



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0010522
(43) 공개일자 2019년01월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/64 (2006.01) G01N 21/49 (2006.01)
G01N 21/53 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01N 21/645 (2013.01)
G01N 21/3577 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7011809
- (22) 출원일자(국제) 2017년02월23일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2018년04월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/006951
- (87) 국제공개번호 WO 2017/199511
국제공개일자 2017년11월23일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-100435 2016년05월19일 일본(JP)

- (71) 출원인
후지 덴키 가부시키키가이샤
일본 가와사키시 가와사키구 타나베신덴 1-1
- (72) 발명자
하세가와 요시키
일본 2109530 가나가와켄 가와사키시 가와사키구 타나베신덴 1-1 후지 덴키 가부시키키가이샤 나이
고이즈미 가즈히로
일본 2109530 가나가와켄 가와사키시 가와사키구 타나베신덴 1-1 후지 덴키 가부시키키가이샤 나이
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

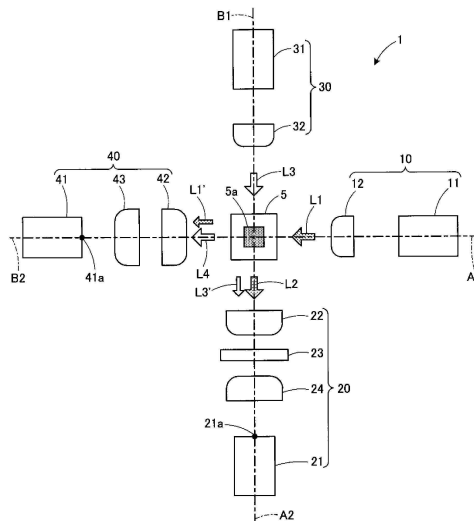
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 수질 분석계

(57) 요약

본 발명은 간이한 구성으로 형광 검출 기능과 산란광 검출 기능을 더불어 가지고, 시료수의 형광 강도를 정밀도 좋게 측정하는 것을 과제로 한다. 수질 분석계(1)는 측정 대상이 되는 시료수에 여기용의 광원광(L1)을 조사하는 여기광 조사 광학계(10)와, 여기용의 광원광의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분의 형광(L2)을 검출하는 형광 검출 광학계(21)와, 시료수에 산란광 검출용의 광원광(L3)을 조사하는 산란광 조사 광학계(30)와, 산란광 검출용의 광원광의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광(L4)을 검출하는 산란광 검출 광학계(40)를 가지고 있다. 여기광 조사 광학계의 광량 및 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 21/49 (2013.01)

G01N 21/532 (2013.01)

G01N 33/1893 (2013.01)

G01N 2021/4726 (2013.01)

G01N 2021/6491 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

수질 분석계에 있어서,

측정 대상이 되는 시료수에 여기용의 광원광을 조사하는 여기광 조사 광학계와,

상기 여기용의 광원광의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분의 형광을 검출하는 형광 검출 광학계와,

시료수에 산란광 검출용의 광원광을 조사하는 산란광 조사 광학계와,

상기 산란광 검출용의 광원광의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광을 검출하는 산란광 검출 광학계

를 포함하고,

상기 여기광 조사 광학계의 광량 및 상기 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능한 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 형광 검출 광학계는 상기 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하며, 상기 산란광 검출 광학계는 상기 여기광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 여기광 조사 광학계와 상기 산란광 검출 광학계는 시료수 통수 용기를 사이에 두고 대향하고 있고, 상기 산란광 조사 광학계와 상기 형광 검출 광학계는 상기 시료수 통수 용기를 사이에 두고 대향하고 있는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 시료수 통수 용기 내의 중심에서, 상기 여기광 조사 광학계의 광축과 상기 형광 검출 광학계의 광축이 수직으로 교차하고, 상기 산란광 조사 광학계의 광축과 상기 산란광 검출 광학계의 광축이 수직으로 교차하고 있는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 여기광 조사 광학계의 광축과 상기 형광 검출 광학계의 광축의 제1 교점과, 상기 산란광 조사 광학계의 광축과 상기 산란광 검출 광학계의 광축의 제2 교점이, 상기 시료수 통수 용기 내에서 이격되어 있는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1 교점과 상기 제2 교점의 거리가, 0 mm보다 크며 10 mm 이하인 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 7

제2항에 있어서, 상기 여기용의 광원광이 시료수를 투과한 제1 투과광으로부터 상기 여기용의 광원광의 제1 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 산란광 검출용의 광원광이 시료수를 투과한 제2 투과광으로부터 상기 산란광 검출용의 광원광의 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도로부터 상기 형광의 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 예측하는 예측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도는, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도의 절대값 및 비율로부터 예측되는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 여기용의 광원광이 시료수를 투과한 제1 투과광 및 상기 산란광 검출용의 광원광이 시료수를 투과한 제2 투과광을 검출하는 투과광 검출 광학계와, 상기 제1 투과광으로부터 상기 여기용의 광원광의 제1 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 제2 투과광으로부터 상기 산란광 검출용의 광원광의 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도로부터 상기 형광의 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 예측하는 예측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도는, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도의 절대값 및 비율로부터 예측되는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 제3 파장은 시료수 중의 상기 특정 성분의 형광 스펙트럼의 피크 파장인 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 12

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 산란광 검출 광학계로 검출된 상기 산란광으로부터 측정된 탁도를 이용하여, 상기 형광 검출 광학계로 검출된 상기 형광의 강도를 보정함으로써, 탁도 보정된 형광 강도를 산출하는 탁도 보정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 제1 파장에 있어서의 시료수의 흡광도와, 상기 예측부에서 예측되는 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 이용하여, 상기 탁도 보정된 형광 강도를 보정함으로써, 흡광도 보정된 형광 강도를 산출하는 흡광도 보정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 14

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 제1 파장은 250 nm 이상 350 nm 이하이고, 상기 제2 파장은 600 nm 이상 900 nm 이하이며, 상기 제3 파장은 상기 제1 파장 이상 상기 제2 파장 이하인 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

청구항 15

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 여기용의 광원광 및 상기 산란광 검출용의 광원광을 상기 시료수 통수 용기로 유도하는 위치에 배치되는 광학 부재를 포함하고, 상기 광학 부재와 상기 투과광 검출 광학계가, 상기 시료수 통수 용기를 사이에 두고 대향하고 있는 것을 특징으로 하는 수질 분석계.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 측정 대상이 되는 시료수의 성분을 측정하는 수질 분석계에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 형광 검출의 원리를 이용하는 수질 분석계에 있어서는, 측정 대상의 시료수 중의 특정 성분의 여기에 의해 발생된 형광을 검출하여, 시료수를 수질 분석하는 것이 알려져 있다. 이 수질 분석계는 광원으로부터 발생된 여기광을 시료 셀 중의 시료수에 조사하여, 특정 성분을 여기시키고, 여기에 의해 방출된 형광을 광학 필터에 통과시켜 특정 파장의 광을 취출하고, 특정 파장의 광을 형광 검출기에 도입하여 형광 검출하고 있다. 이러한 수질 분석계에 있어서는, 광원으로부터 발생된 광이 직접 검출기에 도입되는 것을 막기 위해, 광원으로부터 시료 셀에의 조사계의 광로와, 시료 셀로부터 검출기에의 검출계의 광로는, 수직으로 교차하도록 배치되어

있다(예컨대, 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 평성8-145889호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 그런데, 시료수 중의 성분에서 의 형광 강도는, 시료수가 혼탁하면(탁도가 높으면) 감쇠하는 것이 알려져 있고, 시료수의 형광 강도를 정밀도 좋게 측정하기 위해서는 탁도를 측정할 필요가 있다. 산란광 검출의 원리를 이용하는 탁도계에 있어서는, 광원으로부터 발생된 특정 파장의 광을 측정 대상의 시료수가 수용되어 있는 시료 셀에 조사하여, 시료수에 포함되는 현탁 물질로서의 미립자에 의한 산란광을 산란광 검출기에 의해 검출하여, 탁도가 측정된다.

[0005] 최근, 시료수의 형광 강도와 탁도를 동시에 측정하기 위해, 형광 검출 기능과 산란광 검출 기능을 더불어 갖는 수질 분석계에 대한 필요성이 높아져 오고 있다. 형광 검출 기능과 산란광 검출 기능을 복합한 수질 분석계에 있어서는, 여기용의 광원 및 검출기, 산란광 검출용의 광원 및 검출기가 구비되어 있을 필요가 있다. 또한, 수질 분석계의 안정적인 측정에는, 각각의 광원의 광량의 저하를 모니터링하는 것이 바람직하다.

[0006] 그러나, 이러한 수질 분석계는 부가적인 기능을 추가하면 구성이 복잡해져 버린다. 예컨대, 형광 검출 기능과 산란광 검출 기능을 복합한 수질 분석계에 있어서, 각 광원의 광량을 측정하기 위해서는 각각의 광원에 대하여 광량 검출기가 구비되어 있을 필요가 있어, 구성이 복잡화하여 버리는 문제가 있다.

[0007] 본 발명은 이러한 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 그 목적으로 하는 바는, 간이한 구성으로 형광 검출 기능과 부가적인 기능으로서 산란광 검출 기능을 더불어 가지고, 시료수의 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있는 수질 분석계를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 수질 분석계는, 측정 대상이 되는 시료수에 여기용의 광원광을 조사하는 여기광 조사 광학계와, 상기 여기용의 광원광의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분의 형광을 검출하는 형광 검출 광학계와, 시료수에 산란광 검출용의 광원광을 조사하는 산란광 조사 광학계와, 상기 산란광 검출용의 광원광의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광을 검출하는 산란광 검출 광학계를 가지고, 여기광 조사 광학계의 광량 및 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능한 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 수질 분석계는, 측정 대상이 되는 시료수에 여기용의 광원광을 조사하는 여기광 조사 광학계와, 상기 여기용의 광원광의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분의 형광을 검출하는 형광 검출 광학계와, 시료수에 산란광 검출용의 광원광을 조사하는 산란광 조사 광학계와, 상기 산란광 검출용의 광원광의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광을 검출하는 산란광 검출 광학계를 가지고, 상기 형광 검출 광학계가 상기 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하며 또한, 상기 산란광 검출 광학계가 상기 여기광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0010] 이 구성에 의해, 시료수 측정 시에는, 산란광 검출 광학계로 산란광을 검출하면서 형광 검출 광학계로 형광을 검출하고 있기 때문에, 시료수의 탁도의 영향을 고려하면서, 시료수의 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또한, 여기용의 광원의 광량 모니터링 시에는, 산란광 검출 광학계가 여기용의 광원의 광량도 검출할 수 있기 때문에, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이, 산란광 검출 광학계에 있어서 여기용의 광원의 광량 모니터링을 할 수 있다. 산란광 검출용의 광원의 광량 모니터링 시에는, 형광 검출 광학계의 산란광 검출용의 광원의 광량도 검출할 수 있기 때문에, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이, 형광 검출 광학계에 있어서 산란광 검출용의 광원의 광량 모니터링을 할 수 있다. 이에 의해, 여기용의 광원 및 산란광 검출용의 광원의 광량의 저하를 고려하여 안정된 수질 분석을 행할 수 있다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따르면, 간이한 구성으로 형광 검출 기능과 부가적인 기능으로서 산란광 검출 기능을 더불어 가져, 시료수의 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 제1 실시형태에 따른 수질 분석계의 개략 구성도이다.
- 도 2는 상기 실시형태에 따른 각 검출기에 도입되는 투과광의 광량의 조정 방법의 설명도이다.
- 도 3은 상기 실시형태에 따른 수질 분석계의 측정 동작의 설명도이다.
- 도 4는 제2 실시형태에 따른 수질 분석계의 개략 구성도이다.
- 도 5는 상기 실시형태에 따른 제어부의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 6은 상기 실시형태에 따른 통상 측정 모드의 수질 분석계의 측정 동작의 설명도이다.
- 도 7은 상기 실시형태에 따른 순수 측정 모드의 수질 분석계의 측정 동작의 설명도이다.
- 도 8은 현탁 물질을 포함하는 시료수의 흡광도 측정의 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 본 발명의 제1 실시형태에 따른 수질 분석계에 대해서, 상세하게 설명한다. 도 1은 제1 실시형태의 수질 분석계의 개략 구성도이다.
- [0014] 수질 분석계(1)는 시료 셀(5)을 중심으로 하여 4방향으로 여기광 조사 광학계(10), 형광 검출 광학계(20), 산란광 조사 광학계(30) 및 산란광 검출 광학계(40)를 구비하고 있다. 여기광 조사 광학계(10)와 산란광 검출 광학계(40)는, 시료 셀(5)을 사이에 두고 대향하여 배치되고, 산란광 조사 광학계(30)와 형광 검출 광학계(20)는, 시료 셀(5)을 사이에 두고 대향하여 배치되어 있다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a)의 중심에서, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)이 수직으로 교차하고, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 산란광 검출 광학계(40)의 광축(B2)이 수직으로 교차하도록 배치되어 있다.
- [0015] 여기광 조사 광학계(10)는 여기용의 광원(11)과, 광원(11)과 시료 셀(5) 사이에 배치된 콜리메이트 렌즈(12)를 가지고 있다. 형광 검출 광학계(20)는 형광 검출기(21)와, 형광 검출기(21)와 시료 셀(5) 사이에 배치된 집광 렌즈(22), 광학 필터(23), 집광 렌즈(24)를 가지고 있다. 집광 렌즈(22, 24)는 광학 필터(23)에 볼록면을 향하여 대칭으로 배치되어 있다. 또한, 산란광 조사 광학계(30)는 산란광 검출용의 광원(31)과, 광원(31)과 시료 셀(5) 사이에 배치된 콜리메이트 렌즈(32)를 가지고 있다. 산란광 검출 광학계(40)는 산란광 검출기(41)와, 산란광 검출기(41)와 시료 셀(5) 사이에 배치된 집광 렌즈(42, 43)를 가지고 있다. 집광 렌즈(42, 43)는 볼록면을 서로 외측을 향하여 배치되어 있다.
- [0016] 시료 셀(5)은 중심에 시료수 유로(5a)를 갖는 각통형으로 형성되어 있고, 광축(A1, A2, B1 및 B2)에 대하여 수직 방향으로 연장되어 있다. 시료수 유로(5a)에는 측정 대상이 되는 시료수가 통수된다. 시료 셀(5)로서는, 석영 유리 등의 투명 부재로 이루어지는 플로우 셀이 이용되지만, 석영 유리로 이루어지는 각형 셀을 이용할 수도 있다. 또한, 광원(11), 광원(31)으로서는, 특정 파장의 광을 발하는 발광 다이오드, 레이저 다이오드 등을 이용할 수 있다. 또한, 형광 검출기(21), 산란광 검출기(41)로서는, 포토다이오드, 광전자 증배관 등을 이용할 수 있다. 광학 필터(23)로서는, 특별히 한정되지 않지만, 특정 파장 범위의 광만을 투과시키고, 그 이외의 광을 컷트하는 기능을 가지며, 컷트율이 100%보다 작은 광학 소자가 이용된다.
- [0017] 이러한 구성에 있어서, 시료수 측정 시에는, 여기용의 광원(11) 및 산란광 검출용의 광원(31)을 점등시킨다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a) 내에는, 실제 시료가 통수된다. 여기용의 광원(11)으로부터는, 여기용의 광원광(L1)이 발생되고, 광원광(L1)은 콜리메이트 렌즈(12)를 통과하여 근평행광(콜리메이트광)이 되어, 시료 셀(5)의 시료수에 조사된다. 시료수 중의 검출 대상 성분은, 광원광(L1)에 의해 여기되어 형광(L2)을 발한다. 형광(L2)은 집광 렌즈(22)에 의해 집광되어, 광학 필터(23)에 도달하고, 광학 필터(23)에 의해 특정 파장의 광이 취출된 후에, 집광 렌즈(24)에 의해 집광되어, 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 달한다. 또한, 광원광(L1)의 일부는 시료 셀(5)을 직진하여, 시료 셀(5)을 투과하여 투과광(L1')으로서 집광 렌즈(42, 43)에 의해 집광되어 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 달한다.

