



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0116950
(43) 공개일자 2019년10월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 29/06 (2006.01) H01L 21/28 (2006.01)
H01L 21/30 (2006.01) H01L 29/66 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 29/0676 (2013.01)
H01L 21/28 (2019.08)
(21) 출원번호 10-2019-0040293
(22) 출원일자 2019년04월05일
심사청구일자 2019년04월05일
(30) 우선권주장
1020180039996 2018년04월05일 대한민국(KR)

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
서관용
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이강민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
리엔목특허법인

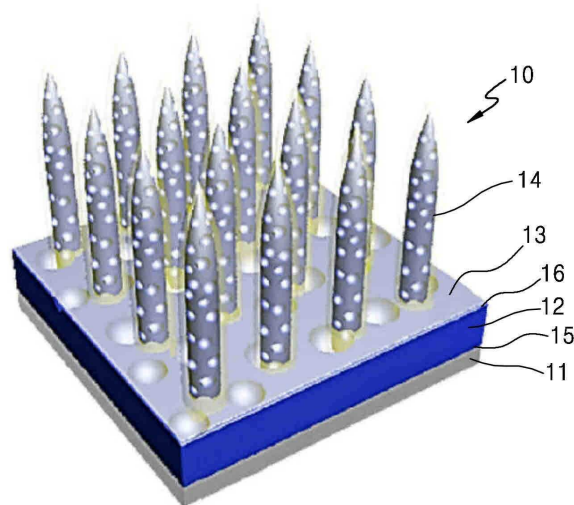
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 활성산소 발생장치 및 이의 제조 방법

(57) 요약

실리콘 반도체 기판; 실리콘 반도체 기판의 제1면에 배치된 도전층; 상기 제1면에 대향하는, 실리콘 반도체 기판의 제2면으로부터 수직방향으로 연장하고 서로 이격하여 배열된 복수의 마이크로와이어 구조체; 상기 제2면 및 상기 복수의 마이크로와이어 구조체 상에 배치되고, 활성산소 생성물질을 포함하는 활성산소 발생층을 포함하는 활성산소 발생 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 21/30 (2013.01)

H01L 29/66 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘 반도체 기관;

실리콘 반도체 기관의 제1면에 배치된 도전층;

상기 제1면에 대향하는, 실리콘 반도체 기관의 제2면으로부터 수직방향으로 연장하고 서로 이격하여 배열된 복수의 마이크로와이어 구조체;

상기 제2면 및 상기 복수의 마이크로와이어 구조체 상에 배치되고, 활성산소 생성물질을 포함하는 활성산소 발생층을 포함하는, 활성산소 발생 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마이크로와이어 구조체는 다공성인, 활성산소 발생 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 마이크로와이어 구조체는 실리콘으로 형성된, 활성산소 발생 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복수의 마이크로와이어 구조체의 형상은 원통형, 테이퍼드형, 다각 기둥형, 또는 이들의 조합인, 활성산소 발생 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 활성산소 생성물질을 500 nm 이하의 파장을 갖는 광을 선택적으로 흡수하는, 활성산소 발생 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 활성산소 생성물질을 HOMO 및 LUMO 에너지 차이가 1.1 eV 이상인, 활성산소 발생 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 활성산소 생성물질을 실리콘의 HOMO 에너지 준위와 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위의 차이가 1.0 eV 이하인, 활성산소 발생 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위가 상기 실리콘의 HOMO 에너지 준위보다 높은, 활성산소 발생 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 실리콘의 HOMO 에너지 준위가 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위와 HOMO 에너지 준위 사이에 위치하는, 활성산소 발생 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 활성산소 생성물질은 KTaO_3 , SrTiO_2 , MoS_2 , WO_3 , TiO_2 및 Fe_2O_3 으로 구성된 군으로부터 선택되는 1종 이상의 화합물을 포함하는, 활성산소 발생 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 도전층은 금속을 포함하는, 활성산소 발생 장치.

