



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0028258
(43) 공개일자 2022년03월08일

(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 10-2020-0109015
(22) 출원일자 2020년08월28일
심사청구일자 2020년08월28일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
황정호
서울특별시 강남구 도곡로13길 19, 102동 901호(역삼동, 역삼동 롯데캐슬 노블)
박규현
서울특별시 강서구 마곡서1로 111-11, 505동 702호(마곡동, 마곡엠밸리5단지)
(74) 대리인
특허법인다나

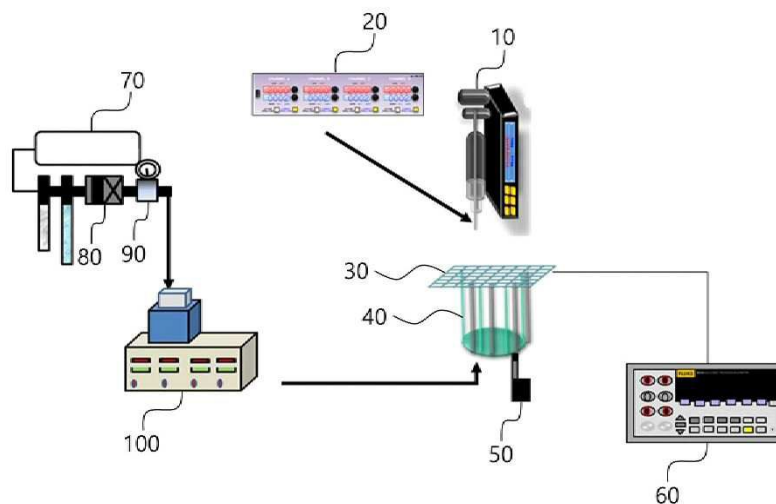
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 섬유 형상 및 나노 섬유경 조절방법을 활용한 필터 제조방법

(57) 요약

본 발명은 섬유 형상 및 나노 섬유경 조절방법을 활용한 필터 제조방법에 관한 것으로, 폴리머 용액을 방사하여 섬유를 형성하는 전기방사기, 전기방사기로부터 형성된 섬유를 모으는 기관, 기관을 지지하는 지지대, 지지대 내부에 설치된 흐름 분산기, 지지대에 설치되어 섬유 극성과 반대 극성의 이온을 제공하는 이온나이저, 기관에 연결되어 섬유와 이온나이저의 전류를 측정하는 멀티미터, 지지대에 압축공기를 제공하는 공기압축기, 압축공기의 유량을 제어하는 유량제어기를 포함하는 필터 제조장치를 이용하되, 특정 폴리머 농도를 선택하여 전기방사를 수행하는 단계; 전기방사 시에 인가전압을 조절하는 단계; 기관에 모인 섬유에 제공되는 이온의 양을 조절하는 단계를 포함하는 필터 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

D01D 5/0076 (2013.01)

B01D 2239/025 (2013.01)

B01D 2239/0631 (2013.01)

B01D 2239/10 (2013.01)

B01D 2239/1233 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2020110080

과제번호 2018R1A2A1A0502068313

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 (통합Ezbaro)(후속)전기방사/열공정을 이용한 초다공성 항바이러스 활성탄소섬유 생
산 및 에어로졸 기법을 이용한 성능평가(3/3)(2018.3.1~2021.2.28)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

폴리머 용액을 방사하여 섬유를 형성하는 전기방사기, 전기방사기로부터 형성된 섬유를 모으는 기관, 기관을 지지하는 지지대, 지지대 내부에 설치된 흐름 분산기, 지지대에 설치되어 섬유 극성과 반대 극성의 이온을 제공하는 이온나이저, 기관에 연결되어 섬유와 이온나이저의 전류를 측정하는 멀티미터, 지지대에 압축공기를 제공하는 공기압축기, 압축공기의 유량을 제어하는 유량제어기를 포함하는 필터 제조장치를 이용하되,

특정 폴리머 농도를 선택하여 전기방사를 수행하는 단계;

전기방사 시에 인가전압을 조절하는 단계;

기관에 모인 섬유에 제공되는 이온의 양을 조절하는 단계를 포함하는 필터 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

흐름 분산기는 판 형태로 구성되며, 판의 중앙 영역에 배치되는 다수의 제1홀, 및 판의 외곽 영역에 배치되고 제1홀보다 직경이 큰 다수의 제2홀을 포함하는 필터 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

폴리머 농도는 1 내지 20 중량%의 범위 내에서 선택하는 필터 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

인가전압은 1 내지 20 kV의 범위에서 조절하는 필터 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

이온의 양은 1×10^6 내지 9.99×10^8 cc의 범위에서 조절하는 필터 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

이온의 양은 압축공기의 유량을 제어함으로써 조절하는 필터 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

압축공기의 유량은 0.01 내지 5 m/s의 범위에서 조절하는 필터 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

멀티미터로 측정된 전류 값이 ± 100 nA의 범위 내에 있도록 이온의 양을 조절하는 필터 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

섬유의 직경은 10 내지 500 nm의 범위에서 조절하는 필터 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

폴리머 용액의 농도가 10 중량% 이하인 경우에도 비드 없는 섬유가 제조 가능한 필터 제조방법.

