



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년10월21일
(11) 등록번호 10-2457291
(24) 등록일자 2022년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 39/16 (2006.01) D01D 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 39/1623 (2013.01)
D01D 5/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0059985
(22) 출원일자 2020년05월19일
심사청구일자 2020년05월19일
(65) 공개번호 10-2021-0143380
(43) 공개일자 2021년11월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100004139 A*
KR1020190123004 A*
KR1020130078924 A
KR1020190020498 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
나정효
대전시 유성구 죽동로 321, 101-1703호
이솔
대전광역시 유성구 온천북로13번길 21, 1114호 (봉명동, 스카이뷰시티)
(74) 대리인
박진호, 이재명, 김태완

전체 청구항 수 : 총 6 항

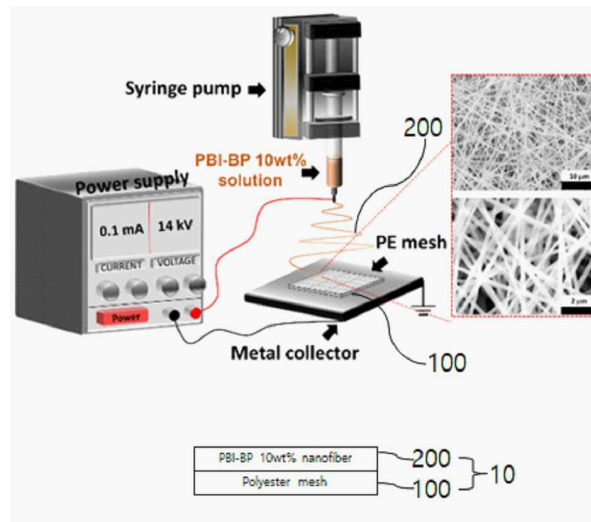
심사관 : 김영표

(54) 발명의 명칭 미세면지 필터 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 폴리벤즈이미다졸에 벤조페논을 첨가한 고분자로 형성되는 나노섬유를 포함하여, 폴리벤즈이미다졸에 의해 내화학적 및 내열성이 우수하고, 자외선 차단제인 벤조페논에 의해 태양광의 자외선을 차단하여 나노섬유를 보호하며, 벤조페논을 최적의 함량으로 나노섬유에 포함하여 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형과 같은 필터로서의 성능 저하를 최소화하여 자연 환기가 가능한 미세면지 필터 및 그 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 2239/025 (2013.01)

B01D 2239/0631 (2013.01)

B01D 2239/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711113227
과제번호	2020R1A4A200202111
부처명	과기정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초연구실지원사업
연구과제명	Industry 4.0 산업용 무선 시스템 구축을 위한 기초 연구실
기 여 율	1/3
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711108869
과제번호	2019R1A2C101038412
부처명	과기정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	마찰표면 대전도 및 유전체 분극 조절기술에 의한 에너지 수확 소자 성능 향상 및
응용 센서 개발	
기 여 율	2/3
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2024.02.29
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

폴리에스테르 메쉬;
 상기 폴리에스테르 메쉬 상에 적층된 나노섬유;를 포함하되,
 상기 나노섬유는,
 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 포함한 고분자 용액이 전기 방사되어 형성되며,
 상기 고분자 용액은,
 총 중량을 기준으로 상기 벤조페논을 10 중량% 포함하는 것을 특징으로 하는 미세면지 필터.

청구항 2

제 1항에 있어서,
 상기 고분자 용액은,
 16 중량%의 폴리벤즈이미다졸 용액을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세면지 필터.

청구항 3

제 2항에 있어서,
 상기 폴리벤즈이미다졸 용액은,
 디메틸아세트아미드를 포함하여,
 총 중량 기준으로 상기 폴리벤즈이미다졸이 16 중량% 용해되는 것을 특징으로 하는 미세면지 필터.

청구항 4

폴리에스테르 메쉬와 나노섬유를 포함하되, 상기 나노섬유는 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 포함하는 미세면지 필터의 제조방법에 있어서,
 상기 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 혼합하여 고분자 용액을 준비하는 용액준비단계;
 상기 고분자 용액을 실린지에 투입하는 용액투입단계;
 상기 실린지와 전기적으로 접지된 금속컬렉터에 폴리에스테르 메쉬를 준비하는 메쉬준비단계;
 상기 실린지와 금속 컬렉터에 전압을 가하여 상기 폴리에스테르 메쉬에 상기 고분자 용액을 방사하는 나노섬유 형성단계; 및
 상기 나노섬유가 형성된 상기 폴리에스테르 메쉬를 금속 컬렉터로부터 분리하는 필터분리단계;를 포함하고,
 상기 용액준비단계는,
 상기 고분자 용액 총 중량을 기준으로 상기 벤조페논을 10 중량% 포함하여 혼합하는 것을 특징으로 하는 미세면지 필터의 제조방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,
 상기 용액준비단계는,
 상기 폴리벤즈이미다졸을 16 중량% 포함하는 폴리벤즈이미다졸용액준비단계를 포함하는 것 특징으로 하는 미세

먼지 필터의 제조방법.

청구항 6

제 4항 또는 제5항에 있어서,

상기 나노섬유의 평균 직경은 250nm인 것을 특징으로 하는 미세먼지 필터의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 폴리벤즈이미다졸에 벤조페논을 첨가하고, 폴리에스테르 매쉬에 전기 방사하여, 나노섬유를 형성한 미세먼지 필터를 제조해 태양광의 자외선으로부터 나노섬유를 보호할 수 있는 미세먼지 필터 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 산업의 고도화로 인한 공장, 자동차, 발전소 및 2차 화학 반응의 부산물에서 배출되는 초미세먼지(Particulate Matter, PM)는 인간 건강에 위협이 되고 있으며, 고농도의 초미세먼지에 장기간 노출되는 경우, 뇌졸중 및 심혈관 질환과 같은 치명적인 질병이 발생할 수 있다. 또한, 초미세먼지의 크기는 인간 조직의 크기와 유사하기 때문에 인간의 호흡계에도 쉽게 침투할 수 있다.

[0003] 이러한 실외 공기의 초미세먼지에 대처하고 실내 공기질을 보호하기 위해서, 실내에 공기 정화기를 구비하거나, 고성능 공기 필터가 장착된 공기 순환 시스템을 이용하여, 실내 공기를 정화하고 있다. 이와 같은 공기 정화기, 공기 순환 시스템은 0.3 μ m의 작은 크기의 초미세먼지를 여과할 수 있지만, 고가의 설치비용 및 유지 보수비용으로 인해 사용에 부담이 되고 있다.

[0004] 이와 관련하여, 자연 환기 조건에서 초미세먼지를 걸러 내기 위해 창문에 쉽게 설치할 수 있는 공기 필터가 개발되고 있다. 창문에 설치되는 공기 필터의 경우, 높은 공기 투과성 및 가시성과 같은 창문의 원래 기능을 손상시키지 않으면서 높은 여과 효율을 갖추어야 한다. 또한, 태양광으로 인한 자외선(UV) 노출 및 산성비와 같은 열악한 외부 환경 조건에도 쉽게 손상되지 않아야 한다.

[0005] 일반적인 합성 섬유로 제조된 필터의 경우, 열악한 외부 환경 조건에 대해서 쉽게 손상되지 않는 반면, 초미세먼지를 걸러내기 위한 공기 필터로서 높은 공기 투과성, 가시성 및 여과 효율을 만족시키기는 어렵다.

[0006] 따라서, 초미세먼지를 걸러내기 위한 공기 필터로서의 성능을 구현하기 위해 고분자 기반의 나노 섬유 필터가 연구되고 있다. 하지만, 고분자 기반의 나노 섬유 필터는 장시간 태양광의 자외선에 노출되는 경우, 고분자 나노 섬유가 손상되어 필터링 성능이 급격하게 저하되는 문제가 발생한다.

