



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0001580
(43) 공개일자 2017년01월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01F 7/00 (2006.01) B01F 7/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01F 7/0025 (2013.01)
B01F 7/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0066446
(22) 출원일자 2016년05월30일
심사청구일자 2016년05월30일
(30) 우선권주장
1020150091394 2015년06월26일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김중배
서울특별시 강남구 역삼로 309, 101동 1501호 (역삼동, 래미안펜타빌아파트)
홍성길
서울특별시 성북구 길음로 74, 506동 1901호 (길음동, 래미안)
(74) 대리인
특허법인이룸리온

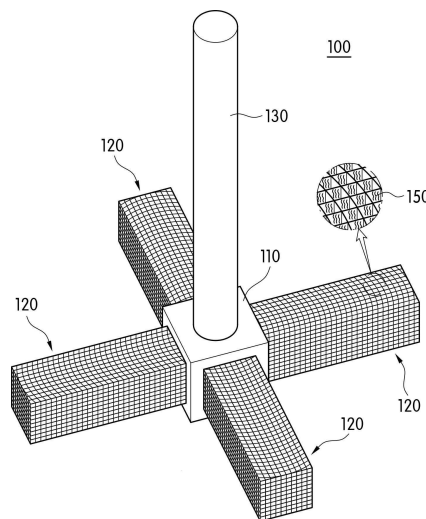
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 3차원 메쉬 구조체 및 이를 포함하는 메쉬 임펠러

(57) 요약

3차원 형상의 메쉬 구조체 및 이를 포함하는 메쉬 임펠러가 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 형상의 메쉬 구조체는 제1방향으로 형성되며 서로 이격 배치되는 복수 개의 제1메쉬선과, 상기 복수 개의 제1메쉬선과 교차되는 방향으로 서로 이격 배치되는 복수 개의 제2메쉬선을 포함하는 판상구조물;을 포함하며, 상기 판상구조물은 적어도 하나 이상 적층되고, 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01F 7/00558 (2013.01)

B01F 7/16 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2014043032
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	글로벌연구실사업
연구과제명	미생물 오염 방지 및 제거를 위한 나노바이오촉매 소재 개발
기 여 율	50/100
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2015.08.01 ~ 2016.06.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	20142020200980
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국에너지기술평가원
연구사업명	나노바이오촉매 기반 고효율 이산화탄소 전환 및 활용 기술 개발
연구과제명	에너지기술개발사업
기 여 율	45/100
주관기관	고려대학교
연구기간	2015.10.01 ~ 2016.09.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2014M3A7B4052193
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	나노소재원천기술개발사업
연구과제명	나노섬유 기반 3차원 복합구조 담체 및 전달기술 개발
기 여 율	5/100
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2015.09.01 ~ 2016.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1방향으로 형성되며 서로 이격 배치되는 복수 개의 제1메쉬선과, 상기 복수 개의 제1메쉬선과 교차되는 방향으로 서로 이격 배치되는 복수 개의 제2메쉬선을 포함하는 판상구조물;을 포함하며,

상기 판상구조물은 적어도 하나 이상 적층되고, 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나를 포함하는 3차원 메쉬 구조체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적층된 판상구조물들 사이에는 내부공간이 형성되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 판상구조물들 중 임의의 제1판상구조물의 일측 면 가장자리에는 돌기가 형성되며,

상기 제1판상구조물과 이웃하는 제2판상구조물의 일측 면 가장자리에는 상기 돌기가 삽입되는 삽입홈이 형성되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수 개의 판상구조물 각각에 삽입홈이 형성되고, 상기 복수 개의 판상구조물을 적층시킨 후, 상기 삽입홈에 결합봉이 결합되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나는 흡착, 이온결합, 공유결합 또는 접착성 물질에 의해 상기 판상구조물의 표면에 결합되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나는 3차원 구조물에 결합되어 흡착, 이온결합, 공유결합 또는 접착성 물질에 의해 상기 판상구조물의 표면에 결합되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 3차원 구조물은 적어도 하나 이상의 판상구조물의 표면에서 직접적으로 성장하거나, 흡착, 이온결합, 공유결합 또는 접착성 물질에 의해 결합되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 판상구조물 중 서로 이웃하는 판상구조물 사이에는 내부 공간이 형성되고,

상기 내부 공간에 상기 3차원 구조물이 내장되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 3차원 구조물은 고분자 섬유, 다공성 입자, 탄소 튜브, 고분자 튜브, 와이어, 필라, 그래핀, 폴러렌, 구형 입자 중 적어도 하나를 포함하는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 고분자는 폴리아닐린, 폴리피롤, 폴리티오펜, 아크릴로나이트릴-뷰타디엔-스티렌, 폴리락틱산, 폴리비닐알콜, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리비닐리데인 플로라이드, 폴리우레탄, 폴리염화비닐, 폴리스티렌, 폴리카프로락탐, 폴리락틱-co-글리콜산, 폴리글리콜산, 폴리카프로락톤, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리다이메틸실록산, 테플론, 콜라겐, 폴리스티렌-co-무수말레산, 나일론, 셀룰로오즈, 키토산 및 실리콘 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 고분자 섬유, 또는 고분자 튜브인 3차원 메쉬 구조체.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 유기 촉매는 탄산무수화 효소, 당산화 효소, 트립신, 키모트립신, 서브틸리신, 파파인, 서몰리신, 리파아제, 펙톡시다아제, 아실라아제, 락토나제, 프로테아제, 티로시나아제, 라카아제, 셀룰라아제, 자일라나제, 유기 포스포하이드롤레이즈, 콜린에스테라아제, 포름산 탈수소 효소, 알데히드 탈수소 효소, 알코올 탈수소 효소, 포도당 탈수소 효소, 및 포도당 이성화 효소 중 적어도 하나를 포함하는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 무기 촉매 물질은 플래티늄, 백금, 로듐, 팔라듐, 납, 이리듐, 루비듐, 철, 니켈, 아연, 코발트, 구리, 망간, 티타늄, 루테튬, 은, 몰리브덴, 텅스텐, 알루미늄, 철, 안티몬, 주석, 비스무트, 바륨, 오스뮴, 산화질소, 산화구리, 산화망간, 산화티타늄, 산화바나듐, 산화아연 중 적어도 하나를 포함하는 금속 촉매 중 적어도 하나를 포함하는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 바이오분자는 효소, 알부민, 인슐린, 콜라겐, 항체, 항원, 프로테인A, 프로테인G, 아비딘, 스트렙타비딘, 바이오틴, 핵산, 펩타이드, 렉틴(Lectin), 탄수화물 중 적어도 하나를 포함하는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 14

제 6 항에 있어서,

상기 바이오분자는 이종의 바이오 분자의 특이적 결합을 통해 3차원 구조물 또는 3차원 메쉬 구조체에 결합되는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 이종 바이오 분자들의 특이적 결합으로는 항체-항원, 프로테인A-항체, 프로테인G-항체, 핵산-핵산 하이브리드, 앵타머-바이오분자, 아비딘-비오틴(Avidin-biotin), 스트렙타비딘-비오틴(Streptavidin-biotin), 렉틴-탄수화물(Lectins-carbohydrate), 렉틴-글리코실단백질(Lectin-glycoprotein)을 중 적어도 하나를 포함하는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 메쉬 구조체는 아크릴로나이트릴-뷰타디엔-스티렌, 폴리락틱산, 폴리비닐알콜, 폴리카프로락탐, 폴리카프로락톤, 폴리락틱-co-글리콜산, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리프로필렌 옥사이드, 폴리우레탄, 폴리글리콜산, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스티렌, 폴리디메틸실록산, 테플론, 유리, 금, 은, 알루미늄, 철, 구리, 플래티늄, 티타늄, 니켈, 아연 및 실리콘 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는, 3차원 메쉬 구조체.

청구항 17

중심에 회전축이 결합되는 결합부; 및

상기 결합부의 측면에 결합되며, 제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항을 포함하는 적어도 하나의 3차원 메쉬 구조체;를 포함하는 임펠러.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 3차원 메쉬 구조체는 단일체인, 메쉬 임펠러

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 메쉬 구조체는 상기 결합부의 측면에 탈착 가능하도록 연결부가 구비되는, 메쉬 임펠러

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자와 같은 물질을 고집적된 3차원 메쉬 구조체 및 이를 포함하는 메쉬 임펠러에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 임펠러는 유체의 흐름을 인위적으로 조작하거나 유체의 흐름을 이용해서 원하는 운동을 만들어 내는 장치이다. 종류에 따라서 임펠러는 발전소와 같은 대규모의 터빈에서부터 수압을 만들어 내는 펌프, 비행기의 엔진의 터빈, 및 반응기 혹은 교반 탱크에서 혼합용 임펠러 등 다양한 목적에 따라 방대한 형태로 설계되고 그에 따른 효율성과 유체의 흐름들도 연구되어 왔다.

[0003] 임펠러는 그 목적과 용도에 따라 프로펠러형, 노형, 스크류형, 터빈형, 격자형 등 다양한 형태가 연구되어 왔다. 강한 유체의 흐름 및 고점도의 유체의 혼합을 위한 산업용부터 단순 혼합을 위한 가정용까지 다양한 응용을 위하여 수 많은 임펠러가 개발되어 왔다.

[0004] 임펠러는 단순 혼합의 목적에서 벗어나서, 표면에 촉매와 같은 유용 물질을 부착하여 반응시키는 형태로도 연구가 되어 왔다. 이러한 임펠러는 고체상, 액체상, 기체상의 형태로 물질들을 혼합하고 반응기내의 반응 물질들이 잘 반응할 수 있도록 하는데 중요한 역할을 한다. 또한 반응이 종료한 이후에 촉매 물질들을 따로 분리해낼 필요가 없어 공정이 단순해지는 장점이 있다.

[0005] 그런데 종래의 이러한 임펠러는 비표면적이 작아, 촉매와 같은 유용한 물질을 고집적하는 것이 불가능한 문제점이 있다. 전체적인 반응속도가 느림에 따라 반응기의 수율이 낮아지고, 이를 향상시키기 위해 반응시간이 필연적으로 길어질 수 밖에 없다. 이는 산업적인 공정에서 전체 공정시간의 상승으로 이어지고, 이는 공정비용의 상승을 가져오는 치명적인 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 3차원 형상을 가지는 메쉬 구조체에 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자와 같은 물질을 고집적(高集積) 시킴으로써, 반응성을 촉진할 수 있는 3차원 메쉬 구조체 및 이를 포함하는 임펠러를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 측면에 따르면, 제1방향으로 형성되며 서로 이격 배치되는 복수 개의 제1메쉬선과, 상기 복수 개의 제1메쉬선과 교차되는 방향으로 서로 이격 배치되는 복수 개의 제2메쉬선을 포함하는 판상구조물;을 포함하며, 상기 판상구조물은 적어도 하나 이상 적층되고, 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나를 포함하는 3차원 메쉬 구조체를 포함한다.

