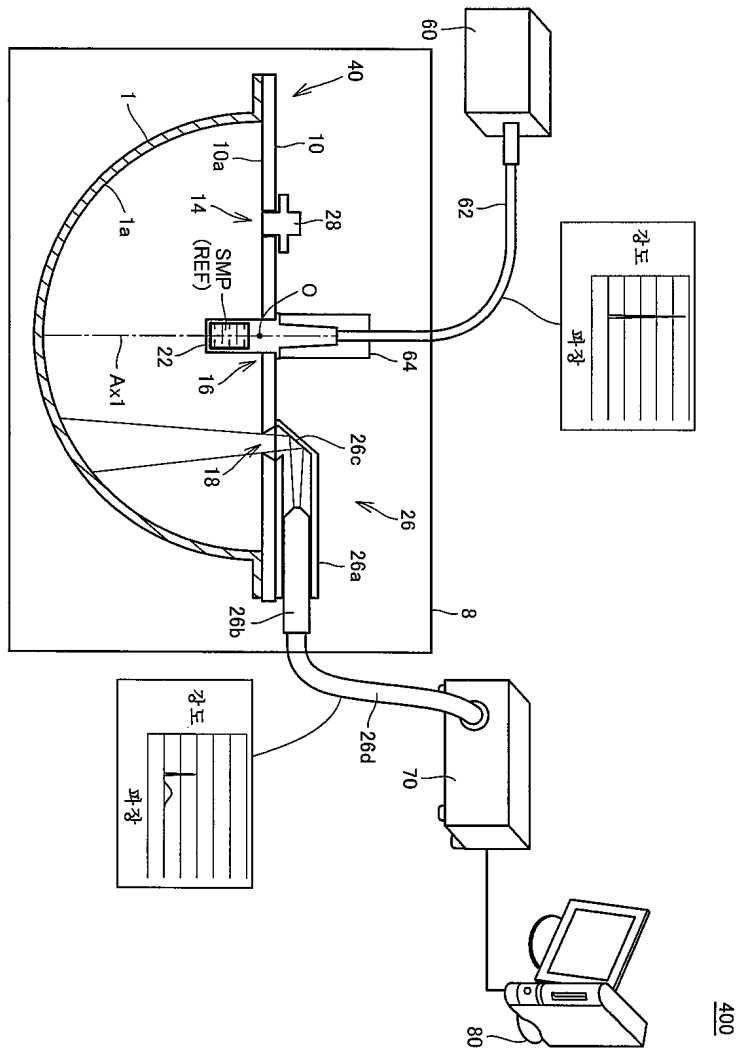
부호의 설명

- [0138] 1 : 반구부
 1a, 2a : 광 확산 반사층
 2 : 진구부
 8 : 암상자
 10 : 평면 미러
 10a : 반사층
 12, 13, 58 : 여기광 통과창
 14, 18, 54 : 관측창
 16, 17 : 시료창
 22, 51 : 보유 지지부
 26 : 광 취출부
 26a : 하우징
 26b : 파이버 단부
 26c, 31 : 반사부
 26d, 62 : 광 파이버
 28, 30 : 마개 부재
 32 : 기재
 34 : 자석
 36, 38 : 나사 홈
 40, 50A, 50B, 50C : 적분기
 52 : 셀
 53 : 배플
 56 : 조사창

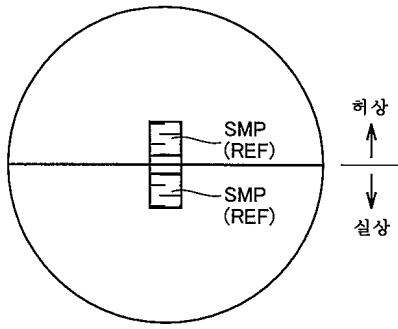
- 60 : 광원 장치
- 64 : 조사부
- 70 : 측정기
- 80 : 연산부
- 90 : 광 흡수부
- 100, 200, 300, 400 : 양자 효율 측정 장치
- REF : 표준체
- SMP : 시료

