

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0136100
(43) 공개일자 2022년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 67/00 (2006.01) **C02F 1/44** (2006.01)
C02F 1/62 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
B01D 67/0093 (2022.08)
B01D 67/0083 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2022-0024061
 (22) 출원일자 2022년02월24일
 심사청구일자 2022년02월24일
 (30) 우선권주장
 1020210041639 2021년03월31일 대한민국(KR)

(71) 출원인
성균관대학교산학협력단
 경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
고려대학교 산학협력단
 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
 (72) 발명자
정현석
 서울특별시 송파구 올림픽로 135, 217동 2302호(잠실동, 리센즈)
한길상
 경기도 군포시 산본천로 119-9, 1104동 1307호(산본동, 주공11단지아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
한선회

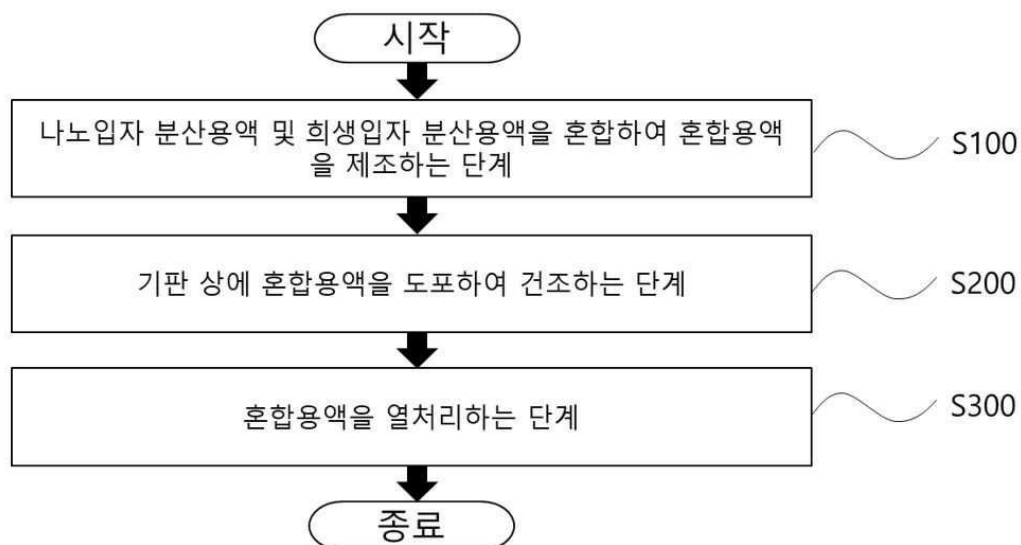
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법

(57) 요약

본원은 나노입자 분산용액 및 희생입자 분산용액을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계; 기판 상에 상기 혼합용액을 도포하여 건조하는 단계; 및 상기 혼합용액을 열처리하는 단계;를 포함하고, 상기 희생입자는 표면이 양전하 또는 음전하로 개질된 것인, 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 67/0095 (2013.01)

C02F 1/44 (2013.01)

C02F 1/62 (2013.01)

(72) 발명자

김희정

인천광역시 남동구 서판로 30, 104동 1703호(만수동, 대성유니드별빛마을아파트)

이재명

충청북도 진천군 광혜원면 화랑길 59, 102동 305호

최진혁

경기도 수원시 장안구 화산로203번길 27, 6동 507호(율전동)

이재상

서울특별시 성북구 길음로 16, 610동 404호(길음동, 길음뉴타운)

이홍신

경상북도 칠곡군 석적읍 북중리3길 68, 113동 101호

김재성

서울특별시 강북구 도봉로53길 24-4(미아동)

최재민

경기도 남양주시 도농로 34, 510동 604호(다산동, 부영그린타운)

서새인

전라북도 고창군 고창읍 율계안길 27

명세서

청구범위

청구항 1

나노입자 분산용액 및 희생입자 분산용액을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계;
기관 상에 상기 혼합용액을 도포하여 건조하는 단계; 및
상기 혼합용액을 열처리하는 단계;
를 포함하고,
상기 희생입자는 표면이 양전하 또는 음전하로 개질된 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 건조 후 상이한 특성을 가지는 나노입자를 포함하는 용액을 추가로 적층하여 다층 구조를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 나노입자 및 상기 희생입자는 상기 혼합용액 내에서 정전기적 인력에 의해 결합되는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 열처리에 의해 상기 희생입자가 제거되는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 열처리는 400℃ 내지 700℃ 에서 수행되는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 회생입자의 크기를 조절하여 상기 멤브레인 필터의 기공 크기를 조절할 수 있는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 회생입자의 크기는 100 내지 1500 nm 인 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 회생입자는 폴리스타이렌 (PS), 실리카 (SiO_2), 폴리부틸메타크릴레이트 (PBMA), 폴리메틸메타크릴레이트 (PMMA), 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠 (PS/DVB = polystyrene/divinylbenzene), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠) (PBMA) 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 나노입자는 2 개 이상의 서로 상이한 나노입자를 포함하는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 나노입자는 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자, 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자, 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자는 아파타이트계 화합물, 산화철, 산화티타늄, 산화망간, 황화철, 이산화실리콘, 이산화지르코늄, 인듐틴옥사이드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,
상기 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자는 산화니켈, 산화철, 산화알루미늄, 산화주석, 및 이들의 조합들로

이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자는 그래핀, 황-도핑 그래핀, 바이오차, 이산화티타늄, 산화아연, 텅스텐산화물, 백금-도핑 텅스텐 산화물 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것인,
역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 제조 방법에 의해 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터.

청구항 15

제 14 항에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터가 2개 이상 적층되어 배치된 것인, 수질 정화 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래의 수질 정화 시스템은 중앙 집중형 수질 정화 시스템으로 주변의 오염된 수자원을 모아 대규모 수질 정화 시스템을 통해 정화한 후 수도 라인을 통해 재공급하는 방식이다. 중앙 집중형 수질 정화 시스템은 대규모 수질 정화 시스템이 필요할 뿐만 아니라 장거리 상수도 회수 및 공급을 위한 기반이 필요하다. 또한, 오래된 상수도 배관의 녹슴 및 파손 등에 의한 2 차 수질 오염이 발생한다.

[0003] 이러한 문제를 해결하기 위해서 최근 수질 정화 시스템은 국부적인 소규모 수질 정화 시스템이 개발되고 있으며 이를 위해 다양한 오염물을 동시에 흡착 및 제거할 수 있는 소규모의 수질정화 시스템이 필요하다.

[0004] 현재 수질 정화에 사용되는 필터는 제거하고자 하는 오염원의 크기에 따라 필터의 기공 크기를 선택하여 사용하며, 바이러스, 박테리아, 유기 물질 및 중금속 이온 등의 오염원을 제거하기 위해서는 나노미터 크기의 기공을 가진 필터가 요구된다.

[0005] 그러나, 나노 단위의 기공을 가진 필터의 경우 매우 낮은 유동량으로 인해 수질 정수량이 충분치 않으며, 원활한 수질 정화를 위해서 추가적인 외부 동력이 필요하다. 또한, 매우 작은 기공으로 인해 물질 제거량이 감소하고 필터 수명이 단축된다. 따라서, 높은 유동량을 기반으로하며 수질 정수량을 높일 수 있는 필터의 개발이 요구된다.