청구항 11

폴리머 용액을 방사하여 섬유를 형성하는 전기방사기;

전기방사기로부터 형성된 섬유를 모으는 기관;

기관을 지지하는 지지대;

지지대 내부에 설치된 흐름 분산기;

지지대에 설치되어 섬유 극성과 반대 극성의 이온을 제공하는 이온나이저;

기관에 연결되어 섬유와 이온나이저의 전류를 측정하는 멀티미터;

지지대에 압축공기를 제공하는 공기압축기;

압축공기의 유량을 제어하는 유량제어기를 포함하는 필터 제조장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 필터 제조방법에 관한 것으로, 특히 섬유 형상 및 나노 섬유형 조절방법을 활용한 필터 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래의 전기방사 방법에서는 섬유형의 조절에 한계가 있었다. 그 이유는, 전기방사 시 방사시킬 폴리머 용액의 폴리머 농도가 일정 수치를 넘지 않으면 안정적인 섬유의 형태를 얻을 수 없고, 안정적인 섬유 형태로 얻어내기 위해서 적정 수치의 폴리머 농도를 증가시키게 되면 섬유 직경 또한 함께 증가하여 섬유 직경을 얇게 얻을 수 없기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 원하는 섬유의 형태 및 섬유의 직경을 얻을 수 있는 필터 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위해, 폴리머 용액을 방사하여 섬유를 형성하는 전기방사기, 전기방사기로부터 형성된 섬유를 모으는 기관, 기관을 지지하는 지지대, 지지대 내부에 설치된 흐름 분산기, 지지대에 설치되어 섬유 극성과 반대 극성의 이온을 제공하는 이온나이저, 기관에 연결되어 섬유와 이온나이저의 전류를 측정하는 멀티미터, 지지대에 압축공기를 제공하는 공기압축기, 압축공기의 유량을 제어하는 유량제어기를 포함하는 필터 제조장치를 이용하되, 특정 폴리머 농도를 선택하여 전기방사를 수행하는 단계; 전기방사 시에 인가전압을 조절하는 단계; 기관에 모인 섬유에 제공되는 이온의 양을 조절하는 단계를 포함하는 필터 제조방법을 제공한다.

[0005] 본 발명에서 흐름 분산기는 판 형태로 구성되며, 판의 중앙 영역에 배치되는 다수의 제1홀, 및 판의 외곽 영역에 배치되고 제1홀보다 직경이 큰 다수의 제2홀을 포함할 수 있다.

[0006] 본 발명에서 폴리머 농도는 1 내지 20 중량%의 범위 내에서 선택할 수 있다.

- [0007] 본 발명에서 인가전압은 1 내지 20 kV의 범위에서 조절할 수 있다.
- [0008] 본 발명에서 이온의 양은 1×10^6 내지 9.99×10^8 cc의 범위에서 조절할 수 있다.
- [0009] 본 발명에서 이온의 양은 압축공기의 유량을 제어함으로써 조절할 수 있다.
- [0010] 본 발명에서 압축공기의 유량은 0.01 내지 5 m/s의 범위에서 조절할 수 있다.
- [0011] 본 발명에서 멀티미터로 측정된 전류 값이 ± 100 nA의 범위 내에 있도록 이온의 양을 조절할 수 있다.
- [0012] 본 발명에서 섬유의 직경은 10 내지 500 nm의 범위에서 조절할 수 있다.
- [0013] 본 발명에서 폴리머 용액의 농도가 10 중량% 이하인 경우에도 비드 없는 섬유가 제조 가능하다.
- [0014] 또한, 본 발명은 폴리머 용액을 방사하여 섬유를 형성하는 전기방사기; 전기방사기로부터 형성된 섬유를 모으는 기관; 기관을 지지하는 지지대; 지지대 내부에 설치된 흐름 분산기; 지지대에 설치되어 섬유 극성과 반대 극성의 이온을 제공하는 이온나이저; 기관에 연결되어 섬유와 이온나이저의 전류를 측정하는 멀티미터; 지지대에 압축공기를 제공하는 공기압축기; 압축공기의 유량을 제어하는 유량제어기를 포함하는 필터 제조장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명에 따른 필터 제조장치를 통해 전기방사를 사용하여 선택한 폴리머(PAN 등) 물질을 방사시키되, 이때 방사된 섬유를 포집하는 포집부 쪽에 설치된 섬유 중화장치의 이온량의 조절과 전기방사 시 인가한 전압의 조절 및 폴리머 농도의 조절을 활용함으로써, 실험자가 원하는 섬유의 형태 및 섬유의 직경을 얻을 수 있다.
- [0016] 본 발명 기술을 활용하면, 폴리머의 농도에 구애 받지 않을 뿐만 아니라, 원하는 섬유 형태 및 섬유 직경을 얻을 수 있다. 또한, 본 발명 기술에서 조절 가능한 섬유 직경의 범위는, 나노 섬유 필터의 효율이 극대화되는 슬립 효과(slip effect), 즉 섬유 직경이 공기 분자의 평균 자유 경로(mean free path)인 64 nm와 근접한 직경을 가질 때 상대적으로 저-차압 및 고-효율을 유지하는 효과를 나타내는 구간을 포함하고 있으므로, 상대적인 저-차압 및 고-효율을 갖는 필터 제조가 가능하다.
- [0017] 본 발명 기술은 사용자가 원하는 섬유 형태 및 섬유 직경 그리고 섬유 방사 시간의 조절 등을 통하여 제작되는 필터의 성능을 자유롭게 조절할 수 있는 장점이 있다. 본 발명 기술은 섬유를 다루는 모든 곳에 적용될 수 있다. 또한, 시기상으로도 코로나 바이러스로 인하여 고효율 섬유 및 필터의 수요는 더욱 증가하고 있는 상태이며, 현재 코로나 사태로 사람들의 생각 및 생활하는 방식 또한 바뀔 수 있기 때문에, 본 발명 기술은 마스크에 들어갈 섬유 제조에도 활용이 가능하고, 이에 따라 시장성 및 기대효과는 아주 클 것으로 예상된다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명에 따른 필터 제조장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 지지대와 흐름 분산기의 구성도이다.
- 도 3은 공기 유량 및 이온나이저 개수에 따른 이온 양 측정 데이터를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 멀티미터에서 측정된 전류 값에 따른 비드 양을 나타낸 그래프(좌측) 및 주사전자현미경(SEM) 사진이다.
- 도 5는 7 중량%의 폴리아크릴로니트릴(PAN) 농도에서 인가전압에 따른 나노섬유의 SEM 사진이다.
- 도 6은 8 중량%의 PAN 농도에서 인가전압에 따른 나노섬유의 SEM 사진이다.
- 도 7은 9 중량%의 PAN 농도에서 인가전압에 따른 나노섬유의 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0020] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 필터 제조장치는 전기방사기(10), 전원(20), 기관(30), 지지대(40), 이온나이저(50), 멀티미터(60), 공기압축기(70), 필터(80), 조절기(90), 유량제어기(100), 흐름 분산기(110) 등으로 구성될 수 있다.
- [0021] 전기방사기(10)는 폴리머 용액을 방사하여 섬유를 형성하는 역할을 한다. 전기방사기(10)는 전원(20), 유량 제