[0007] 종래기술(공개특허공보 제10-2017-0120372호)은 미세먼지 차단용 윈도우 필터 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 고분자 나노 섬유 웹을 방충망에 부착하여 미세먼지를 여과하는 필터에 대한 내용을 개시하고 있다. 하지만, 종래기술은 나노 섬유 웹이 자외선에 취약하여 손상되기 쉽고, 내화학적 및 내열성이 나쁜 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0120372호, 2017.10.31., 미세먼지 차단용 윈도우 필터 및 이의 제조방법

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 폴리벤즈이미다졸에 벤조페논을 첨가한 고분자로 형성되는 나노섬유를 포함하여, 폴리벤즈이미다졸에 의해 내화학적 및 내열성이 우수하고, 자외선 차단제인 벤조페논을 최적의 함량으로 포함하여 자외선으로부터 나노섬유를 보호함과 동시에 높은 여과

효율을 유지하는 미세먼지 필터 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 미세먼지 필터는, 폴리에스테르 메쉬와, 상기 폴리에스테르 메쉬 상에 적층된 나노섬유를 포함하되, 상기 나노섬유는, 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 포함한 고분자 용액이 전기 방사되어 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 상기 고분자 용액은, 16 중량%의 폴리벤즈이미다졸 용액을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 여기서, 상기 폴리벤즈이미다졸 용액은, 디메틸아세트아미드를 포함하여, 총 중량 기준으로 상기 폴리벤즈이미다졸이 16 중량% 용해되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 다른 실시예인 폴리에스테르 메쉬와 나노섬유를 포함하되, 상기 나노섬유는 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 포함하는 미세먼지 필터의 제조방법에 있어서, 상기 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 혼합하여 고분자 용액을 준비하는 용액준비단계와, 상기 고분자 용액을 실린지에 투입하는 용액투입단계와, 상기 실린지와 전기적으로 접지된 금속콜렉터에 폴리에스테르 메쉬를 준비하는 메쉬준비단계와, 상기 실린지와 금속 콜렉터에 전압을 가하여 상기 폴리에스테르 메쉬에 상기 고분자 용액을 방사하는 나노섬유형성단계와, 상기 나노섬유가 형성된 상기 폴리에스테르 메쉬를 금속 콜렉터로부터 분리하는 필터분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 용액준비단계는, 상기 폴리벤즈이미다졸을 16 중량% 포함하는 폴리벤즈이미다졸용액준비단계를 포함하는 것 특징으로 한다.
- [0015] 여기서, 상기 나노섬유의 평균 직경은 250nm인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따른 미세먼지 필터는 내열성 및 내화학성이 우수한 고분자인 폴리벤즈이미다졸과 자외선 차단제인 벤조페논을 포함하여 태양광의 자외선, 고온 및 산성비와 같은 열악한 외부 환경으로부터 나노섬유를 보호할 수 있어 장시간 여과 효율이 우수한 미세먼지 필터를 제공할 수 있는 이점이 있다.
- [0017] 본 발명에 따른 미세먼지 필터는 나노섬유가 벤조페논을 최적의 함량으로 포함하여 자외선으로부터 보호됨과 동시에, 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형의 성능 저하를 최소화 할 수 있는 이점이 있다.
- [0018] 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 제조방법은 고분자 용액을 전기 방사하여 나노섬유를 제조하고, 전기 방사의 주입 속도, 거리 및 전압에 따라 나노섬유의 직경을 쉽게 조절할 수 있어 가시성이 우수하면서 여과 효율이 우수한 직경의 나노섬유를 제조할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명에 따른 미세먼지 필터를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 자외선 차단제인 벤조페논의 UV 흡수 메커니즘을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 여과 성능을 확인하기 위한 장치의 사진이다.
- 도 4 내지 도 5는 벤조페논의 함량에 따른 미세먼지 필터의 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형을 측정하는 것이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 미세먼지 필터와 다른 필터들의 365nm 파장의 UV에서 765시간 노출 전후의 여과 효율을 측정하는 것이다.
- 도 7 내지 도 8은 본 발명에 따른 미세먼지 필터 및 PBI 필터의 253nm 파장에서의 노출 시간에 따른 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형을 측정하는 것이다.
- 도 9는 벤조페논 함량이 0 중량% 일 때 단파장 UV 노출 시간에 따른 필터의 사진이다.
- 도 10의 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 강산 침지 전후에 따른 여과 효율, 압력 강하, 응력 변형 및 FT-IR을 측정하는 것이다.
- 도 11은 본 발명에 따른 미세먼지 필터와 다른 필터들의 강산 침지 전후에 따른 여과 효율을 측정하는 것이다.

도 12는 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 온도에 따른 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형을 측정하는 것이다.

도 13 내지 도 16은 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 내열성의 실시예를 나타낸 것이다.

도 17은 본 발명의 다른 실시예인 미세먼지 필터의 제조방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

도 18은 서로 다른 광투과율을 갖는 미세먼지 필터의 사진이다.

도 19는 본 발명의 다른 실시예인 미세먼지 필터의 제조방법에 따라 제조된 나노섬유의 여과 효율을 측정하는 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 미세먼지 필터 및 그 제조방법의 일 실시예를 설명한다. 이때, 본 발명은 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 공지된 기능 혹은 구성에 대해 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 명확하게 하기 위해 생략될 수 있다.
- [0021] 도 1은 본 발명에 따른 미세먼지 필터를 개략적으로 나타낸 도면이고, 도 2는 자외선 차단제인 벤조페논의 UV 흡수 메커니즘을 개략적으로 나타낸 도면이며, 도 3은 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 여과 성능을 확인하기 위한 장치의 사진이고, 도 4 내지 도 5는 벤조페논의 함량에 따른 미세먼지 필터의 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형을 측정하는 것이며, 도 6은 본 발명에 따른 미세먼지 필터 외에 다른 필터들의 365nm 파장의 UV에서 765 시간 노출 전후의 여과 효율을 측정하는 것이고, 도 7 내지 도 8은 본 발명에 따른 미세먼지 필터 및 PBI 필터의 253nm 파장에서의 노출 시간에 따른 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형을 측정하는 것이며, 도 9는 UV 노출 시간에 따른 PBI 필터의 사진이고, 도 10의 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 강산 침지 전후에 따른 여과 효율, 압력 강하, 응력 변형 및 FT-IR을 측정하는 것이며, 도 11은 본 발명에 따른 미세먼지 필터와 다른 필터들의 강산 침지 전후에 따른 여과 효율을 측정하는 것이고, 도 12는 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 온도에 따른 여과 효율, 압력 강하 및 응력 변형을 측정하는 것이며, 도 13 내지 도 16은 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 내열성의 실시예를 나타낸 것이고, 도 17은 본 발명의 다른 실시예인 미세먼지 필터의 제조방법을 개략적으로 나타낸 순서도이며, 도 18은 서로 다른 광투과율을 갖는 미세먼지 필터의 사진이고, 도 19는 본 발명의 다른 실시예인 미세먼지 필터의 제조방법에 따라 제조된 나노섬유의 여과 효율을 측정하는 것이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 본 발명에 미세먼지 필터(10)는 폴리에스테르 메쉬(100) 및 나노섬유(200)를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 폴리에스테르 메쉬(100)는 폴리에스테르 섬유로 제조된 메쉬로, 집진성, 내구성 및 회복력이 우수하여 상기 나노섬유(200)가 적층되고 지지될 수 있다.
- [0024] 상기 나노섬유(200)는 상기 폴리에스테르 메쉬(100) 상에 망 구조로 적층되며, 폴리벤즈이미다졸에 벤조페논을 첨가한 고분자 용액이 전기 방사되어 형성될 수 있고, 상기 폴리에스테르 메쉬(100) 상에 조밀하게 적층되어 상기 미세먼지 필터(10)로 제조될 수 있어 공기 중의 미세먼지를 제거할 수 있다.
- [0025] 여기서, 상기 폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole, PBI)은 내열성 고분자로, 유기용매에 잘 녹지 않으며, 높은 열적 안정성을 가지고 있어 기계적, 화학적 내구성이 우수해 태양광으로 인한 고온 또는, 산성비와 같은 환경 조건에서 장시간 안정하게 형태를 유지할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 벤조페논(Benzophenone, BP)은 자외선 차단제로, 자외선인 UV를 흡수하는 작용기인 하이드록실(Hydroxyl, -OH)에 의해 UV를 흡수하여 차단할 수 있다.
- [0027] 도 2를 참조하면, 상기 벤조페논의 UV 흡수 메커니즘을 나타낸 것으로, 상기 벤조페논은 UV 흡수 작용기 (-OH) 및 기본 구조에 부착된 치환기를 함유하며, UV 노출시, 하이드록실 (-OH) 그룹은 제 1 단일항 상태 (S1)로 여기되고, 근처의 -CO 결합과 결합하여 공명 (S1*)을 생성하여, 흡수 된 UV 에너지를 열(S0*)로 방출할 수 있으며, 이와 같은 메커니즘으로 상기 나노섬유(200)에서 외부에서 가해지는 UV를 흡수하여 상기 나노섬유(200)를 UV로부터 보호하여 상기 나노섬유(200)의 손상을 방지할 수 있다.
- [0028] 도 3 내지 도 5를 참조하면, 상기 나노섬유(200)를 형성하는 상기 고분자 용액은, 총 중량을 기준으로 상기 벤조페논을 10 중량% 포함할 수 있다.
- [0029] 먼저, 상기 고분자 용액은, 디메틸아세트아미드에 상기 폴리벤즈이미다졸을 용해하여 16 중량%의 폴리벤즈이미다졸 용액을 제조하고, 상기 폴리벤즈이미다졸 용액과 상기 벤조페논을 9 : 1의 중량비로 혼합하여 상기 고분자 용액을 제조할 수 있으며, 이하에서 PBI-BP 10 중량%는 상기 폴리벤즈이미다졸 용액과 상기 벤조페논이 9 : 1의