[0006] 대한민국 공개특허 제10-2021-0019150호는 역세 필터를 갖춘 전해응집을 이용한 폐수처리 장치에 관한 것이다. 상기 특허는 처리 수조의 내부에 역세 필터 수단을 장착하여 폐수처리과정에서 필터부에 의한 여과 및 역세부에 의한 필터부의 역세가 함께 수행되도록 함으로써 필터부의 기능 및 효율성을 유지하고 보다 원활한 폐수처리가 이루어지는 역세필터를 갖춘 전해응집을 이용한 폐수처리장치에 대해 개시하고 있으나, 역오팔 구조 멤브레인 필터를 이용하는 수질 정화 시스템에 대해서는 개시하고 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 중금속, 유기물, 음이온 오염원 등 다양한 종류의 오염물을 제거하기 위해 다양한 특성을 가지는 나노 입자로 이루어진 다기능성 수질 정화용 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 또한, 상기 제조 방법에 의해 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 상기 역오팔 멤브레인 필터가 2 개 이상 적층되어 배치된 수질 정화 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면은 나노입자 분산용액 및 희생입자 분산용액을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계; 기관 상에 상기 혼합용액을 도포하여 건조하는 단계; 및 상기 혼합용액을 열처리하는 단계; 를 포함하고, 상기 희생입자는 표면이 양전하 또는 음전하로 개질된 것인, 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법을 제공한다.
- [0012] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 건조 후 상이한 특성을 가지는 나노입자를 포함하는 용액을 추가로 적층하여 다층 구조를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0013] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 나노입자 및 상기 희생입자는 상기 혼합용액 내에서 정전기적 인력에 의해 결합되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0014] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 열처리에 의해 상기 희생입자가 제거되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0015] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 열처리는 400℃ 내지 700℃ 에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0016] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 희생입자의 크기를 조절하여 상기 멤브레인 필터의 기공 크기를 조절할 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0017] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 희생입자의 크기는 100 내지 1500 nm 인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0018] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 희생입자는 폴리스타이렌 (PS), 실리카 (SiO₂), 폴리부틸메타크릴레이트 (PBMA), 폴리메틸메타크릴레이트 (PMMA), 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠 (PS/DVB = polystyrene/divinylbenzene), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠) (PBMA) 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0019] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 나노입자는 2 개 이상의 서로 상이한 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0020] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 나노입자는 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자, 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자, 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0021] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자는 아파타이트계 화합물, 산화철, 산화티타늄, 산화망간, 황화철, 이산화실리콘, 이산화지르코늄, 인듐틴옥사이드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0022] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자는 산화니켈, 산화철, 산화알루미늄, 산화주석, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0023] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자는 그래핀, 황-도핑 그래핀, 바이오차, 이산화티타늄, 산화아연, 텅스텐산화물, 백금-도핑 텅스텐 산화물 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0024] 또한, 본원의 제 2 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 제조 방법에 의해 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터를 제공한다.
- [0025] 또한, 본원의 제3측면은 본원의 제 2 측면에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터가 2개 이상 적층되어 배치된 것인, 수질 정화 시스템을 제공한다.
- [0026] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법은 수질 내의 오염원의 종류 및 함량에 따라 나노 입자의 종류 및 함량을 조절하여 최적화된 수질 정화 필터를 제작할 수 있다. 구체적으로, 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 과정 시 제거하고자하는 오염원의 종류에 따라 중금속 제거 특성, 음이온 제거 특성 또는 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자를 선택하여 필터를 제조할 수 있다. 따라서, 하나의 필터로 여러 종류의 오염원을 제거할 수 있는 다기능 필터를 제조할 수 있다.
- [0028] 종래의 수질 정화 시스템에 사용되던 필터는 기공 크기가 작아서 수질 정화 시 유동량이 낮아 수질 정수량이 충분하지 않았고, 유동량을 증가시키기 위해 추가적인 외부 동력원이 필요했다. 그러나, 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터는 역오팔 구조체의 제조 시 사용되는 희생입자의 크기를 조절하여 종래에 사용되던 필터보다 큰 기공 크기를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있기 때문에 높은 유동량을 기반으로 수질 정수량을 높일 수 있다.
- [0029] 종래의 수질 정화 방법에서 수질 내의 중금속, 음이온 또는 유기물 오염원 등을 처리하기 위해서 다양한 단계의 정화 과정을 거쳐야 했던 것과는 달리, 본원에 따른 수질 정화 방법은 여러 종류의 오염원을 동시에 제거할 수 있는 역오팔 구조 멤브레인 필터를 사용하여 단순한 과정을 거쳐서 수질을 정화시킬 수 있다.
- [0030] 다만, 본원에서 얻을 수 있는 효과는 상기된 바와 같은 효과들로 한정되지 않으며, 또 다른 효과들이 존재할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1 은 본원의 일 구현예에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법의 순서도이다.
- 도 2 는 본원의 일 구현예에 따른 희생입자 및 나노입자의 결합과정을 나타낸 모식도이다.
- 도 3 은 본원의 일 구현예에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터를 제조하는 과정의 모식도이다.
- 도 4 는 본원의 일 구현예에 따른 수질 정화 시스템의 모식도이다.
- 도 5 는 본원의 일 실시예에 따라 표면 개질을 위해 사용된 개시제의 구조식 및 희생입자의 이미지이다.
- 도 6 은 본원의 일 실시예에 따른 희생입자와 결합한 나노입자의 SEM 이미지이다.
- 도 7 은 본원의 일 실시예에 따른 역오팔 구조체의 SEM 이미지이다.
- 도 8 은 본원의 일 실시예에 따른 역오팔 구조체의 SEM 및 EDS mapping이미지이다.
- 도 9 는 본원의 일 실시예에 따라 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터의 멀티오염물 제거 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 10 은 본원의 일 실시예 및 비교예에 따른 역오팔 구조체 및 입자를 이용하여 제조된 수질 정화용 컬럼의 중금속 제거 실험 결과이다.
- 도 11의 (A)는 본원의 일 실시예 1 에 따라 제조된 역오팔 구조체를 이용한 수질정화용 컬럼 실험 장치이며, (B)는 (A)의 실험 장치를 이용하여 중금속 제거 실험을 수행한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다.

