



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0052256
(43) 공개일자 2017년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/65 (2006.01) G01J 1/00 (2006.01)
G01J 3/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/65 (2013.01)
G01J 1/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0154489
(22) 출원일자 2015년11월04일
심사청구일자 2015년11월04일

(71) 출원인
한림대학교 산학협력단
강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)
(72) 발명자
남기봉
서울특별시 서초구 남부순환로323길 38-16, 102동
1306호 (서초동, 서초동한신아파트)
(74) 대리인
특허법인 천지

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법

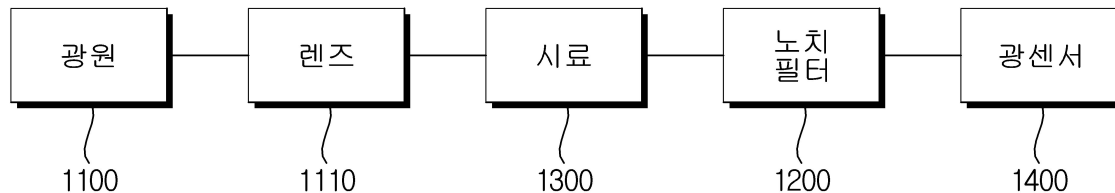
(57) 요약

본 발명은 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치는 시료에 광을 조사하고 시료로부터 산란되는 라만 산란광을 측정하여 물질의 농도를 측정한다. 본 발명은 노치 필터 및 다이크로익 미러에 의해 레일리 산란을 제거하고 라만 산란광을 통합적으로 측정한다.

본 발명은 라만 산란광을 분리하지 않고 통합 측정함으로써 신호의 세기가 강해지고, 신호대비 잡음비가 향상된 측정값을 얻을 수 있다. 또한, 별도의 분광기 및 스펙트럼 분석 장비가 필요 없어 장치 및 시스템이 간단해진다는 장점이 있다.

대표도 - 도1

1000



(52) CPC특허분류

G01J 3/44 (2013.01)

G01N 2201/0636 (2013.01)

G01N 2201/0638 (2013.01)

G01N 2201/068 (2013.01)

G01N 2201/127 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

시료로 광을 조사하는 광원;

상기 시료로부터 산란되는 광을 집광하는 렌즈;

상기 집광된 광의 일부를 통과시키는 노치 필터; 및??하이패스필터 로패스 필터..청구항 추가..

상기 노치 필터를 통과한 광의 세기를 측정하는 광센서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 노치 필터 대신 하이 패스 필터 및 로우 패스 필터를 배치시키되,

상기 하이 패스 필터 및 상기 로우 패스 필터를 레일리 파장 전후의 파장대역을 통과하도록 설계하여 배치하는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광센서에 의해 측정된 광의 세기를 표준 교정 곡선에 대입하여 상기 시료의 농도를 산출하는 제어부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 노치 필터는 라만 산란광만을 통과시키는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 5

시료로 광을 조사하는 광원;

상기 시료로부터 산란되는 광을 집광하는 제1 렌즈;

상기 집광된 광의 일부를 통과시키는 다이크로익 미러;

상기 다이크로익 미러를 통과한 광을 필터링하는 노치 필터;

상기 노치 필터를 통과한 광을 집광하는 제2 렌즈; 및

상기 제2 렌즈를 통해 집광된 광의 세기를 측정하는 광센서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2 렌즈와 상기 광센서 사이에 위치하는 핀홀;을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 다이크로의 미러 및 상기 노치 필터는 라만 산란광만을 통과시키는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치.

청구항 8

시료에 광을 조사하는 단계;

상기 시료로부터 나오는 광을 집광하는 단계;

집광된 상기 광의 세기를 측정하는 단계;

측정된 상기 광의 세기를 표준 교정 곡선에 대입하여 농도를 환산하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 장치는 광원, 광원으로부터 조사된 광의 일부를 반사시키는 노치 필터, 노치 필터로부터 반사된 광을 시료로 집광하는 렌즈, 시료에서 반사되는 광의 세기를 측정하는 광센서를 포함하며, 시료에 광을 조사하는 단계, 시료로부터 나오는 광을 집광하는 단계, 집광된 광의 세기를 측정하는 단계, 광의 세기를 표준 교정 곡선에 대입하여 농도를 환산하는 단계를 포함하는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 등의 정밀 소재를 제조할 때 정확한 물질의 농도를 아는 것은 매우 중요하다. 물질의 정확한 농도를 측정함으로써 더욱 정밀한 부품을 제조할 수 있기 때문이다. 정확한 물질의 농도 측정은 다양한 분야에서 필요로 하는데, 수질의 오염 정도를 측정하는 경우에 있어서도 정확한 농도를 알아야 그에 맞는 조치를 취할 수 있다.

