



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0067365
(43) 공개일자 2025년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/2273 (2018.01) G01J 3/02 (2006.01)
G01N 23/2202 (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01N 23/2273 (2013.01)
G01J 3/0205 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0153418
(22) 출원일자 2023년11월08일
심사청구일자 2023년11월08일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경
희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
박용섭
서울특별시 성동구 고산자로2길 65, 103동 504호
(행당동, 서울숲리버뷰자이)
홍종암
서울특별시 동대문구 회기로25가길 9, 202호 (이
문동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 9 항

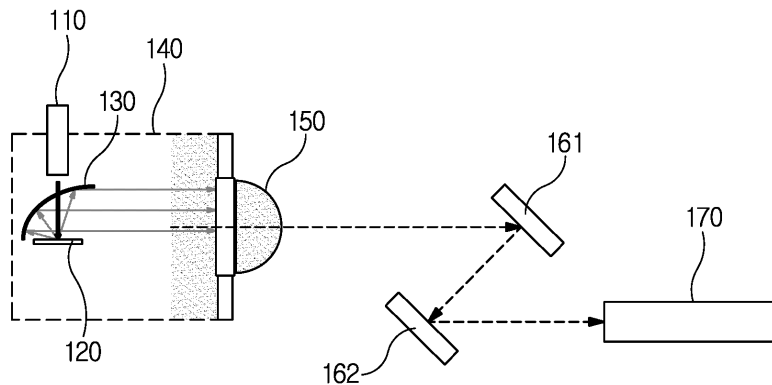
(54) 발명의 명칭 역광전자 분광 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 시료를 지지하는 지지대; 상기 시료로 전자를 조사하는 전자빔; 상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러; 상기 커브드 미러로부터 반사되는 집광하는 집광용 렌즈; 상기 집광된 광자를 필터링하는 미러 필터; 및 상기 필터링된 광자를 검출하는 검출기;를 포함하는, 역광전자 분광 장치 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

G01N 23/2202 (2013.01)

G01N 2223/085 (2013.01)

G01N 2223/313 (2013.01)

(72) 발명자

맹민재

서울특별시 마포구 백범로31길 8, 202동 1703호 (공덕동, 공덕 SK 리더스뷰)

이규명

서울특별시 강남구 개포로 516, 602동 1503호 (개포동, 개포주공아파트)

김영환

서울특별시 구로구 고척로52길 48, 103동 304호 (고척동, 고척대우아파트)

이규현

서울특별시 동대문구 회기로23다길 9, 301호 (회기동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711185196
과제번호	2021R1A2C1012754
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구
연구과제명	하이브리드 물질 계면의 빈전자상태 측정을 위한 중에너지 역광전자 분광기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

시료를 지지하는 지지대;
상기 시료로 전자를 조사하는 전자빔;
상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러;
상기 커브드 미러로부터 반사되는 광자를 집광하는 집광용 렌즈;
상기 집광된 광자를 필터링하는 미러 필터; 및
상기 필터링된 광자를 검출하는 검출기;를 포함하는, 역광전자 분광 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 미러 필터는 상기 집광용 렌즈에 나란하게 배열되며 상기 집광된 광자를 수광하여 1차 필터링하는 제1 미러 필터; 및
상기 제1 미러 필터로부터 이격하여 평행하도록 배치되며 상기 1차 필터링된 광자를 수광하여 2차 필터링하는 제2 미러 필터;를 포함하는, 역광전자 분광 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 지지대, 상기 커브드 미러 및 상기 전자빔은 진공 챔버 내부에 마련되고,
상기 집광용 렌즈, 상기 미러 필터 및 상기 검출기는 진공 챔버 외부에 마련되는, 역광전자 분광 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 집광용 렌즈는 플라노 볼록 렌즈(Plano-Convex lens)인, 역광전자 분광 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 커브드 미러는
시료에 조사되는 전자가 관통되는 관통구; 및
상기 시료를 감싸도록 곡면으로 형성되어, 관통된 상기 전자에 의해 상기 시료로부터 방출되는 광자를 반사시키는 반사면;을 포함하며,
상기 관통구는 상기 반사면 상에 형성되는, 역광전자 분광 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
상기 관통구는 상기 전자가 입사되는 면의 직경이 상기 반사면의 직경보다 같거나 큰, 역광전자 분광 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 관통구의 직경 형상은 원형, 타원형, 삼각형, 사각형, 직사각형, 다각형 및 슬릿형 중 어느 하나의 형상으로 형성되는, 역광전자 분광 장치.