중량비로 혼합된 상기 고분자 용액으로 형성된 상기 나노섬유를 의미하고, PBI-BP 20 중량%는 상기 폴리벤즈이미다졸 용액과 상기 벤조페논이 8 : 2의 중량비로 혼합된 고분자 용액으로 형성된 나노섬유를 의미하며, PBI-BP 30 중량%는 상기 폴리벤즈이미다졸 용액과 상기 벤조페논이 7 : 3의 중량비로 혼합된 고분자 용액으로 형성된 나노섬유를 의미한다.

- [0030] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 미세면지 필터(10)의 여과 성능을 확인하기 위한 장치로써, 아토마이저(atomizer), PM 카운터(PM counter#1, #2), 풍량계(wind gauge), 압력계(manometer), 송풍기(blower)를 포함할 수 있고, PM 카운터#1과 PM 카운터#2 사이에 상기 미세면지 필터가 위치하고, KCL PM 및 표준 시험 입자를 상기 장치로 공급하여 여과 성능을 평가할 수 있으며, 자연 환기 조건의 공기 유량에 해당하는 0.35m/s의 공기 유량으로 여과 성능을 평가하였다.
- [0031] 도 4를 참조하면, 상기 벤조페논 함량에 따른 여과 효율을 확인한 것으로, 상기 고분자 용액에 상기 벤조페논의 함량을 0, 10, 20, 30 중량% 첨가하여 65Pa의 초기 압력강하를 갖는 상기 미세면지 필터(10)를 제조하여 상기 장치를 통해 상기 미세면지 필터(10)의 여과 효율을 확인한 결과, 상기 벤조페논의 함량이 0 중량%일 때와 10 중량% 일 때는 여과 효율이 유사한 반면, 20 중량%에서 부터 여과효율이 급격하게 저하되는 것을 확인할 수 있으며, 이는 상기 벤조페논의 함량이 증가함에 따라 상기 미세면지 필터(10)의 상기 나노섬유(200)가 두꺼워져 여과 효율이 저하될 수 있고, 이에 따라, 상기 미세면지 필터(10)의 여과 효율 저하를 방지하기 위해서는 상기 벤조페논을 10 중량% 함유하는 것이 가장 바람직하다.
- [0032] 이어서, 도 5를 참조하면, 상기 벤조페논 함량에 따른 상기 미세면지 필터(10)의 응력 변형을 조사한 결과, 상기 벤조페논의 함량이 0 중량%일 때와 10 중량%일 때는 응력 변형이 유사한 반면, 20 중량%부터 응력 변형이 저하되는 것을 확인할 수 있으며, 이에 따라, 상기 미세면지 필터(10)의 응력 변형 저하를 방지하기 위해서는 상기 벤조페논을 10 중량% 함유하는 것이 가장 바람직하다.
- [0033] 따라서, 상기 미세면지 필터(10)의 상기 나노섬유(200)는 상기 벤조페논을 10 중량% 함유할 때, 여과 효율 및 응력 변형의 저하를 최소화 할 수 있다.
- [0034] 도 6 내지 도 9를 참조하면, 상기 미세면지 필터(10)는 UV로부터 상기 나노섬유(200)의 안정성을 확보할 수 있다.
- [0035] 먼저, UV의 경우, 파장에 따라서 크게 세 가지 종류로 구분할 수 있으며, 320 내지 400nm는 장파장 자외선은 UVA, 280 내지 320nm는 중파장 자외선인 UVB, 200 내지 280nm는 단파장 자외선은 UVC로 구분할 수 있으며, UVA는 오존층에 흡수되지 않아 구름과 유리를 쉽게 통과하여 지표면에 도달하고, UVB는 대부분 오존층에 흡수되고 일부만 지표면에 도달하며, UVC는 오존층에 완전히 흡수되지만, 염색체 변이를 일으키고 생명체 해로운 영향을 미치는 자외선으로, 상기 미세면지 필터(10)의 UV에 대한 성능은 UVA에 해당하는 365nm 파장과 UVC에 해당하는 253nm 파장에서 측정하였다.
- [0036] 상기 벤조페논을 10 중량% 함유한 상기 미세면지 필터(10)를 제조하고(이하, PBI-BP 필터), 이의 대조군으로 폴리벤즈이미다졸 필터(이하, PBI 필터), 나일론-6 필터(이하, PA-6 필터), 폴리비닐피롤리돈 필터(이하, PVP 필터), 폴리비닐알코올 필터(이하, PVA 필터)를 각각 제조하여 UV에 대한 성능을 측정하였다.
- [0037] 도 6을 참조하면, 일반적인 365nm 파장의 UV에서 765시간 노출 전후의 여과 효율을 측정한 것으로, 노출 전에는 5개의 필터 모두 우수한 여과 효율을 나타내지만, 765시간 이후에는 PBI 필터, 미세면지 필터(PBI-BP 10 중량%)를 제외한 나머지 세개의 필터에서 여과 효율이 저하되었으며, 이에 따라 일반적인 UV 파장인 365nm에서는 PBI 및 미세면지 필터(PBI-BP 10중량%) 모두 우수한 UV 내성을 가진 것을 확인할 수 있다.
- [0038] 이어서, UVA에 해당하는 장파장 자외선으로부터 UV 내성이 확인된 상기 PBI 필터 및 미세면지 필터(PBI-BP 10중량%)에 있어서, 더 강한 파장인 UVC에 해당하는 단파장 자외선으로부터의 UV 내성을 확인하였다.
- [0039] 도 7을 참조하면, 365nm 보다 더 강한 253nm 파장에서의 노출 시간에 따른 여과 효율 및 압력 강하를 측정한 것으로, 상기 PBI 필터는 6시간부터 급격하게 여과 효율과 압력 강하가 저하되는 반면, 상기 미세면지 필터(PBI-BP 10중량%)는 8시간까지도 비교적 우수한 여과 효율인 80%를 나타내고, 40Pa 이상의 압력 강하를 확인할 수 있다.
- [0040] 또한, 도 8을 참조하면, 235nm 파장에서의 노출 시간에 따른 응력 변형을 측정한 것으로, 상기 PBI 필터는 6시간부터 급격하게 강도가 저하되는 반면, 상기 미세면지 필터(PBI-BP 10중량%)는 비교적 8시간까지도 비교적 우수한 강도인 50kPa를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