어기(Flow Rate Controller) 등을 구비할 수 있고, 전원(20)은 고전압 전원(High Voltage Power Supply)일 수 있다. 전기방사 가능한 폴리머로는 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리비닐피롤리돈(PVP), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리비닐알코올(PVA) 등을 사용할 수 있고, 바람직하게는 폴리아크릴로니트릴(PAN)을 사용할 수 있다. 폴리머 용액 중의 용매로는 디메틸포름아미드(DMF), 디메틸아세트아미드(DMAc) 등을 사용할 수 있다.

[0022] 기판(Substrate)(30)은 전기방사기(10)로부터 형성된 섬유를 모으는 역할을 하고, 즉 컬렉터(Collector)일 수 있다. 기판(30)은 공기와 이온이 통과할 수 있도록 다수의 홀이 형성된 메시(Mesh) 형태로 구성될 수 있다. 기판(30)은 금속 등으로 제작될 수 있다. 기판(30)에 모이는 섬유는 균일하게 적층되어 필터를 형성한다. 비-전도체 기판과 비교하여, 전도체(금속 등) 기판의 경우, 섬유의 전하가 소멸될 수 있어 패킹(packing) 밀도를 높일 수 있다.

[0023] 도 1과 2를 참고하면, 지지대(40)는 공기 및 이온 공급 가능하게 기판(30)을 지지하는 역할을 한다. 즉, 지지대(40)는 이온 발생 덕트(Ion Generation Duct)의 역할을 한다. 지지대(40)는 통(원통 등) 형상 등으로 구성될 수 있고, 기판(30)이 배치되는 상부만 개방되면서 전체적으로 밀폐될 수 있다. 단, 지지대(40)의 측면 등에는 이오나이저(50)의 설치를 위한 구멍이 설치될 수 있다. 지지대(40)의 하부에는 공기가 유입되는 유로 또는 튜브 등이 설치될 수 있다.

[0024] 이오나이저(Ionizer)(50)는 지지대(40)에 설치되어 섬유 극성과 반대 극성의 이온을 제공하는 역할을 한다. 전기방사기(10)로부터 방사된 섬유는 전기방사 방식에 의해 음전하(-) 또는 양전하(+)로 하전되고, 기판(30) 상에 어느 정도 섬유가 쌓이면, 섬유 사이에 척력이 발생한다. 여과 성능이 뛰어난 필터를 제작하기 위해서는 기판(30)에 미세한 굵기의 섬유를 균일하게 배치하고, 하나의 필터보다 복수 개의 필터를 적층시켜 사용할 경우 여과 성능이 더욱 향상된다. 하지만, 기존의 전기방사 기능만 구비된 장치로 필터를 제작하면, 기판(30)에 기존의 두께로 섬유가 적층되지만, 더 두꺼운 두께로 섬유를 적층하면, 섬유에 하전된 이온 간에 척력이 발생하여 섬유가 균일하게 배치되지 않는다. 또한, 섬유에 비드가 발생하여 필터에 미세한 크기의 공간이 형성되거나, 치밀하지 않게 배치되어 여과 성능이 하락한다. 따라서, 섬유가 치밀하고 균일하게 배치될 수 있도록 하전된 섬유를 중화시켜 적층해야 한다.

[0025] 이오나이저(50)는 척력이 발생한 섬유를 중화시켜, 더 두껍고 균일하게 섬유를 배열할 수 있도록 하전된 섬유의 극성과 반대 극성을 갖는 이온을 공급한다. 예를 들어, 섬유가 양전하를 가지면, 이오나이저(50)는 음전하를 제공하고, 섬유가 음전하를 가지면, 이오나이저(50)는 양전하를 제공한다. 전기방사 방식으로 방사된 섬유는 상황에 따라 음전하(-) 또는 양전하(+)의 극성을 갖기 때문에, 섬유의 극성에 따라 반대 극성의 이온을 발생시킬 수 있도록, 이오나이저(50)는 이온의 극성을 선택하는 수단을 구비할 수 있다. 또한, 이오나이저(50)는 이온의 발생량 증감 조절이 가능한 전원 공급장치를 구비할 수 있다. 전원 공급장치의 전력량을 증가시키면 이오나이저(50)에서 이온의 발생량이 증가하고, 전력량을 감소시키면 이오나이저(50)에서 이온의 발생량이 감소한다.

