



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0089727
(43) 공개일자 2025년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/2273 (2018.01) G01J 1/44 (2006.01)
G01N 23/2204 (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01N 23/2273 (2013.01)
G01N 23/2204 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0179334
(22) 출원일자 2023년12월12일
심사청구일자 2023년12월12일

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

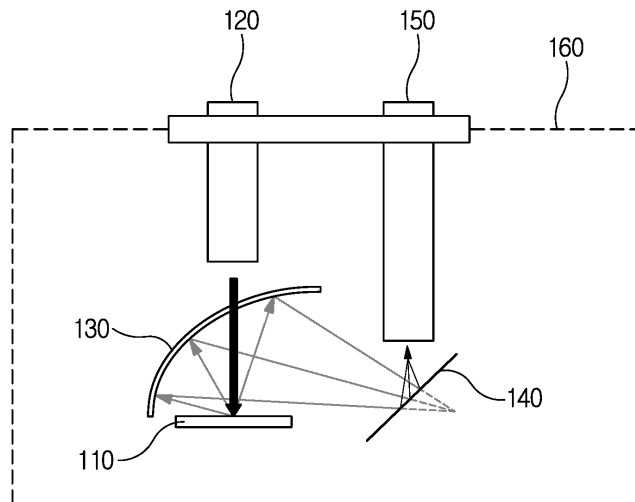
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 역광전자 분광 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 시료를 지지하는 지지대; 상기 시료로 전자를 조사하는 전자총; 상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러; 상기 커브드 미러로부터 반사되는 광자를 수광하여 반사시키는 반사 미러; 및 상기 반사된 광자를 검출하는 검출기;를 포함하고, 상기 지지대, 상기 전자총, 상기 커브드 미러, 상기 반사 미러 및 상기 검출기는 단일의 진공 챔버 내에 마련되는, 역광전자 분광 장치 및 방법에 대하여 개시한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01J 2001/442 (2013.01)
G01N 2223/052 (2013.01)
G01N 2223/085 (2013.01)
G01N 2223/316 (2013.01)

유현준

서울특별시 은평구 백련산로 36, 302동 801호 (응암동, 백련산 힐스테이트)

(72) 발명자

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 전자총;

상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러;

상기 커브드 미러로부터 반사되는 광자를 수광하여 반사시키는 반사 미러; 및

상기 반사된 광자를 검출하는 검출기;를 포함하고,

상기 지지대, 상기 전자총, 상기 커브드 미러, 상기 반사 미러 및 상기 검출기는 단일의 진공 챔버 내에 마련되는, 역광전자 분광 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 커브드 미러는 상기 시료로부터 방출되는 광자를 반사시켜 초점으로 집광하는, 역광전자 분광 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 반사 미러는 상기 커브드 미러로부터 이격하여 나란하게 배열되며, 상기 커브드 미러로부터 반사된 광자를 상기 검출기로 입사되도록 반사시키는, 역광전자 분광 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 검출기는 상기 전자총에 일정한 간격으로 이격되어 평행하게 배열되는, 역광전자 분광 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 커브드 미러는 시료에 조사되는 전자가 관통되는 관통구; 및

상기 시료를 감싸도록 곡면으로 형성되어, 상기 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 상기 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계;

