

**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0063423

(43) 공개일자 2020년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 9/02 (2006.01) *H01J 1/304* (2006.01)*H01J 35/06* (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 9/025 (2013.01)*H01J 1/304* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0148994

(22) 출원일자 2018년11월27일

심사청구일자 2018년11월27일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

류제황

서울특별시 중랑구 봉화산로56길 112, 103동 702호(신내동, 신내동 경남아너스빌)

여승준

서울특별시 서초구 신반포로23길 41, 103동 1003호(잠원동, 신반포2지구아파트)

(뒷면에 계속)

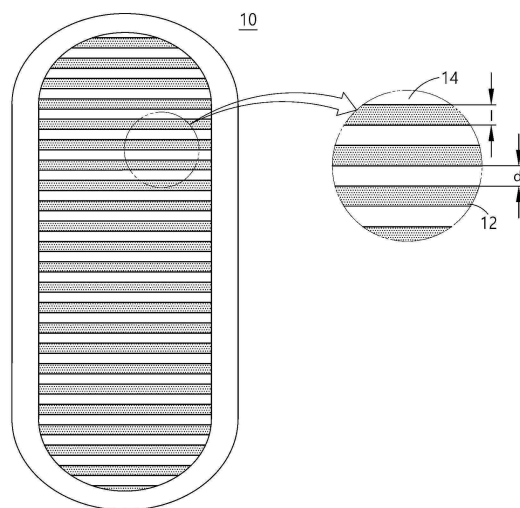
(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **엑스레이 튜브용 에미터 및 그 제조방법****(57) 요약**

본 발명은 기판에 리소그래피 공정을 통해 패턴을 형성할 필요없이, 금속 기판에 형성한 패턴에 탄소나노튜브를 성장시킨 다음 열처리 과정을 통해 전계 방출 성능이 향상되는 엑스레이 튜브용 에미터에 관한 것으로, 기판을 마련하는 단계와, 상기 기판에 다수의 홀을 천공하여 패턴을 형성하는 단계와, 상기 홀에 의하여 패턴이 형성된 기판에 CNT를 성장시키는 단계 및 상기 기판에 성장된 상기 CNT를 고온으로 열처리하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1

(52) CPC특허분류

H01J 35/065 (2013.01)

H01J 2201/30469 (2013.01)

(72) 발명자

임종민

서울특별시 은평구 불광로 64, 103동 1504호(불광동, 불광 롯데캐슬)

김우섭

서울특별시 동대문구 회기로29길 42, 204호(회경동)

안정선

서울특별시 동대문구 외대역동로 101, 101동 101호(이문동, 중앙하이츠빌)

공문규

서울특별시 성북구 오패산로16가길 40, 111동 1304호(하월곡동, 꿈의숲푸르지오아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711071197

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국학술진흥재단

연구사업명 바이오.의료기술개발

연구과제명 멀티빔 엑스선원블록 및 고출력용 고안정 전자방출원 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2018.04.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

기판을 마련하는 단계;
상기 기판에 다수의 홀을 천공하여 패턴을 형성하는 단계;
상기 홀에 의하여 패턴이 형성된 기판에 CNT를 성장시키는 단계; 및
상기 기판에 성장된 상기 CNT를 고온으로 열처리하는 단계;
를 포함하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 기판에 형성된 상기 홀의 너비가 상기 기판에 성장된 CNT 높이의 2배보다 큰 것을 특징으로 하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 패턴은 10~60 μm 의 크기로 상기 홀을 천공하고, 상기 기판에 성장된 CNT의 높이는 1~30 μm 인 것을 특징으로 하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 기판에 CNT를 성장시키는 단계는,
상기 기판을 이소 프로필 알콜과 탈 이온수의 순서로 세정하는 단계;
상기 기판을 챔버에 넣고, 상기 챔버의 내부를 진공 상태로 조절하는 단계;
상기 챔버를 진공 상태에서 20°C/min의 속도로 600°C 내지 1000°C의 온도로 가열하는 단계; 및
상기 챔버에 10~70sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute)의 유량으로 암모니아 기체(NH_3)를 5~50분간 공급하고, 내부 압력을 200mTorr 내지 20Torr로 유지하여 상기 기판 표면의 산화된 층을 감소시키는 전처리하는 단계;
를 포함하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 전처리 단계를 완료한 상기 기판을 상기 챔버에서 5~70sccm의 아세틸렌(C_2H_2)과 5~70sccm의 암모니아(NH_3) 기체를 30분 동안 공급하고, 내부 압력을 1mTorr 내지 20Torr로 유지하는 단계;
상기 기판에 CNT가 성장되면, 상기 챔버를 실온으로 냉각시키는 단계;
를 포함하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 CNT가 성장한 상기 기판을 고온으로 가열하는 단계는,