도면

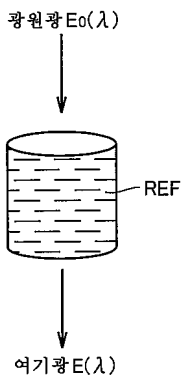
도면1



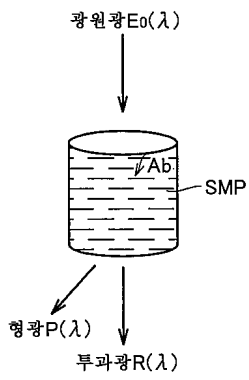
도면2



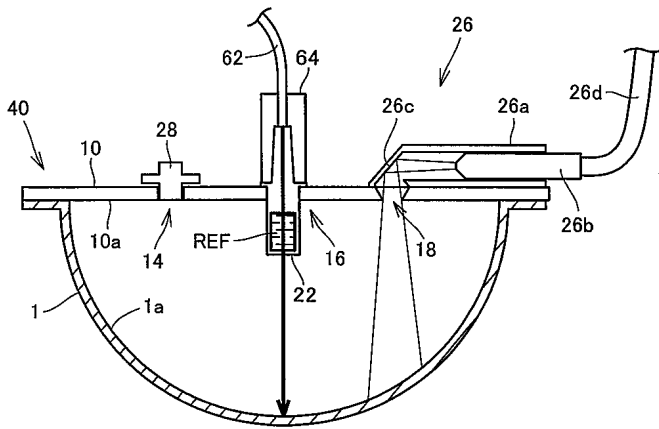
도면3a



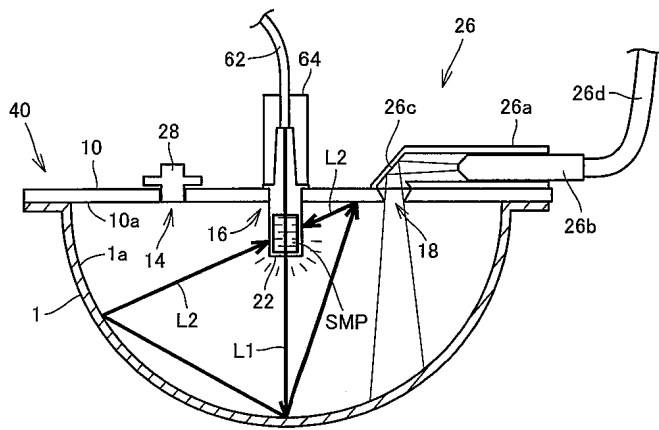
