



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월21일
(11) 등록번호 10-2242980
(24) 등록일자 2021년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 1/00 (2017.01) A61F 2/16 (2006.01)
A61L 27/34 (2006.01) A61L 27/54 (2006.01)
B82B 3/00 (2017.01) C08J 3/12 (2006.01)
B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B82B 1/008 (2013.01)
A61F 2/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0139762
(22) 출원일자 2019년11월04일
심사청구일자 2019년11월04일
(56) 선행기술조사문헌
W02017156460 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이경균
대전광역시 유성구 대학로 233-1, 301호
임성갑
대전광역시 유성구 대학로 291, 응용공학동 6114호(구성동, 한국과학기술원)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 12 항

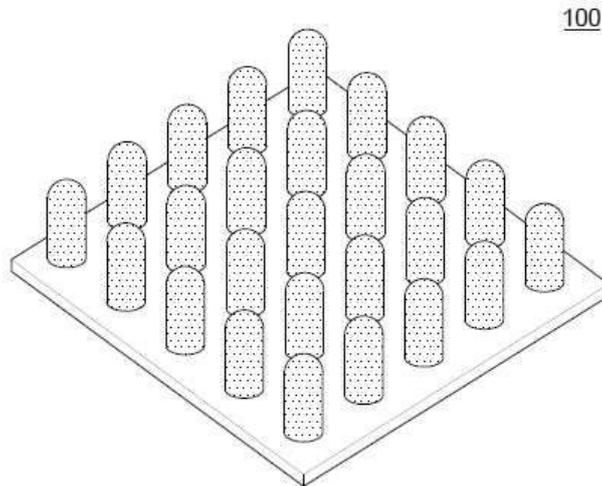
심사관 : 양정화

(54) 발명의 명칭 **항균성 나노구조체 및 그 제조방법**

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체가 제공된다. 나노구조체는 표면, 및 상기 표면으로부터 돌출된 복수의 나노필러들을 포함하는 나노 구조체층; 및 상기 나노구조체층 상에 형성된 이온성 고분자로 이루어진 기능층을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- A61L 27/34 (2013.01)
- A61L 27/54 (2013.01)
- B82B 3/0038 (2013.01)
- C08J 3/126 (2013.01)
- A61L 2300/404 (2013.01)
- A61L 2400/12 (2013.01)
- A61L 2430/16 (2013.01)
- B82Y 40/00 (2013.01)

(72) 발명자

배남호

대전광역시 유성구 반석서로 98, 609동 1504호(반석동, 반석마을6단지아파트)

최고로

대전광역시 유성구 대학로 291, 응용공학동 6114호(구성동, 한국과학기술원)

이재중

대전광역시 유성구 노은서로104번길 29(노은동)

안준형

대전광역시 서구 대덕대로 150(갈마동)

임형준

대전광역시 유성구 가정북로 156(장동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017M3A7B4041761
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재원천 기술개발사업
연구과제명	자유곡면의 생체적합 고분자기반 표면기능화 공정기술개발
기 여 율	20/100
과제수행기관명	한국기계연구원
연구기간	2019.02.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018RIC1B3001553
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구사업
연구과제명	전염성 병원체 포획용 나노트랩을 이용한 디지털 유전자 분석기술개발
기 여 율	20/100
과제수행기관명	나노종합기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	COI1912M001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	나노종합기술원
연구사업명	나노 Open Innovation Lab 협력사업
연구과제명	(공공R&D성과) 기능성 고분자 증착 공정플랫폼을 활용한 현장진단형 분자진단칩 개발(1/3)

기 여 율	30/100
과제수행기관명	나노종합기술원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NM9790
부처명	미래창조과학부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래부-국가연구개발사업(III)
연구과제명	자유곡면 대응 나노제조공정·시스템 개발 (3/5)
기 여 율	30/100
과제수행기관명	한국기계연구원
연구기간	2019.02.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

표면, 및 상기 표면으로부터 돌출된 복수의 나노필러들을 포함하는 나노구조체층; 및
 상기 나노구조체층의 복수의 나노필러들 상에 형성된 이온성 고분자로 이루어진 기능층을 포함하고,
 상기 복수의 나노필러들은 탄성 중합체 (elastic polymer) 로 이루어지고,
 상기 이온성 고분자는 양이온성 모노머 (anionic monomer) 및 음이온성 모노머 (anionic monomer) 의 중합에 의해 양전하 (positive charge) 를 가지도록 형성되고,
 상기 복수의 나노필러들은 0.2 μm 내지 2 μm 간격을 가지고 배열되고,
 상기 복수의 나노필러들은 직경이 50 nm 내지 1000 nm이고, 높이가 0.1 내지 2 μm 인, 나노구조체.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 이온성 고분자는 p(VBC-co-DMAEMA), p(VBC-co-DMAMAS), p(VBC-co-VIDZ), p(VBC-co-4VP), p(MA-co-DMAEMA), p(MA-co-DMAMAS), p(MA-co-VIDZ), p(MA-co-4VP), p(GMA-co-DMAEMA), p(GMA-co-DMAMAS), p(GMA-co-VIDZ), p(GMA-co-4VP), p(CEA-co-DMAEMA), p(CEA-co-DMAMAS), p(CEA-co-VIDZ), p(CEA-co-4VP) 중 적어도 하나를 포함하는, 나노구조체.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10인, 나노구조체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 양이온성 모노머는 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트 (dimethylaminoethyl methacrylate, DMAEMA), 2-디메틸아미노메틸 스티렌 (2-dimethylaminomethyl styrene, DMAMAS), n-비닐이미다졸 (n-vinylimidazole, VIDZ), 4-비닐 피리딘 (4-vinyl pyridine, 4VP) 중 적어도 하나를 포함하는, 나노구조체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 음이온성 모노머는 비닐벤질클로라이드 (vinyl benzyl chloride, VBC), 말레익 안하이드라이드 (maleic anhydride, MA), 글리시딜 메타크릴레이트 (Glycidyl methacrylate, GMA), 2-클로로에틸 아크릴레이트(2-Chloroethyl acrylate, CEA) 중 적어도 하나를 포함하는, 나노구조체.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 나노필러들은 직경 또는 높이를 달리하여 배열되는, 나노구조체.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1 항에 기재된 나노구조체를 포함하는 인공수정체로서,

상기 인공수정체는 광학부, 및 상기 광학부를 안구 내에 고정시키기 위해 상기 광학부의 외주부에 결합된 헵틱 부를 포함하는, 인공수정체.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 나노구조체는 상기 광학부의 외주부를 따라서 인공수정체에 결합되는, 인공수정체.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 나노구조체는, 상기 인공수정체의 광축에 수평한 표면 상에 또는 광축에 수직인 표면 상에 결합되는, 안구 수정체.

