



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0123004  
(43) 공개일자 2019년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 39/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01D 39/1623 (2013.01)

B01D 2239/025 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0046635

(22) 출원일자 2018년04월23일

심사청구일자 2018년04월23일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

나정효

대전광역시 유성구 죽동로 321, 101동 1703호 (죽동, 금성백조예미지)

이민형

경기도 화성시 동탄청계로 303-33, 1103동 201호 (청계동, 모아미래도아파트)

이솔

대전광역시 유성구 문화원로 111, 405호 (봉명동)

(74) 대리인

특허법인 플러스

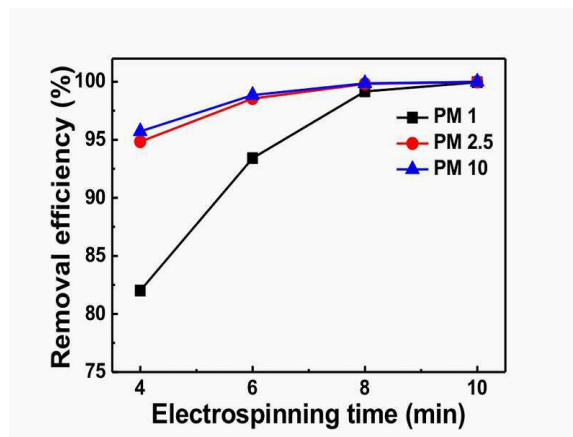
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 미세먼지 차단용 필터 제조 방법

## (57) 요약

본 발명은 기재 상에 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 고분자 용액을 전기방사하여 나노섬유 웹을 형성하는 필터 제조 단계를 포함하여 제조되는 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법, 필터 및 키트에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 2239/0435 (2013.01)

B01D 2239/0631 (2013.01)

B01D 2239/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017-1172-02

부처명 환경산업기술원

연구관리전문기관 환경산업기술원

연구사업명 환경기술선진화사업

연구과제명 압전나노파이버 및 마찰대전충 통한 자연환기시스템용 창문형 필터개발

기 여 율 1/1

주관기관 충남대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기재 상에 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 고분자 용액을 전기방사하여 나노섬유 웹을 형성하는 필터 제조 단계를 포함하여 제조되는 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 필터 제조 단계 후, 상기 필터에 전기장을 가하여 쌍극자를 강화시키는 쌍극자 강화 단계를 더 포함하여 제조되는 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 필터 제조 단계 후, 상기 기재 상에 도포된 나노섬유 웹을 압착하는 라미네이션 단계를 더 포함하여 제조되는 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법.

#### 청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 쌍극자 강화단계에서 전기장은 50 내지 300kV/cm인 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법.

#### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 전기방사는 TCD가 10 내지 30cm, 주사속도가 5 내지 30mL/hr 및 방사 시간이 50 내지 600초인 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법.

#### 청구항 6

기재; 및 상기 기재 상에 형성된 전기 배향된 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 나노섬유 웹을 포함하는 미세먼지 차단용 필터.

#### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 미세먼지 차단용 필터의 표면 전압이 3 내지 4.5kV인 미세먼지 차단용 필터.

#### 청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 필터는 전단과 후단의 차압이 150Pa 이하인 미세먼지 차단용 필터.

#### 청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 필터는 600nm의 파장에서 측정된 광투과도가 50% 이상이고, ASHRAE STANDARD 52.1의 중량법에 따른 미세먼지 포집효율이 80% 이상인 미세먼지 차단용 필터.

#### 청구항 10

제 6항에 있어서,

상기 나노섬유는 직경이 10 내지 500 nm인 미세먼지 차단용 필터.

#### 청구항 11

제 6항에 있어서,

상기 나노섬유 웹은 두께가 1 내지 50  $\mu\text{m}$ 인 미세먼지 차단용 필터.

#### 청구항 12

제 6항 내지 제 11항에서 선택되는 어느 하나의 미세먼지 차단용 필터가 적층되어 형성되는 미세먼지 차단용 필터 키트.

#### 청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 적층체는 서로 이격되어 형성되는 미세먼지 차단용 필터 키트.

#### 청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 필터의 양 말단 층에 전극을 형성하고, 추가적인 전기장을 가하여 표면전압이 상승한 미세먼지 차단용 필터 키트.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 나노섬유 웹을 포함하여 외부에서 실내로 유입되는 공기에 포함된 미세먼지를 포집하는 필터에 관한 것으로, 보다 상세하게는 포집효율이 향상된 필터 및 그 제조방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 공기 중에 떠다니는 먼지는 입자 크기가 50  $\mu\text{m}$  이하의 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)와 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분되며, 이중 미세먼지는 다시 지름 10  $\mu\text{m}$ 이하(PM 10)의 미세먼지와 지름 2.5  $\mu\text{m}$  이하(PM 2.5)의 초미세먼지로 구분된다.