청구항 12

(a) 실리콘 반도체 기판을 제공하는 단계;

(b) 상기 실리콘 반도체 기판을 에칭하여 실리콘 반도체 기판상에 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계;

(c) 상기 마이크로와이어 구조체를 포함하는 실리콘 반도체 기판의 제2면에 활성산소 생성물질을 제공하는 단계; 및

(d) 상기 마이크로와이어 구조체를 포함하는 실리콘 반도체의 제1면에 도전층을 제공하는 단계;

를 포함하는, 활성산소 발생 장치를 제조하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계는 건식 에칭 공정 또는 습식 에칭 공정에 의해 수행되는, 활성산소 발생 장치를 제조하는 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 단계 (b) 이후, 단계 (c) 이전에, 상기 마이크로와이어 구조체의 표면을 에칭하여 다공성 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계를 더 포함하는, 활성산소 발생 장치를 제조하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 다공성 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계는 마이크로와이어 구조체를 산성 용액의 증기와 접촉시키는 단계를 포함하는, 활성산소 발생 장치를 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 활성산소 발생장치 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 활성산소 또는 활성산소 종(Reactive oxygen species, ROS)은 산소 원자가 라디칼 형태를 띠어서, 불안정한 상태로 변형된 산소를 의미한다. 활성산소 종의 예로는 과산화수소(H_2O_2), 초과산이온(O_2^-), 히드록시라디칼

(H^+) 등이 있다.

- [0003] 일반적으로, 활성산소 종은 체내에서 산소의 정상적인 대사작용에 의하여 생성되고, 세포신호와 항상성에 중요한 역할을 한다. 체내에서 활성산소 종의 농도가 지나치게 높아지면, 활성산소 종의 높은 산화력으로 인해 세포구조가 손상될 수 있다.
- [0004] 오늘날에는, 활성산소 종이 세포막에 침투하여 세포의 피사를 유발한다는 점에 착안하여, 활성산소 종을 이용한 박테리아, 세균 및 종양 제거 기술에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.
- [0005] 하지만, 현재까지 개발된 활성산소 생성 장치들은 박테리아, 세균 및 종양 제거에 충분한 양의 활성산소를 생성하는 데에 한계점을 가지고 있다. 현재까지 보고된 활성산소 생성 재료들은 에너지 밴드 갭이 넓기 때문에 고에너지를 갖는 단파장 광의 흡수가 필수적이고, 이로 인해 생성되는 활성산소의 양이 제한적이었다. 뿐만 아니라, 단파장 광의 흡수에 의해 생성된 전자-정공은 활성산소의 생성에 사용되기 이전에 재결합되어 활성산소 생성 효율이 낮아지는 문제점이 존재해왔다.
- [0006] 따라서, 더 많은 양의 전자-정공을 생성하고, 이와 동시에 전자-정공의 재결합을 억제하여 활성산소 생성 효율을 향상시킨 활성산소 생성 장치의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 일 측면은 동일한 광량에 대하여 증가한 양의 전자-정공을 생성하고, 이와 동시에 전자-정공의 재결합을 억제하여 활성산소 생성 효율을 향상시킨 활성산소 생성 장치를 제공하는 것이다.
- [0008] 다른 일 측면은, 상기 활성산소 생성 장치의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 일 측면에 따르면,
- [0010] 실리콘 반도체 기관;
- [0011] 실리콘 반도체 기관의 제1면에 배치된 도전층;
- [0012] 상기 제1면에 대향하는, 실리콘 반도체 기관의 제2면으로부터 수직방향으로 연장하고 서로 이격하여 배열된 복수의 마이크로와이어 구조체;
- [0013] 상기 제2면 및 상기 복수의 마이크로와이어 구조체 상에 배치되고, 활성산소 생성물질을 포함하는 활성산소 발생층을 포함하는, 활성산소 발생 장치가 개시된다.
- [0014] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로와이어 구조체는 다공성일 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로와이어 구조체는 실리콘으로 형성될 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 있어서, 상기 복수의 마이크로와이어 구조체의 형상은 원통형, 테이퍼드형, 다각 기둥형, 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0017] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 500 nm 이하의 파장을 갖는 광을 선택적으로 흡수할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 HOMO 및 LUMO 에너지 차이가 1.1 eV 이상일 수 있다.
- [0019] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 실리콘의 HOMO 에너지 준위와 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위의 차이가 1.0 eV 이하일 수 있다.
- [0020] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위가 상기 실리콘의 HOMO 에너지 준위보다 높을 수 있다.
- [0021] 일 실시예에 있어서, 상기 실리콘의 HOMO 에너지 준위가 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위와 HOMO 에너지 준위 사이에 위치할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 KTaO_3 , SrTiO_2 , MoS_2 , WO_3 , TiO_2 및 Fe_2O_3 으로 구성된 군으로부터

선택되는 1종 이상의 화합물을 포함할 수 있다.