상기 반사된 광자를 반사 미러로 반사시키는 단계; 및

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

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 역광전자 분광 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 광학계가 단일 챔버에 모두 마련되는 역광전자 분광 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 유기발광 다이오드(organic light emitting diode, OLED), 유기 태양전지(organic photovoltaics, OPVs) 및 트랜지스터(organic thin film transistor, OTFT)등 유기물을 사용한 다양한 연구개발이 진행되고 산업계의 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 유기물의 에너지 준위를 규명하여 구동하는 소자의 내부에서 전자와 정공의 전송방식 및 서로 다른 유기물 사이 에너지 장벽 등 소자의 구동에 영향을 주는 요인들에 대한 이해가 중요해지고 있다. 많은 연구자들이 주로 측정하는 에너지 준위는 단일 물질을 사용하여 측정하는 광학 밴드갭이다. 하지만 실제 소자에서는 전자와 정공이 결합하는 엑시톤(exciton)이 형성되고 소자를 구성하는 다른 물질에서 전송되어 이동하는 전자와 정공에 의한 에너지 구조 변화도 동반하게 된다. 이러한 물질 내외부의 영향이 결합된 후 실제 전자와 정공의 전송이 이루어지는 상황에서 밴드갭을 전송 밴드갭이라고 한다.

[0003] 외부의 영향이 없이 단일 측정을 하는 광학 밴드갭과 실제 소자 내에서 동작하는 물질의 전송 밴드갭은 차이가 발생하게 되며, 전자 정공의 흐름을 제어하는 것이 중요한 반도체에서 전송 밴드갭의 정확한 측정 및 분석은 매우 핵심적인 역할을 하게 된다. 전송 밴드갭에서 찬 에너지 준위(highest occupied molecular orbital, HOMO)의 측정은 자외선을 주입하여 발생하는 광전효과로 방출된 광전자를 측정하는 광전자분광법(photoemission spectroscopy, PES)으로 측정할 수 있다.

[0004] 빈 에너지 준위(lowest unoccupied molecular orbital, LUMO)를 측정하는 분석법은 역광전자 분광장치(inverse photoemission spectroscopy, IPES)가 있다. PES의 역순으로 진행되는 IPES는 운동에너지가 잘 정의된 전자를 주입하여 전자가 안정화되며 방출하는 광자를 측정하여 에너지 준위를 분석하게 된다. PES와 달리 역광전자 분광장치는 전자를 주입하여 광자를 방출하는 과정의 수율이 낮기 때문에 타 분석장비에 비해 약한 신호세기를 얻어내게 된다.

[0005] 이에 따라 고성능의 광자 검출기 및 고해상도 전자총을 사용하는 노력이 있었으나 PES 및 다른 물질의 특성 측정기술들에 비해 긴 측정 시간과 낮은 신호 강도가 IPES 기술의 상용화에 걸림돌이 되어 왔다.

[0006] 더불어, 낮은 수율을 높이기 위해 종래의 IPES 기술에서는 시료에 검출기를 최대한 가까이 배치하거나 여러 개의 검출기를 동시에 사용하여 측정한 값을 더해 주는 것이 일반적이다. 하지만 광자가 시료의 표면에서 방사형으로 방출되기 때문에 포집하지 못하고 버려지는 광자가 대부분이었다. 상술한 문제들을 개선하기 위하여, 여러 부품을 추가하는 노력이 있었으나, 챔버 내/외부에 분석장치가 차지하는 공간이 크며, 각각 부품들의 조정이 힘든 문제점이 발생했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 구조의 단순화를 통해 사용성을 증대시키고, 광경로의 단축을 통해 광자 검출 성능이 개선된 역광전자 분광 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로, 본 발명은 시료를 지지하는 지지대; 상기 시료로 전자를 조사하는 전자

층; 상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러; 상기 커브드 미러로부터 반사되는 광자를 수광하여 반사시키는 반사 미러; 및 상기 반사된 광자를 검출하는 검출기;를 포함하고, 상기 지지대, 상기 전자총, 상기 커브드 미러, 상기 반사 미러 및 상기 검출기는 단일의 진공 챔버 내에 마련되는, 역광전자 분광 장치를 개시한다.

[0009] 여기서 상기 커브드 미러는 상기 시료로부터 방출되는 광자를 반사시켜 초점으로 집광할 수 있다.

[0010] 여기서 상기 반사 미러는 상기 커브드 미러로부터 이격하여 나란하게 배열되며, 상기 커브드 미러로부터 반사된 광자를 상기 검출기로 입사되도록 반사시킬 수 있다.