[0003] 또한, 미세먼지는 공장의 매연 및 자동차 배기가스와 같은 화석연료가 연소하는 과정에서 발생하며, 주로 황산염, 질산염, 암모니아 및 중금속 등의 유해물질로 구성된다. 이는 코로 호흡 시 콧속에서 큰 먼지들은 털을 통해 걸러지거나 코와 목 안에 있는 점액에 의해 걸러지기도 하나, 초미세먼지는 걸러지지 않고 몸 속으로 침투하여 각종 호흡기계 및 심혈관계 질환을 일으킨다.

[0004] 이에 따라 오염된 공기를 정화하는 필터 장치의 중요성이 더욱 커지고 있으며, 필터 장치의 여과 기능과 효율을 높이기 위해 다양한 필터 장치들이 지속적으로 개발되고 있다. 그 중, 나노섬유는 산업 전반에 걸쳐 고성능을 발현하는 소재로서, 필터의 소재로 사용된다.

[0005] 미세먼지를 포집하기 위한 나노섬유에 쓰이는 전기방사(electrospinning) 기술은 고분자 용액이나 용융물에 고전압을 가해 마이너스(-) 극이나 접지(earth)로 대전된 표면에 고분자 용액이 스프레이 된다. 이 과정에서 용매가 휘발되면서 집전판(collector)에 나노섬유상 물질이 웹(Web)이나 부직포(non-woven) 상태로 적층되어 나노섬유가 제조된다. 이러한 나노섬유는 웹 또는 부직포상으로 섬유의 직경과 두께에 따라 기공도와 기공크기가 조절하여 제조된다. 그러나 나노섬유 웹은 내부를 구성하는 고분자의 쌍극자 배향이 달라 서로 간에 상쇄가 되고, 따라서 나노섬유 전체의 쌍극자의 크기가 감소하여 미세먼지를 효과적으로 포집하지 못하는 문제점이 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 나노섬유 내부 쌍극자의 크기를 현저히 증가시켜 미세먼지 포집 효율이 획기적으로 향상된 미세먼지 차단용 필터 및 이의 제조방법 및 키트를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0007] 또한, 본 발명은 낮에 충분한 가시성을 확보할 수 있는 미세먼지 차단용 필터를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 또한, 본 발명은 미세먼지가 쌓임에도, 장기사용 시 필터의 전후에서 발생한 차압의 증가비가 상대적으로 낮아, 통기도가 우수한 미세먼지 차단용 필터를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 높은 온도에서도 내열성 및 기계적 물성이 우수한 미세먼지 차단용 필터를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 양태는
- [0011] 기재 상에 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 고분자 용액을 전기방사하여 나노섬유 웹을 형성하는 필터 제조 단계를 포함하여 제조되는 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법이다.
- [0012] 본 발명의 일 양태에 있어, 상기 필터 제조 단계 후, 상기 필터에 전기장을 가하여 쌍극자를 강화시키는 쌍극자 강화 단계를 더 포함하여 제조되는 것일 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 양태에 있어, 상기 필터 제조 단계 후, 상기 기재 상에 도포된 나노섬유 웹을 압착하는 라미네이션 단계를 더 포함하여 제조되는 것일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 양태에 있어, 상기 쌍극자 강화단계에서 전기장은 50 내지 300kV/cm인 것일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 양태에 있어, 상기 전기방사는 TCD(Tip to collector distance)가 10 내지 30cm, 주사속도가 5 내지 30mL/hr 및 방사 시간이 50 내지 600초인 것일 수 있다.
- [0016] 본 명세서에서 TCD는 노즐 팁(tip)으로부터 기재까지의 방사 거리를 의미한다.
- [0017] 본 발명의 다른 일 양태는, 기재; 및 상기 기재 상에 형성된 전기 배향된 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 나노섬유 웹을 포함하는 미세먼지 차단용 필터이다.
- [0018] 본 발명의 다른 일 양태에 있어, 상기 미세먼지 차단용 필터의 표면 전압이 3 내지 4.5kV인 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 일 양태에 있어, 상기 필터는 전단과 후단의 차압이 150Pa 이하인 것일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 일 양태에 있어, 상기 필터는 600nm의 파장에서 측정된 광투과도가 50% 이상이고, ASHRAE STANDARD 52.1의 중량법에 따른 미세먼지 포집효율이 80% 이상인 것일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 다른 일 양태에 있어, 상기 나노섬유는 직경이 10 내지 500 nm인 것일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 일 양태에 있어, 상기 나노섬유 웹은 두께가 1 내지 50  $\mu$ m인 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 일 양태는 미세먼지 차단용 필터가 적층되어 형성되는 미세먼지 차단용 필터 키트이다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 일 양태에 있어, 상기 적층체는 서로 이격되어 형성되는 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 일 양태에 있어, 상기 필터의 양 말단 층에 전극을 형성하고, 추가적인 전기장을 가하여 표면전압이 상승한 것일 수 있다.