[0008] 또한, 상기 적층된 판상구조물들 사이에는 내부공간이 형성될 수 있다.

[0009] 또한, 상기 판상구조물들 중 임의의 제1판상구조물의 일측 면 가장자리에는 돌기가 형성되며, 상기 제1판상구조물과 이웃하는 제2판상구조물의 일측 면 가장자리에는 상기 돌기가 삽입되는 삽입홈이 형성될 수 있다.

[0010] 또한, 상기 복수 개의 판상구조물 각각에 삽입홈이 형성되고, 상기 복수 개의 판상구조물을 적층시킨 후, 상기 삽입홈에 결합봉이 결합될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나는 흡착, 이온결합, 공유결합 또는 접착성 물질에 의해 상기 판상구조물의 표면에 결합될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자 중 적어도 하나는 3차원 구조물에 결합되어 흡착, 이온결합, 공유결합 또는 접착성 물질에 의해 상기 판상구조물의 표면에 결합될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 3차원 구조물은 적어도 하나 이상의 판상구조물의 표면에서 직접적으로 성장하거나, 흡착, 이온결합, 공유결합 또는 접착성 물질에 의해 결합될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 적어도 하나 이상의 판상구조물 중 서로 이웃하는 판상구조물 사이에는 내부 공간이 형성되고, 상기 내부 공간에 상기 3차원 구조물이 내장될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 3차원 구조물은 고분자 섬유, 다공성 입자, 탄소 튜브, 고분자 튜브, 와이어, 필라, 그래핀, 폴리렌, 구형입자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 고분자는 폴리아닐린, 폴리피롤, 폴리티오펜, 아크릴로나이트릴-뷰타디엔-스티렌, 폴리락틱산, 폴리비닐알콜, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리비닐리데인 플로라이드, 폴리우레탄, 폴리염화비닐, 폴리스티렌, 폴리카프로락탐, 폴리락틱-co-글리콜산, 폴리글리콜산, 폴리카프로락톤, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리다이메틸실록산, 테플론, 콜라겐, 폴리스티렌-co-무수말레산, 나일론, 셀룰로오스, 키토산 및 실리콘 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 고분자 섬유, 또는 고분자 튜브일 수 있다.

[0017] 또한, 상기 유기 촉매는 탄산무수화 효소, 당산화 효소, 트립신, 키모트립신, 서브틸리신, 파파인, 서몰리신, 리파아제, 펠폭시다아제, 아실라아제, 락토나제, 프로테아제, 티로시나아제, 라카아제, 셀룰라아제, 자일라나제, 유기포스포하이드롤레이즈, 콜린에스테라아제, 포름산 탈수소 효소, 알데히드 탈수소 효소, 알코올 탈수소 효소, 포도당 탈수소 효소, 및 포도당 이성화 효소 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 무기 촉매 물질은 플래티늄, 백금, 로듐, 팔라듐, 납, 이리듐, 루비듐, 철, 니켈, 아연, 코발트, 구리, 망간, 티타늄, 루테튬, 은, 몰리브덴, 텅스텐, 알루미늄, 철, 안티몬, 주석, 비스무트, 바륨, 오스뮴, 산화질소, 산화구리, 산화망간, 산화티타늄, 산화바나듐, 산화아연 중 적어도 하나를 포함하는 금속 촉매 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 바이오분자는 효소, 알부민, 인슐린, 콜라겐, 항체, 항원, 프로테인A, 프로테인G, 아비딘, 스트렙타비딘, 바이오틴, 핵산, 펩타이드, 렉틴(Lectin), 탄수화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 바이오분자는 이중의 바이오 분자의 특이적 결합을 통해 3차원 구조물 또는 3차원 메쉬 구조체에 결합될 수 있다.

[0021] 또한, 상기 이중 바이오 분자들의 특이적 결합으로는 항체-항원, 프로테인A-항체, 프로테인G-항체, 핵산-핵산 하이브리드, 앵타머-바이오분자, 아비딘-비오틴(Avidin-biotin), 스트렙타비딘-비오틴(Streptavidin-biotin), 렉틴-탄수화물(Lectins-carbohydrate), 렉틴-글리코실단백질(Lectin-glycoprotein)을 중 적어도 하나를 포함할

수 있다.

[0022] 또한, 상기 메쉬 구조체는 아크릴로나이트릴-뷰타디엔-스티렌, 폴리락틱산, 폴리비닐알콜, 폴리카프로락탐, 폴리카프로락톤, 폴리락틱-co-글리콜산, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리우레탄, 폴리글리콜산, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스티렌, 폴리디메틸실록산, 테플론, 유리, 금, 은, 알루미늄, 철, 구리, 플래티늄, 티타늄, 니켈, 아연 및 실리콘 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0023] 한편, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 중심에 회전축이 결합되는 결합부; 및 상기 결합부의 측면에 결합되며, 전술한 구성을 포함하는 적어도 하나의 3차원 메쉬 구조체;를 포함하는 임펠러를 제공한다.

[0024] 또한, 상기 3차원 메쉬 구조체는 단일체일 수 있다.

[0025] 또한, 상기 메쉬 구조체는 상기 결합부의 측면에 탈착 가능하도록 연결부가 구비될 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체 및 이를 포함하는 메쉬 임펠러에 따르면, 3차원 메쉬 구조체 표면 및 내부 공간에 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자들이 고집적(高集積)되어 유체와 반응하기 때문에, 종래기술에 비하여 높은 속도로 반응이 진행될 수 있는 장점이 있다.

[0027] 또한, 메쉬 구조체가 3D 메쉬 구조로 형성되어 반응 유체가 내부까지 통과하기 때문에, 전체적인 반응 면적이 넓어질 수 있으며, 고집적된 촉매 및 바이오분자에 의해 반응 수율이 향상될 수 있다.

[0028] 또한, 3차원 메쉬 구조체에 각각에 다른 물질을 담지하여 연쇄 반응이 일어날 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러를 도시한 사시도이다.

도 2는 도 1의 분해 사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러의 메쉬 구조체를 도시한 사시도이다.

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러의 메쉬 구조체를 도시한 평면도로써, 도 4a는 도 3에서 A 방향에서 본 평면도이며, 도 4b는 도 3에서 B 방향에서 본 평면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 메쉬 구조체에 고정화된 효소의 열안정성을 실험한 데이터이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 메쉬 구조체에 GOx를 고정화시켜 실험한 데이터이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 메쉬 구조체에 GOx 및 HRP를 고정화시켜 실험한 데이터이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 메쉬 구조체의 제2실시예를 도시한 사시도이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 제2실시예의 메쉬 구조체를 구성하는 메쉬 구조체의 분해 사시도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 제2실시예의 메쉬 구조체에 항원을 고정화하여 실험한 데이터이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 메쉬 구조체의 제3실시예를 도시한 사시도이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 제3실시예의 메쉬 구조체를 구성하는 메쉬 구조체의 분해 사시도이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 메쉬 구조체를 갖는 임펠러에 구비된 제3실시예의 메쉬 구조체에 GOx 고정화시켜 실험한 데이터이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.
- [0032] 본 발명에 따른 임펠러(100)는 결합부(110) 및 3차원 메쉬 구조체(120)를 포함할 수 있다.
- [0033] 상기 결합부(110)는 하나 이상의 메쉬 구조체(120)를 일 방향으로 회전시키기 위한 것으로, 정육면체 형상을 갖는다.
- [0034] 또한, 상기 결합부(110)의 상부에는 메쉬 구조체(120, 120', 120'')를 일 방향으로 회전시키기 위한 회전축(130)이 결합될 수 있으며, 도 2에 도시된 바와 같이, 측면부에는 메쉬 구조체(120, 120', 120'')가 결합되기 위한 결합홀(111)이 형성될 수 있다.
- [0035] 한편, 본원발명의 상세한 설명 및 도면에서는 결합부(110)의 형상이 정육면체 형상으로 형성되는 것으로 설명 및 도시하고 있으나 이로 제한되지는 않는다. 구체적으로, 육면체 형상 또는 구 형상으로 형성될 수 있으며, 상기 하나 이상의 메쉬 구조체와 결합되어 일 방향으로 회전할 수 있는 형상이라면 어떠한 형상으로도 형성될 수 있다.
- [0036] 상기 메쉬 구조체(120, 120', 120'')는 하나 이상 구비되어 상기 결합부(110)의 측면부에 결합될 수 있으며, 보다 상세하게는 상기 결합부(110)의 측면부에 형성되는 결합홀(111)에 결합된다.
- [0037] 이때, 상기 메쉬 구조체(120, 120', 120'')의 일단에는 상기 결합홀(111)에 결합되기 위한 연결부(140)가 구비될 수 있다.
- [0038] 상기 연결부(140)는 소정의 길이를 가지고 상기 메쉬 구조체(120, 120', 120'')의 일단에서 돌출되게 구비될 수 있으며, 상기 하나 이상의 메쉬 구조체(120, 120', 120'')는 상기 연결부(140)에 의해 상기 결합부(110)에서 착탈 가능하게 설치될 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 연결부(140)와 상기 결합홀(111)은 서로 대응되는 형상 및 크기로 형성된다.
- [0040] 한편, 하나 이상의 상기 메쉬 구조체(120, 120', 120'')는 상기 회전축(130)에 수직인 평면 상에 동일 간격으로 이격 배치될 수 있다. 본 실시예에서는 4 개의 메쉬 구조체가 90도 간격으로 배치된 것을 예시하였으나, 그 수 및 배치 각도가 이에 제한된 것은 아니다.
- [0041] 또한, 상기 메쉬 구조체(120, 120', 120'')는 3차원 형상의 메쉬 형태로 형성될 수 있다.
- [0042] 상기 메쉬 구조체(120, 120', 120'')는 직육면체 형상으로 일례로, 상기 메쉬 구조체의 내부 및 외부가 메쉬 형태로 형성되므로 반응장치의 크기와 반응물의 형상에 따라 상기 메쉬 구조체 전체적인 크기를 조절할 수 있다.
- [0043] 이러한 상기 메쉬 구조체는 서로 교차하도록 배치되는 복수 개의 제1메쉬선 및 복수 개의 제2메쉬선을 포함한다. 또한, 상기 제1메쉬선 및 제2메쉬선의 교차 배열로 다수 개의 다공홀이 형성될 수 있다.
- [0044] 여기서, 상기 제1메쉬선 및 제2메쉬선 사이의 간격은 반응장치 내에서 반응하는 분자의 크기나 형상에 따라 조절할 수 있다. 즉, 다공홀의 크기를 조절할 수 있다.
- [0045] 이때, 상기 메쉬 구조체는 아크릴로나이트릴-뷰타디엔-스티렌, 폴리락틱산, 폴리비닐알콜, 폴리카프로락탐, 폴리카프로락톤, 폴리락틱-co-글리콜산, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리우레탄, 폴리글리콜산, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스티렌, 폴리디메틸실록산, 테플론, 유리, 금, 은, 알루미늄, 철, 구리, 플래티늄, 티타늄, 니켈, 아연 및 실리콘 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0046] 아울러, 상기 메쉬 구조체에는 무기 촉매 및 유기 촉매 등의 촉매물질들이 부착 혹은 내장될 수 있다.
- [0047] 이때, 상기 메쉬 구조체는 내부 및 외부에 유기 및 무기 촉매물질 또는 바이오분자들이 3차원 구조체에 의하여 고집적(高集積) 될 수 있다.