- [0041] 이는, 강한 단파장 UV에 장시간 노출됨에 따라 상기 PBI 필터가 손상되어 여과 효율, 압력 강하 및 강도가 저하되는 것으로, 도 9를 참조하면, UV 노출 시간에 따라 손상된 상기 PBI 필터를 확인할 수 있으며, 반면에, 상기 미세먼지 필터(PBI-BP 10중량%)는, 자외선 차단제인 상기 벤조페논에 의해 UV가 흡수되고 차단되며, 상기 미세먼지 필터가 UV로부터 보호되어 물리적 손상이 거의 발생하지 않아 여과 효율, 압력 강하 및 강도의 저하를 최소화 할 수 있다.
- [0042] 따라서, 본 발명에 따른 상기 미세먼지 필터는 장파장 및 단파장 자외선에서 장시간 노출 되어도, 상기 벤조페논에 의해 상기 나노섬유(200)가 보호되어 상기 PBI 필터보다 우수한 UV 내성을 확보할 수 있으며, 이는 태양광과 같은 외부환경에 노출되어도 장기적으로 안정하게 미세먼지를 여과할 수 있음을 의미한다.
- [0043] 도 10을 참조하면, 상기 미세먼지 필터(10)는 강산으로부터 상기 나노섬유(200)의 안정성을 확보할 수 있다.
- [0044] 먼저, 도 10의 (a)를 참조하면, UV에 대해서 우수한 내성을 확보한 상기 미세먼지 필터(10)의 강산 침지 전후의 여과 효율 및 압력강하를 측정한 것으로, 강산으로는 HCl, HF, HNO₃가 사용되었으며, 상기 미세먼지 필터(10)를 60분 동안 침지한 후에 PM_{2.5}에 대한 여과 효율을 확인한 결과, 강산 처리 전과 유사한 여과 효율 및 압력 강하를 나타내었으며, 도 10의 (b)는 강산 침지 전후의 상기 미세먼지 필터(10)의 응력 변형을 측정한 것으로, 강산 침지 전과 유사한 응력 변형 곡선을 유지하였으며, 이에 따라 상기 미세먼지 필터(10)는 우수한 화학적 안정성을 가진 것을 확인할 수 있다.
- [0045] 또한, 도 10의 (c)를 참조하면, 강산 침지 전후의 상기 미세먼지 필터(10)의 FT-IR을 측정한 것으로, 침지 전의 상기 미세먼지 필터(10)의 피크와 강산에 침지된 상기 미세먼지 필터(10)의 피크가 거의 유사한 것으로 보아, 상기 미세먼지 필터(10)의 화학적 결합이 강산에 의해 영향을 받지 않았음을 의미하며, 이는 상기 미세먼지 필터(10)의 내화확성이 우수함을 의미한다.
- [0046] 이어서, 도 11을 참조하면, 상기 미세먼지 필터(PBI-BP 10중량%)와 다른 대조군들을 강산 침지 전후의 여과 효율을 측정한 것으로, 강산 침지 전에는 5개의 필터가 모두 우수한 여과 효율을 나타내지만, 강산 침지 후에는 모든 산에 있어서, 상기 미세먼지 필터(PBI-BP 10중량%)와 PBI 필터만이 여과 효율을 유지하는 것을 확인할 수 있으며, 이는 기본적으로 화학적 내구성이 우수한 상기 폴리벤즈이미다졸에 의한 것으로 확인할 수 있다.
- [0047] 도 12를 참조하면, 상기 미세먼지 필터(10)는 고온으로부터 상기 나노섬유(200)의 안정성을 확보할 수 있다.
- [0048] 먼저, 도 12의 (a)는 상기 미세먼지 필터(10)의 내열성 시험 장치로, 열판상의 상기 미세먼지 필터(10)를 400℃까지 가열할 수 있다.
- [0049] 도 12의 (b)는 온도 변화에 따른 상기 미세먼지 필터(10)의 여과 효율 및 압력 강하를 측정한 것으로, 온도가 400℃까지 증가하여도 상기 미세먼지 필터(10)의 여과 효율은 저온과 고온에서 96%의 높은 수준으로 유지되고, 압력 강하 또한 저온에서 고온에서 변화 없이 일정한 수준으로 유지되는 것을 확인할 수 있으며, 도 12의 (c)는 25℃와 400℃ 일때의 상기 미세먼지 필터(10)의 응력 변형을 측정한 것으로, 온도에 관계없이 동일한 강도를 나타내는 것을 확인할 수 있고, 이는 상기 미세먼지 필터(10)의 내열성이 우수함을 의미하며, 고온에서도 높은 효율로 공기를 여과할 수 있음을 의미한다.
- [0050] 예를 들어, 도 13을 참조하면, 상기 미세먼지 필터(10)를 오토바이의 배기구에 설치하여 배기가스의 여과 전후를 촬영한 것으로, 오토바이의 배기구는 300 내지 400℃의 고온 상태이고, 도 14는 여과 전후의 상기 미세먼지 필터(10)의 SEM 이미지로, 여과 전에는 상기 미세먼지 필터(10)의 상기 나노섬유(200)에 이물과 손상 없이 온전한 상태를 확인할 수 있고, 여과 후에는 오토바이 연료의 연소에 따라 유기 화합물이 배출되어 상기 미세먼지 필터(10)에 여과된 것을 확인할 수 있으며, 일부 보이는 상기 나노섬유(200)에 끊어짐과 같은 손상이 없는 것으로 보아 고온에서도 상기 미세먼지 필터(10)의 손상없이 유기 물질의 여과가 가능함을 확인할 수 있다.
- [0051] 여기서, 도 15를 참조하면, 상기 미세먼지 필터(10)에 여과된 오토바이 배기가스의 화학적 조성을 X-선 광전자 분광법으로 분석한 결과를 나타낸 것으로, C 1-s 신호의 피크에는 C-C (284.6 eV) 및 C-O (286.5 eV) 결합의 2 개의 주요 피크가 확인되는데, 이들은 일반적으로 가솔린의 연소에 의해 생성된 유기 입자로부터 관찰될 수 있으며, 이에 따라 상기 미세먼지 필터(10)는 고온에서도 유기 입자 및 무기 입자의 여과에 유용할 수 있다.
- [0052] 또한, 도 16을 참조하면, 상기 미세먼지 필터(10)의 광투과율에 따른 오토바이 배기가스의 여과 효율 및 압력강하를 나타낸 것으로, 광투과율이 낮을수록 여과 효율 및 압력 강하가 높아지는 것을 확인할 수 있으며, 상기 미세먼지 필터(10)는 광투과율 50% 일 때 80% 이상의 여과 효율 및 50kPa 이상의 압력 강하를 확보할 수 있다.
- [0053] 이상으로, 본 발명에 따른 미세먼지 필터의 일 실시예를 설명하였으며, 이하는 본 발명의 다른 실시예인 미세먼

지 필터의 제조방법에 대해 설명한다.