청구항 12

나노구조체를 제조하는 방법으로서,

복수의 나노필러들을 포함하는 나노구조체를 프로세싱 챔버에 제공하는 단계;

기상(vapor phased)의 양이온성 모노머, 음이온성 모노머, 및 개시제를 상기 프로세싱 챔버에 도입하는 단계;

상기 프로세싱 챔버에 도입된 상기 개시제를 활성화시키는 단계; 및

상기 활성화된 개시제를 이용하여, 상기 복수의 나노구조체 상에 이온성 고분자인 기능층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 나노필러들은 탄성 중합체로 이루어지고,

상기 이온성 고분자는 상기 양이온성 모노머 및 상기 음이온성 모노머의 중합에 의해 양전하를 가지도록 형성되는, 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 양이온성 모노머는 DMAEMA이고, 상기 음이온성 모노머는 VBC이고, 상기 개시제는 TBPO이고,

VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10인, 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 나노구조체 상에 형성되는 상기 기능층의 두께는 10 nm 내지 100 nm인, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 세균 감염을 효과적으로 방지할 수 있는 항균성 나노구조체 및 그 제조방법과, 나아가 이를 이용한 인공수정체 등에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 세균(bacteria)은 단세포 미생물로 거의 모든 환경에서 발견되며, 체내 또는 체외에서 질병을 일으키지 않고 공존하기도 하지만, 어떤 세균은 인체로 들어가 빠르게 증식하며 인체의 면역을 파괴하여 다양한 질병을 유발하기

나 독소를 생산하여 인체에 손상을 가하기도 한다.

[0003] 특히, 의료분야에 있어서 수술실 내의 세균의 존재는 수술부위감염 (Surgical Site Infection, SSI) 으
로 이어질 수 있어, 수술실에서는 세균에 대한 엄격한 감염관리가 통상적으로 이루어진다. 이와 관련된 내
용으로, WHO에서 2016년에 발간한 수술 부위 감염 예방을 위한 국제 지침 (Global Guidelines for the
Prevention of Surgical Site Infection) 을 참조할 수 있다.

[0004] 일반적으로, 수술부위감염의 발병기전과 관련하여, i) 환자 자신의 상재균에 의해 발생하는 내부 감염원을 막기
위해 수술 시 환자의 수술부위를 소독하며, 수술 시 예방항생제를 환자에게 사용하고, 또한 ii) 수술기구, 수술
실, 수술진 등 수술환경으로 발생하는 외부 감염원을 막기 위해서, 수술기구 소독, 수술실 환기, 수술진의 손
소독, 수술진의 입과 코를 완전히 가리는 외과적 마스크 착용 등이 이루어지나, 이러한 조치들에 의해서도 현실
적으로 수술실 내의 세균이 완벽하게 제거될 수는 없기 때문에, 수술실에서는 낮은 농도이기는 하나 세균의 존
재가 보고되며, 수술부위감염이 발생한다.

[0005] 안구 수술에 있어서는, 수술부위감염은 시력상실이나 시력감소를 유발할 수 있어 그 위험성이 매우 크다.
더욱이, 안구 면역 체계 (ocular immune system)에 있어서, 안구 내부에는 림프관이 없고, 각막은 외부에 노출
되고, 안구의 면역은 인체의 다른 부분과 분리되어 있기 때문에, 눈은 상대적으로 면역에 취약하다.

[0006] 이와 관련하여, 특히 안구 수술 시, 안구 내에 삽입되는 인공수정체 등에 있어서, 세균에 의한 수술부위감염의
가능성에 대비하여, 전술한 조치들에 더해 인공수정체 자체에 항균성을 부여할 필요성이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 표면, 및 상기 표면으로부터 돌출된 복수의 나노필러들을 포함하는 나노 구조체층; 및 나노구조체층
상에 형성된 이온성 고분자로 이루어진 기능층을 포함하는, 항균성 나노구조체 및 그 제조방법을 제공하고, 나
아가 이를 인공수정체 등에 이용하는 발명을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체가 제공된다. 나노구조체는 표면, 및 상기 표면으로부터 돌출된 복
수의 나노필러들을 포함하는 나노 구조체층; 및 나노구조체층 상에 형성된 이온성 고분자로 이루어진 기능층을
포함한다.

[0009] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 이온성 고분자는 양이온성 모노머 (anionic monomer) 및 음이온성 모노머
(anionic monomer) 의 중합으로 이루어질 수 있다.

[0010] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 이온성 고분자는 p(VBC-co-DMAEMA), p(VBC-co-DMAMAS), p(VBC-co-VIDZ),
p(VBC-co-4VP), p(MA-co-DMAEMA), p(MA-co-DMAMAS), p(MA-co-VIDZ), p(MA-co-4VP), p(GMA-co-DMAEMA), p(GMA-
co-DMAMAS), p(GMA-co-VIDZ), p(GMA-co-4VP), p(CEA-co-DMAEMA), p(CEA-co-DMAMAS), p(CEA-co-VIDZ), p(CEA-
co-4VP) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10일 수 있다.

[0012] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 양이온성 모노머는 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트 (dimethylaminoethyl
methacrylate, DMAEMA), 2-디메틸아미노메틸 스티렌 (2-dimethylaminomethyl styrene, DMAMAS), n-비닐이미다
졸 (n-vinylimidazole, VIDZ), 4-비닐 피리딘 (4-vinyl pyridine, 4VP) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 음이온성 모노머는 비닐벤질클로라이드 (vinyl benzyl chloride, VBC),
말레익 안하이드라이드 (maleic anhydride, MA), 글리시딜 메타크릴레이트 (Glycidyl methacrylate, GMA), 2-
클로로에틸 아크릴레이트 (2-Chloroethyl acrylate, CEA) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 복수의 나노필러들은 탄성 중합체 (elastic polymer) 로 이루어질 수 있다.

[0015] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 복수의 나노필러들은 0.2 μm 내지 2 μm 간격을 가지고 배열되고, 상기
복수의 나노필러들은 직경이 50 nm 내지 1000 nm이고, 높이가 0.1 내지 2 μm일 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노구조체를 포함하는 인공수정체가 제공된다. 인공수정체는 광학부, 및 광

학부를 안구 내에 고정시키기 위해 광학부의 외주부에 결합된 햅틱부를 포함한다.