- [0033] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0034] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0035] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0036] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0037] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 또한, 본원 명세서 전체에서, "~ 하는 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0038] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0039] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는, A 및 B"를 의미한다.
- [0040] 이하에서는 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법, 이에 따라 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터 및 이를 포화하는 수질 정화 시스템에 대하여, 구현예 및 실시예와 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나 본원이 이러한 구현예 및 실시예와 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [0042] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면은 나노입자 분산용액 및 희생입자 분산용액을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 단계; 기관 상에 상기 혼합용액을 도포하여 건조하는 단계; 및 상기 혼합용액을 열처리하는 단계;를 포함하고, 상기 희생입자는 표면이 양전하 또는 음전하로 개질된 것인, 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법을 제공한다.
- [0043] 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법은 수질 내의 오염원의 종류 및 함량에 따라 나노 입자의 종류 및 함량을 조절하여 최적화된 수질 정화 필터를 제작할 수 있다. 구체적으로, 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 과정 시 제거하고자하는 오염원의 종류에 따라 중금속 제거 특성, 음이온 제거 특성 또는 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자를 선택하여 필터를 제조할 수 있다. 따라서, 하나의 필터로 여러 종류의 오염원을 제거할 수 있는 다기능 필터를 제조할 수 있다.
- [0044] 종래의 수질 정화 시스템에 사용되던 필터는 기공 크기가 작아서 수질 정화 시 유동량이 낮아 수질 정수량이 충분하지 않았고, 유동량을 증가시키기 위해 추가적인 외부 동력원이 필요했다. 그러나, 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터는 역오팔 구조체의 제조 시 사용되는 희생입자의 크기를 조절하여 종래에 사용되던 필터보다 큰 기공 크기를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있기 때문에 높은 유동량을 기반으로 수질 정수량을 높일 수 있다.
- [0045] 이하 도 1을 참조하여 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법에 대해서 설명한다.
- [0046] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 방법의 순서도이다.
- [0047] 먼저, 나노입자 분산용액 및 희생입자 분산용액을 혼합하여 혼합용액을 제조한다 (S100).
- [0048] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 나노입자 및 상기 희생입자는 상기 혼합용액 내에서 정전기적 인력에 의해 결합되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 나노입자 및 희생입자의 정전기적 인력에 의한 결합을 위해, 상기 희생입자의 표면은 양전하 또는 음전하로 개질된 형태일 수 있다.

- [0050] 도 2 는 본원의 일 구현예에 따른 희생입자 및 나노입자의 결합과정을 나타낸 모식도이다.
- [0051] 도 2 를 참조하면, 표면이 양전하로 개질된 희생입자는 음전하 나노입자와 정전기적 인력에 의해 결합하고, 표면이 음전하로 개질된 희생입자는 양전하 나노입자와 결합하는 것을 확인할 수 있다.
- [0052] 상기 정전기적 인력에 의해 결합하는 과정 없이 나노입자와 희생입자가 단순 동시침전에 의해 역오팔 구조체를 형성하는 경우, 나노입자와 희생입자 간의 분산안정성, 입도 및 밀도 등의 차이에 의해 두 입자의 침전되는 속도가 상이하여 균일한 역오팔 구조체가 형성되지 않는 문제가 있다.
- [0053] 그러나, 나노입자와 결합한 형태의 희생입자를 사용함으로써 2 개 이상의 서로 상이한 나노입자를 혼합하여 역오팔 구조체를 제조할 수 있다.
- [0054] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 희생입자의 크기를 조절하여 상기 멤브레인 필터의 기공 크기를 조절할 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0055] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 희생입자의 크기는 100 내지 1500 nm 인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0056] 후술하겠지만, 상기 희생입자는 열처리에 의해서 제거되며, 상기 희생입자가 차지하고있던 부분이 멤브레인 필터의 기공이 되므로 상기 희생입자의 크기는 최종적으로 제조된 멤브레인 필터의 기공 크기와 같다. 예를 들어, 350 nm 의 크기를 가지는 희생입자를 사용하면 멤브레인 필터의 기공 크기는 350 nm 가 된다. 따라서, 상기 희생입자의 크기를 조절하여 원하는 크기의 기공을 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있다.
- [0057] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 희생입자는 폴리스타이렌 (PS), 실리카 (SiO₂), 폴리부틸메타크릴레이트 (PBMA), 폴리메틸메타크릴레이트 (PMMA), 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠 (PS/DVB = polystyrene/divinylbenzene), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠) (PBMA) 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0058] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 나노입자는 2 개 이상의 서로 상이한 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0059] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 나노입자는 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자, 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자, 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0060] 도 3 은 본원의 일 구현예에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터를 제조하는 과정의 모식도이다.
- [0061] 도 3 을 참조하면, 나노입자를 한가지 종류만 사용하여 역오팔 구조체를 제조할뿐 아니라 2 개 이상의 서로 상이한 나노입자를 혼합하여 역오팔 구조체를 제조할 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0062] 따라서, 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 시 상이한 특성을 가지는 나노입자를 사용하여 다기능 필터를 제조할 수 있다. 예를 들어, 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자 및 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자를 혼합하여 필터를 제조를 한다면 중금속 및 음이온을 동시에 제거할 수 있는 필터를 제조할 수 있다.
- [0063] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자는 아파타이트계 화합물, 산화철, 산화티타늄, 산화망간, 황화철, 이산화실리콘, 이산화지르코늄, 인듐틴옥사이드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0064] 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자는 등전점이 1 내지 7 인 금속산화물 또는 표면 개질된 금속산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 등전점이 1 내지 7 로 표면 개질된 산화철 나노입자를 사용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0065] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자는 산화니켈, 산화철, 산화알루미늄, 산화주석, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0066] 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자는 등전점이 7 내지 14 인 금속산화물 또는 표면 개질된 금속산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 등전점이 7 내지 14 로 표면 개질된 산화니켈 나노입자를 사용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0067] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자는 그래핀, 황-도핑 그래핀, 바이오차, 이산화티타늄, 산화아연, 텅스텐산화물, 백금-도핑 텅스텐 산화물 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 나노입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0068] 유기물 제거 특성을 가지는 나노입자 중 그래핀, 황-도핑 그래핀, 바이오차와 같은 물질은 유기물을 흡착 제거하며, 산화아연, 텅스텐산화물, 백금-도핑 텅스텐 산화물과 같은 물질은 광촉매 특성에 의해 유기물을 산화 제거할 수 있다.
- [0069] 이어서, 기관 상에 혼합용액을 도포하여 건조한다 (S200).
- [0070] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 건조 후 상이한 특성을 가지는 나노입자를 포함하는 용액을 추가로 적층하여 다층 구조를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0071] 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터의 제조 시 상이한 특성을 가지는 나노입자를 포함하는 용액을 추가로 적층하여 2 층 이상의 구조를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있다. 예를 들어, 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자를 포함하는 혼합용액을 기관 상에 도포하여 건조한 후, 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자를 포함하는 용액을 상기 혼합용액 상에 추가로 적층하여 다층 구조를 가지는 멤브레인 필터를 제조할 수 있다. 이렇게 제조된 필터는 중금속 제거층 및 음이온 제거층이 존재하게 되며 이를 이용하여 수질 내의 중금속 및 음이온 오염원을 동시에 제거할 수 있다.
- [0072] 마지막으로, 혼합용액을 열처리한다 (S300).
- [0073] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 열처리에 의해 상기 희생입자가 제거되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0074] 희생입자 및 나노입자가 결합되어 존재하던 구조를 열처리 시, 상기 희생입자가 제거되어 상기 나노입자만 남게 되고, 이에 따라 역오팔 구조를 형성한다. 이때, 상기 희생입자가 제거된 부분은 멤브레인 필터의 기공이 된다. 따라서, 필터 제조 시 희생입자의 크기를 조절하여 필터의 기공 크기를 조절할 수 있다.
- [0075] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 열처리는 400℃ 내지 700℃ 에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0076] 또한, 본원의 제 2 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 제조 방법에 의해 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터를 제공한다.
- [0077] 본원의 제 2 측면에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터에 대하여, 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 그 설명이 생략되었더라도 본원의 제 1 측면에 기재된 내용은 본원의 제 2 측면에 동일하게 적용될 수 있다.
- [0078] 본원의 역오팔 구조 멤브레인 필터는 제조 과정 시 사용되는 나노입자의 종류에 따라서 다양한 기능을 가지게 된다. 예를 들어, 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자를 사용하여 필터를 제조하면, 중금속 제거 기능을 가지는 필터를 제조할 수 있으며, 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자를 사용하여 필터를 제조하면, 음이온 제거 기능을 가지는 필터를 제조할 수 있다.
- [0079] 또한, 상이한 특성을 가지는 나노입자를 혼합하여 필터를 제조한다면, 각각의 특성을 모두 가지고 있는 필터를 제조할 수 있다. 예를 들어, 중금속 제거 특성을 가지는 나노입자와 음이온 제거 특성을 가지는 나노입자를 혼합하여 필터를 제조한다면 하나의 필터가 중금속 제거 및 음이온 제거 기능을 모두 가질 수 있다.
- [0080] 또한, 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터는 제조 과정 시 사용되는 희생입자의 크기를 조절하여 필터의 기공 크기를 조절할 수 있다. 이를 통해, 종래의 필터에서 기공 크기가 작아 낮은 유동량을 가지게 되어 수질 정수량이 충분하지 않던 문제 및 추가적인 외부 동력이 요구되던 문제없이 수질을 정화할 수 있다.
- [0081] 또한, 본원의 제3측면은 본원의 제 2 측면에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터가 2개 이상 적층되어 배치된 것인, 수질 정화 시스템을 제공한다.
- [0082] 본원의 제 3 측면에 따른 수질 정화 시스템에 대하여, 본원의 제 2 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 그 설명이 생략되었더라도 본원의 제 2 측면에 기재된 내용은 본원의 제 3 측면에 동일하게 적용될 수 있다.
- [0083] 본원에 따른 수질 정화 시스템은 본원에 따른 역오팔 구조 멤브레인 필터가 2 개 이상 적층되어 배치된 것일 수

