



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월28일

(11) 등록번호 10-2426221

(24) 등록일자 2022년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**B01D 39/16** (2006.01) **D01D 10/02** (2006.01)  
**D01D 5/00** (2006.01) **D01F 1/10** (2006.01)

(52) CPC특허분류  
**B01D 39/1607** (2013.01)  
**D01D 10/02** (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0031812

(22) 출원일자 2020년03월16일

심사청구일자 2020년03월16일

(65) 공개번호 10-2021-0115679

(43) 공개일자 2021년09월27일

(56) 선행기술조사문헌

JP2014224199 A\*

KR1020040080868 A\*

KR1020200017051 A\*

KR1020200017052 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

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)

최지수

서울특별시 서대문구 신촌로 149, 2009호(대현동)

(74) 대리인

김연권

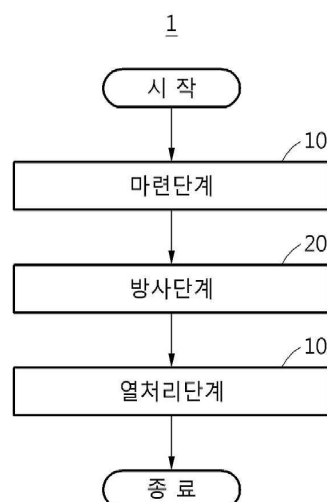
전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 강대출

(54) 발명의 명칭 필터 제작방법 및 이에 의해 제작된 필터

**(57) 요약**

개시된 본 발명에 의한 필터 제작방법은, 필터 제작을 위한 원료에 기능성 입자가 혼합된 용액을 마련하는 단계, 용액을 나노 섬유로 방사하는 방사단계 및, 나노 섬유를 열처리하여 입자를 성장시켜, 활성화된 나노 섬유 필터체를 제작하는 열처리단계를 포함한다. 이러한 구성에 의하면, 단층 구조의 필터를 제작할 수 있어 차압 증가 없이도 다기능을 구현할 수 있다.

**대표도** - 도1

(52) CPC특허분류

**D01D 5/003** (2013.01)

**D01F 1/103** (2013.01)

**B01D 2239/025** (2013.01)

**B01D 2239/0442** (2013.01)

**B01D 2239/045** (2013.01)

**B01D 2239/0631** (2013.01)

**B01D 2239/10** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2019-11-0132

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 (후속)전기방사/열공정을 이용한 초다공성 항바이러스 활성탄소섬유 생산 및 에어로

졸 기법을 이용한 성능평가(2/3)(2018.3.1~2021.2.28)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

필터 제작을 위한 원료에 기능성 입자가 혼합된 용액을 마련하는 단계;

상기 용액을 나노 섬유로 방사하는 방사단계; 및,

상기 나노 섬유를 열처리하여 입자를 성장시켜, 활성화된 나노 섬유 필터체를 제작하는 열처리단계;를 포함하고,

상기 원료는 유기 용매에 탄소 전구체 및 사슬 형태의 분자 구조를 가지는 고분자 중합체를 포함하고, 상기 기능성 입자는 금속 재료의 입자를 포함하며,

상기 열처리단계는, 제1온도에서 상기 나노 섬유에 공기를 주입하여, 상기 나노 섬유로부터 상기 고분자 중합체를 제거하여 안정화시키는 안정화(stabilization)단계; 상기 제1온도보다 높은 제2온도에서 비활성 가스를 안정화된 상기 나노 섬유에 주입하여, 안정화된 상기 나노 섬유에 포함된 질소( $N_2$ )와 수소( $H_2$ )를 제거하여 탄화시키는 탄화(carbonization)단계; 상기 제1온도보다 높으며 상기 제2온도보다 낮은 제3온도에서 탄화된 상기 나노 섬유에 이산화탄소( $CO_2$ )와 수분( $H_2O$ )를 주입하여, 탄화된 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(CO)와 수소( $H_2$ )를 활성화시키는 활성화(Activation)단계; 및, 상기 활성화단계보다 짧은 시간동안 상기 제3온도에서 활성화된 상기 나노 섬유에 이산화탄소( $CO_2$ )와 메탄가스( $CH_4$ )를 주입하여, 활성화된 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소( $2CO$ )와 수소( $2H_2$ )를 제거하여 입자를 성장시키는 성장(Growth)단계;를 포함하고,

상기 성장단계에서는, 상기 나노 섬유의 외측으로 길게 연장되는 방향으로 상기 입자를 성장시키는 필터 제작방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 원료는 폴리에틸렌옥사이드(PEO, Poly Ethylene Oxide) 및 폴리비닐피롤리돈(PVP, Poly Vinyl Pyrrolidone) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 탄소 전구체, 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA, polymethyl methacrylate)을 포함하는 고분자 물질 및 다이메틸폼아마이드(DMF, Dimethyl formamide)를 포함하는 용매가 혼합된 액상으로 마련되고,

상기 기능성 입자는 니켈(Ni)을 포함하는 필터 제작방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 방사단계는 상기 용액을 전기 방사(Electrospinning)하는 필터 제작방법.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1온도는  $230^{\circ}C \sim 270^{\circ}C$ 의 온도를 포함하고, 상기 제2온도는  $880^{\circ}C \sim 920^{\circ}C$ 의 온도를 포함하며, 상기 제3

온도는 780℃ ~ 820℃의 온도를 포함하는 필터 제작방법.

## 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 안정화단계에서 상기 나노 섬유에 포함된 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 제거하여 중공형의 상기 나노 섬유로 형성시키고,

상기 탄화단계에서 상기 나노 섬유에 포함된 질소(N<sub>2</sub>)와 수소(H<sub>2</sub>)가 제거하고,

상기 활성화단계에서 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)를 제거하며,

상기 성장단계에서 상기 활성화단계보다 짧은 시간안에 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(2CO)와 수소(2H<sub>2</sub>)를 제거하는 필터 제작방법.