상기 기판을 챔버에 넣고, 진공 상태에서 15분 동안 600℃ 내지 2500℃의 온도로 고온 열처리를 통해 상기 CNT의 결정성이 개선되고, 상기 CNT의 결함이 감소되어 전계 방출 성능이 향상되는 것을 특징으로 하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기판에 형성되는 패턴은 상기 기판의 일면에 패드와 홀이 교대로 배치되어 스트라이프, 다각형 또는 원형 중 적어도 어느 하나의 형상의 패턴이 형성되는 것을 특징으로 하는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 홀은 레이저 에칭 또는 웨트 에칭(wet etching) 공정으로 이루어지는 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기판은 니켈, 철, 크롬, 코발트 중 적어도 하나의 금속을 포함하는 금속 합금 재질로 이루어진 엑스레이 튜브용 에미터 제조방법.

청구항 10

일면에 마련된 복수개의 홀이 패턴을 형성하는 금속 재질의 기판;

상기 기판에서 성장하는 CNT;

를 포함하되,

상기 기판에 형성된 상기 홀의 너비가 상기 기판에서 성장한 상기 CNT 높이의 2배보다 큰 것을 특징으로 하는 엑스레이 튜브용 에미터.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 기판에 형성된 상기 패턴은 10~600 μm 의 크기로 홀을 천공하고, 상기 기판에 성장된 CNT의 높이는 5~100 μm 인 것을 특징으로 하는 엑스레이 튜브용 에미터.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 기판의 표면에 레이저 에칭 또는 웨트 에칭(wet etching) 공정으로 홀을 천공하는 엑스레이 튜브용 에미터.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 기판은 니켈, 철, 크롬, 코발트 중 적어도 하나의 금속을 포함하는 금속 합금 재질로 이루어진 엑스레이 튜브용 에미터.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 엑스레이 튜브용 에미터 및 그 제조방법에 관한 것으로, 상세하게는 기판에 리소그래피 공정을 통해 패턴을 형성할 필요 없이, 금속 기판에 복수개의 홀을 천공하여 패턴을 형성하고, 탄소나노튜브가 성장한 기판

[0001]