있다. 구체적으로, 2 개 이상 배치된 역오팔 구조 멤브레인 필터는 각각 다른 오염원을 제거하는 기능을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은아니다.

[0084] 도 4 는 본원의 일 구현예에 따른 수질 정화 시스템의 모식도이다.

[0085] 도 4 를 참조하면, 하나의 수질 정화 시스템 내에 각각 중금속, 음이온 및 유기물 오염원을 제거하는 역오팔 구조 멤브레인 필터가 배치되어 있는 것을 확인할 수 있다.

[0086] 본원에 따른 수질 정화 시스템은 하부의 유입구로 오염수가 유입되어 중금속 제거층, 음이온 제거층 및 유기물 제거층을 차례로 통과하며 오염수 내의 중금속, 음이온 및 유기물이 역오팔 구조 멤브레인 필터에 의해 흡착 또는 산화 제거되고, 기공의 크기보다 큰 입자들이 필터를 통과하지 못하게 되어, 상부의 유출구에서 정화수로 배출된다. 이를 통해, 각기 다른 종류의 오염원을 동시에 제거할 수 있는 수질 정화 시스템이라는 것을 확인할 수 있다.

[0087] 도 4 의 수질 정화 시스템의 구조는 예시적인 것일 뿐 중금속 제거층, 음이온 제거층, 유기물 제거층은 각각 다른 구조로 적층되어 배치될 수 있으며, 본원의 제 1 측면에서 설명했던 바와 같이, 상이한 특성을 가지는 나노입자를 혼합하여 역오팔 구조 멤브레인 필터를 제조함으로써 하나의 역오팔 구조 멤브레인 필터가 상이한 종류의 오염원을 동시에 제거할 수 있다.

[0088] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 하나, 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것이며 본원의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0090] [비교예]

[0091] 산화철 나노입자를 비교예로서 사용하였다.

[0092] [실시예 1] 산화철 역오팔 구조 합성

[0093] 먼저, 음전하를 띄는 합성된 산화철 나노입자를 DI water에 30 mg/ml 농도로 분산시켜 나노입자 분산용액을 준비하고, 아민기로 개질된 양전하를 띄는 폴리스타이렌을 1 wt% 농도로 DI water에 분산시켜 희생입자 분산용액을 준비한 후, 상기 나노입자 분산용액 및 상기 희생입자 분산용액을 혼합하여 30 분 이상 교반시켜 혼합용액을 제조한다.

[0094] 이어서, 상기 혼합용액을 기관 상에 도포한 후 60℃에서 건조 시킨다.

[0095] 마지막으로, 상기 혼합용액을 550℃로 가열하여 희생입자인 폴리스타이렌을 제거하여 산화철 나노입자로 구성된 역오팔 구조체를 합성하였다.

[0096] [실시예 2] 이산화티타늄 역오팔 구조 합성

[0097] 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하되, 나노입자 분산용액 제조 시 산화철 나노 입자 대신 음전하를 띄는 이산화티타늄 나노입자를 첨가하여 이산화티타늄 나노입자로 구성된 역오팔 구조체를 합성하였다.

[0098] [실시예 3] 이산화티타늄@산화마그네슘 역오팔 구조 합성

[0099] 먼저, 양전하를 띄는 합성된 이산화티타늄@산화마그네슘 코어셸 나노입자를 DI water에 30 mg/ml 농도로 분산시켜 나노입자 분산용액을 준비하고, 카르복실기로 개질된 음전하를 띄는 폴리스타이렌을 1 wt% 농도로 DI water에 분산시켜 희생입자 분산용액을 준비한 후, 상기 나노입자 분산용액 및 상기 희생입자 분산용액을 혼합하여 30 분 이상 교반시켜 혼합용액을 제조한다.

[0100] 이어서, 상기 혼합용액을 기관 상에 도포한 후 60 ℃에서 건조 시킨다.

[0101] 마지막으로, 상기 혼합용액을 550℃로 가열하여 희생입자인 폴리스타이렌을 제거하여 이산화티타늄-산화마그네슘 코어셸 나노입자로 구성된 역오팔 구조체를 합성하였다.

[0102] 도 5 는 본원의 일 실시예에 따라 표면 개질을 위해 사용된 개시제의 구조식 및 희생입자의 이미지이다.

[0103] 도 6 은 본원의 일 실시예에 따른 희생입자와 결합한 나노입자의 SEM 이미지이다.

[0104] 도 6 을 참조하면, 표면이 양전하 또는 음전하로 개질된 희생입자와 양전하 또는 음전하를 띄는 나노입자가 정전기적 인력에 의해서 결합되어 있는 것을 확인할 수 있다.