- [0017] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 나노구조체는 상기 광학부의 외주부를 따라서 인공수정체에 결합될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 상기 인공수정체의 광축에 수평한 에지 표면 상에 결합될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노구조체를 제조하는 방법이 제공된다. 방법은 복수의 나노필러들을 포함하는 나노구조체를 프로세싱 챔버에 제공하는 단계; 기상(vapor phased)의 양이온성 모노머, 음이온성 모노머, 및 개시제를 상기 프로세싱 챔버에 도입하는 단계; 프로세싱 챔버에 도입된 개시제를 활성화시키는 단계; 및 활성화된 개시제를 이용하여, 복수의 나노필러들 상에 이온성 고분자인 기능층을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 양이온성 폴리머는 DMAEMA이고, 상기 음이온성 폴리머는 VBC이고, 개시제는 TBPO이고, VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 나노구조체 상에 형성되는 기능층의 두께는 10 nm 내지 100 nm일 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 명세서에 개시되는 항균성 나노구조체 및 그 제조방법에 따르면, 나노구조체가 표면, 및 상기 표면으로부터 돌출된 복수의 나노필러들을 포함하는 나노 구조체층; 및 나노구조체층 상에 형성된 이온성 고분자로 이루어진 기능층을 포함함으로써, 나노구조체와 세균 사이의 매우 강한 상호작용을 통해, 세균을 나노구조체에 고정시켜 영양이 부족한 조건으로 만들거나 세균을 파열 (rupture) 시킴으로서, 세균을 효과적으로 제거 또는 감소시킨다.
- [0023] 본 발명에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 명세서 내에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 예시적인 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 예시적인 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노구조체의 예시적인 단면도들이다.
- 도 4, 5는 본 발명의 일 실시예에 따라, iCVD에 의하여 중합된 기능층이 형성되기 전과 후의 나노구조체에 대한 XPS 분석 결과이다.
- 도 6, 7은 본 발명의 일 실시예에 따라, iCVD에 의하여 중합된 기능층이 형성되기 전과 후의 나노구조체에 대한, 라이브/데드 스테이닝 분석 결과이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 SEM 사진이다.
- 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 항균 효과 검증 결과물 사진이다.
- 도 10는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 제조방법의 순서도이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른, 인공수정체의 구조를 도시한다.
- 도 12는 본 발명의 다양한 실시예에 따른, 나노구조체의 인공수정체에 대한 어플리케이션의 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0026] 본 명세서에서, 명시적으로 반대로 언급되지 않는 한, "A 또는 (or) B," "A 및/또는 (and/or) B 중 적어도 하나," 또는 "A 또는/및 B 중 하나 또는 그 이상" 등의 표현은 비배타적 (non-exclusive) 으로 나열된 항목들의

모든 가능한 조합을 포함하는 것을 지칭하는 것으로 이해될 수 있다. 예를 들어, "또는 B"는 i) A, ii) B, 및 iii) A 및 B인 경우를 모두 포함하는 것으로 이해될 수 있고, "A 및 B 중 적어도 하나" 및 "A 또는 B 중 적어도 하나"는 i) 적어도 하나의 A, ii) 적어도 하나의 B, 및 iii) 적어도 하나의 A 및 적어도 하나의 B인 경우를 모두 포함하는 것으로 이해될 수 있다.

- [0027] 본 명세서에서, "가진다," "가질 수 있다," "포함한다," 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징의 존재를 의미할 뿐, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [0028] 본 명세서에서, "제 1," "제 2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 관련된 다양한 구성요소들을, 순서 및/또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐, 해당 구성요소들을 제한하지 않는다.
- [0029] 본 명세서에서, 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0030] 본 명세서에서, 다양한 실시예의 특징들 각각은 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하며, 통상의 기술자가 충분히 이해할 수 있는 바와 같이 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.
- [0031] 이하에서는, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 다양한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체 (100)의 예시적인 사시도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체 (100)의 예시적인 단면도이다.
- [0033] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체 (100)는 나노구조체층 (110), 및 기능층 (120)을 포함한다.
- [0034] 나노구조체층 (110)은 표면 (112), 및 표면 (112)으로부터 돌출된 복수의 나노필러들 (114)을 포함한다.
- [0035] 도 1에서 복수의 나노필러들 (114)은 상단 부분이 둥근 형태를 형성된 원통 형태를 가지는 것으로 도시되나, 본 발명의 다양한 실시예에서, 복수의 나노필러들 (114) 각각의 형상은 이에 제한되지 않으며, 복수의 나노필러들 (114) 상에 기능층 (120)이 형성되기 위한 표면을 갖는 모든 형태를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복수의 나노필러들 (114)은 전체적으로 원뿔, 원통, 막대, 관 등과 같은 다양한 형태를 가지면서 상단 부분은 둥글게 형성되거나 각지게 형성될 수 있다. 이러한 다양한 형태들은 나노와이어 (nonowire), 나노막대 (nanorod) 나노니들 (nanoneedle), 나노원뿔 (nonocone), 나노가시 (nanothrone) 등으로 지칭되기도 한다.
- [0036] 복수의 나노필러들 (114)은 탄성 중합체 (elastic polymer)로 이루어질 수 있다. 탄성 중합체는 탄성 (elasticity)을 가지기 때문에, 복수의 나노필러들 (114)이 변형된 경우, 복수의 나노필러들 (114)은 복원력을 가진다.
- [0037] 복수의 나노필러들 (114)은 세균을 감소 또는 제거하기 위해, 하여 적합한 직경, 높이, 및 배열된 간격을 가질 수 있다. 예를 들어, 복수의 나노필러들 (114)은 50 nm 내지 1,000 nm의 직경을 가질 수 있고, 바람직하게는 200 nm 내지 500 nm의 직경을 가질 수 있다. 복수의 나노필러들 (114)은 0.1 μm 내지 2 μm의 높이를 가질 수 있고, 바람직하게는 0.5 내지 1.5 μm의 높이를 가질 수 있다. 복수의 나노필러들 (114)은 0.2 μm 내지 2 μm의 간격을 가지고 배열될 수 있다. 본 명세서에서 복수의 나노필러들 (114)이 특정한 배열을 가지고 집합된 것을 나노필러 어레이 (nanopillar array)로 지칭한다.
- [0038] 다양한 실시예에서, 복수의 나노필러들 (114)은 서로 동일한 직경과 높이를 가지고 배열될 수 있다. 한편, 도 3에 도시되는 바와 같이, 복수의 나노필러들 (114)은 서로 직경 또는 높이를 달리하여 배열될 수도 있다. 이를 통해, 복수의 나노필러들 (114) 상에 형성될 기능층 (120)이 배열되는 형상이 다양해질 수 있어, 그 결과 보다 다양한 사이즈의 세균 또는 세균 콜로니에 대해 그 단부들이 기능층 (120)에 부착되는 것을 용이하게 할 수 있다. 동시에, 복수의 나노필러들 (114)이 배열되는 형상이 다양해질 수 있어, 복수의 나노필러들 (114) 상에 형성된 기능층 (120)에 고정된 세균들의 보다 다양하게 변형될 수 있다. 그 결과, 보다 다양한 사이즈의 세균 또는 세균 콜로니에 대해 고정과 매우 큰 변형을 야기할 수 있게 되어 나노구조체의 항균성이 향상된다.
- [0039] 도 3은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 나노구조체의 예시적인 단면도들이다. 예를 들어, 도 3(a)는 복수의 나노필러들 (114)이 일 단면에 있어서 특정 방향으로 증가되는 높이를 가지면서 배열되는 실시예를 도시한다. 도 3(b)는 복수의 나노필러들 (114)이 일 단면에 있어서 외측에 배열된 나노필러의 높이가 내측에 배