[0026] 이오나이저(50)는 지지대(40)의 측면 또는 하부에 위치할 수 있다. 이오나이저(50)의 설치 개수는 섬유가 적층되는 동안 균일하고 비드가 발생하지 않을 정도로 중화시킬 수 있는 이온을 발생시킬 수 있는 개수라면 족할 것이다. 이오나이저(50)의 개수는 한 개 또는 복수 개일 수 있고, 예를 들어 1 내지 20개, 바람직하게는 2 내지 15개, 더욱 바람직하게는 3 내지 10개일 수 있다. 이오나이저(50)는 지지대(40)로부터 탈부착 가능하게 설치될 수 있어서, 고장이 났을 경우 쉽게 교체하거나 수리하기 용이하도록 이루어져 있다. 한편, 이오나이저(50)를 사용할 경우, 초미세 나노섬유의 제조 시에 재현성을 증가시킬 수 있고, 비드가 적거나 없는 나노섬유를 제조하는데 유리할 수 있다.

[0027] 멀티미터(Multimeter)(60)는 기판에 연결되어 섬유와 이오나이저(50)의 전류를 측정하는 역할을 한다. 전기방사기(10)가 방사하는 섬유가 균일하고 여과 성능을 향상시키기 위해서는 섬유를 두껍게 적층시켜야 하며, 일정 두께 이상 두껍게 적층하기 위해서는 섬유의 중화가 이루어져야 한다. 전기방사기(10)에서 방사하 하전된 섬유가 제대로 중화되지 않거나, 이오나이저(50)에서 너무 많은 양의 이온을 공급받아 반대의 극성으로 섬유가 하전되지 않고 전류 값이 최대한 중성(0)에 가깝게 이루어져야 원하는 두께로 적층이 가능하다. 따라서, 전기방사기(10)가 방사하는 섬유와 이오나이저(50)의 전류를 측정하는 멀티미터(60)가 기판(30)에 연결되어 실시간으로 전류 값을 측정할 수 있다. 즉, 기판(30)에 섬유가 쌓이기 시작하면, 멀티미터(60)가 전류 값을 측정하며, 멀티미터(60)를 보면서 이오나이저(50)를 작동시키면 기판(30)에 연결된 멀티미터(60)의 전류 값이 중성에 근접한다. 멀티미터(60)가 측정하는 전류 값이 중성으로 수렴되는 범위는 -100 nA부터 100 nA 사이의 전류 값일 수 있다. 이 상태를 계속 유지하면서 섬유를 적층시킨다면 사용자가 원하는 두께의 필터를 제작할 수 있다.