- [0105] 도 7 은 본원의 일 실시예에 따른 역오팔 구조체의 SEM 이미지이다.
- [0106] 도 7 을 참조하면, 열처리를 통해서 희생입자인 폴리스타이렌이 제거되고 나노입자만 남게되어 역오팔 구조를 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0107] [실시예 4] TiO_2/HAP 계층형 역오팔 구조체 합성
- [0108] 이산화티타늄(TiO_2)과 결합한 350 nm 크기의 폴리스타이렌(PS) 용액과 수산화인회석(HAP)과 결합한 1300 nm 크기의 폴리스타이렌 용액을 각각 준비한다.
- [0109] 이어서, 기판 상에 이산화티타늄(TiO_2)과 결합한 350 nm 크기의 폴리스타이렌 용액을 도포하여 60 °C에서 건조시켜 TiO_2 층을 형성하고, 수산화인회석(HAP)과 결합한 1300 nm 크기의 폴리스타이렌 용액을 상기 TiO_2 층 위에 추가로 도포하여 60°C에서 건조하여 HAP 층을 형성한다.
- [0110] 이후, 550 °C로 가열하여 희생입자인 폴리스타이렌을 제거하였고, 최종적으로 350 nm 기공 크기를 가지는 TiO_2 층과 1300 nm 기공 크기를 가지는 HAP층으로 이루어진 역오팔 구조체(TiO_2/HAP)를 제조하였다.
- [0111] [실시예 5] HAP/TiO_2 계층형 역오팔 구조체 합성
- [0112] HAP와 결합한 350 nm 크기의 폴리스타이렌(PS) 용액과 TiO_2 와 결합한 1300 nm 크기의 폴리스타이렌 용액을 각각 준비한다.
- [0113] 이어서, 기판 위에 HAP와 결합한 350 nm 크기의 폴리스타이렌 용액을 도포하여 60°C에서 건조시켜 HAP 층을 형성하고, TiO_2 와 결합한 1300 nm 크기의 폴리스타이렌 용액을 HAP 층 위에 추가로 도포하여 60°C에서 건조하여 TiO_2 층을 형성하였다.
- [0114] 이후, 550 °C로 가열하여 폴리스타이렌을 제거하였고, 최종적으로 350 nm 기공 크기를 가지는 HAP층과 1300 nm 기공 크기를 가지는 TiO_2 층으로 이루어진 역오팔 구조체(HAP/TiO_2)를 제조하였다.
- [0115] [실시예 6] 이산화티타늄+수산화인회석 혼성 역오팔 구조체 합성
- [0116] TiO_2 와 HAP 나노입자를 DI water에 각각 30 mg/ml 농도로 분산시켜 용액 A와 용액 B를 제조하고, 350 nm 의 폴리스타이렌을 1 wt% 농도로 DI water에 분산시켜 용액 C를 제조한다. 용액 A, B 및 C를 혼합 후 30분 이상 교반시켜 용액 D를 제조한다. 상기 용액 D를 60 °C에서 건조시킨 후, 550 °C로 가열하여 폴리스타이렌을 제거하여 최종적으로 350 nm 기공 크기를 가지는 이산화티타늄+수산화인회석 혼성 역오팔 구조체를 제조하였다.
- [0117] 도 8 은 본원의 일 실시예에 따른 역오팔 구조체의 SEM 및EDS mapping 이미지이다.
- [0118] 도 8 의 (A), (B) 및 (C)는 각각 본원의 일 실시예 4, 5 및 6 에 따라 제조된 역오팔 구조체의 SEM 이미지이다. 도 8 의 (A)를 참조하면, SEM 이미지를 통해 350 nm 기공크기의 역오팔 층 위에 1300 nm 기공크기의 역오팔 층이 적층되어 있는 것을 알 수 있으며, EDS mapping 원소 분석을 통해 TiO_2 층 상 위에 HAP 층이 적층되어있는 것을 확인할 수 있다. 반대로 (B)에서는 350 nm 기공크기의 HAP 층 상에 1300 nm 크기의 TiO_2 층이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, (C)에서는 하나의 희생입자에 TiO_2 및 HAP가 동시 결합된 형태를 사용함으로써 TiO_2 및 HAP가 전체에 골고루 분포하는 역오팔 구조체가 합성된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 하나의 역오팔 구조 멤브레인 필터에서 두가지 이상의 오염원을 제거할 수 있도록 제조할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0119] [실험예 1] 멀티오염물 제거 시험
- [0120] 수질정화용 반응기에 실시예 1 내지 3에 의해 제조된 역오팔 구조체를 순서대로 적층하여 수질정화용 컬럼을 구성하였다. 수질정화 실험을 위해 납 50 ppm, 메틸렌블루 30 ppm, 메틸오렌지 30 ppm의 멀티오염물을 포함하는 오염수를 제조하였고, 이를 수질정화용 컬럼에 흘려주어 컬럼을 통과하기 전 후 오염수의 UV-Vis 흡광도를 분석하였다. 이 때, 납 이온의 검출을 위해 UV-Vis 흡광도 분석 전 용액 내에 0.01wt%의 PAR(4-(2-pyridylazo)-resorcinol) 염료를 첨가하여 흡광도를 측정하였다.
- [0121] 도 9 는 본원의 일 실시예에 따라 제조된 역오팔 구조 멤브레인 필터의 멀티오염물 제거 결과를 나타낸 그래프

이다.

[0122] 도 9 를 참조하면, 오염수는 464 nm, 508 nm, 664 nm의 파장에서 각각 메틸오렌지, 납, 메틸렌블루에 해당하는 peak가 관찰되었으나, 수질정화 컬럼 통과 후 각각의 오염물에 해당하는 peak가 모두 사라져 멀티오염물이 성공적으로 제거됐음을 확인할 수 있었다. 또한, 도 9에 삽입된 사진을 참조하면 수질정화 전 오염수는 메틸렌오렌지 및 메틸렌블루에 의해 녹색을 띄는 반면, 수질정화 후 해당 오염물들이 제거된 것을 관찰할 수 있다.

[0123] [실험예 2] 역오팔 구조체의 수질정화 유속 평가 시험

[0124] 비교예의 입자와 실시예 1에 따라 제조된 역오팔 구조체를 각기 다른 수질정화용 반응기에 0.3 g씩 충전하여 수질정화용 컬럼을 구성하였다. 유속 평가 시험을 위해 10 ppm의 아연을 포함하는 오염수를 제조하였고, 아연의 검출을 위해 0.01 wt%의 PAR 염료를 첨가하였다. 상기 PAR 염료를 포함하는 오염수를 수질정화용 컬럼에 흘려주어 flux 및 permeability를 측정하였다.

[0125] 도 10 은 본원의 일 실시예 및 비교예에 따른 역오팔 구조체 및 입자를 이용하여 제조된 수질 정화용 컬럼의 중금속 제거 실험 결과이다.

[0126] 도 10 을 참조하면, 수질정화 전 오염수는 PAR 염료와 반응하여 주황빛을 띄는 반면, 수질정화 후 중금속인 아연이 제거된 것을 확인할 수 있다.

[0127] 도 11의 (A)는 본원의 일 실시예 1 에 따라 제조된 역오팔 구조체를 이용한 수질정화용 컬럼 실험 장치이며, (B)는 (A)의 실험 장치를 이용하여 중금속 제거 실험을 수행한 결과이다.

[0128] 도 11을 참조하면, 아연을 포함하는 오염수가 연속적인 2.03 mL/min의 유체 속도로 실시예 1 의 수질 정화용 컬럼을 통해 흐르면서 아연이 효과적으로 제거된 것을 확인 할 수 있다.

[0129] 하기 표 1 은 실시예 1 및 비교예에 따라 제조된 역오팔 구조체 및 입자를 수질정화용 반응기에 충전한 수질정화용 컬럼의 flux 및 permeability 결과이다.