을 열처리하여 전계 방출 성능이 향상되는 엑스레이 튜브용 에미터 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 엑스레이 소스는 엑스레이를 발생시키는 장치로, 진공관 내에 음극과 양극으로 구성된 엑스레이 튜브, 엑스레이 튜브에 고전압을 인가하기 위한 고전압 제어 및 발생장치 그리고 엑스레이 튜브에서 발생하는 열을 냉각시키는 냉각장치 등으로 이루어진다.
- [0003] 기존의 엑스레이 소스는 전자원으로 텅스텐 필라멘트를 사용했으나, 높은 소비전력, 방출되는 전자의 에너지 분포 및 방향성, 전자 접속의 어려움이 있어, CNT(탄소나노튜브)를 이용한 엑스레이 튜브를 개발하고 있는 실정이다.
- [0004] CNT는 탄소로 이루어진 탄소 동소체로, 하나의 탄소 원자가 다른 탄소 원자와 육각형 벌집무늬로 결합되어 튜브 형태를 이루고 있어 다양한 전기 분야에 사용되고 있다.
- [0005] 예를 들어, 한국공개특허공보 제10-2006-0080728호 (공개일자:2006.07.11)는 탄소나노튜브 합성을 위한 촉매층의 패터닝 방법 및 이를 이용한 전계방출소자의 제조방법에 관한 것으로, 기판에 촉매층과 포토레지스트를 형성하고, 소정의 패턴으로 노광시킨 다음 촉매층과 포토레지스트의 패턴 영역을 제거함으로써 기판에 패턴이 형성된다.
- [0006] 하지만, 기존의 방법으로 기판을 제작하는 과정은 매우 복잡하고 많은 시간이 소요되며, 높은 생산 비용이 문제가 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2006-0080728호 (공개일자:2006.07.11)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 패턴 제작이 용이한 엑스레이 튜브용 에미터를 제공하고자 한다.
- [0009] 본 발명은 리소그래피 공정 없이 기판에 홀이 패턴을 형성하는 엑스레이 튜브용 에미터를 제공하고자 한다.
- [0010] 본 발명은 탄소나노튜브가 전자 방출시 서로 다른 탄소나노튜브로 인해 간섭 받지 않고, 낮은 전압으로도 많은 양의 전자 방출이 가능한 엑스레이 튜브용 에미터를 제공하고자 한다.
- [0011] 본 발명은 실리콘 재질의 기판보다 패턴을 형성하기 위한 공정이 간단하고, 단순화된 엑스레이 튜브용 에미터를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 금속 기판에 형성한 패턴에 탄소나노튜브를 성장시킨 다음 열처리 과정을 통해 전계 방출 성능이 향상되는 엑스레이 튜브용 에미터 및 그 제조방법에 관한 것으로, 기판을 마련하는 단계와, 상기 기판에 다수의 홀을 천공하여 패턴을 형성하는 단계와, 상기 홀에 의하여 패턴이 형성된 기판에 CNT를 성장시키는 단계 및 상기 기판에 성장된 상기 CNT를 고온으로 열처리하는 단계를 포함한다.
- [0013] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판에 형성된 상기 홀의 너비가 상기 기판에 성장된 CNT 높이의 2배보다 큰 것을 특징으로 한다.
- [0014] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 패턴은 10~60 μm 의 크기로 상기 홀을 천공하고, 상기 기판에 성장된 CNT의 높이는 1~30 μm 인 것을 특징으로 한다.
- [0015] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판에 CNT를 성장시키는 단계는, 상기 기판을 이소 프로필 알콜과 탈이온수의 순서로 세정하는 단계와, 상기 기판을 챔버에 넣고, 상기 챔버의 내부를 진공 상태로 조절하는 단계와, 상기 챔버를 진공 상태에서 20℃/min의 속도로 600℃ 내지 1000℃의 온도로 가열하는 단계 및 상기 챔버에

10~70sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute)의 유량으로 암모니아 기체(NH₃)를 5~50분간 공급하고, 내부 압력을 200mTorr 내지 20Torr로 유지하여 상기 기판 표면의 산화된 층을 감소시키는 전처리하는 단계를 포함한다.

- [0016] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 전처리 단계를 완료한 상기 기판을 상기 챔버에서 5~70sccm의 아세틸렌(C₂H₂)과 5~70sccm의 암모니아(NH₃) 기체를 30분 동안 공급하고, 내부 압력을 1mTorr 내지 20Torr로 유지하는 단계와, 상기 기판에 CNT가 성장되면, 상기 챔버를 실온으로 냉각시키는 단계를 포함한다.
