



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0057413
(43) 공개일자 2020년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 39/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 39/14 (2013.01)

B01D 2239/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0141792

(22) 출원일자 2018년11월16일

심사청구일자 2018년11월16일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

김선혜

대전광역시 서구 동서대로1005번길 101 (내동)

(72) 발명자

정원석

대전광역시 유성구 지족로190번길 39, 702-902 (지족동, LH노은에코힐)

채중령

전라북도 군산시 경춘1길 56 부향아파트 130동 205호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 기능성 필터 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 높은 여과 효율을 갖는 동시에 고투수성을 나타내는 기능성 필터의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 그래핀 옥사이드 및 탄소나노튜브를 이용한 기능성 필터의 제조 방법 및 이로부터 제조된 기능성 필터에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

강지연

대전광역시 서구 도솔로 275 (내동)

설찬용

대전광역시 서구 둔산로 201, 205동 608호 (둔산동, 국화아파트)

김선희

대전광역시 서구 동서대로1005번길 101 (내동)

최주원

대전광역시 서구 월평북로 11 주공아파트 303동 402호

성석현

대전광역시 동구 옛신탄진로81번길 16-12. 503호 (홍도동, 대호하이츠)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018-0007-01

부처명 중소벤처기업부

연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 산학연공동기술개발 첫걸음사업

연구과제명 그래핀옥사이드 멤브레인을 이용한 고효율, 고선택적 융복합 정수 필터 개발

기 여 율 1/1

주관기관 가람테크

연구기간 2017.12.01 ~ 2018.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계;

상기 혼합 용액을 건조하여 필터 시트를 제조하는 단계 및;

상기 필터 시트를 플라즈마 처리하는 단계;

를 포함하는 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체의 폴리아미드가 지방족 폴리아미드인 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 혼합 용액은 고형분 총 중량에 대하여 폴리에테르-폴리아미드 블록공중합체 75 ~ 95 중량%, 탄소나노튜브 1 ~ 15 중량% 및 환원 그래핀 옥사이드 1 ~ 15 중량%를 포함하는 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 환원 그래핀 옥사이드는 그래핀 옥사이드를 기재에 증착하여 열처리 및 박리한 것인 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 열처리는 100 내지 250℃에서 10 분 내지 3 시간동안 수행하는 것인 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 혼합 용액의 제조 단계는 상기 혼합 용액을 초음파 처리하는 단계를 더 포함하는 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 10 내지 30 Torr의 산소 압력으로 5 내지 60 분간 진행되는 것인 기능성 필터의 제조 방법.

청구항 8

폴리에테르-폴리아미드 블록공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 기능성 필터.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 환원 그래핀 옥사이드는 환원 그래핀 옥사이드 시트가 적층된 형태이고, 상기 시트의 층간 간격이 0.7 내지 0.9 nm인 기능성 필터.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 기능성 필터는 기공 크기가 10 nm 내지 20 μm 인 기능성 필터.

청구항 11

제 8항에 있어서,

상기 기능성 필터는 접촉각이 20° 이하이고, 작동 압력이 50 psi 이하인 기능성 필터.

청구항 12

제 8항에 있어서,

상기 기능성 필터는 면저항이 $1.0 \times 10^3 \Omega/\square$ 이하인 기능성 필터.

청구항 13

기능성 필터를 포함하는 직수 연결형 정수 장치에 있어서,

상기 기능성 필터가 제 8항에 따른 기능성 필터인 직수 연결형 정수 장치.

청구항 14

오염 공기 정화용 필터를 포함하는 집진 장치에 있어서,

상기 정화용 필터가 제 8항에 따른 기능성 필터인 집진 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 우수한 여과 효율을 갖는 기능성 필터의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 기능성 필터의 제조 방법 및 이로써 제조된 기능성 필터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 국내에서는 물을 음용 가능한 생활용수로 공급하기 위하여 정수처리장 시설을 통해 정수된 물을 각 가정에 공급하고 있다. 이러한 정수처리장은 각종 오염물질이 포함된 물을 여과 처리하고, 상기 여과 처리된 물에 살균 소독제의 일종인 염소를 투입하여 정수 처리된 물을 수도관을 통해 각 가정에 공급하고 있다.

[0003] 그러나, 상기 살균 소독제로 투입되는 염소 특유의 냄새로 음용 시 불쾌감을 유발하며, 가정으로 정수 처리된 물이 공급되는 과정에서 노후된 수도관으로부터 부식물이 혼합됨에 따라 사실상 식수로는 이용이 불가능한 문제점이 있어, 현재까지 다양한 기능의 정수기들이 널리 개발되고 있는 실정이다.

[0004] 정수기는 그 내부에 원수를 필터링 하기 위한 필터가 필수적으로 설치되며, 상기 필터는 부직포 필터, 활성탄 필터, 중공사막 필터, 이온교환수지 필터, 역삼투압 필터 등 물을 여과하는 방법 및 단계에 따라 다양한 정수용 필터가 적용되고 있다.

[0005] 하지만, 상기 필터를 사용하기 위해서는 일정한 설치공간을 확보해야하며, 과도한 부피구성과 그에 따른 전문 설치기술이 요구됨에 따라 상대적으로 제품의 가격이 상승한다.

[0006] 또한 현재 필터에 보편적으로 적용되고 있는 부직포 필터의 경우, 직경이 커서 바이러스와 같은 나노사이즈 크기의 입자를 여과할 수 없어 수중의 바이러스를 제거할 수 없으며, 여과 정밀도가 낮은 문제점이 있다.