- [0028] 공기압축기(70)는 지지대(40)에 압축공기(Compressed Air)를 공급하는 역할을 한다. 이를 위해, 공기압축기(70)부터 지지대(40)까지에는 공기 튜브가 연결될 수 있다. 압축공기는 이오나이저(50)로부터 형성된 이온을 섬유에 전달하는 역할을 한다. 공기압축기(70)로는 통상적인 공기압축기를 사용할 수 있다.
- [0029] 필터(Filter)(80)는 지지대(40)로 공급되는 압축공기 중에 함유된 이물질이나 오염물질 등을 제거하는 역할을 한다. 필터(80)는 공기압축기(70) 및 지지대(40) 사이에 배치된 공기 튜브 중 임의의 위치에 설치될 수 있다. 공기가 이온을 섬유에 전달함을 고려하면, 필터(80)로는 HEPA(High Efficiency Particulate Air) 필터 등을 사용할 수 있다.
- [0030] 조절기(Regulator)(90)는 압축공기의 압력 등을 조절하는 역할을 한다. 조절기(90)는 필터(80) 및 지지대(40) 사이에 설치될 수 있다.
- [0031] 유량제어기(100)는 압축공기의 유량을 제어하는 역할을 한다. 유량제어기(100)는 조절기(90) 및 지지대(40) 사이에 설치될 수 있다. 유량제어기로는 MFC(Mass Flow Controller) 등을 사용할 수 있다.
- [0032] 도 2를 참고하면, 흐름 분산기(Flow Spreader)(110)는 지지대(40) 내부에 설치되어 공기 흐름을 분산시키는 역할을 한다. 흐름 분산기(110)는 지지대(40)의 하부 쪽에 배치될 수 있고, 판(원판 등) 형태로 구성될 수 있으며, 지지대(40)의 내경과 동일한 직경을 가질 수 있다. 흐름 분산기(110)는 판의 중앙 영역에 배치되는 다수의 제1홀(112), 및 판의 외곽 영역에 배치되고 제1홀(112)보다 직경이 큰 다수의 제2홀(114)을 포함할 수 있다. 제1홀(112)의 직경은 예를 들어 0.5 내지 2.5 mm, 바람직하게는 1 내지 2 mm일 수 있다. 제2홀(114)의 직경은 예를 들어 2.5 내지 4.5 mm, 바람직하게는 3 내지 4 mm일 수 있다. 다수의 제1홀(112)이 배치되는 중앙 영역의 직경은 예를 들어 판 전체 직경 대비 10 내지 50%, 바람직하게는 25 내지 35%일 수 있다. 이러한 홀 구성에 의해 공기 흐름을 더욱 효과적으로 균일하게 분산시켜 이온을 섬유에 효과적으로 균일하게 전달시킬 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 필터 제조방법은 상술한 필터 제조장치를 이용하며, 특정 폴리머 농도를 선택하여 전기방사를 수행하는 단계; 전기방사 시에 인가전압을 조절하는 단계; 기관에 모인 섬유에 제공되는 이온의 양을 조절하는 단계를 포함할 수 있다. 이들 단계는 순차적으로 또는 동시에 수행될 수 있다.
- [0034] 먼저, 특정 폴리머 농도를 선택하여 전기방사를 수행한다. 폴리머 농도는 1 내지 20 중량%, 바람직하게는 3 내지 15 중량%, 더욱 바람직하게는 6 내지 12 중량%의 범위 내에서 선택할 수 있다. 폴리머 농도는 폴리머 용액의 부피 대비 폴리머의 중량, 즉 w/v%를 의미할 수 있다. 일반적으로, 폴리머 농도가 낮으면 섬유 직경이 가늘어지고, 폴리머 농도가 높으면 섬유 직경이 굵어진다.
- [0035] 다음, 전기방사 시에 인가전압을 조절한다. 인가전압은 1 내지 20 kV, 바람직하게는 3 내지 15 kV, 더욱 바람직하게는 6 내지 12 kV의 범위에서 조절할 수 있다. 일반적으로, 전압이 낮으면 섬유 직경이 굵어지고, 전압이 높으면 섬유 직경이 가늘어진다. 또한, 전압이 높을수록 중성 이온이 더 많이 생성되면서 비드가 더 많이 형성될 수 있다.
- [0036] 다음, 기관에 모인 섬유에 제공되는 이온의 양을 조절한다. 이온의 양은 1×10^6 내지 9.99×10^8 cc(mL), 바람직하게는 5×10^6 내지 5×10^8 cc, 더욱 바람직하게는 1×10^7 내지 9×10^7 cc의 범위에서 조절할 수 있다(도 3 참조). 이온의 음이온일 경우 유량 수치 앞에 - 부호가 붙고, 양이온일 경우 + 부호가 붙을 수 있다. 이온의 양은 섬유 중화가 잘 이루어지도록 적절하게 조절될 수 있다.
- [0037] 이온의 양은 이오나이저(50) 자체에서 조절하기보다 압축공기의 유량을 제어함으로써 조절하는 것이 바람직하다. 단순히 건전지를 통하여 구동되는 팬(Fan)을 사용할 경우, 미세 유량 조절이 불가능하여 실제 공정에 있어서 사용의 제약이 있다. 또한, 공급 유량이 증가하면 불어주는 공기의 양이 늘어남으로써 이온의 양 또한 증가하게 되는데, 본 발명에서는 공급 유량 조절이 원활하여 이오나이저(50) 자체적으로 이온양을 조절하는 것이 아니라 공기의 유량 변화를 통하여 이온의 양 조절이 가능하고 공정(전압, 컬렉터와의 거리 및 이온 발생량)의 제약을 풀어줄 수 있다.
- [0038] 압축공기의 유량(유속)은 0.01 내지 5 m/s, 바람직하게는 0.05 내지 3 m/s, 더욱 바람직하게는 0.1 내지 1 m/s의 범위에서 조절할 수 있다. 도 3에 나타난 바와 같이, 공기 유량(도 3의 상단 유속 참조) 및 이오나이저 개수(도 3의 상단 번호 참조)에 따라 이온 양을 다양하고 적절하게 조절할 수 있다.
- [0039] 특히, 멀티미터(60)로 측정된 전류 값이 ± 100 nA, 바람직하게는 ± 70 nA, 더욱 바람직하게는 ± 50 nA의 범위 내에 있도록 이온의 양을 조절할 수 있다. 공정의 구체적 조건에서 가장 중요한 부분은 멀티미터(60)를 사용하

여 섬유 컬렉터 부분의 전류 측정 값인데, 중성에 가까울수록 안정적인(비드가 없거나 최소화된) 섬유를 얻어낼 수 있다. 전기방사는 온도와 습도의 영향에 따라 인가전압 및 실험 조건이 크게 달라질 수 있는데, 본 발명 기술을 통하여 달라지는 실험 조건을 보다 쉽게 맞출 수 있다.

[0040] 도 4를 참고하면, 멀티미터에서 측정된 전류 값이 0를 기준으로 너무 작거나 크면 비드(Bead)의 양이 급격하게 증가한다. 비드는 도 4 내지 7의 SEM 사진에서 확인할 수 있듯이, 쌀 알갱이 형상, 구슬 형상, 막대 형상 등과 같이, 섬유의 길이방향에서 섬유의 평균 직경보다 훨씬 직경이 큰 부분을 의미할 수 있다. 비드의 양은 SEM 사진에서 비드의 개수를 계산하는 방법 등을 통해 평가할 수 있다. 비드의 양이 적을수록 섬유 형태가 안정적인 섬유를 얻을 수 있다.