청구항 8

커브드 미러를 관통하여 시료에 전자를 조사하는 단계;

상기 전자가 조사된 상시 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계;

상기 반사된 광자를 집광용 렌즈로 집광하는 단계;

상기 집광된 광자를 미러 필터로 필터링하는 단계; 및

상기 필터링된 광자를 검출기로 검출하는 단계;를 포함하는, 역광전자 분광 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 필터링하는 단계는 상기 집광된 광자를 제1 미러 필터로 1차 필터링하는 단계; 및

상기 1차 필터링된 광자를 제2 미러 필터로 2차 필터링하는 단계;를 포함하는, 역광전자 분광 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 역광전자 분광 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 고해상도를 갖는 역광전자 분광 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 유기물을 사용한 반도체가 주목 받으면서 유기발광 다이오드(organic light emitting diode, OLED), 태양 전지(organic photovoltaics, OPVs) 및 트랜지스터(organic thin film transistor, OTFT) 등이 활발히 연구되고 있다. 이에 유기물의 에너지 준위를 규명하고 설계자가 원하는 에너지 정렬을 설계하기 위해 에너지 준위를 분석하는 다양한 분석법들이 사용되고 있다.

[0003] 그 중 실제 소자의 구동상태에서 에너지 준위를 분석하는데 적합한 광전자 분광법(photoemission spectroscopy, PES)은 물질의 내부로 에너지가 조정된 빛이 들어가 물질 내부에 존재하는 전자를 방출되는 광전효과를 일으켜서 방출되는 전자의 에너지와 세기를 측정하여 방출 전 물질 내에 존재하는 전자가 어떤 에너지 레벨에 얼마나 있는지 측정하는 방식이다.

[0004] 역광전자 분광법(inverse photoemission spectroscopy, IPES)은 광전효과의 역과정으로 진행되는 분석법이다. 운동에너지를 조절한 전자가 물질 내에 들어가 안정화되면서 방출되는 빛의 세기를 측정하여 주입하는 전자의 에너지와 방출되는 빛의 에너지 차이를 통해 빈 점유궤도(unoccupied molecular orbital)를 측정하게 된다. 유기물의 손상을 최소화하기 위해 5 eV 이하의 전자를 사용하는 저에너지 역광전자 분광 기술(low-energy inverse photoemission spectroscopy, LEIPS)가 개발되어 유기물의 손상없이 비점유 레벨을 측정할 수 있다.

[0005] 역광전자 분광기의 해상도를 높이기 위해 빛을 검출하는 광전증폭관(photomultiplier tube, PMT)의 앞에 필터를 설치하게 되지만 그러함에도 필터가 필터링하지 못하는 영역의 빛이 여전히 존재한다. 따라서 측정 환경을 외부와 단절시켜 암전 상태로 만드는 노력이 있었지만, 그럼에도 불구하고 역광전 과정에서 방출되는 빛, 흑체 복사로 발생하는 빛, 초고진공을 유지하고 측정하기 위한 장치 등에서 발생하는 빛 등이 전부 검출기에 들어가 노이즈를 만들게 된다. 이러한 노이즈는 IPES 기술의 해상도와 세기를 저하하는 요인이 된다.

[0006] 또한, 이전 IPES 기술에서는 PMT 앞에 설치한 필터를 통해 검출 대상의 파장대역 외의 광자를 필터링하였다. 하지만 PMT가 측정 가능한 파장영역과 필터의 필터링 파장대역이 충분히 일치 하지 않으며, 필터링 과정에서 광자의 손실이 발생하여 해상도 및 세기에 단점으로 작용한다. 또한 초고진공 챔버 내부에 설치하기에 공간적 제약 또한 심하여 사용하는 PMT의 형태에 제약이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 분석과정에서 발생하는 광자 외에 외부 광자로 인한 노이즈를 제거하여 고해상도를 갖는 역광전자 분광 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로, 본 발명은 시료를 지지하는 지지대; 상기 시료로 전자를 조사하는 전자빔; 상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러; 상기 커브드 미러로부터 반사되는 광자를 집광하는 집광용 렌즈; 상기 집광된 광자를 필터링하는 미러 필터; 및 상기 필터링된 광자를 검출하는 검출기;를 포함하는 역광전자 분광 장치를 개시한다.