[0003] 고체 또는 수용액 속에 용해된 물질의 농도를 측정하거나, 기체 중 특정 물질의 농도를 측정하기 위하여 다양한 방법들이 사용된다. 수용액 중 특정 이온에 감응하여 전력을 출력시키기도 하고, 시료의 일부를 용해시켜 원소 측정 장비 등을 이용하여 시료의 농도를 측정하기도 한다.

[0004] 등록특허 제10-1170853호는 물질의 성분 또는 농도를 측정하기 위하여 분광 검출기를 이용하고 있는데, 테스트 엘리먼트 응답을 나타내는 반사 광 강도를 이용하여 타겟 분석 대상물의 농도를 측정하는 것에 대하여 기재되어 있다. 하지만, 상기 등록 특허는 선택 분석 대상물과 반응하는 시약이 필요하며, 시약에 반응하여 흡광 특성이 변경된 물질의 엘리먼트 응답을 측정한다는 점에서 측정 절차가 여러 단계를 거치며 복잡해진다는 문제가 있다.

[0005] 따라서 간단하게 물질의 농도를 측정할 수 있는 물질의 농도 측정 장치 및 방법에 대한 개발이 필요하다. 또한, 신호대비 잡음비가 향상되어 보다 정확한 물질의 농도를 측정할 수 있는 물질의 농도 측정 장치 및 방법에 대한 개발 역시 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 특허문헌 : 한국등록특허 제10-1170853호 (등록일 : 2012.07.27.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 라만 산란을 이용하여 물질의 농도를 간단하게 측정할 수 있는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 목적은 라만 산란 신호를 통합적으로 측정하여 신호대비 잡음비가 향상되어 보다 정확한 농도를 측정할 수 있는 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 위와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치는 광원, 노치 필터, 렌즈, 광센서를 포함한다. 광원은 시료로 광을 조사한다. 렌즈는 시료로부터 산란되는 광을 집광한다. 노치 필터는 집광된 광의 일부를 통과시킨다. 광센서는 노치 필터를 통과한 광의 세기를 측정한다.
- [0010] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치는 노치 필터 대신 하이 패스 필터 및 로우 패스 필터를 배치시킬 수 있다. 하이 패스 필터 및 로우 패스 필터는 레일리 파장 전후의 파장대역을 통과하도록 설계되어 배치된다.
- [0011] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치는 광센서에 의해 측정된 광의 세기를 샘플과 비교하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치에서 노치 필터는 라만 산란광만을 통과시킬 수 있다.
- [0013] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치는 광원, 다이크로익 미러, 제1 렌즈, 노치 필터, 제2 렌즈, 광센서를 포함한다. 광원은 시료로 광을 조사한다. 제1 렌즈는 시료로부터 산란되는 광을 집광한다. 다이크로익 미러는 집광된 광의 일부를 통과시킨다. 노치 필터는 다이크로익 미러를 통과한 광을 필터링한다. 제2 렌즈는 노치 필터를 통과한 광을 집광한다. 광센서는 제2 렌즈를 통해 집광된 광의 세기를 측정한다.
- [0014] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치는 제2 렌즈와 광센서 사이에 핀홀을 위치시킬 수 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치에서 다이크로익 미러 및 노치 필터는 라만 산란광만을 통과시킬 수 있다.
- [0016] 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 방법은 시료에 광을 조사하는 단계, 시료로부터 나오는 광을 집광하는 단계, 집광된 광의 세기를 측정하는 단계, 측정된 광의 세기를 표준 교정 곡선에 대입하여 농도를 환산하는 단계를 포함한다.
- [0017] 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 방법에서 측정된 광의 세기는 소정 시간 광의 세기를 측정하여 구한 평균값일 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명의 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법은 간단한 구성에 의해 물질의 농도를 측정할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치 및 방법은 산란된 라만 신호를 통합하여 측정함으로써 신호대비 잡음비가 향상되며, 이에 따라 물질의 농도를 보다 정확하게 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 3는 라만 산란 신호 중 스톡 영역 및 안티 스톡 영역의 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 방법을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이 때, 첨부된 도면에서 동일

한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다.

- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 블록도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 도면이며, 도 3는 라만 산란 신호 중 스톡 영역 및 안티 스톡 영역의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0023] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치(1000)는 광원(1100), 노치 필터(1200), 렌즈(1300), 광센서(1400)를 포함한다. 광원(1100)은 레이저일 수 있으나 이에 한정하지는 않는다. 광원(1100)은 시료(1110)를 향해 조사된다. 광원(1100)의 파장대는 300~900nm일 수 있다. 광원(1100)의 출력이 지나치게 클 경우 시료가 녹는 등 결과치에 변형이 생길 우려가 있으므로, 시료에 따른 광원(1100)의 적정 출력을 유지하도록 한다.
- [0024] 시료(1110)에 입사된 광은 산란되어 나온다. 산란된 광은 렌즈(1300)를 통하여 노치 필터(1200)로 향하게 된다. 렌즈(1300)는 시료(1110)로부터 산란된 광을 노치 필터(1200)로 집광시킨다. 렌즈(1300)의 초점은 노치 필터(1200)에 광을 집광시킬 수 있도록 설계되며, 장치의 크기 및 시료와의 거리를 고려하여 선택된다.
- [0025] 시료로부터 산란되는 광에는 레일리 산란, 라만 산란 등 다양한 파장대의 광이 포함되어 있다. 노치 필터(1200)는 광원으로부터 조사되는 광과 동일한 파장대역의 광은 반사시키고 변형된 파장대의 광만을 통과시킨다. 본 실시예에서는 시료로부터 산란되는 광 중 노치 필터(1200)에 의해 레일리 산란광은 제거되고 라만 산란광만이 노치 필터(1200)를 통과한다. 구체적으로, 노치 필터(1200)는 산란된 광 중 광원에서 조사된 광의 파장대와 동일한 파장 대역은 반사시키고, 그 외의 파장대의 광은 통과시킨다.
- [0026] 본 발명은 물질의 농도를 측정하기 위하여 시료로부터 반사된 라만 산란(Raman scattering)을 이용하고 있다. 라만 산란이란 물질에 일정한 주파수의 광을 조사(照射)한 경우, 입사된 광이 분자와 간섭하여 분자 고유 진동이나 회전 에너지 또는 결정의 격자(格子) 진동 에너지만큼 변경된 주파수의 광이 산란되는 현상으로, 산란된 광은 원래의 에너지보다 작거나 큰 에너지를 가진다. 이와는 달리 산란되는 광 중 고유의 에너지를 그대로 유지하면서 산란되는 것을 레일리 산란(Rayleigh scattering)이라고 하며, 본 발명에서는 레일리 산란을 제거하고 라만 산란 신호만을 추출하여 시료의 농도를 측정한다.
- [0027] 라만 산란은 일반적으로 그 세기가 약하며 입사되는 에너지보다 크거나 작은 고유한 스펙트럼이 동시에 발광한다. 물질에 광이 입사되면, 입사되는 광의 일부가 물질의 분자와 비탄성 충돌하여 에너지의 일부가 분자나 원자의 진동 에너지 또는 회전 에너지로 변하며, 분자를 여기 상태로 올린다. 도 3에 도시된 바와 같이, 원자나 분자를 여기시키고 남은 에너지가 방사되면서 내는 산란을 스톡 산란이라 한다. 반대로 여기되었던 분자들이 원래의 기저 상태로 돌아오면서 여기된 만큼의 에너지를 더 포함하여 산란되는 광을 안티스토크 산란이라 한다.
- [0028] 일반적으로 물질의 농도를 측정하기 위하여 라만 산란 스펙트럼을 분석하여 스펙트럼 상의 피크를 측정하고 있다. 하지만, 스펙트럼 상의 각각의 피크는 매우 약한 크기이기 때문에 측정시 노이즈가 많고 이에 따라 정량적으로 오차가 많다. 이에 본 발명은 라만 산란광의 스펙트럼을 별도로 분석하지 않고 통합적으로 측정하여 광의 세기를 측정하고 있다. 본 발명은 스톡 산란 및 안티 스톡 산란을 포함하는 다수 파장대의 라만 산란 신호의 세기를 통합 측정하여, 측정되는 신호의 세기가 커지고, 신호대비 잡음비가 향상되면서 물질의 농도를 보다 정확하게 측정할 수 있다.
- [0029] 렌즈(1300)와 노치 필터(1200)는 전면이 시료(1110)로부터 45° 기울어지도록 배치된다. 노치 필터(1200)는 시료(1110)로부터 산란광이 입사되면, 입사된 광 중 라만 산란광만을 통과시킨다. 본 실시예에서는 노치 필터(1200)는 300~900nm 대의 파장 중 특정 파장 성분만을 반사시키도록 설정되어 라만산란 광만을 통과시키도록 할 수 있다. 한편, 본 실시예에서는 노치 필터(1200)를 시료(1110)와 45° 기울어지도록 배치하였지만 이에 한정하지는 않으며, 장치의 형태 및 크기에 따라 다양한 각도로 설계할 수 있다.
- [0030] 한편, 본 실시예에서는 노치 필터를 사용하였지만, 하이 패스 필터(high pass filter) 및 로우 패스 필터(low pass filter)를 레일리 파장 전후의 파장대역을 통과하도록 설계하여 배치할 수도 있다. 또한, 노치 필터 외에 추가적으로 배치할 수도 있다.
- [0031] 광센서(1400)는 노치 필터(1200)를 통과한 라만 산란광의 세기를 측정한다. 광센서(1400)는 입력되는 광 정보를