- [0017] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 CNT가 성장한 상기 기판을 고온으로 가열하는 단계는, 상기 기판을 챔버에 넣고, 진공 상태에서 15분 동안 600℃ 내지 2500℃의 온도로 고온 열처리를 통해 상기 CNT의 결정성이 개선되고, 상기 CNT의 결함이 감소되어 전계 방출 성능이 향상되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판에 형성되는 패턴은 상기 기판의 일면에 패드와 홀이 교대로 배치되어 스트라이프, 다각형 또는 원형 중 적어도 어느 하나의 형상의 패턴이 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 홀은 레이저 에칭 또는 웨트 에칭(wet etching) 공정으로 이루어진다.
- [0020] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판은 니켈, 철, 크롬, 코발트 중 적어도 하나의 금속을 포함하는 금속 합금 재료로 이루어진다.
- [0021] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 일면에 마련된 복수개의 홀이 패턴을 형성하는 금속 재료의 기판과, 상기 기판에서 성장하는 CNT를 포함하되, 상기 기판에 형성된 상기 홀의 길이가 상기 기판에서 성장한 상기 CNT 높이의 2배보다 큰 것을 특징으로 한다.
- [0022] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판에 형성된 상기 패턴은 10~600 μm의 크기로 홀을 천공하고, 상기 기판에 성장된 CNT의 높이는 5~100 μm인 것을 특징으로 한다.
- [0023] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판의 표면에 레이저 에칭 또는 웨트 에칭(wet etching) 공정으로 홀을 천공한다.
- [0024] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 기판은 니켈, 철, 크롬, 코발트 중 적어도 하나의 금속을 포함하는 금속 합금 재료로 이루어진다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터는 표면에 홀을 천공하는 제작공정을 단순화하는 효과가 있다.
- [0026] 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터에 홀이 패턴으로 형성되어, 전자를 방출하는 탄소나노튜브의 간섭을 방지하는 효과가 있다.
- [0027] 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터에 고온의 열처리 과정을 통해 CNT의 결정성이 개선되고, 결함이 감소됨에 따라 전계 방출 성능이 향상되는 효과가 있다.
- [0028] 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터는 낮은 전압을 인가하더라도 많은 양의 전자를 방출하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터에 관한 모습,
- 도 2는 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터와 평면 에미터를 비교한 모습,
- 도 3 내지 도 5는 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터와 평면 에미터의 성능을 비교한 그래프,
- 도 6과 도 7은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 제작 공정에 따른 순서도,
- 도 8은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 열처리 과정과 열처리 전, 후의 CNT를 확대 비교한 모습,
- 도 9는 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 열처리 전, 후를 라만 분석한 그래프,
- 도 10과 도 11은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 열처리 전, 후 성능을 비교한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명