## 청구항 8

삭제

## 청구항 9

삭제

## 청구항 10

청구항 제1항, 제3항, 제4항, 제6항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 필터 제작방법에 의해 제작되며, 단층 구조를 가지는 필터.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 필터 제작방법 및 이에 의해 제작된 필터에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 다기능 성능을 가지는 필터를 단층 구조로 제작하여 생산성 및 품질을 증대시킬 수 있는 필터 제작방법 및 이에 의해 제작된 필터에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근, 미세먼지, 황사 등과 같은 실외 환경과 라돈, 일산화탄소 등과 같은 실내 환경의 요인들로 인해, 공기 청정에 대한 요구가 증대되고 있다. 그로 인해, 실내외 공기의 질을 개선시키기 위한 공기청정기용 필터, 에어컨용 필터 및 자동차용 에어필터의 보급 또한, 활발히 이루어지고 있는 추세이다. 또한, 공기의 질 뿐만 아니라, 식수로 사용되는 물에 대한 수질 개선의 요구가 증대되고 있다.

[0003] 한편, 공기 및 수질 등과 같은 인간의 생활에 밀접한 영향을 미치는 환경적 요소들을 정화시키기 위해 오염물질을 필터링할 수 있는 필터의 보급이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 필터는 일반적으로, 여과, 항박테리아, 탈취 및 항바이러스와 같은 각각의 기능에 따라 각각 따로 제작됨으로써, 복잡한 공정 기술이 요구된다. 뿐만 아니라, 다기능 필터를 제작하기 위해서는, 각각의 기능을 가지는 복수의 필터층을 마련하여 상호 적층시켜 제작함으로써, 다층구조로 인한 차압 발생이 야기된다.

[0004] 이러한 다층 필터의 차압 발생은 에너지 소비율을 증가시켜, 필터의 품질 저하 요인이 된다. 이에 따라, 근래에는 필터의 생산성 및 품질을 증대시키기 위한 다양한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 특허출원번호 제2015-159725호

(특허문헌 0002) 대한민국 특허출원번호 제10-2009-0043249호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 단층 구조로도 다기능 성능을 구현할 수 있어 생산성 및 품질을 증대시킬 수 있는 필터 제작방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상기 목적이 달성된 필터 제작방법에 의해 제작된 필터를 제공하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 필터 제작방법은, 필터 제작을 위한 원료에 기능성 입자가 혼합된 용액을 마련하는 단계, 상기 용액을 나노 섬유로 방사하는 방사단계 및, 상기 나노 섬유를 열처리하여 입자를 성장시켜, 활성화된 나노 섬유 필터체를 제작하는 열처리단계를 포함한다.

[0009] 또한, 상기 원료는 유기 용매에 탄소 전구체 및 사슬 형태의 분자 구조를 가지는 고분자 중합체를 포함하고, 상기 기능성 입자는 금속 재질의 입자를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 원료는 폴리에틸렌옥사이드(PEO, Poly Ethylene Oxide) 및 폴리비닐피롤리돈(PVP, Poly Vinyl Pyrrolidone) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 탄소 전구체, 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA, polymethyl methacrylate)을 포함하는 고분자 물질 및 다이메틸폼아마이드(DMF, Dimethyl formamide)를 포함하는 용매가 혼합된 액상으로 마련되고, 상기 기능성 입자는 니켈(Ni)을 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 방사단계는 상기 용액을 전기 방사(Electrospinning)할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 열처리단계는, 제1온도에서 상기 나노 섬유에 공기를 주입하여 상기 나노 섬유를 안정화시키는 안정화(stabilization)단계, 상기 제1온도보다 높은 제2온도에서 비활성 가스를 안정화된 상기 나노 섬유에 주입하여 탄화시키는 탄화(carbonization)단계, 상기 제1온도보다 높으며 상기 제2온도보다 낮은 제3온도에서 탄화된 상기 나노 섬유에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 수분(H<sub>2</sub>O)를 주입하여 활성화시키는 활성화(Activation)단계 및, 상기 제3온도에서 활성화된 상기 나노 섬유에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 메탄가스(CH<sub>4</sub>)를 주입하여 입자를 성장시키는 성장(Growth)단계를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제1온도는 230℃ ~ 270℃의 온도를 포함하고, 상기 제2온도는 880℃ ~ 920℃의 온도를 포함하며, 상기 제3온도는 780℃ ~ 820℃의 온도를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 안정화단계에서 상기 나노 섬유에 포함된 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 제거하여 중공형의 상기 나노 섬유로 형성시키고, 상기 탄화단계에서 상기 나노 섬유에 포함된 질소(N<sub>2</sub>)와 수소(H<sub>2</sub>)가 제거하고, 상기 활성화단계에서 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)를 제거하며, 상기 성장단계에서 상기 활성화 단계보다 짧은 시간안에 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(2CO)와 수소(2H<sub>2</sub>)를 제거할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 용액은 유기 용매에 탄소 전구체 및 사슬 형태의 분자 구조를 가지는 고분자 중합체를 포함하여, 니켈(Ni)을 포함하는 상기 기능성 입자가 혼합되어 마련되고, 상기 열처리단계는, 제1온도에서 상기 나노 섬유에 공기를 주입하여, 상기 나노 섬유로부터 상기 고분자 중합체를 제거하여 안정화시키는 안정화(stabilization)단계, 상기 제1온도보다 높은 제2온도에서 비활성 가스를 안정화된 상기 나노 섬유에 주입하여, 안정화된 상기 나노 섬유에 포함된 질소(N<sub>2</sub>)와 수소(H<sub>2</sub>)를 제거하여 탄화시키는 탄화(carbonization)단계, 상기 제1온도보다 높으며 상기 제2온도보다 낮은 제3온도에서 탄화된 상기 나노 섬유에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 수분(H<sub>2</sub>O)를 주입하여, 탄화된 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)를 활성화시키는 활성화(Activation)단계 및, 상기 활성화 단계보다 짧은 시간동안 상기 제3온도에서 활성화된 상기 나노 섬유에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 메탄가스(CH<sub>4</sub>)를 주입하여, 활성화된 상기 나노 섬유에 포함된 일산화탄소(2CO)와 수소(2H<sub>2</sub>)를 제거하여 입자를 성장시키는 성장(Growth)단계를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 제1온도는 230℃ ~ 270℃의 온도를 포함하고, 상기 제2온도는 880℃ ~ 920℃의 온도를 포함하며, 상