- [0048] 또한, 유기 촉매, 무기 촉매 또는 바이오분자들을 상기 메쉬 구조체의 내부 및 외부에 부착 시 여러 가지 화학적 접착 기술을 사용하여 부착시킬 수 있으며, 또는 작용기가 있는 소재를 사용하면 소재의 작용기를 이용할 수 있고, 작용기가 없는 소재는 다른 표면 처리 등의 화학적 접착 방법을 사용하여 다양한 물질들을 부착시킬 수 있다.
- [0049] 구체적으로, 상기 메쉬 구조체의 표면에 고정부재가 구비되며, 상기 고정부재는 3차원 구조물일 수 있으며, 이를 통하여 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자들이 고집적(高集積) 될 수 있다.
- [0050] 여기서, 상기 유기 촉매, 무기촉매 및 바이오분자들은 물리적 단순 흡착 방법, 물질간의 이온 결합을 이용하는 방법, 또는 물질의 작용기를 이용한 화학적 결합 방법을 사용 할 수 있고, 폴리도파민(polydopamine), 폴리노레피네프린(polynorepinephrine) 과 같이 카테콜(catechol)기를 기반으로 하는 접착성 물질을 이용하는 방법 등 다양한 방법을 통하여 유기 촉매, 무기 촉매 또는 바이오분자들이 상기 메쉬 구조체 및 3차원 구조물에 부착될 수 있다.
- [0051] 한편, 상기 3차원 구조물은 고분자 섬유, 다공성 입자, 탄소 튜브, 고분자 튜브, 와이어, 필라, 그래핀, 풀러렌, 구형입자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0052] 여기서, 상기 고분자는 폴리아닐린, 폴리피롤, 폴리티오펜, 아크릴로나이트릴-뷰타디엔-스티렌, 폴리락틱산, 폴리비닐알콜, 폴리아크릴로니트릴, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리비닐리데인 플로라이드, 폴리우레탄, 폴리염화비닐, 폴리스티렌, 폴리카프로락탐, 폴리락틱-co-글리콜산, 폴리글리콜산, 폴리카프로락톤, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리다이메틸실록산, 테플론, 콜라겐, 폴리스티렌-co-무수말레산, 나일론, 셀룰로우스, 키토산 및 실리콘 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 고분자 섬유, 또는 고분자 튜브일 수 있다.
- [0053] 또한, 상기 유기 촉매는 탄산무수화 효소, 당산화 효소, 트립신, 키모트립신, 서브틸리신, 파파인, 서몰리신, 리파아제, 펙톡시다아제, 아실라아제, 락토나제, 프로테아제, 티로시나아제, 라카아제, 셀룰라아제, 자일라나제, 유기포스포하이드롤레이즈, 콜린에스테라아제, 포름산 탈수소 효소, 알데히드 탈수소 효소, 알코올 탈수소 효소, 포도당 탈수소 효소, 및 포도당 이성화 효소 중 적어도 하나를 포함하는 효소 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며,
- [0054] 또한, 상기 무기 촉매는 플래티늄, 백금, 로듐, 팔라듐, 납, 이리듐, 루비듐, 철, 니켈, 아연, 코발트, 구리, 망간, 티타늄, 루테튬, 은, 몰리브덴, 텅스텐, 알루미늄, 철, 안티몬, 주석, 비스무트, 바륨, 오스뮴, 산화질소, 산화구리, 산화망간, 산화티타늄, 산화바나듐, 산화아연 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0055] 또한 상기 바이오분자는 효소, 알부민, 인슐린, 콜라겐, 항체, 항원, 프로테인A, 프로테인G, 아비딘, 스트렙타비딘, 바이오틴, 핵산, 펩타이드, 렉틴(Lectin), 탄수화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0056] 아울러, 상기 바이오분자는 이중의 바이오 분자의 특이적 결합을 통해 3차원 구조물 또는 3차원 메쉬 구조체에 결합될 수 있다.
- [0057] 이때, 상기 이중 바이오 분자들의 특이적 결합으로는 항체-항원, 프로테인A-항체, 프로테인G-항체, 핵산-핵산 하이브리드, 앵타머-바이오분자, 아비딘-비오틴(Avidin-biotin), 스트렙타비딘-비오틴(Streptavidin-biotin), 렉틴-탄수화물(Lectins-carbohydrate), 렉틴-글리코실단백질(Lectin-glycoprotein) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0058] 상술한 바와 같은 구성을 갖는 메쉬 구조체는 다양한 형태로 형성될 수 있으며, 다양한 형태를 갖는 메쉬 구조체에 대해서는 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0060] -메쉬 구조체의 제1실시에-
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 임펠러(100)에 구비되는 메쉬 구조체(120)의 제1실시예는 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 복수 개의 판상구조물(125)이 상/하 방향으로 적층됨으로써 형성될 수 있다.
- [0062] 이때, 판상구조물(125)은 제1방향을 따라 연장되며 이격 배치되는 복수 개의 제1메쉬선(126)과, 상기 제1메쉬선들(126)과 교차되는 방향으로 이격 배치되는 복수 개의 제2메쉬선(127)을 포함할 수 있다.
- [0063] 이때, 상기 제1메쉬선(126)들은 판상구조물(125)의 길이 방향을 따라 형성될 수 있고, 상기 제2메쉬선(127)들은

제1메쉬선(126)들에 교차되어 배치된다.

- [0064] 즉, 판상구조물(125)은 동일 평면 상에 복수 개의 제1메쉬선(126) 및 상기 제2메쉬선(127)의 교차 배열에 의해 형성되며, 판상구조물(125)에는 상기 제1메쉬선(126) 및 상기 제2메쉬선(127)의 교차 배열로 다수 개의 다공홀(128)이 형성된다.
- [0065] 그리고, 메쉬 구조체(120)는 상기 제1메쉬선(126) 및 상기 제2메쉬선(127)이 교차 배열되는 복수 개의 판상구조물(125)이 상/하 방향으로 적층된 구조이므로, 다공홀(128)들도 상/하 방향으로 균일하게 배열된다.
- [0066] 또한, 제1메쉬선(126)은 도 3의 A 방향에서 보면 도 4a에 도시된 바와 같이 제1방향을 따라 직선 방향으로 연장되어 형성될 수 있으며, 제2메쉬선(127)은 도 3의 B 방향에서 보면 도 4b에 도시된 바와 같이 상기 회전축(130)의 원주 방향으로 만곡되어 형성될 수 있다.
- [0067] 이와 같은 구성을 갖는 제1실시예에 따른 상기 메쉬 구조체(120)는 다양한 방법으로 표면에 효소를 부착할 수 있으며, 다양한 방법 중 하나의 방법을 일례로 메쉬 구조체(120)의 표면에 효소를 부착하는 방법을 설명한다.
- [0068] 일례로, 상기 메쉬 구조체(120)는 ABS 고분자를 이용하여 제조될 수 있으며, 상기 메쉬 구조체(120)는 예를 들어, 30mm×15mm×5mm의 크기로, 상기 제1메쉬선(126) 및 제2메쉬선(127)은 0.4 내지 0.5mm의 두께로, 복수 개의 제1메쉬선(126) 및 제2메쉬선(127)의 간격은 1.5 내지 2mm를 갖도록 제조될 수 있다.
- [0069] 여기서, 상기 ABS 고분자의 표면에는 단백질과 화학적 결합을 이룰 수 있는 작용기가 없다. ABS 고분자 표면에 흡착 또는 이온결합을 통해 단백질을 부착시킬 수 있지만, 더 강한 부착을 위해서는 공유결합을 형성시켜 줄 필요가 있다. 즉, ABS 고분자로 합성된 메쉬 구조체(120)의 표면에는 효소와 같은 단백질을 공유결합으로 부착할 수 있는 작용기가 없다. 이에 따라서, 메쉬 구조체(120)의 표면에 효소와 결합할 수 있는 3차원 구조물(도 1의 150 참조)을 성장시켜 효소를 부착시킬 수 있다.
- [0070] 이때, 3차원 구조물(150)로는 일례로 카르복시기를 포함하는 폴리아닐린 나노 섬유를 사용할 수 있다. 상기 메쉬 구조체(120)의 표면에 상기 3차원 구조물을 성장시키는 방법은 모너머인 아닐린(aniline)의 농도 10mM, 3-ABA(3aminobenzoic acid)의 농도는 3mM, 개시제인 암모늄 퍼설페이트(ammonium persulfate)의 농도는 6.7mM를 사용한다.
- [0071] 먼저, 상기 아닐린과 암모늄 퍼설페이트를 혼합하고, 4℃에서 200rpm으로 교반하여 반응시키며, 반응 24시간 후에는 증류수를 이용하여 5분 동안 200rpm에서 세척한다. 이와 같은 방법을 3회 반복하여 세척하면 메쉬 구조체(120)의 표면에 3차원 구조물인 폴리아닐린 나노섬유(carboxylated polyaniline nanofiber, cPANF)가 성장된다.
- [0072] 표면에 3차원 구조물(150)이 성장된 상기 메쉬 구조체(120)에 효소 고정화를 진행한다. 상기 효소는 당산화효소, 알파-키모트립신, 양고추냉이 과산화효소, 리파아제를 사용한다.
- [0073] 상기 효소를 고정화하기 위하여 메쉬 구조체의 표면에 3차원 구조물(150)의 카르복시기에 효소를 공유결합시키기 위하여 EDC-NHS 커플링을 1시간 동안 상온에서 진행한다.
- [0074] 이때, EDC의 농도는 10 mg/ml, NHS는 50 mg/ml이다. 1시간 후, 증류수를 이용하여 3회 세척한다. 세척은 5분 동안 200 rpm에서 교반하여 수행된다. 그리고 메쉬 구조체(121, 122, 123, 124)에 10 mg/ml의 효소 용액을 첨가하고 1시간 동안 tilt shaking을 50 rpm에서 1시간 동안 진행시켜, 효소를 공유결합시킨다. 효소에 따른 완충용액의 pH는 GOx, LP, HRP의 경우는 pH7.0을 사용하였고, CT의 경우는 pH 7.8을 사용한다.
- [0075] 이후 암모늄설페이트(ammonium sulfate)를 첨가하여 최종 농도가 55%가 되도록 만들어주었고, 이를 30분간 상온에서 tilt shaking (50 rpm)을 진행시켜, 효소가 석출되도록 유도한다.
- [0076] 또한, 가교제로서 글루타알데히드(glutaraldehyde)를 첨가하여 최종 농도가 0.5%가 되도록 하고, 30분간 상온에서 tilt shaking (50 rpm)을 진행시켜 석출된 효소간에 가교결합이 생기도록 유도한다. 이후 17 시간 동안 4에서 tilt shaking (50 rpm)을 진행시킨다. 이를 완충용액을 이용하여 200 rpm으로 5분간 3회 세척한다. 미반응된 알데히드(aldehyde) 작용기를 캡핑(capping)하기 위하여, 100 mM Tris 용액을 넣고 상온에서 200 rpm으로 1시간 동안 교반한다. 캡핑이 완료되면, 완충용액을 이용하여 200 rpm으로 5분동안 3회 세척하면, 메쉬 구조체(120) 표면에 효소가 고정화된다.
- [0077] 고정화된 효소의 열적 안정성 확인

