



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0106332
(43) 공개일자 2018년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01N 59/16 (2006.01) B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
A01N 59/16 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0034488
(22) 출원일자 2017년03월20일
심사청구일자 2017년03월20일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
박희등
경기도 성남시 분당구 정자일로 27, 1402호
심준형
서울특별시 강남구 압구정로 201, 79동 103호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
정은열

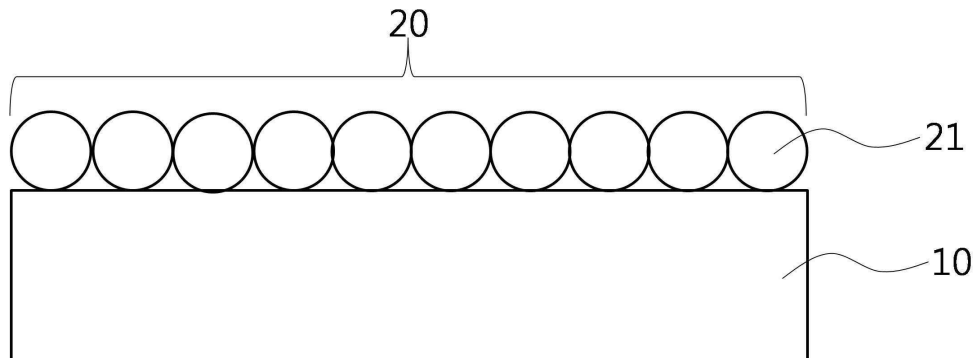
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 광촉매 항균 구조물 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 광촉매 항균 구조물 및 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물은 소정의 형상을 갖는 대상체(10), 및 대상체(10) 표면에, 광촉매 반응에 의해 활성 산소종(reactive oxygen species)을 생성하는 금속 산화물(21)이 나노 크리스탈(nano crystal) 구조로 코팅되어 형성된 나노 박막(20)을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박강희

서울특별시 성북구 장위로15길 37, 301호

한권덕

경기도 성남시 분당구 장안로 67, 201동 304호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 E4160007006040000000000000

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 환경정책기반공공기술개발사업

연구과제명 산업폐수 생태독성 저감을 위한 나노기술 기반 여과/산화/흡착 고도처리기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2016.11.08 ~ 2017.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

소정의 형상을 갖는 대상체; 및

상기 대상체 표면에, 광촉매 반응에 의해 활성 산소종(reactive oxygen species)을 생성하는 금속 산화물이 나노 크리스탈(nano crystal) 구조로 코팅되어 형성된 나노 박막;

을 포함하는 광촉매 항균 구조물.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 금속 산화물은 티타늄 산화물, 아연 산화물, 철산화물 및 바나듐 산화물로 구성된 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 광촉매 항균 구조물.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 나노 박막은 상기 금속 산화물의 원자가 층(layer)을 이루는 금속 산화물 원자층인 광촉매 항균 구조물.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 금속 산화물은 상기 대상체 표면에서부터 소정의 높이로 돌출된 나노 로드 형태로 배열되는 광촉매 항균 구조물.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 나노 박막의 두께는 1 내지 100 nm인 광촉매 항균 구조물.

청구항 6

(a) 소정의 형상을 갖는 대상체를 챔버 내에 배치하는 단계;

(b) 상기 챔버 내에, 상기 대상체 표면과 화학적으로 반응하는 금속 전구체 가스를 주입하여, 상기 대상체 상에 금속 원자층을 형성하는 단계; 및

(c) 상기 챔버 내에, 상기 금속 원자층을 산화시키는 산화제를 주입하여, 금속 산화물 원자층을 형성하는 단계; 를 포함하는 광촉매 항균 구조물 제조방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 (b) 단계와 상기 (c) 단계 사이에, 공급된 상기 금속 전구체 가스 중 미반응 가스를 퍼지 가스로 제거하는 단계;