- [0018] 산란광 검출용의 광원(31)으로부터는, 산란광 검출용의 광원광(L3)이 발생되고, 광원광(L3)은 콜리메이트 렌즈(32)를 통과하여 근평행광이 되어, 시료 셀(5)의 시료수에 조사된다. 광원광(L3)은 시료수 중의 현탁 물질로서의 미립자 성분에 의해 산란되어, 산란광(L4)이 발생된다. 산란광(L4)은 집광 렌즈(42, 43)에 의해 집광되어, 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 달한다. 또한, 광원광(L3)의 일부는 시료 셀(5)을 직진하여, 시료 셀(5)을 투과하여 투과광(L3')으로서 집광 렌즈(22)에 의해 집광되어, 광학 필터(23)에 도달한다. 광학 필터(23)에 의해 투과광(L3')은 그 대부분이 컷트되지만, 일부는 투과하여 집광 렌즈(24)에 집광되어, 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 달한다.
- [0019] 계속해서, 여기용의 광원(11)의 광량 모니터링 시에는, 여기용의 광원(11)을 점등시키고, 산란광 검출용의 광원(31)을 소등시킨다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a) 내에는, 형광 성분 및 산란광 성분을 포함하지 않는 물(순수)이 통수된다. 광원(11)으로부터 발생된 광원광(L1)은 콜리메이트 렌즈(12)를 통과하여, 시료 셀(5)에 조사된다. 광원광(L1)은 시료 셀(5)을 투과하여, 투과광(L1')으로서 집광 렌즈(42, 43)에 의해 집광되어, 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 달하여, 투과광(L1')이 검출된다.
- [0020] 산란광 검출용(30)의 광원(31)의 광량 모니터링 시에는, 여기용의 광원(11)을 소등시키고, 산란광 검출용의 광원(31)을 점등시킨다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a) 내에는, 순수가 통수된다. 광원(31)으로부터 발생된 광원광(L3)은 콜리메이트 렌즈(32)를 통과하여, 시료 셀(5)에 조사된다. 광원광(L3)은 시료 셀(5)을 투과하여, 투과광(L3')으로서 집광 렌즈(22)에 의해 집광되어, 광학 필터(23)에 도달한다. 광학 필터(23)에 의해 투과광(L3')의 일부가 집광 렌즈(24)에 집광되어, 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 달하여, 투과광(L3')이 검출된다.
- [0021] 이와 같이 수질 분석계(1)에서는, 시료수 측정 시에, 여기용의 광원(11)으로부터 시료 셀(5)에 여기용의 광원광(L1)이 조사되고, 광원광(L1)의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분의 형광(L2)을 형광 검출기(21)에서 검출함으로써 형광 강도가 측정된다. 동시에, 산란광 검출용의 광원(31)으로부터 시료 셀(5)에 산란광 검출용의 광원광(L3)이 조사되고, 광원광(L3)의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광(L4)을 산란광 검출기(41)에서 검출함으로써 탁도가 측정된다. 산란광을 검출하면서 형광을 검출하고 있기 때문에, 탁도의 영향을 고려하면서 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있다.
- [0022] 광학계(10, 20, 30, 40)는 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a)의 중심에서, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)이 직교하고, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 산란광 검출 광학계(40)의 광축(B2)이 직교하도록 배치되어 있다. 이 때문에, 투과광(L1')의 형광 검출기(21)에의 도입을 억제하면서, 형광 검출기(21)로 시료수 중의 특정 성분으로부터 발생된 형광(L2)을 검출할 수 있다. 또한, 투과광(L3')의 산란광 검출기(41)에의 도입을 억제하면서, 산란광 검출기(41)로 시료수 중의 미립자로부터 발생된 산란광(L4)을 검출할 수 있다.
- [0023] 또한, 수질 분석계(1)에서는, 여기용의 광원(11)과 산란광 검출기(41)는 대향하여 배치되어 있기 때문에, 산란광 검출기(41)는 광원광(L1)이 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L1')을 검출 가능하게 되어 있다. 산란광 검출용의 광원(31)과 형광 검출기(21)는 대향하여 배치되어 있기 때문에, 형광 검출기(21)는 광원광(L3)이 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L3')을 검출 가능하게 되어 있다.
- [0024] 이 때문에, 여기용의 광원(11)의 광량 모니터링 시에는, 여기용의 광원(11)으로부터 시료 셀(5)에 여기용의 광원광(L1)이 조사되어, 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L1')을 산란광 검출기(41)에서 검출함으로써, 여기용의 광원(11)의 광량을 모니터링할 수 있다. 산란광 검출용의 광원(31)의 광량 모니터링 시에는, 산란광 검출용의 광원(31)으로부터 시료 셀(5)에 산란광 검출용의 광원광(L3)이 조사되어, 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L3')을 형광 검출기(21)에서 검출함으로써, 산란광 검출용의 광원(31)의 광량을 모니터링할 수 있다.
- [0025] 그런데, 시료수 측정 시에는, 형광 검출 광학계(20)의 형광 검출기(21)에는, 광원(11)의 광원광(L1)으로 여기된 시료수 중의 특정 성분에 의해 발생된 형광(L2)뿐만 아니라, 광원광(L3)이 시료수를 투과한 투과광(L3')이 입사된다. 마찬가지로, 산란광 검출 광학계(40)의 산란광 검출기(41)에는, 광원(31)의 광원광(L3)의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광(L4)뿐만 아니라, 광원광(L1)이 시료수를 투과한 투과광(L1')이 입사된다.
- [0026] 광원(11, 31)의 광량 모니터링 시에 투과광(L1', L3')의 검출기(41, 21)에 있어서의 검출 효율을 높이기 위해서는, 시료 셀(5) 내에 있어서, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)을 일치시키고, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 산란광 광학계(40)의 광축(B2)을 일치시키면 좋다. 그러나 상기한 바와 같이, 시료수의 측정 시에는, 형광 검출기(21)에 형광(L2) 및 투과광(L3')이 입사되기 때문에, 투과광(L3')의 강도가 형광(L2)의 강도에 비해서 현저하게 큰 경우는, 형광 검출기(21)에 있어서의 형광(L2)의 검출

정밀도가 내려가 버릴 우려가 있다. 마찬가지로, 산란광 검출기(41)에 산란광(L4) 및 투과광(L1')이 입사되기 때문에, 투과광(L1')의 강도가 산란광(L4)의 강도에 비해서 현저하게 큰 경우는, 산란광 검출기(41)에 있어서의 산란광(L4)의 검출 정밀도가 내려가 버릴 우려가 있다.

[0027] 그래서 제1 실시형태에 따른 수질 분석계(1)에 있어서는, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)의 교점과, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 산란광 검출 광학계(40)의 광축(B2)의 거리를 조정하여, 검출기(21, 41)에 도입되는 투과광(L3', L1')의 광량을 제어하도록 하고 있다.

[0028] 도 2는 상기 실시형태에 따른 각 검출기에 도입되는 투과광의 광량의 조정 방법의 설명도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)의 교점(P1)과, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 산란광 검출 광학계(40)의 광축(B2)의 교점(P2)이, 시료 셀(5) 내에서 거리(D)만큼 이격되어 구성된다. 즉, 시료 셀(5) 내에 있어서, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)으로 형성되는 평면과, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 산란광 검출 광학계(40)의 광축(B2)으로 형성되는 평면이, 거리(D)만큼 이격되어 구성된다. 이에 의해, 광원광(L3)이 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L3')은, 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 있어서 광축(A2)으로부터 떨어진 위치에 도입되고, 광원광(L1)이 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L1')은, 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 있어서 광축(B2)으로부터 떨어진 위치에 도입된다. 도 2에서는, 교점(P2)이 교점(P1)의 상방에 위치하는 구성으로 하였지만, 교점(P2)은 교점(P1)의 하방에 위치하는 구성으로 하여도 좋다.

[0029] 또한, 거리(D)는 0 mm보다 크며 10 mm 이하인 것이 바람직하다. 거리(D)가 0 mm보다 크면, 투과광(L3')과 광축(A2)이 일치하는 것을 막아, 시료수의 측정 시에 형광 검출기(21)로 검출되는 투과광(L3')의 광량의 영향을 억제할 수 있다. 또한, 투과광(L1')과 광축(B)이 일치하는 것을 막아, 시료수의 측정 시에 산란광 검출기(41)로 검출되는 투과광(L1')의 광량의 영향을 억제할 수 있다. 거리(D)가 10 mm 이하이면, 투과광(L1')이 산란광 검출기(41)에 도달되지 않는 것 또는 도달하여도 지나치게 미소하여 검출 곤란해지는 것을 막아, 광량 모니터링 시에 투과광(L1')을 검출하여 광원(11)의 광량 모니터링을 행할 수 있다. 또한, 투과광(L3')이 형광 검출기(21)에 도달되지 않는 것 또는 도달하여도 지나치게 미소하여 검출 곤란해지는 것을 막아, 광량 모니터링 시에 투과광(L3')을 검출하여 광원(31)의 광량 모니터링을 할 수 있다.

[0030] 다음에, 도 3 및 표 1을 참조하여, 상기 실시형태에 따른 수질 분석계(1)에 의한 시료수의 측정 동작에 대해서 설명한다. 도 3은 상기 실시형태에 따른 수질 분석계의 측정 동작의 설명도이다. 도 3a는 상기 실시형태에 따른 시료수의 형광 강도 및 탁도의 측정 동작의 설명도이다. 도 3b는 상기 실시형태에 따른 여기광 조사 광학계의 광량의 검출동작의 설명도이다. 도 3c는 상기 실시형태에 따른 산란광 조사 광학계의 광량의 검출 동작의 설명도이다. 또한, 표 1에는 통상 측정, 광량 모니터링용 레퍼런스, 형광용 광원 광량 검출, 산란광용 광원 광량 검출의 4개의 측정 모드가 기재되어 있다.

