



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년04월19일
(11) 등록번호 10-1135137
(24) 등록일자 2012년04월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 1/18 (2006.01) G01J 1/16 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0041452
(22) 출원일자 2010년05월03일
심사청구일자 2010년05월03일
(65) 공개번호 10-2011-0121933
(43) 공개일자 2011년11월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090113537 A
KR1020050090285 A
US20070108484 A
US20010034116 A1

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김준동
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
한창수
대전 유성구 반석동 양지마을 에미지아파트 509동 602호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 광 검출 장치

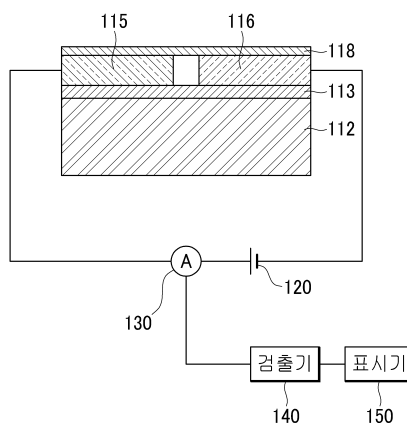
(57) 요약

본 발명에 따른 광 검출 장치는 특정 광의 파장을 용이하게 검출할 수 있도록, 판 형상의 기관과, 상기 기관 상에 설치된 제1 금속전극과, 상기 제1 전극과 이격 배치된 제2 금속전극과 상기 제1 전극과 쇼트키 접합되며, 상기 제2 전극과 오믹 접합된 나노 감응체와 상기 전극과 전기적으로 연결되며 바이어스 전압을 인가하는 전원, 및 상기 전극과 전기적으로 연결된 전류계를 포함하며, 상기 제1 금속전극의 일함수와 상기 나노 감응체의 일함수의 차이인 장벽 전위를 Φ_{di} , 광의 조사로 인한 장벽 감소 전위를 V_{re} , 상기 바이어스 전압을 V_b 라 할 때, 상기 순방향 전압은 하기의 [식 1]을 만족한다.

[식 1]

$$V_{re} \leq V_b \leq \Phi_{di} - V_{re}$$

대표도 - 도1



(72) 발명자

이지혜

대전광역시 유성구 유성대로 1741, 105동 804호 (전민동, 세종아파트)

김창현

대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

김덕중

대전광역시 유성구 유성대로783번길 38, 107동 1903호 (장대동, 월드컵패밀리타운)

정소희

대전광역시 유성구 노은로426번길 15, 송림마을 601동 1802호 (하기동)

장원석

대전광역시 서구 월평선사로 11, 101동 602호 (월평동, 무지개아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NM667A

부처명 교육과학기술부

연구사업명 미래기반기술개발사업

연구과제명 필러층을 이용한 1차원 나노구조체의 병렬 집합기술 개발(1/6)

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2009.06.01~2010.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

판 형상의 기판;

상기 기판 상에 설치된 제1 금속전극;

상기 제1 금속전극과 이격 배치된 제2 금속전극;

상기 제1 금속전극과 쇼트키 접합되며, 상기 제2 금속전극과 오믹 접합된 나노 감응체;

상기 금속전극들과 전기적으로 연결되며 바이어스 전압을 인가하는 전원; 및

상기 금속전극들과 전기적으로 연결된 전류계;

를 포함하며,

상기 제1 금속전극의 일함수와 상기 나노 감응체의 일함수의 차이인 장벽 전위를 Φ_{di} , 광의 조사로 인한 장벽 감소 전위를 V_{re} , 상기 바이어스 전압을 V_b 라 할 때, 상기 바이어스 전압(V_b)은 $V_{re} \leq V_b \leq (\Phi_{di} - V_{re})$ 을 만족하는 광 검출 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 기판 상에는 절연층이 형성되고, 상기 절연층 위에 상기 금속전극들이 형성된 광 검출 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 나노 감응체는 N형(N-type) 반도체로 이루어지고, 상기 장벽 전위는 상기 제1 금속전극의 일함수(Φ_m)에서 상기 나노 감응체의 일함수(Φ_s)를 뺀 값인 광 검출장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 나노 감응체는 P형(P-type) 반도체로 이루어지고, 상기 장벽 전위는 상기 나노 감응체의 일함수(Φ_s)에서 제1 금속전극의 일함수(Φ_m)를 뺀 값인 광 검출장치