[0023] 일 실시예에 있어서, 상기 도전층은 금속을 포함할 수 있다.

[0024] 다른 측면에 따르면,

[0025] (a) 실리콘 반도체 기판을 제공하는 단계;

[0026] (b) 상기 실리콘 반도체 기판을 에칭하여 실리콘 반도체 기판상에 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계;

[0027] (c) 상기 마이크로와이어 구조체를 포함하는 실리콘 반도체 기판의 제2면에 활성산소 생성물질을 제공하는 단계; 및

[0028] (d) 상기 마이크로와이어 구조체를 포함하는 실리콘 반도체의 제1면에 도전층을 제공하는 단계;

[0029] 를 포함하는, 활성산소 발생 장치를 제조하는 방법이 개시한다.

[0030] 일 실시예에 있어서, 상기 단계 (b) 이후, 단계 (c) 이전에, 상기 마이크로와이어 구조체의 표면을 에칭하여 다공성 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0031] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계는 건식 에칭 공정 또는 습식 에칭 공정에 의해 수행될 수 있다.

[0032] 일 실시예에 있어서, 상기 다공성 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계는 마이크로와이어 구조체를 산성 용액의 증기와 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0033] 일 측면에 따른 활성산소 발생 장치는 마이크로 와이어를 포함한 결정질 실리콘 반도체 기판에 활성산소 생성물질 층을 형성함으로써, 단파장 광 및 장파장 광을 흡수하여 활성산소 생성에 필요한 전자의 수를 증가시켰고, 이와 동시에 전자-정공 재결합을 억제하여, 활성산소 생성 효율을 향상시켰다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 활성산소 발생 장치를 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 활성산소 발생 장치 중 다공성 마이크로 와이어의 SEM 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 활성산소 발생 장치에서 전자-정공의 흐름을 보여주는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 활성산소 발생 장치의 제조 방법을 개략적으로 설명한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 활성산소 발생 장치의 제조 방법을 개략적으로 설명한 순서도이다.

도 6은 실시예 1에 따른 활성산소 발생 장치, 비교예 1의 TiO_2 가 코팅된 유리, 비교예 2의 TiO_2 가 코팅된 결정질 실리콘 기판, 대조군의 유리에 대하여, 활성 산소 발생 여부를 MTT 검정을 통해 확인한 결과를 나타낸 막대 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0036] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0037] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한 각 도면에서, 구성요소는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었으며, 각 구성요

소의 크기는 실제크기를 전적으로 반영하는 것은 아니다.