[0041] 도 4의 좌측 그래프를 참고하면, 전류 값이 + 쪽으로 커질수록 비드 양이 증가하였고, 전류 값이 - 쪽으로 커질수록 + 쪽보다 더욱 급격하게 비드 양이 증가하였다. 특히, 도 4의 우측 SEM 사진을 참고하면, -300 nA에서 비드 수가 매우 많음을 확인할 수 있다. 전류 값이 ± 100 nA 이내일 경우, 비드 양이 최소화되었고, 전류 값이 약 +40 nA일 경우, 비드가 거의 없어졌다. 비드 양이 최소화되거나 없어지는 전류 값은 온도, 습도, 폴리머 농도, 인가전압 등에 따라 달라질 수 있다.

[0042] 섬유의 직경은 10 내지 500 nm, 바람직하게는 20 내지 300 nm, 바람직하게는 30 내지 200 nm의 범위에서 조절할 수 있다. 섬유의 직경은 폴리머 농도 및 인가전압 등에 따라 달라질 수 있고, 폴리머 농도 및 인가전압 등을 적절하게 설정하여 원하는 직경의 섬유를 얻을 수 있다.

[0043] 도 5 내지 7은 폴리아크릴로니트릴(PAN) 및 인가전압에 따른 나노섬유의 SEM 사진으로서, 폴리머 농도가 낮을수록 그리고 전압이 높을수록 섬유 직경은 감소하고, 폴리머 농도가 높을수록 그리고 전압이 낮을수록 섬유 직경은 증가한다.

[0044] 도 5 내지 7의 결과 사진에서 볼 수 있듯이, 또한 기존의 문헌조사를 통하여 쉽게 알 수 있듯이, 폴리머 농도가 7 중량%, 8 중량%, 9 중량%인 구간은 사실상 안정적인 섬유를 얻을 수 없는, 즉 비드가 많이 발생하는 농도 구간이다. 즉, 기존에는 10 중량% 이상의 폴리머 농도로부터 섬유를 제조하였다. 폴리머의 농도가 낮으면 낮을수록, 인가전압을 통하여 노즐에서 방사된 용액이 차징(하전)된 힘으로 스트레칭(연신)되는 힘과 표면장력의 힘 균형(force balance)이 무너지기 때문이다. 그렇다고 안정적인 섬유를 얻기 위해 폴리머의 농도를 높이면 얇은 섬유를 얻을 수 없다.

[0045] 본 발명 기술은 이러한 기존 문제를 해소해줄 수 있다. 구체적으로, 본 발명의 장치와 방법을 적용하면, 폴리머 용액의 농도가 10 중량% 이하인 경우에도, 비드가 없거나 최소화된 안정적인 섬유 형태를 갖는 섬유를 제조할 수 있다. 즉, 본 발명에 따라 기존보다 낮은 폴리머 농도에서도 안정적인 섬유 제조가 가능하므로, 사용 가능한 폴리머 농도의 선택 범위가 기존보다 넓어졌고, 원하는 섬유 직경에 따라 폴리머 농도를 낮게 하거나 높게 할 수 있다.

[0046] 본 발명에 따라 제조된 필터는 섬유가 균일하게 배열되어 있으면서, 섬유 사이에 비드가 포함되어 있지 않고, 두께가 충분히 두꺼워 기존의 필터보다 여과 성능이 향상된 양질의 필터를 제작 및 공급할 수 있다.

[0047] 이와 같이, 본 발명은 장치적으로 이온나이저와 흐름 분산기 및 공기압축기와 유량제어기 등을 구비하고, 방법적으로는 이온량과 인가전압 및 폴리머 농도 등을 조절함으로써, 섬유 형태와 섬유 직경을 원하는 대로 조절할 수 있다.

[0048] 본 발명을 활용하면, 폴리머의 농도에 구애 받지 않을 뿐만 아니라(즉, 폴리머 농도 10 중량% 이하도 가능), 원하는 섬유 형태 및 섬유 직경을 얻을 수 있다. 또한, 본 발명에서 조절 가능한 섬유 직경의 범위는 나노 섬유 필터의 효율이 극대화되는 슬립 효과 구간을 포함하고 있으므로, 상대적인 저-차압 및 고-효율을 갖는 필터 제조가 가능하다.

[0049] 본 발명은 사용자가 원하는 섬유 형태 및 섬유 직경 그리고 섬유 방사 시간의 조절 등을 통하여 제작되는 필터의 성능을 자유롭게 조절할 수 있는 장점이 있다. 본 발명은 섬유를 다루는 모든 곳에 적용될 수 있다. 또한, 시기상으로도 코로나 바이러스로 인하여 고효율 섬유 및 필터의 수요는 더욱 증가하고 있는 상태이며, 현재 코로나 사태로 사람들의 생각 및 생활하는 방식 또한 바뀔 수 있기 때문에, 본 발명은 마스크에 들어갈 섬유 제조에도 활용이 가능하고, 이에 따라 시장성 및 기대효과는 아주 클 것으로 예상된다.