[0009] 여기서 상기 미러 필터는 상기 집광용 렌즈에 나란하게 배열되며 상기 집광된 광자를 수광하여 1차 필터링하는 제1 미러 필터; 및 상기 제1 미러 필터로부터 이격하여 평행하도록 배치되며 상기 1차 필터링된 광자를 수광하여 2차 필터링하는 제2 미러 필터;를 포함할 수 있다.

[0010] 여기서 상기 지지대, 상기 커브드 미러 및 상기 전자빔은 진공 챔버 내부에 마련되고, 상기 집광용 렌즈, 상기 미러 필터 및 상기 검출기는 진공 챔버 외부에 마련될 수 있다.

[0011] 여기서 상기 집광용 렌즈는 플라노 볼록 렌즈(Plano-Convex lens)일 수 있다.

[0012] 여기서 상기 커브드 미러는 시료에 조사되는 전자가 관통되는 관통구; 및 상기 시료를 감싸도록 곡면으로 형성되어, 관통된 상기 전자에 의해 상기 시료로부터 방출되는 광자를 반사시키는 반사면;을 포함하며, 상기 관통구는 상기 반사면 상에 형성될 수 있다.

[0013] 여기서 상기 관통구는 상기 전자가 입사되는 면의 직경이 상기 반사면의 직경보다 같거나 클 수 있다.

[0014] 여기서 상기 관통구의 직경 형상은 원형, 타원형, 삼각형, 사각형, 직사각형, 다각형 및 슬릿형 중 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다.

[0015] 또한 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로 커브드 미러를 관통하여 시료에 전자를 조사하는 단계; 상기 전자가 조사된 상기 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계; 상기 반사된 광자를 집광용 렌즈로 집광하는 단계; 상기 집광된 광자를 미러 필터로 필터링하는 단계; 및 상기 필터링된 광자를 검출기로 검출하는 단계;를 포함하는, 역광전자 분광 방법을 개시한다.

[0016] 상기 필터링하는 단계는 상기 집광된 광자를 제1 미러 필터로 1차 필터링하는 단계; 및 상기 1차 필터링된 광자를 제2 미러 필터로 2차 필터링하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 역광전자 분광 장치는 미러 필터를 통해 노이즈를 감소함에 따라, 높은 해상도를 나타낼 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 역광전자 분광 장치는 현장에서 사용되는 다양한 형태의 초고진공 챔버 등에 맞추어 제작하기에 용이할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치를 나타내는 예시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치의 실물 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 커브드 미러를 나타내는 예시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치를 이용한 미광 조건에서의 역광전자 분광 스펙트럼이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치를 이용한 역광전자 분광 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 또한, 본원 명세서 전체에서, "~하는 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0023] 본 발명의 기술분야에 속하는 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 요지를 통하여 다양한 응용을 할 수 있으므로, 본 발명의 권리범위는 이하의 실시예로 한정되지 않는다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기판된 사항을 기초로 하여 본 발명의 기술분야에 속하는 통상의 지식을 가진 자가 종래 기술을 이용하여 용이하게 치환 또는 변경하는 것이 자명한 부분까지 미친다.
- [0024] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.
- [0026] <역광전자 분광 장치>
- [0027] 종래 역광전자 분광 장치는 검출하고자 하는 파장의 광자 이외의 외부 광자를 필터링하기 위하여 투과형 필터를 사용하였다. 다만 이러한 투과형 필터는, 특정 파장만을 투과시키는 과정에서 필터 내부의 반사 및 필터 자체의 낮은 투과율로 인해 광자의 손실이 크다는 문제가 있었다.
- [0028] 이에 본 발명은 상술한 과제를 달성하기 위한 수단으로, 본 발명은 커브드 미러를 적용함으로써 시료 표면에서 방출되는 광자의 포집 성능을 향상시키고, 미러 필터를 적용함으로써 상기 시료에서 방출되는 광자 이외의 외부 광자들은 필터링하여, 고해상도의 역광전자 분광 장치를 개시하고자 한다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치(100)의 예시도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 역광전자 분광 장치(100)는 시료를 지지하는 지지대(120); 상기 시료로 전자를 조사하는 전자 빔(110); 상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러(130); 상기 커브드 미러(130)로부터 반사되는 광자를 집광하는 집광용 렌즈(150); 상기 집광된 광자를 필터링하는 미러 필터(160); 및 상기 필터링된 광자를 검출하는 검출기(170);를 포함하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 여기서 상기 지지대(120), 상기 커브드 미러(130) 및 상기 전자빔(110)은 진공 챔버(140) 내부에 마련되고, 상기 집광용 렌즈(150), 상기 미러 필터(160) 및 상기 검출기(170)는 진공 챔버(140) 외부에 마련되는 것을 확인할 수 있다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치의 실물 모습을 나타낸다 도 2에서는 진공 챔버 외부에 마련되는 집광용 렌즈, 제1 미러 필터, 제2 미러 필터, 및 검출기(PMT)를 확인할 수 있다. 상기 진공 챔버 내부를 빠져나온 평행광 형태의 광자는 집광용 렌즈를 통해 집광될 수 있다. 또한 상기 집광된 광자는 제1 미러 필터를 통해 1차 필터링될 수 있고, 상기 1차 필터링된 광자는 제2 미러 필터를 통해 2차 필터링될 수 있다. 상기 2차 필터링된 광자는 검출기로 최종 검출될 수 있다.
- [0031] 여기서 상기 전자빔(110)은 유기 물질에 가능한 적게 영향을 주며 고해상도의 저에너지 전자를 입사할 수 있다. 이러한 전자빔(110)은 렌즈의 구성이 간단하면서 높은 빔 전류를 얻을 수 있는 전자총으로 구현될 수 있다. 즉, 전자빔(110)은 하나의 캐소드와 세 개의 원통형 렌즈(일 예로, 추출렌즈, 초점렌즈, 파이널렌즈)로 구성되며 각 렌즈들과 캐소드 사이에 스페이서를 사용하여 각 렌즈들이 절연상태를 유지한 채 고압 전압을 유지할 수 있는 구조일 수 있다. 여기서, 스페이서는 절연체로 세라믹스로 구현될 수 있다.
- [0032] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 커브드 미러를 나타내는 예시도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 커브드 미러(130)는 시료에 입사되는 전자가 관통되는 관통구(131) 및 시료를 감싸도록 곡면으로 형성되어, 관통된 전자에 의해 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하는 반사면(133)을 포함하며, 관통구(131)는 반사면(133) 상에 형성될 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 커브드 미러에 있어서, 상기 관통구는 상기 전자가 입사되는 면의 직경이 상