[0007] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 종래 부직포 위에 전기방사하여 고분자 나노 섬유를 도포한 필터가 개발되었

으며, 상기 전기방사를 통해 섬유 직경이 수 백 nm인 초극세 섬유를 제조할 수 있어 바이러스와 같은 극미세 입자가 제거될 수 있다. 그러나, 작은 기공 크기를 갖는 필터를 제조하는 것이 쉽지 않고, 기공 크기가 너무 작아지기 때문에 높은 작동 압력이 요구되며 압력 손실이 크고, 낮은 투과성으로 인해 투과 유량이 현저히 낮다. 또한, 사용 중에 기공이 폐쇄되어 투과속도가 급격히 감소할 수 있는 문제점이 존재한다. 즉, 극미세 입자의 제거가 가능한 높은 여과 효율 및 고투수성을 동시에 만족하는 정수용 필터의 개발이 필요한 실정이다.

[0008] 한편, 환경문제에 대한 인식이 증가하면서 물을 정화하는 장치뿐만 아니라, 미세 분진과 같은 다양한 오염물질을 포함하는 공기를 정화시킬 수 있는 장치의 중요성이 더욱 커지고 있다. 이러한 공기를 정화시키는 장치로서, 오염물질이 포함된 공기를 정화시켜 청정한 공기를 배출하는 집진장치가 사용되고 있으며, 상기 집진장치용 필터를 이용하여 공기 정화는 물론 각종 냄새 및 진드기, 꽃가루, 애완동물 털과 같은 미세 입자를 제거하고 쾌적하고 건강한 환경을 제공할 수 있는 기능성 필터의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제10-2017-0096776호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 우수한 여과 효율을 갖는 기능성 필터를 제조하는 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 양태는 기능성 필터를 제조하는 방법에 관한 것으로, 구체적으로 본 발명의 일 양태는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계; 상기 혼합 용액을 건조하여 필터 시트를 제조하는 단계 및; 상기 필터 시트를 플라즈마 처리하는 단계;를 포함하는 기능성 필터의 제조 방법이다.

[0012] 본 발명의 일 양태에서, 상기 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체의 폴리아미드가 지방족 폴리아미드인 것일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 양태에서, 상기 혼합 용액은 고형분 총 중량에 대하여 폴리에테르-폴리아미드 블록공중합체 75 ~ 95 중량%, 탄소나노튜브 1 ~ 15 중량% 및 환원 그래핀 옥사이드 1 ~ 15 중량%를 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 양태에서, 상기 환원 그래핀 옥사이드는 그래핀 옥사이드를 기재에 증착하여 열처리 및 박리한 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 양태에서, 상기 열처리는 100 내지 250℃에서 10 분 내지 3 시간동안 수행하는 것일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 양태에서, 상기 혼합 용액의 제조 단계는 상기 혼합 용액을 초음파 처리하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 양태에서, 상기 플라즈마 처리는 10 내지 30 Torr의 산소 압력으로 5 내지 60 분간 진행되는 것일 수 있다.

[0018] 본 발명의 또 다른 양태는 폴리에테르-폴리아미드 블록공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 기능성 필터이다.

[0019] 본 발명의 일 양태에서, 상기 환원 그래핀 옥사이드는 환원 그래핀 옥사이드 시트가 적층된 형태이고, 상기 시트의 층간 간격이 0.7 내지 0.9 nm인 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 양태에서, 상기 기능성 필터는 기공 크기가 10 nm 내지 20 μm인 것일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 양태에서, 기능성 필터는 접촉각이 20° 이하이고, 작동 압력이 50 psi 이하인 것일 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 양태에서, 상기 기능성 필터는 면저항이 $1.0 \times 10^3 \Omega/\square$ 이하인 것일 수 있다.

[0023] 본 발명의 또 다른 양태는 상기 기능성 필터를 포함하는 직수 연결형 정수 장치이다.

[0024] 본 발명의 또 다른 양태는 상기 기능성 필터를 포함하는 집진 장치이다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따른 기능성 필터의 제조 방법은 간단한 공정 및 장비를 이용하여 높은 여과 효율을 갖는 정수용 필터의 제조가 가능한 장점이 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 기능성 필터는 기계적 강도 및 내구성이 우수하여 필터의 손상 없이 높은 여과 효율을 유지할 수 있는 장점이 있다.

[0027] 또한, 본 발명에 따른 기능성 필터는 항균 효과가 뛰어나며 바이러스의 제거가 가능할 뿐만 아니라, 비소를 포함한 중금속의 제거가 가능하여 현저히 높은 여과 효율을 나타낸다.

[0028] 또한, 본 발명에 따른 기능성 필터는 상기 높은 여과 효율을 갖는 동시에 투수성이 우수하여 정수 장치에 적용 시 빠른 투과 속도를 유지하며 오염물질을 제거할 수 있는 효과가 있다.

[0029] 또한, 본 발명에 따른 기능성 필터는 생활용수가 공급되는 수도배관라인에 직수 연결형 구조로 연결하여 사용이 가능함에 따라, 안전한 식수를 편리하게 사용자에게 공급할 수 있는 장점이 있다.

[0030] 또한, 본 발명에 따른 기능성 필터는 여과 성능이 우수하여 집진 장치에 적용 시, 포집된 미세먼지 등의 오염물질을 단시간에 효율적으로 제거할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 기능성 필터의 육안 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 기능성 필터의 SEM 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 기능성 필터를 장착하여 사용한 수처리 장치의 육안사진이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 환원 그래핀 옥사이드 필름의 X-선 회절 분석결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하 첨부된 도면들을 포함한 구체예 또는 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 구체예 또는 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 하나의 참조일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 형태로 구현될 수 있다.