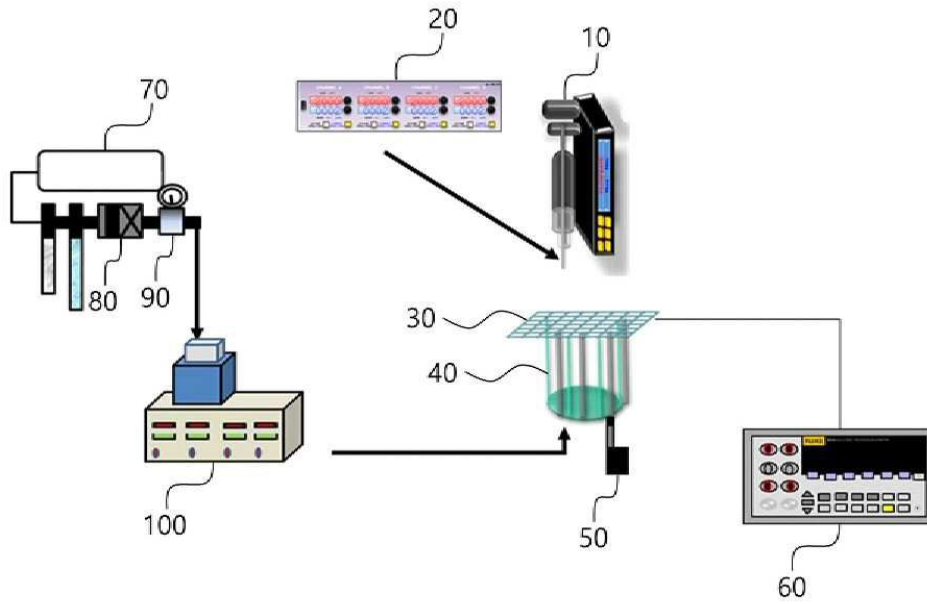
부호의 설명

[0050]

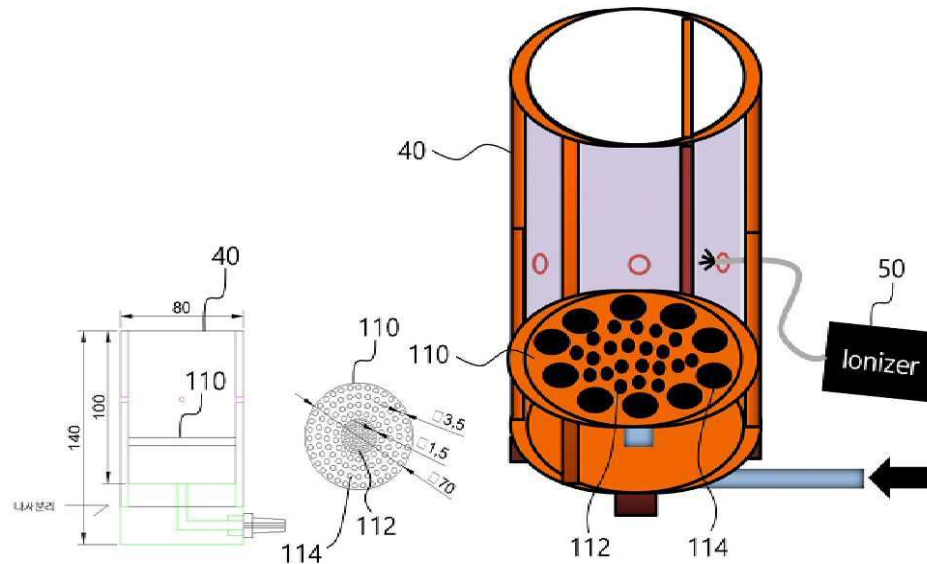
10: 전기방사기, 20: 전원, 30: 기관, 40: 지지대, 50: 이온나이저, 60: 멀티미터, 70: 공기압축기, 80: 필터, 90: 조절기, 100: 유량제어기, 110: 흐름 분산기, 112: 제1홀, 114: 제2홀