기 제3온도는 780℃ ~ 820℃의 온도를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 필터는, 필터 제작을 위한 원료에 기능성 입자가 혼합된 용액을 마련하는 단계, 상기 용액을 나노 섬유로 방사하는 방사단계 및, 상기 나노 섬유를 열처리하여 입자를 성장시켜, 활성화된 나노 섬유 필터체를 제작하는 열처리단계를 포함하는 필터 제작방법에 의해 제작되며, 단층 구조를 가진다.

### 발명의 효과

[0018] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 첫째, 기능성 입자를 포함하는 용액을 전기 방사에 의해 나노 섬유로부터 입자를 성장시킴에 따라, 단층 구조로도 다기능을 가지는 고 품질의 필터를 제작할 수 있게 된다.

[0019] 둘째, 촉매 입자를 포함하는 기능성 입자를 포함한 용액을 방사한 후 열처리하는 단순 제작 공정에 의해 여과, 항박테리아, 탈취 및 항바이러스 등과 같은 다양한 기능을 단층으로 구현할 수 있는 필터를 제작할 수 있어, 생산성 향상에 기여할 수 있다.

[0020] 셋째, 단층 구조의 필터를 제공하여 다층 구조 필터에서의 차압 증가 문제점을 개선할 수 있어, 에너지 소비율 감소를 기대할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 필터 제작방법이 개략적으로 도시된 순서도이다.

도 2는 도 1에 도시된 필터 제작방법에 의한 필터의 제작을 설명하기 위해 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 도 1에 도시된 열처리단계를 설명하기 위해 개략적으로 도시한 순서도이다.

도 4는 도 3에 도시된 안정화단계를 설명하기 위해 개략적으로 도시한 도면이다.

도 5는 도 3에 도시된 탄화단계를 설명하기 위해 개략적으로 도시한 도면이다.

도 6은 도 3에 도시된 활성화단계를 설명하기 위해 개략적으로 도시한 도면이다.

도 7은 도 3에 도시된 성장단계를 설명하기 위해 개략적으로 도시한 도면이다.

도 8은 도 3에 도시된 열처리단계를 거친 나노 섬유를 개략적으로 확대 도시한 도면이다.

도 9는 종래의 필터와 도 1에 도시된 필터 제작방법에 의해 제작된 필터를 상호 비교하기 위해 개략적으로 확대 도시한 이미지이다. 그리고,

도 10은 종래 필터의 나노 섬유와 도 1에 도시된 필터 제작방법에 제작된 필터의 나노 섬유를 상호 비교하기 위해 개략적으로 확대 도시한 이미지이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명의 바람직한 일 실시예를 첨부된 도면을 참고하여 설명한다. 다만, 본 발명의 사상이 그와 같은 실시예에 제한되지 않고, 본 발명의 사상은 실시예를 이루는 구성요소의 부가, 변경 및 삭제 등에 의해서 다르게 제안될 수 있을 것이나, 이 또한 발명의 사상에 포함되는 것이다.

[0024] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 필터 제작방법(1)이 개략적으로 도시된 순서도이고, 도 2는 도 1에 도시된 필터 제작방법(1)에 의한 필터의 제작을 설명하기 위해 개략적으로 도시한 도면이다.

[0025] 도 1을 참고하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 필터 제작방법(1)은 마련단계(10), 방사단계(20) 및 열처리단계(30)를 포함한다.

[0026] 마련단계(10)는 나노 섬유(Nano fiber) 형성을 위한 원료에 기능성 입자가 혼합된 용액(S)(도 2 참조)을 마련한다.

[0027] 나노 섬유 형성을 위한 원료는 유기 용매에 탄소 전구체 및 사슬 형태의 분자 구조를 가지는 고분자 중합체를 포함한다. 여기서, 탄소 전구체로써 폴리에틸렌옥사이드(PEO, Poly Ethylene Oxide) 및 폴리비닐피롤리돈(PVP, Poly Vinyl Pyrrolidone) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으며, 고분자 중합체는 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA, polymethyl methacrylate)를 포함할 수 있다. 또한, 유기 용매는 다이메틸폼아마이드(DMF, Dimethyl formamide)를 포함할 수 있다.