[0033] 또한 달리 정의되지 않는 한, 모든 기술적 용어 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 당업자 중 하나에 의해 일반적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 본 발명에서 설명에 사용되는 용어는 단지 특정 구체예를 효과적으로 기술하기 위함이고 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0034] 또한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 양태는 기능성 필터의 제조 방법에 관한 것으로, 상기 기능성 필터의 제조 방법은 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계; 상기 혼합 용액을 건조하여 필터 시트를 제조하는 단계 및; 상기 필터 시트를 플라즈마 처리하는 단계;를 포함한다.

[0036] 본 발명에 따른 기능성 필터의 제조 방법은 종래 바이러스와 같은 극미세 입자를 제거하기 위해 전기방사를 통한 섬유상의 필터를 제조하는 방법과 비교하여, 방사 노즐 등의 장비를 사용하지 않고 간단한 공정으로 극미세 기공 크기를 갖는 필터의 제조가 가능한 장점이 있다.

[0037] 본 발명의 일 양태에서, 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계는 구체적으로, 상기 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 용매에 분산시키는 것일 수 있다.

[0038] 상기 용매로는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 분산시킬 수 있

는 용매라면 제한되지 않고 사용될 수 있으며, 예를 들면 증류수, 에테르계 용매, 알코올계 용매, 방향족 용매, 지환족 용매, 헤테로방향족 용매, 헤테로지환족 용매, 알칸계 용매, 케톤계 용매 및 할로겐화 용매 등에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합물일 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 용매로서 증류수, 클로로포름, 아세톤, 에탄올, 메탄올, 벤젠, 톨루엔, 시클로 헥산(cyclohexane), 노말 헥산(n-hexane), 피리딘, 퀴놀린, 에틸렌글리콜, 디메틸포름아마이드, 디메틸아세트아마이드, N-메틸피롤리돈 및 테트라하이드로퓨란 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합용매를 사용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0039] 상기 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체는 폴리에테르 블록과 폴리아미드 블록이 공중합된 것으로서, 기능성 필터에 적절한 유연성 및 기계적 물성을 부여한다.
- [0040] 상기 폴리에테르로서 제한하는 것은 아니나, 예를 들면, 폴리테트라메틸렌글리콜, 폴리테트라메틸렌글리콜 및 폴리프로필렌글리콜에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 공중합체를 들 수 있으며, 중량평균분자량이 200 내지 20,000 g/mol, 총계는 500 내지 15,000 g/mol, 더욱 총계는 1,000 내지 10,000 g/mol인 것일 수 있다. 상기 범위의 중량평균분자량을 갖는 폴리에테르는 폴리아미드와 용이하게 반응하여 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체를 형성할 수 있다.
- [0041] 또한 상기 폴리아미드는 통상의 폴리아미드 합성 방법을 통하여 제조된 것인 경우 제한이 없으나, 구체적으로 계면 중축합, 용해 중축합 또는 용액 중축합 반응을 이용하여 제조된 것을 사용할 수 있다.
- [0042] 본 발명의 일 양태에서, 상기 폴리아미드는 분자 사슬 내에 방향족 고리를 함유하지 않는 지방족 폴리아미드인 것일 수 있으며, 구체적으로 반복단위의 탄소수가 10 내지 20의 지방족 폴리아미드인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 지방족 폴리아미드로서 구체적으로 예를 들면, 폴리아미드 6, 폴리아미드 66, 폴리아미드 46, 폴리아미드 610, 폴리아미드 612, 폴리아미드 11, 폴리아미드 12, 폴리아미드 910, 폴리아미드 912, 폴리아미드 913, 폴리아미드 914, 폴리아미드 915, 폴리아미드 616, 폴리아미드 936, 폴리아미드 1010, 폴리아미드 1012, 폴리아미드 1013, 폴리아미드 1014, 폴리아미드 1210, 폴리아미드 1212, 폴리아미드 1213, 폴리아미드 1214, 폴리아미드 614, 폴리아미드 615, 폴리아미드 616 및 폴리아미드 613에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물을 사용할 수 있다. 총계는 폴리아미드 6, 폴리아미드 11 또는 폴리아미드 12를 사용하는 것일 수 있으며, 이를 포함함에 따라 필터의 유연성, 내화학성 및 내구성을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0043] 또한, 상기 폴리아미드는 중량평균분자량이 5,000 내지 50,000 g/mol, 총계는 7,000 내지 40,000 g/mol, 더욱 총계는 8,000 내지 30,000 g/mol인 것일 수 있다.
- [0044] 상기의 폴리에테르 및 폴리아미드를 포함하는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체는 중량평균분자량이 5,000 내지 70,000 g/mol, 총계는 7,000 내지 60,000 g/mol, 더욱 총계는 8,000 내지 50,000 g/mol인 것일 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다.
- [0045] 또한, 상기 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체 내 폴리에테르의 함량은 2 내지 80 중량%, 총계는 15 내지 80 중량%, 더욱 총계는 30 내지 80 중량%인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 범위의 폴리에테르를 함유하는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체는 충분한 기계적 강도를 가지는 동시에 우수한 유연성을 가지는 장점이 있다. 또한, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드와 함께 사용함으로써 향상된 투수성을 가지며, 우수한 여과 효율을 나타내는 효과가 있다.
- [0046] 상기 탄소나노튜브(Carbon nanotube, CNT)는 그래파이트 면이 나노크기의 직경으로 둥글게 말린 속이 빈 튜브 형태이며, 단일벽 탄소나노튜브(Single-walled carbon nanotube; SWCNT), 이중벽 탄소나노튜브(Double-walled carbon nanotube; DWCNT), 얇은벽 탄소나노튜브(Thin multi-walled carbon nanotube), 다중벽 탄소나노튜브(Multi-walled carbon nanotube; MWCNT) 및 다발형 탄소나노튜브(Roped carbon nanotube)에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합물을 사용할 수 있다. 바람직하게 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브일 수 있으며, 이를 포함함에 따라 기계적 물성을 보다 향상시키고, 투수성, 항균성 및 전도성을 부여하는 효과가 있다. 보다 구체적으로, 기능성 필터에 항균 효과를 부여함에 따라 여러 종류의 박테리아 및 세균의 제거가 가능할 뿐만 아니라, 필터 자체를 정화시킬 수 있다. 이는 단순히 물 또는 공기가 필터를 통과함에 따라 정화 및 항균 작용이 동시에 일어나는 것으로서 추가의 항균 단계를 필요로 하지 않으며, 필터의 반영구적인 사용이 가능한 장점이 있다.
- [0047] 또한, 상기 환원 그래핀 옥사이드(reduced GO, rGO)는 그래파이트(Graphite, 흑연)를 이용해서 화학적으로 산화된 그래핀인 그래핀 옥사이드(Graphene oxide, GO)를 합성한 뒤 다시 환원시켜 제조된 것으로서 통상적으로 이용되는 그래핀 옥사이드로부터 제조된 것일 수 있다.