기 반사면의 직경보다 같거나 클 수 있다. 도 3a에서의 커브드 미러는 전자가 입사되는 면의 관통 직경의 크기(131-1)와 출사되는 면의 관통 직경의 크기(131-1)가 같은 커브드 미러의 예시를 나타낸다. 도 3b에서의 커브드 미러는 전자가 입사되는 면의 관통 직경의 크기(131-2)가 출사되는 면의 관통 직경의 크기(131-3) 보다 큰 커브드 미러의 예시를 나타낸다. 다시 말해, 도 3b에서의 커브드 미러의 관통구(131)는 전자가 입사되는 면의 관통 직경에서 출사되는 면의 관통 직경으로 점차 좁아지는 형상일 수 있다.

[0034] 도 3에서 상기 관통구(131)는 모두 원형 형상으로 구현했으나, 상기 관통구 형상에 제한이 있는 것은 아니다. 본 발명의 커브드 미러는 전자가 입사되는 면의 직경 형상이 원형, 타원형, 삼각형, 사각형, 직사각형, 다각형 및 슬릿형 중 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다. 또한 상기 관통구의 반사면의 직경 형상이 원형, 타원형, 삼각형, 사각형, 직사각형, 다각형 및 슬릿형 중 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다.

[0035] 한편, 관통구의 직경은 다양하게 설계될 수 있다. 즉, 전자빔의 스펙(예로, 전자빔의 직경)에 따라 관통구의 직경 및 커브드 미러의 크기가 조절될 수 있다.

[0036] 반사면은 시료로부터 방출되는 광자의 포집능력을 증가시키기 위한 곡면 형상으로 형성될 수 있다. 나아가, 반사면은 최적화된 초점거리를 계산하여 형성되되, 타원(elliptical) 형상, 반구(hemisphere) 형상, 포물선(parabolinc) 형상 및 자유 곡면 형상 중 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다.