[0011] 여기서 상기 검출기는 상기 전자총에 일정한 간격으로 이격되어 평행하게 배열될 수 있다.

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

[0013] 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 미러를관통하여 시료에 전자를 조사하는 단계; 상기 전자가 조사된 상기 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계; 상기 반사된 광자를 반사 미러로 반사시키는 단계; 및 상기 반사된 광자를 검출기로 검출하는 단계;를 포함하는, 역광전자 분광 방법을 개시한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 역광전자 분광 장치는 단일 진공 챔버 내부에 광학계가 구성됨에 따라 광경로를 최소화할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 역광전자 분광 장치는 광자에 대한 공기 중에서의 간섭을 줄이고, 외부 환경에 노출되는 정도를 감소시켜 분광 성능을 향상시킬 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 역광전자 분광 장치는 단일 진공 챔버에 집적화가 가능함에 따라 사용자에게 대한 편의성을 확보할 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 커브드 미러를 나타내는 예시도이다.

도 3은 본 발명의 역광전자 분광 장치에서의 광경로를 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 역광전자 분광 장치에서의 광경로를 시뮬레이션한 결과를 나타내는 이미지이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반사 미러 및 검출기에서의 광량을 나타내는 이미지이다.

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 부분에게까지 미친다.
- [0024] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.
- [0025] <역광전자 분광 장치>
- [0026] 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로, 본 발명은 전자가 조사된 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러를 통해 반사시키고, 상기 반사된 광자를 반사 미러를 통해 다시 반사시켜 검출기에 이르게 함으로써, 단일의 진공 챔버 내에 광학계가 집적화된 역광전자 분광 장치를 개시한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 역광전자 분광 장치를 나타내는 예시도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 역광전자 분광 장치는 시료를 지지하는 지지대(110); 상기 시료로 전자를 조사하는 전자총(120); 상기 시료의 상단에 배치되고, 상기 시료로부터 방출되는 광자를 포집하여 반사시키는 커브드 미러(130); 상기 커브드 미러(130)로부터 반사되는 광자를 수광하여 반사시키는 반사 미러(140); 및 상기 반사된 광자를 검출하는 검출기(150);를 포함하는 것을 확인할 수 있다. 나아가 상기 지지대(110), 상기 전자총(120), 상기 커브드 미러(130), 상기 반사 미러(140) 및 상기 검출기(150)는 단일의 진공 챔버(160) 내에 마련되는 것을 확인할 수 있다.
- [0028] 여기서 상기 전자총(120)은 유기 물질에 가능한 적게 영향을 주며 고해상도의 저에너지 전자를 입사할 수 있다. 이러한 전자총(120)은 렌즈의 구성이 간단하면서 높은 빔 전류를 얻을 수 있는 전자총으로 구현될 수 있다. 즉, 전자총(120)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 고유 전압을 유지할 수 있는 구조일 수 있다. 여기서, 스페이서는 절연체로 세라믹스로 구현될 수 있다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 커브드 미러를 나타내는 예시도이다. 도 2를 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.
- [0030] 또한, 본 발명에서의 커브드 미러는 상기 전자가 입사되는 면의 직경이 상기 반사면의 직경보다 같거나 클 수 있다. 도 2a에서의 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 2b에서의 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 2b에서의 커브드 미러의 관통구(131)는 전자가 입사되는 면의 관통 직경에서 출사되는 면의 관통 직경으로 점차 좁아지는 형상일 수 있다.
- [0031] 도 2에서 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.
- [0032] 한편, 관통구의 직경은 다양하게 설계될 수 있다. 즉, 전자총에서 발사되는 전자빔의 직경의 크기에 따라 관통구의 직경 및 커브드 미러의 크기가 조절될 수 있다.
- [0033] 상기 반사면은 시료로부터 방출되는 광자의 포집 능력을 증가시키기 위한 곡면 형상으로 형성될 수 있다. 나아가, 반사면은 최적화된 초점거리 및 상기 시료로부터 방출되는 광자의 방출 궤적을 고려하여 형성되되, 타원(elliptical) 형상, 반구(hemisphere) 형상, 포물선(parabolic) 형상 및 자유 곡면 형상 중 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 커브드 미러의 형상은 $a=50$, $b=30$ 의 1/4 타원 형상일 수 있다. 여기서 상기 a 는 타원의 가로 길이, 상기 b 는 타원의 세로 길이이다.
- [0034] 상기 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 초점을 향해 집광되도록 반사시킬 수 있다. 또한, 상기 커브드 미러가 상기 광자를 초점을 향해 집광함에 따라, 후술하는 반사 미러에서의 반사 효율 및 검출기에서의 검출 효율을 증대시키는 효과를 기대할 수 있