전기 신호로 변환하여 그 세기의 강약을 측정하는 센서이다. 본 실시예에서 광센서(1400)는 예를 들어 photodiode, CCD, CMOS, avalanche photodiode 및 PMT(광증배관) 등을 이용할 수 있다. 광센서(1400)는 시료(1110)와 같은 광축상에 위치한다.

[0032] 광센서(1400)에 도달한 광은 고유한 여러 파장의 라만 산란광이 중첩된 형태이다. 본 발명에서 라만 산란광은 SERS, Fluorescent SERS 등 변형된 모든 라만 산란 기법으로 생성된 라만 신호를 포함한다. 광센서(1400)는 렌즈를 통하여 입사되는 광을 디지털 신호로 변환하여 이를 전류 신호로 출력한다. 제어부(미도시)는 전류 신호의 세기로부터 광의 세기를 판단할 수 있다. 정확한 농도 측정이 아니라 농도 비교만이 필요한 경우라면, 농도만 다른 같은 종류의 시료가 복수 개 있을 때 이러한 광의 세기 비교를 통하여 물질의 농도 크기를 바로 비교할 수 있다.

[0033] 물질의 정확한 농도를 산출하기 위해서 표준 교정(calibration) 함수를 이용한다. 표준 교정 함수는 시료를 측정하는 조건과 동일한 조건에서 농도가 다른 표준 시료를 대상으로 측정하여 산출하며, 이러한 함수에 따른 표준 교정 곡선을 산출한다. 본 실시예에서 표준 교정 함수 및 표준 교정 곡선은 단일 물질로서 각각 다른 농도가 표시된 시액을 다수 준비하여 광을 조사하고, 시약으로부터 산란되는 라만 산란광을 통합적으로 측정한 후, 각각의 시료의 농도와 측정된 광의 세기를 대응하여 산출할 수 있다. 산출된 표준 교정 곡선에 분석 대상 시료의 광의 세기 측정 결과를 대입하여 시료의 농도를 환산한다. 표준 교정 곡선을 이용하는 이유는, 시료의 광을 측정하는 조건이나 분위기가 측정된 값에 영향을 미치는데, 이러한 영향을 배제하고 정확한 농도를 측정하기 위함이다. 제어부는 물질의 종류에 따른 표준 교정 곡선으로부터 분석 대상의 농도를 측정할 수 있다. 본 발명은 집광된 라만 산란광의 스펙트럼을 분석하지 않고 라만 산란광을 통합 검출함으로써 세기가 강한 라만 산란광을 얻을 수 있다.

[0034] 다른 실시예에서는 광원(1100)과 노치 필터(1200) 사이에 노이즈 제거 필터(1520)를 더 포함하여, 불필요한 광이 제거되도록 할 수 있다.

[0035] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 블록도이고, 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 도면이며, 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치를 나타내는 도면이다.

[0036] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 장치(2000)는 광원(2100), 다이크로익 미러(2210), 제1 렌즈(2310), 노치 필터(2220), 제2 렌즈(2320), 광센서(2400)를 포함한다.

[0037] 광원(2100)은 레이저일 수 있으나, 이에 한정하지는 않으며, LED 등 평행광 또는 수렴광의 형태여도 무방하다. 광의 파장대는 장치의 설계에 따라 다양하게 선택될 수 있다. 예를 들어, 300~900 μ m의 파장대가 선택될 수 있다.

[0038] 광원(2100)에서 조사된 광은 시료(2110)로 향한다. 시료(2110)에 입사된 광은 시료의 분자와 반응 후 산란되며, 산란광은 제1 렌즈(2310)에 의해 집광되어 다이크로익 미러(2210) 방향으로 진행한다. 본 실시예에서 시료는 고체 시료이지만, 이에 한정하지는 않으며, 시료의 상태가 액체 또는 기체여도 무방하다.