도면3b



도면4a

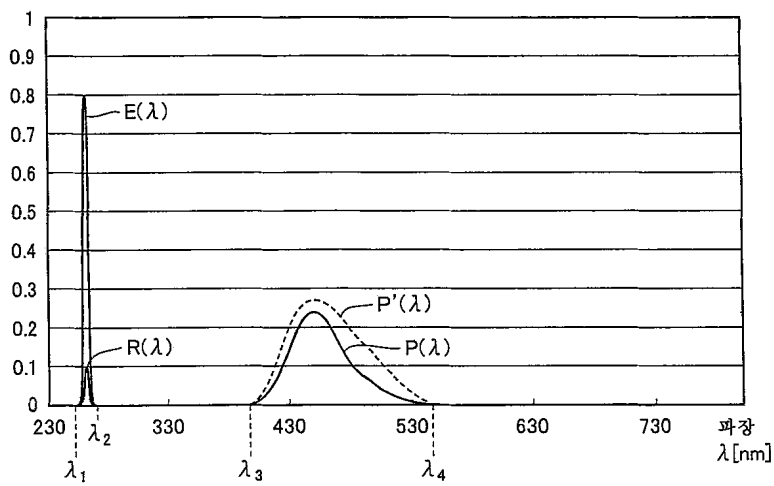


도면4b

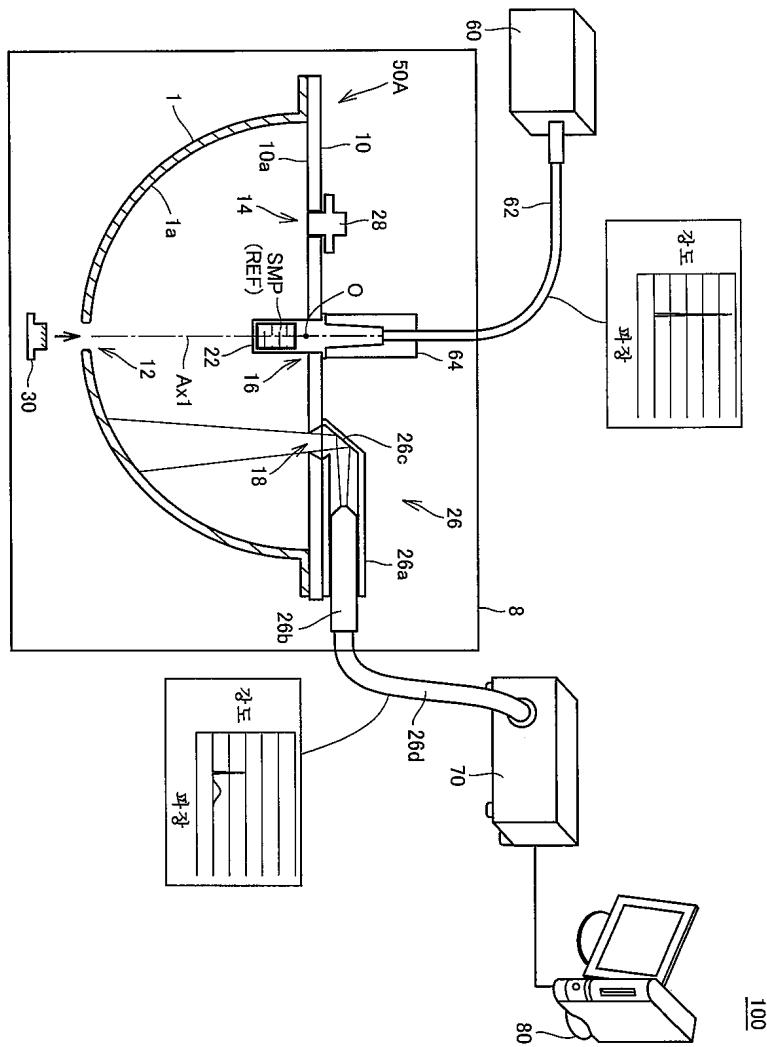


도면5

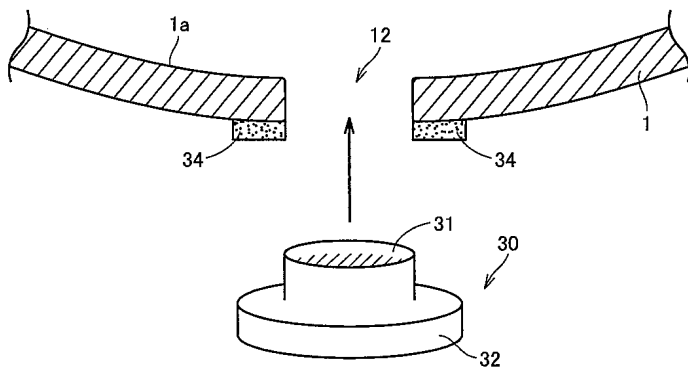
강도(규격화 값)