- [0078] 고정화된 효소의 시간에 따른 열안정성을 확인하기 위하여 메쉬 구조체(120)를 45(HRP) 및 50 (G0x, CT, LP)의 조건에서 12시간 동안 관찰하였고, 그 결과를 도 5에 나타내었다.
- [0079] 도 5에 따르면, 본 발명에 따른 고정화된 효소는 12 시간 동안 상대적 활성이 80 % 이상으로 유지되는 것을 확인할 수 있고, 고정화되지 않은 효소는 시간 경과에 따라 활성이 현저하게 저하되는 것을 확인할 수 있다.
- [0080] 3D 메쉬 구조체에 고정화된 G0x를 이용한 미생물오염방지 효과 확인
- [0081] 효소가 부착된 메쉬 구조체(120)의 효과를 확인하기 위해, G0x를 이용한 미생물 오염방지 효과 실험을 진행하였다. G0x에 의해 생성된 hydrogen peroxide(H_2O_2)에 의해 미생물이 사멸하는 효과를 확인하였다.
- [0082] 먼저, G0x 메쉬 임펠러의 시간에 따른 H_2O_2 생성실험을 진행하였다(도 6a). 10mM의 glucose를 첨가하였고, 200 rpm으로 교반하였다. 그 결과, 도 6a에서와 같이 G0x가 고정화된 메쉬 구조체는 지속적으로 H_2O_2 를 생성하는 것을 확인하였다.
- [0083] 다음으로, 고정화된 G0x가 생성된 H_2O_2 에 의해 활성이 저해되는 효과가 있는지 확인하였다(도 6b). 그 결과, 1시간씩 10회 재사용하였음에도 초기활성의 90%이상을 유지하는 결과를 얻을 수 있었다.
- [0084] 마지막으로, 1시간 동안 생성된 H_2O_2 와 2시간 동안 생성된 H_2O_2 를 박테리아의 일종인 Staphylococcus aureus가 존재하는 용액에 첨가하였더니, H_2O_2 를 넣지 않은 경우에 비하여, 생존한 박테리아 수가 시간에 따라 급격히 감소함을 확인할 수 있었다(도 6c). G0x 메쉬 구조체(120)가 1시간 반응한 경우에 비하여 2시간 반응한 경우가 H_2O_2 의 생성량이 더 많으므로, 박테리아를 더 많이 사멸시킬 수 있었다.
- [0085] G0x, HRP 메쉬 구조체가 동시에 장착된 임펠러
- [0086] 상기 메쉬 구조체(120)의 장점인 메쉬의 교환을 통해 서로 다른 효소를 동시에 반응시키는 실험을 진행하였다. 1내지 3개의 G0x 메쉬, 1 내지 3개의 HRP 메쉬를 동시에 장착한 3D 메쉬 구조체를 제작하였다. 이를 통해, 환경 오염을 일으킬 수 있는 아조 계열의 염료(azo-dye)의 분해 실험을 진행하였다. 2 ?M의Chicago Sky Blue 6B라는 염료를 사용하였고, 1mM의 glucose를 사용하였다.
- [0087] 그 결과, G0x 메쉬가 2개, HRP 메쉬가 2개 장착되었을 경우가 다른 개수의 메쉬가 장착된 경우보다 최종 분해율이 가장 높았다(도7a). 메쉬 구조체(120)의 10회 재사용 실험을 진행한 결과, 70% 이상의 초기활성을 유지하는 안정화된 결과를 얻을 수 있었다(도7b).
- [0089] - 메쉬 구조체의 제2실시에-
- [0090] 본 발명의 일 실시예에 따른 임펠러(100')에 구비되는 메쉬 구조체(120')의 제2실시형태는 도 8에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 판상구조물(125')이 수평 방향으로 적층됨으로써 형성될 수 있다.
- [0091] 상기 판상구조물(125')의 일면은 외부로 개방되게 형성될 수 있다(도 9참조). 그리고 개방되지 않은 면에는 메쉬 형태로 형성될 수 있다.
- [0092] 즉, 상기 메쉬 구조체(120')의 내부에 3차원 구조물(150')이 내장될 수 있는 내부공간(129')이 형성될 수 있도록, 한 쌍의 판상구조물(125')의 일면은 개방된다. 그리고, 한 쌍의 판상구조물(125')이 결합되면 내부에 내부공간(129')이 형성된다.
- [0093] 또한, 상기 판상구조물(125')의 표면에는 제1메쉬선(126')들 및 제2메쉬선(1267')들에 의하여 메쉬 형태로 형성될 수 있다.
- [0094] 이때, 상기 제1메쉬선(126')들은 상기 판상구조물(125')의 길이 방향을 따라 형성되며, 상기 제2메쉬선(127')들은 상기 제1메쉬선(126')들을 교차하여 배치된다.
- [0095] 또한, 판상구조물(125')에는 상기 제1메쉬선(126') 및 상기 제2메쉬선(127')의 교차 배열로 다수 개의 다공홀(128')이 형성된다.
- [0096] 아울러, 한 쌍의 판상구조물(125')은 돌기(161')와 삽입홈(162')이 형성되며, 상기 돌기(161')와 삽입홈(162')에 의해 서로 결합될 수 있다.