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 나노 감응체는 자외선에 반응하는 물질로 이루어진 광 검출 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 나노 감응체는 나노 와이어로 이루어진 광 검출 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 제1 금속전극은 백금으로 이루어지고, 상기 제2 금속전극은 알루미늄으로 이루어지며, 상기 나노 감응체는 ZnO로 이루어진 광 검출 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 검출 장치에 관한 것으로서 보다 상세하게는 나노 크기를 갖는 나노 감응체를 이용하여 특정 파장을 갖는 빛을 검출하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 산업기술의 발달에 따라 국내 및 국외에서 환경오염에 대한 경각심이 지속적으로 높아지고 있으며, 높은 인구밀도와 대도시 중심의 인구집중 및 에너지 사용량의 급증으로 인한 환경오염물질의 배출로 환경오염이 심각한 실정이다.
- [0003] 이에 환경오염 상황을 정확히 판단하기 위하여 환경 영향을 모니터링 하며 제어하는 기술이 필요하게 되었다.
- [0004] 특히 자외선은 인체에 치명적인 피해를 미치는 바, 자외선은 100 - 400 nm 태양빛 스펙트럼으로서, 파장대 별로 UVA (315-400nm), UVB (280 - 315 nm), 및 UVC (100 - 280 nm)로 구분된다. UVA는 전체 자외선의 98 % 를 차지하고 주름살 및 노화를 발생시키고, UVC 는 대부분 오존층에서 흡수되고 지구 표면에서는 무시할 만큼 작은 양이나, 2 % 의 UVB 는 백내장, 피부암, 면역력 저하 등을 일으키므로 치명적인 파장범위이다.
- [0005] 미국의 국립암센터 (National Cancer Institute, NCI) 의 보고에 따르면, 1999년 한 해에만 600,000 건 이상의 피부암이 발생하는 것으로 알려져 있다. NCI 의 2007년 통계에 의하면 피부암의 발생은 전체적으로는 1,000,000 명 이상일 것으로 평가하고 있으며, 2000 명에 달하는 인명사고가 발생하였다고 발표하였다.
- [0006] 건강에 대한 관심이 증대되어, 자외선을 검출할 수 있는 휴대용 자외선 검출기에 대한 수요가 급증하고 있으나, 현재 대부분의 자외선 검출기는 질화갈륨 (GaN) 등의 화합물 반도체 및 벌크 필름 타입 (SiC, TiO₂, GaN, ZnO) 등을 이용한 센서를 보편적으로 사용하고 있다. 그러나 이러한 종래의 자외선 검출기는 주변 기기와의 효율성이 낮은 어려움을 가지고 있으며, 넓은 범위의 빛에 감응하기 위해 가시광 컷필터가 필요하다는 단점이 있다.
- [0007] 또한, 종래의 자외선 검출기는 감응의 반복 재연성이 떨어지고 감도가 저하되는 문제점을 가지고 있다. 또한 대부분의 자외선 검출기는 자외선과 가시광 사이에서 동작하여 선택성이 떨어지는 단점이 있다.
- [0008] 또한, 나노 감응체를 이용하여 광을 검출하는 장치의 경우에는 나노 감응체와 금속 전극이 오믹 접합되어 응답도가 낮고, 전류의 회복 속도가 낮아서 반복 검출이 어려운 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 특정 파장의 빛을 용이하게 검출할 수 있는 광 검출 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 광 검출 장치는 판 형상의 기관과, 상기 기관 상에 설치된 제1 금속전극과, 상기 제1 전극과 이격 배치된 제2 금속전극과 상기 제1 전극과 쇼트키 접합되며, 상기 제2 전극과 오믹 접합된 나노 감응체와 상기 전극과 전기적으로 연결되며 바이어스 전압을 인가하는 전원, 및 상기 전극과 전기적으로 연결된 전류계를 포함하며, 상기 제1 금속전극의 일함수와 상기 나노 감응체의 일함수의 차이인 장벽 전위를 Φ_{di} , 광의 조사로 인한 장벽 감소 전위를 V_{re} , 상기 바이어스 전압을 V_b 라 할 때, 상기 순방향 전압은 하기의 [식 1]을 만족한다.
- [0011] [식 1]
- [0012]
$$V_{re} \leq V_b \leq \Phi_{di} - V_{re}$$
- [0013] 상기 기관 상에는 절연층이 형성되고, 상기 절연층 위에 상기 전극들이 형성될 수 있으며, 상기 나노 감응체는 N형(N-type) 반도체로 이루어지고, 상기 장벽 전위는 제1 금속전극의 일함수(Φ_m)에서 상기 나노 감응체의 일함수(Φ_s)를 뺀 값일 수 있다.
- [0014] 상기 나노 감응체는 P형(P-type) 반도체로 이루어지고, 상기 장벽 전위는 상기 나노 감응체의 일함수(Φ_s)에서 제1 금속전극의 일함수(Φ_m)를 뺀 값일 수 있으며, 상기 나노 감응체는 자외선에 반응하는 물질로 이루어질 수

있다.