다.

- [0035] 상기 초점을 향해 집광된 광자는 상기 커브드 미러로부터 이격하여 나란하게 배열된 반사 미러를 통해 반사될 수 있다. 상기 반사 미러는 상기 커브드 미러로부터 이격하여 나란하게 배열되며, 상기 커브드 미러로부터 반사된 광자를 상기 검출기로 입사되도록 반사시킬 수 있다.
- [0036] 상기 반사 미러는 상술한 커브드 미러와 동일하게 자외선(UV) 및 진공 자외선(vacuum UV) 파장에서 우수한 반사율을 가지는 물질(예로, 베어 알루미늄 금속)로 구현될 수 있다.
- [0037] 도 3 내지 4에서 상기 반사 미러는 모두 평면(plane) 형태로 구현했으나, 상기 반사 미러의 형태에 제한이 있는 것은 아니다. 상기 반사 미러의 형태는 상기 커브드 미러로부터 반사된 광자의 검출기로 집광되는 효율을 높이기 위하여 적절히 선택될 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 반사 미러의 반사면은 최적화된 초점거리 및 상기 커브드 미러로부터 반사되는 광자의 반사 궤적을 고려하여 형성되되, 평면(plane) 형상, 타원(elliptical) 형상, 반구(hemisphere) 형상, 포물선(parabolic) 형상 및 자유 곡면 형상 중 어느 하나의 형상으로 형성될 수 있다.
- [0038] 한편, 상기 반사 미러는 미러 필터의 기능을 수행할 수도 있다. 상기 미러 필터란 검출하고자 하는 광자는 반사하고, 노이즈로 작용되는 외부 광자는 필터링하는 기능을 수행하는 미러를 의미한다. 상기 반사 미러를 미러 필터로서 이용하기 위하여, 상기 반사 미러는 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.
- [0039] 상기 반사 미러로 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 반사하는 미러를 제작하여 사용하는 것도 가능하다.
- [0040] 본 발명에 있어서, 상기 검출기는 상기 광학계(지지대, 전자총, 커브드 미러 및 반사 미러를 포함)와 동일한 챔버 내에 포함되어 있으면 무방하며, 어느 한 특정한 위치로 한정되는 것은 아니다. 일례로 상기 검출기는 상기 반사 미러로 반사된 광자를 검출하기 위하여, 상기 검출기는 상기 전자총에 일정한 간격으로 이격되어 평행하게 배열될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전자총과 상기 검출기는, 장치의 소형화를 위하여, 동일한 축(axis) 상에 평행하게 배열될 수 있다.
- [0041] 상기 검출기가 상술한 바대로 배열됨에 따라, 본 발명의 역광전자 분광 장치에서의 광학계는 단일 진공 챔버 내에 모두 마련될 수 있다. 이렇게 단일 진공 챔버 내에 광학계가 모두 마련됨에 따라, 장치의 소형화를 꾀할 수 있으며, 나아가 시료로부터 방출된 광자가 검출기에 이르기까지의 광경로를 단축시켜, 외부 변수를 효과적으로 차단시킬 수 있다.
- [0042] 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 반사 미러에 의해 반사된 광자를 검출할 수 있다. 광전 증폭관(PMT, photomultiplier tube)은 입사된 광자를 증폭시킬 수 있다.
- [0043] 이러한 광전 증폭관은 진공 상태에서 사용하기 용이하며, 특정 파장의 낮은 에너지를 가진 광자의 증폭에 민감(sensitivity)하다. 즉, 광전 증폭관은 반사 미러로부터 반사되는 광 입자에 따라 불규칙하게 변화하는 신호를 계수관(photon counter)를 통해 일정한 주기, 일정한 세기의 아날로그 신호로 변환시킬 수 있다.
- [0044] 도 3은 본 발명의 역광전자 분광 장치에서의 광경로를 나타내는 그래프이다. 보다 구체적으로, 도 3에서 F1 (0, 0) 지점은 시료로부터 방출되는 광자의 시점(start point)을 나타내고, F2 (80, 0) 지점은 상기 방출된 광자가 커브드 미러를 통해 반사된 후 집광되는 초점(focal point)을 나타낸다.
- [0045] 도 3을 참조하면, 본 발명의 역광전자 분광장치는 a=50, b=30 크기로 설계된 커브드 미러를 이용함에 따라, F1 지점에서 방출된 광자가 F2 지점으로 집광되는 것을 확인할 수 있다.
- [0046] 또한 이렇게 집광되는 광자의 경로 중간에 상기 커브드 미러와 나란하도록 반사 미러를 배열시킴으로써, 상기 커브드 미러에 의해 반사된 광자를 반사시킬 수 있고, 상기 반사된 광자의 경로 상에 검출기를 설치함으로써, 광경로를 단축할 수 있음과 동시에 상기 광자의 검출 효율이 증대되는 효과를 기대할 수 있다.