하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0031] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다.
- [0032] 도 1은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터에 관한 것이다.
- [0033] 발명에 따른 패턴화 된 탄소나노튜브 에미터(10)(이하 기판이라 함)는 일면에 마련되는 복수개의 홀(14)이 패턴을 형성하는 금속 재질의 에미터(10)와, 에미터(10)에서 성장하는 CNT(20)를 포함한다. 스트라이프 형태의 패턴은 CNT(20)가 위치하는 패드(12)와 홀(14)이 교대로 배치되어 스트라이프 형상의 패턴이 형성될 수 있다. 일례로, CNT(20)가 위치하는 패드(12)의 길이(1)는 0.04mm이고, 홀(14)의 길이(d)는 0.15mm의 길이로 제작할 수 있으나, 이러한 수치에 한정되지 않는다.
- [0034] 에미터(10)의 일면에 홀(14)이 형성되어 있으며, 패드(12)에 CNT(20)가 성장하게 된다. 에미터(10)는 금속 재질로 이루어져 있기 때문에 기존에 사용하는 실리콘 재질의 기판보다 패턴을 형성하기 용이할 것이다.
- [0035] 홀(14)은 에미터(10)의 일면에 다양한 형상으로 형성할 수 있을 것이며, 스트라이프(stripe) 형상 이외에도 다각형 또는 원형 중 적어도 어느 하나의 형상의 패턴으로 형성될 수 있을 것이며, 홀(14)의 형상은 스트라이프 형상으로 제작되는 것이 바람직할 것이다. 홀(14)은 엑시머 레이저 또는 YAG 레이저와 같은 레이저의 고주파를 이용하는 레이저 에칭이나, 무기산과 같은 약품을 이용하여 표면의 일부를 부식시키는 웨트 에칭(wet etching)을 사용할 수 있을 것이다.
- [0036] CNT(20)는 전계 방출 방식으로 전자를 방출하는 것으로, 패드(12)의 상단에 형성된다. CNT(20)는 패드(12)의 상방을 향해 불규칙한 형상으로 형성될 수 있을 것이다. CNT(20)의 성장 공정은 탄화수소 기체를 공급하는 플라즈마 화학증착 공정(PECVD; Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 또는 열 화학기상증착 공정(Thermal CVD; Thermal Chemical Vapor Deposition)을 이용할 수 있을 것이다. CNT(20)의 구체적인 성장 방법은 하기에 서 상세히 다루기로 한다.
- [0037] 도 2는 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터와 평면 에미터를 비교한 모습에 관한 것이다.
- [0038] 에미터(10)는 니켈(Ni), 철(Fe), 크롬(Cr), 코발트(Co) 중 적어도 하나 또는 그 밖에 다른 금속과 혼합된 합금 재질로 이루어져 있으며, 에미터(10)의 일 표면에 다수의 홀(14)이 천공 형성되어 스트라이프 형태의 패턴을 형성한다.
- [0039] 한편, 패턴이 형성되지 않은 평면 에미터(30)에 CNT(20)를 성장시키게 되면, 평면 에미터(30)의 전체 면적에 CNT(20)가 스파게티 형태로 불균일하게 성장하게 된다. 만약 평면 에미터(30)을 전자 방출원으로 사용하게 되면, 불균일하게 성장한 CNT(20)가 다른 CNT(20)에서 방출하는 전자의 방출을 막아 전자 방출 효율이 낮아지게 된다.
- [0040] 하지만, 본 발명에 따른 에미터(10)를 전자 방출원으로 사용하게 되면, 일정한 간격으로 형성된 패드(12) 위에 위치하는 CNT(20)가 홀(14)이 형성하는 이격된 공간에 의해 다른 CNT(20)의 간섭을 상대적으로 덜 받기 때문에 같은 세기의 전압을 제공했을 때, 평면 에미터(30)에서 방출되는 전자량보다 본 발명에 따른 에미터(10)에서 방출되는 전자량이 훨씬 많게 된다.
- [0041] 바람직하게는 에미터(10)에 형성된 홀(14)의 간격(d)은 10~60 μm 의 길이를 형성하고, 에미터(10)에 성장된 CNT(20)의 높이(h)는 1~30 μm 로 성장했을 때 에미터(10)에서 많은 양의 전자량을 방출하며, 가장 바람직하게는 에미터(10)에 형성된 홀(14)의 길이(d)가 에미터(10)에 성장된 CNT(20) 높이(h)의 2배보다 크게 형성되는 것이 좋을 것이다. 즉, $d > 2h$ 의 조건에 맞도록 에미터(10)의 패턴을 형성하고, CNT(20)를 성장시켜야 할 것이다.
- [0042] 도 3 내지 도 5는 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터와 평면 에미터의 성능을 비교한 그래프에 관한 것이다.
- [0043] 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)에 1200V의 전압을 공급하고, 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)에는 1800V의 전압을 공급했을 때, 시간의 흐름에 따른 음극 전류의 크기는 에미터(10)가 더 높은 것을 알 수 있다. 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)에 약 600V가 더 높은 전압을 공급하더라도, 음극 전류는 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)보다 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)가 처음부터 끝까지 더 높게 유지되는 것을 알 수 있다.