[0039] 다이크로익 미러(2210)는 굴절률이 서로 다른 박층(薄層)으로 이루어지는 반사경으로, 특정 파장의 광은 반사하고, 나머지 파장대의 광은 통과시킨다. 다이크로익 미러는 광 흡수에 의한 손실이 적은 편이며, 반사되는 광의 파장 범위를 재료의 두께나 구조에 의해 설정할 수 있는 이점이 있다. 예를 들어 복수의 다이크로익 미러를 설계하여 입사되는 광을 파장, 즉, 색에 따라 분리할 수도 있다. 본 발명에서는 다이크로익 미러를 이용하여 특정 파장대의 광을 제거하고, 라만 산란 광만을 통과시키는 용도로 사용된다. 본 실시예에서 다이크로익 미러(2210)는 다양한 파장대의 광 중 광원의 파장 대역에 해당하는 대역의 광을 제거, 즉 반사시키고, 라만산란광만을 통과시킨다.

[0040] 다이크로익 미러(2210)는 전면이 시료(2110)와 45 $^\circ$ 기울어지도록 배치된다. 다이크로익 미러(2210)는 시료(2110)로부터 산란광이 입사되면 산란광 중 레일리 광은 반사시키고, 라만 산란광만을 통과시킨다. 본 실시예에서는 시료(2110)과 다이크로익 미러(2210)의 배치 각도가 45 $^\circ$ 이지만, 이에 한정되는 것은 아니며 장치의 형태 및 크기에 따라 다양한 각도로 설계할 수 있다.

[0041] 다이크로익 미러(2210)를 통과한 라만 산란광은 노치 필터(2220)에 의해 다시 한번 레일리 산란광이 제거된다.

본 실시예에서는 다이크로익 미러(2210) 및 노치 필터(2220)를 이용함으로써, 레일리 산란광을 이중으로 제거할 수 있어 정확한 농도 측정이 가능하다.

[0042] 노치 필터(2220)를 통과한 광은 제2 렌즈(2320)에 의해 광센서(2400)로 집광된다. 광센서(2400)는 노치 필터(2220)를 통과한 라만 산란광의 세기를 측정한다. 광센서(2400)는 입력되는 광 정보를 전기 신호로 변환하여 그 세기의 강약을 측정하는 센서이다. 본 실시예에서 광센서(1400)는 예를 들어 photodiode, CCD, CMOS, avalanche photodiode 및 PMT(광증배관) 등을 이용할 수 있다. 광센서(2400)는 시료(2110)에서 산란되는 광과 같은 광축상에 위치한다.

[0043] 한편, 본 실시예에서는 다이크로익 미러 및 노치 필터를 사용하였지만, 하이 패스 필터(high pass filter) 및 로우 패스 필터(low pass filter)를 레일리 파장 전후의 파장대역을 통과하도록 설계하여 배치할 수도 있다. 또한, 다이크로익 미러 및 노치 필터 외에 추가적으로 배치할 수도 있다.

[0044] 광센서(2400)에 도달한 광은 고유한 여러 파장의 라만 산란광이 중첩된 형태이다. 본 발명에서 라만 산란광은 SERS, Fluorescent SERS 등 변형된 모든 라만 산란 기법으로 생성된 라만 신호를 포함한다. 광센서(2400)는 여러 파장이 중첩된 라만 산란광을 디지털 신호로 변환하여 이를 전류 신호로 출력한다. 전류 신호의 세기로부터 광의 세기를 판단할 수 있다. 물질의 정확한 농도를 산출하기 위해서 표준 교정(calibration) 함수를 이용한다.

[0045] 다른 실시예에서는 제2 렌즈(2320)와 광센서(2400) 사이에 핀홀을 개재할 수 있다. 핀홀은 제2 렌즈(2320)를 통과한 광선이 교차하는 지점에 위치될 수 있다. 광이 핀홀을 통과하면서 노이즈가 더욱 더 제거될 수 있다.

[0046] 다른 실시예에서는 도 6에 도시된 바와 같이, 광원(3100) 및 시료(3510)와 노치 필터(3200)가 45° 기울어져도 배치될 수 있다. 노치 필터(3200)는 45°로 입사한 광의 일부를 45°의 각도로 반사시켜 시료(3510)로 입사시키고, 시료(3510)로부터 산란된 광의 일부만을 다시 통과시킨다. 예를 들어, 광원(3100)으로부터 300~900 μ m의 레이저가 조사되면, 노치 필터(3200)는 조사된 광 중 일부를 반사각 45°로 반사시켜 시료로 입사시키고, 산란된 광 중 특정 파장대역의 광, 즉 라만 산란광만 통과시켜 광센서(3400)로 진행시킨다.