[0015] 상기 나노 감응체는 나노 와이어로 이루어질 수 있으며, 상기 제1 전극은 백금으로 이루어지고, 상기 제2 전극은 알루미늄으로 이루어지며, 상기 나노 감응체는 ZnO로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에서는 광 검출 장치는 설정된 바이어스 전압을 인가함으로써 감도가 우수하고 높은 응답속도를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 광 검출 장치를 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 제1 금속전극과 나노 감응체의 에너지 밴드 다이어그램이다.

도 3은 발명의 제1 실시예에 따른 자외선이 입사된 상태에서 제1 금속전극과 나노 감응체의 에너지 밴드 다이어그램이다.

도 4a는 바이어스 전압이 0.4V인 경우와 바이어스 전압이 1.0V인 경우의 응답도를 나타낸 그래프이고, 도 4b는 바이어스 전압이 0.2V인 경우의 응답도를 나타낸 그래프이다.

도 5는 금속전극들과 나노 감응체가 오믹 접합된 광 검출 장치에 1.0V의 바이어스 전압이 인가된 경우의 응답도를 나타낸 그래프이다.

도 6a는 바이어스 전압이 0.4V인 경우의 회복 시간을 나타낸 그래프이고, 도 6b는 바이어스 전압이 0.4V인 경우 회복 시간을 나타낸 그래프이고, 금속전극들과 나노 감응체가 오믹 접합된 광 검출 장치에 1.0V의 바이어스 전압이 인가된 경우의 회복 시간을 나타낸 그래프이며, 도 6c는 바이어스 전압이 1.0V인 경우의 회복 시간을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명에 있어서 나노 감응체라 함은 나노(nano)크기를 갖는 감응체를 말하며, "나노 크기를 갖는다"함은 직경, 두께, 폭, 길이 등 물질을 이루는 어느 한 부분의 크기가 나노 크기로 이루어진 것을 말한다.

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 이하에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.

[0020] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 광 검출 장치를 개략적으로 도시한 구성도이다.

[0021] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 실시예에 따른 광 검출 장치에는 나노 감응체(118)와 나노 감응체(118)와 전기적으로 연결된 제1 금속전극(115)과 나노 감응체(118)와 전기적으로 연결된 제2 금속전극(116), 및 제1 금속전극(115)과 제2 금속전극(116)에 전기적으로 연결된 전원(120), 및 전원(120)과 전기적으로 연결된 전류계(130)를 포함한다.

[0022] 전류계(130)에는 전류계(130)에서 출력된 신호를 바탕으로 파장을 특정하여 입사된 광의 종류를 분석하는 검출기(140)가 연결 설치된다. 또한, 검출기(140)에는 검출기(140)에서 분석된 광의 종류를 표시하는 표시기(150)가 연결 설치된다.

[0023] 본 실시예에 따른 광 검출 장치는 광이 입사할 경우 나노 감응체(118)가 저항의 변화를 일으켜 특정한 파장을 갖는 빛을 검출할 수 있다. 특정한 파장의 빛은 나노 감응체의 종류에 따라 다양하게 설정될 수 있으며, 본 실시예에서는 자외선을 예로 하여 설명한다.

[0024] 나노 감응체(118)는 반도체성을 갖는 나노 크기의 물질로 이루어진다. 본 기재에서 나노 크기를 갖는 물질이라 함은 직경, 두께, 높이 등이 나노 크기를 갖는 것을 말한다. 본 실시예에 따른 나노 감응체(118)는 ZnO 나노 와이어로 이루어진다. 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 나노 감응체(118)는 나노 튜브, 나노 와이어, 양자점, 나노 파티클, 또는 나노 크기의 박막으로 이루어질 수 있다.