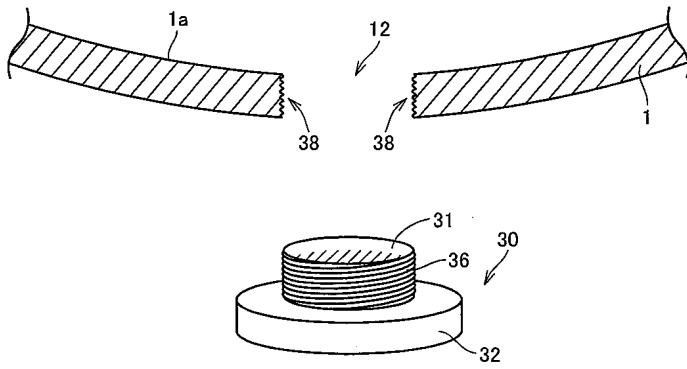
도면6



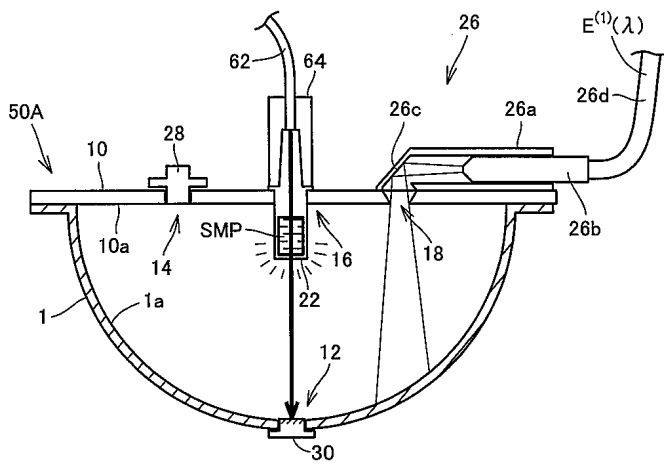
도면7a



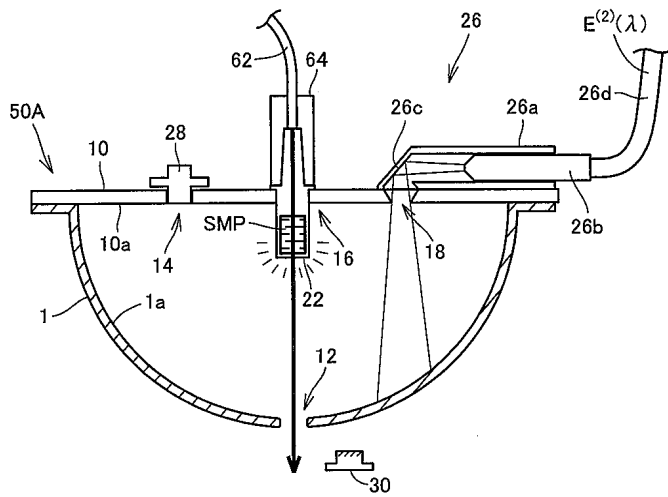