### 발명의 효과

- [0026] 본 발명은 나노섬유 내부 쌍극자의 크기를 현저히 증가시켜 미세먼지 포집 효율이 획기적으로 향상된 미세먼지 차단용 필터 및 이의 제조방법 및 키트를 제공할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명의 필터는 낮에 충분한 가시성을 확보할 수 있는 장점이 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 필터로 사용 시 미세먼지가 쌓임에도, 장기사용 시 필터의 전후에서 발생한 차압의 증가비가 상대적으로 낮아, 통기도가 우수한 장점이 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 필터로 사용 시 포집된 미세먼지를 단시간에 효율적으로 제거하여 재사용성이 높아 장기간동안

사용할 수 있는 장점이 있다.

[0030] 또한, 본 발명은 높은 온도에서도 장시간 나노섬유의 모양을 유지하고 기계적 물성이 우수한 장점이 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 필터로 사용 시 미세먼지가 쌓인 후, 유기물 및 무기물 기반의 미세먼지를 세척을 통해 제거가 가능하며, 나노섬유의 손상이 최소화 될 수 있는 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 ASHRAE STANDARD 52.1의 중량법으로 측정한 전기방사 시간에 따른 필터의 미세먼지 포집효율 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

도 2는 본 발명의 전기방사 시간에 따른 필터의 차압 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

도 3은 본 발명의 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 필터 전단과 후단의 차압을 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하 첨부된 도면들을 포함한 구체에 또는 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 구체에 또는 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 하나의 참조일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 형태로 구현될 수 있다.

[0034] 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.

[0035] 또한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.

[0036] 본 명세서에서 평량(Basis Weight of Grammage)은 단위 면적 당 질량, 즉 바람직한 단위로서 제곱미터 당 그램( $\text{g/m}^2$ )으로 정의된다.

[0037] 본 명세서에서 차압(pressure drop)은 필터의 전단 및 후단의 초기압력 차의 절대값을 의미한다.

[0038] 본 발명의 발명자들은 미세먼지 차단용 필터를 제공함에 있어서, 폴리벤즈이미다졸을 사용함으로써 광투과도 및 통기도가 높고 미세먼지를 효과적으로 차단할 수 있음을 발견하였다.

[0039] 또한, 제조된 미세먼지 차단용 필터는 나노섬유 웹의 쌍극자 크기를 현저히 증가시킴으로써, 포집된 미세먼지를 효과적으로 제거할 수 있어 재사용성이 높음을 발견하여 본 발명을 완성하였다.

[0040] 이하는 본 발명에 따른 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법, 이를 통해 제조되는 미세먼지 차단용 필터 및 키트를 보다 구체적으로 설명한다.

[0041] 본 발명에 따른 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법은

[0042] 기재 상에 폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole)을 함유하는 고분자 용액을 전기방사하여 나노섬유 웹을 형성하는 필터 제조 단계를 포함한다. 상기 폴리벤즈이미다졸은 미세 먼지 필터로 사용 시 우수한 내열성 및 기계적 물성을 갖는다. 또한, 필터로 제조 시 환기성이 장기적으로 유지되며, 충분한 가시성이 확보된다.

[0043] 본 발명의 일 양태에서, 상기 폴리벤즈이미다졸은 상기 고분자 용액 총 중량 기준으로 5 내지 30 중량%일 수 있다. 상기 범위를 만족 시 나노섬유 웹이 잘 형성될 수 있고, 기계적 물성이 더욱 향상되며 필터로 제조 시 환기성이 상승하여 좋다. 바람직하게는 5 내지 20 중량%, 더 바람직하게는 10 내지 20 중량% 일 수 있다.