[0047] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 라만 산란을 이용한 물질의 농도 측정 방법을 나타내는 순서도이다.

[0048] 도 7에 도시된 바와 같이, 라만 산란을 이용하여 물질의 농도를 측정하기 위하여 우선 시료에 광을 조사한다(S7100). 조사되는 광은 레이저일 수 있으나 이에 한정되지는 않는다. 광원으로서 레이저와 같이 단일광을 이용할 수도 있으나, 단색이 아니거나 퍼짐성이 있는 광을 이용할 수도 있다. 본 실시예에서는 레이저를 이용하였다. 조사된 광은 노치 필터에 반사되어 시료 방향으로 향한다. 광원과 시료가 동일 광축 상에 위치할 수도 있으나, 시료로부터 반사되는 광을 수광하기 용이하도록 본 실시예에서는 시료를 광원으로부터 조사되는 광의 광축으로부터 90° 회전시킨 방향에 위치시켰다. 노치 필터는 특정 파장대의 광만을 통과시키는 필터로, 설정된 파장대의 광 외에는 반사시킨다. 노치 필터에 의해 반사된 광은 시료에 집광된다. 광을 보다 더 효율적으로 집광시키기 위하여 렌즈를 이용하며, 렌즈는 광을 시료의 표면에 집광시킨다.

[0049] 다음으로, 시료로부터 산란되는 광을 집광한다(S7200). 시료로부터 산란되는 광을 광센서로 집광한다. 시료로부터 산란되는 광에는 레일리 산란광, 라만 산란광 등이 혼재되어 있다. 시료로부터 산란되는 광은 노치 필터를 통과하면서 레일리 산란광이 제거된다. 레일리 산란광이 반사되고 라만 산란광만이 노치 필터를 통과하여 광센서에 도달한다. 효율적인 집광을 위하여 광센서 앞에 렌즈 또는 핀홀을 위치시킬 수 있다.

[0050] 광센서가 집광된 광의 세기를 측정한다(S7300). 광센서에 집광된 광은 레일리 산란광이 제거된 복수의 파장대의 광을 포함하는 라만 산란광이다. 라만 산란광은 분석 대상 물질의 성분이나 결합 구조에 따라서 고유의 주파수를 가지며, 이를 이용하여 물질의 농도를 측정한다. 라만 산란광의 세기는 수식 1로 표현될 수 있다.

$$I = \sum_{k=-n}^n I_k$$

[0051] (n=양자수) ----- (수식 1)

[0052] 여기서, n은 분석 대상 물질의 양자수를 의미하며, I는 각각의 양자수에서의 광의 세기의 합을 나타낸다. 광센서는 여러 파장이 중첩된 라만 산란광을 디지털 신호로 변환하여 이를 전류 신호로 출력하며, 전류의 세기를 측정하여 라만산란광의 세기를 측정한다. 본 발명은 라만 산란 신호를 분리하지 않고 통합적으로 측정하기

때문에, 신호의 세기가 크고 신호대비 잡음비가 향상되어 보다 정확한 물질의 농도 측정이 가능하다.

[0053] 측정된 광의 세기를 표준 교정 곡선에 대입하여 농도를 환산한다(S7400). 표준 교정 곡선이란 일련의 표준 시료의 값과 그들에 대한 측정값의 대응을 나타내는 곡선으로 보정 곡선이라고도 한다. 단일 물질의 시료의 경우 시료의 농도에 따라 달라지는 광 세기를 이용하여 정확한 물질의 농도를 산출하기 위함이며, 일반적으로 가로축과 세로축은 정규화된 값으로 만들어진다. 본 발명에서는 라만 산란광의 세기와 물질의 농도를 가로축, 세로축으로 한다. 표준 교정 함수는 시료를 측정하는 조건과 동일한 조건에서 농도가 다른 표준 시료를 대상으로 측정하여 산출하며, 이러한 함수에 따른 표준 교정 곡선을 산출한다. 산출된 표준 교정 곡선에 시료의 광의 세기 측정 결과를 대입하여 시료의 농도를 환산한다. 표준 교정 곡선을 이용함으로써 시료의 광을 측정하는 조건이나 분위기에 의한 영향을 배제하고 정확한 농도를 측정할 수 있다.