를 더 포함하는 광촉매 항균 구조물 제조방법.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 (c) 단계 이후에, 상기 챔버 내에 잔류하는 상기 산화제를 퍼지 가스로 제거하는 단계;

를 더 포함하는 광촉매 항균 구조물 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광촉매 항균 구조물 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 구조물 표면에서의 광촉매 반응을 통해 세균이나 바이러스 등을 사멸시키는 항균 기능을 구비한 구조물 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일상생활에서 신체에 접촉되는 플라스틱 패널, 스마트폰 디스플레이 창, 인테리어 내외장재 등에는 수많은 세균이나 바이러스 등이 증식하고 있다. 따라서 그러한 미생물에 신체가 노출되면 미생물에 의한 인체 감염이 발생하고, 그로 인해 다양한 질병이 유발될 수 있다.

[0004] 이에, 미생물을 효과적으로 사멸시키기 위한 항균 재료에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 대표적인 항균 재료로는 광촉매 물질이 있다. 광촉매는 어떤 화학반응에서 자신은 변하지 않고 반응속도를 변화시키거나 또는 화학반응을 개시시키는 촉매의 한 종류로서, 그 촉매 작용이 빛 에너지를 받아 일어나는 점에 특징이 있다. 광촉매 반응 시에는, 활성 산소종이 발생하는데, 활성 산소종은 일반적인 산소보다 활성이 크고 불안정하며 높은 에너지를 갖고 있어서 유기물질과 쉽게 산화반응을 일으켜 미생물을 분해할 수 있다.

[0005] 따라서, 광촉매 물질을 패널이나 필름 등과 같은 기질의 표면에, 박막 형태로 부착하여 항균 구조물을 제조하여 사용하고 있다. 이때 광촉매 박막은 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 바와 같이, 주로 졸-겔 방법에 의해 생성된다. 그러나 졸-겔 방법을 이용한 표면 처리 기술에 의하면, 투명도가 떨어지고, 낮은 박막 도포성으로 인해 표면 성질이 변하고, 광촉매 물질이 응집되어 광촉매 기능이 저하된다. 또한, 광촉매 물질이 기질의 표면에 단단히 결합하지 못하기 때문에, 독성을 갖는 이온이 방출되어 환경 오염을 유발하고, 내구력이 저하되는 문제가 발생한다.

[0006] 이에 종래 광촉매 반응에 기반한 항균 구조물의 문제점을 해결하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있는 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-2010-0000377 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 광촉매 반응을 유발하는 금속 산화물 원자가 대상체 표면에 나노 크리스탈 구조의 단위자층을 형성하는 광촉매 항균 구조물을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물은 소정의 형상을 갖는 대상체; 및 상기 대상체 표면에, 광촉매 반응에 의해 활성 산소종(reactive oxygen species)을 생성하는 금속 산화물이 나노 크리스탈(nano crystal) 구조로 코팅되어 형성된 나노 박막;을 포함한다.

[0012] 또한, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물에 있어서, 상기 금속 산화물은 티타늄 산화물, 아연 산화물, 철산화물 및 바나듐 산화물로 구성된 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함한다.

[0013] 또한, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물에 있어서, 상기 나노 박막은 상기 금속 산화물의 원자가 층(layer)을 이루는 금속 산화물 원자층이다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물에 있어서, 상기 금속 산화물은 상기 대상체 표면에서부터 소정의 높이로 돌출된 나노 로드 형태로 배열된다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물에 있어서, 상기 나노 박막의 두께는 1 내지 100 nm이다.