표 1

		광원의 온/오프 상태		검출 신호의 정의	
측정 모드	시료수	여기용 광원	산란광 검출용 광원	형광용 검출기	산란광용 검출기
통상 측정 모드	실제의 시료	온	온	형광 성분	산란광
광량 모니터링용 레퍼런스 모드	순수	오프	오프	백그라운드 광량	백그라운드 광량
여기용 광원의 광량 검출 모드	순수	온	오프	—	여기용 광원의 광량
산란광용 광원의 광량 검출 모드	순수	오프	온	산란광 검출용 광원의 광량	—

[0031]

[0032] 도 3a에 나타내는 바와 같이, 시료수 측정 시에는 표 1의 통상 측정 모드가 선택되어, 형광 강도 및 탁도가 측정된다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a) 내에는, 실제 시료가 통수된다. 여기용의 광원(11), 산란광 검출용의 광원(31)은 모두 온의 상태가 된다. 여기용의 광원(11)으로부터는, 여기용의 광원광(L1)이 발생되어, 시료 셀(5)

의 시료수에 조사된다. 시료수 중의 검출 대상 성분은, 광원광(L1)에 의해 여기되어 형광(L2)을 발하고, 형광(L2)은 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 달한다. 또한, 광원광(L1)의 일부는 시료 셀(5)을 직진하여, 시료 셀(5)을 투과하여 투과광(L1')으로서 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 달한다.

[0033] 산란광 검출용의 광원(31)으로부터는, 산란광 검출용의 광원광(L3)이 발생되어, 시료 셀(5)의 시료수에 조사된다. 광원광(L3)은 시료수 중의 미립자 성분에 의해 산란되고, 산란광(L4)은 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 달한다. 또한, 광원광(L3)의 일부는 시료 셀(5)을 직진하여, 시료 셀(5)을 투과하여 투과광(L3')으로서 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 달한다. 이상과 같이, 시료수 측정 시에는, 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에서는 실제 시료의 형광(L2) 및 투과광(L3')이 검출되고, 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에서는 실제 시료의 산란광(L4) 및 투과광(L1')이 검출된다.

[0034] 이때, 시료 셀(5) 내에서, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)을 거리(D)만큼 떼어 놓음으로써, 광원광(L3)이 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L3')은, 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 있어서 광축(A2)으로부터 떨어진 위치에 도입된다. 시료 셀(5) 내에서, 여기광 조사 광학계의 광축(A1)과 산란광 검출 광학계의 광축(B2)을 거리(D)만큼 떼어 놓음으로써, 광원광(L1)이 시료 셀(5)을 투과한 투과광(L1')은, 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 있어서 광축(B2)으로부터 떨어진 위치에 도입된다.

[0035] 이에 의해, 형광 검출 광학계(20)에 도입되는 투과광(L3')의 광량을 조정할 수 있기 때문에, 형광 검출기(21)로 검출되는 투과광(L3')의 영향을 억제하여, 형광 검출기(21)에 있어서 형광(L2)을 정밀도 좋게 검출할 수 있다. 또한, 산란광 검출 광학계(40)에 도입되는 투과광(L1')의 광량을 조정할 수 있기 때문에, 산란광 검출기(41)로 검출되는 투과광(L1')의 광량의 영향을 억제하여, 산란광 검출기(41)에 있어서 산란광(L4)을 정밀도 좋게 검출할 수 있다.

[0036] 도시는 생략하지만, 백그라운드 측정 시에는, 광량 모니터링용 레퍼런스 모드가 선택되어, 광원(11, 31)의 광량 모니터링 시의 백그라운드 광량이 검출된다. 시료 셀(5)에는, 형광 성분 및 산란광 성분을 포함하지 않는 물(순수)이 통수된다. 여기용의 광원(11), 산란광 검출용의 광원(31)은 모두 오프의 상태이며, 형광 검출기(21), 산란광 검출기(41)로 백그라운드의 광량이 검출된다. 일반적으로 검출기(21, 41)는 외부로부터 차광되어 있기 때문에, 백그라운드의 광량은 거의 제로가 된다.

[0037] 도 3b에 나타내는 바와 같이, 여기용의 광원(11)의 광량 모니터링 시에는, 여기용 광원의 광량 검출 모드가 선택되어, 광원(11)의 투과광(L1')이 검출된다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a) 내에는, 순수가 통수된다. 여기용의 광원(11)은 온, 산란광 검출용의 광원(31)은 오프의 상태가 된다. 광원(11)으로부터 발생된 광원광(L1)은, 시료 셀(5)에 조사된다. 광원광(L1)은 시료 셀(5)을 투과하여, 투과광(L1')으로서 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 달하여, 투과광(L1')이 검출된다. 산란광 검출 광학계(40)(도 1 참조)는 여기광 조사 광학계(10)(도 1 참조)에 대향하여 배치되어 있기 때문에, 투과광(L1')을 검출할 수 있어, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이 광원(11)의 광량 모니터링을 할 수 있다.

[0038] 도 3c에 나타내는 바와 같이, 산란광 검출용의 광원(31)의 광량 모니터링 시에는, 산란광 검출용 광원의 광량 검출 모드가 선택되어, 광원(31)의 투과광(L3')이 검출된다. 시료 셀(5)의 시료수 유로(5a) 내에는, 순수가 통수된다. 여기용의 광원(11)은 오프, 산란광 검출용의 광원(31)은 온의 상태가 된다. 광원(31)으로부터 발생된 광원광(L3)은, 시료 셀(5)에 조사된다. 광원광(L3)은 시료 셀(5)을 투과하여, 투과광(L3')으로서 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 달하여, 투과광(L3')이 검출된다. 형광 검출 광학계(20)(도 1 참조)는 산란광 조사 광학계(30)(도 1 참조)에 대향하여 배치되어 있기 때문에, 투과광(L3')을 검출할 수 있어, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이, 광원(31)의 광량 모니터링을 할 수 있다.

[0039] 광원(11, 31)의 광량을 모니터링함으로써, 광원(11, 31)의 열화에 의한 광량의 저하를 검출하여, 광량을 일정하게 하는 피드백 제어를 행하는 것이나, 모니터링한 광량을 이용하여 미리 구한 정해진 광량 시의 검출 감도를 추측하여, 보정 처리를 행할 수 있게 된다.

[0040] 이상과 같이, 제1 실시형태에 따른 수질 분석계(1)는, 여기광 조사 광학계(10)의 광축(A1)과 형광 검출 광학계(20)의 광축(A2)의 교점(P1)과, 산란광 조사 광학계(30)의 광축(B1)과 산란광 검출 광학계(40)의 광축(B2)의 교점(P2)을 시료 셀(5) 내에서 이격시켜 거리(D)를 조정한다. 이에 의해, 시료수 측정 시에는, 형광 검출기(21)에 있어서, 투과광(L3')의 영향을 억제하면서, 형광(L2)을 정밀도 좋게 검출할 수 있어, 산란광 검출기(41)에 있어서, 투과광(L1')의 영향을 억제하면서, 산란광(L4)을 정밀도 좋게 검출할 수 있다. 또한, 여기용의 광원(11)의 광량 모니터링 시에는, 산란광 검출기(41)로 투과광(L1')의 광량을 검출할 수 있기 때문에, 전용의 광량 검출기

를 마련하는 일없이, 산란광 검출 광학계(40)에 있어서 여기용의 광원(11)의 광량 모니터링을 할 수 있다. 산란광 검출용의 광원(31)의 광량 모니터링 시에는, 형광 검출기(21)로 투과광(L3')의 광량을 검출할 수 있기 때문에, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이, 형광 검출 광학계(20)에 있어서 산란광 검출용의 광원(31)의 광량 모니터링을 할 수 있다. 이에 의해, 여기용의 광원(11) 및 산란광 검출용의 광원(31)의 광량의 저하를 고려하여 안정된 수질 분석을 행할 수 있다.

[0041] 여기서, 수질 분석계는, 상하수도에 있어서의 물이나, 해수, 하천수, 호소수 등의 환경수, 배수 등의 시료수를 대상으로 하여, 시료수 중의 특정 성분에 여기광을 조사하고, 특정 성분으로부터 방출되는 형광을 검출하여, 특정 성분을 측정한다. 일반적으로, 시료수에 포함되는 현탁 물질의 농도가 증가하면, 여기광이 현탁 물질에 의한 산란, 흡수 등의 영향을 받아, 특정 성분의 형광 강도가 변동하는 것이 알려져 있고, 특정 성분의 형광 강도를 정확하게 측정하기 위해서는, 탁도를 측정하여 형광 강도를 보정할 필요가 있다.

[0042] 그러나, 여기광과, 탁도 측정에 이용하는 산란광 검출용의 광은, 파장대가 상이하다. 시료수에 의해, 이 2개의 상이한 파장대에 있어서의 광의 흡수 특성은 상이하기 때문에, 탁도에 의한 형광 강도의 보정만으로는, 정확하게 시료수의 특정 성분의 형광을 측정할 수 없는 경우가 있다. 즉, 시료수에 있어서의 현탁 물질의 농도가 동일하여도, 현탁 물질의 종류가 상이하면, 현탁 물질에 있어서의 여기광 및 형광의 흡수특성이 상이하기 때문에, 탁도에 의한 보정만으로는 형광을 정확하게 보정할 수 없다. 이 때문에, 시료수의 형광 강도로부터 흡광도를 측정하고, 여기광과 탁도 측정용의 조사광의 2파장의 시료수에 있어서의 흡수 정도를 검출하여, 특정 성분의 형광 강도를 보정할 필요가 있다.

[0043] 또한 시료수의 특정 성분으로부터 방출되는 형광도, 시료수의 흡수에 의해 감소한다. 형광의 파장은, 일반적으로 여기광 및 탁도 측정용의 조사광의 파장과 상이하다. 형광의 파장에 있어서의 흡수 특성을 검출하기 위해서는, 여기광의 파장과 탁도 측정용의 조사광의 파장 외에, 더욱 형광의 파장에 있어서의 흡광도를 검출할 필요가 있다. 따라서, 시료수에 형광을 조사하는 광원과, 이 광원광을 검출하는 검출기 등을 수질 분석계에 마련할 필요가 있기 때문에, 수질 분석계의 구성이 복잡화하여 버린다.

[0044] 이와 같이 특정 성분의 형광 강도를 정확히 측정하기 위해서는, 시료수의 탁도 및 현탁 물질의 종류에 따라 생기는 영향을 고려하여, 특정 성분의 형광 강도를 보정할 필요가 있다. 종래의 보정 방법으로서, 시료수의 2파장에 있어서의 흡광도를 이용하여 특정 파장에 있어서의 흡광도를 보정함으로써, 시료수 중의 탁도나 현탁 물질의 종류의 영향을 억제하여 특정 성분을 측정하는 방법이 알려져 있지만, 이용되는 수질 분석 장치에 형광을 검출하는 기능이 없기 때문에, 형광을 발하는 성분을 검출할 수 없었다. 또한, 시료수의 라만 산란광을 이용하여 특정 성분의 형광 강도를 보정함으로써, 현탁 물질에 의해 생기는 영향을 억제하는 방법이 알려져 있지만, 탁도를 측정할 수 없었다.

[0045] 그래서, 제2 실시형태에 따른 수질 분석계에 있어서는, 형광 검출 기능과 탁도 검출 기능을 가지며, 투과광 검출 광학계에 의해, 여기광이 시료수를 투과한 투과광 및 탁도 측정용의 조사광이 시료수를 투과한 투과광을 검출한다. 여기광이 시료수를 투과한 투과광으로부터 여기광의 파장에 있어서의 흡수 특성을, 탁도 측정용의 조사광이 시료수를 투과한 투과광으로부터 탁도 측정용의 조사광의 파장에 있어서의 흡수특성을 검출하고, 이것을 이용하여 형광의 파장에 있어서의 흡수 특성을 예측하여 형광 강도를 보정한다. 이에 의해, 조사 또는 검출하는 광의 파장을 늘리는 일없이 시료수 중의 특정 성분이 방출한 형광을 정확하게 측정할 수 있다.

[0046] 이하, 제2 실시형태에 따른 수질 분석계에 대해서 상세하게 설명한다. 제2 실시형태에서는, 여기용의 광원광이 시료 셀을 투과한 투과광 및 산란광 검출용의 광원광이 시료 셀을 투과한 투과광을 투과광 검출 광학계로 검출한다. 그리고, 예측부에 있어서, 투과광 강도로부터 시료수의 여기용의 광원광의 파장에 있어서의 흡광도 및 산란광 검출용의 광원광의 파장에 있어서의 흡광도를 산출하고, 이들 흡광도로부터 형광의 파장에 있어서의 흡광도를 예측한다.