- [0097] 구체적으로, 상기 삽입홈(162')과 상기 돌기(161')는 한 쌍의 판상구조물(125')이 서로 마주하는 면의 가장자리에 각각 형성된다. 또한, 상기 한 쌍의 판상구조물(125') 중 제1판상구조물(125a')의 일면 가장자리에는 삽입홈(162')이 형성될 수 있으며, 제2판상구조물(125b')의 일면 가장자리에 돌기(161')가 돌출 형성될 수 있다.
- [0098] 그리고, 상기 돌기(161')가 상기 삽입홈(162')에 끼움 결합됨으로써, 메쉬 구조체(120')의 조립이 완성될 수 있다.
- [0099] 이때, 상기 메쉬 구조체(120')의 내부공간(129')에는 효소가 부착된 3차원 구조물(150')이 내장된다. 즉, 한 쌍의 판상구조물(125')이 조립되기 전, 한 쌍의 판상구조물(125') 사이에 3차원 구조물(150')을 삽입 한 후 한 쌍의 판상구조물(125')을 조립하여 메쉬 구조체(120')를 완성한다.
- [0100] 상기 메쉬 구조체(120')는 제1실시예의 메쉬 구조체(120')와 동일하게 ABS 고분자를 이용하여 제조될 수 있으며, 판상구조물(125')은 예를 들어, 10mm×10mm×7mm의 크기, 상기 제1메쉬선(126') 및 제2메쉬선(127')의 두께는 0.5mm 로 제작될 수 있다.
- [0101] 그리고, 제2실시예에 따른 상기 메쉬 구조체(120')에는 항체를 PS-PSMA 고분자 3차원 구조물(150')에 고정화하여 내부공간(129')에 내장시키는 구성으로, 제1실시예의 메쉬 구조체(120')와는 다른 방법으로 3차원 구조물이 형성된다.
- [0102] 즉, 제1실시예의 메쉬 구조체(120)는 메쉬 구조체를 형성한 후 표면에 나노 구조물을 성장시키는 방법인 반면, 제2실시예의 메쉬 구조체(120')는 3차원 구조물(150')를 미리 섬유처럼 성장시킨 후 효소를 부착하여 한 쌍의 판상구조물(125') 결합시 내장시키는 방법을 사용한다.
- [0103] 일례로, 전기방사된 PS-PSMA(polystyrene-polystyrene-co-maleic anhydride) 나노 섬유를 분산시키기 위하여 70% 에탄올에 30분간 혼합(shaking)한 뒤, 에탄올이 완전히 제거될 때까지 세척한 후 완충용액에 보관하였다. 분산된 PS-PSMA 나노 섬유 2 mg에 항체 1 mL을 첨가한 후, RT에서 1시간 동안 200 rpm으로 교반하고, 4° C에서 15시간 동안, 50 rpm으로 교반한다. 반응하지 않은 항체를 제거하기 위해, 완충용액을 이용하여 200 rpm으로 5분동안 3회 세척하고, PS-PSMA 나노섬유 표면에 존재하는 말레인산무수물기(maleic anhydride group)를 캡핑하기 위해, 1% bovine serum albumin 용액을 넣고 상온에서 1시간동안 200 rpm으로 혼합한다. 캡핑이 완료되면, 완충용액을 이용하여 200 rpm으로 5분동안 3회 세척하면, 항체가 고정화된 3차원 구조물(150')이 합성되고, 완충용액에 보관한다.
- [0104] 이와 같은 방식으로 항체가 고정화된 3차원 구조물(150')은 메쉬 구조체(121')의 내부공간(129')에 삽입한다. 상기과 같은 방식으로 3쌍의 메쉬 구조체(120')를 추가적으로 제작하여, 최종적으로 4개의 메쉬 구조체(120')를 제조할 수 있다.
- [0105] 항원 검출 실험
- [0106] 항체 고정화 3차원 구조물(150')이 삽입된 메쉬 구조체(121', 122', 123', 124')를 이용하여 항원검출 실험을 진행하였다. 시간에 따른 항원검출 실험 진행을 위해, 4개의 메쉬 구조체를 5 ?g/mL의 항원 용액에 넣어 주고, 100 rpm으로 교반하였다. 그 결과, 도 9a에서 확인할 수 있듯이, 시간에 따라 항원이 항체에 부착됨을 확인할 수 있었다.
- [0107] 이후 세척과정을 통해, 항체가 없음에도 비특이적으로 흡착된 항원을 제거하는 과정을 진행하였다(도9b). 그 결과, 항체가 있는 경우(Ab-NF/Impeller)는 항원이 계속 나노섬유에 부착되어 있는 반면, 항체가 없는 경우(NF/Impeller)는 세척에 의해 항원이 지속적으로 탈착됨을 확인할 수 있었다.
- [0109] - 메쉬 구조체의 제3실시예-
- [0110] 본 발명의 일 실시예에 따른 임펠러(100")에 구비되는 메쉬 구조체(120")의 제3실시예는 제2실시예와 같이 메쉬 구조체(120') 내부에 내부공간(129')이 형성된다는 점에서 유사하지만, 제2실시예형태의 메쉬 구조체(120')는 한 쌍의 판상구조물(125')에 의해 조립되는 반면, 제3실시예형태에 따른 메쉬 구조체(120')는 복수 개의 판상구조물(125")이 조립되어 복수 개의 내부공간(129")이 형성되는 메쉬 구조체(120")를 형성한다.
- [0111] 이에 따라, 제3실시예형태에 따른 메쉬 구조체(120")의 상세한 구성에 대해서는 생략하고 제2실시예에 따른 메쉬 구조체(120')의 설명을 참조하도록 한다.

- [0112] 제3실시형태에 따른 메쉬 구조체(120")는 도 10에서와 같이 복수 개의 판상구조물(125")이 수평 방향으로 적층됨으로써 형성될 수 있다.
- [0113] 그리고 서로 이웃하는 판상구조물(125")은 내부에 내부공간(129")을 형성한다(도 11 참조).
- [0114] 아울러, 복수 개의 판상구조물(125")은 돌기(161")와 삽입홈(162")이 형성되며, 상기 돌기(161")와 삽입홈(162")에 의해 서로 결합될 수 있다.
- [0115] 이때, 복수 개의 판상구조물(125") 중 중심에 배치되는 판상구조물들은 양면의 가장자리에 돌기(161") 및 삽입홈(162")이 형성된다. 즉, 판상구조물(125")의 일면 가장자리에는 돌기(161")가 형성되고, 타면 가장자리에는 삽입홈(162")이 형성된다.
- [0116] 그리고 복수 개의 판상구조물(125") 중 최외측에 배치되는 판상구조물(125")들은 일면에 삽입홈(162") 또는 돌기(161")가 형성된다. 즉, 최외측에 배치되는 한 쌍의 판상구조물(125") 중 하나의 판상구조물의 일면에는 돌기(161")가 형성되고, 다른 하나의 판상구조물의 일면에는 삽입홈(162")이 형성된다.
- [0117] 그리고, 복수 개의 판상구조물(125")이 조립되기 전, 서로 이웃하는 판상구조물(125") 사이에 3차원 구조물(150")을 각각 삽입 한 후 복수 개의 판상구조물(125")을 조립하여 메쉬 구조체(120")를 완성한다.
- [0118] 이와 같은 구성을 갖는 상기 메쉬 구조체(120")는 제1실시예의 메쉬 구조체(120)와 동일하게 ABS 고분자를 이용하여 제조될 수 있으며, 판상구조물(125")은 예를 들어, 10mm×10mm×2mm의 크기, 상기 제1메쉬선(126) 및 제2메쉬선(127)의 두께는 0.5mm 로 제작될 수 있다.
- [0119] 그리고, 제3실시예에 따른 상기 메쉬 구조체(120")는 제2실시예와는 다르게 효소를 고분자 3차원 구조물(150")에 고정화하여 내부공간(129")에 내장시켰다.
- [0120] 즉, 제3실시예에 따른 메쉬 구조체(120")는 제2실시예에 따른 메쉬 구조체(120')와 동일하게 외부에서 3차원 구조물(150")을 제조한 후 메쉬 구조체(120") 내부에 내장되는 방법을 사용한다. 그러나, 제2실시예에서는 항원을 3차원 구조물에 부착한 반면, 제3실시예에서는 3차원 구조물에 효소를 부착하는 것을 일례로 설명한다.
- [0121] 이때, 고분자 3차원 구조물을 내부공간(129")에 삽입하기 전에 효소를 고정화하는데, 제3실시예에서는 효소로 GOx를 사용한다. 고분자 3차원 구조물(150")은 PS-PSMA(polystyrene-polystyrene-co-maleic anhydride)를 사용하고, 전기방사를 이용하여 제작한다.
- [0122] 상기 효소의 고정화는 10mg/ml의 GOx 용액을 2시간가량 PS-PSMA에 공유결합시키고, 이후에 침전제인 ammonium sulfate를 55%가 되도록 첨가하고 교반시켜 준다. 이어 가교결합제인 GA를 첨가하여, 최종 농도가 0.5%가 되도록 한다.
- [0123] 이후 17 시간 동안 4에서 tilt shaking(50 rpm)을 진행시킨다. 이를 완충용액을 이용하여 200 rpm으로 5분간 3회 세척한다. 미반응된 알데히드(aldehyde) 작용기를 캡핑(capping)해주기 위해, 100 mM Tris 용액(pH 7.0)을 넣고 상온에서 200 rpm으로 1시간 동안 교반한다. 캡핑이 완료되면, 완충용액을 이용하여 200 rpm으로 5분동안 3회 세척하면, 효소가 고정화된 3차원 구조물(150")이 합성되고, 완충용액에 보관한다.
- [0124] 이와 같은 방식으로 효소가 고정화된 3차원 구조물(150")을 복수 개의 판상구조물(125")의 조립에 형성되는 복수 개의 내부공간(129") 각각에 삽입한 후 조립함으로써 하나의 메쉬 구조체(120")가 완성된다. 이후 같은 방법으로 3쌍의 메쉬 구조체를 추가적으로 제작하여, 최종적으로 4개의 메쉬 구조체(120")가 제조될 수 있다.
- [0125] 생성된 H₂O₂를 이용한 박테리아 성장저해 효과 확인
- [0126] GOx 고정화 3차원 구조물(150")이 삽입된 메쉬 구조체(120")를 이용하여 H₂O₂를 생성하고, 이 생성된 H₂O₂의 박테리아 성장저해 효과에 대한 실험을 진행하였다.
- [0127] 먼저, 시간에 따른 H₂O₂ 생성실험을 진행하였다. 10mM의 glucose를 첨가하였고, 400 rpm으로 교반하였다. 그 결과, 도 13a에서 확인할 수 있듯이, GOx 고정화 3차원 구조물이 삽입된 메쉬 임펠러는 지속적으로 H₂O₂를 생성하는 것을 확인하였다.
- [0128] 다음으로, 고정화된 GOx가 생성된 H₂O₂에 의해 활성이 저해되는 효과가 있는지 확인하였다. 그 결과, 1시간씩 10회 재사용하였음에도 초기활성의 80%이상을 유지하는 결과를 얻을 수 있었다(도 13b).