[0016] 한편, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 제조방법은 (a) 소정의 형상을 갖는 대상체를 챔버 내에 배치하는 단계; (b) 상기 챔버 내에, 상기 대상체 표면과 화학적으로 반응하는 금속 전구체 가스를 주입하여, 상기 대상체 상에 금속 원자층을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 챔버 내에, 상기 금속 원자층을 산화시키는 산화제를 주입하여, 금속 산화물 원자층을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 제조방법에 있어서, 상기 (b) 단계와 상기 (c) 단계 사이에, 공급된 상기 금속 전구체 가스 중 미반응 가스를 퍼지 가스로 제거하는 단계;를 더 포함한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 제조방법에 있어서, 상기 (c) 단계 이후에, 상기 챔버 내에 잔류하는 상기 산화제를 퍼지 가스로 제거하는 단계;를 더 포함한다.

[0020] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0022] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 항균 구조물을 이루는 대상체 표면에 광촉매 반응을 유발하는 금속 산화물 단위자층에 의해 나노 크리스탈 구조의 나노 박막이 형성됨으로써, 나노 박막을 이루는 입자의 크기가 빛의 파장보다 작고, 그 표면적이 증대되어, 항균 구조물이 고효율의 광촉매 활성을 가진다.

[0026] 또한, 나노 박막이 원자층 증착 기술에 의해 대상체 표면에 증착되므로, 그 구성입자들 사이의 결합에너지가 커지고, 이로 인해 금속 산화물이 쉽게 이탈되지 않아 내구성이 유지되며, 독성 물질 방출에 따른 환경오염을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 단면을 확대하여 도시한 확대단면도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 제조방법을 나타내는 공정도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 단면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 표면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 항균 정도를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 일중항산소 생성량을 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 히드록시라디칼 생성량을 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 슈퍼옥사이드 생성량을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0031] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0033] 도 1은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 단면을 확대하여 도시한 확대단면도이다.
- [0034] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물은 소정의 형상을 갖는 대상체(10), 및 대상체(10) 표면에, 광촉매 반응에 의해 활성 산소종(reactive oxygen species)을 생성하는 금속 산화물(21)이 나노 크리스탈(nano crystal) 구조로 코팅되어 형성된 나노 박막(20)을 포함한다.
- [0036] 일상적 활동 중에 신체에 접촉되는 다양한 물체에는 수많은 세균이나 바이러스 등이 증식하고 있어서, 미생물에 의한 인체 감염 및 질병이 발생하느바, 항균 재료에 대한 관심이 증대되고 있다. 대표적으로는, 광이 조사될 때에 활성산소종을 발생시켜 미생물을 분해 사멸하는 광촉매 물질을 박막 형태로 패널이나 필름 등의 기질 표면에 부착한 항균 구조물이 각광받고 있다. 그러나 종래 항균 구조물의 경우에는 기질 표면에 졸-겔 기술을 이용해 광촉매 물질을 박막 형태로 코팅하는데, 졸-겔 표면 처리법에 의하면 박막의 투명도가 떨어지고, 기질 표면 성질이 변하며, 광촉매 물질이 응집되어 광촉매 기능이 저하된다. 또한, 광촉매 물질이 쉽게 용해되어, 독성 이온에 의한 환경오염 유발 및 내구력 저하가 문제된다. 이에, 종래 광촉매 반응에 기반한 항균 구조물의 문제점을 해결하고자 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물이 안출되었다.
- [0038] 구체적으로, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물은 대상체(10), 및 나노 박막(20)을 포함한다.
- [0039] 대상체(10)는 그 표면에 나노 박막(20)이 코팅되는 피코팅재로서, 예를 들어 고분자 패널, 고분자 필름 또는 건축물 패널 등일 수 있다. 또한, 실리콘 단결정 물질로 이루어진 웨이퍼 또는 유기 기관일 수도 있다. 즉, 대상체(10)의 종류는 특별히 한정되는 것은 아니고, 나노 박막(20)이 코팅되어 항균 기능이 부여될 수 있는 모든 공지의 물건이나 물질을 포함한다.
- [0041] 나노 박막(20)은 항균 기능을 수행하는 나노 두께의 미세한 필름으로, 광촉매 반응에 따라 항균 작용을 수행한다. 광촉매 반응은 광촉매가 빛 에너지를 흡수하여 반응을 일으키는 것으로, 상기 나노 박막(20)은 광촉매 반응