도면

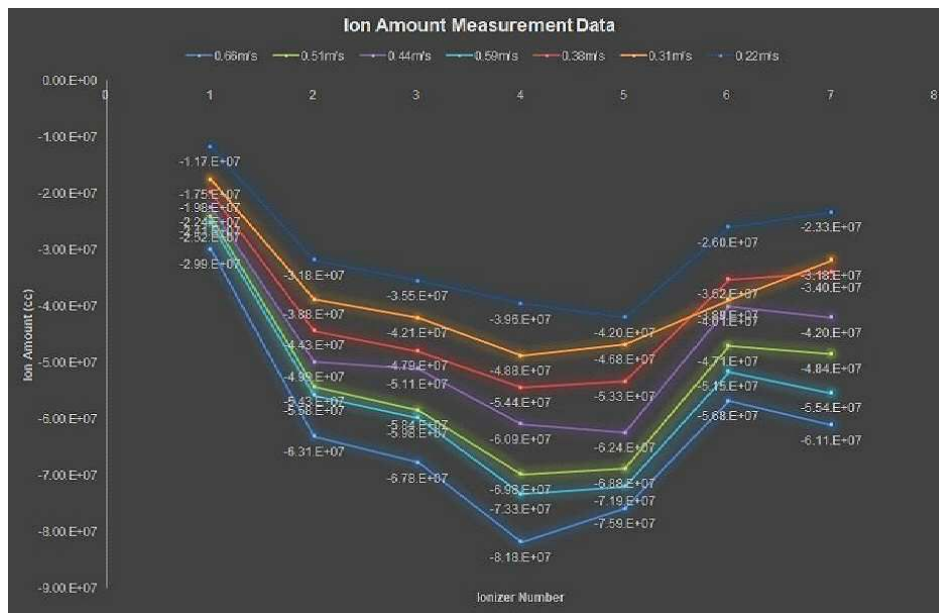
도면1



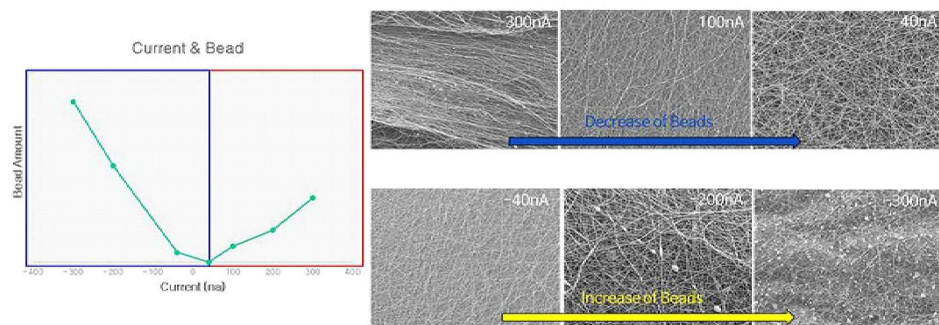
도면2



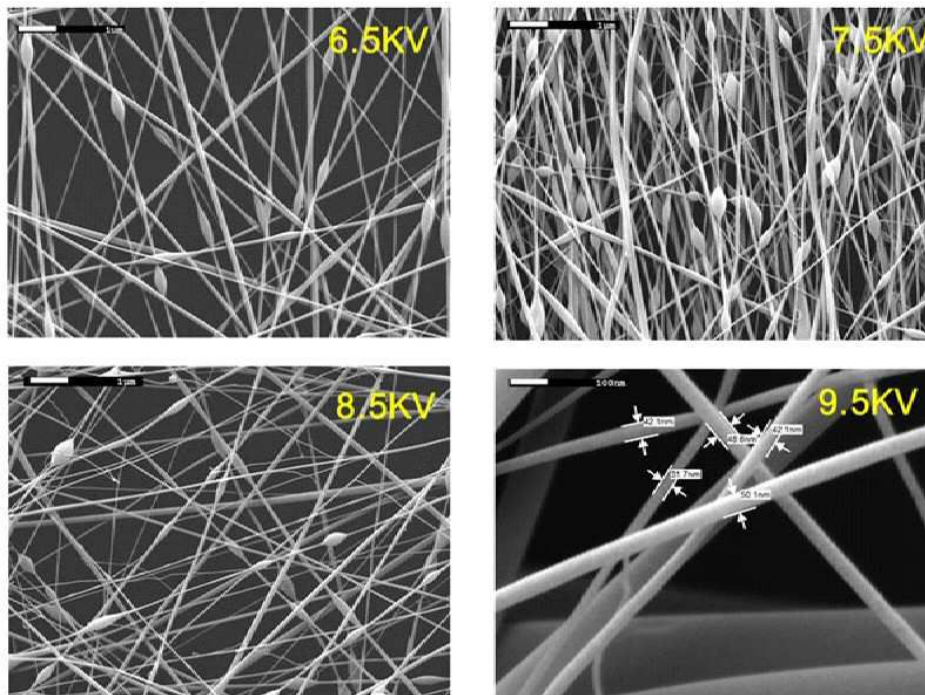
도면3



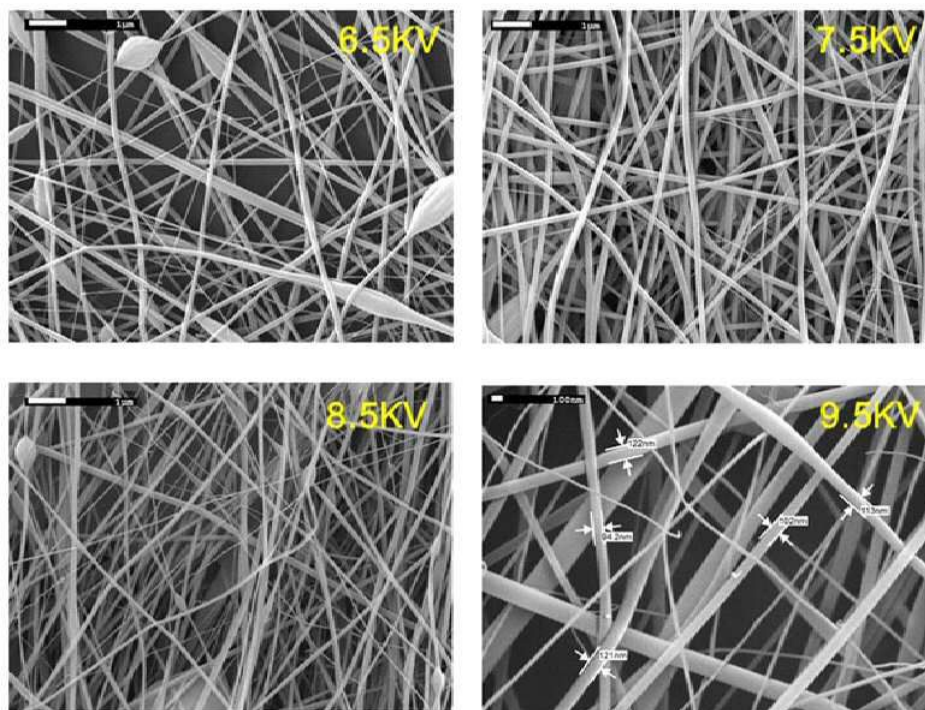
도면4



도면5



도면6



도면7