열린 나노필러의 높이보다 낮은 실시예를 도시한다. 도 3(c)는 복수의 나노필러들 (114) 이 일 단면에 있어서 내측에 배열된 나노필러의 높이가 외측에 배열된 나노필러의 높이보다 낮은 실시예를 도시한다.

- [0040] 나노구조체 (110) 상에 형성된, 기능층 (120) 은 일부 또는 전부가 이온성 고분자 (ionic polymer) 로 이루어질 수 있다. 기능층 (120) 은 이온성 고분자를 통해 극성을 가지게 되어, 특히 세균과 매우 강한 상호작용을 할 수 있고, 이를 통해 세균을 효과적으로 제거 또는 감소시킬 수 있다. 이와 관련된 기능층 (120)의 항균성에 대해서는 후술한다. 또한, 기능층 (120) 은 세균을 효과적으로 제거 또는 감소시키기 위해 적합한 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 기능층 (120) 은 10 nm 내지 100 nm의 두께를 가지도록 나노구조체 상에 형성될 수 있다.
- [0041] 본 발명의 다양한 실시예에 있어서, 기능층 (120) 의 이온성 고분자는, 개시제를 이용한 화학기상증착 (iCVD) 에 의하여, 양이온성 모노머 (anionic monomer) 와 음이온성 모노머 (anionic monomer) 의 중합으로 만들질 수 있다. 양이온성 모노머는 디메틸아미노에틸 메타크릴레이트 (dimethylaminoethyl methacrylate, DMAEMA), 2-디메틸아미노메틸 스티렌 (2-dimethylaminomethyl styrene, DMAMAS), n-비닐이미다졸 (n-vinylimidazole, VIDZ), 4-비닐 피리딘 (4-vinyl pyridine, 4VP) 중 적어도 하나를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다. 음이온성 모노머는 비닐벤질클로라이드 (vinyl benzyl chloride, VBC), 말레익 안하이드라이드 (maleic anhydride, MA), 글리시딜 메타크릴레이트 (Glycidyl methacrylate, GMA), 2-클로로에틸 아크릴레이트 (2-Chloroethyl acrylate, CEA) 중 적어도 하나를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다. 양이온성 모노머와 음이온성 모노머의 중합을 통해, 이온성 고분자인 p(VBC-co-DMAEMA), p(VBC-co-DMAMAS), p(VBC-co-VIDZ), p(VBC-co-4VP), p(MA-co-DMAEMA), p(MA-co-DMAMAS), p(MA-co-VIDZ), p(MA-co-4VP), p(GMA-co-DMAEMA), p(GMA-co-DMAMAS), p(GMA-co-VIDZ), p(GMA-co-4VP), p(CEA-co-DMAEMA), p(CEA-co-DMAMAS), p(CEA-co-VIDZ), p(CEA-co-4VP)가 형성될 수 있다.
- [0042] 형성된 이온성 고분자 p(VBC-co-DMAEMA)에서 VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10, 바람직하게는 1 : 2 내지 1 : 6이고, 보다 바람직하게는 1 : 4일 수 있다.
- [0043] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라, iCVD에 의해 중합된 기능층이 형성되기 전과 후의 나노구조체에 대한 XPS 분석 결과이다.
- [0044] 구체적으로, 도 4 및 도 5에는 “복수의 나노필러들 (114) 상에 VBC : DMAEMA 의 비가 1 : 4로 iCVD에 의하여 중합된, 이온성 고분자 p(DMAEMA-co-VBC) 로 이루어진 기능층 (120) 이 형성되기 전과 후의 나노구조체 (100) 에 대한 XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) 분석 결과” 가 도시된다.
- [0045] XPS 분석 결과, 결합 에너지 (binding energy) 의 변화를 통해, 이온성 고분자 p(VBC-co-DMAEMA) 가 복수의 나노필러들 (114) 상에 중합되는 과정에서, 중합 전에는 없었던, 질소 양이온 (N+) 이 생성되고, 그에 따라, 이온성 고분자 p(VBC-co-DMAEMA) 가 양전하 (positive charge) 를 가지게 된 것이 확인될 수 있다.
- [0046] 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라, iCVD에 의하여 중합된 기능층이 형성되기 전과 후의 나노구조체에 대한, 라이브/데드 스테이닝 분석 결과이다.
- [0047] 구체적으로, 도 6 및 도 7에는 “복수의 나노필러들 (114) 상에, VBC : DMAEMA 의 비가 1 : 4로 iCVD에 의하여 중합된, 이온성 고분자 p(VBC-co-DMAEMA) 로 이루어진 기능층 (120) 이 형성되기 전과 후, 37 °C 배양액에 이러한 나노구조체를 24 시간 동안 침습시킨 후, 그 배양액을 이용하여 인체세포인 각막내피세포 (corneal endothelial cell) 를 24 시간 동안 배양하고 확인한 라이브/데드 스테이닝 분석 결과” 가 도시된다.
- [0048] 라이브/데드 스테이닝 분석 결과, 기능층 (120) 이 형성되기 전과 후의 나노구조체 (100) 에서, 배양액에 살아 있는 각막내피세포와 죽은 각막상피세포를 구별하는 형광분석 이미지 (도 6) 을 참조하면, 살아 있는 각막내피세포의 수의 감소는 확인되지 않으며, 기능층 (120) 이 형성된 후 산정된 각막상피세포의 생존도 (viability) 는 기능층 (120) 이 형성되기 전에 산정된 각막상피세포의 생존도와 거의 차이가 없음이 확인된다. 따라서, 기능층 (120) 에서는 각막상피세포의 생존도를 떨어뜨리는 독성 등과 같은 인체세포에 대한 부작용이 없거나 최소화된다는 것이 확인된다.
- [0049] 나노구조체 (100) 의 나노구조체층 (110) 에 포함된 복수의 나노필러들 (114) 및, 복수의 나노필러들 (114) 상에 형성된 기능층 (120) 에 의해, 인체세포에 대한 부작용이 없거나 최소화되는 동시에, 세균이 효과적으로 제거 또는 감소되는 바, 이하에서는 나노구조체 (100)가 세균에 노출되는 경우, 항균이 이루어지는 과정이 기술된다..