- [0054] 도 17을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예인 폴리에스테르 메쉬(100) 및 나노섬유(200)를 포함하는 미세먼지 필터(10)의 제조방법은, 용액준비단계(S100), 용액투입단계(S200), 메쉬준비단계(S300), 나노섬유형성단계(S400), 필터분리단계(S500)를 포함할 수 있다.
- [0055] 상기 용액준비단계(S100)는 상기 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 혼합하여 고분자 용액을 준비하는 단계로, 내열성 및 내화학성이 우수한 폴리벤즈이미다졸과 자외선 차단제인 벤조페논에 의해 태양광으로 인한 자외선, 고온, 산성비와 같은 외부 환경으로부터 상기 나노섬유(200)의 내구성이 우수할 수 있다.
- [0056] 여기서, 상기 용액준비단계(S100)는 폴리벤즈이미다졸용액준비단계(S110)를 포함할 수 있다.
- [0057] 상기 폴리벤즈이미다졸용액준비단계(S110)는 16 중량%의 폴리벤즈이미다졸용액을 준비하는 단계로, 디메틸아세트아미드를 용매로 하여 상기 폴리벤즈이미다졸을 16 중량% 첨가하여 용해시켜 제조할 수 있다.
- [0058] 또한, 상기 용액준비단계(S100)는 벤조페논혼합단계(S120)를 더 포함할 수 있다.
- [0059] 상기 벤조페논혼합단계(S120)는 상기 폴리벤즈이미다졸 용액과 상기 벤조페논을 9 : 1의 중량비로 혼합하는 단계로, 16 중량%의 상기 폴리벤즈이미다졸 용액을 9의 중량비로 투입하고, 상기 벤조페논을 1의 중량비로 투입하여 10 중량%의 상기 벤조페논을 포함하는 상기 고분자 용액을 제조할 수 있다.
- [0060] 이렇게 제조된 상기 고분자 용액은 상기 폴리벤즈이미다졸에 의해 우수한 내열성 및 내화학성을 확보하고, 상기 벤조페논에 의해 우수한 UV 내성을 확보할 수 있어 태양광으로 인한 고온, 산성비와 같은 외부 환경으로부터 내구성이 우수한 상기 나노섬유(200)를 제조할 수 있다.
- [0061] 여기서, 상기 벤조페논은 자외선 차단제로서, 자외선인 UV를 흡수하는 작용기인 하이드록실(Hydroxyl, -OH)에 의해 UV가 흡수되어 차단할 수 있으며, 상기 고분자 용액에 함유됨으로써 UV를 흡수하여 상기 폴리벤즈이미다졸을 보호할 수 있어 상기 나노섬유의 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [0062] 상기 용액투입단계(S200)는 상기 고분자 용액을 실린지에 투입하는 용액투입단계로, 상기 고분자 용액을 23 개의 금속 니들 틱이 구비된 10ml 실린지에 주입되어 전기 방사 장치에 장착될 수 있다.
- [0063] 상기 메쉬준비단계(S300)는 상기 실린지와 전기적으로 접지된 금속 콜렉터에 폴리에스테르 메쉬(100)를 준비하는 단계로, 상기 폴리에스테르 메쉬(100)의 상면에 상기 고분자 용액이 전기 방사되어 상기 나노섬유(200)를 형성할 수 있다.
- [0064] 상기 나노섬유형성단계(S400)는 상기 실린지와 금속 콜렉터에 전압을 가하여 상기 폴리에스테르 메쉬(100)에 상기 고분자 용액을 방사하는 단계로, 주입 속도는 0.2ml/h, 금속 니들 틱과 금속 콜렉터 사이의 거리는 10cm로 설정될 수 있으며, 14kV/cm의 고전압을 가하여 상기 고분자 용액을 상기 폴리에스테르 메쉬(100) 상으로 방사하여 상기 나노섬유(200)를 형성할 수 있고, 상기의 주입 속도, 거리 및 전압의 설정으로 상기 나노섬유(200)를 형성하는 경우, 250 nm의 평균 직경을 갖는 상기 나노섬유(200)를 형성할 수 있다.
- [0065] 여기서, 도 18을 참조하면, 상기 벤조페논을 10 중량% 함유한 상기 고분자 용액의 전기 방사 시간을 달리하여 80 %, 65 % 및 50 %의 서로 다른 광투과율(T)을 갖는 상기 미세먼지 필터(10)를 제조한 것으로, 상기 미세먼지 필터(10)는 전기 방사 시간에 따라 광투과율이 달라질 수 있으며, 여기서, 외부 물체는 50 % 광투과율에서도 명확하게 구별 될 수 있다.
- [0066] 또한, 도 19의 (a)를 참조하면, 상기 나노섬유(200)의 직경에 따른 여과 효율을 초기 압력 강하 65 Pa로 설정하여 측정한 것으로, 140nm 및 250nm의 평균 직경인 상기 나노섬유(200)의 PM2.5 여과 효율은 모두 96 %로 우수하지만, 평균 직경이 450 nm 인 상기 나노섬유(200)는 비교적 낮은 여과 효율을 확인할 수 있다.
- [0067] 여기서, 도 19의 (b)를 참조하면, 상기 미세먼지 필터(10)의 압력 강하에 대한 입자의 여과속도 비율을 성능지수(QF)로 나타낸 것으로, 상기 나노섬유(200)의 최적 직경을 결정하기 위해, 각각의 성능지수(QF)가 계산되었으며, 여기서 가장 높은 값은 250 nm의 직경으로 확인됨에 따라, 상기 미세먼지 필터(10)의 나노섬유(200)는 상기 벤조페논을 10 중량% 함유한 상기 고분자 용액을 상기의 주입 속도, 거리 및 전압의 설정으로 전기 방사하여 최적의 직경으로 형성될 수 있다.
- [0068] 다시, 도 17을 참조하면, 상기 필터분리단계(S500)는 상기 폴리에스테르 메쉬(100)를 금속 콜렉터로부터 분리하는 단계로, 상기 고분자 용액이 전기 방사되어 형성된 상기 나노섬유(200)가 적층된 상기 폴리에스테르 메쉬

(100)를 전기 방사 장치로부터 분리함으로써 상기 미세먼지 필터(10)를 제조할 수 있다.

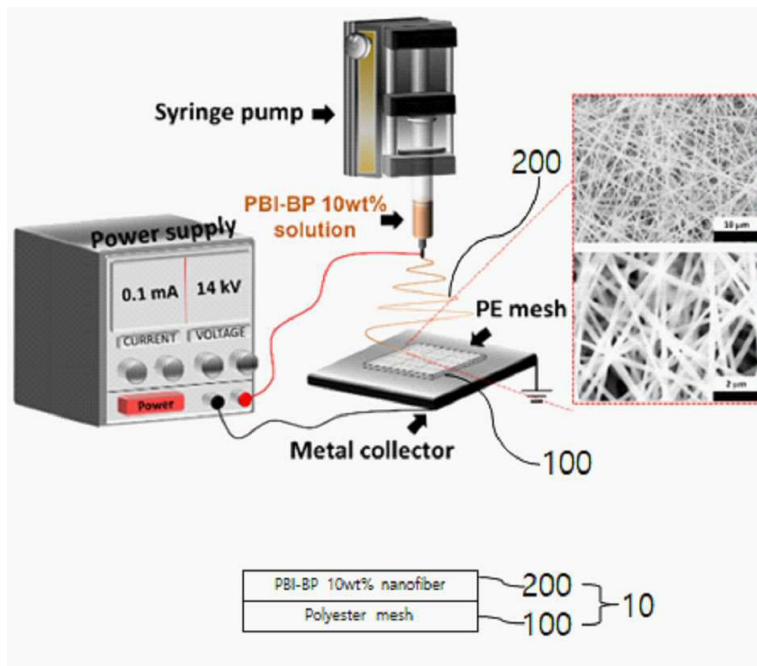
[0069] 상술한 바와 같이 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였지만, 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면, 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변경시킬 수 있다.