- [0047] 도 4는 본 발명의 역광전지 분광 장치에서의 광경로를 시뮬레이션한 결과를 나타내는 이미지이다. 보다 구체적으로, 파란 실선은 시료로부터 방출되는 광자의 경로를 나타내고, 초록 실선은 커브드 미러에 반사된 광자의 경로를 나타내고, 빨간 실선은 반사 미러에 반사된 광자의 경로를 나타낸다.
- [0048] 도 4를 참조하면, 상기 광자는 상기 시료로부터 방출되는 광자를 반사시킬 때 초점으로 집광될 수 있도록 설계된 커브드 미러를 통해, 광자의 손실을 줄이면서, 반사 미러에 도달하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 상기 커브드 미러를 통해 반사된 광자는 평행광 형태가 아닌 초점을 향해 집중되는 형태로 반사될 수 있다. 이 때문에, 상기 광자의 경로 상에 반사 미러를 설치함에 따라, 광자의 손실을 최소화할 수 있음과 동시에, 검출기에 도달하기까지의 광경로를 감소시켜, 검출 효율을 증대시키는 효과를 기대할 수 있다.
- [0049] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반사 미러 및 검출기에서의 광량을 나타내는 이미지이다. 보다 구체적으로, 도 5a는 반사 미러에 입사된 광량을 나타내고, 도 5b는 검출기에 입사된 광량을 나타낸다. 참고적으로 커브드 미러에서의 포집된 광량은 93.1 %이다.
- [0050] 도 5를 참조하면, 본 발명의 역광전지 분광 장치에 있어서, 상기 시료로부터 방출된 광자는 상기 커브드 미러는 약 93.1%의 집광 효율을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한 상기 커브드 미러에서 반사된 광자는 약 93.0%의 광량으로 상기 반사 미러로 입사되는 것을 확인할 수 있으며, 상기 반사 미러에서 반사된 광자는 약 92.7%의 광량으로 검출기로 입사되는 것을 확인할 수 있다.
- [0051] 즉, 본 발명의 역광전지 분광 장치에 따르면, 상기 커브드 미러에 의해 집광된 광자는 손실이 거의 없는 상태로 반사 미러로 입사될 수 있으며, 상기 반사 미러에 의해 반사된 광자 역시 손실이 최소화된 상태로 최종 검출기에 도달할 수 있다. 이렇게 본 발명의 역광전지 분광 장치는 광자의 손실을 최소화할 수 있음에 따라, 상기 검출기의 광자의 검출 효율을 증대시키는 효과를 나타낼 수 있다.
- [0053] <역광전지 분광 방법>
- [0054] 또한, 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로, 역광전지 분광 방법을 개시한다.
- [0055] 본 발명의 역광전지 분광 방법은 커브드 미러를 관통하여 시료에 전자를 조사하는 단계; 상기 전자가 조사된 상기 시료로부터 방출되는 광자를 커브드 미러로 포집하여 반사시키는 단계; 상기 반사된 광자를 반사 미러로 반사시키는 단계; 및 상기 반사된 광자를 검출기로 검출하는 단계;를 포함한다.
- [0056] 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.
- [0057] 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 상기 광자가 초점을 향해 집광되도록 상기 광자를 반사시킬 수 있다.
- [0058] 상기 반사된 광자를 반사 미러로 반사시키는 단계;에서 상기 반사 미러는 상술한 대로, 상기 커브드 미러로부터 반사된 광자의 경로 중에 설치되어 상기 반사된 광자를 반사시킬 수 있다.
- [0059] 상기 반사 미러를 통해 반사된 광자는 검출기에 도달하여 최종 검출될 수 있다.
- [0060] 본 발명의 역광전지 분광 장치는 단일 진공 챔버 내부에 광학계가 구성됨에 따라 광경로를 최소화할 수 있다.
- [0061] 또한, 본 발명의 역광전지 분광 장치는 광자에 대한 공기 중에서의 간섭을 줄이고, 외부 환경에 노출되는 정도를 감소시켜 분광 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0062] 또한, 본 발명의 역광전지 분광 장치는 단일 진공 챔버에 집적화가 가능함에 따라 사용자에게 편의성을 확보할 수 있다.
- [0063] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가