- [0051] 나노구조체의 항균성
- [0052] 세균은 세포벽의 유형에 따라 그람양성균 (gram-positive bacteria) 와 그람음성균 (gram-negative bacteria) 으로 분류된다. 그람양성균의 세포벽은 테이코산 (choic acids) 으로 인해 음전하 (negative charge) 를 가지고, 그람음성균의 세포벽은 지질다당류 (lipopolysaccharide) 로 인해 음전하를 가지게 된다.
- [0053] 이와 달리, 기능층 (120) 은 이온성 고분자로 이루어지는데, 이온성 고분자가 양전하를 가지도록 형성되는 경우, 음전하를 가지는 그람양성균과 그람음성균의 세포벽과 양전하를 가지는 기능층 (120) 사이에 정전기적 인력 (electrostatic attraction) 이 발생하고, 정전기적 인력에 의한 매우 강한 상호작용에 의해, 기능층 (120) 이 세균을 매우 강하게 끌어당기게 되고 세균은 기능층 (120) 의 표면에 고정된다.
- [0054] 세균이 기능층 (120) 에 고정되는 경우, 세균의 콜로니형성 (colonization) 이 감소되고, 세균의 이동이 제한됨으로써 세균은 영양이 부족한 상태에 놓이게 된다. 또한, 기능층 (120) 은 고정된 세균과의 매우 강한 상호작용으로, 고정된 세균이 납작해지거나 (flattened) 늘어나는 (stretched) 등의 형상(morphology) 의 변형을 매우 크게 일으킨다.
- [0055] 또한, 기능층 (120) 은 복수의 나노필러들 (114) 상에 형성되기 때문에, 기능층 (120) 과 세균과의 매우 강한 상호작용은 복수의 나노필러들 (114) 의 변형도 일으킨다. 이에 따라, 탄성 중합체로 이루어진 복수의 나노필러들 (114) 은 탄성에 의한 복원력을 고정된 세균에 가하고, 가해진 탄성에 의한 복원력은 고정된 세균의 형상의 변형을 보다 크게 만들고, 그에 따라 세균은 그 형상의 변형에 대한 임계점을 넘어 변형되어 파열 (rupture) 될 수 있다.
- [0056] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 SEM 사진이다. 구체적으로, 도 8에는 '복수의 나노필러들 (114) 상에, VBC : DMAEMA의 비가 1 : 4로 iCVD의 의하여 중합된, 이온성 고분자 p(VBC-co-DMAEMA) 로 이루어진 기능층 (120) 이 형성된 후 황색포도알균 (S. aureus) 에 노출된 나노구조체 (100) 에 대한 전자주사현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM) 사진'이 도시된다. 도 8에서는 “나노구조체 (100) 상에 고정되고 변형이 일어난 상태의 황색포도알균들 뿐만 아니라, 형상의 변형에 대한 임계점을 넘어 파열된 황색포도알균들” 이 확인된다.
- [0057] 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 항균 효과 검증 결과물 사진이다. 구체적으로, 도 9에서는 '기능층 (120) 형성 전 나노구조체에서는 황색포도알균 도포 30 분 이후에 24 시간 배양 시 493 개의 황색포도알균 콜로니가 확인되는 것과 달리, 기능층 (120) 형성 후 나노구조체에서는 황색포도알균 도포 30 분 이후에 24시간 배양 시 황색포도알균 콜로니가 1개 이하만이 확인되어, 기능층 (120) 이 형성된 나노구조체가 99 % 이상의 뛰어난 항균성을 가지는 것'이 확인된다.
- [0058] 또한, 본 발명에 따른 나노구조체 (100) 는 그람양성균과 그람음성균 모두와 정전기적 인력에 의한 매우 강한 상호작용을 일으켜, 이들 모두를 효과적으로 제거 또는 감소시킬 수 있다.
- [0059] 기능층 (120) 은, 인체세포에 대해서는 생존도를 낮추는 부작용 없이, 그람양성균과 그람음성균 모두와 매우 강한 상호작용을 일으켜 이들에 대한 항균성을 가지기 때문에, 기능층 (120) 항원-항체반응 (antigen-antibody reaction) 에서 항체가 특정 항원에 대해서만 면역반응을 일으키는 것과 달리, 여러가지 항체를 이용하지 않고도 그람양성균과 그람음성균 모두에 대한 항균성을 가질 수 있다. 또한, 기능층 (120) 은 그람양성균과 그람음성균이 항생물질 민감성 (antibiotic susceptibility) 차이가 있어, 서로 다른 항생제를 사용하는 등 항균하는 방법을 달리하는 것과 달리, 그람양성균과 그람음성균 모두에 대해 항균성을 가질 수 있다.
- [0060] 예를 들어, 기능층 (120) 은, 안구 수술 후 내안구염 (Pseudomonas aeruginosa) 의 주요 원인이 되는, 그람양성균인 표피포도구균 (Staphylococcus epidermidis) 과 그람음성균인 녹농균 (Pseudomonas aeruginosa) 모두에 대해 항균성을 가질 수 있다.
- [0062] 항균성 나노구조체의 제조
- [0063] 본 발명의 다양한 실시예에서, 나노구조체(100)의 기능층 (120)은 개시제(initiator)를 이용한 화학적기상증착 (initiated Chemical Vapor Deposition, iCVD) 에 의하여 형성될 수 있다. iCVD는 보다 견고하고 고순도의 증착이 가능하며, 낮은 처리 온도가 가능한 특성으로 화학적 물리적으로 보다 약한 물질에도 증착이 가능하기 때문에, 특히 눈에 직접 접촉하는 상대적으로 약한 재질의 인공수정체, 안구 내 삽입되는 시력교정용 렌즈, 하드렌즈, 소프트렌즈, 컬러렌즈 등에 이용될 수 있는, 나노구조체의 제조에 유리할 수 있다.
- [0064] 도 10는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노구조체의 제조방법의 순서도이다. 먼저, 복수의 나노필러들 (114) 을