- [0044] 또한 게이트 전류가 증가할수록, 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)의 음극 전류가 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)의 음극 전류보다 높은 것을 알 수 있으며, 게이트 전류값이 커질수록 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)의 음극 전류가 기하급수적으로 높아지게 된다. 그리고 게이트 전류에 따른 전류 밀도를 비교해보면, 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)의 전류 밀도보다 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)의 전류 밀도가 더 높게 형성된다.
- [0045] 상기 그래프를 통해 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)에서 발생하는 전자 방출량이 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)에서 발생하는 전자 방출량보다 더 많은 것을 알 수 있다. 따라서 천공된 홀(14)에 의한 패턴이 형성된 에미터(10)가 홀이 형성되지 않은 평면 에미터(30)보다 낮은 전압을 가하더라도 더 많은 양의 전자가 방출되기 때문에 패턴이 형성된 에미터(10)를 엑스레이 튜브에 적용한다면 훨씬 경제적이고 효율적으로 엑스레이를 사용할 수 있을 것이다.
- [0046] 도 6과 도 7은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 제작 공정에 따른 순서도에 관한 것이다.
- [0047] 에미터(10)의 제작 공정은, 기판을 마련하는 단계(S10)와, 기판에 복수개의 홀이 천공되어 패턴을 형성하는 단계(S20)와, 홀에 의해 패턴이 형성된 기판에 CNT를 성장시키는 단계(S30) 및 기판에 성장된 CNT를 고온으로 열처리하는 단계(S40)를 포함한다.
- [0048] 기판을 마련하는 단계(S10)는 에미터(10)는 스테인레스 강 합금으로 이루어져 있으며, 그 밖에 다른 금속 또는 다른 재료의 합금으로 이루어질 수 있을 것이다. 에미터(10)의 형상으로는 직사각형 형상으로, 모서리가 둥글게 형성된 에미터(10)를 사용할 수도 있을 것이며, 사각형과 같은 다각형의 형상이나 원형을 사용해도 무방할 것이나, CNT(20)가 잘 성장할 수 있는 금속 재료와 챔버(40)에 투입하기 적당한 크기로 형성된 에미터(10)를 사용하는 것이 바람직할 것이다.
- [0049] 기판에 홀이 구비되는 패턴을 형성하는 단계(S20)에서 에미터(10)에 형성되는 홀(14)은 에미터(10)의 일면에 다수의 홀(14)을 천공하여 스트라이프 형상으로 패턴이 형성되는 것을 특징으로 하며, 에미터(10)의 일표면에 형성되는 홀(14)은 레이저 에칭 또는 웨트 에칭(wet etching) 공정으로 이루어지게 된다. 패턴은 CNT(20)가 위치하게 되는 패드(12)와 에미터(10)에 관통되는 공간이 격자 구조로 배치된다.
- [0050] 홀에 의해 패턴이 형성된 기판에 CNT를 성장시키는 단계(S30)는 에미터(10)에 형성된 패드(12) 위에 CNT(20)가 성장하는 것으로, CNT(20)를 성장시키기 전에 에미터(10)를 전열처리하여, CNT(20)가 잘 성장할 수 있도록 에미터(10)의 표면을 정비하는 전열처리 공정을 하는 것이 유리할 것이다.
- [0051] 전열처리 하는 과정으로는 기판을 이소 프로필 알콜과 탈 이온수의 순서로 세정하는 단계(S31)와, 기판을 챔버에 넣고, 챔버의 내부를 진공 상태로 조절하는 단계(S32)와, 챔버를 진공 상태에서 20℃/min의 속도로 600℃ 내지 1000℃의 온도로 가열하는 단계(S33) 및 챔버에 10~70sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute)의 유량으로 암모니아 기체(NH₃)를 5~50분간 공급하고, 내부 압력을 200mTorr 내지 20Torr로 유지하는 단계(S34)를 포함한다. 전열처리가 완료된 에미터(10)는 에미터(10) 표면의 산화된 층이 감소되어, CNT(20)가 잘 성장할 수 있을 것이다.
- [0052] 전열처리 공정을 완료한 기판에 CNT(20)를 성장시키기 위해서, 기판을 챔버에 넣어둔 상태에서 챔버에 5~70sccm의 아세틸렌(C₂H₂)과 5~70sccm의 암모니아(NH₃) 기체를 30분 동안 공급하고, 내부 압력을 1mTorr 내지 20Torr로 유지하는 단계(S35)와, 패턴에 CNT가 성장하면, 챔버를 실온으로 냉각시키는 단계(S36)의 공정을 수행하게 된다.
- [0053] 기판에 기체를 공급하여 CNT를 성장시키는 단계(S35)에서, CNT(20)는 에미터(10)의 패드(12) 위에 불규칙한 형상으로 성장하여, 50 내지 100nm의 두께와 약 5μm의 길이로 성장하게 된다.
- [0054] 그 다음 챔버를 실온으로 냉각시키는 단계(S36)를 통해 에미터(10)는 전자 방출원으로 사용할 수 있다. CNT(20)의 성장이 완료된 에미터(10)를 바로 전자 방출원으로 사용할 수도 있지만, 기판에 성장된 CNT를 고온으로 열처리하는 단계(S40)를 거쳐, 전자 배출 성능을 향상시킬 수 있게 된다. 열처리하는 과정은 하기에서 다루기로 한다.
- [0055] 도 8은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 열처리 과정과 열처리 전, 후의 CNT를 확대 비교한 모습에 관한 것이다.
- [0056] 에미터(10)에 CNT(20)가 충분히 성장했다면, 전자 방출원으로 사용해도 좋을 것이다. 하지만, 기설정된 온도와