- [0028] 본 실시예에서는 탄소 전구체, 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 및 다이메틸폼아마이드(DMF)이 혼합되는 것으로 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않는다.
- [0029] 기능성 입자는 후술할 열처리단계(30)에서 이루어지는 입자 성장을 촉진시키기 위한 일종의 촉매 입자이다. 이러한 기능성 입자는 니켈(Ni) 및 스테인레스 스틸(stainless steel) 등과 같은 금속 재료의 입자를 포함한다. 본 실시예에서는 기능성 입자가 니켈인 것으로 도시 및 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않음은 당연하다.
- [0030] 방사단계(20)는 용액을 분사하여, 나노 섬유(F)를 방사한다. 이러한 방사단계(20)는 도 3의 도시와 같이, 용액(S)을 도 2와 같이, 노즐(21)을 이용하여 전기 방사(Electrospinning)함으로써, 나노 섬유(F)를 방사한다. 여기서, 노즐(21)은 방사 효율이 우수한 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가짐이 좋다.
- [0031] 이러한 방사단계(20)에서 전기 방사에 의해 형성되는 나노 섬유(F)의 직경은 대략 수백 나노미터(nm)이며, 이러한 나노 섬유(F)가 격자 형태로 상호 엉켜짐으로써 필터를 형성하게 된다.
- [0032] 한편, 방사단계(20)는 일종의 컨베이어(Conveyor)와 같은 이동수단을 구비하여, 제작 공정에 따라 선택적으로 정지 또는 이동할 수 있다. 또한, 노즐(21)은 전기적인 방사 및 분사를 위해 전원을 공급하는 전원공급부(22)와 연결된다. 또한, 노즐(21)은 용액(S)을 배출시킬 수 있도록 펌핑(Pumping)하는 펌프(23)와 연결되어, 용액(S)을 공급받을 수 있다.
- [0033] 열처리단계(30)는 나노 섬유(F)를 열처리하여 탄소 입자(Particle)를 성장시킴으로써, 탄소가 활성화된 탄소 나노 섬유 필터체를 제작한다. 즉, 열처리단계(30)는 방사단계(20)에서 방사된 나노 섬유에 포함된 탄소 전구체, 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 및 니켈(Ni)을 열처리한다. 이를 위해, 열처리단계(30)는 도 3의 도시와 같이, 안정화(stabilization)단계(31), 탄화(carbonization)단계(32), 활성화(Activation)단계(33) 및 성장(Growth)단계(34)를 포함한다.
- [0034] 안정화단계(31)는 도 4의 도시와 같이, 대략 230℃ ~ 270℃ 가량의 제1온도로 가열하며, 나노 섬유(F)에 공기(Air)를 주입하여, 나노 섬유(F)에 포함된 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)를 제거한다. 본 실시예에서는 제1온도가 250℃인 것으로 예시한다.
- [0035] 한편, 나노 섬유(F)를 구성하는 탄소 전구체, 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA) 및 니켈(Ni) 중 탄소 전구체는 상대적으로 외부에 위치하고 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)은 내부에 위치한 상태이다. 이러한 나노 섬유(F)에 제1온도와 공기가 주입됨으로써, 상대적으로 용융점이 낮은 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)가 나노 섬유(F)로부터 빠져나가 수분(H<sub>2</sub>O)으로 증발되게 된다. 그로 인해, 안정화단계(31)는 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)가 제거된 중공의 나노 섬유(FS)를 제공한다.
- [0036] 탄화단계(32)는 도 5의 도시와 같이, 비활성가스를 안정된 나노 섬유(FS)로 주입하여, 탄화시킨다. 이때, 탄화단계(32)는 안정화단계(31)에서 나노 섬유(F)를 가열하는 제1온도보다 높은 제2온도까지 나노 섬유(F)를 열처리하여, 탄화시킨다. 여기서, 제2온도가 대략 880℃ ~ 920℃이며, 본 실시예에서는 900℃인 것으로 예시한다.
- [0037] 이러한 탄화단계(32)에 의해 나노 섬유(F)는 제2온도에서 비활성 가스가 주입되어, 질소(N<sub>2</sub>)와 수소(H<sub>2</sub>)가 제거된다. 그로 인해, 나노 섬유(F)를 구성하는 성분 중 탄소 전구체의 성질이 계속 변화함으로써, 화학반응에 의해 탄소(Carbon)만이 나노 섬유(F)에 잔류하게 된다. 이때, 비활성 기체는 나노 섬유(F)의 성분과 반응하지 않으며, 비활성 가스가 나노 섬유(F)로 주입됨에 따라 나노 섬유(F)에 포함되었던 다이메틸폼아마이드(DMF)도 제거된다. 그로 인해, 탄화단계(32)는 탄소만이 잔류된 탄화된 나노 섬유(FC)를 제공하게 된다.
- [0038] 활성화단계(33)는 도 6의 도시와 같이, 제1온도보다 높으며 제2온도보다 낮은 제3온도인 780℃ ~ 820℃일 수 있으며, 본 실시예에서는 800℃의 온도에서 탄화된 나노 섬유(FC)를 활성화시킨다. 이러한 활성화단계(33)는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 수분(H<sub>2</sub>O)을 탄화된 나노 섬유(FC)에 주입하여, 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)를 탄화된 나노 섬유(FC)로부터 제거한다.
- [0039] 그로 인해, 탄화된 나노 섬유(FC)는 탄소화 과정이 진행되어 탄소가 증착되고 메탄(CH<sub>4</sub>)이 크래킹(Cracking)되는 활성화된 나노 섬유(FA)를 제공하게 된다. 참고로, 매탄 크래킹은 대략 700℃ 내지 900℃의 온도 범위에서 발생된다.
- [0040] 성장단계(34)는 도 7의 도시와 같이, 800℃인 제3온도로 소정 시간 활성화된 나노 섬유(FA)를 열처리하여, 파티클을 성장시킨다. 이때, 성장단계(34)는 앞서 진행된 활성화단계보다 짧은 시간동안, 제3온도로 활성화된 나노 섬유



유(FA)를 열처리한다.