도면7b



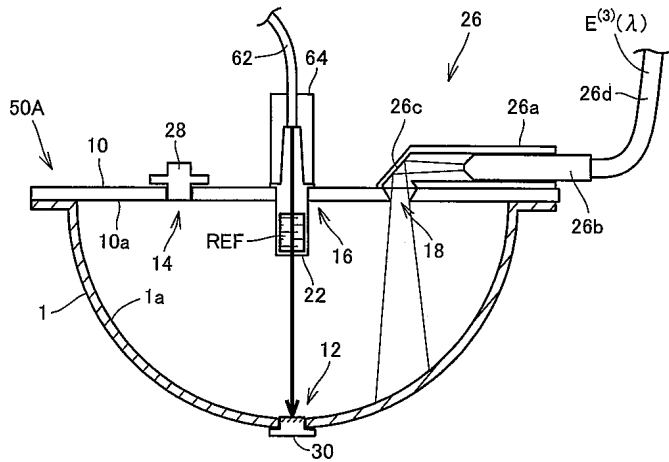
도면8



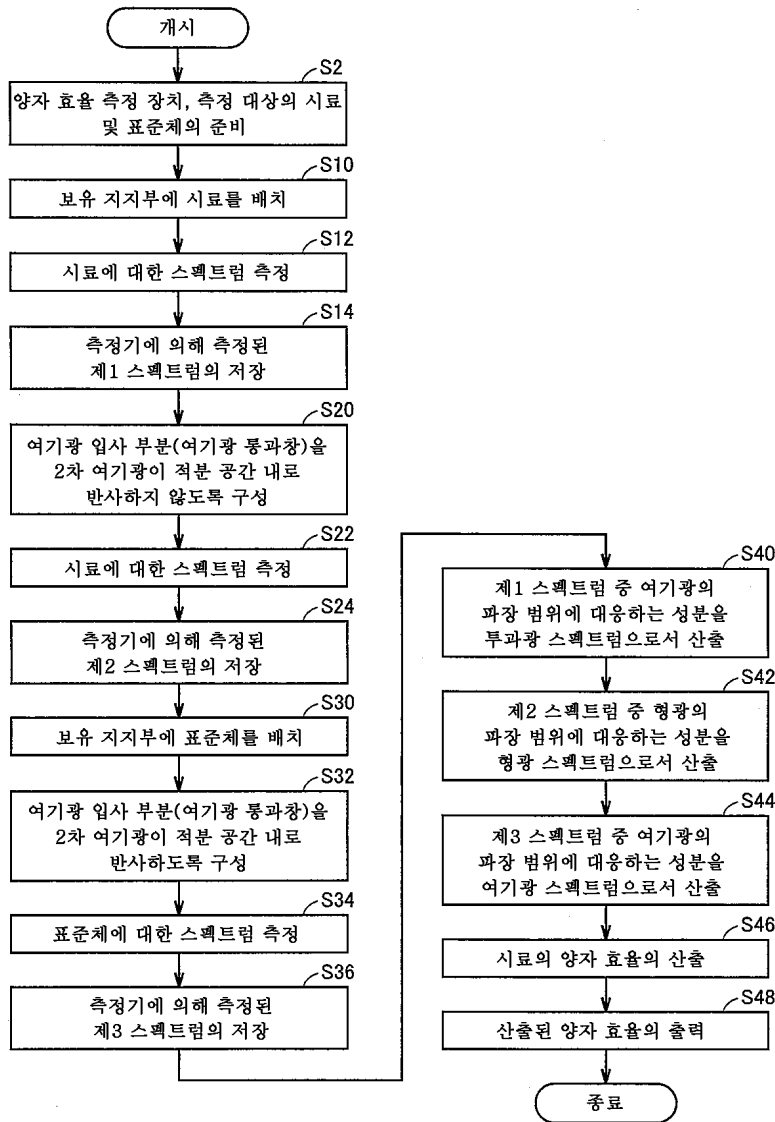
도면9



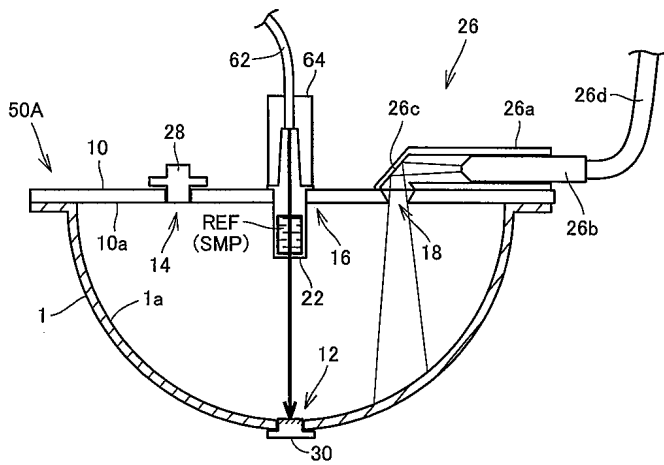