- [0048] 본 발명의 일 양태에서, 상기 환원 그래핀 옥사이드는 그래핀 옥사이드를 기재에 증착하여 열처리 및 박리한 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 보다 구체적으로, 상기 기재는 상기 그래핀 옥사이드를 부착할 수 있는 기재라면 제한 없이 사용될 수 있으며, 일 예로, 철, 마그네슘, 니켈, 알루미늄, 주석 및 구리 등에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합물을 포함하는 금속 기재에 그래핀 옥사이드를 증착하는 것일 수 있다.
- [0050] 또한 상기 증착 방법으로서 예를 들면, 그래핀 옥사이드를 용매에 첨가하여 균일하게 분산시킨 후, 이를 양극 산화 알루미늄(Anodic Aluminum Oxide, AAO)에 진공 증착하는 것일 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다. 이 때, 상기 그래핀 옥사이드가 분산된 용매를 증착하기 전, 초음파 처리하여 그래핀 옥사이드의 분산성을 보다 향상시키는 단계를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 이 후, 기재에 증착된 그래핀 옥사이드는 열처리를 통해 환원 그래핀 옥사이드로 제조될 수 있다.
- [0052] 본 발명의 일 양태에서, 상기 열처리는 100 내지 250℃, 종계는 120 내지 230℃, 더욱 종계는 150 내지 200℃에서 10 분 내지 3 시간동안 상압 또는 진공 압력 하에 수행하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상압에서 열처리를 수행 시 비활성 기체 분위기에서 수행될 수 있으며, 일 예로 아르곤, 질소 등의 비활성 기체일 수 있다.
- [0053] 보다 구체적으로, 열처리를 수행함에 따라 상기 그래핀 옥사이드를 포함하는 용액 내 용매의 제거가 가능하며, 이 때 용매가 차지하던 부분이 기공으로 형성될 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 열처리를 통해 그래핀 옥사이드 내 존재하는 수산화기 및 카르복실기 등의 작용기가 제거됨에 따라, 그래핀 고유의 벌집 모양을 갖는 나노 채널(nano channel)의 크기를 조절할 수 있으며, 우수한 기계적 안정성을 확보할 수 있다.
- [0055] 특히, 상기 범위에서 열처리를 수행함으로써, 제조되는 필터가 100 nm 이하의 공극을 포함할 수 있으며, 이로 인해 바이러스 및 중금속 등의 극미세 입자의 제거가 가능하여 현저히 높은 필터 여과 효율을 부여한다.
- [0056] 또한, 상기 범위의 열처리를 통해 환원된 그래핀 옥사이드 시트 사이의 간격을 조절할 수 있으며, 상기 시트 사이에 2차원 모세관(capillaries)이 형성됨에 따라 통해 물의 흐름이 현저히 향상되어, 정수 필터의 투수성을 보다 향상시키는 효과를 부여한다.
- [0057] 본 발명의 일 양태에서, 상기 혼합 용액은 고형분 총 중량에 대하여 폴리에테르-폴리아미드 블록공중합체 75 ~ 95 중량%, 탄소나노튜브 1 ~ 15 중량% 및 환원 그래핀 옥사이드 1 ~ 15 중량%를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 종계는 폴리에테르-폴리아미드 블록공중합체 80 ~ 90 중량%, 탄소나노튜브 2 ~ 10 중량% 및 환원 그래핀 옥사이드 2 ~ 10 중량%를 포함하는 것일 수 있으며, 상기 범위의 고형분을 포함하는 혼합 용액을 건조 및 플라즈마 처리 시 제조되는 기능성 필터가 우수한 투수성을 가지며, 수돗물 내 잔류 염소 등의 유해 물질을 제거하는 성능이 우수한 효과가 있다. 또한, 수돗물뿐만 아니라 미세먼지 등 공기에 포함된 오염물질도 용이하게 제거할 수 있는 장점이 있다.
- [0058] 상기 혼합 용액 내 고형분의 함량은 0.1 ~ 10 중량%, 종계는 1 내지 7 중량%인 것일 수 있으나, 이에 제한하는 것은 아니다. 상기 범위에서 고형분이 용액 내에 균일하게 분산되어 추후 안정적으로 기능성 필터를 제조할 수 있는 장점이 있다.
- [0059] 또한 상기 혼합 용액의 제조 단계는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 상기 함량이 되도록 용매에 첨가한 후, 공지의 분산 방법으로 균일하게 분산시키는 것일 수 있다.
- [0060] 상기 분산 방법으로서 바람직하게는, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 용매에 첨가하여 균일하게 분산시킨 후 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체를 첨가하여 40 내지 90℃에서 1 내지 6 시간 교반하여, 상기 공중합체가 완전히 용해된 혼합 용액을 제조하는 것 일수 있다.
- [0061] 또한, 상기 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드는 혼합 용액의 제조 단계에 앞서, 각각의 원료를 80 내지 130℃의 온도 범위에서 건조시키는 전처리 단계를 더 포함하는 것일 수 있다. 상기 전처리 단계를 포함함에 따라, 이 후 각 단계를 통한 기능성 필터의 제조 시 기공 형성이 보다 용이한 효과가 있다.
- [0062] 본 발명의 일 양태에서, 상기 혼합 용액의 제조 단계는 상기 혼합 용액을 초음파 처리하는 단계를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 용매에 첨가한 후, 1 내지 6 시간 동안 초음