- [0038] 각 구성요소의 설명에 있어서, 상(on)에 또는 하(under)에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, 상(on)과 하(under)는 직접 또는 다른 구성요소를 개재하여 형성되는 것을 모두 포함하며, 상(on) 및 하(under)에 대한 기준은 도면을 기준으로 설명한다.
- [0039] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0040] 도 1은 일 측면에 따른 활성산소 발생 장치의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [0041] 일 측면에 따른 활성산소 발생 장치(10)는 실리콘 반도체 기판(12); 실리콘 반도체 기판의 제1면(15)에 배치된 도전층(11); 상기 제1면(15)에 대향하는, 실리콘 반도체 기판의 제2면(16)으로부터 수직방향으로 연장하고 서로 이격하여 배열된 복수의 마이크로와이어 구조체(14); 상기 제2면(16) 및 상기 복수의 마이크로와이어 구조체(14) 상에 배치되고, 활성산소 생성물질을 포함하는 활성산소 발생층(13)을 포함한다.
- [0042] 상기 실리콘 반도체 기판(12)은 결정질 실리콘 반도체 기판일 수 있다.
- [0043] 상기 실리콘 반도체 기판(12)의 제1면(15)은 도전층(11)과 접하는 면을 의미하고, 제2면(16)은 제1면의 반대면을 의미한다.
- [0044] 상기와 같은 활성산소 발생 장치는 비교적 단파장의 광을 흡수하는 활성산소 발생층 및 비교적 장파장의 광을 흡수하는 실리콘 반도체 기판 및 이로부터 연장하는 마이크로와이어 구조체를 구비함으로써, 활성산소 생성물질에서 발생하는 정공 및 전자를 효율적으로 사용할 수 있다. 상기 마이크로와이어 구조체 상에 배치된 활성산소 생성물질을 포함하는 활성산소 발생층은 단파장의 광을 흡수하여 전자가 LUMO로 옮겨가고, HOMO에는 정공이 생성된다. 활성산소 생성물질에서 발생한 전자는 정공과 재결합하기 이전에, 인접한 실리콘 마이크로와이어 구조체의 실리콘의 HOMO에 존재하는 정공과 결합함으로써, 활성산소 발생층에 정공이 재결합에 소모되지 않고 유지된다. 또한, 마이크로와이어 구조체는 실리콘의 장파장 광의 흡수에 의해 여기된 전자 및 정공을 형성하고, 여기된 전자는 도전층을 거쳐서 외부로 방출된다. 활성산소 생성물질에서 유지된 정공은 물과 반응하여 활성산소 종을 발생시키고, 도전층을 거쳐서 외부로 방출되는 전자는 산소를 만나서 활성산소 종을 발생시킨다. 즉, 전술한 활성산소 발생장치는 활성산소 생성물질에서 생성된 전자 및 정공이 재결합되지 않고, 활성산소 종의 생성에 기여함으로써, 활성산소 생성 효율이 향상되었다.
- [0045] 결국, 동일한 광량에 대하여 활성산소 생성 효율이 현저히 향상됨으로써, 활성산소를 필요로 하는 다양한 분야에서 적용이 가능하다. 예를 들어, 활성산소 종이 세포막을 파괴하여 괴사를 유도한다는 점에서, 활성산소 발생장치는 암의 표적 치료제 및 물살균 시스템으로서 활용될 수 있다.
- [0046] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로와이어 구조체는 다공성일 수 있다. 도 2를 참조하면, 상기 마이크로와이어 구조체는 다공성으로 인해 표면이 거칠다. 또한, 다수의 기공을 포함할 수 있다. 상기 기공의 단면적은 원형, 사각형, 또는 다각형 등 다양한 형상을 가질 수 있다. 상기 마이크로와이어 구조체는 다공성을 가짐으로써, 다공성 마이크로와이어 구조체 상에 형성된 활성산소 발생층의 표면적이 증가된다. 활성산소 발생층의 표면적 증가는 활성산소 생성 반응 면적의 증가로 이어지고, 이로 인해 더 많은 활성산소 생성 물질이 발생될 수 있다.
- [0047] 일 실시예에 있어서, 상기 마이크로와이어 구조체는 실리콘으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 마이크로와이어 구조체는 실리콘 기판을 부분적으로 식각함으로써 형성될 수 있다. 이 경우, 상기 마이크로와이어 구조체는 실리콘 기판과 일체를 이룰 수 있다.
- [0048] 일 실시예에 있어서, 상기 복수의 마이크로와이어 구조체의 형상은 원통형, 테이퍼드(tapered)형, 다각 기둥형, 또는 이들의 조합일 수 있다. 예를 들어, 상기 복수의 마이크로와이어 구조체의 형상은 원통형 또는 테이퍼드형 일 수 있다. 예를 들어, 상기 복수의 마이크로와이어 구조체의 형상은 테이퍼드형 일 수 있다.
- [0049] 상기 복수의 마이크로와이어 구조체의 형상이 테이퍼드형인 경우에, 마이크로와이어 구조체의 상면으로 입사하는 입사광의 반사를 줄일 수 있고, 그 결과 더 많은 양의 입사광의 흡수율을 보일 수 있다. 뿐만 아니라, 테이퍼드형 마이크로와이어 구조체는 특정 세포 표면에 대한 앵커(anchor)로 작용하여 세포 표적형 활성산소 발생장치로서 활용할 수도 있다.
- [0050] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 밴드갭의 크기에 따라 흡수하는 광의 파장 영역이 상이할 수 있

다. 여기서, 밴드갭이란, 활성산소 생성 물질의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 및 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 에너지 차이를 의미한다. 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 발생층에 포함되는 활성산소 생성물질은 500 nm 이하의 파장을 갖는 광을 선택적으로 흡수할 수 있는 물질이라면 모두 사용될 수 있다.

[0051] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 HOMO 및 LUMO 에너지 차이(예, 밴드갭)가 1.1 eV 이상일 수 있다. 예를 들어, 상기 활성산소 생성물질의 밴드갭은 1.5 eV 이상일 수 있다.