[0044] 상기 기재는 전기방사 시 컬렉터 상에 지지체 또는 장착시트로 이용된다. 또한, 나노섬유 웹의 물리적 특성을 보완하고, 취급성을 향상시킨다. 상기 기재는 상부에 나노섬유 웹이 형성될 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않으나, 다공성 기재 또는 매쉬일 수 있다.

[0045] 상기 다공성 기재의 형태는 미세다공 필름, 부직포 및 직편물에서 선택될 수 있고, 다공성 기재의 소재는 폴리에스터 계열, 나일론 계열, 폴리올레핀 계열 및 셀룰로오스 계열에서 선택될 수 있다.

[0046] 또한, 상기 매쉬는 폴리올레핀계 매쉬, 폴리에스터 매쉬, 유리섬유 매쉬, 나일론 매쉬, 스틸 매쉬 및 알루미늄 매쉬일 수 있다.

- [0047] 상기 폴리올레핀은 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0048] 상기 기재의 평량은 5 내지 100g/m<sup>2</sup>일 수 있고, 상기 범위를 만족 시 필터 지지체의 물성을 만족하며, 강성도가 좋아 가공성이 좋을 수 있다. 바람직하게는 10 내지 50 g/m<sup>2</sup> 일 수 있고, 더 바람직하게는 15 내지 40 g/m<sup>2</sup> 일 수 있다.
- [0049] 또한, 상기 나노섬유 웹의 평량은 0.1 내지 10 g/m<sup>2</sup> 일 수 있다. 상기 범위를 만족 시 적은 양의 고분자로 나노섬유 웹 및 필터를 제조할 수 있고, 기계적 물성이 뛰어나며 공기 투과도가 좋을 수 있다. 바람직하게는 0.5 내지 3 g/m<sup>2</sup> 일 수 있고, 더 바람직하게는 0.5 내지 2 g/m<sup>2</sup> 일 수 있다.
- [0050] 상기 폴리벤즈이미다졸은 전기방사를 위해 유기용매에 용해될 수 있고, 유기용매로는 아세톤, N-메틸-2-피롤리돈(N-methyl-2-pyrrolidone, NMP), 디메틸포름아마이드(dimethylformamide, DMF), 클로로포름(chloroform), 디메틸설폭사이드(dimethylsulfoxide) 및 디메틸아세트아마이드(dimethylacetamide, DMAc) 등에서 선택되는 하나 또는 둘 이상의 혼합물일 수 있으나 이에 제한되지 않고, 바람직하게는 디메틸아세트아마이드일 수 있다.
- [0051] 상기 고분자 용액은 전기방사 공정(electrospinning process)에 의해 방사된다. 전기방사 공정은 전기적으로 하전된 고분자 용액 및 용융물의 젯(jet)을 통해 나노섬유를 제조할 수 있는 공정을 의미한다. 상기 전기방사를 이용한 제조방법은 양극과, 상기 양극에 이격되어 구비되는 음극 및 상기 양극과 음극에 결합되는 전원공급장치로 이루어진 전기장 형성부 및 상기 전기장 형성부에 의하여 상기 양극과 음극 사이에 형성되는 전기장 형성공간 내에 고분자 용액을 방사시키는 노즐(nozzle)을 포함하는 제조 장치를 사용할 수 있다.
- [0052] 또한, 나노섬유 웹은 상기 전기장에 의해 젯(jet)이 형성 및 연신되어 얻을 수 있다. 상기 나노섬유 웹은 균일하고, 직경이 작을수록 입경이 작은 파티클을 잘 포집할 수 있어 필터로 적합하다.