- [0041] 이러한 성장단계(34)는 활성화된 나노 섬유(FA)에 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )와 메탄가스( $\text{CH}_4$ )가 제3온도에서 주입됨으로써, 활성화된 나노 섬유(FA)로부터 일산화탄소( $2\text{CO}$ )와 수소( $2\text{H}_2$ )가 다시 한번 제거된다. 그로 인해, 도 8의 도시와 같이, 최종적으로 나노 섬유(F)로부터 탄소 입자(P)가 성장된다.
- [0042] 정리하면, 나노 섬유(F)를 형성시키는 용액에 원료와 함께 탄소 성장을 촉진시키기 위한 촉매인 니켈(Ni)이 포함됨으로써, 열처리단계(30)를 통해 탄소 입자가 성장된 탄소 나노 섬유 필터가 제공될 수 있게 된다. 이때, 열처리단계(30)의 안정화단계(31)에서 나노 섬유(F)로부터 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA)가 제거되어 중공의 나노 섬유(F)가 형성되고, 탄소 입자(P)가 성장됨으로써, 가스 흡착, 먼지 제거 및 항바이러스성 등과 같은 다양한 기능을 하나의 나노 섬유(F)로 구현할 수 있게 된다. 그로 인해, 나노 섬유(F)로 제작되는 필터는 단층으로 마련되어도, 다기능 수행이 가능하다.
- [0043] 이러한 제작 단계를 거쳐 탄소 입자(P)가 성장된 나노 섬유(F)로 제작된 필터의 일 예가 도 9 및 도 10에 도시된다.
- [0044] 도 9의 (a)는 종래의 필터를 확대 도시한 이미지이고, 도 9의 (b)는 탄소 입자(P)가 성장된 나노 섬유(F)로 제작된 본 발명에 의한 필터를 개략적으로 확대 도시한 이미지이다. 또한, 도 10의 (a)는 종래의 탄소 전구체로 형성된 나노 섬유를 개략적으로 확대 도시한 이미지이며, 도 10의 (b)는 니켈을 포함한 기능성 입자를 포함하는 본 발명에 의한 나노 섬유(F)를 개략적으로 확대 도시한 이미지이다.
- [0045] 도 9 및 도 10의 이미지들과 같이, 본 발명에 의한 기능성 입자를 포함한 나노 섬유(F)가 종래에 비교하여 상대적으로 평균 직경(Diameter)가 큼을 확인할 수 있다. 이러한 상대적으로 큰 직경을 가지는 나노 섬유(F)로 제작된 필터는 가스 흡착, 먼지 제거 및 항균성 등과 같은 다기능을 하나로 구현할 수 있다.
- [0047] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