[0052] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질의 HOMO 및 LUMO 에너지 차이가 실리콘의 HOMO 및 LUMO 에너지 차이에 비하여 클 수 있다. 활성산소 생성물질의 밴드갭이 실리콘의 밴드갭 보다 작은 경우, 활성산소 생성물질에서 발생된 전자가 실리콘의 정공과 결합하기 이전에, 활성산소 생성물질의 정공과 재결합하여, 활성산소 생성물질로부터 발생된 전자 및 정공을 활성산소 발생을 위한 반응에서 사용할 수 없게 된다.

[0053] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질은 실리콘의 HOMO 에너지 준위와 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위의 차이가 1.0 eV 이하일 수 있다. 이 경우에, 활성산소 생성물질에서 발생된 들뜬 전자와 실리콘에서 발생된 정공이 용이하게 우선적으로 결합할 수 있다.

[0054] 일 실시예에 있어서, 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위가 상기 실리콘의 HOMO 에너지 준위보다 높을 수 있다. 예를 들어, 상기 실리콘의 HOMO 에너지 준위가 상기 활성산소 생성물질의 LUMO 에너지 준위와 HOMO 에너지 준위 사이에 위치할 수 있다. 도 3을 참조하면, 활성산소 생성물질의 LUMO에 존재하는 전자는 HOMO에 존재하는 정공에 비해 실리콘의 HOMO에 존재하는 정공과 에너지적으로 근접함으로써 전자-정공 쌍을 형성하기 용이하고, 이를 통해 활성산소 생성물질에서 생성된 전자 정공의 재결합을 방지할 수 있다. 그 결과, 활성산소 생성물질에는 더 많은 정공이 존재할 수 있고, 이러한 정공이 활성산소 발생층 표면에서 산화반응을 유도할 수 있다. 또한, 활성산소 생성물질로부터의 전자는 실리콘을 거쳐서 도전층을 통해 외부로 방출될 수 있는데, 이러한 전자는 도전층과 접촉하는 산소에 전달되어, 활성산소를 발생시킨다.

[0055] 본 발명의 실시예에서 사용되는 활성산소 생성물질은 전술한 에너지 준위를 만족한다면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 활성산소 생성물질은 KTaO_3 , SrTiO_2 , MoS_2 , WO_3 , TiO_2 및 Fe_2O_3 으로 구성된 군으로부터 선택되는 1종 이상의 화합물을 포함할 수 있다.

[0056] 일 실시예에 있어서, 상기 도전층은 실리콘으로부터의 전자 이동 통로 역할을 담당하는 것으로서, 전도성을 갖는 물질이라면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 도전층은 금속, 전이금속, 준금속 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 도전층은 금속을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 도전층은 Pt 금속을 포함할 수 있다.

[0057] 다른 측면에 따르면, (a) 실리콘 반도체 기판을 제공하는 단계; (b) 상기 실리콘 반도체 기판을 에칭하여 실리콘 반도체 기판상에 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계; (c) 상기 마이크로와이어 구조체를 포함하는 실리콘 반도체 기판의 제2면에 활성산소 생성물질을 제공하는 단계; 및 (d) 상기 마이크로와이어 구조체를 포함하는 실리콘 반도체의 제1면에 도전층을 제공하는 단계;를 포함하는, 활성산소 발생 장치를 제조하는 방법이 개시된다. 또한, 상기 단계 (b) 이후, 단계 (c) 이전에, 상기 마이크로와이어 구조체의 표면을 에칭하여 다공성 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0058] 하기에서는, 상기 활성산소 발생 장치의 제조 방법을 도 4 및 도 5를 참조하여 설명한다.

[0059] 도 4를 참조하면, 실리콘 반도체 기판은 마이크로와이어 제작을 위하여 건식 에칭 공정 또는 습식 에칭 공정이 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계는 건식 식각 공정을 통해 수행될 수 있다.

[0060] 상기 건식 식각 공정은 실리콘 기판상에 포토리소그래피(photolithography)를 통해 와이어 식각 마스크 패턴을 형성한 후, SF_6 및 C_4F_8 가스의 공급 하에서, 45 mTorr 압력, 1500 W 공급전력, 및 100 W 스테이지 전력에서 반응성 이온 식각 공정(reactive ion etching process)을 수행하고, 이후에, O_2 플라즈마 처리를 통해 포토레지스트 잔류물을 제거하여, 마이크로와이어 구조체를 형성하는 공정을 포함한다.