- [0053] 본 발명의 일 양태에서, 노즐 팁(tip)으로부터 기재까지의 방사 거리를 의미하는 TCD(Tip to collector distance)는 10 내지 30 cm일 수 있고, 방사 시간은 50 내지 600 초일 수 있다. 상기 TCD 및 방사시간을 만족할 경우, 균일하고 통기도가 좋은 나노섬유 웹을 형성할 수 있다. 바람직하게는 TCD는 10 내지 25 cm, 방사 시간은 50 내지 500 초일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 TCD는 10 내지 18 cm, 방사 시간은 100 내지 400 초일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0054] 또한, 상기 전기방사 수행 시, 상기 방사용액의 주사속도는 5 내지 30 mL/hr일 수 있다. 주사속도가 상기와 같을 경우, 방사용액이 연속적으로 토출되고, 균일한 크기의 나노섬유를 형성할 수 있으며, 방사용액이 컬렉터에 잘 수집되어 나노섬유 웹의 생산성이 향상된다. 바람직하게는 10 내지 25mL/hr일 수 있고, 더욱 바람직하게는 15 내지 25mL/hr일 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일 양태에서, 상기 방사 온도는 균일한 나노섬유 웹 제조 측면에서 5 내지 45 °C일 수 있고, 상기 범위를 만족 시 용매가 휘발되어 나노섬유가 형성되며, 따라서 제조된 나노섬유 웹의 강도가 증가할 수 있다. 바람직하게는 10 내지 35 °C일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 15 내지 35 °C일 수 있다.
- [0056] 상기 전기방사 수행 시, 인가전압은 5 내지 40 kV일 수 있다. 상기 범위를 만족 시, 방사용액의 방사가 원활하며, 나노섬유의 균일성이 향상된다. 바람직하게는 5 내지 20 kV일 수 있고, 더 바람직하게는 10 내지 13 kV일 수 있다.
- [0057] 본 발명의 일 양태에서, 미세먼지 차단용 필터의 제조 방법은 상기 필터에 전기장을 가하여 쌍극자를 강화시키는 쌍극자 강화 단계를 포함할 수 있다. 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 고분자 용액을 전기 방사 하였을 경우 폴리벤즈이미다졸이 갖는 높은 전기적 쌍극자로 인해 섬유 각각의 쌍극자는 클 수 있으나 무작위 배열되는 나노섬유의 특징으로 웹 전체의 쌍극자가 감소할 수 있다. 따라서 상기 필터에 외부 전기장을 통과시켜, 나노섬유 웹의 내부에 쌍극자가 한 방향으로 형성되면 초미세먼지를 효과적으로 포집할 수 있음을 알 수 있었다.
- [0058] 또한, 상기 쌍극자 강화 단계는 기재 및 나노섬유 웹에 전기장을 통과시켜, 전극 사이에 전극 사이에 전기장이 형성되도록 함으로써 각각의 나노섬유가 전기장을 따라 균일하게 배열되도록 할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 양태에서, 상기 필터 제조 단계 후, 상기 기재 상에 도포된 나노섬유 웹을 압착하는 라미네이션 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0060] 상기 라미네이션 단계를 수행 시, 상기 나노섬유 웹을 상기 기재에 압착하여, 기재로부터 나노섬유 웹의 착탈 및 훼손을 방지할 수 있어 바람직하다. 상기 라미네이션 단계의 온도는 기재 또는 나노 섬유 웹의 표면의 연화