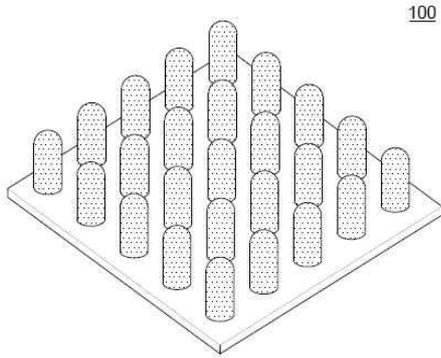
포함하는 나노구조체 (100) 가 프로세스 챔버에 제공된다 (단계 1010). 다음으로, 기상 (vapor phased) 의 양이온성 모노머, 음이온성 모노머, 및 개시제가 프로세스 챔버에 도입된다 (단계 1020). 다음으로, 도입된 개시제가 활성화된다 (단계 1030). 마지막으로, 활성화된 개시제를 이용하여 나노구조체 (110) 상에 기능층 (120) 이 형성(증착)된다 (단계 1040).

- [0065] 본 발명의 다양한 실시예에서, 양이온성 모노머와 음이온성 모노머의 종류 및 중합 비율은 전술한 바와 같다.
- [0066] 본 발명의 다양한 실시예에서, 개시제는 tert-부틸퍼옥사이드(tert-butyl peroxide, TBPO), tert-아밀퍼옥사이드(tert-amyl peroxide, TAP) 중 적어도 하나를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다.
- [0067] 본 발명의 다양한 실시예에서, 나노구조체 위에 형성되는 기능층 (120) 의 두께는 10 nm 내지 100 nm 일 수 있다.
- [0068] 본 발명의 일 실시예에서, 나노구조체가 제조되는 iCVD 공정조건은 i) 양이온성 모노머는 DMAEMA이고, 음이온성 모노머는 VBC이고, 개시제는 TBPO이며, ii) VBC : DMAEMA의 비는 1 : 4로 기화되어 프로세스 챔버에 도입되는 것일 수 있다.
- [0070] 인공수정체 등에 대한 어플리케이션
- [0071] 인공수정체(intraocular lens, IOL), 안구 수술에서 수정체 제거 후 이를 대체하기 위해 삽입된다. 본 발명의 다양한 실시예에서, 나노구조체는 인공수정체 자체에 항균성을 부여하기 위해 인공수정체에 적용될 수 있다. 이를 위해 나노구조체는 인공수정체에 다양한 방식으로 결합될 수 있다.
- [0072] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른, 인공수정체 (1100) 의 구조를 도시한다. 도 11을 참조하면, 인공수정체 (1100) 는 안구에 삽입 시 수정체 역할을 대신하게 되는 광학부 (optic, 1110), 및 안구에 삽입 시 인공수정체 (1100) 의 위치를 수정체 주머니에 고정시키거나 광학부 (1100) 의 광축을 안구에 고정시키는 햅틱부 (haptic, 1120) 를 포함할 수 있다. 도 11을 참조하면, 햅틱부 (1120) 는 광학부 (1110) 의 외측 주변에서 광학부 (1110) 에 결합되어, 서로 반대 방향으로 연장되는 형상을 가지나, 햅틱부 (1120) 의 형상은, 이에 제한되지 않고, 인공수정체 (1100) 를 수정체 주머니에 고정시키거나 광학부 (1110)의 광축에 안구를 고정시키기에 적합한 다른 다양한 형상을 가질 수 있다.
- [0073] 도 12은 본 발명의 다양한 실시예에 따라, 나노구조체 (100) 가 다양한 방식으로 인공수정체 (1100) 에 결합되는 어플리케이션을 도시한다. 도 12에서 나노구조체 (100) 는 단순한 원기둥 형상으로 간략하게 표현되나, 복수의 나노 필러들 (114) 또는 나노필러 어레이 각각이 직경, 높이, 또는 배열된 간격을 달리하여 형성된 것일 수 있다. 복수의 나노필러들 (114) 의 배열에 대해서는 도 3이 참조된다. 나노구조체 (100) 는 인공수정체 (1100) 의 광학부 (1110) 또는 햅틱부 (1120) 의 적어도 일부에 결합될 수 있다. 또한, 나노구조체 (100) 는 인공수정체 (1100) 의 광학부 (1110) 또는 햅틱부 (1120) 에 결합되는 경우, 광축에 수직인 표면 뿐만 아니라 광축에 수평한 표면에도 결합될 수 있다.
- [0074] 예를 들어, 도 12(a)에는 나노구조체 (100) 가 광학부(1100)의 외주부 (outer periphery) 를 따라 광축에 수직인 표면 상에 결합된 실시예가 도시된다. 도 12(b)에는 나노구조체 (100) 가 광학부 (1110)의 외주부 일부를 따라 광축에 수직인 표면 상에 결합된 실시예가 도시된다. 도 12(c)에는 나노구조체 (100) 가 햅틱부 (1120) 의 외주부를 따라 광축에 수직인 표면 상에 결합된 실시예가 도시된다. 도 12(d)에는 나노구조체 (100) 가 햅틱부 (1120) 의 외주부를 제외한 중앙 부분에서 광축에 수직인 표면 상에 결합된 실시예가 도시된다. 도 12(e)에는 나노구조체 (100) 가 광학부 (1110) 의 외주부 일부를 따라 광축에 수평한 에지 표면 상에 결합된 실시예가 도시된다. 도 12(f)에는 나노구조체 (100) 가 햅틱부 (1120) 의 외주부 일부를 따라 광축에 수평한 에지 표면 상에 결합된 실시예가 도시된다.
- [0075] 한편, 본 발명에 따른 나노구조체는 인공수정체에 결합되는 어플리케이션을 통해 이용될 수 있을 뿐만 아니라, 나아가 안구 내 삽입되는 시력교정용 렌즈, 하드렌즈, 소프트렌즈, 콘택트렌즈 등 안구와 직접적으로 접촉하는 렌즈 등에 이용될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 나노구조체는 안구와 직접적으로 접촉하는 렌즈 등을 보 관하는 용기 등에 결합되어, 결과적으로 안구와 직접적으로 접촉하는 렌즈 등이 세균에 노출될 가능성을 제거 또는 감소시킬 수 있다.
- [0076] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한