[0061] 상기 습식 식각 공정은 실리콘 기판상에 포토리소그래피를 통해 와이어 식각 마스크 패턴을 형성한 후, O_2 플라즈마 처리를 통해 포토레지스트 잔류물을 제거하고, 이어서, 열증발기에 의해 Au 박막을 실리콘 기판 상에 증착한 뒤, 상기 실리콘 기판을 탈이온수, $\text{HF}(10\text{M})$ 및 $\text{H}_2\text{O}_2(0.3\text{M})$ 의 혼합 용액으로 식각 처리하여, 마이크로와이어

구조체를 형성하는 공정을 포함한다.

- [0062] 그 밖에도, 상기 마이크로와이어 구조체를 형성하는 단계는 상기 마이크로와이어 구조체를 성장시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0063] 상기 마이크로와이어 구조체를 성장시키는 단계는, 포토리소그래피 공정을 통해 실리콘 기판 상에 Au, Cu 등의 금속 촉매를 패터닝한 후, 기체-액체-고체(VLS) 공정을 이용하여 마이크로와이어 구조체를 성장시키는 공정을 포함할 수 있다.
- [0064] 마이크로와이어 구조체는 이후에 표면적을 증가시키기 위하여, 표면 에칭 공정을 거칠 수 있다. 표면 에칭 공정은 마이크로와이어 구조체를 산성 용액의 증기와 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다. 표면 에칭 공정에 사용되는 산성 용액은 불산, 질산, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 산성 용액은 질산 및 불산의 혼합 용액일 수 있다. 마이크로와이어 구조체의 기공도는 산성 용액의 증기에 대한 마이크로와이어 구조체의 노출 시간을 제어하여 적절히 조절될 수 있다. 이러한 공정을 통하여, 마이크로와이어 구조체에 다공성을 손쉽게 부여할 수 있다. 이는 마이크로와이어 구조체가 산성 용액의 증기에 노출되어도 구조체 자체가 용해되지 않을 정도의 충분한 두께를 갖기 때문이다.
- [0065] 상기 활성산소 발생층은 스퍼터링(sputtering), 전자빔 증착법(e-beam evaporation), 화학적 기상 증착법(CVD; chemical vapor deposition), 물리적 기상 증착법(PVD; physical vapor deposition), 금속 유기 화학적 기상 증착법(MOCVD; metal-organic chemical vapor deposition), 분자빔 에피택시(MBE; molecular beam epitaxy), 및 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition) 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0066] 예를 들어, 상기 활성산소 발생층은 활성산소 생성물질의 원자층 증착법에 의해 형성될 수 있다. 상기 원자층 증착법에 의한 증착에 의하여, 마이크로와이어 구조체의 표면에 균일한 활성산소 발생층이 형성될 수 있다. 더욱이, 마이크로와이어 구조체의 기공 내에도 활성산소 발생층이 형성되어, 외부 물질(예를 들어, 물 또는 산소)들과 활성산소 발생층의 접촉 면적이 넓어짐으로써, 더 많은 활성산소 발생이 유발될 수 있다.
- [0067] 도 5를 참조하면, 마이크로와이어 구조체의 형성 단계 이후에, 추가적인 에칭 공정을 통하여, 마이크로와이어 구조체의 상면이 테이퍼드화 될 수 있다. 마이크로와이어 구조체의 상면이 침 형상을 갖는 경우, 입사광의 반사율이 낮아지므로, 입사광의 흡수율을 높일 수 있다.
- [0068] 따라서, 마이크로와이어 구조체의 상면을 테이퍼드화 하는 에칭 공정을 수행함으로써, 활성산소 발생장치의 광 흡수율을 높일 수 있고, 이는 활성산소 발생 효율의 증대로 이어진다.
- [0069] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 활성산소 발생 장치의 활성 산소 발생에 관하여, 일 예로서 세포 사멸율 평가를 통해 설명한다.
- [0070] 세포 사멸율은 MTT 검정 방법을 이용하여 측정하였다. MTT 검정은 테트라졸리움 염을 세포에 처리한 후, 흡광도를 측정하여, 측정된 흡광도로부터 살아있는 세포를 정량적으로 평가하는 방법이다.
- [0071] 먼저, 유리 슬라이드 상에 세포를 배치하여 대조군을 준비하였다. 이후에, 유리 상에 TiO₂층을 형성한 슬라이드 위에 세포를 배치하여 비교예 1의 샘플을 준비하였다. 다음으로, 결정질 실리콘 상에 TiO₂ 층을 형성한 슬라이드 위에 세포를 배치하여 비교예 2의 샘플을 준비하였다. 마지막으로, 전술한 본 발명의 일 구현예에 따른 다공성 마이크로와이어 구조체를 포함하는 결정질 실리콘 기판 상에 TiO₂ 층을 형성한 슬라이드 위에 세포를 배치하여 실시예 1의 샘플을 준비하였다.
- [0072] 상기 대조군, 비교예 1, 비교예 2 및 실시예 1의 샘플에 대하여 Xe lamp 광을 조사하기 이전 및 이후에 각각 흡광도를 측정하여 기록하였고, 이에 기초하여 세포 사멸도를 계산하여, 그 결과를 도 6에서 도시하였다.
- [0073] 도 6을 참고하면, 광 조사 이전 및 이후에, 대조군의 경우 세포가 증식하였고, 비교예 1 및 2의 경우 약 20%~40%의 세포가 사멸하였으나, 실시예 1의 샘플에서는 약 60% 이상의 세포가 사멸하였음을 확인하였다. 이는 실시예 1의 활성산소 발생 장치에서 세포괴사를 유발하는 활성산소가 발생된 결과로 예상된다.
- [0074] 이상에서는 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