[0047] 도 4는 제2 실시형태에 따른 수질 분석계의 개략 구성도이다. 도 5는 상기 실시형태에 따른 제어부의 구성을 나타내는 블록도이다. 수질 분석계(2)는 시료 셀(50)을 중심으로 하여 4방향으로 투과광 검출 광학계(100), 형광 검출 광학계(70), 탁도 검출용의 산란광 조사 광학계(80) 및 산란광 검출 광학계(90)를 구비하고 있다. 형광 검출 광학계(70)와 산란광 검출 광학계(90)는, 시료 셀(50)을 사이에 두고 대향하여 배치되고, 산란광 조사 광학계(80)와 투과광 검출 광학계(100)는, 시료 셀(50)을 사이에 두고 대향하여 배치되어 있다. 또한, 산란광 조사 광학계(80)와 시료 셀(50) 사이에는 하프 미러(광학 부재)(55)가 구비되어 있고, 광학 부재(55)의 측방에는 여기광 조사 광학계(60)가 배치되어 있다. 광학 부재(55)는 후술하는 여기용의 광원광(L1) 및 산란광 검출용의 광원광(L3)을 시료 셀(50)로 유도하는 위치에 배치된다. 광학 부재(55)와 투과광 검출 광학계(100)는, 시료 셀

(50)을 사이에 두고 대향하고 있다.

- [0048] 여기광 조사 광학계(60)는 여기용의 광원(61)과, 광원(61)과 광학 부재(55) 사이에 배치된 콜리메이트 렌즈(62)를 가지고 있다. 형광 검출 광학계(70)는 형광 검출기(71)와, 형광 검출기(71)와 시료 셀(50) 사이에 배치된 집광 렌즈(72), 광학 필터(73), 집광 렌즈(74)를 가지고 있다. 집광 렌즈(72, 74)는 광학 필터(73)에 대칭으로 배치되어 있다. 또한, 산란광 조사 광학계(80)는 산란광 검출용의 광원(81)과, 광원(81)과 광학 부재(55) 사이에 배치된 콜리메이트 렌즈(82)를 가지고 있다. 산란광 검출 광학계(90)는 산란광 검출기(91)와, 산란광 검출기(91)와 시료 셀(50) 사이에 배치된 집광 렌즈(92, 93)를 가지고 있다. 또한, 투과광 검출 광학계(100)는 투과광 검출기(101)와, 시료 셀(50) 사이에 배치된 집광 렌즈(102)를 가지고 있다.
- [0049] 시료 셀(50)은 중심에 시료수 유로(50a)를 갖는 각통형으로 형성되어 있고, 투과광 검출 광학계(100)의 광축(E), 형광 검출 광학계(70)의 광축(C1), 산란광 조사 광학계(80)의 광축(D1) 및 산란광 검출 광학계(90)의 광축(D2)에 대하여 수직 방향으로 연장되어 있다. 시료수 유로(50a)에는 측정 대상이 되는 시료수가 통수된다. 시료 셀(50)로서는, 석영 유리 등의 투명 부재로 이루어지는 플로우 셀이 이용되지만, 석영 유리로 이루어지는 각형 셀을 이용할 수도 있다.
- [0050] 또한, 여기용의 광원(61)으로서는, 파장(λ_1)의 광을 발할 수 있는 발광 다이오드, 레이저 다이오드 등을 이용할 수 있다. 산란광 검출용의 광원(81)으로서는, 파장(λ_2)의 광을 발할 수 있는 발광 다이오드, 레이저 다이오드 등을 이용할 수 있다. 여기용의 광원광(L1)의 파장(λ_1)은, 250 nm 이상 350 nm 이하인 것이 바람직하고, 산란광 검출용의 광원광(L3)의 파장(λ_2)은, 600 nm 이상 900 nm 이하인 것이 바람직하다.
- [0051] 또한, 산란광 검출기(91)로서는, 산란광 검출용의 광원광(L3)의 파장(λ_2)의 광을 검출 범위에 포함하는 실리콘 포토다이오드 등을 이용할 수 있다. 또한, 형광 검출기(71)로서는, 광전자 증배관 등을 이용할 수 있고, 이에 의해 광학 필터(73)를 선택적으로 투과한 형광의 특정 파장(λ_3)의 미소한 형광을 검출할 수 있다. 광학 필터(73)로서는, 특별히 한정되지 않지만, 목적으로 하는 검출 대상 성분이 방출하는 파장(λ_3)의 형광만을 선택적으로 투과시키는 밴드 패스 필터 등을 이용할 수 있고, 이에 의해 파장(λ_3) 이외의 광이 컷트된다. 특정 파장(λ_3)으로서는, 형광 검출기(71)에 의한 검출 효율을 올리는 관점에서, 형광의 피크 파장이 선택되는 것이 바람직하다. 또한, 파장(λ_3)은 파장(λ_1) 이상 파장(λ_2) 이하인 것이 바람직하다. 이에 의해, 후술하는 예측부에서 정밀도 좋게 파장(λ_3)에 있어서의 흡광도를 예측할 수 있다. 또한, 투과광 검출기(101)로서는, 여기용의 광원광(L1)의 파장(λ_1), 산란광 검출용의 광원광(L3)의 파장(λ_2)의 광을 검출 범위에 포함하는 실리콘 포토다이오드 등을 이용할 수 있다. 또한, 광학 부재(55)로서는, 하프 미러, 빔 스플리터 등을 이용할 수 있다.
- [0052] 이러한 구성에 있어서, 시료수 측정 시에는, 여기용의 광원(61) 및 산란광 검출용의 광원(81)을 교대로 점등시킨다. 시료 셀(50)의 시료수 유로(50a) 내에는, 실제 시료가 통수된다. 여기용의 광원(61)으로부터는, 파장(λ_1)의 여기용의 광원광(L1)이 발생되고, 광원광(L1)은 콜리메이트 렌즈(62)를 통과하여 근평행광(콜리메이트광)이 되고, 광학 부재(55)에 의해 반사되어, 시료 셀(50)의 시료수에 조사된다. 시료수 중의 검출 대상 성분은, 광원광(L1)에 의해 여기되어 형광(L2)을 발한다. 형광(L2)은 집광 렌즈(72)에 의해 집광되어, 광학 필터(73)에 도달하고, 광학 필터(73)에 의해 특정 파장(λ_3)의 광(L2')이 취출된 후에, 집광 렌즈(74)에 의해 집광되어, 형광 검출기(71)의 수광면(71a)에 달한다. 또한, 광원광(L1)의 일부는 시료 셀(50)을 직진하여, 시료 셀(50)을 투과하여 투과광(L1')으로서 집광 렌즈(102)에 의해 집광되어 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달한다.
- [0053] 산란광 검출용의 광원(81)으로부터는, 파장(λ_2)의 산란광 검출용의 광원광(L3)이 발생되고, 광원광(L3)은 콜리메이트 렌즈(82)를 통과하여 근평행광이 되고, 광학 부재(55)를 통과하여 시료 셀(50)의 시료수에 조사된다. 광원광(L3)은 시료수 중의 현탁 물질로서의 미립자 성분에 의해 산란되어, 산란광(L4)이 발생된다. 산란광(L4)은 집광 렌즈(92, 93)에 의해 집광되어, 산란광 검출기(91)의 수광면(91a)에 달한다. 또한, 광원광(L3)의 일부는 시료 셀(50)을 직진하여, 시료 셀(50)을 투과하여 투과광(L3')으로서 집광 렌즈(102)에 의해 집광되어 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달한다.
- [0054] 이와 같이 수질 분석계(2)에서는, 시료수 측정 시에, 여기용의 광원(61)으로부터 시료 셀(50)에 파장(λ_1)의 여기용의 광원광(L1)이 조사되고, 광원광(L1)의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분이 방출하는 파장(λ_3)의 형광(L2)을 형광 검출기(71)로 검출함으로써 형광 강도가 측정된다. 동시에, 산란광 검출용의 광원(81)으로부터 시료 셀(50)에 파장(λ_2)의 산란광 검출용의 광원광(L3)이 조사되고, 광원광(L3)의 조사에 의해 시료수 중의 미립자에 산란된 산란광(L4)을 산란광 검출기(91)로 검출함으로써 탁도가 측정된다. 산란광을 검출하면서 형광을 검출하고 있기 때문에, 탁도의 영향을 고려하면서 시료수 중의 검출 대상이 되는 특정 성분의 형광 강도를 측정할 수 있다.

- [0055] 광학 부재(55)에서 반사된 여기용의 광원광(L1)의 진행 방향광과 형광 검출 광학계(70)의 광축(C1)은, 직교하고 있다. 이 때문에, 투과광(L1')이 형광 검출기(71)에 도입되는 것을 억제하면서, 형광 검출기(71)로 시료수 중의 특정 성분으로부터 발생된 형광(L2')을 검출할 수 있다. 또한, 산란광 조사 광학계(80)의 광축(D1)과 산란광 검출 광학계(90)의 광축(D2)은, 직교하고 있다. 이 때문에, 투과광(L3')이 산란광 검출기(91)에 도입되는 것을 억제하면서, 산란광 검출기(91)로 시료수 중의 미립자로부터 발생된 산란광(L4)을 검출할 수 있다.
- [0056] 또한, 수질 분석계(2)에 있어서, 투과광 검출 광학계(100)는 시료 셀(50)을 사이에 두고 광학 부재(55)에 대향하고 있으며, 여기용의 광원광(L1) 및 산란광 검출용의 광원광(L3)을 시료 셀(50)로 유도하도록 배치되어 있다. 이 때문에, 시료수 측정 시에, 여기용의 광원(61)으로부터 조사된 파장($\lambda 1$)의 여기용의 광원광(L1)이 광학 부재(55)에서 반사되어 시료 셀(50)에 도입되어, 시료 셀(50)을 투과한 투과광(L1')을 투과광 검출기(101)로 검출할 수 있다. 또한, 산란광 검출용의 광원(81)으로부터 조사된 파장($\lambda 2$)의 산란광 검출용의 광원광(L3)이 광학 부재(55)를 통과하여 시료 셀(50)에 도입되어, 시료 셀(50)을 투과한 투과광(L3')을 형광 검출기(71)로 검출할 수 있다. 이와 같이 하여 검출된 투과광(L1', L3')의 강도를 이용하여, 후술하는 예측부(121)(도 5 참조)에 있어서 시료 셀(50)에 실제 시료를 통수시킨 경우와 순수를 통수시킨 경우에 있어서의 투과광의 강도의 비를 산출함으로써, 실제 시료의 흡광도를 구할 수 있다.
- [0057] 또한, 도 5에 나타내는 바와 같이, 수질 분석계(2)에는, 각 부를 통괄 제어하는 제어부(120)가 마련되어 있다. 제어부(120)는 후술하는 형광 검출 모드와 탁도 검출 모드를 전환함으로써, 여기용의 광원(61) 및 산란광 검출용의 광원(81)의 점등 및 소등이 반복된다. 제어부(120)는 각종 처리를 실행하는 프로세서나 메모리 등에 의해 구성된다. 메모리는 용도에 따라 ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory) 등의 하나 또는 복수의 기억 매체로 구성된다. 제어부(120)에는 예측부(121), 탁도 보정부(122) 및 흡광도 보정부(123)가 마련되어 있다. 또한, 제어부(120)는 제어 회로, 제어기, 제어 장치 등으로 구성되어 있어도 좋다.
- [0058] 예측부(121)에서는, 투과광 검출기(101)로 검출된 투과광(L1')으로부터 파장($\lambda 1$)의 여기용의 광원광(L1)에 있어서의 시료수의 흡광도가 산출되고, 투과광(L3')으로부터 파장($\lambda 2$)의 산란광 검출용의 광원광(L3)에 있어서의 시료수의 흡광도가 산출된다. 파장($\lambda 1$) 및 파장($\lambda 2$)에 있어서의 시료수의 흡광도로부터 파장($\lambda 3$)의 형광에 있어서의 시료수의 흡광도가 예측된다. 또한, 예측부(121)는 예측 회로, 예측기, 예측 장치 등으로 구성되어 있어도 좋다. 탁도 보정부(122)에서는, 산란광 검출기(91)로 검출된 파장($\lambda 2$)의 산란광(L4)으로부터 측정된 탁도를 이용하여, 형광 검출기(71)로 검출된 시료수의 형광의 강도를 보정함으로써, 형광 강도를 탁도 보정한다. 또한, 탁도 보정부(122)는, 탁도 보정 회로, 탁도 보정기, 탁도 보정 장치 등으로 구성되어 있어도 좋다. 흡광도 보정부(123)에서는, 예측부(121)에 있어서 산출된 파장($\lambda 1$)에 있어서의 시료수의 흡광도와, 예측된 파장($\lambda 3$)의 흡광도를 이용하여, 탁도 보정부(122)에서 탁도 보정된 형광 강도를 보정함으로써, 흡광도 보정된 형광 강도가 산출된다. 또한, 흡광도 보정부(123)는 흡광도 보정 회로, 흡광도 보정기, 흡광도 보정 장치 등으로 구성되어 있어도 좋다. 이와 같이, 수질 분석계(2)에서는, 파장($\lambda 1$) 및 파장($\lambda 2$)에 있어서의 시료수의 흡광도로부터 파장($\lambda 3$)의 흡광도를 예측한다. 이에 의해, 파장($\lambda 3$)의 광을 조사하는 광원 등을 설치하여 시료수의 파장($\lambda 3$)에 있어서의 흡광도를 실측하고, 실측값을 이용하여 형광 강도를 보정할 필요가 없기 때문에, 수질 분석계(2)를 간이한 구성으로 할 수 있다.
- [0059] 다음에, 도 6 및 표 2를 참조하여, 상기 실시형태에 따른 수질 분석계(2)에 의한 시료수의 측정 동작에 대해서 설명한다. 도 6은 상기 실시형태에 따른 통상 측정 모드의 수질 분석계의 측정 동작의 설명도이다. 도 6a는 상기 실시형태에 따른 실제 시료의 형광 강도 및 여기광용의 광원광의 투과광의 측정 동작의 설명도이다. 도 6b는 상기 실시형태에 따른 실제 시료의 산란광 강도 및 산란광 검출용의 광원광의 투과광의 측정 동작의 설명도이다. 도 7은 상기 실시형태에 따른 순수 측정 모드의 수질 분석계의 측정 동작의 설명도이다. 도 7a는 상기 실시형태에 따른 순수의 여기광용의 광원광의 투과광의 측정 동작의 설명도이다. 도 7b는 상기 실시형태에 따른 순수의 산란광 검출용의 광원광의 투과광의 측정 동작의 설명도이다. 도 8은 현탁 물질을 포함하는 시료수의 흡광도 측정의 예를 나타내는 도면이다. 또한, 도 8에 있어서, 횡축은 파장, 종축은 흡광도를 각각 나타내고 있다. 또한, 표 2의 통상 측정 모드 및 순수 측정 모드에 있어서는 형광 검출 모드와 탁도 검출 모드의 2개의 측정 모드가 각각 기재되고, 통상 측정 모드와 순수 측정 모드, 형광 검출 모드와 탁도 검출 모드는 제어부(120)(도 5 참조)에 의해 전환된다.