부호의 설명

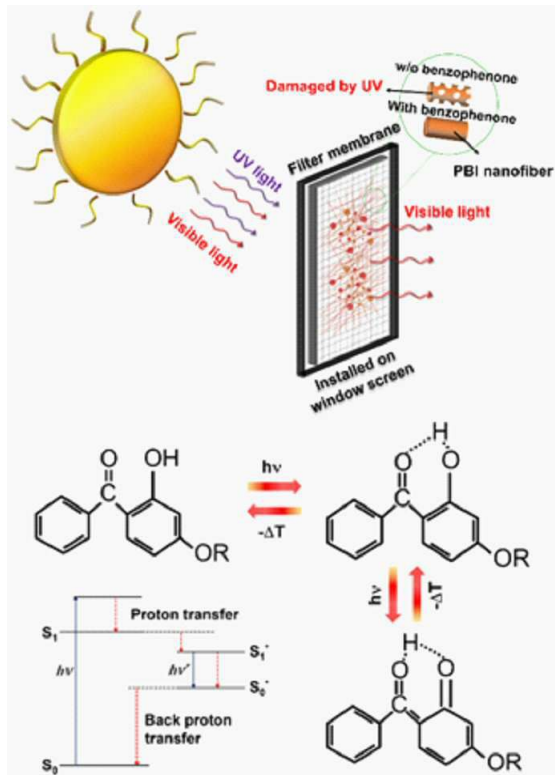
- [0070] 10 : 미세먼지 필터
- 100 : 폴리에스테르 메쉬
- 200 : 나노섬유
- S100 : 용액준비단계
- S110 : 폴리벤즈이미다졸용액준비단계
- S120 : 벤조페논첨가단계
- S200 : 용액투입단계
- S300 : 메쉬준비단계
- S400 : 나노섬유형성단계
- S500 : 필터분리단계