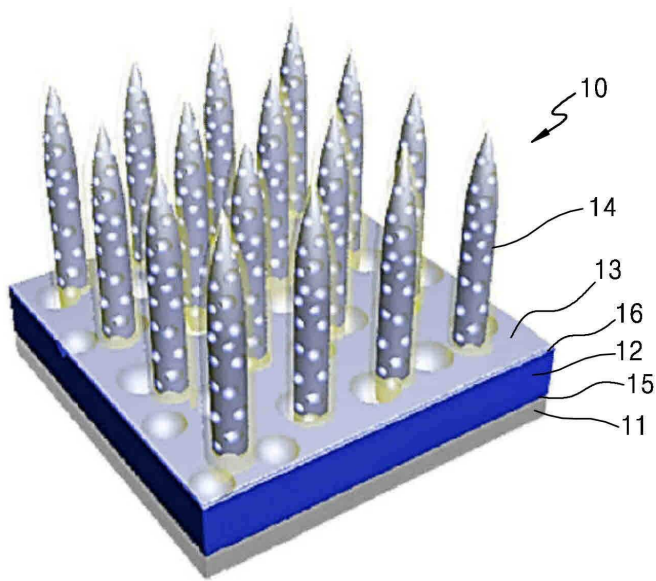
부호의 설명

[0075]

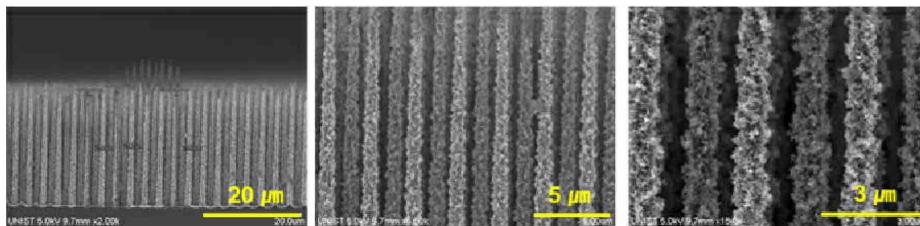
- 10: 활성산소 발생장치
- 12: 실리콘 반도체 기판
- 13: 활성산소 발생층
- 14: 마이크로와이어
- 15: 제1면
- 16: 제2면