[0037] 커브드 미러는 자외선(UV) 및 진공 자외선(vacuum UV) 파장에서 우수한 반사율을 가지는 물질로 구현될 수 있다. 실시예에서, 커브드 미러는 베어 알루미늄 금속 미러로 구현될 수 있다. 커브드 미러는 시료로부터 방출되는 광자를 포집 및 반사할 수 있다. 이때, 커브드 미러는 시료를 감싸도록 배치됨으로써, 시료로부터 방출되는 광자를 평행광으로 변환시키고, 상기 평행광으로 변환된 광자는 진공 챔버 벽면에 존재하는 창(window)을 통해 집광용 렌즈로 보내질 수 있다.

[0038] 상기 평행광으로 변환된 광자는 집광용 렌즈를 통과함에 따라 굴절되어 한 점(초점)으로 집광될 수 있다. 본 발명의 실시예에서 상기 집광용 렌즈는 플라노 볼록 렌즈(Plano-Convex lens)일 수 있다.

[0039] 상기 플라노 볼록 렌즈는 일면은 평평하고, 타면은 볼록하게 생긴 렌즈로서, 렌즈의 만곡률이 크면 클수록 초점 거리는 짧아진다. 본 발명의 실시예에서 상기 플라노 볼록 렌즈의 초점 거리는 약 75 mm일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 플라노 볼록 렌즈의 만곡률, 혹은 초점 거리는 상기 장치의 크기에 따라 적절히 선택할 수 있다.

[0040] 상기 만곡률이 클수록 보다 짧은 거리에서 초점이 맺히기 때문에 보다 작은 크기의 장치에서도 높은 집광 효율을 나타낼 수 있다. 하지만, 상기 만곡률이 너무 크게 되면(렌즈가 너무 두꺼워지면) 제작이 어려움, 내구성 저하, 투사되는 빛의 양 감소 등의 문제가 발생할 수 있다.

[0041] 여기서 상기 미러 필터는 상기 집광용 렌즈에 나란하게 배열되며 상기 집광된 광자를 수광하여 1차 필터링하는 제1 미러 필터; 및 상기 제1 미러 필터로부터 이격하여 평행하도록 배치되며 상기 1차 필터링된 광자를 수광하여 2차 필터링하는 제2 미러 필터;를 포함할 수 있다.

[0042] 상기 미러 필터는 상기 커브드 미러를 이용하여 집중시킨 빛에 대해 검출하고자 하는 파장의 빛만 반사시킴으로써, 시료에서 방출된 광자 이외의 외부 광자에 대해 필터링할 수 있다.

[0043] 또한, 상기 제1 미러 필터 및 상기 제2 미러 필터는 서로 평행하도록 배열됨에 따라, 상기 제2 미러 필터의 수광 효율을 증대시키는 효과를 기대할 수 있다. 나아가, 상기 제2 미러 필터를 통해 2차 필터링된 광자가 검출기로 입사되는 효율 역시 증대시키는 효과를 기대할 수 있다.

[0044] 상기 제1 미러 필터 및 제2 미러 필터는 예컨대, 엑시머 레이저 미러일 수 있다. 상기 엑시머 레이저란 기체(KrF, ArF, F₂, XeCl 등)를 매질로 하는 고출력의 자외선 레이저로서, 펄스광이며, 5 내지 200W 정도의 파워를 출력하고, 주로 화학반응 프로세스나 의료분야에서 사용된다. 상기 엑시머 레이저 미러는 상술한 각 엑시머 레이저의 고유 파장을 반사하는 미러를 일컫는다.

[0045] 상기 제1 미러 필터 및 상기 제2 미러 필터는 서로 동일한 엑시머 레이저 미러를 사용할 수도 있고, 서로 다른 엑시머 레이저 미러를 사용해도 무방하며, 검출하고자 하는 광자의 파장에 따라 적절히 선택할 수 있다. 상기 미러 필터로 사용 가능한 엑시머 레이저 미러로는 예컨대, KrF 엑시머 레이저 미러(이하 "KrF 미러 필터"라 함), ArF 엑시머 레이저 미러(이하 "ArF 미러 필터"라 함), F₂ 엑시머 레이저 미러(이하, "F₂ 미러 필터"라 함), XeCl 엑시머 레이저 미러(이하 "XeCl 미러 필터"라 함) 등일 수 있으며, 필요에 따라 임의의 특정 파장만 반사

하는 미러를 제작하여 사용할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 상기 미러 필터로 250 nm의 파장에서 100%에 가까운 반사율을 가지는 KrF 미러 필터를 사용하였다.