압력으로 한 번 더 열처리 공정을 거친 에미터(10)는, 성능이 훨씬 향상될 수 있을 것이다.

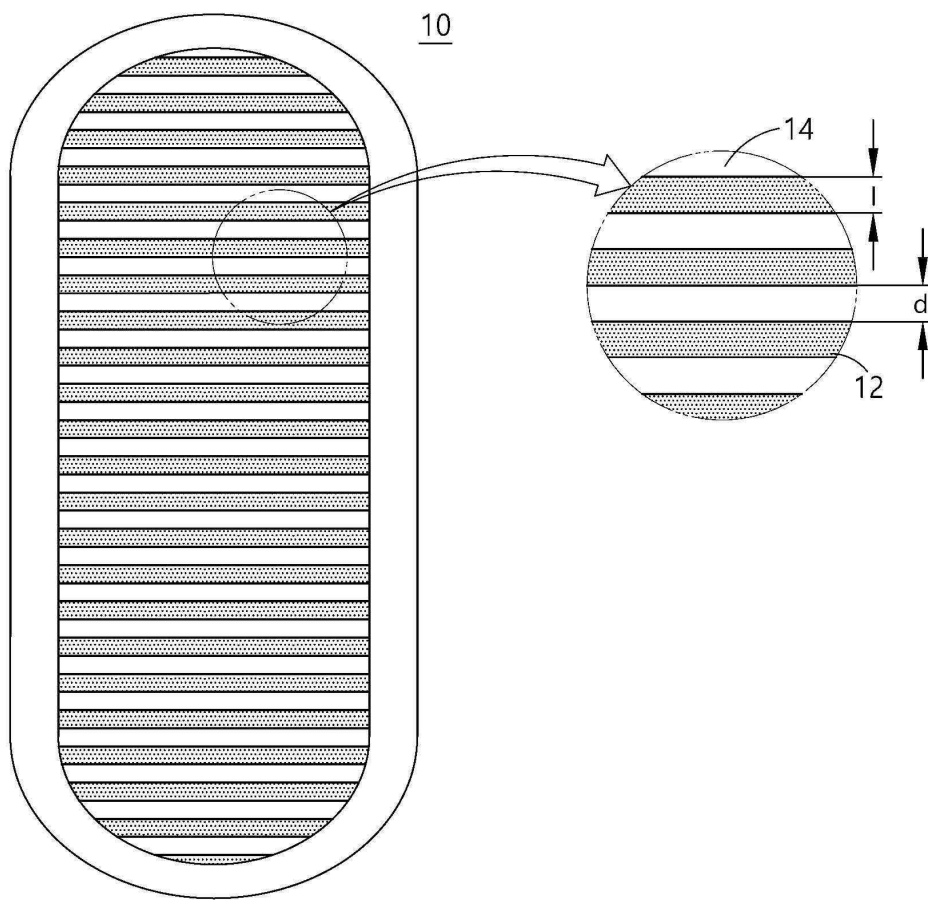
- [0057] 기관에 성장된 CNT를 고온으로 열처리하는 단계(S40)는, CNT(20)가 성장한 에미터(10)를 챔버(40)에 넣고 진공 분위기를 조성한 다음, 별도의 기체를 공급할 필요없이, CNT(20)를 성장시킬 때와 같거나 높은 온도로 기설정된 시간동안 가열하면 될 것이다. 바람직하게는 CNT(20)가 성장한 에미터(10)를 챔버(40)에 넣고, 진공 상태에서 15분 동안 600℃ 내지 2500℃의 온도로 고온의 열처리를 한다.
- [0058] 이미지 (c)와 이미지 (d)를 비교해보면, 이미지 (c)는 열처리 하기 전의 CNT(20)의 모습으로, 열처리한 후의 CNT(20)인 이미지 (d)가 CNT(20)의 결정성이 개선되고, CNT(20)의 결함이 있는 부분이 감소된 것을 대략적으로 확인할 수 있을 것이다.
- [0059] 도 9는 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 열처리 전, 후를 라만 분석한 그래프이며, 도 10과 도 11은 본 발명에 따른 엑스레이 튜브용 에미터의 열처리 전, 후 성능을 비교한 그래프를 보여주고 있다.
- [0060] 열처리 하기 전의 기관(Pristine)(10)과 열처리 한 후의 기관(Annealed)(10)을 라만 분광학(Raman Shift)으로 분석한 그래프를 보면, 그래프에 두 개의 꼭지점이 형성된다. 첫번째 꼭지점(D)은 CNT(20)가 불규칙하게 형성된 결함(disorder defect)에 관한 것으로, 그 정도가 높을수록 CNT(20)가 불규칙하게 형성된 결함이 높아져 결정성이 좋지 않게 된다. 열처리 한 후의 기관(Annealed)(10)이 열처리 하기 전의 기관(Pristine)(10)보다 낮은 위치에 꼭지점이 위치하기 때문에 열처리 한 후의 기관(Annealed)(10)이 열처리 하기 전의 에미터(10)보다 불규칙하게 형성된 결함이 상대적으로 적을 것이다. 이는 열처리 과정을 통해 결함이 있는 CNT가 제거됨에 따라 CNT(20)의 결정성이 높은 것을 의미한다.
- [0061] 또한 두번째 꼭지점(G)은 CNT(20)의 결정성을 나타내는 것으로, 그 수치가 커질수록 결정성이 높게 형성된다. 즉, 열처리 한 후의 에미터(10)가 열처리 하기 전의 에미터(10)보다 높은 곳에 꼭지점이 위치하고 있어, 열처리 한 후의 기관(Annealed)(10)이 높은 결정성을 갖고 있다.
- [0062] 보다 정확한 비교를 위해, 그래프를 통해 열처리 전, 후의 에미터(10)에 같은 크기의 전압을 제공했을 때의 성능을 비교해보면 쉽게 알 수 있을 것이다.
- [0063] 열처리 전의 기관(Pristine)(10)과 열처리 후의 기관(Annealed)(10)에 각각 전기장을 공급했을 때, 열처리 전의 에미터(10)보다 열처리 후의 에미터(10)에서 더 많은 방출전류가 발생하는 것을 알 수 있을 것이다.
- [0064] 또 다른 그래프는 시간의 흐름에 따른 방출전류를 보여주는 것으로, 오랜 시간이 흐르더라도 열처리 후의 에미터(10)는 방출전류의 변화량이 거의 없는 반면, 열처리 전의 에미터(10)는 시간이 흐를수록 방출전류가 조금씩 감소하는 것을 알 수 있다.
- [0065] 즉, 본 그래프를 통해 열처리 전의 에미터(10)보다 열처리 후의 에미터(10)를 엑스레이 튜브에 적용한다면 전계 방출 성능이 더 우수할 것이다.
- [0066] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