점 이상이라면 특별히 제한하지 않는다. 비제한적인 일 예로 폴리에스터 기재일 경우, 200℃에서 필터를 라미네이션 시 나노섬유의 훼손 없이 고정되 잘 되어 좋다.

- [0061] 상기 라미네이션의 방법으로는 롤투롤(Roll to Roll)방식, 직접코팅방식(Direct coating), 인쇄방식(Printing) 및 스크린방식(Screen) 등이 있을 수 있으나, 바람직하게는 롤투롤방식일 수 있다.
- [0062] 본 발명의 일 양태에서, 상기 쌍극자 강화단계에서 전기장은 50 내지 300 kV/cm 일 수 있고, 상기 범위 내에서 나노섬유의 균일한 배열 및 나노섬유 웹 전체의 쌍극자 크기의 향상으로 인하여 표면전압이 상승할 수 있다. 바람직하게는 50 내지 200 kV/cm, 더 바람직하게는 50 내지 150 kV/cm일 수 있다. 그러나, 쌍극자를 유도할 수 있는 한에는 전기장의 세기를 한정하지 않는다.
- [0063] 본 발명의 다른 일 양태는, 기재; 및 상기 기재 상에 형성된 전기 배향된 폴리벤즈이미다졸을 함유하는 나노섬유 웹을 포함하는 미세먼지 차단용 필터이다.
- [0064] 본 발명의 일 양태에서, 상기 전기 배향된 미세먼지 차단용 필터의 표면 전압은 3 내지 4.5kV일 수 있으나 전기 배향이 가능한 범위에서는 제한되지 않는다. 전기 배향된 경우, 미세먼지와 나노섬유 웹 사이의 정전기적 인력이 상승하여 입자 제거 효율이 크게 향상되고 공기저항으로 인한 필터의 전단 및 후단의 차압이 증가하지 않아 좋다.
- [0065] 본 발명의 일 양태에서, 상기 필터는 전단과 후단의 차압이 150 Pa 이하인
- [0066] 것일 수 있다. 상기 범위 내에서 필터를 장기사용 시 통기도를 증가시키고, 필터의 포집효율도 상승시켜 좋다. 바람직하게는 20 내지 140Pa, 더 바람직하게는 30 내지 140 Pa일 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일 양태에서, 상기 필터는 600 nm의 파장에서 측정된 광투과도가 50% 이상이고, ASHRAE STANDARD 52.1의 중량법에 따른 미세먼지 포집효율이 80% 이상일 수 있다. 상기 범위를 만족할 경우, 창에 적용 시 실외 시야가 최적으로 확보될 수 있다. 또한, 큰 비표면적 및 작은 포어(pore) 사이즈를 갖기 때문에 장기적 사용이 가능하고, 미세먼지 뿐만 아니라 초미세먼지도 높은 효율로 포집할 수 있어 필터로 적용하기 적합할 수 있다. 광투과도는 바람직하게 50 내지 90 %일 수 있고, 더욱 바람직하게는 50 내지 85 %일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 또한, 미세먼지 포집 효율은 바람직하게는 85 내지 100%일 수 있고, 더 바람직하게는 90 내지 100%일 수 있다.
- [0068] 본 발명의 일 양태에서, 상기 나노섬유는 직경이 10 내지 500 nm일 수 있다. 상기 범위를 만족할 경우, 높은 비표면적을 가지고 미세공극의 치밀한 형성이 가능하여, 미세먼지 포집에 효과적일 수 있다. 바람직하게는 50 내지 300 nm일 수 있고, 더 바람직하게는 50 내지 200 nm 일 수 있다.
- [0069] 본 발명의 일 양태에서, 상기 나노섬유 웹의 두께는 1 내지 50  $\mu$ m일 수 있다. 상기 나노섬유 웹의 두께는 ASTM D1777-64에 의해 결정되며, 단위는 ' $\mu$ m' 로 표시된다. 상기 범위를 만족 시, 필터의 통기성 및 가시성이 증가하여 좋다. 바람직하게는 5 내지 35  $\mu$ m일 수 있고, 더 바람직하게는 5 내지 30  $\mu$ m일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0070] 상기 기재는 앞서 제조방법에서 설명한 바와 동일한 바, 중복 설명은 생략한다.
- [0071] 본 발명의 또 다른 일 양태는 키트로서, 상기 미세먼지 차단용 필터가 적층되어 형성된다. 필터를 적층하여 형성 하였을 시, 대형 필터를 제조할 수 있어 미세먼지의 포집효율이 더욱 향상될 수 있다.
- [0072] 상기 키트에서 미세먼지 차단용 필터 적층체는 서로 일정 간격 이격되어 형성될 수 있고, 이격되어 형성 시 미세먼지 포집효율이 증가할 수 있어 좋다. 상기 이격 거리는 미세먼지 포집효율을 극대화시킬 수 있는 수치라면 제한되지 않으나, 10 내지 20 mm일 수 있고, 바람직하게는 11 내지 13mm일 수 있다.
- [0073] 본 발명의 일 양태에서, 상기 필터키트는 양 말단층에 전극을 형성하고, 추가적인 전기장을 가하여 표면전압이 상승된 것일 수 있다.
- [0074] 상기 표면전압을 상승시키는 단계는 필터키트의 양 측면에 축방향으로 다수의 전극을 설치하고, 상기 전극에 전압을 인가하여 전극 사이에 전기장이 형성되도록 함으로써 표면전압이 상승될 수 있다. 표면전압이 3kV 내지 4.5kV 인 필터를 적층 시 필터키트의 표면전압은 5kV 내지 10kV일 수 있고, 바람직하게는 5kV 내지 8kV, 더 바람직하게는 5kV 내지 7kV일 수 있다. 상기 필터키트의 표면전압을 상승시킴으로써 미세먼지 포집 성능이 우수할 수 있고, 역전압을 인가 시 포집된 미세먼지를 쉽게 제거할 수 있어 재사용성이 우수할 수 있다. 아울러, 필터로 사용 시 미세먼지가 쌓인 후, 유기물 및 무기물 기반의 미세먼지를 세척단계를 통해 미세먼지 제거가 가능하

며, 나노섬유의 손상이 최소화 될 수 있다.