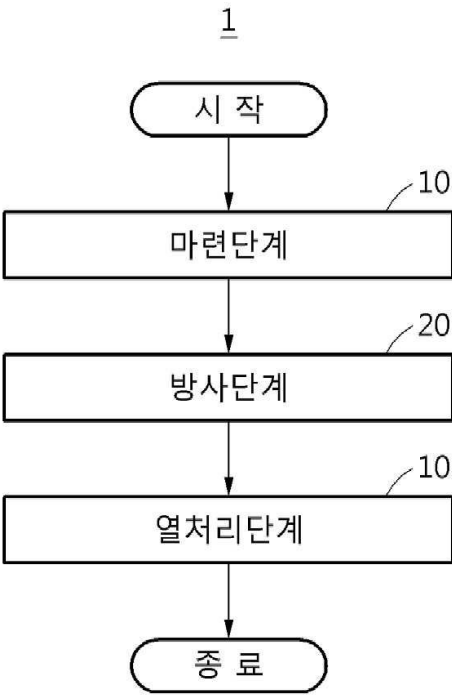
### 부호의 설명

- [0048] F: 나노 섬유  
21: 노즐  
22: 전원공급부  
23: 펌프

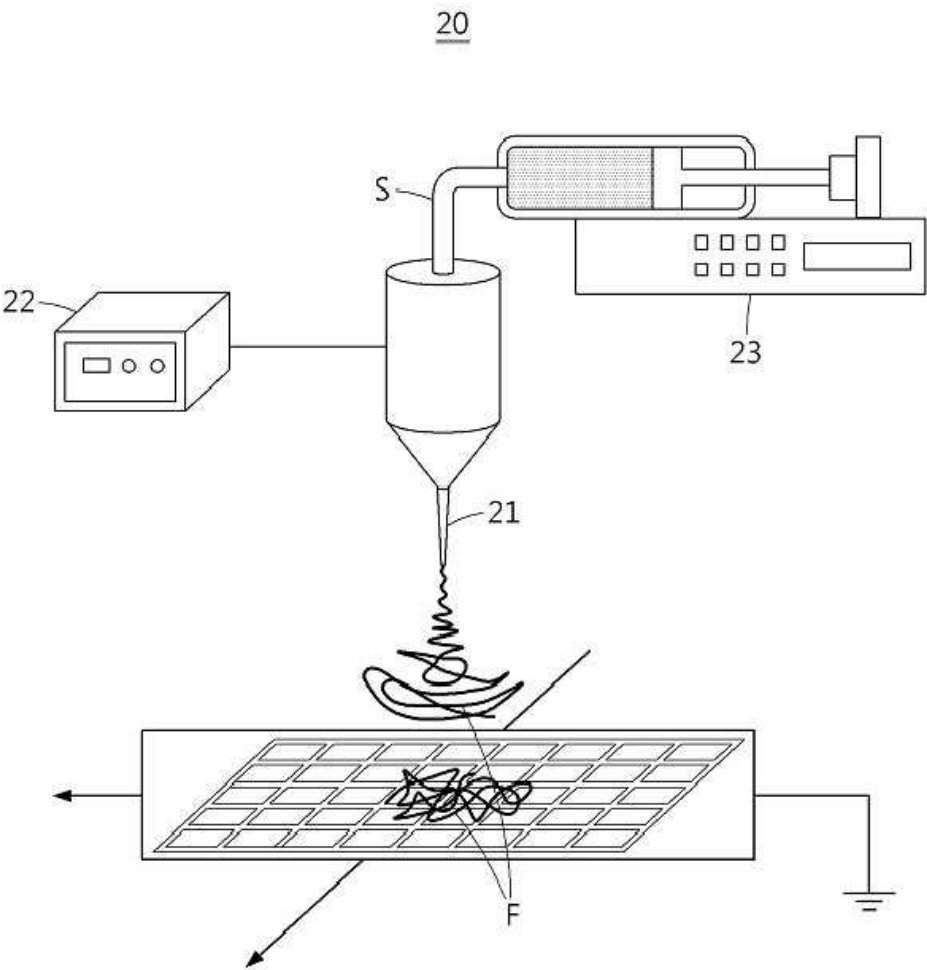


도면

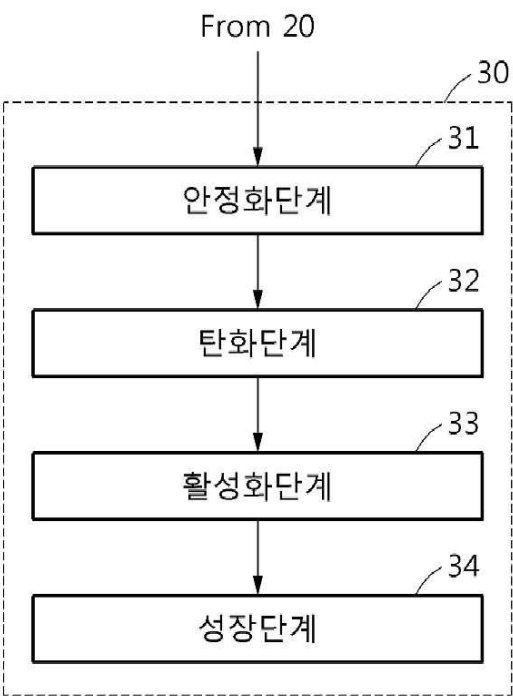
도면1



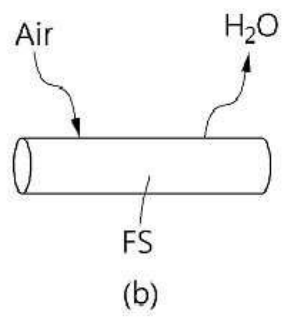
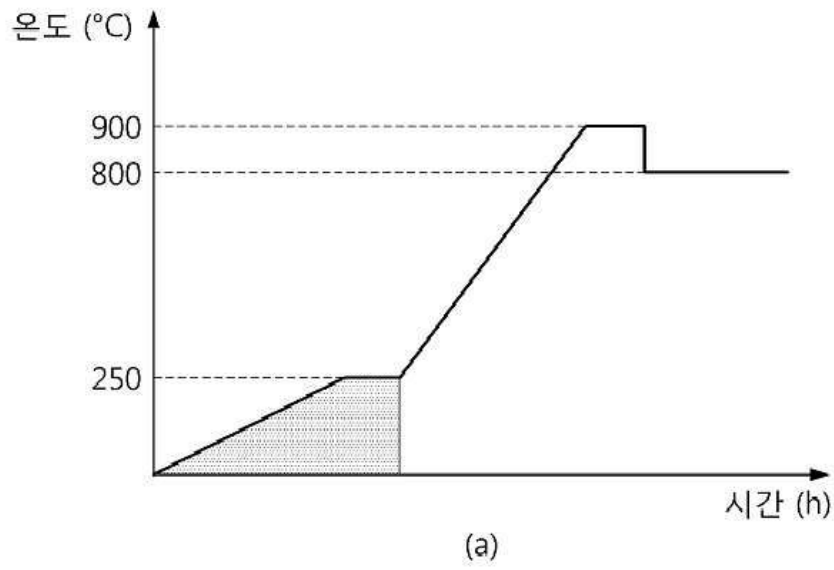
도면2