과 처리하는 것일 수 있으며, 이를 통해 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드의 용액 내 응집을 방지하고, 기능성 필터 내에 고르게 분산시키는 효과를 부여하며, 필터의 기계적 물성 및 항균성을 현저히 향상시키는 장점이 있다.

[0063] 또한, 상기 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드가 분산된 용액에 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체를 첨가하여 교반한 이후에, 10 분 내지 3 시간 동안 혼합 용액을 초음파 처리함으로써 공중합체의 분산성을 향상시키고, 필터의 균일한 유연성을 부여할 수 있다.

[0064] 다음으로, 본 발명에 따른 기능성 필터의 제조 방법은 상기 혼합 용액을 건조하여 필터 시트를 제조하는 단계를 포함한다.

[0065] 본 발명의 일 양태에서, 상기 건조는 앞서 제조된 혼합 용액을 몰드에 100 내지 500 μm , 종게는 150 내지 400 μm , 더욱 종게는 200 내지 300 μm 두께가 되도록 주입한 후, 공지의 건조 방법으로 용액 내 용매를 제거하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 건조 방법으로 구체적인 예를 들어, 25 내지 80°C의 온도 범위에서 상압 또는 감압 하에 6 내지 72 시간 건조하는 것일 수 있으며, 바람직하게는 상온 및 상압에서 12 내지 48 시간 방치 후 감압 하에 잔류 용매를 모두 제거하는 것이 목적하는 물성 상승효과를 구현하는 측면에서 더욱 효과적이다.

[0066] 다음으로, 본 발명에 따른 기능성 필터의 제조 방법은 상기 필터 시트를 플라즈마 처리하는 단계를 포함한다.

[0067] 구체적으로, 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 필터 시트를 플라즈마 처리함으로써, 필터에 투수성을 부여하고 여과 효율을 현저히 상승시킬 수 있다.

[0068] 본 발명의 일 양태에서, 상기 플라즈마 처리는 10 내지 30 Torr의 산소 압력으로 5 내지 60 분간, 종게는 10 내지 15 Torr의 산소 압력으로 20 내지 60 분간 진행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0069] 상기 플라즈마 처리는 필터 시트의 우수한 기계적 물성을 유지하면서, 동시에 필터 시트에 존재하는 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드에 카보닐기와 같은 극성을 도입하여 필터의 친수성을 향상시키는 효과가 있다. 보다 구체적으로, 상기 필터 시트를 플라즈마 처리함에 따라 시트 표면에 존재하는 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드뿐만 아니라, 시트 내부에 존재하는 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드에 균일하게 극성을 도입시켜 필터의 친수성을 향상시키며, 이에 따라 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체 고유의 높은 소수성 및 작은 기공 크기로 인한 낮은 투수성을 현저히 향상시켜 우수한 여과 효율을 나타낸다.

[0070] 즉, 상기 필터 시트에 산소 플라즈마 처리하여 제조되는 기능성 필터는 기공 크기의 조절이 가능하여 비교적 작은 입자 크기를 갖는 바이러스, 중금속 및 초미세먼지에서 분진 및 꽃가루에 이르기까지 다양한 유해 물질에 대한 여과가 가능하여 정수 및 집진 장치 등에 사용되는 필터로 적용이 가능한 장점이 있다.

[0071] 본 발명의 또 다른 양태는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체, 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드를 포함하는 기능성 필터에 관한 것으로, 상기 기능성 필터의 제조 방법으로부터 제조될 수 있다.

[0072] 본 발명에 따른 기능성 필터는 우수한 기계적 강도뿐만 아니라 유연성을 가짐에 따라 필터의 손상없이 장기적으로 사용이 가능한 장점이 있다.

[0073] 또한, 항균 효과를 나타냄에 따라 추가의 항균 단계 없이 한 번의 필터 과정을 통해 박테리아 및 세균 등의 제거가 가능한 효과가 있다.

[0074] 또한, 상기 기능성 필터는 높은 투수성을 나타내는 동시에 중금속 및 초미세먼지를 포함하는 유해 물질에 대한 여과 효율이 매우 우수하여 종래 기공 크기에 따라 두 개 이상의 필터를 연결 또는 적층하여 사용하는 기능성 필터를 대체할 수 있어, 여과 단계 및 필터 설치 공간을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

[0075] 본 발명의 일 양태에서, 상기 환원 그래핀 옥사이드는 환원 그래핀 옥사이드 시트가 적층된 형태고, 상기 시트의 간격이 0.7 내지 0.9 nm인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0076] 상기 환원 그래핀 옥사이드는 2차원 평면 구조를 이루는 환원 그래핀 옥사이드가 적층된 형태로 필터 내에 존재할 수 있으며, 이에 따라 필터의 기계적 안정성이 증가하고, 정수 필터로 사용 시 물의 흐름성이 보다 향상되어 투수성이 우수하며 투과 속도가 빠른 효과가 있다.