- [0075] 상기 세척 시, 세척용매는 나노섬유의 손상이 최소화되는 범위 내에서 유기물 및 무기물 기반의 미세먼지를 제거가능한 세척 용매라면 제한되지 않으나, 예를 들어, 세척수, 알코올 및 유기용매 등 일 수 있다. 또한, 상기 세척단계에서 계면활성제 등의 세척 보조제를 첨가할 수 있다.
- [0076] 상기 필터 및 필터키트의 적용은 제한되지 않으나, 창, 마스크, 헬멧, 자동차 에어 컨디셔닝 시스템 및 산업용 배기 여과 시스템 등에 적용될 수 있고, 바람직하게는 창 및 마스크일 수 있다.
- [0077] 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.
- [0079] [물성 측정 방법]
- [0080] 1) 광투과도 측정
- [0081] ASTM E 424-71(2007, METHOD A 6. 5. 2 SELECTED ORDINATES METHOD)에 따라, UV-Vis spectrometer를 이용하여 600nm의 파장에서 광투과도를 측정하였다.
- [0082] 2) 미세먼지 포집 효율 측정
- [0083] 1 중량%의 염화칼륨을 증류수에 용해하고 입자발생기를 가동시켜, 평균입경  $2.5\mu\text{m}$ 의 파티클을 제조하였다. 상기 파티클을 나노섬유에 주입하여 시험풍속 1.0m/s, 말기압력손실 76mmAq에서 ASHRAE STANDARD 52.1의 중량법에 따라 염화칼륨의 포집 효율을 측정하였다.
- [0084] 3) 필터의 표면전압 측정
- [0085] 표면 전압은 정전기 측정 표면전위계 모델 344(TREK Inc, Electrostatie voltmeter model 344)를 사용하여 측정하였다.
- [0086] 4) 필터의 전단 및 후단의 차압 측정
- [0087] 필터를 유효 면적  $16\text{cm}^2$ 의 원형상 홀더에 세팅하고, 세팅한 필터에 0.35m/s의 풍속에서 기체를 통과시켰다. 필터 여과 전, 후의 차압을 시차압력 게이지 (Differential pressure gauge)로 측정하였다.
- [0088] [실시예 1]
- [0089] 용기에 15g의 폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole)(Sigma aldrich사 제조)을 85g의 디메틸아세트아마이드에 3시간 용해시켜 고분자 용액을 제조하였다.
- [0090] 이 후 고분자 방사용액을 노즐블록으로 이동시킨 후 25℃에서 TCD (Tip to collector distance)가 11cm이고, 주사속도는 20mL/Hr, 인가전압 12kV로, 기재로 사용된 폴리에스터 매쉬 (16 Mesh, 평량 :  $27.36\text{ g/m}^2$ , 밀도: 25×25본/inch) 상에 120초 간 전기방사하여 두께 20  $\mu\text{m}$ 의 나노섬유 웹을 제조하였다.
- [0091] 이어서, 제조된 기재 및 나노섬유 웹을 롤투롤 기법으로 200℃에서 라미네이션하여 기재에 나노섬유 웹을 고정시켰다.
- [0092] [실시예 2]
- [0093] 120초 간 전기방사한 후 제조된 기재 및 나노섬유 웹을 100kV/cm의 전기장에 통과시킨 것 이외에는 실시예 1과 동일하게 제조하였다.
- [0094] [실시예 3]
- [0095] 240초 간 전기방사한 후 제조된 기재 및 나노섬유 웹을 100kV/cm의 전기장에 통과시킨 것 이외에는 실시예 1과 동일하게 제조하였다.
- [0096] [실시예 4]
- [0097] 360초 간 전기방사한 후 제조된 기재 및 나노섬유 웹을 100kV/cm의 전기장에 통과시킨 것 이외에는 실시예 1과 동일하게 제조하였다.

[0098] [비교예 1]

[0099] 폴리벤즈이미다졸 대신 폴리아크릴로니트릴을 사용한 것을 제외하고 실시예 4와 동일하게 제조하였다.

[0100] [비교예 2]

[0101] 폴리벤즈이미다졸 대신 폴리벤즈이미다졸 42.5g 및 폴리아크릴로니트릴 42.5g을 사용한 것을 제외하고 실시예 4와 동일하게 제조하였다.