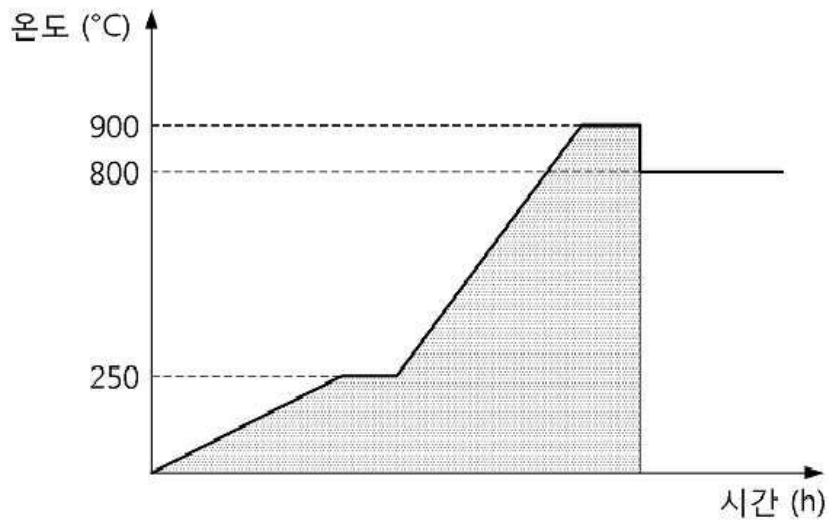
도면3



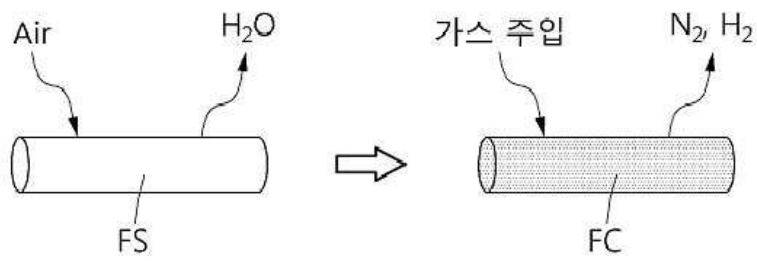
도면4



도면5

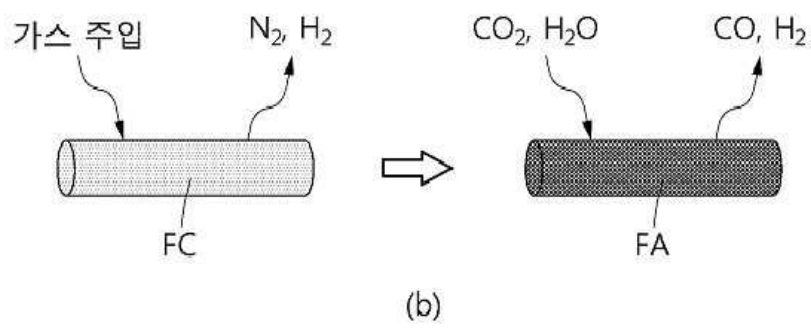
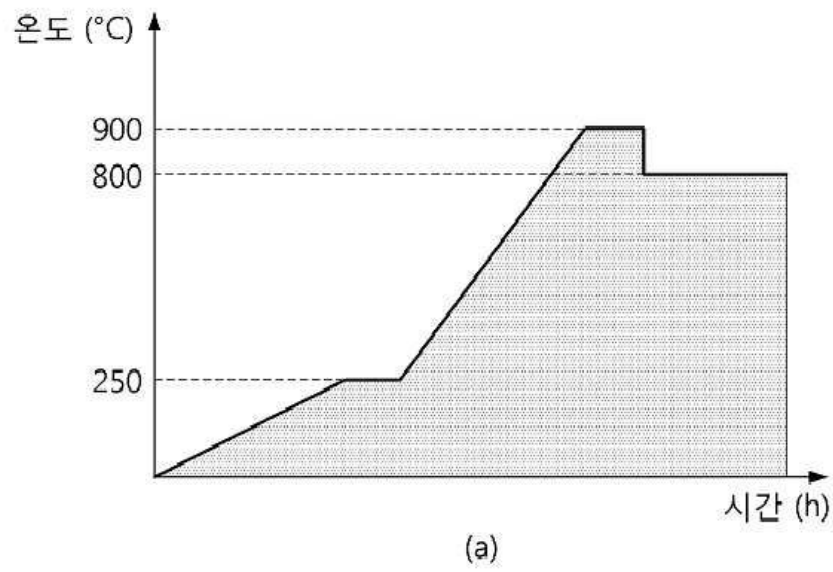


(a)

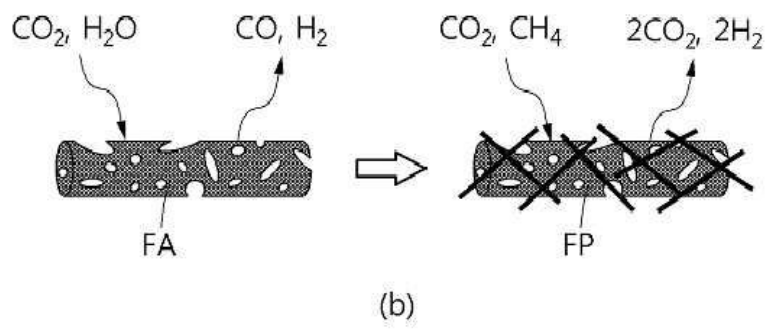
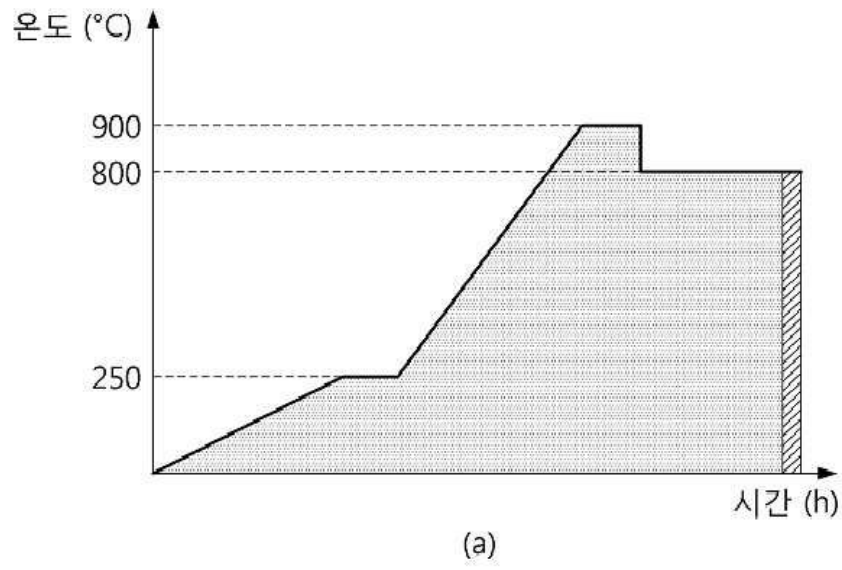


(b)