[0046] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치를 이용한 미광 조건에서의 역광전자 분광 스펙트럼이다. 보다 구체적으로 도 4a는 미러 필터로 UV 강화 알루미늄을 사용했을 때의 역광전자 분광 스펙트럼을 나타내고, 도 4b는 미러 필터로 KrF 미러 필터를 사용했을 때의 역광전자 분광 스펙트럼을 나타낸다.

[0047] 도 4에서는 전자빔의 렌즈는 큰 채 필라멘트에만 전류를 흘려줌에 따라, 필라멘트가 가열되면서 발생한 미광을 검출하는 것으로 미광 조건을 달성하였다. 이러한 미광 조건은 시료에 조사되는 전자도 없으며, 역광전 효과도 발생하지 않는다.

[0048] 도 4a를 참조하면, 미러 필터로 UV 강화 알루미늄을 사용하였을 때, 미광이 필터링되지 않아 CPS가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이에 반해, 도 4b를 참조하면 미러 필터로서 KrF 미러 필터를 사용하였을 때 챔버 내부에 추가 빛이 발생하여도 미광 조건에서의 CPS와 다크 카운트에서의 CPS의 차이가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 나아가 미광이 전부 차단되어 외부에서 유입되는 빛의 영향은 없어지고 검출기 내부에서 발생하는 다크 카운트만 측정되는 것을 확인할 수 있다. 이는 즉, 본 발명의 역광전자 분광장치는 성공적으로 시료에서 방출되는 광자 이외의 외부 광자(미광)를 차단하는 것을 시사한다.

[0049] 또한, 미러 필터 유무에 따른 노이즈 제거 효과를 평가하기 위하여 C60 10nm를 실버 시트 위에 증착하여 이를 같은 횟수로 측정하고, 평균을 비교한 결과를 도 5에 나타내었다.

[0050] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치를 이용한 역광전자 분광 스펙트럼이다. 보다 구체적으로 도 5a는 미러 필터 유무에 따른 역광전자 분광 스펙트럼이고, 도 5b는 2 내지 -1 eV의 결합 에너지 범위에서의 역광전자 분광 스펙트럼을 확대한 그래프이다.

[0051] 결합에너지가 0 eV보다 높은 영역(결합 에너지 2 ~ 0 eV)은 역광전자 분광법으로 측정되지 않는 영역으로서 노이즈를 나타낸다.

[0052] 도 5a를 참조하면, 미러 필터 유무의 관계없이 역광전자 분광 장치는 전체 스펙트럼의 형태로서 C60의 스펙트럼이 정상 측정되고 있음을 확인할 수 있다. 한편, 도 5b를 참조하면, 미러 필터가 없을 때, 결합 에너지 2 ~ 0 eV 영역에서의 CPS는 약 46 CPS를 나타내는 것에 반해, 상기 미러 필터로 KrF 미러 필터를 사용했을 때의 CPS는 약 20 CPS를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 즉 본 발명의 역광전자 분광 장치는 미러 필터를 포함하지 않은 장치에 비해 노이즈 레벨이 26 이상 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0053] 즉, 도 4 및 도 5에 나타난 결과에 따라, 본 발명의 역광전자 분광 장치는 미러 필터를 포함함에 따라, 외부 광자 등의 노이즈를 제거하여 광자를 보다 높은 효율로 검출할 수 있다.

[0054] 상기 검출기는 어느 특정된 검출기 형태로 한정되는 것은 아니다. 광자를 검출하는데 용이한 형태라면 그 어떠한 것이어도 무방하다. 본 발명의 실시예에 있어서 상기 검출기는 광전 증폭관 타입일 수 있으며, 상기 미러 필터에 의해 필터링된 광자를 검출할 수 있다. 광전 증폭관(PMT, photomultiplier tube)은 필터링된 광자를 증폭시킬 수 있다.

[0055] 이러한 광전 증폭관은 진공 상태에서 사용하기 용이하며, 특정 파장의 낮은 에너지를 가진 광자의 증폭에 민감(sensitivity)하다. 즉, 광전 증폭관은 필터를 통해 입사되는 광 입자에 따라 불규칙하게 변화하는 신호를 계수관(photon counter)를 통해 일정한 주기, 일정한 세기의 아날로그 신호로 변환시킬 수 있다.

[0056] 또한 본 발명의 역광전자 분광 장치는 상술한대로 상기 집광용 렌즈, 미러 필터 및 검출기가 진공 챔버 외부에 위치함에 따라, 진공 챔버 외부에 간단히 설치하는 것을 통해 초고진공 장비를 이용하는 등의 다양한 현상에서의 이용이 용이할 수 있다.