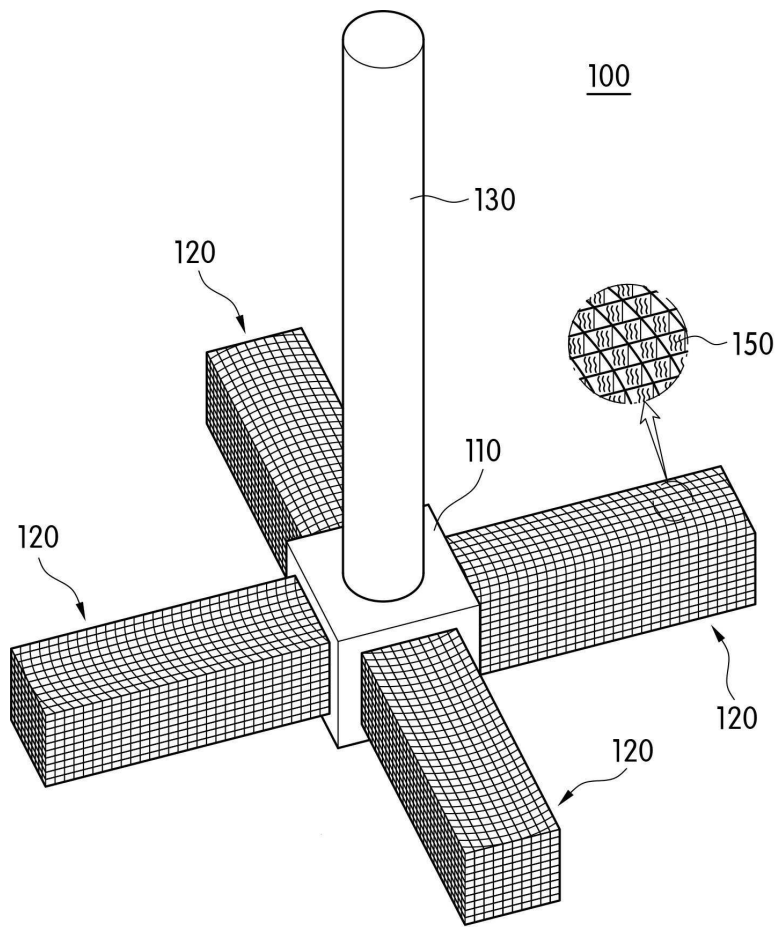
- [0129] 마지막으로, 1시간 동안 생성된 H_2O_2 와 2시간 동안 생성된 H_2O_2 를 박테리아(*Staphylococcus aureus*) 성장 용액에 첨가하였다. 그 결과, H_2O_2 를 넣지 않은 경우는 박테리아가 잘 자라는 반면, H_2O_2 용액을 넣은 경우는 성장이 저해됨을 확인할 수 있었다. GOx 메쉬 구조체가 1시간 반응한 경우에 비하여 2시간 반응한 경우가 H_2O_2 의 생성량이 더 많으므로, 박테리아 성장을 더 크게 저해시킬 수 있었다(도 13c).
- [0130] 한편, 제1, 제2 및 제3실시예는 메쉬 구조체의 제조 크기에 대해서 개시하고 있으나, 본 발명이 이로 제한되지 않는다. 메쉬 구조체는 사용자가 사용하는 반응장치의 크기에 따라 다양한 크기로 제조될 수 있음을 밝혀둔다.
- [0131] 또한, 제 2 및 제3실시예의 메쉬 구조체는 복수 개의 판상구조물이 돌기와 삽입홈에 의해 서로 결합되는 것으로 도시 및 설명하고 있으나 본 발명이 이로 제한되지 않는다. 상기 복수 개의 판상구조물이 단일체로 결합될 수 있는 구조라면 어떠한 구조라도 형성될 수 있다.
- [0132] 일례로, 상기 복수 개의 판상구조물 각각의 중심에 삽입홈이 형성되고, 상기 복수 개의 판상구조물을 적층시킨 후, 상기 삽입홈에 결합봉이 결합됨으로써 상기 복수 개의 판상구조물이 연결될 수 있음을 밝혀둔다.
- [0133] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 임펠러의 메쉬 구조체가 3차원 메쉬 형상이며, 메쉬 구조체의 표면 및 내부에 유기 촉매, 무기 촉매 및 바이오분자들이 고집적(集積)되어 유체와 반응하기 때문에, 종래기술에 비하여 높은 속도로 반응이 진행될 수 있는 장점이 있다.
- [0134] 또한, 메쉬 구조체 전체가 3D 메쉬 구조로 형성되어 표면 및 내부에 촉매물질이나 바이오분자가 고집적되고, 유체가 메쉬 구조체의 내부까지 통과하기 때문에, 전체적인 반응 면적이 넓어질 수 있으며, 고집적된 촉매 및 바이오분자에 의해 반응 수율이 향상될 수 있다.
- [0135] 또한, 임펠러에 하나 이상의 메쉬 구조체가 탈 부착가능하기 때문에, 하나 이상의 메쉬 구조체 각각에 다른 물질을 부착하여 연쇄 반응이 일어날 수 있다.
- [0137] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

부호의 설명

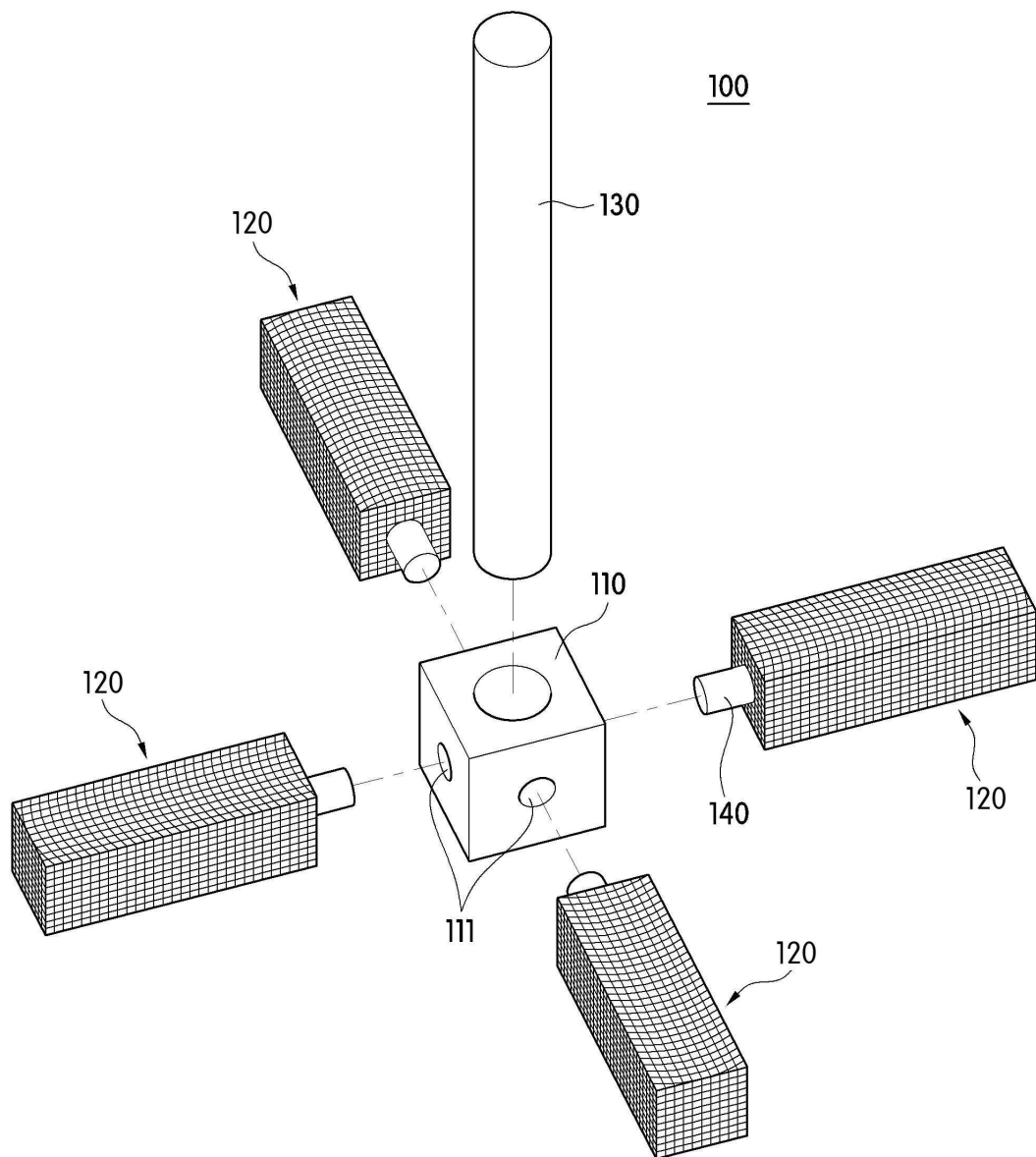
- [0138] 100 : 임펠러 110 : 결합부
111 : 결합홀
120, 120', 120" : 메쉬 구조체
125, 125', 125" : 판상구조물 126, 126', 126" : 제1메쉬선
127, 127', 127" : 제2메쉬선 128, 128', 128" : 다공홀
129', 129" : 내부공간
130 : 회전축 140 : 연결부
150 : 고정부재(3차원 구조물) 161', 161" : 돌기
162', 162" : 삽입홈