[0077] 본 발명의 일 양태에서, 상기 기능성 필터는 기공 크기가 10 nm 내지 20 μm , 구체적으로 20 nm 내지 20 μm , 보다 구체적으로 50 nm 내지 20 μm 인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0078] 상기 범위의 기공 크기를 가짐으로써, 필터가 높은 투수성을 나타내는 동시에 다양한 크기의 유해물질을 분리해 낼 수 있으며, 구체적으로, 잔류 염소, 바이러스, 세균, 박테리아, 중금속 및 초미세먼지에 이르는 다양한 유해물질에 대한 여과 효율이 우수한 효과가 있다.
- [0079] 이는 기공 크기에 따른 필터를 두 개 이상 연결하거나, 다수의 필터가 이격된 대형 필터를 사용하여 유해물질의 단계적 제거가 필수적인 종래 기능성 필터와 비교하였을 때, 현저히 우수한 효과를 가지는 것이다.
- [0080] 구체적으로, 일반적인 정수용 필터로 사용되는 활성탄 및 중공사막 필터의 경우, 원재료 확보가 어렵고 바이러스 및 중금속 등의 유해물질의 제거가 불가능한 것과 비교하여, 본 발명의 기능성 필터는 상기 범위의 기공 크기를 가짐에 따라 활성탄 및 중공사막의 여과 기능을 동시에 확보할 수 있어 하나의 필터로 대체가 가능한 장점이 있다.
- [0081] 또한 미세먼지 차단용 필터로서 다수의 필터를 일정 간격으로 이격하여 대형 필터를 제조하는 것과 비교하여 본 발명의 기능성 필터는 상기 범위의 기공 크기를 가짐으로써 하나의 필터로 초미세먼지에서 애완동물의 털까지 다양한 오염물질을 제거할 수 있어, 최소의 설치 공간으로 오염물질의 포집효율을 극대화시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0082] 본 발명의 일 양태에서, 상기 기능성 필터는 접촉각이 20° 이하이고, 작동 압력이 50 psi 이하, 종게는 접촉각이 15° 이하이고, 작동 압력이 40 psi 이하, 더욱 종게는 접촉각이 10° 이하이고, 작동 압력이 20 psi 이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0083] 일반적으로 유연성이 우수한 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체를 정수용 필터의 소재로 사용할 경우, 상기 공중합체가 갖는 고유의 소수성 및 작은 기공 크기로 인하여 물이 필터를 통과하기 힘들고 높은 작동 압력이 요구되어 정수용 필터로 사용이 불가한 반면, 본 발명에 따른 기능성 필터는 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체를 탄소나노튜브 및 환원 그래핀 옥사이드와 함께 플라즈마 처리하여 사용함으로써, 상기 범위의 접촉각 및 작동 압력을 갖는다. 상기 범위의 접촉각 및 작동 압력을 가짐에 따라, 기능성 필터는 친수성이 극대화되고 투과 속도의 저하 없이 우수한 여과율을 유지할 수 있다.
- [0084] 본 발명의 일 양태에서, 상기 기능성 필터는 면저항이 $1.0 \times 10^3 \text{ } \Omega/\square$ 이하, 종게는 $0.8 \times 10^3 \text{ } \Omega/\square$ 이하, 더욱 종게는 $0.7 \times 10^3 \text{ } \Omega/\square$ 인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0085] 본 발명에 따른 기능성 필터는 탄소나노튜브를 포함함에 따라 전도성을 나타내며 상기 범위의 낮은 면저항을 가짐으로써 전도성 필터로도 적용될 수 있는 장점이 있다. 즉, 상기 기능성 필터는 적은 전기 저항으로 높은 전기 전도도를 나타내므로, 전기력을 이용하여 오염물질을 제거하는 전도성 필터로의 적용이 가능하다. 보다 구체적으로, 외부에서 기능성 필터로 전기를 인가하여 전기장에 의한 전기력으로 먼지 입자 등을 포집할 수 있으며, 이를 집진판으로 포집 및 분리함으로써 공기 중의 오염물질을 효율적으로 제거할 수 있는 효과가 있다.
- [0086] 본 발명의 일 양태는 상기 기능성 필터를 포함하는 직수 연결형 정수 장치이다.
- [0087] 본 발명에 따른 기능성 필터는 각 가정에 생활용수를 공급하는 수도배관라인에 직수 연결형 구조로 연결하여, 정수된 생활용수를 수도밸브를 통해 사용자에게 직접 공급될 수 있다. 이에 따라, 생활용수의 사용효율이 증대되며 안전한 물을 다량으로 편리하게 공급할 수 있는 효과가 있다.
- [0088] 즉, 종래 복잡한 정수기의 구성 및 과다한 설치 공간을 필요로 하지 않으며, 저렴하고 단순한 제품 구성에 따라 불필요한 비용 낭비를 예방할 수 있다.
- [0089] 또한, 종래 정수용 필터 재료의 원재료 확보 문제가 없으며, 우수한 제품 경쟁력을 갖는 직수 연결형 정수의 제공이 가능한 장점이 있다.
- [0090] 본 발명의 또 다른 양태는 상기 기능성 필터를 포함하는 집진 장치이다.
- [0091] 본 발명에 따른 기능성 필터는 집진 장치의 오염 공기 정화용 필터로 적용하여, 진드기, 꽃가루, 미세먼지, 분진 및 애완동물 털 등 다양한 오염물질을 단시간에 효율적으로 제거하고 공기를 정화시킬 수 있다.
- [0092] 또한, 냄새를 탈취하며 필터에서 증식할 수 있는 박테리아, 바이러스 및 곰팡이 등의 미생물의 제거가 가능하여 쾌적하고 건강한 환경을 제공할 수 있는 장점이 있다.
- [0093] 이와 같이, 본 발명에 따른 기능성 필터는 필터가 갖는 여과 기능 뿐 아니라 항균 및 탈취 등 다양한 기능이 부

가된 우수한 성능의 필터를 제공한다.