- [0025] 제1 금속 전극(115)과 제2 금속 전극(116)은 평판 형태로 이루어진 기판(112) 상에서 이격 배치되는 바, 기판(112) 상에는 절연층(113)이 형성되고, 절연층(113) 상에 제1 금속 전극(115)과 제2 금속 전극(116)이 형성된다.
- [0026] 기판(112)은 광투과성을 갖는 유리 등으로 이루어질 수 있으며, 불투명한 폴리머, 금속 등으로 이루어질 수도 있다. 기판(112)이 광투과성을 갖는 물질로 이루어질 경우에는 기판(112)의 양면으로 입사하는 광을 검출할 수 있다. 또한, 절연층(113)은 전기적으로 절연성을 갖는 폴리머 등으로 이루어질 수 있다. 도 1에는 도시하지 않았지만 나노 감응체(118) 상에는 광투과성을 가지며, 전기적인 절연성을 갖는 절연막이 형성될 수 있다.
- [0027] 제1 금속전극(115)은 나노 감응체(118)와 쇼트키 접합(schottky junction)으로 연결되며, 제2 금속전극(116)은 나노 감응체(118)와 옴릭 접합(ohmic junction)으로 연결된다.
- [0028] 나노 감응체(118)가 N형 반도체로 이루어지면, 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)는 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)보다 더 크고, 제2 금속전극(116)의 일함수는 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)보다 더 작게 형성된다.
- [0029] 한편, 나노 감응체(118)가 P형 반도체로 이루어지면 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)는 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)보다 더 작고, 제2 금속전극(116)의 일함수는 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)보다 더 작게 형성된다.
- [0030] 본 실시예에서는 나노 감응체(118)가 N형 성질을 갖는 ZnO 나노 와이어로 이루어지고, 제1 금속전극(115)은 백금(Pt)으로 이루어지며, 제2 금속전극(116)은 알루미늄(Al)으로 이루어진 것으로 예시한다.
- [0031] 이 때, 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)는 4.1V이고, 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)는 5.3V이며, 제2 금속전극(116)의 일함수는 4.06V이다.
- [0032] 도 2에 도시된 바와 같이 제1 금속전극(115)과 나노 감응체(118)가 접합되면 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)와 나노 감응체(118)의 전자 친화도(X)의 차이만큼 쇼트키 장벽이 형성된다. 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)와 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)의 차이가 장벽 전위(Φ_{di})가 된다. 본 실시예에서는 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)가 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)보다 더 크므로 장벽 전위는 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)에서 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)를 뺀 값이 된다. 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 나노 감응체(118)가 P형 반도체로 이루어질 경우에는 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)가 나노 감응체(118)의 일함수보다 더 작으므로 장벽 전위(Φ_{di})는 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)에서 제1 금속전극(115)의 일함수(Φ_m)를 뺀 값이 된다.
- [0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 자외선이 입사하면 장벽 전위(Φ_{di})가 감소되는 바, 장벽 전위(Φ_{di})는 리덕션 전위(V_{re})만큼 감소된다. 또한, 자외선이 입사하면 전자가 여기됨에 따라 전류가 증가하게 된다. 그러나 옴릭 접합의 경우에는 쇼트키 장벽 자체가 존재하지 않으므로 자외선의 입사에 따른 전류의 변화가 크지 않게 된다.
- [0034] 전원(120)에 의하여 인가되는 바이어스 전압(V_b)은 리덕션 전위(V_{re}) 내지 장벽 전위(Φ_{di})에서 리덕션 전위(V_{re})를 뺀 값이 된다.
- [0035] 이러한 바이어스 전압(V_b)은 아래의 식 1을 만족하게 된다.
- [0036] [식 1]
- [0037]
$$V_{re} \leq V_b \leq \Phi_{di} - V_{re}$$
- [0038] 바이어스 전압(V_b)이 리덕션 전위(V_{re})보다 더 작으면 자외선에 의한 전류의 증가가 미미하여 자외선이 입사할 때 흐르는 명전류(I_{uv})를 자외선이 없을 때 흐르는 전류인 암전류(I_i)로 나눈 값인 응답도(I_{uv}/I_i)가 낮은 문제가 있다.
- [0039] 또한, 바이어스 전압(V_b)이 장벽 전위(Φ_{di})에서 리덕션 전위(V_{re})를 뺀 값보다 더 크면 바이어스 전압(V_b)이 너무 커서 장벽 감소 효과에 의한 전류의 증가 효과가 없어서 응답도(I_{uv}/I_i)가 낮은 문제가 있다. 또한, 바이어스 전압(V_b)이 장벽 전위(Φ_{di})에서 리덕션 전위(V_{re})를 뺀 값보다 더 크면 실질적으로 옴릭 접합과 같이 자외선이 없어진 후에 회복되는 시간이 오래 걸리는 문제가 있다.
- [0040] 본 실시예에 따르면, 나노 감응체(118)의 일함수(Φ_s)는 4.1V이고, 제1 금속전극(115)의 일함수는 5.3V이며, 제2 금속전극(116)의 일함수는 4.06V이고, 리덕션 전위(V_{re})는 0.293V이므로 바이어스 전압(V_b)은 0.293V 내지 0.917V가 된다.
- [0041] 도 4a에 도시된 바와 같이, 바이어스 전압(V_b)이 본 실시예 내의 범위인 0.4V일 때에는 응답도가 200 정도로 나

타났으며, 바이어스 전압(V_b)이 0.917V보다 더 큰 1.0V일 때에는 응답도(I_{uv}/I_i)가 약 7 정도로 나타났다.