[0130] 표 1을 참조하면, 비교예에 따른 입자가 충전된 수질정화용 컬럼은 flux가 216 LM, permeability가 110 LMH/bar로 낮은 반면 실시예 1에 따른 역오팔 구조체가 충전된 수질정화용 컬럼은 flux가 891LMH, permeability가 454LMH/bar로 향상된 것을 확인할 수 있다.

[0131] [표 1]

	Filling amount (g)	Height (mm)	Flux LMH (Liter/m ² /h)	Permeability (Liter/m ² /h/bar)
비교예	0.3	6	216	110
실시예1	0.3	10	891	454

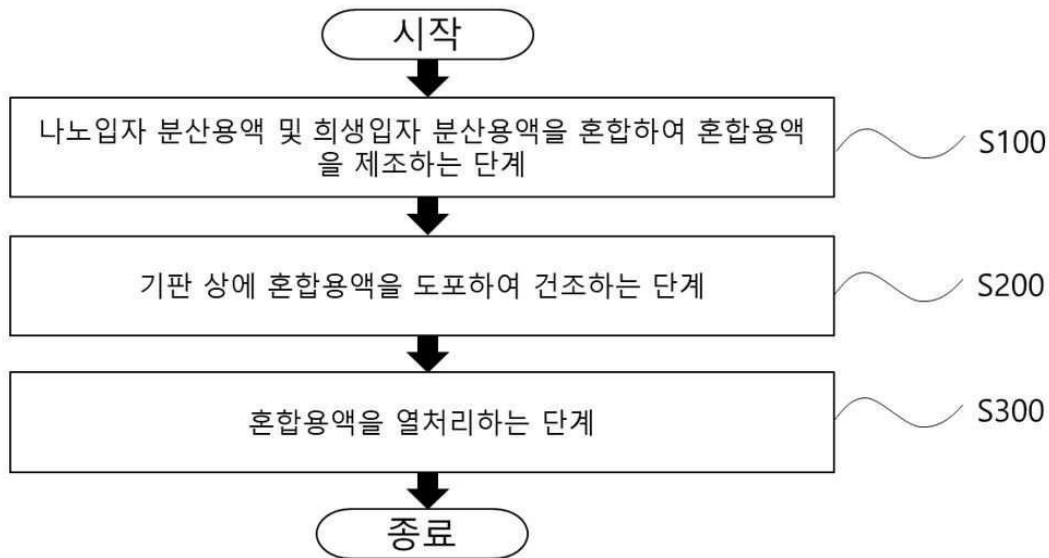
[0132]

[0133] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0134] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