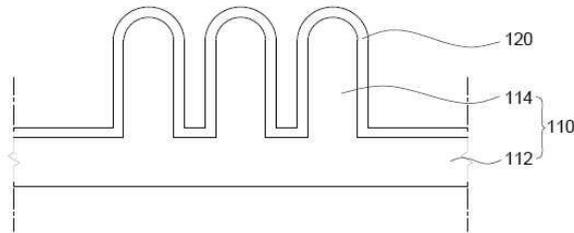
것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

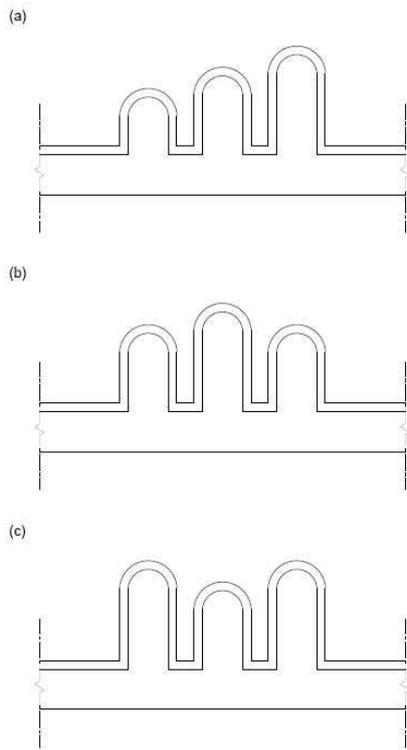
도면1



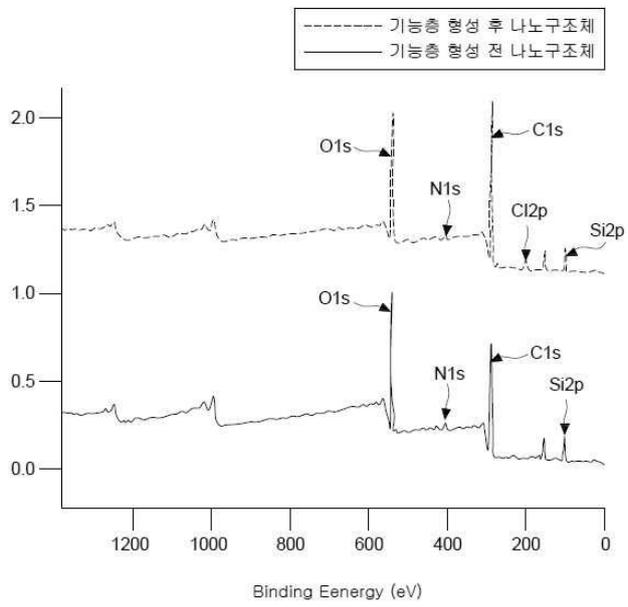
도면2



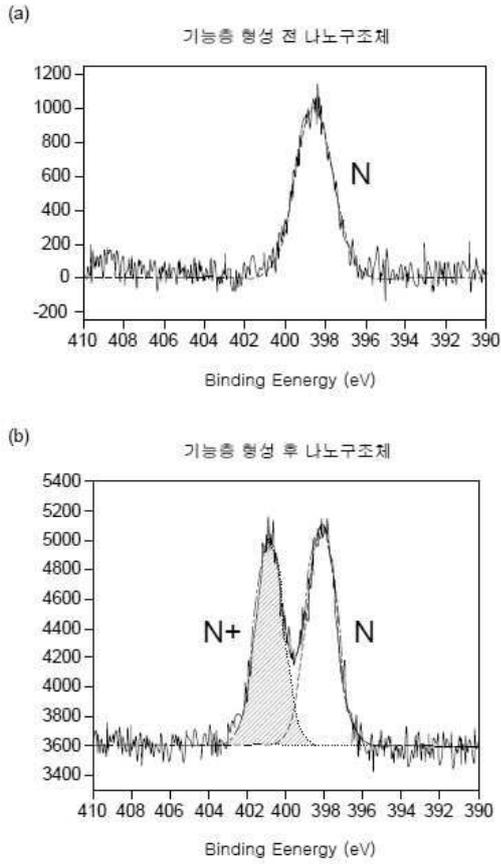
도면3



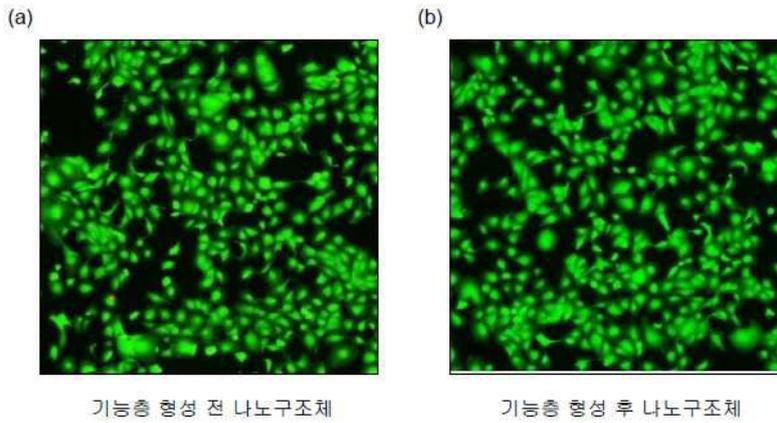
도면4



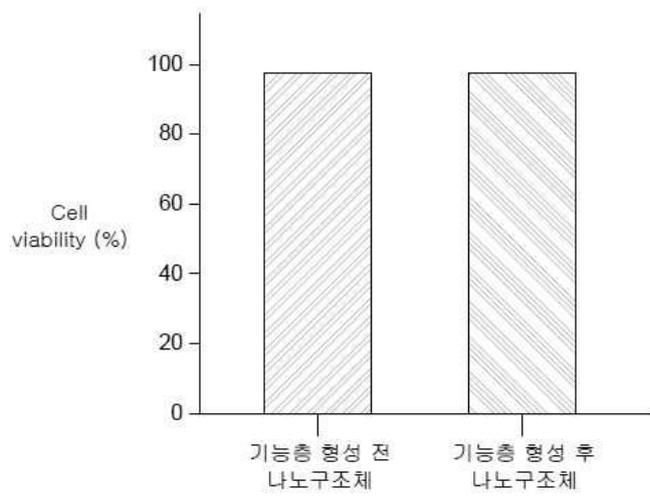
도면5



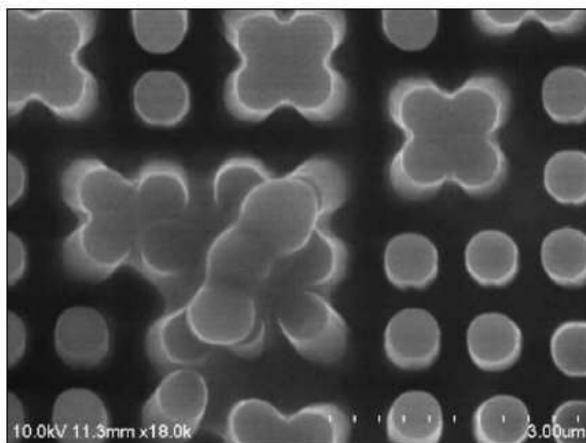
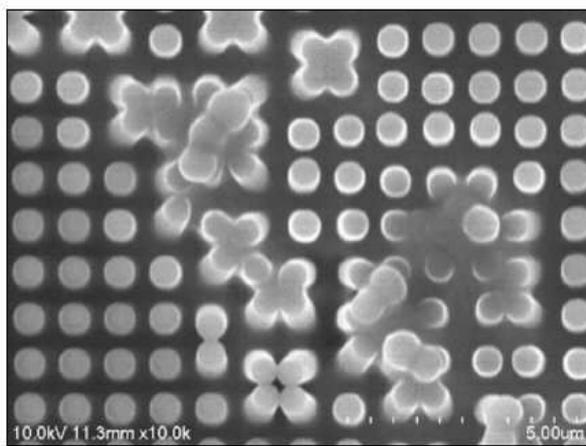
도면6



도면7

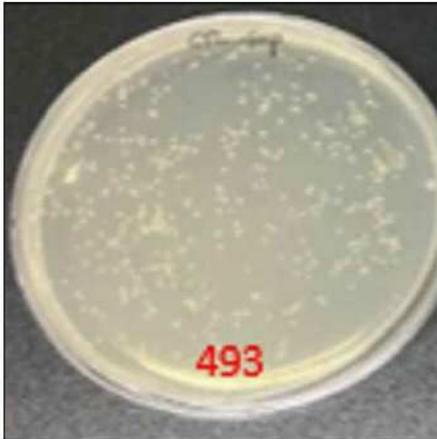


도면8



도면9

(a)