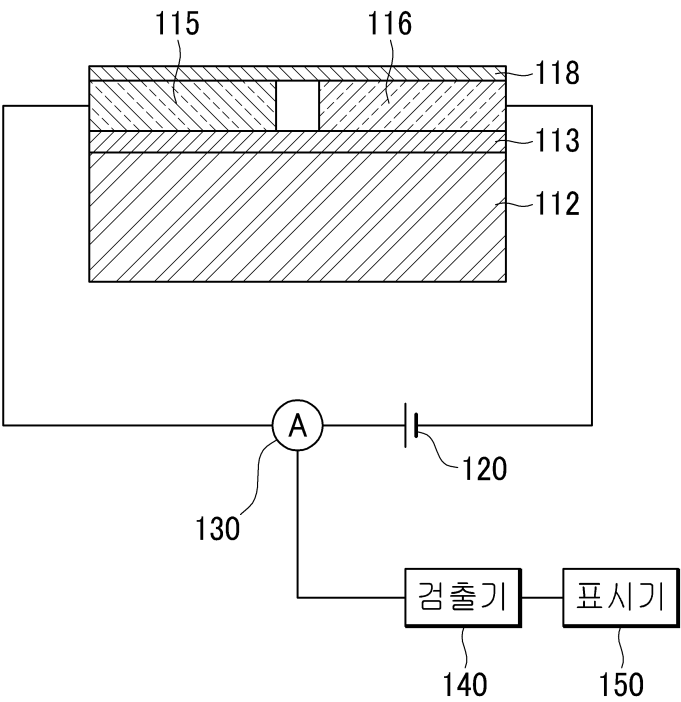
- [0042] 또한, 도 4b에 도시된 바와 같이, 바이어스 전압(V_b)이 0.293V보다 더 작은 0.2V일 때에는 약 8~10 정도의 응답도(I_{uv}/I_i)가 나타났다.
- [0043] 또한, 도 5는 나노 감응체(118)와 금속전극들이 오믹 접합으로만 연결하고 1.0V의 바이어스 전압(V_b)을 인가한 경우를 나타낸 그래프인 바, 오믹 접합의 경우에는 응답도가 약 4 정도로 매우 낮게 나타났다.
- [0044] 이와 같이 본 실시예에 따른 범위 내의 바이어스 전압(V_b)을 인가하면 범위 밖의 바이어스 전압을 인가할 때에 비하여 최소 20배 정도 더 큰 응답도를 얻을 수 있다. 이에 따라서 작은 전류를 통해서 자외선을 명확하게 검출할 수 있으므로 휴대용 광 검출 장치를 용이하게 제작할 수 있다.
- [0045] 또한 도 6a 내지 6c는 자외선의 조사가 정지된 후, 전류가 복귀하는 시간을 나타낸 그래프이다.
- [0046] 도 6a에 도시된 바와 같이, 나노 감응체(118)와 제1 금속전극(115)이 쇼트키 접합되고, 0.4V의 바이어스 전압(V_b)을 인가한 경우에는 전류가 회복되는 데 약 5초의 시간이 소요된 것을 알 수 있다. 반면에 나노 감응체와 제1 금속전극이 오믹 접합되고, 1.0V의 바이어스 전압을 인가한 경우에는 전류가 회복되는 데, 20초 이상 시간이 소요되었고, 쇼트키 접합되고, 1.0V의 전류를 인가한 경우에는 전류가 회복되는 데 약 20초의 시간이 소요되었다.
- [0047] 이와 같이 본 실시예에 따르면 파장을 검출한 후 다시 측정하는 데에 5초의 시간이 필요한 반면, 비교예의 경우에는 본 실시예의 회복 시간의 4배인 20초 이상의 시간이 필요하여 본 실시예에 따른 광 검출 장치의 회복 속도가 비교예에 비하여 현저히 우수한 것을 잘 알 수 있다. 비교예와 같이 회복하는 데 시간이 오래 걸리면 반복적으로 자외선 등을 검출하기 어려운 문제가 있다.
- [0048] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