능할 것이다.

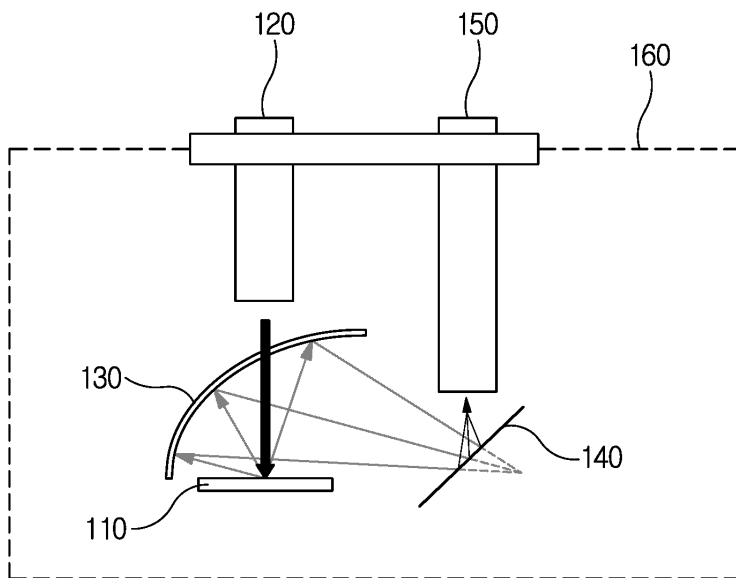
[0064] 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