도면

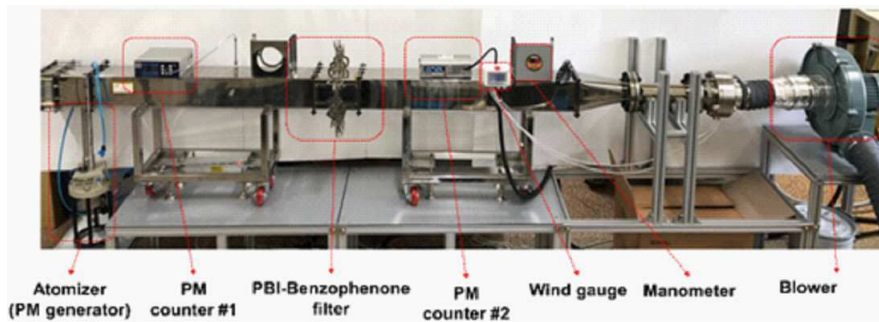
도면1



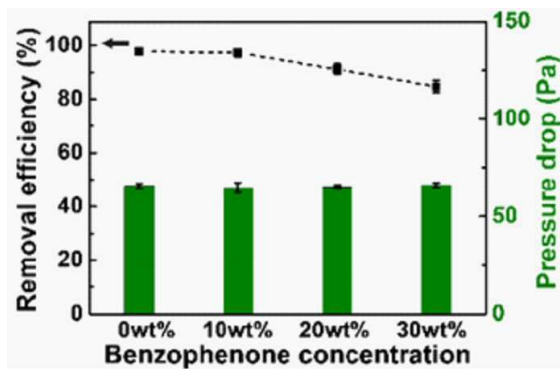
도면2



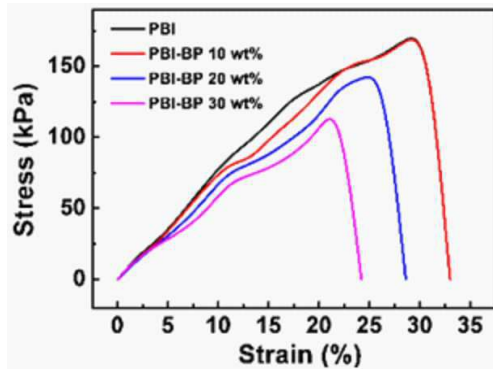
도면3



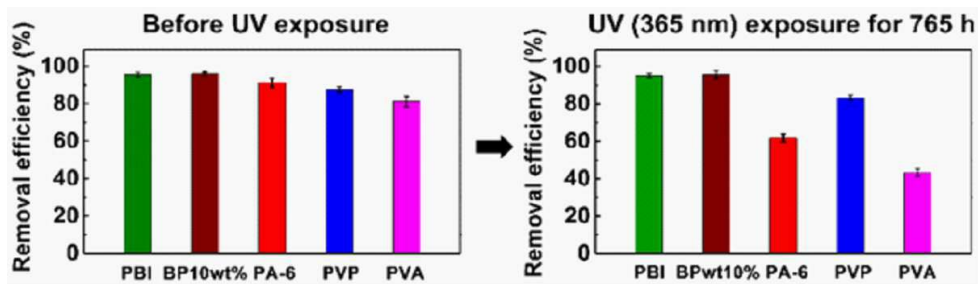
도면4



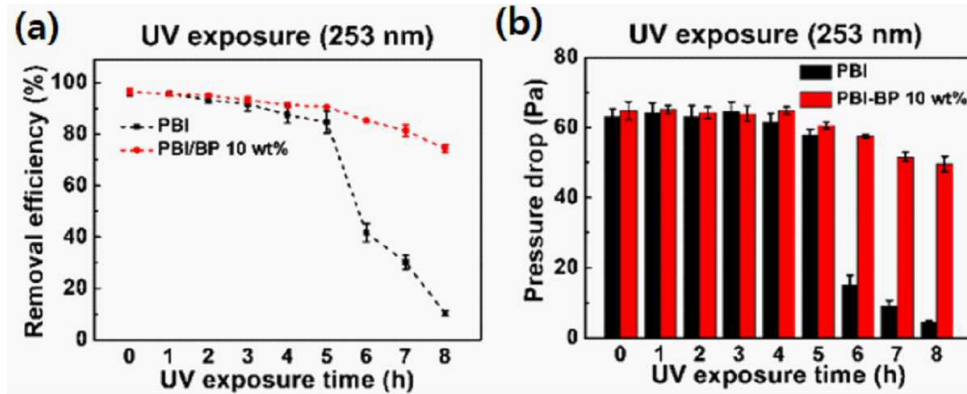
도면5



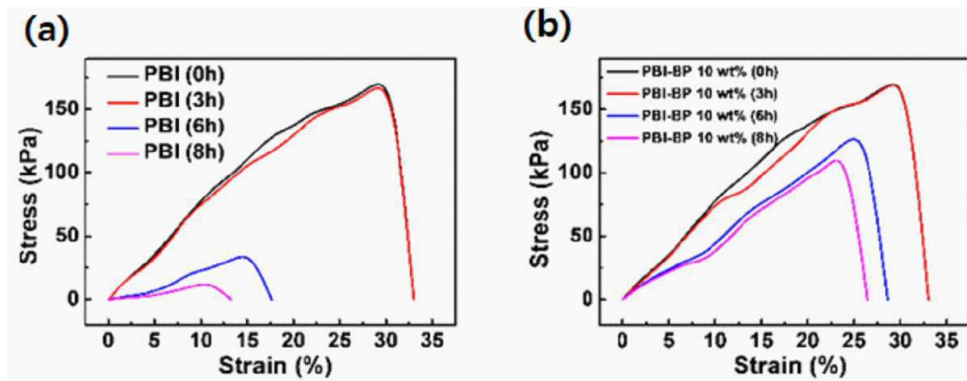
도면6



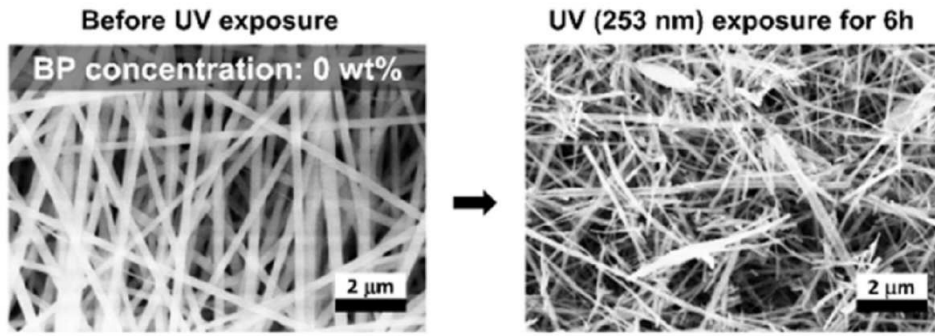
도면7



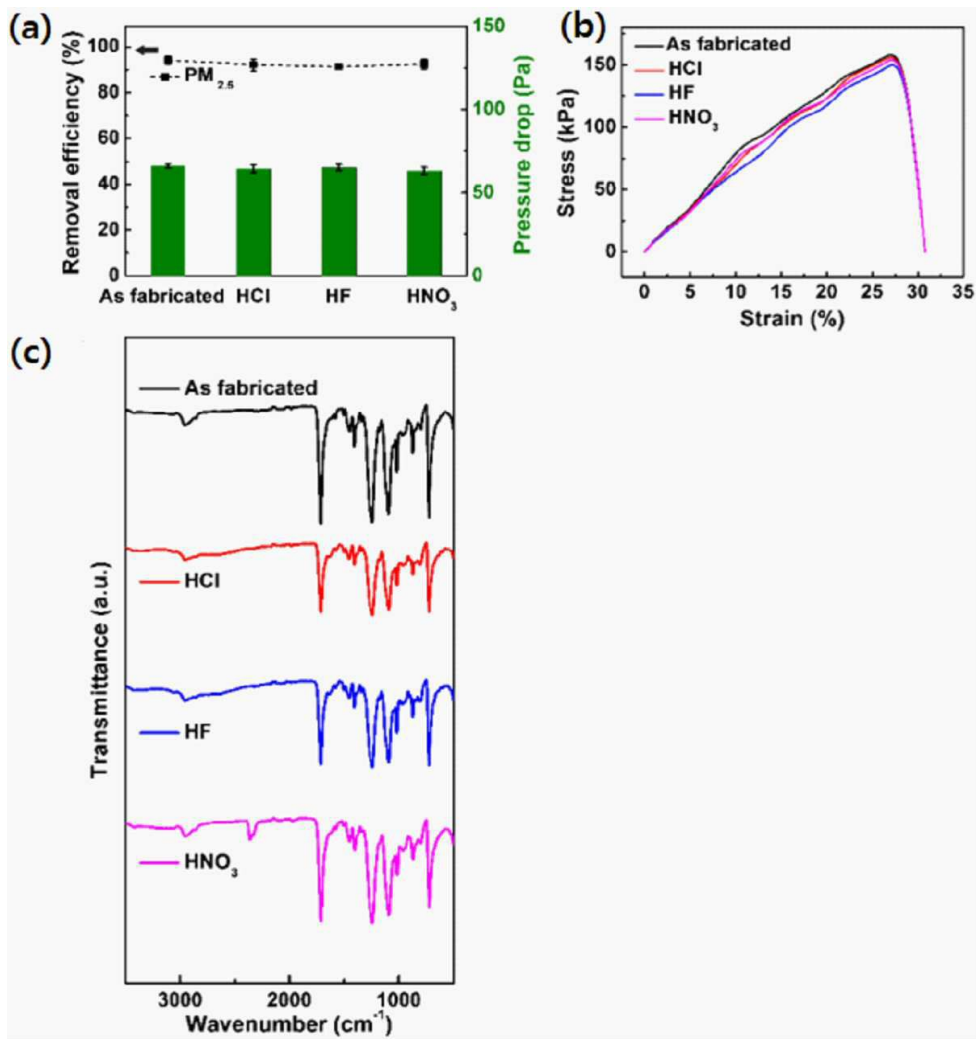
도면8



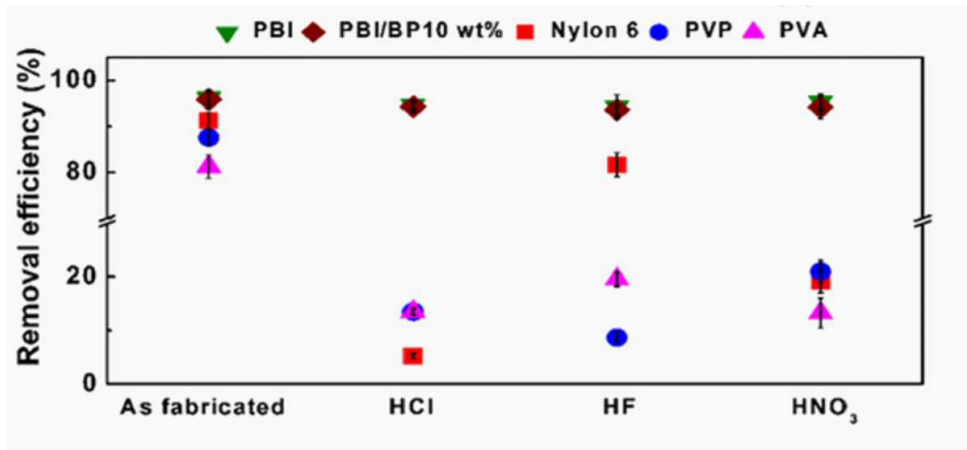
도면9



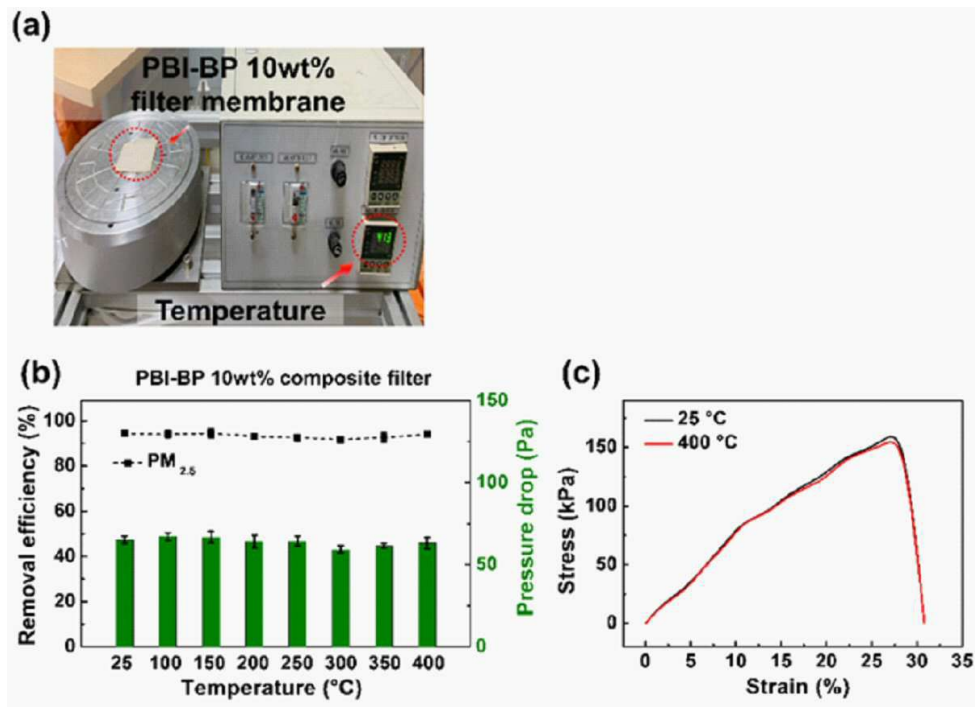
도면10



도면11



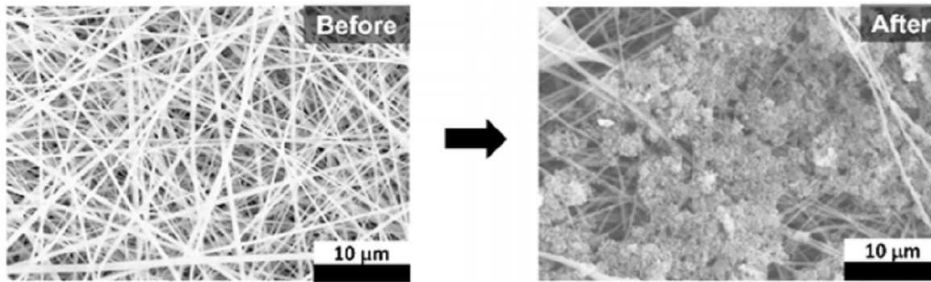
도면12



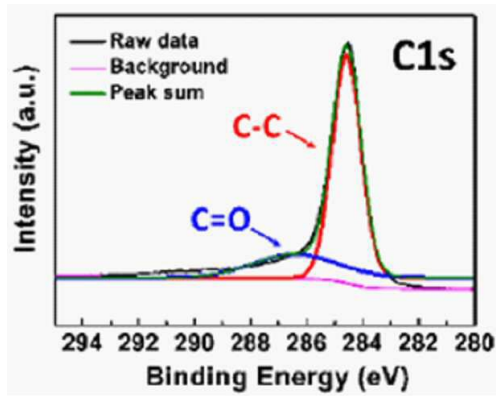
도면13



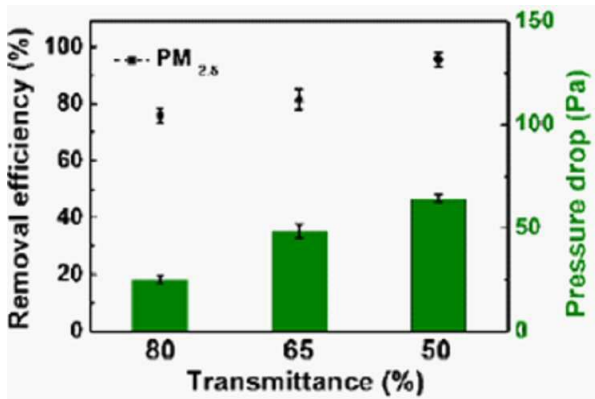
도면14



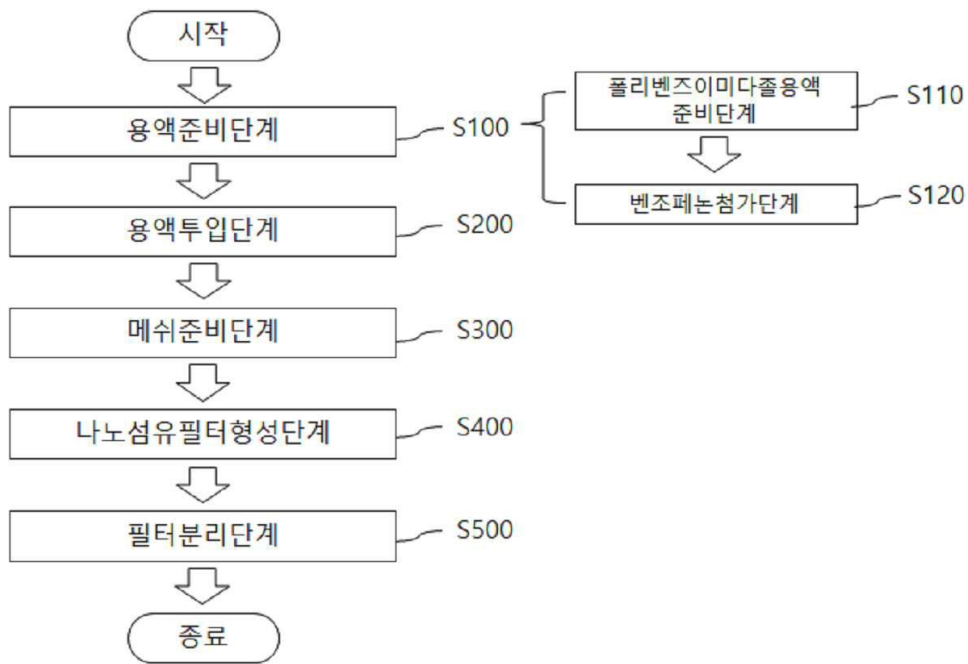
도면15



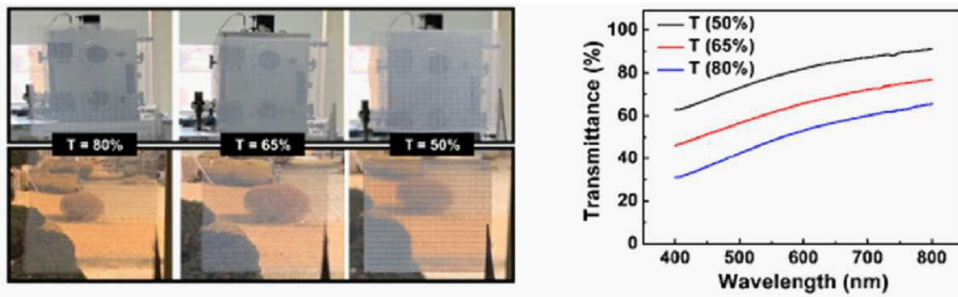
도면16



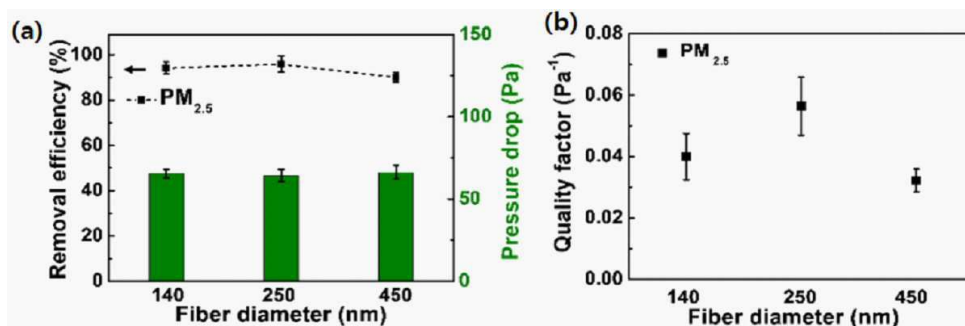
도면17



도면18



도면19



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