을 통해 활성 산소종(reactive oxygen species)을 생성하여 항균 작용을 한다. 활성 산소종은 일반적인 산소, 즉 기저상태의 삼중항산소(3O_2)보다 활성이 크고 불안정하며, 높은 에너지를 갖고 있어서, 유기물질과 쉽게 산화 반응을 일으키므로, 박테리아와 같은 미생물과 접촉하면, 그 미생물을 분해하여 사멸시킨다. 이러한 활성 산소 종으로는 슈퍼옥사이드(O_2^-), 히드록시라디칼(OH radical), 일중항산소(1O_2) 등이 있다.

[0042] 본 발명에 있어, 광촉매 반응을 통해 활성 산소종을 생성하는 나노 박막(20)의 조성물은 금속 산화물(21)이다. 이러한 금속 산화물(21)의 구체적인 예로는, 티타늄 산화물, 아연 산화물, 철산화물 및 바나듐 산화물로 구성된 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 산화물, 즉 상기 각각의 산화물이거나 상기 산화물들의 혼합물, 또는 상기 산화물을 함유하는 혼합물 동일 수 있다. 또한, 상기 금속 산화물(21)의 종류가 반드시 이에 한정되는 것도 아니다.

[0043] 이때, 금속 산화물(21)은 그 입자가 나노 크리스탈(nano crystal) 구조로 대상체(10) 표면에 코팅되어 나노 박막(20)을 형성한다. 여기서, 나노 크리스탈 구조는 구형 입자, 나노와이어 등의 형태로 다양하게 형성될 수 있고, 특히 대상체(10) 표면에서부터 소정의 높이로 돌출된 나노로드 형태로 배열될 수도 있다. 나노 박막(20)이 나노 크리스탈 구조로 형성되는 경우에는 고효율 광촉매 활성을 구현할 수 있다. 왜냐하면, 나노 크리스탈 구조의 입자는 그 표면적이 극대화되고, 입자의 크기가 자외선 파장보다 작아서 빛의 산란에 의한 손실을 최소화하기 때문이다.

[0044] 이러한 금속 산화물(21)에 의한 나노 박막(20)의 형성은 원자층 증착법(atomic layer deposition, ALD)에 의할 수 있다. 원자층 증착법은 원자나 분자 단위에서 자체 제어 반응을 이용하는 단위층 증착 기술로서, 기질 표면에서의 화학적 흡착과 탈착 과정을 이용하여 단위층의 두께를 제어할 수 있다. 이러한 원자층 증착법에 따라 나노 박막(20)이 형성되는 경우, 금속 산화물(21)의 원자가 층(layer)을 이루는 금속 산화물(21) 원자층이 나노 박막(20)이 되고, 이때 대상체(10) 전표면에 걸쳐 균일한 두께의 나노 박막(20)을 구현할 수 있다. 또한, 나노 박막(20)과 대상체(10) 사이의 결합력이 증가되고, 금속 산화물(21)끼리도 강하게 결합되어, 금속 산화물(21)이 대상체(10)로부터 쉽게 이탈되지도 않는다. 따라서, 나노 박막(20)의 내구성이 유지되고, 금속 산화물(21) 이탈에 따라 독성 물질이 방출되어 유발되는 환경오염을 방지할 수 있다. 나아가 원자층 증착 공정은 상대적으로 저온에서 수행되므로, 대상체(10)에 대한 열충격도 억제할 수 있다.