도면10



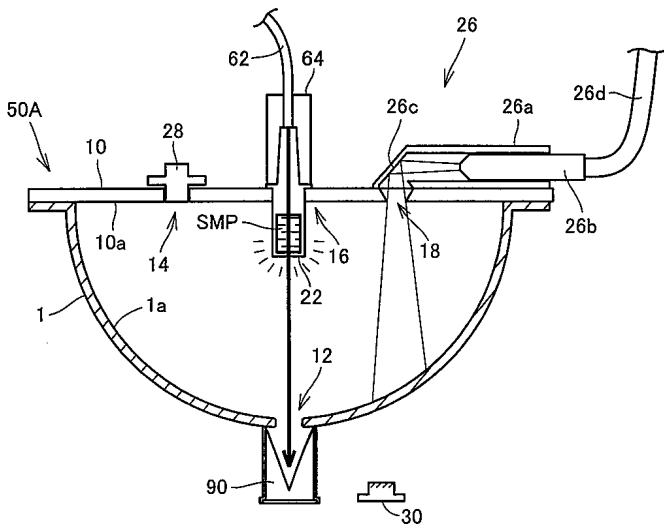
도면11



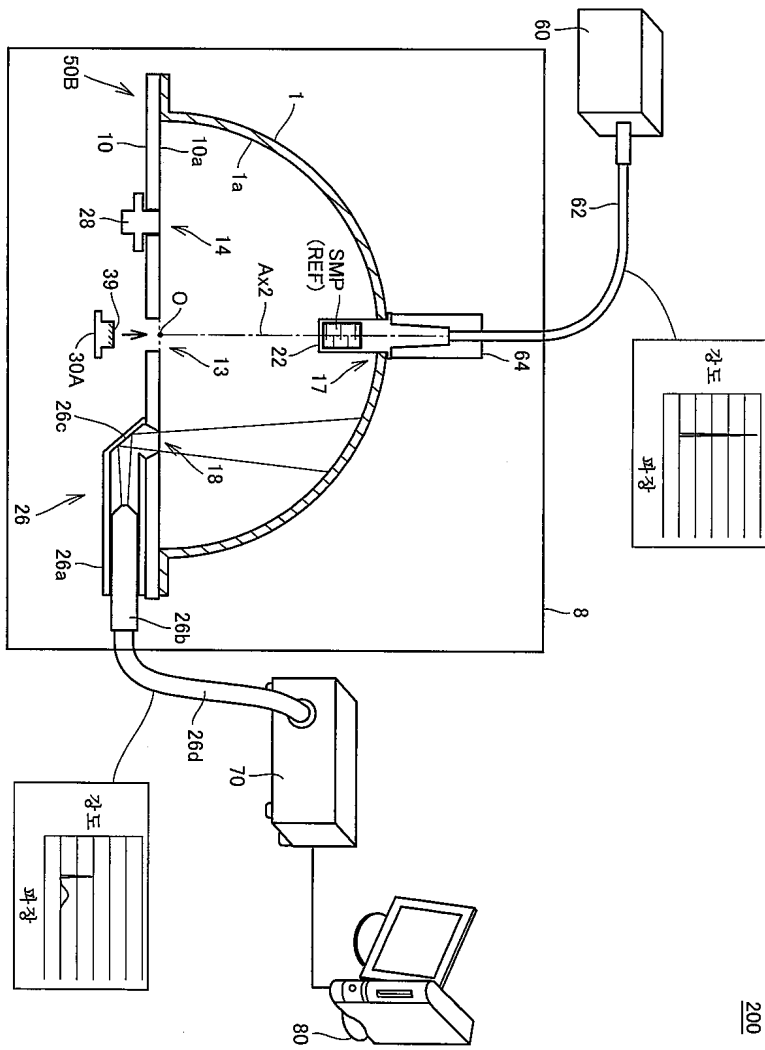
도면12a



도면12b



도면13



도면14