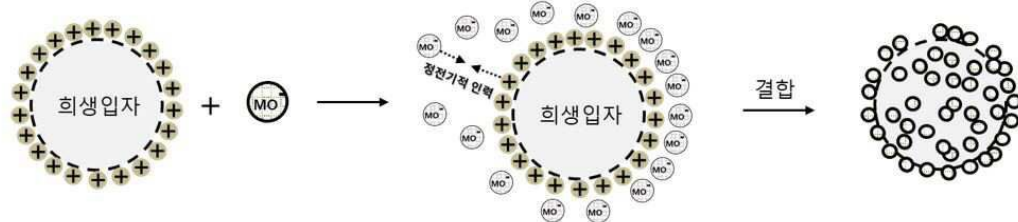
도면

도면1



도면2

양전하 희생입자와 음전하 나노 입자 간 결합

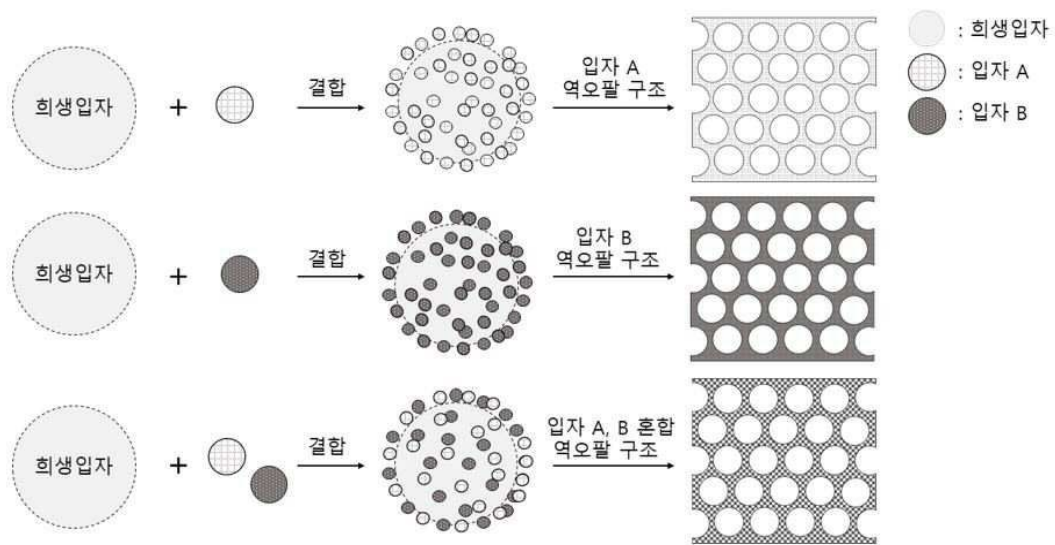


음전하 희생입자와 양전하 나노 입자 간 결합

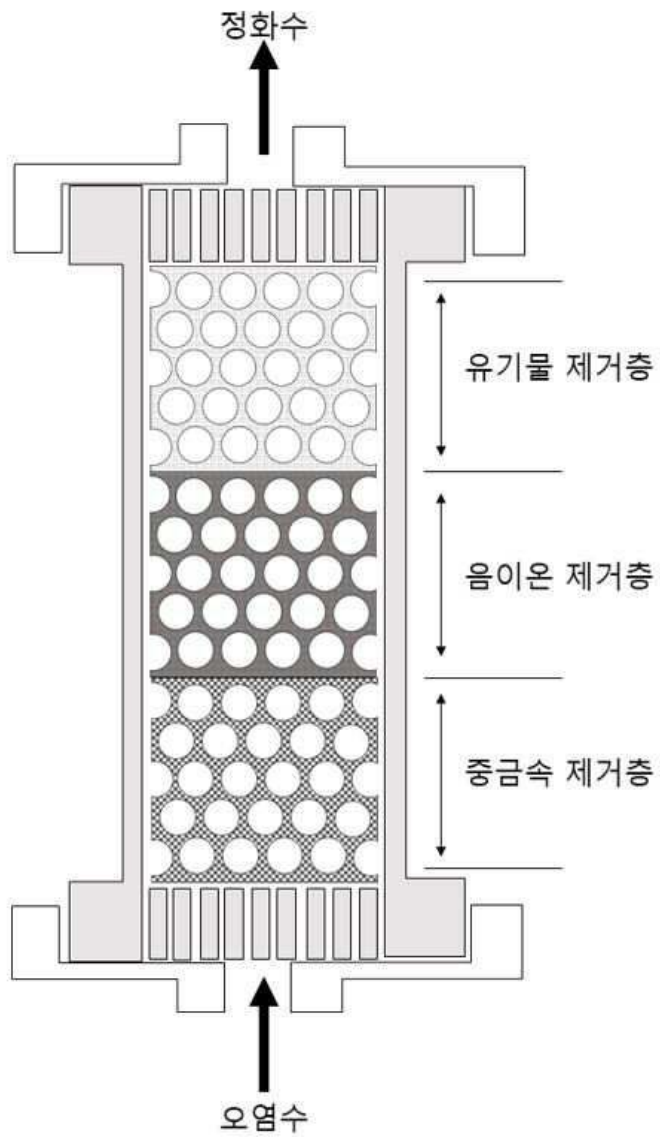


○ : 희생입자 MO⁻ : 음전하 나노입자 A MO⁺ : 양전하 나노입자 B

도면3



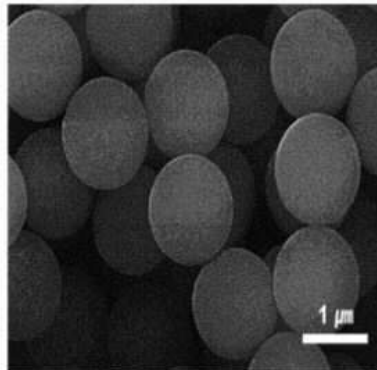
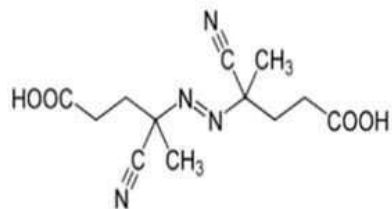
도면4



도면5

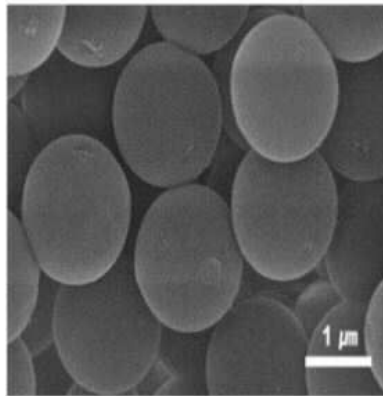
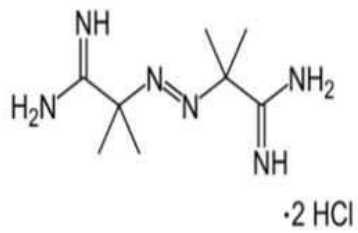
<Negative PS>

Initiator:
4,4'-Azobis(4-cyanovaleric acid)



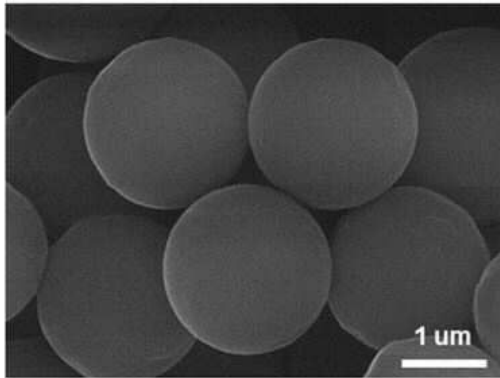
<Positive PS>

Initiator:
2,2'-Azobis(2-methylpropionamidine)