[0058] <역광전자 분광 방법>

[0059] 또한 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로 커브드 미러를 관통하여 시료에 전자를 조사하는 단계; 상기 전자가 조사된 상기 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계; 상기 반사된 광자를 집광용 렌즈로 집광하는 단계; 상기 집광된 광자를 미러 필터로 필터링하는 단계; 및 상기 필터링된 광자를 검출기로 검출하는 단계;를 포함하는, 역광전자 분광 방법을 개시한다.

- [0060] 상기 시료에 전자를 조사하는 단계는 앞서 설명한 대로, 유기 물질에 가능한 적게 영향을 주며 고해상도의 저에너지 전자를 전자빔을 통해 조사할 수 있다. 또한 시료에 조사되는 전자는 상기 전자빔에 포함된 초점렌즈(미도시)를 통해 초점이 조절된 전자일 수 있다. 상기 초점렌즈는 $-0.9 V_0$ 보다 낮은 전자를 차단함으로써 전자의 에너지 관점에서 필터 역할을 수행할 수 있다.
- [0061] 상기 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계에서 상기 커브드 미러는 상술한대로 광자의 포집 능력을 증가시키기 위하여 곡면 형상으로 형성된 반사면을 포함할 수 있다. 상기 전자가 조사된 시료가 방출하는 광자는 커브드 미러의 반사면에 포집될 수 있고, 상기 커브드 미러는 이를 반사시켜 평행광 형태로 변환할 수 있다.
- [0062] 상기 평행광 형태로 변환된 광자는 집광용 렌즈를 통과하면서 집광될 수 있다.
- [0063] 이렇게 집광된 광자는 미러 필터를 거치면서 노이즈가 제거될 수 있다. 상기 필터링하는 단계는 상기 집광된 광자를 제1 미러 필터로 1차 필터링하는 단계; 및 상기 1차 필터링된 광자를 제2 미러 필터로 2차 필터링하는 단계;를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 설명하자면, 상기 집광용 렌즈를 통해 집광된 광자는 상기 집광용 렌즈에 나란하게 배열된 제1 미러 필터에 도달할 수 있다. 상기 광자는 제1 미러 필터에 반사되면서 외부 광자가 1차 필터링될 수 있다. 상기 1차 필터링된 광자 즉, 상기 제1 미러 필터에서 반사된 광자는 상기 제1 미러 필터로부터 이격하여 평행하도록 배치되는 제2 미러 필터에 도달할 수 있다. 상기 1차 필터링된 광자는 상기 제2 미러 필터에 반사되면서 외부 광자가 2차 필터링될 수 있다. 상기 2차 필터링된 광자 즉, 상기 제2 미러 필터에서 반사된 광자는 최종 검출기를 통해 검출될 수 있다.
- [0064] 상술한대로, 또한, 상기 제1 미러 필터 및 상기 제2 미러 필터는 서로 평행하도록 배열됨에 따라, 상기 제2 미러 필터의 수광 효율을 증대시키는 효과를 기대할 수 있다. 나아가, 상기 제2 미러 필터를 통해 2차 필터링된 광자가 검출기로 입사되는 효율 역시 증대시키는 효과를 기대할 수 있다.
- [0065] 본 발명의 역광전자 분광 장치는 미러 필터를 통해 노이즈를 감소함에 따라, 높은 해상도를 나타낼 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명의 역광전자 분광 장치는 현장에서 사용되는 다양한 형태의 초고진공 챔버 등에 맞추어 제작하기에 용이할 수 있다.
- [0067] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다.
- [0068] 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