표 2

측정 모드	시료수		시료 셀(50)의 시료수		시료 셀(50)의 시료수		투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달한다.
	온	오프	온	오프	온	오프	
여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 온 상태인 경우
여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우	여기용 광원(61)의 광원(61)이 오프 상태인 경우
산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 온 상태인 경우
산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우	산란광 검출용 광원(81)의 광원(81)이 오프 상태인 경우

[0060]

[0061]

도 6에 나타내는 바와 같이, 실제 시료 측정 시에는 표 2의 통상 측정 모드가 선택되고, 시료 셀(50)의 시료수 유로(50a) 내에는, 실제 시료가 통수된다. 도 6a에 나타내는 바와 같이, 실제 시료 중의 검출 대상이 되는 특정 성분의 형광(L2') 강도 및 여기용의 광원광(L1)이 시료 셀(50)을 투과한 투과광(L1s')을 측정할 때에는, 통상 측정 모드에 있어서의 형광 검출 모드가 선택되어, 형광(L2)의 강도 및 투과광(L1s')의 강도가 측정된다. 여기용의 광원(61)은 온, 산란광 검출용의 광원(81)은 오프의 상태가 된다. 여기용의 광원(61)으로부터는, 파장(λ1)의 여기용의 광원광(L1)이 발생되고, 광학 부재(55)에서 반사되어 시료 셀(50)의 실제 시료에 조사된다. 실제 시료 중의 검출 대상 성분은, 광원광(L1)에 의해 여기되어, 여기용의 광원광(L1)의 파장(λ1)보다 장파장측에 피크를 갖는 형광(L2)을 발하고, 형광(L2)은 광학 필터(73)에 의해 특정 파장(λ3)의 광(L2')이 취출된 후에, 형광 검출기(71)의 수광면(71a)에 달한다. 또한, 광원광(L1)의 일부는 시료 셀(50)을 직진하여, 시료 셀(50)을 투과하여 투과광(L1s')으로서 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달한다.

[0062]

도 6b에 나타내는 바와 같이, 시료수의 산란광(L4) 강도 및 산란광 검출용의 광원광(L3)이 시료 셀(50)을 투과한 투과광(L3s')을 측정할 때에는, 표 2의 통상 측정 모드에 있어서의 탁도 검출 모드가 선택되어, 산란광(L4)의 강도 및 투과광(L3s')의 강도가 측정된다. 여기용의 광원(61)은 오프, 산란광 검출용의 광원(81)은 온의 상

태가 된다. 산란광 검출용의 광원(81)으로부터는, 파장(λ_2)의 산란광 검출용의 광원광(L3)이 발생되고, 광학 부재(55)를 통과하여 시료 셀(50)의 실제 시료에 조사된다. 광원광(L3)은 실제 시료 중의 미립자 성분에 의해 산란되고, 산란광(L4)은 산란광 검출기(91)의 수광면(91a)에 달한다. 또한, 광원광(L3)의 일부는 시료 셀(50)을 직진하여, 시료 셀(50)을 투과하여 투과광(L3_s')으로서 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달한다.

[0063] 이상과 같이, 형광 검출 모드에서는, 형광 검출기(71)로 파장(λ_3)의 실제 시료의 형광 성분(L2')이 검출되고, 투과광 검출기(101)로 투과광(L1_s')이 검출된다. 또한, 탁도 측정 모드에서는, 산란광 검출기(91)로 실제 시료의 산란광(L4)이 검출되고, 투과광 검출기(101)로 투과광(L3_s')이 검출된다. 투과광 검출기(101)에는, 여기용의 광원광(L1)의 투과광(L1_s') 및 산란광 검출용의 광원광(L3)의 투과광(L3_s')의 2종류의 광이 도달한다. 수질 분석계(2)에서는, 제어부(120)(도 5 참조)에 의해 형광 검출 모드와 탁도 검출 모드를 전환함으로써, 여기용의 광원(61) 및 산란광 검출용의 광원(81)의 점등, 소등을 교대로 반복하고 있다. 이에 의해, 투과광 검출기(101)로 검출되는 투과광(L1_s')과 투과광(L3_s')의 검출 신호를 분리하고 있다.

[0064] 또한, 도 7에 나타내는 바와 같이, 순수 측정 시에는 표 2의 순수 측정 모드가 선택되고, 시료 셀(50)의 시료수 유로(50a) 내에는, 순수가 통수된다. 도 7a에 나타내는 바와 같이, 여기용의 광원광(L1)이 시료 셀(50)의 순수를 투과한 투과광(L1₀')을 측정할 때에는, 순수 측정 모드에 있어서의 형광 검출 모드가 선택되어, 투과광 검출기(101)로 투과광(L1₀')의 강도가 검출된다. 여기용의 광원(61)은 온, 산란광 검출용의 광원(81)은 오프의 상태가 된다. 여기용의 광원(61)으로부터 발생된 파장(λ_1)의 광원광(L1)은, 광학 부재(55)에서 반사되어 시료 셀(50)의 순수에 조사된다. 광원광(L1)은 시료 셀(50)을 투과하여, 투과광(L1₀')으로서 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달하여, 투과광(L1₀')이 검출된다.

[0065] 도 7b에 나타내는 바와 같이, 산란광 검출용의 광원(81)이 시료 셀(50)의 순수를 투과한 투과광(L3₀')을 측정할 때에는, 순수 측정 모드에 있어서의 탁도검출 모드가 선택되어, 투과광 검출기(101)로 투과광(L3₀')의 강도가 검출된다. 여기용의 광원(61)은 오프, 산란광 검출용의 광원(81)은 온의 상태가 된다. 산란광 검출용의 광원(81)으로부터 발생된 파장(λ_2)의 광원광(L3)은, 광학 부재(55)를 투과하여 시료 셀(50)의 순수에 조사된다. 광원광(L3)은 시료 셀(50)을 투과하여, 투과광(L3₀')으로서 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 달하여, 투과광(L3₀')이 검출된다.

[0066] 예측부(121)(도 5 참조)에서는, 투과광 검출기(101)로 검출된 여기용의 광원광(L1)의 투과광(L1_s', L1₀'), 산란광 검출용의 광원광(L3)의 투과광(L3_s', L3₀')을 이용하여, 시료수의 흡광 정도를 나타내는 흡광도를 산출한다. 시료수로서, 현탁 물질을 포함하지 않는 순수를 이용한 경우의 투과광 강도를 I₀로 하고, 현탁 물질을 포함하는 실제 시료의 투과광 강도를 I_s로 하면, 실제 시료의 흡광도(ABS)는 하기의 식 (1)로 나타낸다.

[0067]
$$ABS = -\log(I_s/I_0) \quad (1)$$

[0068] 예측부(121)에서는, 식 (1)을 이용하여, 통상 측정 모드에 있어서의 형광 검출 모드로 검출된 투과광(L1_s')과, 순수 측정 모드에 있어서의 형광 검출 모드로 검출된 투과광(L1₀')으로부터, 파장(λ_1)의 여기용의 광원광(L1)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A _{λ_1})가 산출된다. 또한, 통상 측정 모드에 있어서의 탁도 검출 모드로 검출된 투과광(L3_s')과, 순수 측정 모드에 있어서의 탁도검출 모드로 검출된 투과광(L3₀')으로부터, 파장(λ_2)의 산란광 검출용의 광원광(L3)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A _{λ_2})가 산출된다. 수질 분석계(2)에서는, 제어부(120)(도 5 참조)로 순수 측정 모드를 선택하여, 순수에 있어서의 여기용의 광원광(L1)의 투과광(L1₀'), 산란광 검출용의 광원광(L3)의 투과광(L3₀')을, 미리 혹은 정기적으로 측정해 둔다. 이에 의해, 통상 측정 모드로 실제 시료의 투과광(L1_s', L3_s')의 강도를 검출하였을 때에, 파장(λ_1) 및 파장(λ_2)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A _{λ_1} , A _{λ_2})를 산출할 수 있다.

[0069] 여기서, 현탁 물질의 종류와 시료수의 흡수 특성에 대해서 설명한다. 시료수에 있어서의 현탁 물질의 농도, 즉 탁도가 동일하여도, 현탁 물질의 종류가 상이하면 현탁 물질에 있어서의 여기광 및 형광의 흡수 특성은 상이하다. 도 8에 있어서, 실선은 백색의 현탁 용액, 파선은 흑색의 현탁 용액의 흡수 스펙트럼을 나타내고 있다. 2종

류의 현탁 용액에 있어서, 산란광 측정에 따른 탁도는 동일하지만, 현탁 물질의 종류가 상이하기 때문에 흡수 스펙트럼은 크게 상이하였다. 백색의 현탁 물질을 포함하는 시료수의 흡광도는, 단파장측에서 크고, 장파장측에서 작아지는 경향을 나타내었다. 한편, 흑색의 현탁 물질을 포함하는 시료수의 흡광도는, 단파장으로부터 장파장에 걸쳐 같은 정도의 크기가 되는 파장의 범위가 넓었다. 또한, 미리 정해진 파장의 광에 있어서, 흡광도가 클수록 시료수에 의한 광의 흡수가 커지기 때문에, 검출 대상 성분의 농도가 동일한 시료수끼리여도, 형광 검출기(71)로 검출되는 형광 강도는 작아진다.

[0070] 시료수 중에 포함되어 있는 현탁 물질의 종류에 따라 단파장측의 흡광도와 장파장측의 흡광도의 절대값과 그 비율은 크게 상이하다. 이 때문에, 단파장측의 흡광도와 장파장측의 흡광도의 절대값과 그 비율로부터, 그 사이의 특정 파장, 즉 형광 파장의 흡광도를 예측할 수 있다. 특정 파장에 있어서의 흡광도의 예측에는, 선형 근사법 등을 이용할 수 있다.

[0071] 여기용의 광원광(L1)의 파장(λ_1)을 자외 영역인 단파장측의 예컨대 250 nm 이상 350 nm 이하로 하면, 실제 시료 중의 검출 대상 성분인 유기물이나 유분 등의 형광은 피크 파장으로서 예컨대 350 nm 이상 500 nm 이하의 부근에 출현한다. 즉, 시료수 중의 특정 성분이 방출하는 파장(λ_3)의 형광이다. 한편, 탁도의 측정에 이용되는 산란광 검출용의 광원광(L3)의 파장(λ_2)으로서는, 장파장측의 예컨대 600 nm 이상 900 nm 이하의 가시광으로부터 근적외광이 이용된다.