# 표 1

|       | 미세먼지<br>포집효율 (%) | 표면전압<br>(kV) | 차압<br>(Pa) | 광투과도<br>(%) |
|-------|------------------|--------------|------------|-------------|
| 실시예 1 | 90.8             | 3.8          | 136        | 81          |
| 실시예 2 | 94.5             | 4.1          | 39         | 83          |
| 실시예 3 | 94.8             | 4.2          | 72         | 62          |
| 실시예 4 | 98.3             | 4.4          | 130        | 56          |
| 비교예 1 | 75.6             | 2.8          | 353        | 45          |
| 비교예 2 | 73.8             | 2.5          | 374        | 43          |

[0102]

[0103] 실시예 1의 경우, 기재 및 나노섬유 웹을 전기장에 통과시키지 않아, 표면전압이 실시예 2 내지 실시예 4에서보다 낮고, 따라서 미세먼지 포집효율도 상대적으로 낮았다.

[0104] 실시예 2 내지 실시예 4의 경우, 방사시간을 달리하여 물성을 측정하였다. 먼저, 방사시간이 증가할수록 미세먼지 포집효율 역시 증가하였다. 또한, 기재 및 나노섬유 웹을 전기장에 통과시켜, 폴리벤즈이미다졸의 쌍극자의 강화에 의해 표면전압이 3.8kV 이상으로 94% 이상의 높은 포집효율을 확인하였다.

[0105] 또한, 실시예 1 내지 실시예 4는 차압이 140 Pa 이하로 낮아 미세먼지가 쌓임에도, 통기도가 우수함을 확인하였다. 또한, 광투과도는 방사시간이 작을수록 증가하며, 비교예 1 내지 비교예 2에 비해 낮에 충분한 가시성이 확보됨을 확인하였다.

[0106] 비교예 1 내지 2에서는 폴리아크릴로니트릴을 방사용액에 포함하여, 표면전압 및 미세먼지 포집효율이 낮았다. 또한 차압이 실시예 1 내지 4에 비하여 현저히 높아 장기적 사용이 어려움을 확인하였다. 광투과도 역시 실시예 4에 비하여 낮아 가시성 확보가 어려움을 확인하였다.

[0107] 따라서, 실시예 2 내지 실시예 4에서 나노섬유 웹에 전기장을 통과시켰을 시 미세먼지 포집효율이 더욱 증가함을 확인하였고, 내열성 및 기계적 강도가 비교예 1 내지 2보다 현저히 높음을 확인하였다.

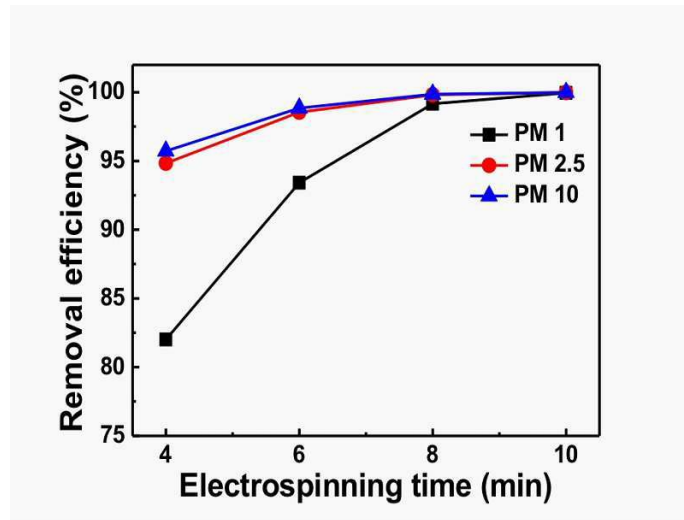
[0108] 또한, 도 1의 경우 미세먼지의 지름이 작아짐에도 미세먼지 포집효율이 80% 이상이었고, 따라서 미세먼지 포집효율이 현저히 높음을 확인하였다.

[0109] 이상과 같이 본 발명에서는 한정된 실시 예에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

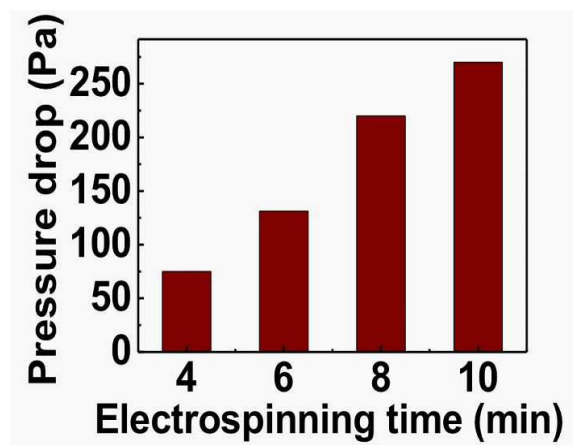
[0110] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