도면

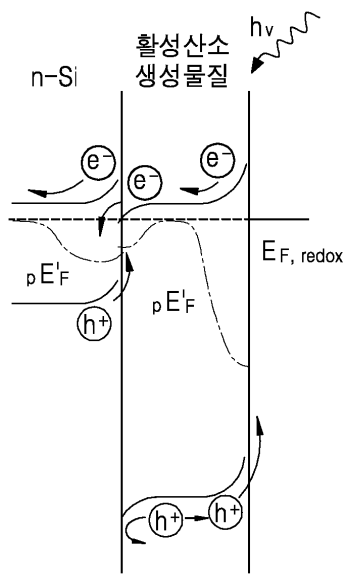
도면1



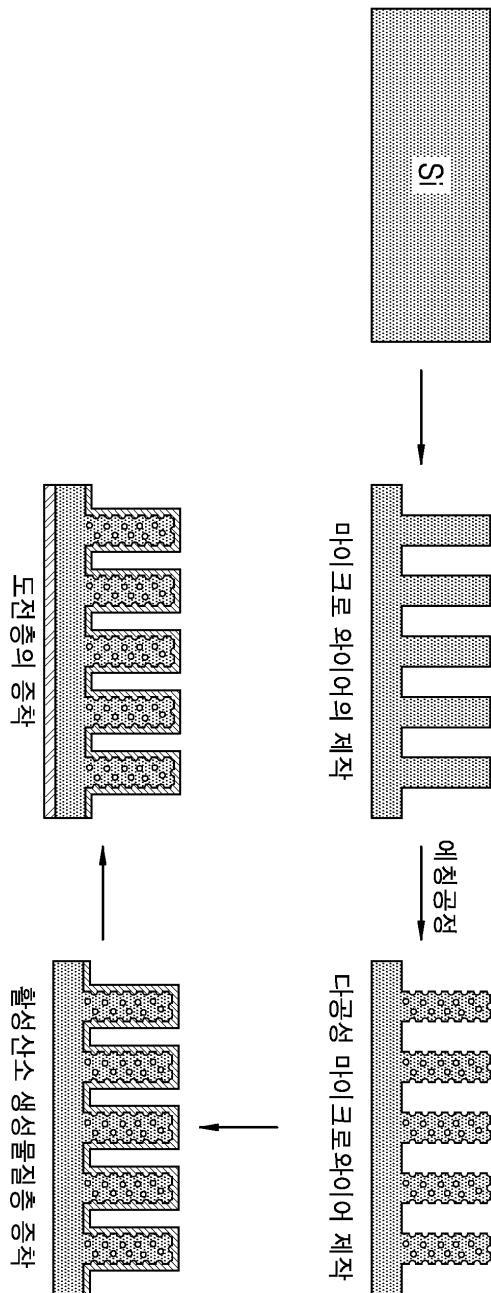
도면2



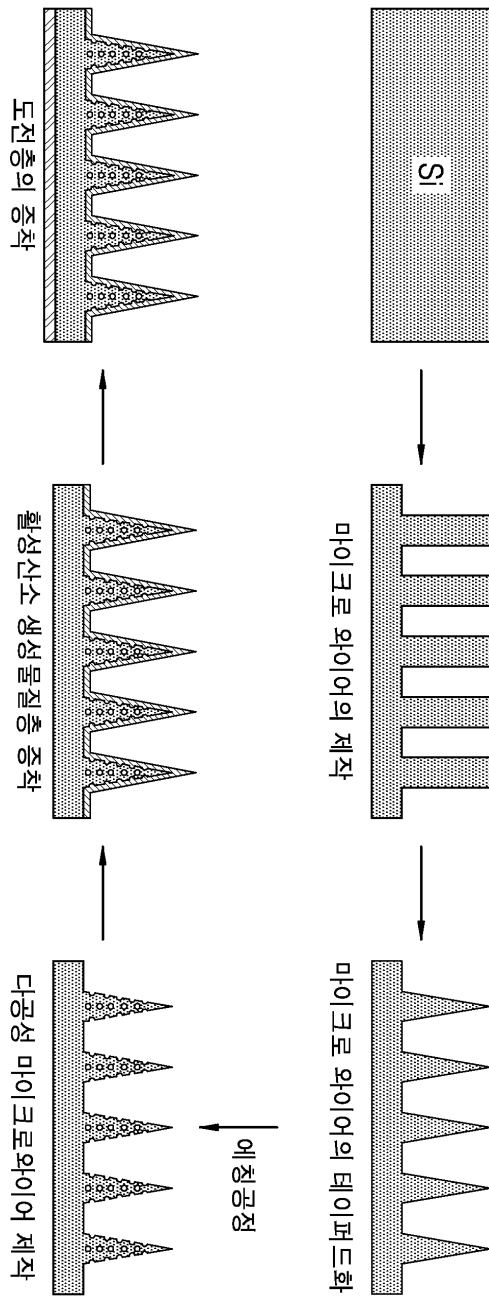
도면3



도면4



도면5



도면6