도면

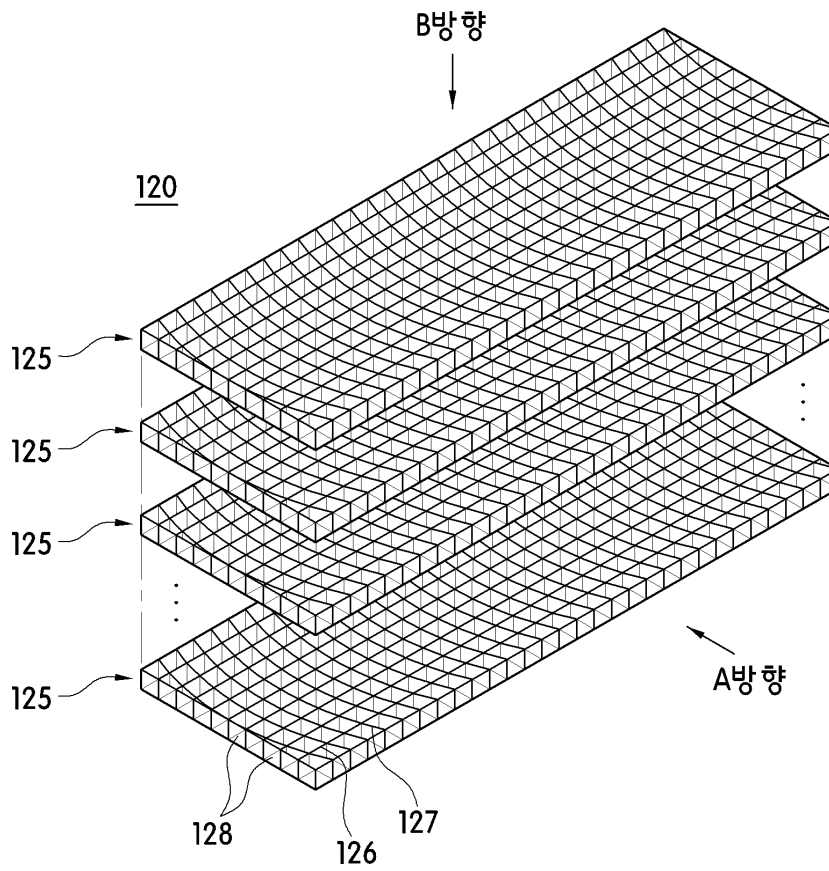
도면1



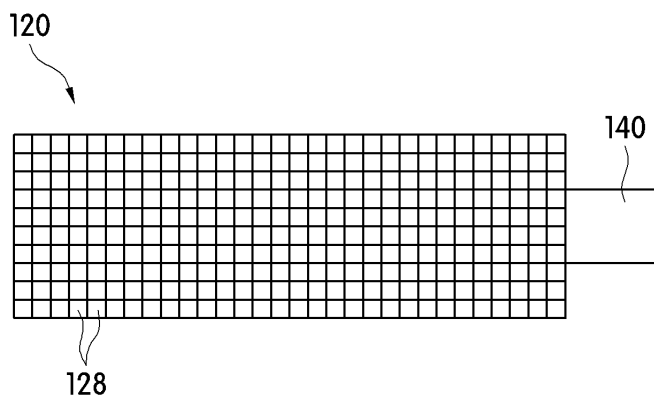
도면2



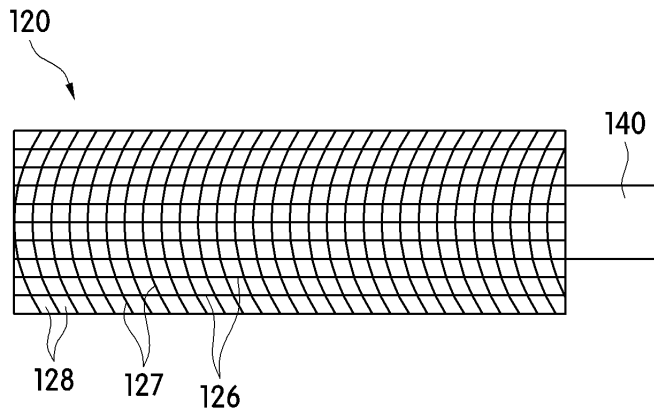
도면3



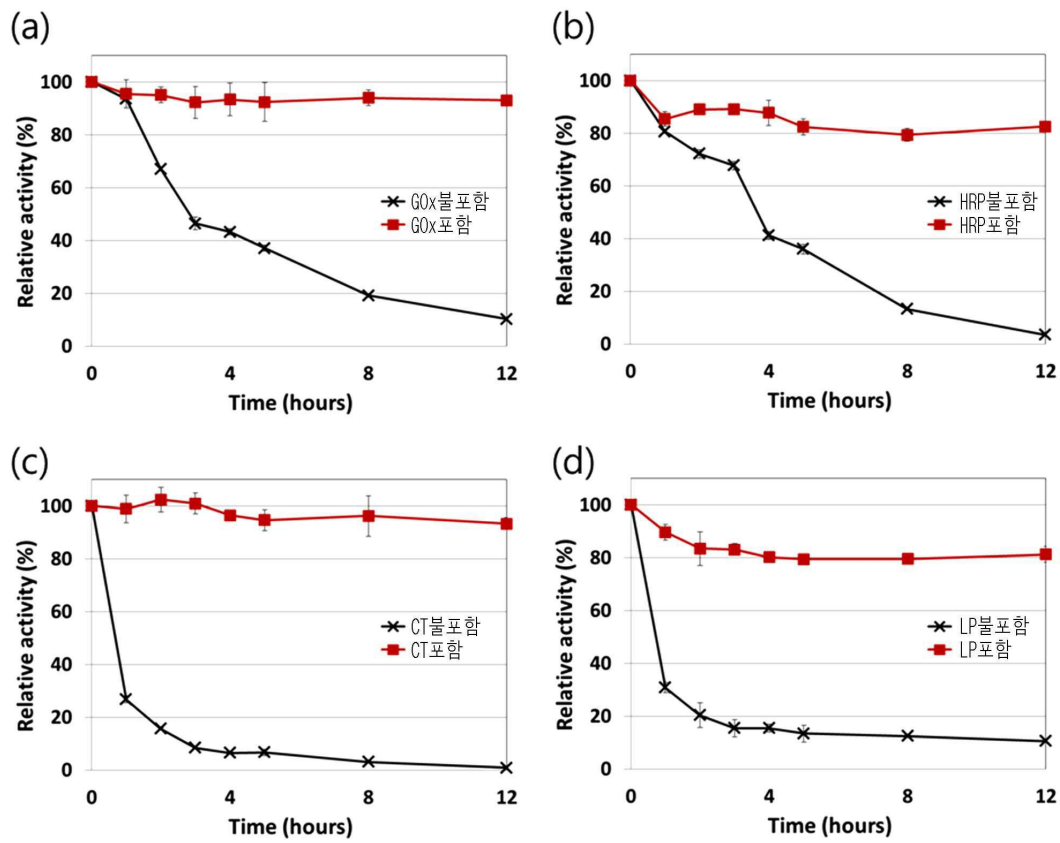
도면4a



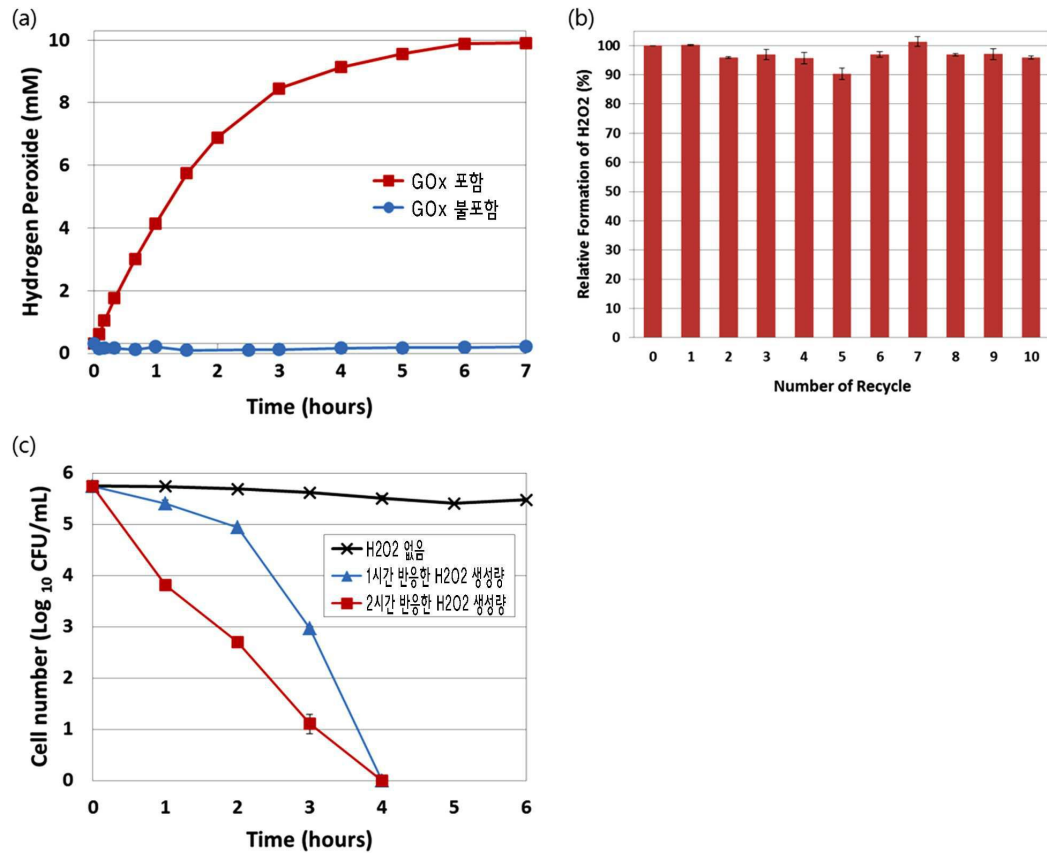
도면4b



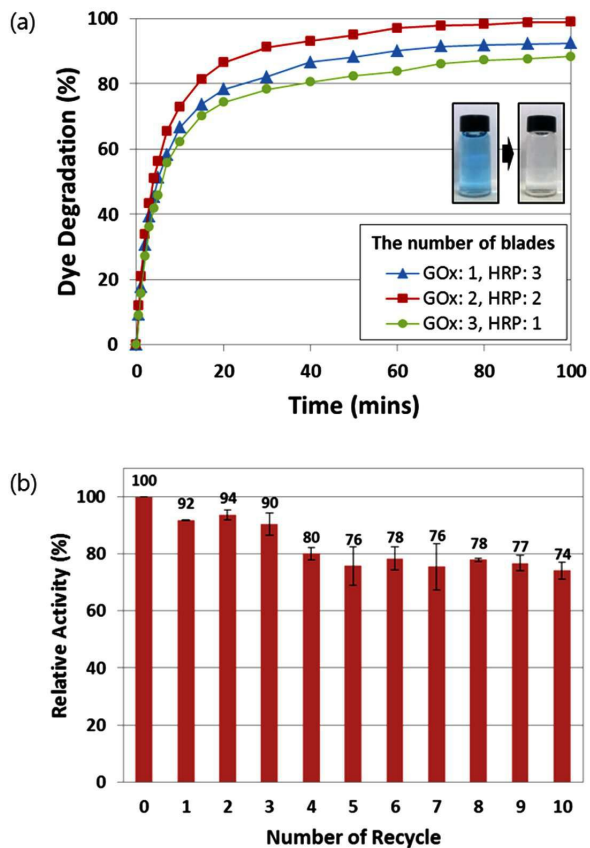