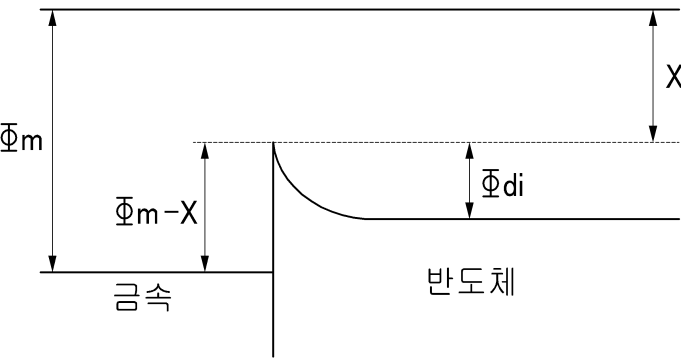
- [0049]
- | | |
|--------------|--------------|
| 112: 기관 | 113: 절연층 |
| 115: 제1 금속전극 | 116: 제2 금속전극 |
| 118: 나노 감응체 | 120: 전원 |
| 130: 전류계 | 140: 검출기 |
| 150: 표시기 | |

도면

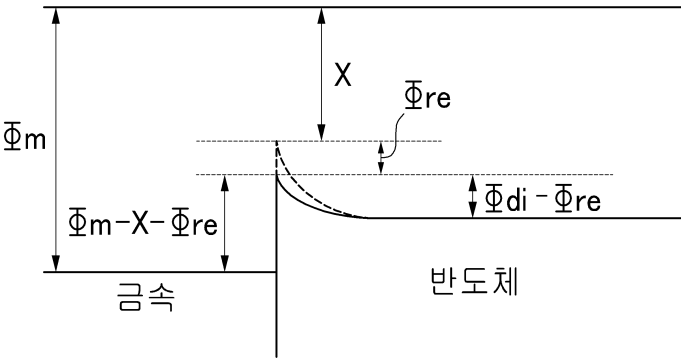
도면1



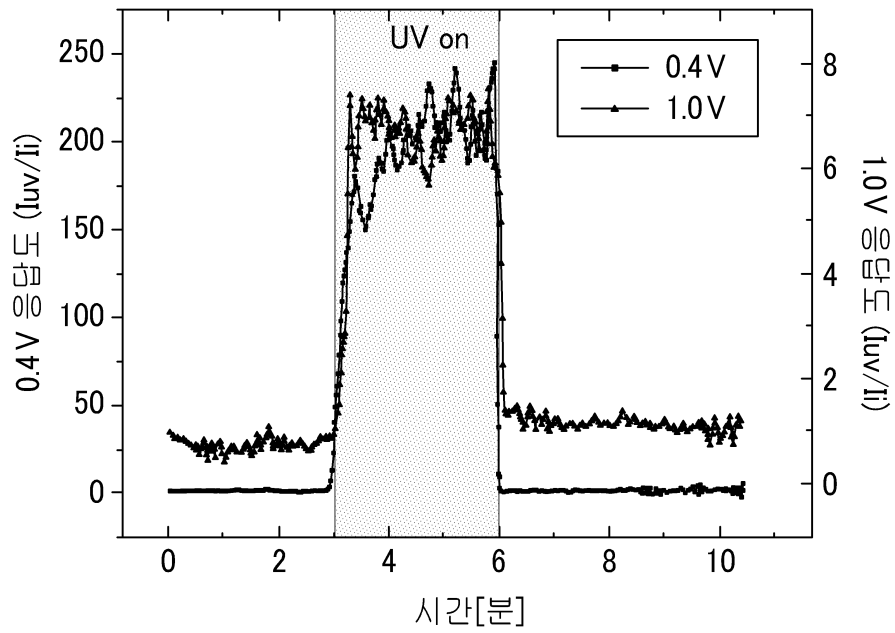
도면2



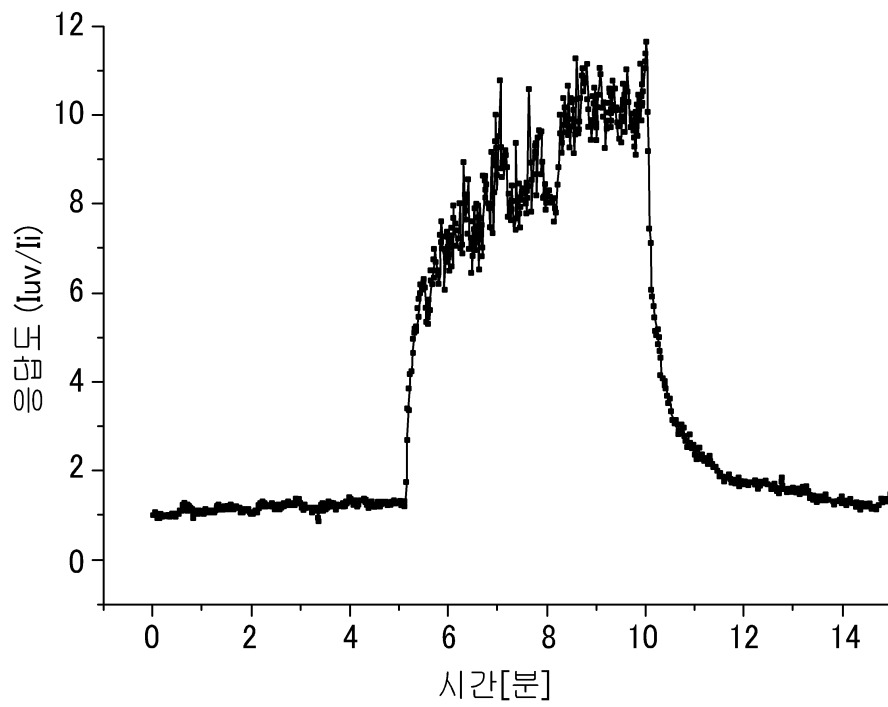
도면3



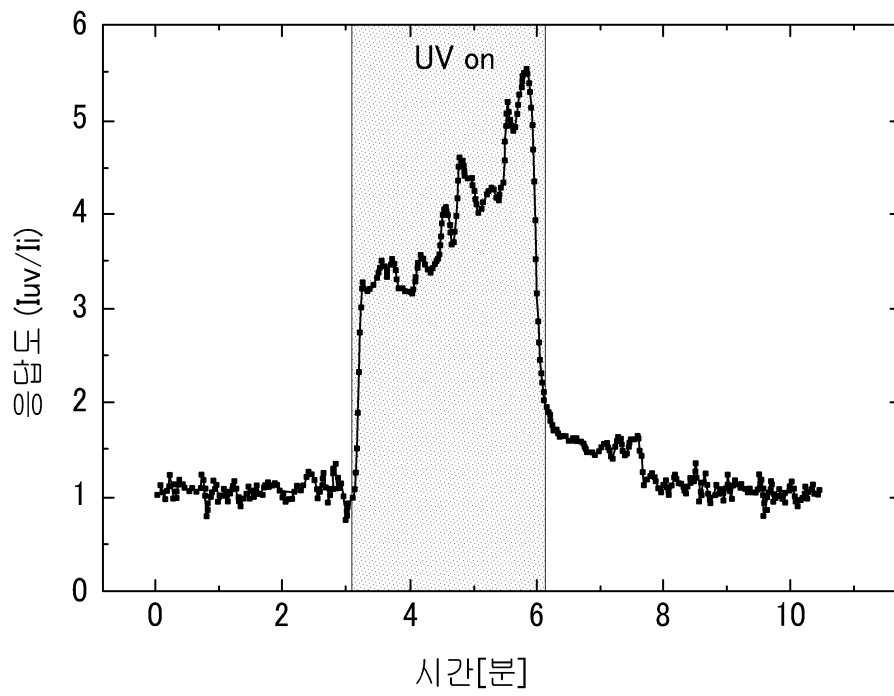
도면4a



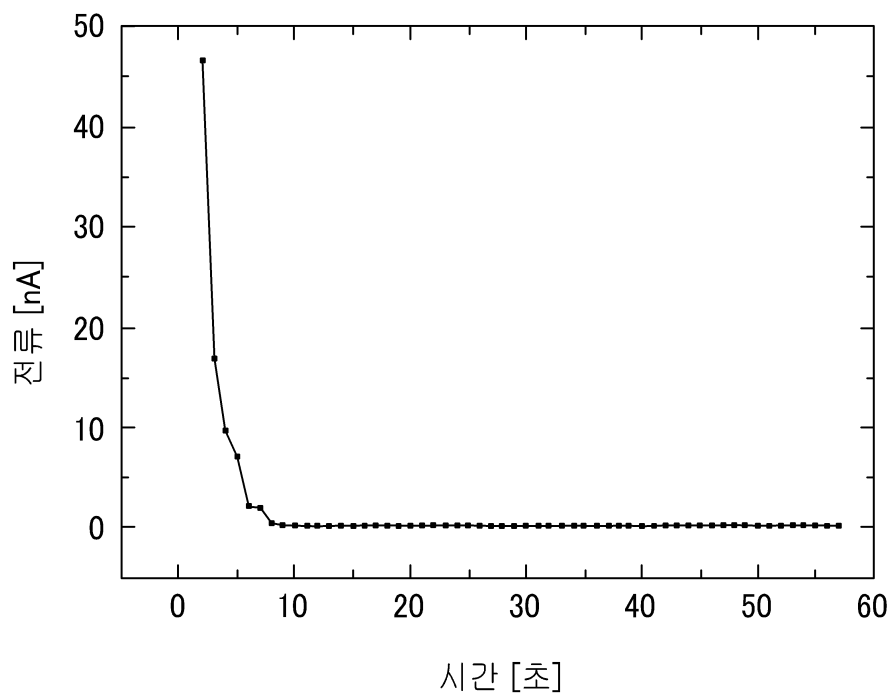