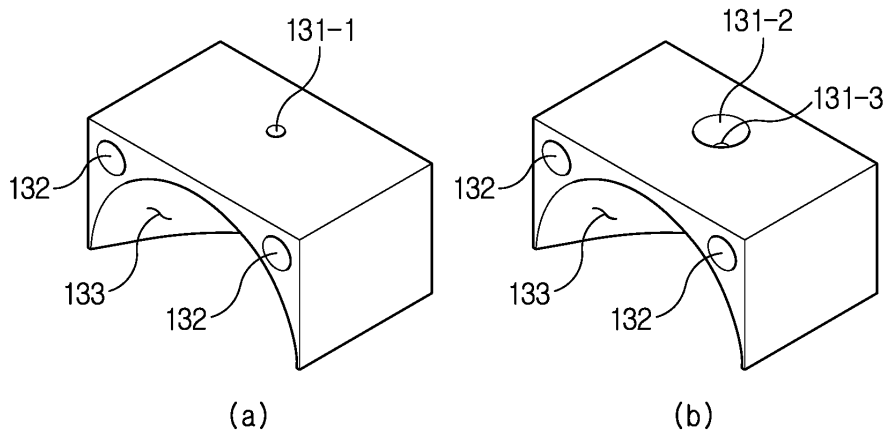
[0065] 110 지지대
120 전자총
130 커브드 미러
140 반사 미러
150 검출기
160 진공 챔버

도면

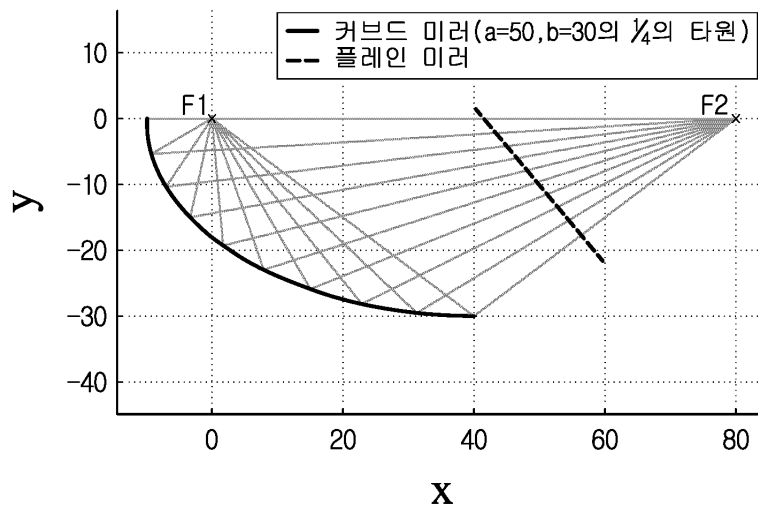
도면1



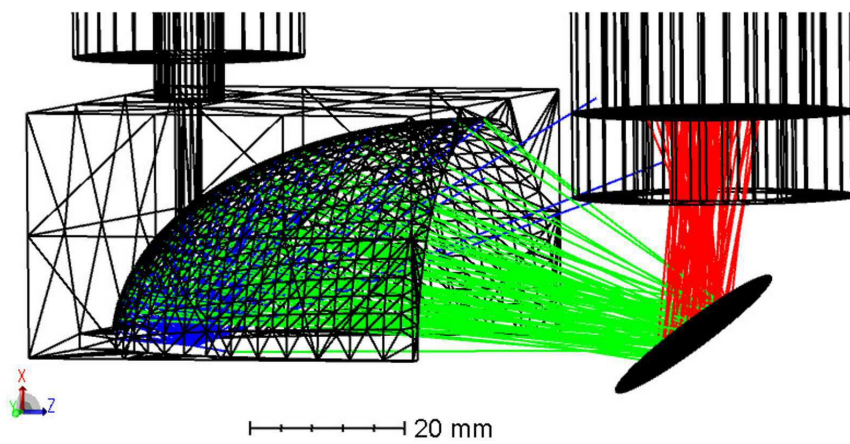
도면2



도면3



도면4



도면5