[0072] 예측부(121)에 있어서는, 실측된 투과광(L1s', L1o')으로부터 파장(λ_1)의 여기용의 광원광(L1)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A_{λ_1}) 및 실측된 투과광(L3s', L3o')으로부터 파장(λ_2)의 산란광 검출용의 광원광(L3)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A_{λ_2})가 산출된다. 예측부(121)에서는, 단파장(λ_1)측의 흡광도(A_{λ_1})와 장파장(λ_2)측의 흡광도(A_{λ_2})의 절대값과 그 비율로부터, 파장(λ_1)과 파장(λ_2) 사이의 파장(λ_3)에 있어서의 형광의 흡광도(A_{λ_3})를 예측한다. 파장(λ_3)은 형광 스펙트럼의 피크 파장인 것이 바람직하다.

[0073] 또한, 탁도 보정부(122)(도 5 참조)에서는, 산란광 검출기(91)로 검출된 파장(λ_2)의 산란광(L4)의 강도가 현탁 물질의 농도에 비례하는 것을 이용하여 측정되는 탁도를 이용하여, 형광 검출기(71)로 검출된 시료수의 형광(L2')의 강도를 보정함으로써, 형광 강도를 탁도 보정한다. 탁도 보정은 식 (2)에 나타내는 탁도 보정식을 이용하여 행해진다. 탁도를 X, 형광 검출기(71)로 검출한 형광 강도를 F_0 로 하면, 탁도 보정 후의 형광 강도(F_1)는, 식 (2)로 나타낸다.

[0074]
$$F_1 = (aX^2 + bX + c) \times F_0 \quad (2)$$

[0075] a, b, c: 정수

[0076] 예측부(121)에서 산출된 파장(λ_1)에 있어서의 흡광도(A_{λ_1}) 및 예측된 파장(λ_3)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A_{λ_3})와, 탁도 보정부(122)에서 탁도 보정된 형광 강도(F_1)는, 흡광도 보정부(123)(도 5 참조)에 출력된다. 흡광도 보정부(123)에서는, 파장(λ_1)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A_{λ_1})로 예측된 파장(λ_3)의 흡광도(A_{λ_3})를 이용하여, 탁도 보정된 형광 강도(F_1)를 보정함으로써, 흡광도 보정된 형광 강도를 산출한다. 흡광도 보정은, 식 (3)을 이용하여 행해진다. 흡광도 보정 후의 형광 강도(F_2)는, 식 (3)으로 나타낸다.

[0077]
$$F_2 = k \times F_1 \times \exp((A_{\lambda_1} + A_{\lambda_3})/2) \quad (3)$$

[0078] k: 정수

[0079] 이와 같이, 실측한 투과광(L1s', L1o' 및 L3s', L3o')으로부터 산출된 파장(λ_1 , λ_2)에 있어서의 실제 시료의 흡광도(A_{λ_1} , A_{λ_2})로부터 파장(λ_3)에 있어서의 흡광도(A_{λ_3})를 예측하여, 형광 강도를 흡광도 보정함으로써, 실제 시료의 여기광 및 형광의 흡수 특성의 영향을 고려할 수 있다. 이 때문에, 현탁 물질의 종류에 상관없이, 검출 대상 성분의 형광 강도를 정확하게 측정할 수 있다. 또한, 파장(λ_3)의 형광의 흡수 특성을 검출하기 위한 형광을 조사하는 광원 등이 필요없기 때문에, 수질 분석계(2)를 간단한 구성으로 할 수 있다.

[0080] 이상과 같이, 제2 실시형태에 따른 수질 분석계(2)는, 제1 파장(λ_1)의 여기용의 광원광(L1)의 투과광(L1') 및 제2 파장(λ_2)의 산란광 검출용의 광원광(L3)의 투과광(L3')에 의해 제1 파장(λ_1), 제2 파장(λ_2)에 있어서의

시료수의 흡광도($A_{\lambda 1}$, $A_{\lambda 2}$)를 산출한다. 이들 흡광도($A_{\lambda 1}$, $A_{\lambda 2}$)를 이용하여 제3 파장($\lambda 3$)의 형광에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 3}$)를 예측하여, 제3 파장($\lambda 3$)의 형광에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 3}$)를 측정 대상 성분의 형광 강도의 보정에 이용한다. 이에 의해, 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있으며, 형광 강도의 보정을 위해 제3 파장($\lambda 3$)의 광을 조사하는 광원과, 이 광원광의 투과광을 검출하는 검출기 등을 수질 분석계(2)에 마련하여, 시료수의 제3 파장($\lambda 3$)에 있어서의 흡광도를 측정할 필요가 없기 때문에, 수질 분석계(2)를 간이한 구성으로 할 수 있다.

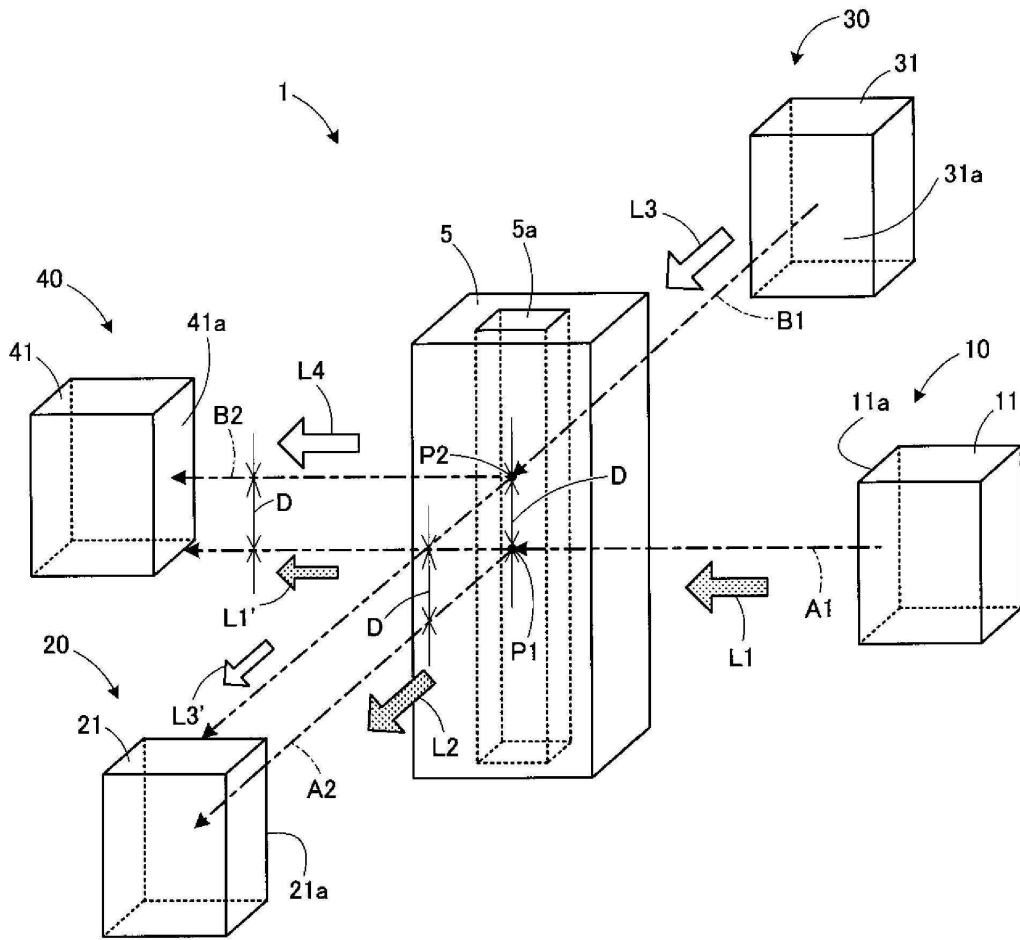
- [0081] 또한, 본 발명은 제1 및 제2 실시형태에 한정되지 않고, 여러 가지 변경하여 실시하는 것이 가능하다. 상기 실시형태에 있어서, 첨부 도면에 도시되어 있는 크기나 형상 등에 대해서는, 이에 한정되지 않고, 본 발명의 효과를 발휘하는 범위 내에서 적절하게 변경하는 것이 가능하다. 그 외, 본 발명의 목적의 범위를 이탈하지 않는 한에 있어서 적절하게 변경하여 실시하는 것이 가능하다.
- [0082] 예컨대, 제1 실시형태에 있어서는, 각 광학계(10, 20, 30, 40)의 배치는, 형광 검출 광학계(20)가, 산란광 조사 광학계(30)의 광량을 검출 가능하며 또한, 산란광 검출 광학계(40)가, 여기광 조사 광학계(10)의 광량을 검출 가능하도록 배치되어 있으면, 특별히 한정되지 않는다.
- [0083] 또한, 제1 실시형태에 있어서는, 각 광학계(10, 20, 30, 40)의 구성은, 형광(L2) 및 투과광(L3')이 형광 검출기(21)의 수광면(21a)에 도입되고, 산란광(L4) 및 투과광(L1')이 산란광 검출기(41)의 수광면(41a)에 도입되면, 특별히 한정되지 않는다.
- [0084] 또한, 제1 실시형태에 있어서는, 여기광 조사 광학계(10), 산란광 조사 광학계(30)에 있어서, 콜리메이트 렌즈(12, 32)를 포함하는 구성으로 하였지만, 광원(11, 31)에 미리 렌즈가 삽입되어 있어 근평행광을 형성할 수 있는 광원을 이용하면, 콜리메이트 렌즈(12, 32)는 포함되지 않아도 좋다.
- [0085] 또한, 제1 실시형태에 있어서는, 시료 셀(5)은 각통형으로 형성되어 있는 구성으로 하였지만, 형광 검출기(21)로 형광(L2) 및 투과광(L3')이 검출되고, 산란광 검출기(41)로 산란광(L4) 및 투과광(L1')이 검출되는 형상이면, 이 구성에 한정되지 않는다.
- [0086] 예컨대, 제2 실시형태에 있어서는, 각 광학계(60, 70, 80, 90, 100)의 배치는, 투과광 검출 광학계(100)가, 산란광 조사 광학계(80)의 광량을 검출 가능하며 또한, 여기광 조사 광학계(60)의 광량을 검출 가능하도록 배치되어 있으면, 특별히 한정되지 않는다.
- [0087] 또한, 제2 실시형태에 있어서는, 각 광학계(60, 70, 80, 90, 100)의 구성은, 형광(L2')이 형광 검출기(71)의 수광면(71a)에 도입되고, 산란광(L4)이 산란광 검출기(91)의 수광면(91a)에 도입되고, 투과광(L1', L3')이 투과광 검출기(101)의 수광면(101a)에 도입되면, 특별히 한정되지 않는다.
- [0088] 또한, 제2 실시형태에 있어서는, 여기광 조사 광학계(60), 산란광 조사 광학계(80)에 있어서, 콜리메이트 렌즈(62, 82)를 포함하는 구성으로 하였지만, 광원(61, 81)에 미리 렌즈가 삽입되어 있어 근평행광을 형성할 수 있는 광원을 이용하면, 콜리메이트 렌즈(62, 82)는 포함되지 않아도 좋다.
- [0089] 또한, 제2 실시형태에 있어서는, 시료 셀(50)은 각통형으로 형성되어 있는 구성으로 하였지만, 형광 검출기(71)로 형광(L2')이 검출되고, 산란광 검출기(41)로 산란광(L4)이 검출되고, 투과광 검출기(101)로 투과광(L1', L3')이 검출되는 형상이면, 이 구성에 한정되지 않는다.
- [0090] 또한, 제2 실시형태에 있어서의 실측한 파장($\lambda 1$, $\lambda 2$)에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 1}$, $A_{\lambda 2}$)로부터 파장($\lambda 3$)에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 3}$)를 예측하고, 이것을 이용하여 형광 강도를 흡광도 보정하는 구성을, 제1 실시형태에 적용하여도 좋다. 이 경우, 시료 셀(5)에 실제 시료를 통수한 경우와 순수를 통수한 경우에 있어서의, 형광 검출기(21)로 검출되는 파장($\lambda 2$)의 산란광 검출용의 광원(31)의 투과광(L3')으로부터, 파장($\lambda 2$)에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 2}$)가 산출된다. 또한, 산란광 검출기(41)로 검출되는 파장($\lambda 1$)의 여기용의 광원(11)의 투과광(L1')으로부터, 파장($\lambda 1$)에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 1}$)가 산출된다. 이들에 의해 파장($\lambda 3$)에 있어서의 흡광도($A_{\lambda 3}$)를 예측할 수 있다.
- [0091] 하기에 상기 실시형태에 있어서의 특징점을 정리한다.
- [0092] 본 발명의 수질 분석계는 측정 대상이 되는 시료수에 여기용의 광원광을 조사하는 여기광 조사 광학계와, 상기 여기용의 광원광의 조사에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분의 형광을 검출하는 형광 검출 광학계와, 시료수에 산란광 검출용의 광원광을 조사하는 산란광 조사 광학계와, 상기 산란광 검출용의 광원광의 조사에 의해 시

료수 중의 미립자에 산란된 산란광을 검출하는 산란광 검출 광학계를 가지고, 상기 여기광 조사 광학계의 광량 및 상기 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능한 것을 특징으로 한다.