[0045] 금속 산화물(21)에 의해 나노 박막(20)이 형성되는 경우, 자외선과 같은 빛이 그 나노 박막(20)에 조사되면, 가 전자대에서 전도대로 여기된 자유 전자가 생성되고, 그 자유 전자가 산소 분자와 반응하여 활성 산소종을 생성한다. 이에 의하면, 그 금속 산화물(21)의 밴드갭 이상의 에너지를 갖는 빛이 나노 박막(20)에 조사될 경우에만 광촉매 반응을 통한 활성 산소종 생성이 가능하다. 한편, 나노 박막(20)의 두께를 조절하면, 양자 구속 효과(Quantum confinement effect)에 따른 밴드갭 조절이 가능하다. 따라서, 나노 박막(20)의 두께를 제어함으로써, 밴드갭을 조절하고, 이를 통해 사용 환경에 맞게끔 광촉매 반응의 개시를 통제할 수 있다. 여기서, 나노 박막(20)의 두께는 1 내지 100 nm일 수 있고, 그 범위에서 두께를 조절하여 활성 산소종 생성을 제어한다.

[0047] 종합적으로, 본 발명에 따르면, 항균 구조물을 이루는 대상체(10) 표면에 광촉매 반응을 유발하는 금속 산화물(21) 원자층에 의해 나노 크리스탈 구조의 나노 박막(20)이 형성됨으로써, 나노 박막(20)을 이루는 입자의 크기가 빛의 파장보다 작고, 그 표면적이 증대되어, 고효율의 광촉매 활성을 가진다. 또한, 나노 박막(20)이 원자층 증착 기술에 의해 대상체(10) 표면에 증착되므로, 그 구성입자들 사이의 결합에너지가 커지고, 이로 인해 금속 산화물(21)이 쉽게 이탈되지 않아 내구성이 유지되며, 독성 물질 방출에 따른 환경오염을 방지할 수 있다.

[0049] 이하에서는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 제조방법에 대해 설명한다. 다만, 상술한 내용과 중복되는 사항에 대해서는 설명을 생략하거나, 간단하게만 기술한다.

[0050] 도 2는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 제조방법을 나타내는 공정도이다.

[0051] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 제조방법은 (a) 소정의 형상을 갖는 대상체를 챔버 내에 배치하는 단계(S100), (b) 챔버 내에, 대상체 표면과 반응하는 금속 전구체 가스를 주입하여, 대상체 상에 금속 원자층을 형성하는 단계(S200), 및 (c) 챔버 내에, 금속 원자층을 산화시키는 산화제를 주입하여, 금속 산화물 원자층을 형성하는 단계(S300)를 포함한다.