폴리에스테르 메쉬와 나노섬유를 포함하되, 상기 나노섬유는 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 포함하는 미세먼지 필터의 제조방법에 있어서,

상기 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 혼합하여 고분자 용액을 준비하는 용액준비단계;

상기 고분자 용액을 실린지에 투입하는 용액투입단계;

상기 실린지와 전기적으로 접지된 금속콜렉터에 폴리에스테르 메쉬를 준비하는 메쉬준비단계;

상기 실린지와 금속 콜렉터에 전압을 가하여 상기 폴리에스테르 메쉬에 상기 고분자 용액을 방사하는 나노섬유 형성단계; 및

상기 나노섬유가 형성된 상기 폴리에스테르 메쉬를 금속 콜렉터로부터 분리하는 필터분리단계;를 포함하고,

상기 용액준비단계는,

상기 고분자 용액 총 중량을 기준으로 상기 벤조페논을 10 중량% 포함하여 혼합하는 것을 특징으로 하는 미세먼지 필터의 제조방법.

【변경후】

폴리에스테르 메쉬와 나노섬유를 포함하되, 상기 나노섬유는 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 포함하는 미세먼지 필터의 제조방법에 있어서,

상기 폴리벤즈이미다졸과 벤조페논을 혼합하여 고분자 용액을 준비하는 용액준비단계;

상기 고분자 용액을 실린지에 투입하는 용액투입단계;

상기 실린지와 전기적으로 접지된 금속콜렉터에 폴리에스테르 메쉬를 준비하는 메쉬준비단계;

상기 실린지와 금속 콜렉터에 전압을 가하여 상기 폴리에스테르 메쉬에 상기 고분자 용액을 방사하는 나노섬유 형성단계; 및

상기 나노섬유가 형성된 상기 폴리에스테르 메쉬를 금속 콜렉터로부터 분리하는 필터분리단계;를 포함하고,

상기 용액준비단계는,

상기 고분자 용액 총 중량을 기준으로 상기 벤조페논을 10 중량% 포함하여 혼합하는 것을 특징으로 하는 미세먼지 필터의 제조방법.