도면5



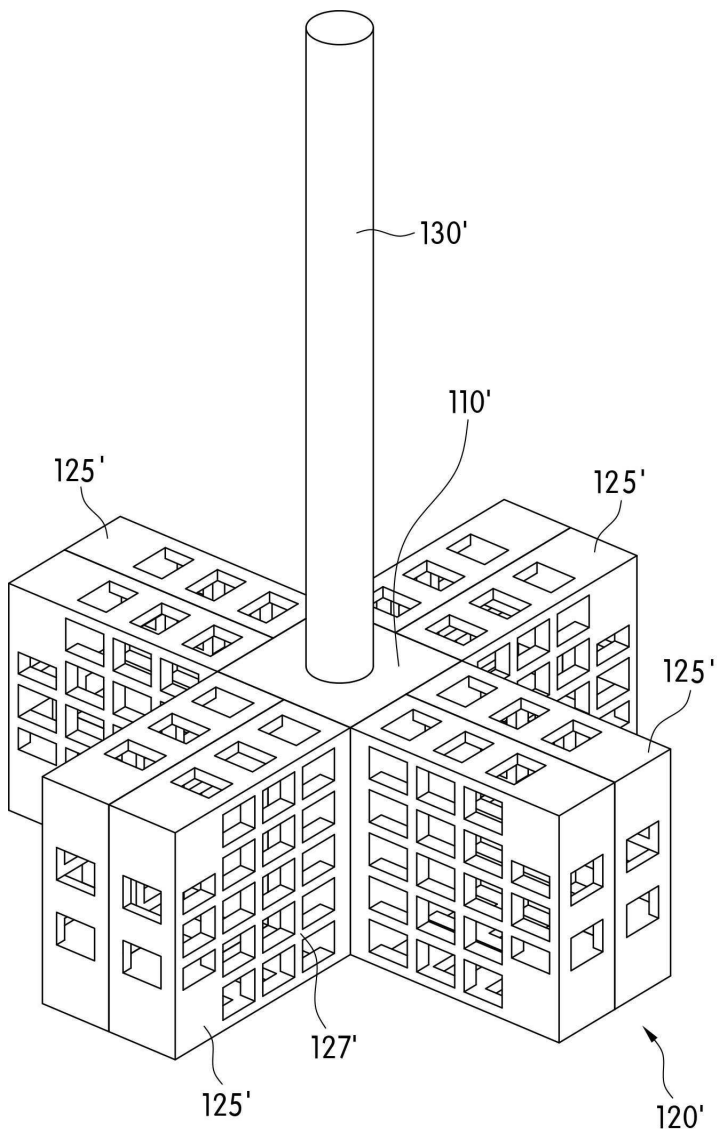
도면6



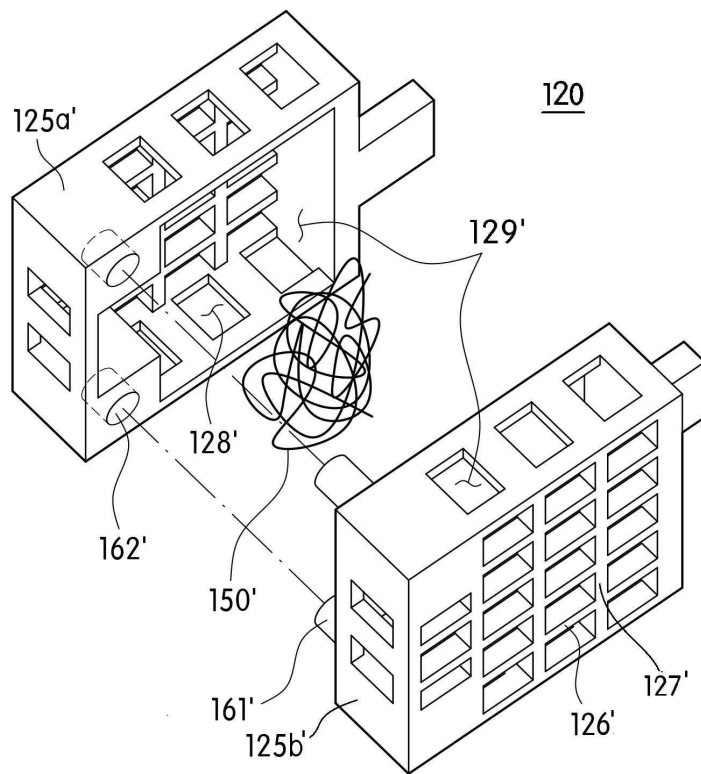
도면7



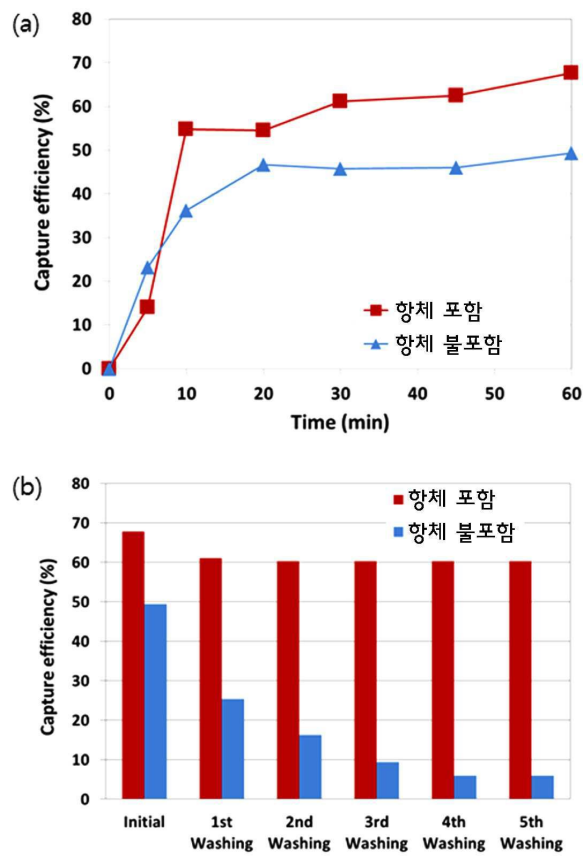
도면8



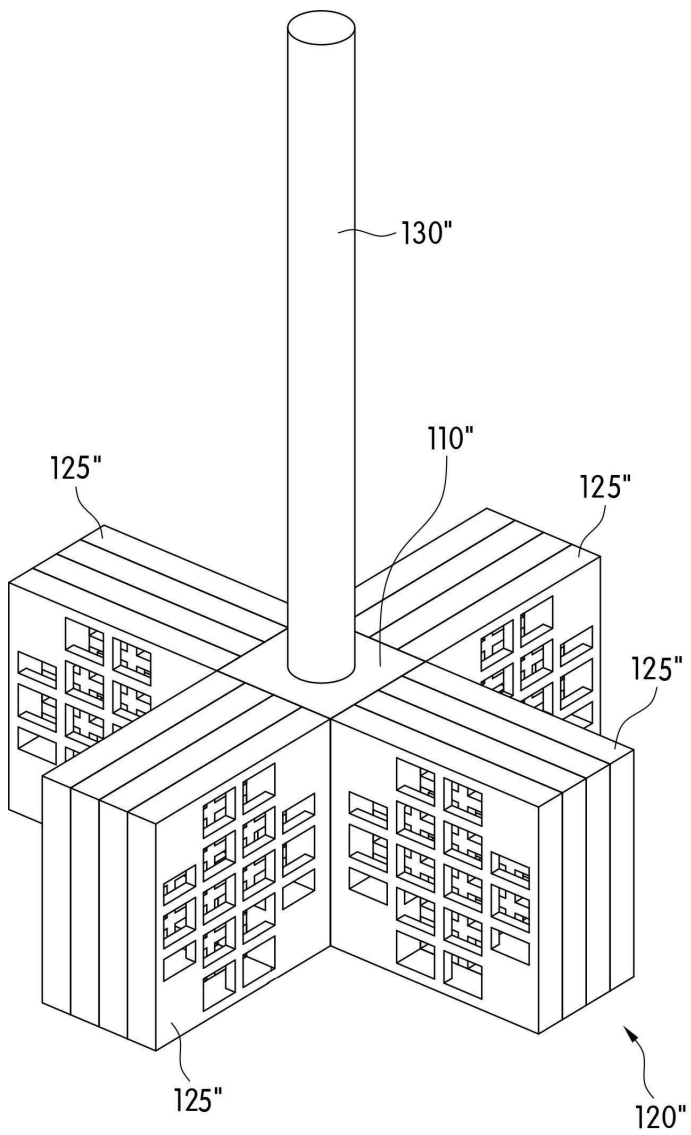
도면9



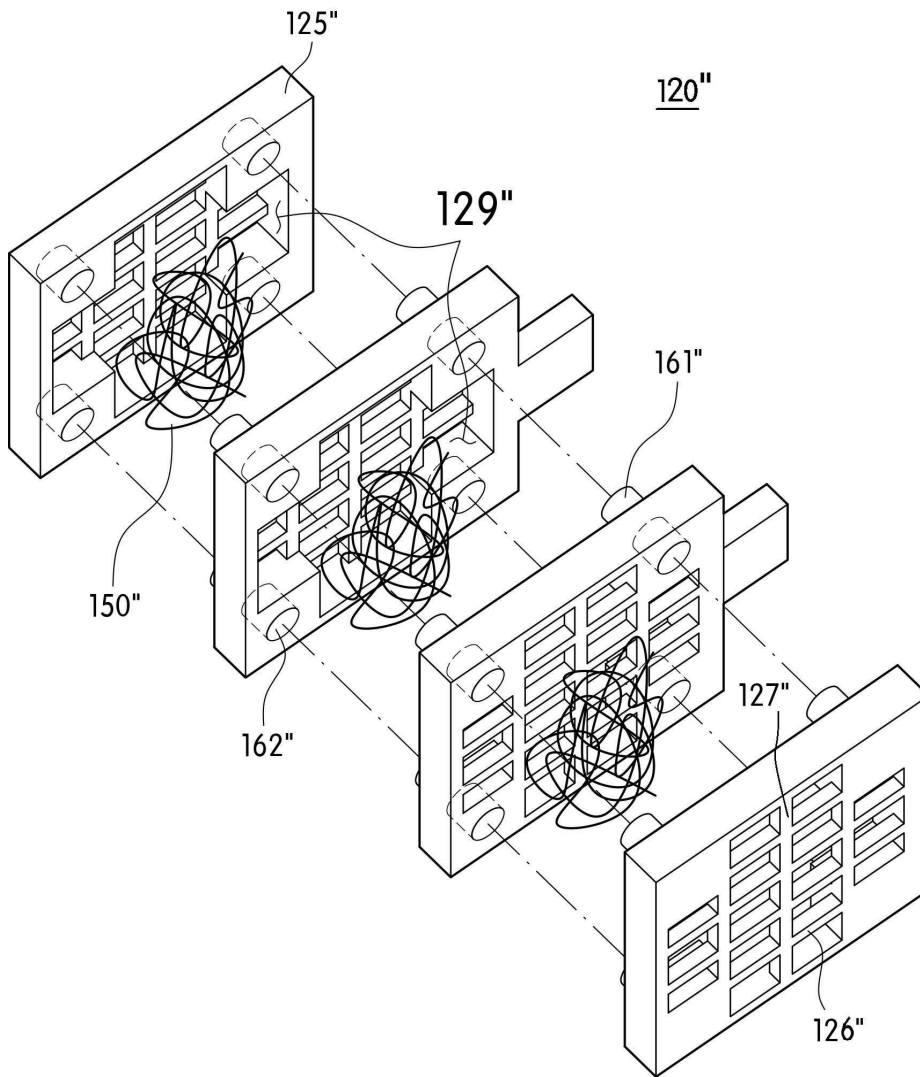
도면10



도면11



도면12



도면13