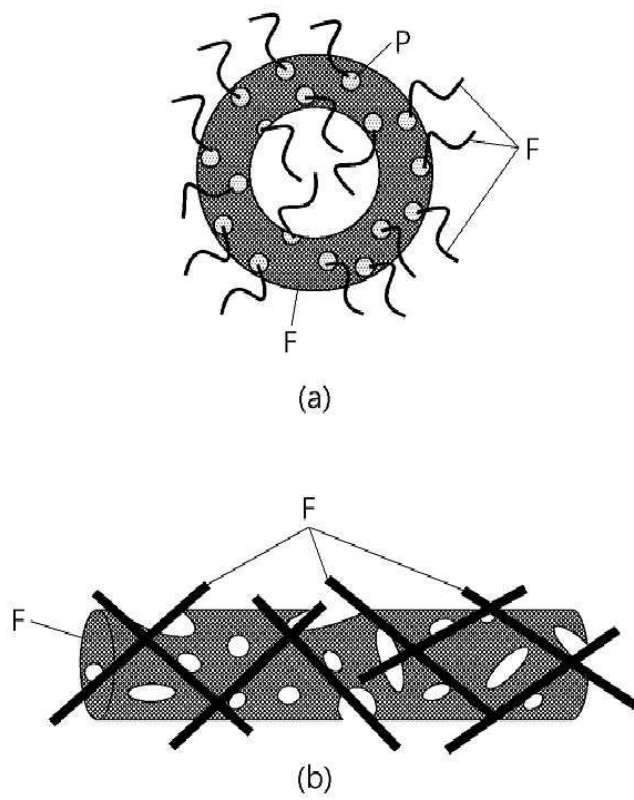
도면6



도면7

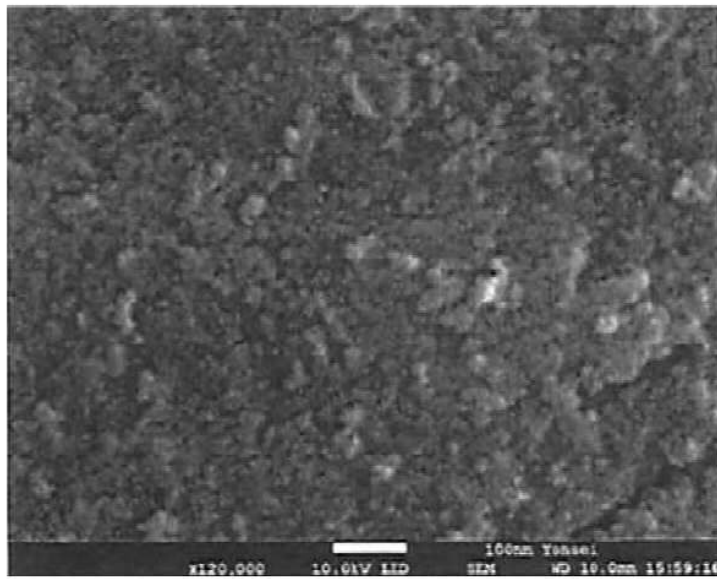


도면8

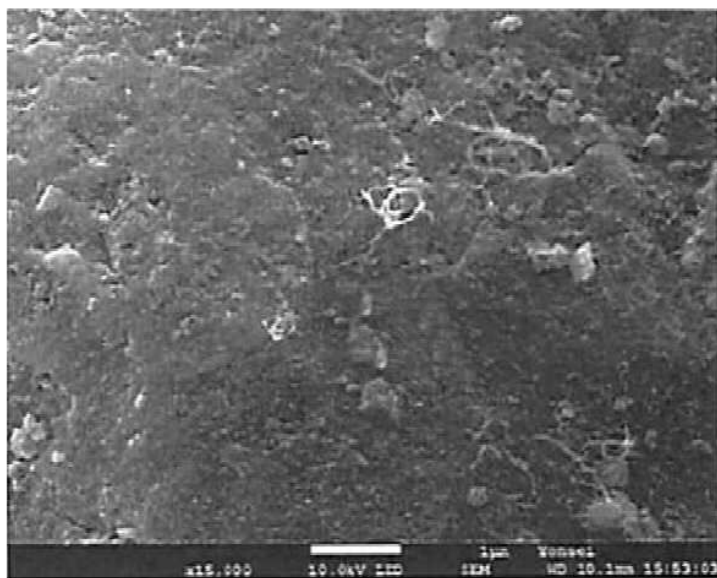




도면9

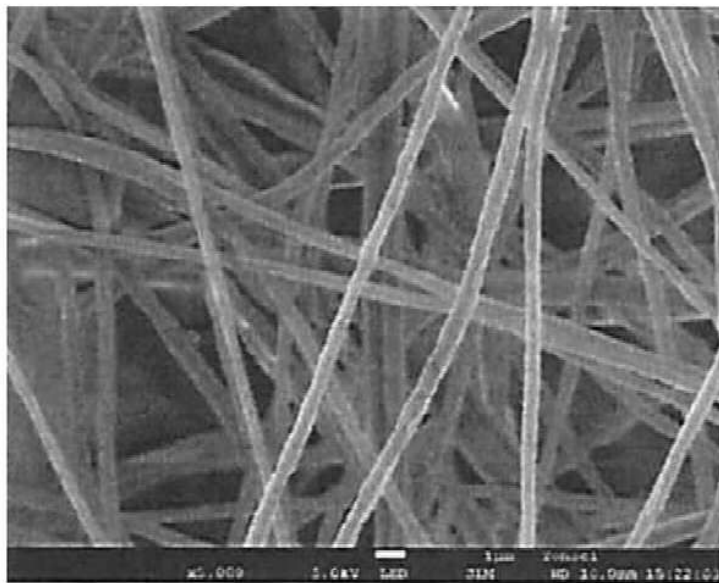


(a)

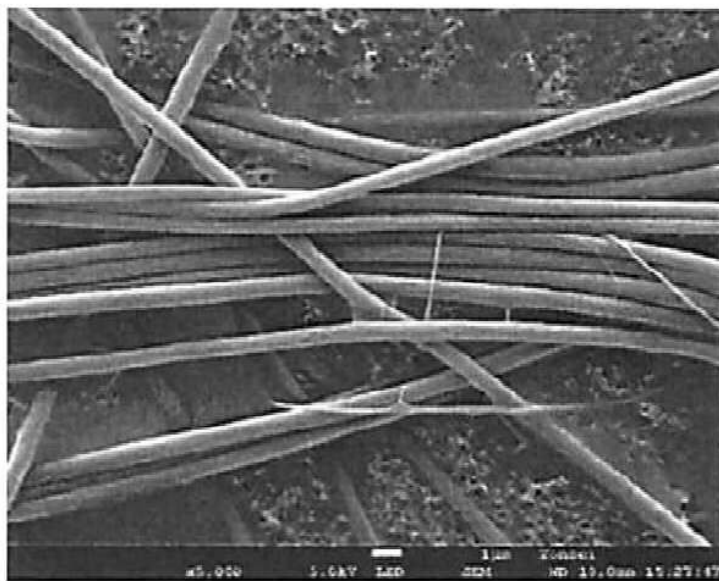


(b)

도면10



(a)



(b)