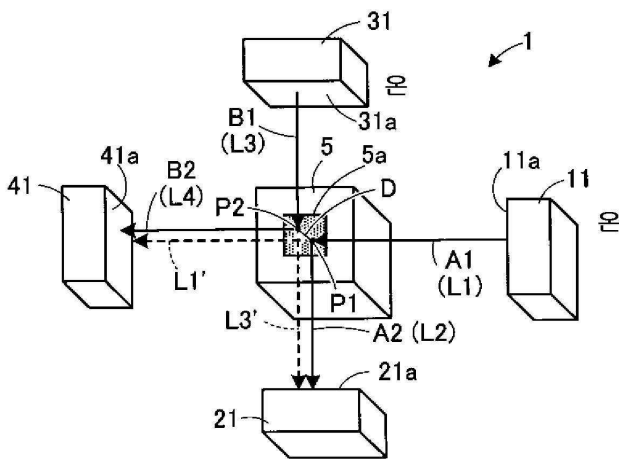
- [0093] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 형광 검출 광학계가 상기 산란광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하며 또한, 상기 산란광 검출 광학계가 상기 여기광 조사 광학계의 광량을 검출 가능하도록 배치되어 있다.
- [0094] 이 구성에 의해, 시료수 측정 시에는, 산란광 검출 광학계로 산란광을 검출하면서 형광 검출 광학계로 형광을 검출하고 있기 때문에, 시료수의 탁도의 영향을 고려하면서, 시료수의 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있다. 또한, 여기용의 광원의 광량 모니터링 시에는, 산란광 검출 광학계가 여기용의 광원의 광량도 검출할 수 있기 때문에, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이, 산란광 검출 광학계에 있어서 여기용의 광원의 광량 모니터링을 할 수 있다. 산란광 검출용의 광원의 광량 모니터링 시에는, 형광 검출 광학계가 산란광 검출용의 광원의 광량도 검출할 수 있기 때문에, 전용의 광량 검출기를 마련하는 일없이, 형광 검출 광학계에 있어서 산란광 검출용의 광원의 광량 모니터링을 할 수 있다. 이에 의해, 여기용의 광원 및 산란광 검출용의 광원의 광량의 저하를 고려하여 안정된 수질 분석을 행할 수 있다.
- [0095] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 여기광 조사 광학계와 상기 산란광 검출 광학계가, 시료수 통수 용기를 사이에 두고 대향하고 있고, 상기 산란광 조사 광학계와 상기 형광 검출 광학계가, 상기 시료수 통수 용기를 사이에 두고 대향하고 있다. 이 구성에 의해, 여기광 조사 광학계와 산란광 검출 광학계가 대향하고 있기 때문에, 여기용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 광량을 검출할 수 있다. 산란광 조사 광학계와 형광 검출 광학계가 대향하고 있기 때문에, 산란광 검출용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 광량을 검출할 수 있다. 이에 의해, 각 광원의 광량 모니터링을 할 수 있다.
- [0096] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기사료수 통수 용기 내의 중심에서, 상기 여기광 조사 광학계의 광축과 상기 형광 검출 광학계의 광축이 수직으로 교차하고, 상기 산란광 조사 광학계의 광축과 상기 산란광 검출 광학계의 광축이 수직으로 교차하고 있다. 이 구성에 의해, 여기용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 영향을 억제하면서, 형광 검출 광학계로 시료수 중의 특정 성분의 형광을 검출할 수 있다. 산란광 검출용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 영향을 억제하면서, 산란광 검출 광학계로 시료수 중의 미립자로부터 발생된 산란광을 검출할 수 있다.
- [0097] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 여기광 조사 광학계의 광축과 상기 형광 검출 광학계의 광축의 제1 교점과, 상기 산란광 조사 광학계의 광축과 상기 산란광 검출 광학계의 광축의 제2 교점이, 상기 시료수 통수 용기 내에서 이격되어 있다. 이 구성에 의해, 산란광 조사 광학계의 광축과 형광 검출 광학계의 광축의 거리가 떨어져 있기 때문에, 시료 측정 시에, 형광 검출 광학계에 있어서, 산란광 검출용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 영향을 억제하면서, 여기용의 광원광의 검출 기능의 정밀도를 유지할 수 있다. 여기광 조사 광학계의 광축과 산란광 검출 광학계의 광축의 거리가 떨어져 있기 때문에, 시료 측정 시에, 산란광 검출 광학계에 있어서, 여기용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 영향을 억제하면서, 산란광 검출용의 광원광의 검출 기능의 정밀도를 유지할 수 있다.
- [0098] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 제1 교점과 상기 제2 교점의 거리가, 0 mm보다 크며 10 mm 이하인 것이 바람직하다. 이 구성에 의해, 시료 측정 시에, 형광 검출 광학계 및 산란광 검출 광학계의 각각에 있어서 도입되는 산란광 검출용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광 및 여기용의 광원광의 시료수 통수 용기를 투과한 투과광의 광량의 영향을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0099] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 여기용의 광원광이 시료수를 투과한 제1 투과광으로부터 상기 여기용의 광원광의 제1 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 산란광 검출용의 광원광이 시료수를 투과한 제2 투과광으로부터 상기 산란광 검출용의 광원광의 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도로부터 상기 형광의 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 예측하는 예측부를 갖는다. 이 구성에 의해, 제1 파장의 여기용의 광원광의 투과광 및 제2 파장의 산란광 검출용의 광원광의 투과광에 의해 제1 파장, 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출한다. 이들 흡광도를 이용하여 제3 파장의 형광에 있어서의 흡광도를 예측하여, 제3 파장의 형광에 있어서의 흡광도를 측정 대상 성분의 형광 강도의 보정에 이용한다. 이에 의해, 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있으며, 형광 강도의 보정을 위해 제3 파장의 광을 조사하는 광원과, 이 광원광의 투과광을 검출하는 검출기 등을 수질 분석계에 마련하여, 시료수의 제3 파장에 있어서의 흡광도를 측정할 필요가 없기 때문에, 수질 분석계를 간이한 구성으로 할 수 있다.

- [0100] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도는, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도의 절대값과 비율로부터 예측된다. 이 구성에 의해, 시료수 중에 포함되어 있는 현탁 물질의 종류에 따라, 제3 파장에 있어서의 흡광도를 정밀도 좋게 예측할 수 있다.
- [0101] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 여기용의 광원광이 시료수를 투과한 제1 투과광 및 상기 산란광 검출용의 광원광이 시료수를 투과한 제2 투과광을 검출하는 투과광 검출 광학계와, 상기 제1 투과광으로부터 상기 여기용의 광원광의 제1 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하여, 상기 제2 투과광으로부터 상기 산란광 검출용의 광원광의 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출하고, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도로부터 상기 형광의 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 예측하는 예측부를 갖는다.
- [0102] 이 구성에 의해, 제1 파장의 여기용의 광원광의 투과광 및 제2 파장의 산란광 검출용의 광원광의 투과광에 의해 제1 파장, 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 산출한다. 이들 흡광도를 이용하여 제3 파장의 형광에 있어서의 흡광도를 예측하여, 제3 파장의 형광에 있어서의 흡광도를 측정 대상 성분의 형광 강도의 보정에 이용한다. 이에 의해, 형광 강도를 정밀도 좋게 측정할 수 있으며, 형광 강도의 보정을 위해 제3 파장의 광을 조사하는 광원 등을 수질 분석계에 마련하여, 시료수의 제3 파장에 있어서의 흡광도를 측정할 필요가 없기 때문에, 수질 분석계를 간소한 구성으로 할 수 있다.
- [0103] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도는, 상기 제1 파장 및 상기 제2 파장에 있어서의 시료수의 흡광도의 절대값과 비율로부터 예측된다. 이 구성에 의해, 시료수 중의 미립자의 종류에 따라, 제3 파장에 있어서의 흡광도를 정밀도 좋게 예측할 수 있다.
- [0104] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 제3 파장은, 시료수 중의 상기 특정 성분의 형광 스펙트럼의 피크 파장이다. 이 구성에 의해, 여기용의 광원광에 의해 여기된 시료수 중의 특정 성분이 방출하는 형광의 검출 효율을 올릴 수 있다.
- [0105] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 산란광 검출 광학계로 검출된 상기 산란광으로부터 측정된 탁도를 이용하여, 상기 형광 검출 광학계로 검출된 상기 형광의 강도를 보정함으로써, 탁도 보정된 형광 강도를 산출하는 탁도 보정부를 갖는다. 이 구성에 의해, 시료수의 미립자의 농도의 영향을 고려하여, 시료수 중의 특정 성분의 형광 강도를 효과적으로 보정할 수 있다.
- [0106] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 제1 파장에 있어서의 시료수의 흡광도와, 상기 예측부에서 예측되는 제3 파장에 있어서의 시료수의 흡광도를 이용하여, 상기 탁도 보정된 형광 강도를 보정함으로써, 흡광도 보정된 형광 강도를 산출하는 흡광도 보정부를 갖는다. 이 구성에 의해, 시료수의 흡수 특성의 영향을 고려할 수 있기 때문에, 시료수 중의 미립자의 종류에 상관없이, 특정 성분의 형광 강도를 정확하게 보정할 수 있다.
- [0107] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 제1 파장은 250 nm 이상 350 nm 이하이고, 또한 상기 제2 파장은 600 nm 이상 900 nm 이하이고, 또한 상기 제3 파장은 상기 제1 파장 이상이며 상기 제2 파장 이하인 것이 바람직하다. 이 구성에 의해, 단파장측인 제1 파장의 흡광도와, 장파장측인 제2 파장의 흡광도로부터, 그 사이의 제3 파장에 있어서의 흡광도를 정밀도 좋게 예측할 수 있다.
- [0108] 본 발명의 수질 분석계에 있어서는, 상기 여기용의 광원광 및 상기 산란광 검출용의 광원광을 상기 시료수 통수 용기로 유도하는 위치에 배치되는 광학 부재를 구비하고, 상기 광학 부재와 상기 투과광 검출 광학계가, 상기 시료수 통수 용기를 사이에 두고 대향하고 있다. 이 구성에 의해, 광학 부재에 의해, 여기용의 광원광 및 산란광 검출용의 광원광이 시료수 통수 용기로 유도되어, 제1 투과광 및 제2 투과광이 적절하게 투과광 검출 광학계에 도입된다.
- [0109] 본 출원은 2016년 5월 19일 출원된 일본 특허 출원 제2016-100435호에 기초한다. 이 내용은 전부 여기에 포함시켜 둔다.