- [0053] 상술한 광촉매 항균 구조물은 아래의 방법에 따라 제조된다.
- [0054] 먼저, 챔버 내에 대상체를 배치한다(S100). 여기서, 대상체는 미생물 증식이 가능한 부품, 자재 등의 물건으로서, 그 종류가 특별히 제한되는 것은 아니다.
- [0056] 대상체가 배치되면, 챔버 내에 금속 전구체 가스를 주입한다(S200). 여기서, 금속 전구체 가스에 포함되는 금속으로는, 예를 들어 티타늄, 아연, 철, 또는 바나듐 등일 수 있다. 챔버 내에서 금속 전구체는 대상체의 표면에 화학적으로 반응하여 흡착되는바, 이때 금속 원자가 원자층을 이루며 나노 두께의 박막을 형성한다.
- [0058] 다음으로, 챔버 내에 산화제를 주입한다(S300). 이때, 산화제가 금속 원자층을 산화시키면서 금속 산화물 원자층을 생성한다. 여기서, 구체적인 산화제는 탈이온수 증기, 또는 과산화수소 증기를 포함할 수 있다. 이로써 나노 박막 내에 산소 함유량이 증대된다. 이때, 산화제는 산소 함유량에 따라 적절한 양을 공급한다. 한편, 산화제로서, 산소 플라즈마, 오존, 아산화질소, 또는 이들의 유도성 결합 플라즈마에 의해 생성된 라디칼이 포함된 기체를 사용할 수도 있다. 이렇게 금속 산화물 원자층에 의한 나노 박막이 형성되면, 나노 박막은 광촉매 반응을 통해 활성 산소종을 생성하여 항균 작용을 하게 된다.
- [0060] 한편, 산화제 주입(S300) 전에, 공급된 금속 전구체 가스 중 대상체 표면과 반응하지 않고 미반응된 가스가 존재할 수 있으므로, 퍼지 공정을 추가적으로 수행할 수 있다. 여기서 사용되는 퍼지 가스는 반응성이 매우 낮은 불활성 가스로서, 예를 들어 아르곤을 사용할 수 있다. 퍼지 공정은 0.1 내지 100초 동안 수행될 수 있고, 그 공정을 통해 대상체에 흡착되지 않고 챔버 내에 잔류하는 금속 전구체 가스가 제거된다.
- [0062] 또한, 산화제 주입(S300) 후에도, 챔버 내에 산화제가 잔류할 수 있는바, 퍼지 가스를 이용해 잔류 산화제를 제거할 수 있다.
- [0064] 이하에서는 실험을 통한 평가를 통해 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물이 효과적으로 작동할 수 있는지를 설명한다.
- [0066] 광촉매 항균 구조물 제조
- [0067] 평가에 사용되는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물은 유리 기판을 대상으로 하여, 원자층 증착 공정을 통해 아연 산화물로 이루어진 나노 박막이 그 기판 상에 배치된 구조로 형성되었다.
- [0069] 광촉매 항균 구조물에 대한평가
- [0070] 도 3은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 단면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이고, 도 4는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물 표면의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.
- [0071] 상기 광촉매 항균 구조물의 단면 및 표면의 SEM 이미지를 활용하여 분석한 결과, 유리 기판 위에 74 nm 두께의 얇은 광촉매 박막이 형성된 것을 확인했고(도 3 참조), 또한 광촉매 박막은 평균 크기 19.24 nm의 나노로드가 배열된 나노 크리스탈 구조를 이루고 있음을 확인했다(도 4 참조). 이로써, 원자층 증착 공정을 통해 광촉매 반응 물질로서의 금속 산화물이 나노 크리스탈 구조로 대상체에 코팅된다는 것을 알 수 있다.
- [0073] 도 5는 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 항균 정도를 나타내는 그래프이다.
- [0074] 도 5에서는, 상기 광촉매 항균 구조물 상에 그람양성균(gram positive bacteria)을 접촉시키고, 시간이 지남에

따라 그람양성균이 사멸되는 정도를 측정하였다. 이때, 상기 광촉매 항균 구조물에 자외선을 조사한 경우(샘플 1, ZnO Light), 상기 광촉매 항균 구조물에 빛을 조사하지 않은 경우(샘플 2, ZnO Dark), 광촉매를 증착시키지 않은 유리 기판 대상체에 자외선을 조사한 경우(샘플 3, Control Light)로 구분하여 그람양성균 사멸 정도를 측정했다.

[0075] 그 결과, 샘플 1에서의 사멸 효과가 샘플 2 및 3에 비해 월등히 높게 나타났다. 따라서, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물이 광촉매 반응에 의한 항균 기능을 가진다는 사실을 확인할 수 있다.

[0077] 도 6은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 일중항산소 생성량을 나타내는 그래프이고, 도 7은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 히드록시라디칼 생성량을 나타내는 그래프이며, 도 8은 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물의 시간에 따른 슈퍼옥시드 생성량을 나타내는 그래프이다.

[0078] 도 6 내지 도 8에서는 상기 샘플 1 내지 3의 활성 산소종을 측정하였다.