[0054] 본 실시예에서는 표준 교정 곡선을 이용하여 물질의 정확한 농도를 환산하지만, 다른 실시예에서는 농도의 환산 과정 없이 농도 비교만 할 수도 있다. 예를 들어, 정확한 수용액의 농도보다는 단일 물질로 이루어진 복수의 수용액 중 물질의 농도의 크기 비교만이 중요한 경우, 라만 산란광의 세기 측정 및 비교만으로 물질 농도의 크고 작음을 바로 비교할 수 있다.

[0055] 본 발명은 레일리 산란광을 제거 후 라만 산란광만을 측정하며, 라만 산란광의 스펙트럼을 분해하지 않고 중첩된 모든 라만 산란광의 세기를 통합하여 측정하기 때문에, 입력 신호의 잡음비가 개선되어 보다 정확한 농도를 산출해낼 수 있다. 이에 따라, 물질 농도 측정에 있어 신뢰성과 안정성을 확보된 측정값을 제공할 수 있다. 또한, 분광기와 스펙트럼 분석용 장비가 필요 없기 때문에 시스템도 간단해진다.

[0056] 다른 실시예에서는 일정 시간 광 세기를 측정한 후 광 세기의 평균값을 구해 물질의 농도를 산출할 수도 있다.

[0057] 본 실시예에서는 노치 필터만을 이용하여 레일리 산란광을 제거하였지만, 다른 실시예에서는 노치 필터 외에 다이크로익 미러를 더 이용할 수 있다. 노치 필터와 다이크로익 미러를 통해 레일리 산란광이 이중으로 제거되어 보다 노이즈가 제거된 정확한 농도 측정이 가능하다. 노이즈 제거를 위해 노이즈 제거 필터 또는 핀 홀 등이 배치될 수도 있다.

[0058] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 본 발명이 기술 내용을 쉽게 설명하고 본 발명의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

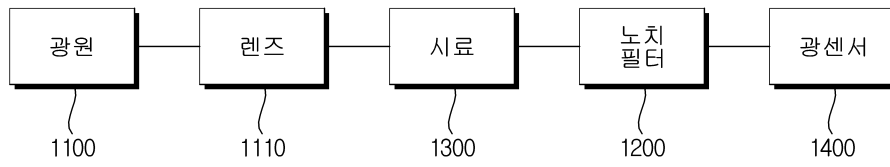
부호의 설명

[0059] 1000 : 물질의 농도 측정 장치 1100 : 광원
1110 : 시료 1200 : 노치 필터
1300 : 렌즈 1400 : 광센서
1520 : 노이즈 필터
2000 : 물질의 농도 측정 장치 2100 : 광원
2110 : 시료 2210 : 다이크로익 미러
2220 : 노치 필터 2310 : 제1 렌즈
2320 : 제2 렌즈 2400 : 광센서