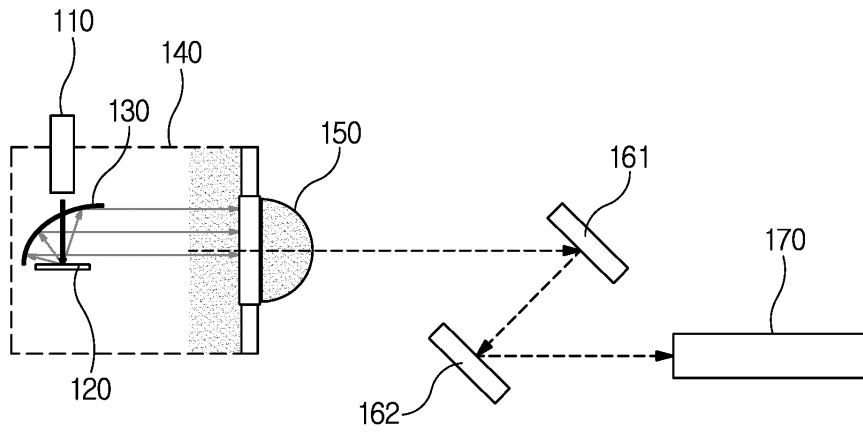
부호의 설명

- [0069] 100 역광전자 분광 장치
- 110 전자빔
- 120 지지대
- 130 커브드 미러
- 140 진공 챔버
- 150 집광용 렌즈
- 161 제1 미러 필터
- 162 제2 미러 필터
- 170 검출기

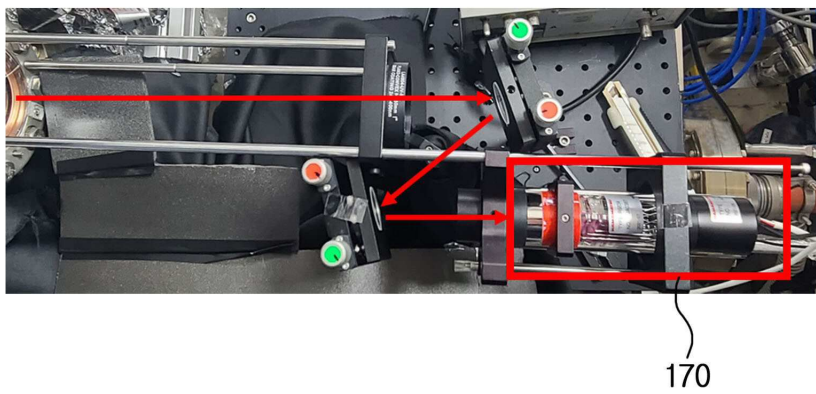
도면

도면1

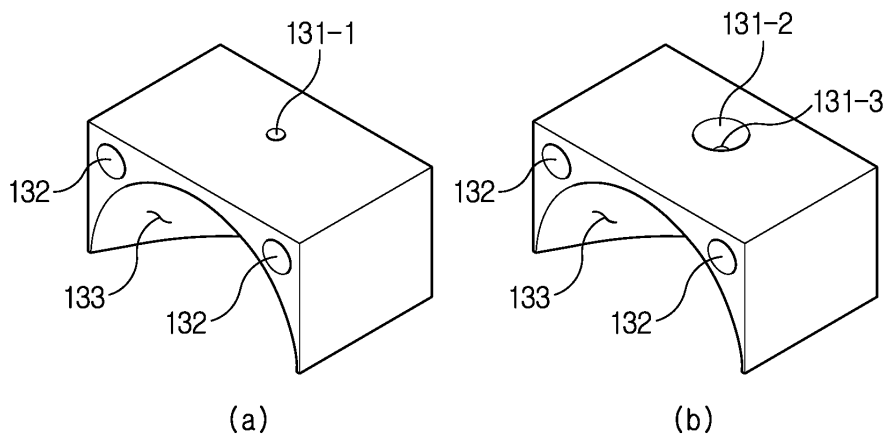
100



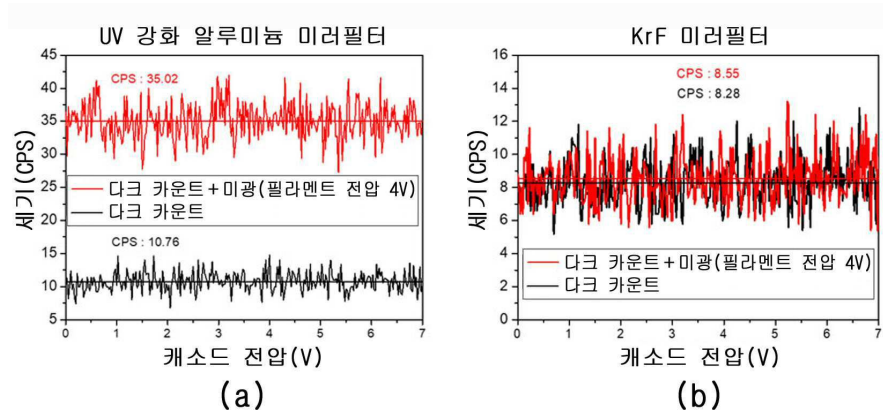
도면2



도면3



도면4



도면5