[0095] 이하 실시예 및 비교예를 바탕으로 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 실시예 및 비교예는 본 발명을 더욱 상세히 설명하기 위한 하나의 예시일 뿐, 본 발명이 하기 실시예 및 비교예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0097] 1. 접촉각 측정

[0098] 기능성 필터를 평평하게 배열한 뒤 물방울을 떨어뜨린 다음, 접촉각계(Phoenix10, SEO(surface electro optics))를 사용하여 60 초 후의 접촉각을 측정하였다.

[0099] 2. 면저항 측정

[0100] 기능성 필터를 10 mm X 10 mm의 크기로 자른 후 면저항 측정기(CMT-300s)를 이용하여 면 저항을 측정하였다. 실험은 10 회 반복하여 면저항 값을 측정하고 평균값을 계산하였다.

[0101] 3. 환원 그래핀 옥사이드 시트의 층간 간격

[0102] 환원 그래핀 옥사이드 시트의 층간 간격을 확인하기 위하여 X-선 회절 장치(X-ray diffraction, XRD, Bruker, D8 DISCOVER) 및 하기 식 1로부터 상기 층간 간격을 계산하였다.

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

[0103] [식 1]

[0104] (상기 식 1에서, d는 결정의 층간 간격이고, λ 는 입사광의 파장이고, θ 는 회절각이다.)

[0106] [실시예 1]

[0107] 80℃ 오븐에서 12 시간 건조시킨 환원 그래핀 옥사이드(rGO-V50, STANDARD GRAPHENE) 및 다중벽 탄소나노튜브(한화케미칼(주), CM-130, 직경:10 ~ 15 nm)를 70% 에탄올(EMSURE) 48.5 g에 각각 0.15 g 첨가하여 1 시간 동안 초음파 처리하였다. 이어서, 온도를 80℃로 상승시킨 후 Pebax[®] 1657(Arkema, 폴리에틸렌글리콜 60 중량%, 폴리아미드 6 40 중량%)를 1.5 g 첨가하여 2 시간 교반하고, 30 분간 초음파 처리하여 혼합 용액을 제조하였다.

[0108] 제조된 혼합 용액을 직경 53 mm의 원기둥형 몰드에 230 μ m 두께가 되도록 주입하여 24 시간 상온에서 방치 후, 24 시간 진공건조하여 필터 시트를 제조하였다.

[0109] 이어서, 제조된 필터 시트를 직경 3 인치 X 높이 6.5 인치의 원통형 챔버 내에서 플라즈마(PLASMA CLEANER(PDC-32G-2), HARRICK PLASMA, MHz range, 100W) 장치를 사용하여 산소 플라즈마 처리하였다. 이 때, 플라즈마 처리는 13 Torr의 산소 압력으로 20 분간 수행하여 기능성 필터를 제조하였다.

[0110] 제조된 기능성 필터의 육안 사진을 도 1에 도시하였으며, 상기 필터 밑면의 일면 및 타면을 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM, Zeiss Merlin Compact)으로 분석한 결과를 도 2에 도시하였다. 이를 통해 제조된 필터가 10 nm ~ 20 μ m의 다양한 기공 크기를 가지는 것을 확인하였다.

[0111] 또한, 제조된 기능성 필터의 접촉각 및 면저항을 측정한 결과 접촉각 5° 이하, 면저항 535.95 $\Omega/\square$ 이었으며, 이를 통해 우수한 친수성 및 낮은 저항 값을 가지는 것을 확인하였다.

[0112] 또한, 제조된 기능성 필터를 직경 14.5 cm의 정사각형으로 커팅하고 세디멘트에 감아서 도 3과 같은 수처리 장치에 장착한 후, 물을 1 L씩 통수시켜 필터한 결과, 작동 압력이 18 psi이며 투과 속도의 저하 없이 우수한 투수성을 유지하는 것을 확인하였다.

[0114] [실시예 2]

[0115] 실시예 1의 다중벽 탄소나노튜브를 0.25 g 사용한 것을 제외하고는 동일하게 실시하였다. 제조된 기능성 필터의

접촉각 및 면저항을 측정한 결과 접촉각 5° 이하, 면저항 $619.76 \Omega/\square$ 이었으며, 이를 통해 우수한 친수성 및 낮은 저항 값을 가지는 것을 확인하였다.

[0116] 또한, 제조된 기능성 필터를 직경 14.5 cm의 정사각형으로 커팅하고 세디멘트에 감아서 도 3과 같은 수처리 장치에 장착한 후, 물을 1 L씩 통수시켜 필터한 결과, 작동 압력이 20 psi이며 투과 속도의 저하 없이 우수한 투수성을 유지하는 것을 확인하였다.