도면4b



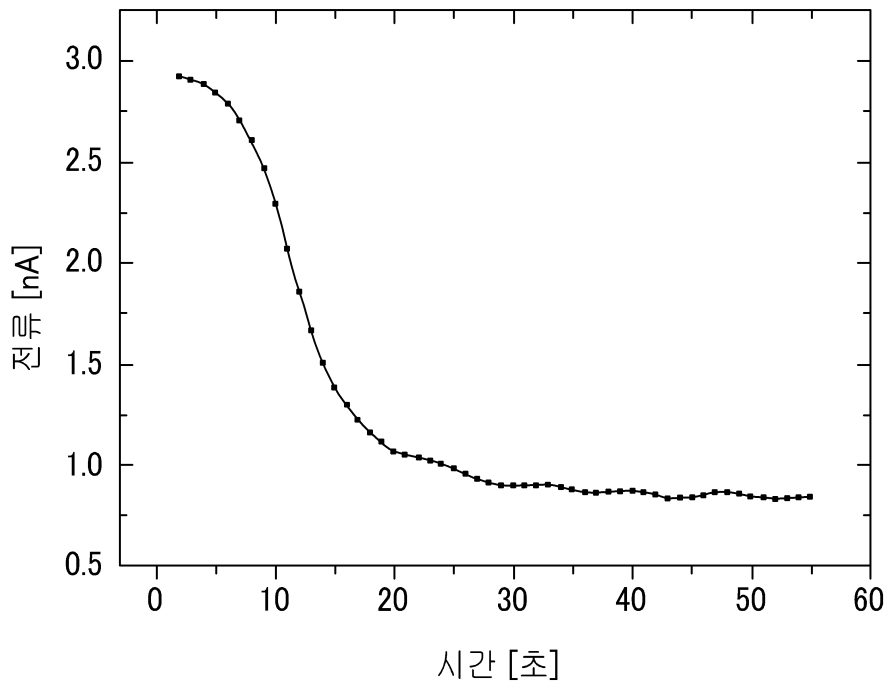
도면5



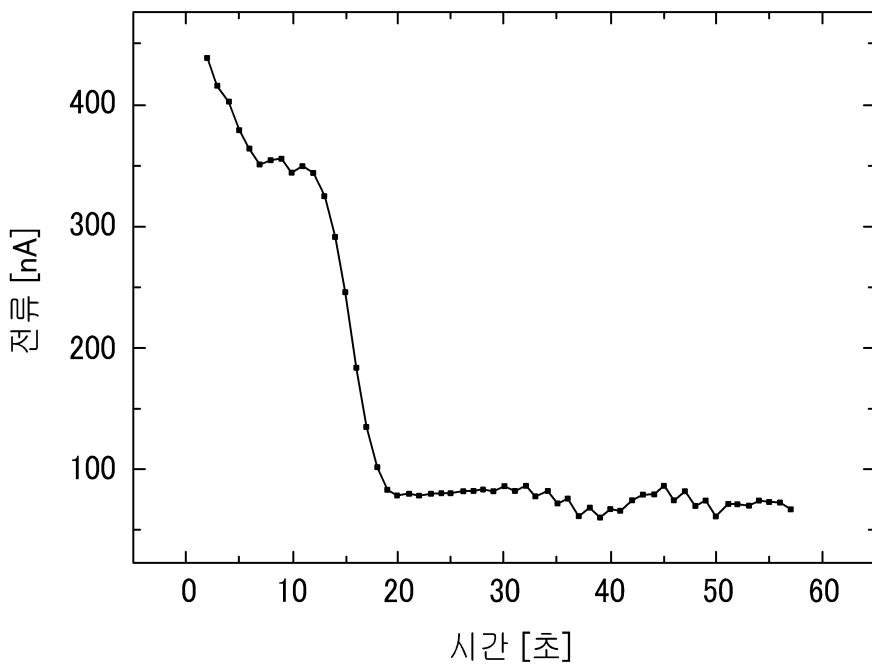
도면6a



도면6b



도면6c



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

나도 감응체

【변경후】

나노 감응체