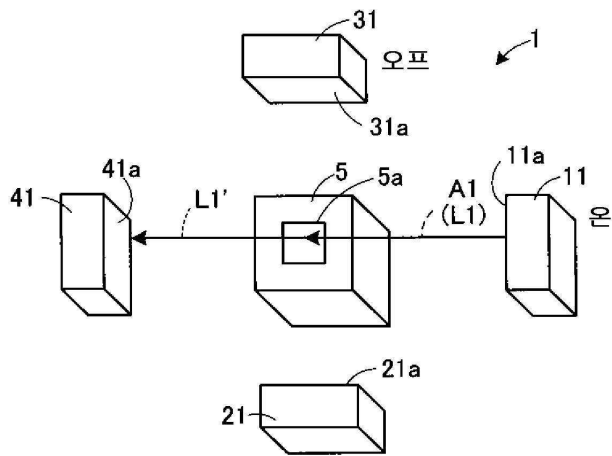
도면2



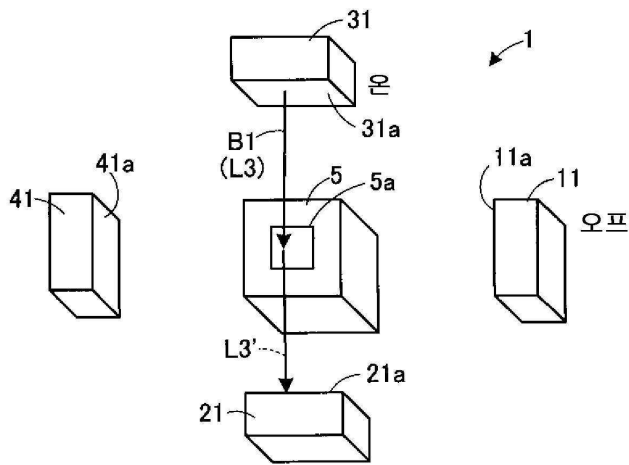
도면3a



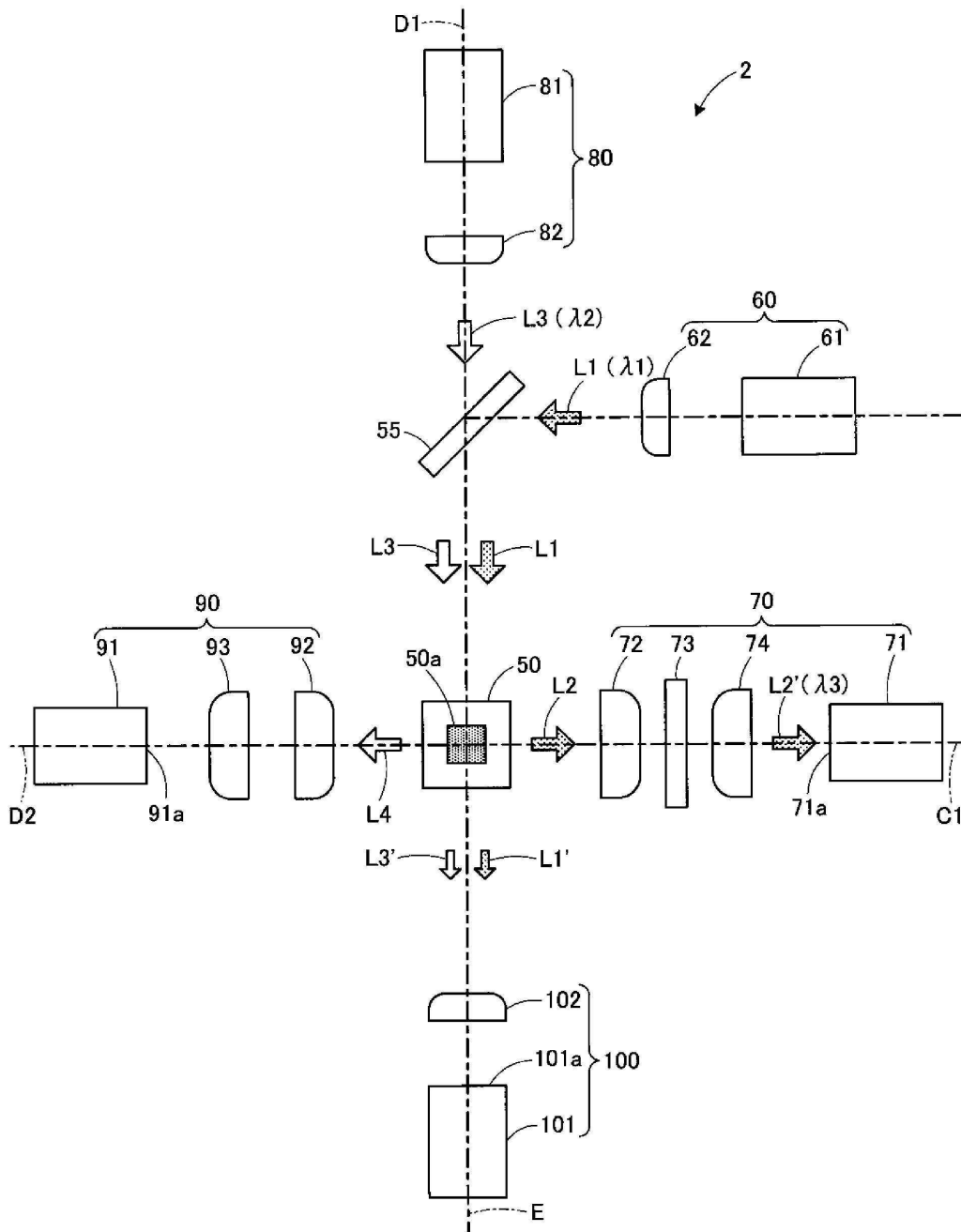
도면3b



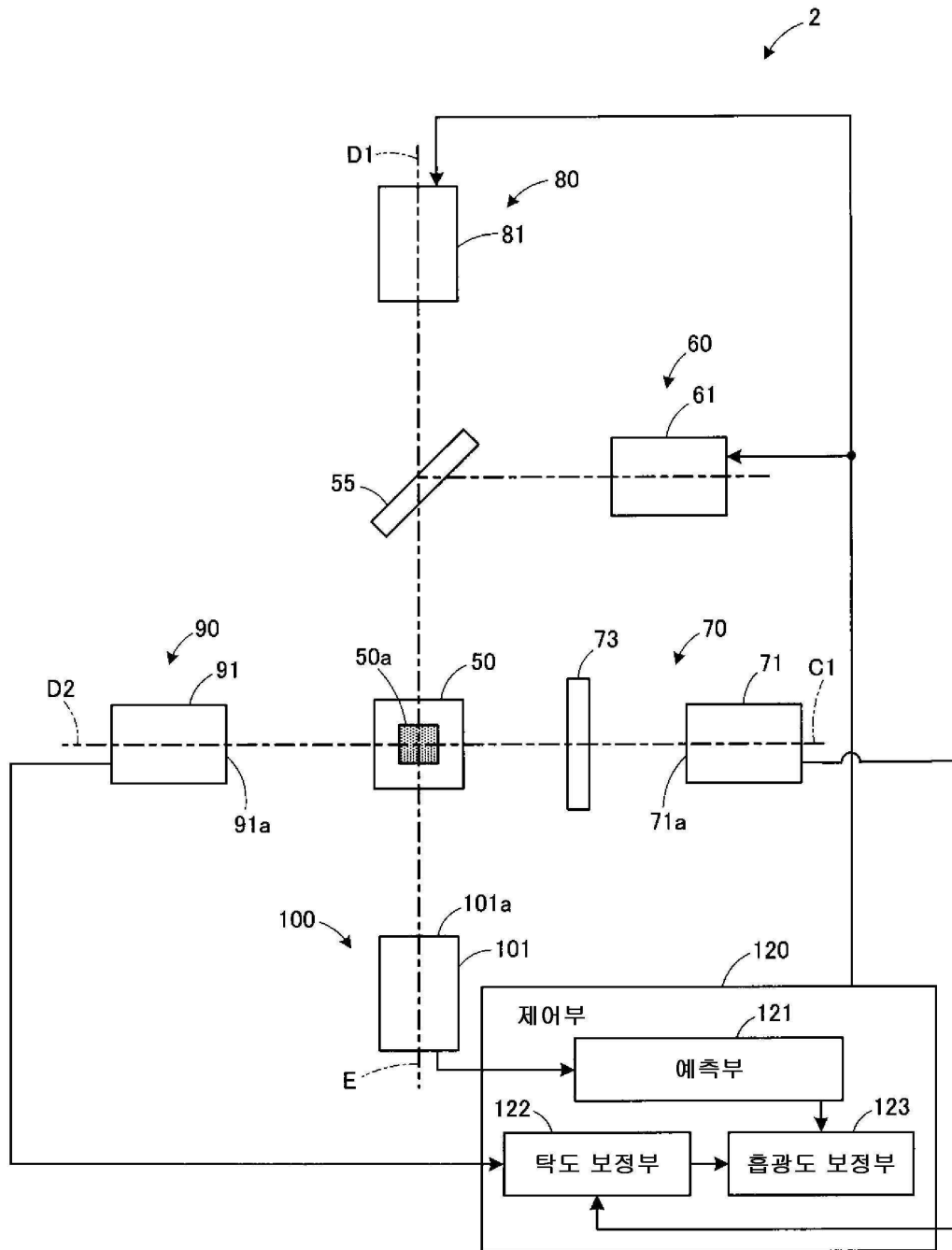
도면3c



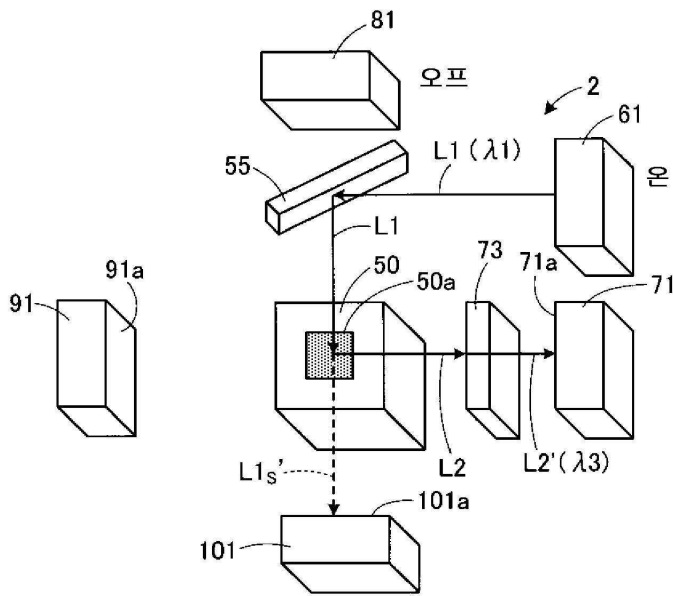
도면4



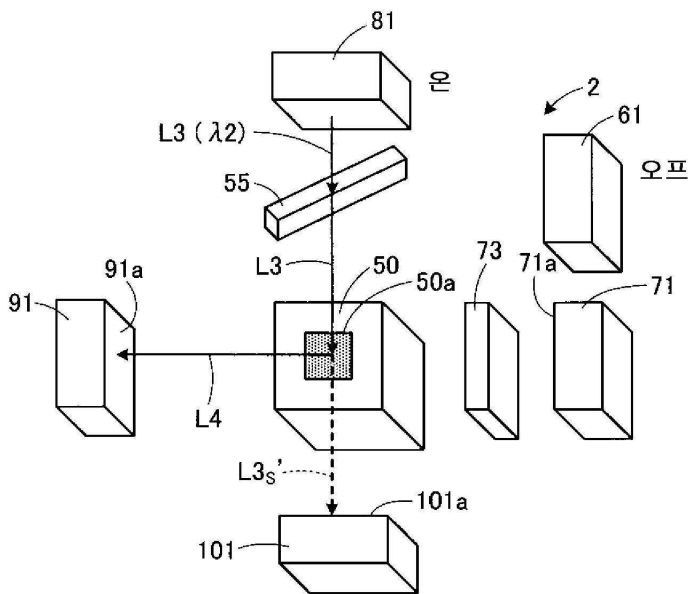
도면5



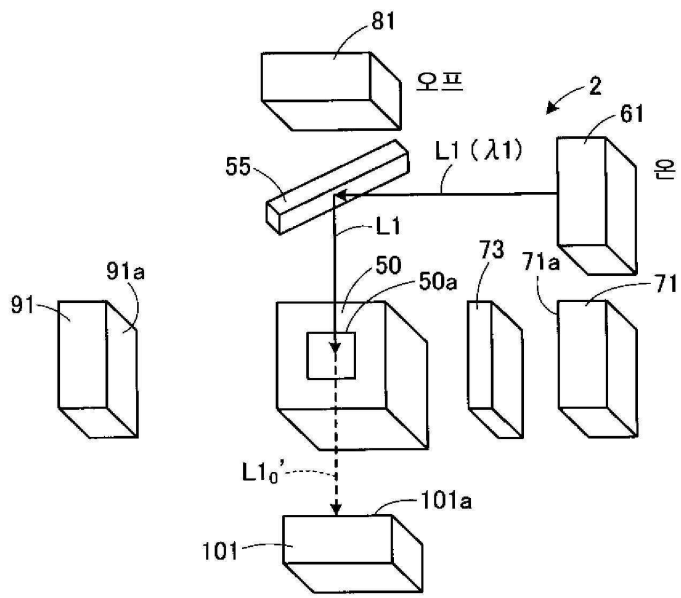
도면6a



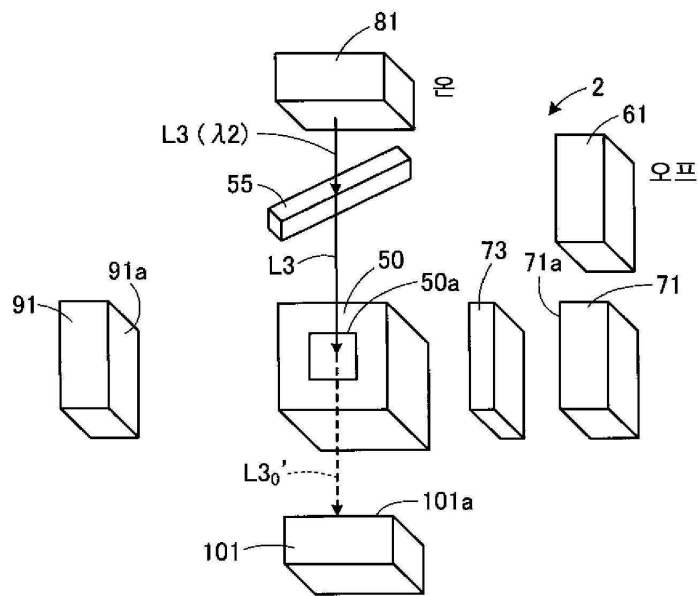
도면6b



도면7a



도면7b



도면8