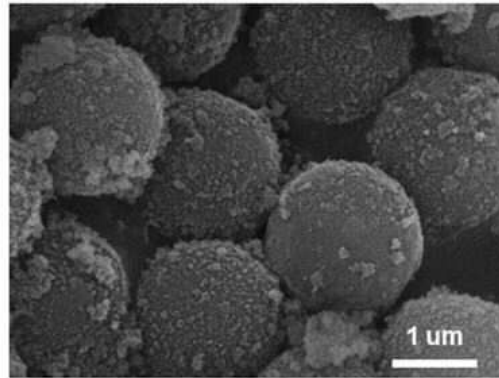


도면6

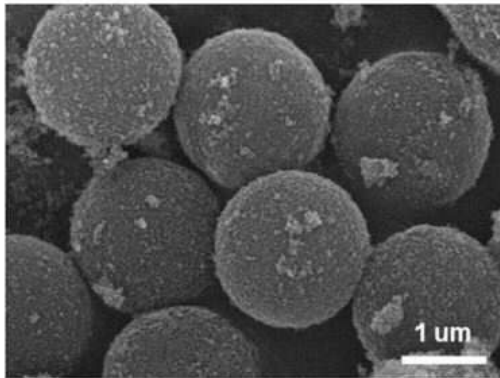
희생입자



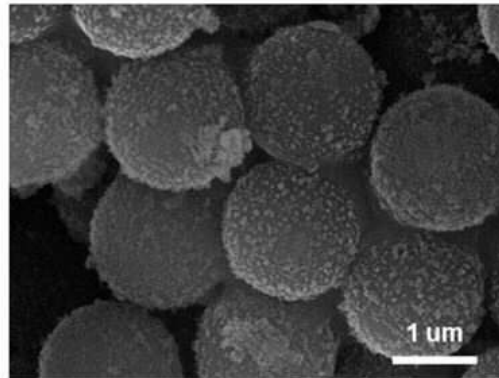
실시예 1



실시예 2

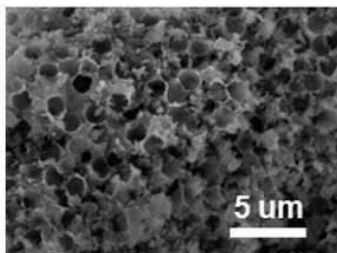


실시예 3

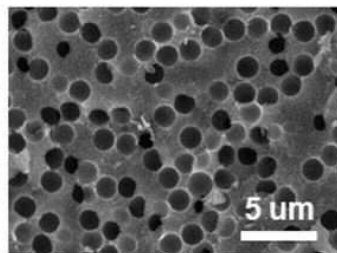


도면7

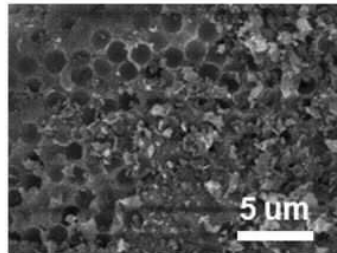
실시예 1



실시예 2



실시예 3

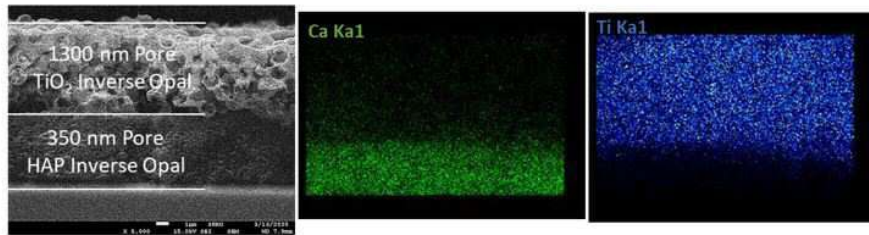


도면8

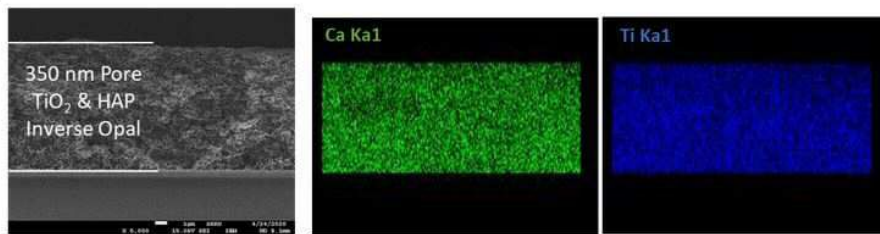
(A) 실시예 4



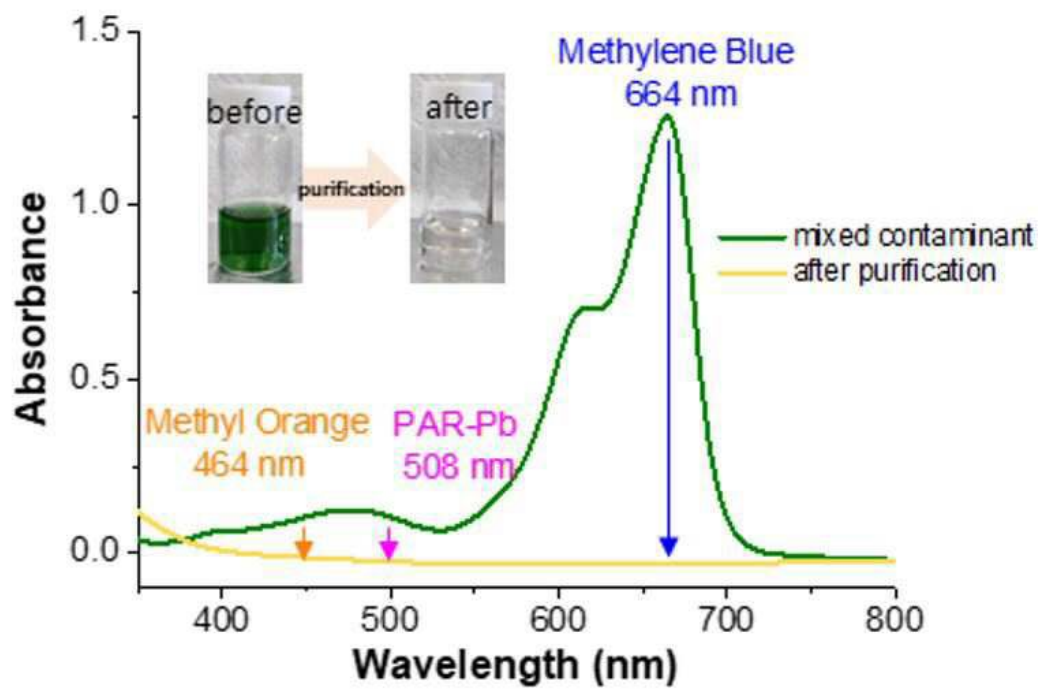
(B) 실시예 5



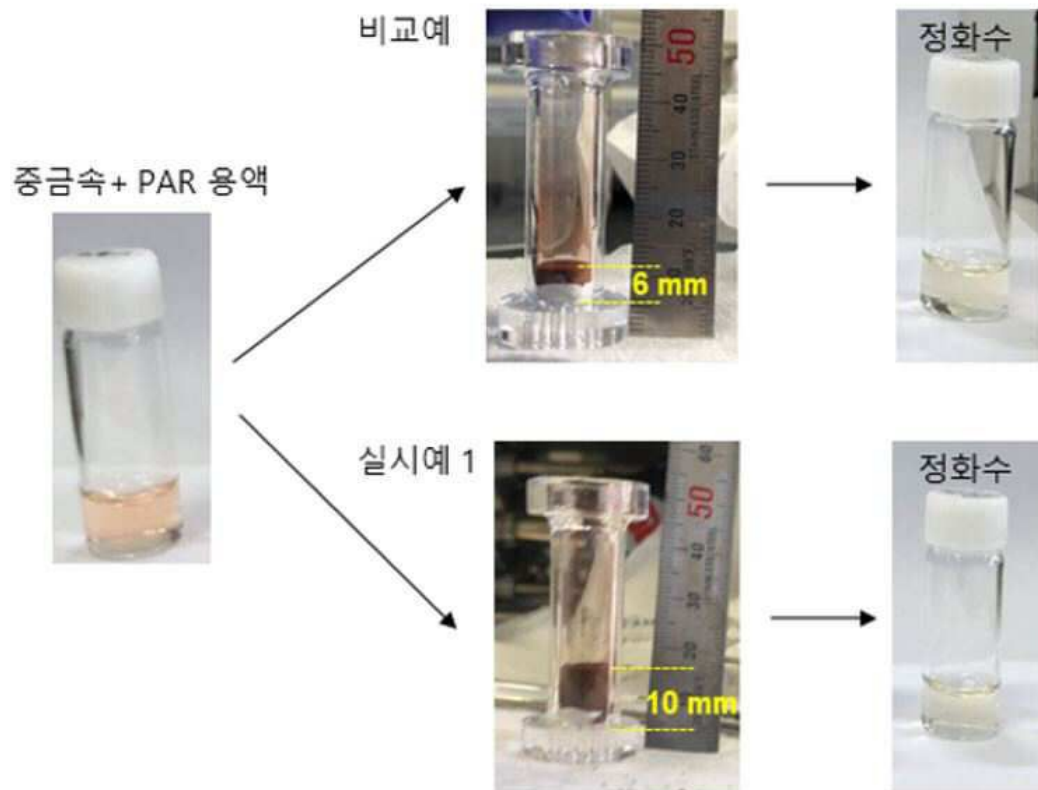
(C) 실시예 6



도면9



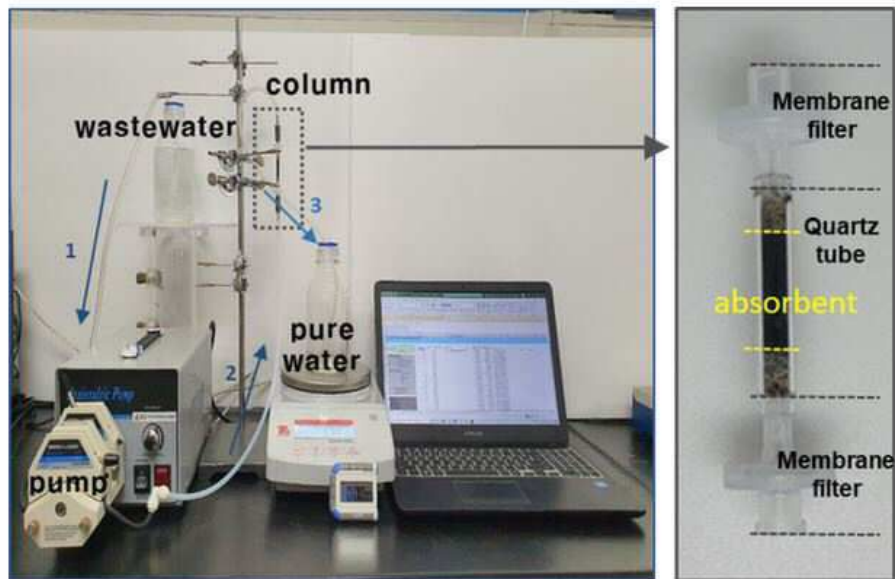
도면10



도면11

(A)

수질 정화용 컬럼 실험 장치



(B)

중금속 제거 실험 결과