도면

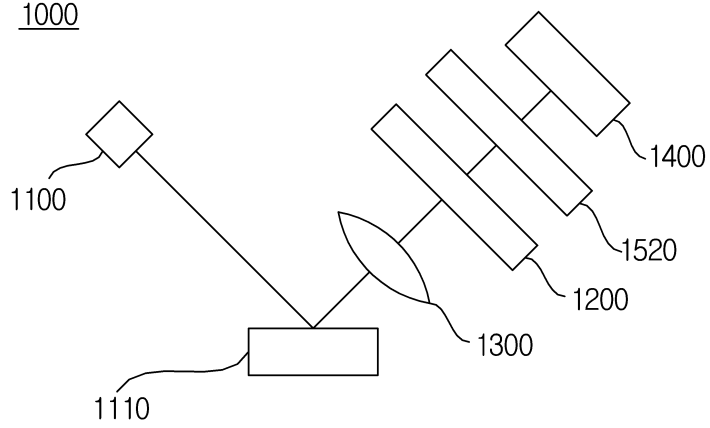
도면1

1000

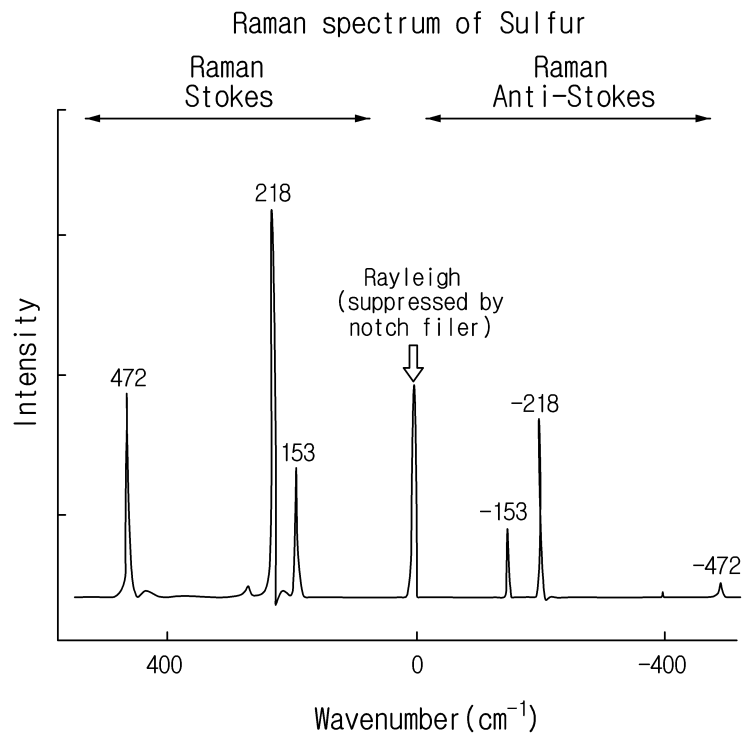


도면2

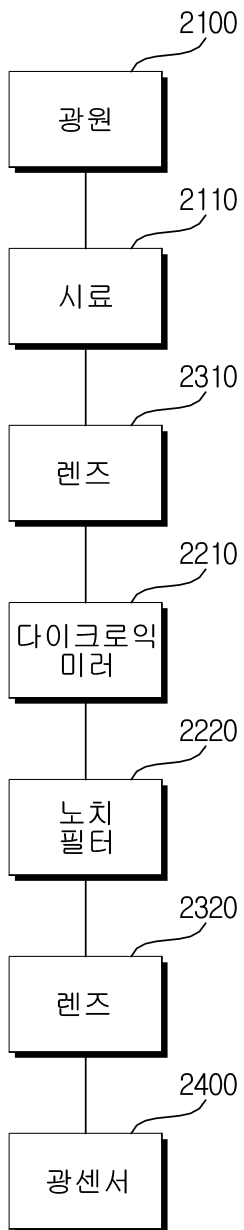
1000



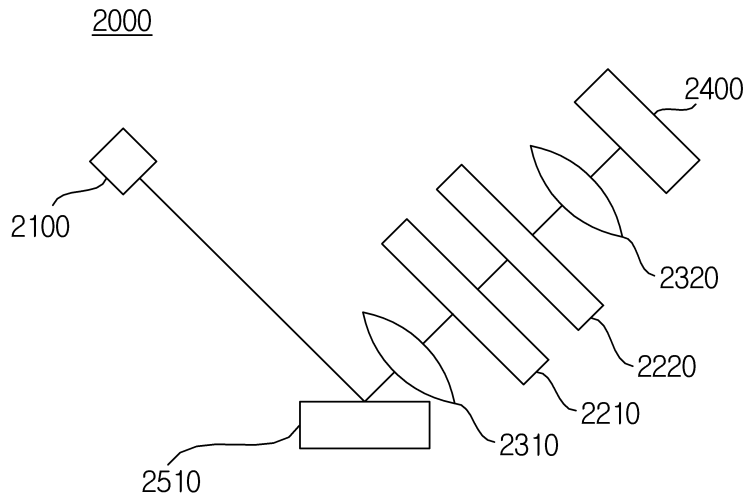
도면3



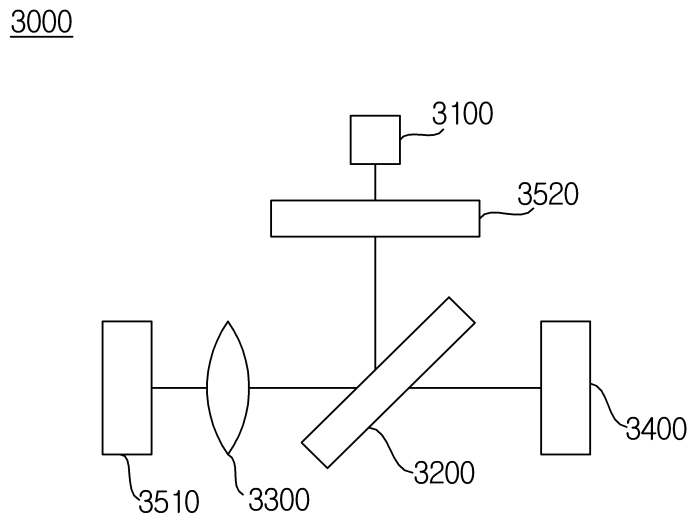
도면4



도면5



도면6



도면7