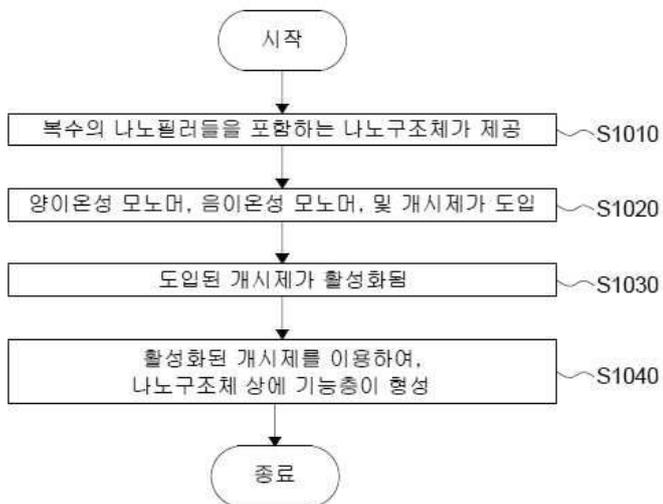
기능층 형성 전 나노구조체

(b)

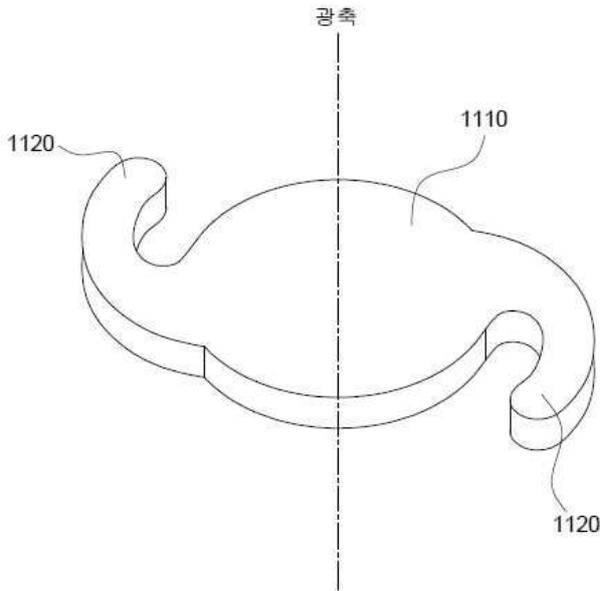


기능층 형성 후 나노구조체

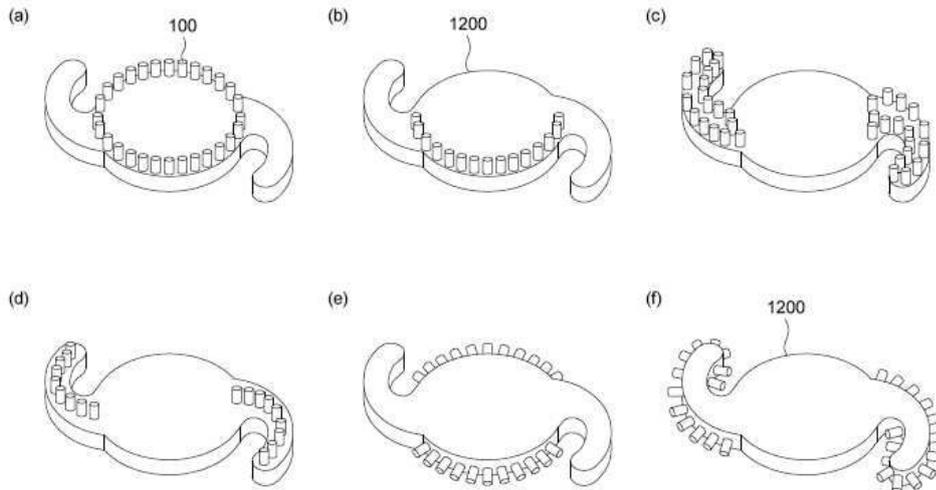
도면10



도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 13

【변경전】

제 12 항에 있어서,

상기 양이온성 폴리머는 DMAEMA이고, 상기 음이온성 폴리머는 VBC이고, 상기 개시제는 TBPO이고,

VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10인, 방법.

【변경후】

제 12 항에 있어서,

상기 양이온성 모노머는 DMAEMA이고, 상기 음이온성 모노머는 VBC이고, 상기 개시제는 TBPO이고,

VBC : DMAEMA의 비는 1 : 1 내지 1 : 10인, 방법.