[0118] [실시예 3]

[0119] 그래핀 옥사이드(Standard Graphene, GO-V20, Lateral size $\geq 7.0 \mu\text{m}$, Thickness $< 5 \text{ nm}$, Carbon 50-56 %, Oxygen 30-35 %, Hydrogen $\leq 4.5 \%$) 2.6 g을 증류수 1 L에 첨가하고 1 시간 동안 초음파 처리하여 그래핀 옥사이드 용액을 제조하였다. 이 후, 상기 용액 10 mL를 양극 산화 알루미늄(AAO, Whatman, Anodisc 47, 직경 : 47 mm)기재에 0.08 MPa 압력으로 진공 증착 및 건조하여 환원 그래핀 옥사이드 시트를 제조하였다. 이 후, 3×10^{-3} torr의 진공 압력 하에 170°C 에서 1 시간 동안 환원 그래핀 옥사이드 시트에 열처리하여 두께 42 nm의 환원 그래핀 옥사이드시트를 제조하였다. 제조된 환원 그래핀 옥사이드 시트를 기재로부터 박리하여 X-선 회절(X-ray diffraction, XRD, Bruker, D8 DISCOVER) 분석한 결과를 도 4에 도시하였으며, 환원 그래핀 옥사이드의 층간 간격이 0.73 nm인 것을 확인하였다.

[0120] 실시예 1의 환원 그래핀 옥사이드를 상기 열처리한 환원 그래핀 옥사이드로 대신하여 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0121] 제조된 기능성 필터의 접촉각 및 면저항을 측정한 결과 접촉각 5° 이하, 면저항 $398.86 \Omega/\square$ 이었으며, 이를 통해 우수한 친수성 및 낮은 저항 값을 가지는 것을 확인하였다.

[0122] 또한, 제조된 기능성 필터를 직경 14.5 cm의 정사각형으로 커팅하고 세디멘트에 감아서 도 3과 같은 수처리 장치에 장착한 후, 물을 1 L씩 통수시켜 필터한 결과, 작동 압력이 15 psi이며 투과 속도의 저하 없이 우수한 투수성을 유지하는 것을 확인하였다.

[0124] [비교예 1]

[0125] 80°C 온도에서 70% 에탄올 48.5 g에 폴리에테르-폴리아미드 블록 공중합체 1.5 g 첨가하여 2 시간 교반하고, 30 분간 초음파 처리하여 고분자 용액을 제조하였다. 제조된 고분자 용액을 직경 53 mm의 원기둥형 몰드에 230 μm 두께가 되도록 주입하여 24 시간 상온에서 방치 후, 24 시간 진공건조하여 필터 시트를 제조하였다.

[0126] 이어서, 상기 필터 시트를 이용하여 실시예 1과 동일한 방법으로 산소 플라즈마 처리하여 필터를 제조하였으며, 제조된 필터의 접촉각 및 면저항을 측정한 결과 접촉각이 5° 이하이고, 면저항이 $5,067.8 \Omega/\square$ 로 높은 저항 값을 나타내는 것을 확인하였다.

[0127] 또한, 제조된 기능성 필터를 직경 14.5 cm의 정사각형으로 커팅하고 세디멘트에 감아서 도 3과 같은 수처리 장치에 장착한 후 물을 1 L씩 통수시켜 필터한 결과, 투수성이 매우 낮고 작동압력이 큰 것을 확인하였다.

[0129] [비교예 2]

[0130] 실시예 1에서 제조된 필터 시트를 플라즈마 처리하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하여 필터를 제조하였다. 제조된 필터의 접촉각 및 면저항을 측정한 결과 접촉각이 61.54° 이고 면저항 $5,218.8 \Omega/\square$ 로 높은 저항 값을 나타내는 것을 확인하였다.

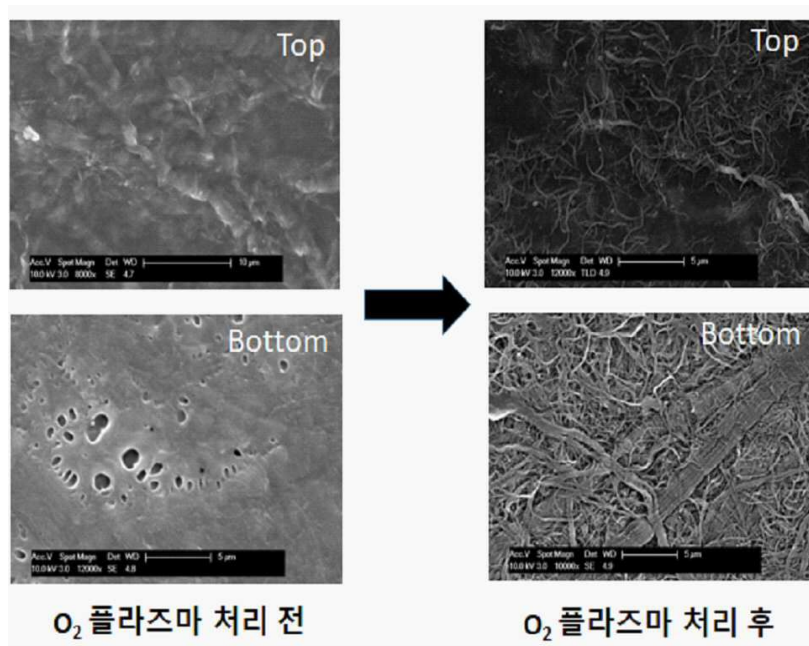
[0131] 또한, 제조된 기능성 필터를 직경 14.5 cm의 정사각형으로 커팅하고 세디멘트에 감아서 도 3과 같은 수처리 장치에 장착한 후, 물을 1 L씩 통수시켜 필터한 결과, 물이 필터를 통과하지 않는 것을 확인하였다.

도면

도면1



도면2



도면3



도면4