[0079] 그 결과, 샘플 1에서만 Furfuryl alcohol(FFA)의 농도가 줄어드는바, 샘플 1에서만 일중항산소가 발생됨을 알 수 있다 (도 6 참조). 또한, 샘플 1에서만 메탄올이 포름알데하이드(HCHO)로 분해되는바, 히드록시라디칼을 생성됨을 알 수 있다 (도 7 참조). 그리고 샘플 1에서만 XTT로부터 XTT-formazan가 생성되어 UV-VIS의 흡수 파장이 바뀌는 것을 확인했다 (도 8 참조). 이로써 샘플 1의 경우에만 슈퍼옥시드가 발생되는 사실을 알 수 있다.

[0080] 결과적으로, 본 발명에 따른 광촉매 항균 구조물이 자외선과 반응하여 활성 산소종을 생성하고, 그 활성 산소종이 미생물 사멸에 기여하여 항균 기능을 가지는 사실이 입증되었다.

[0082] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

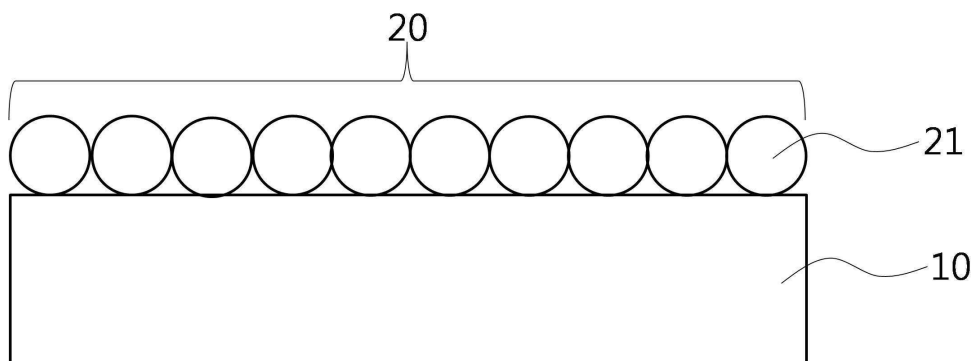
부호의 설명

[0084] 10: 대상체 20: 나노 박막

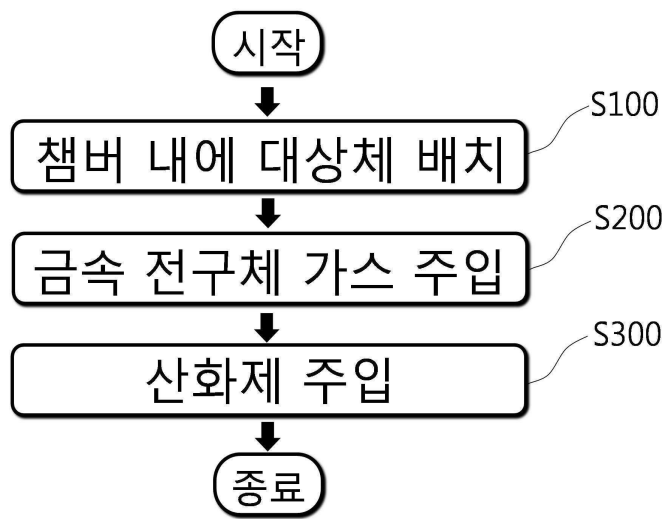
21: 금속 산화물

도면

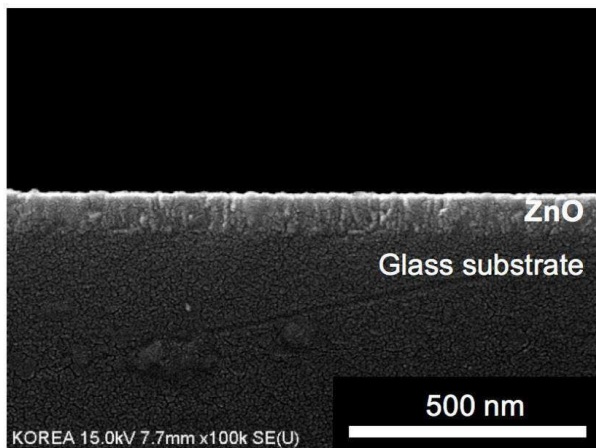
도면1



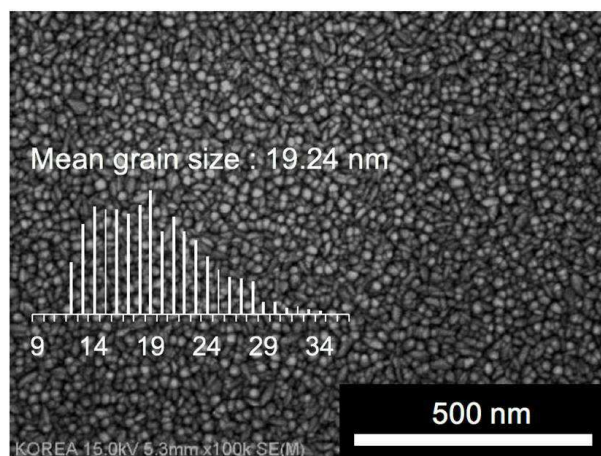
도면2



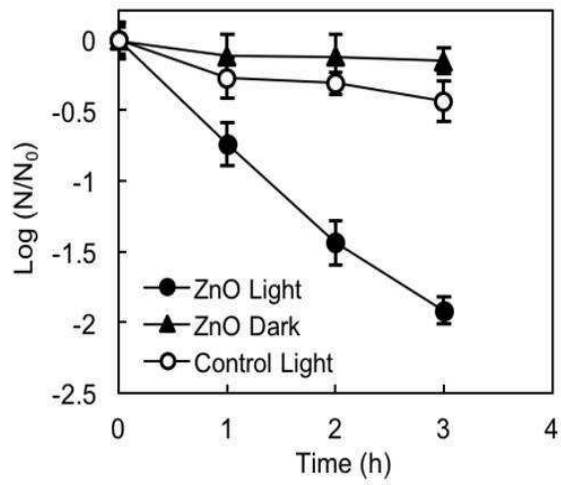
도면3



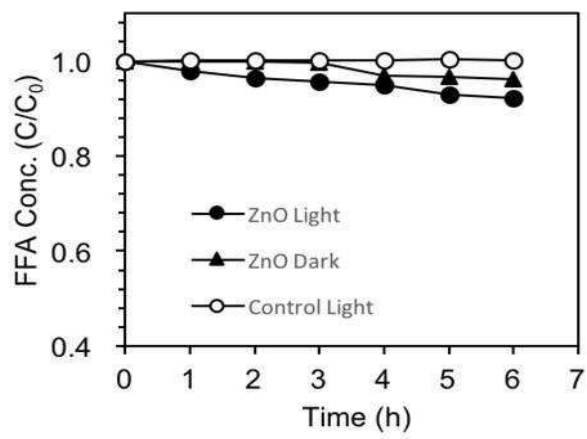
도면4



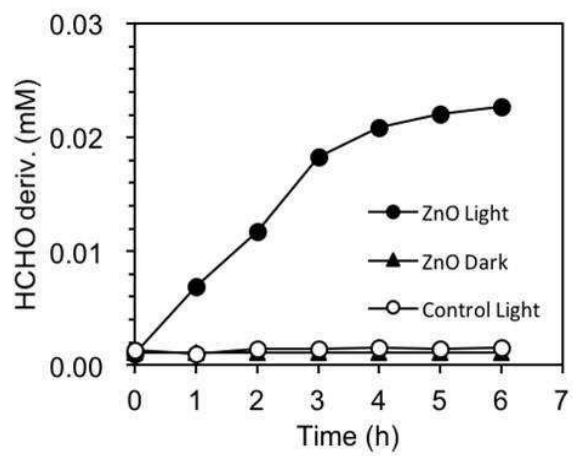
도면5



도면6



도면7



도면8