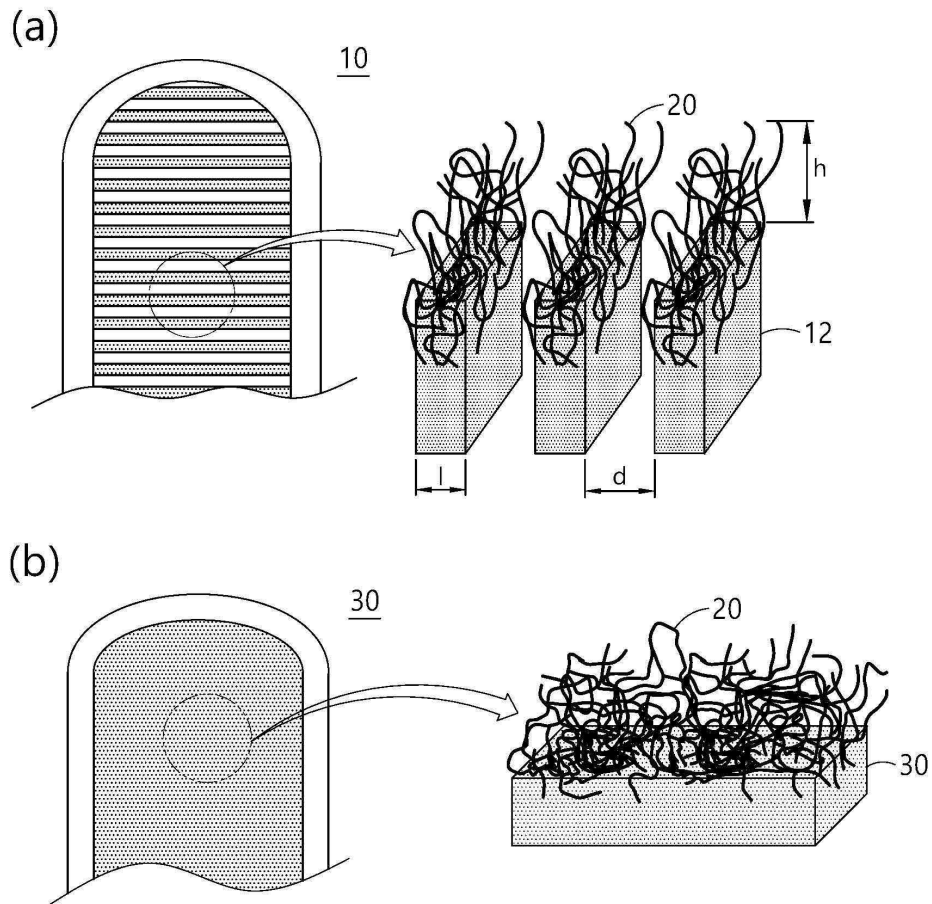
- [0067] 10 : 기관 12 : 패드
14 : 홀 20 : CNT
30 : 평면 에미터 40 : 챔버

도면

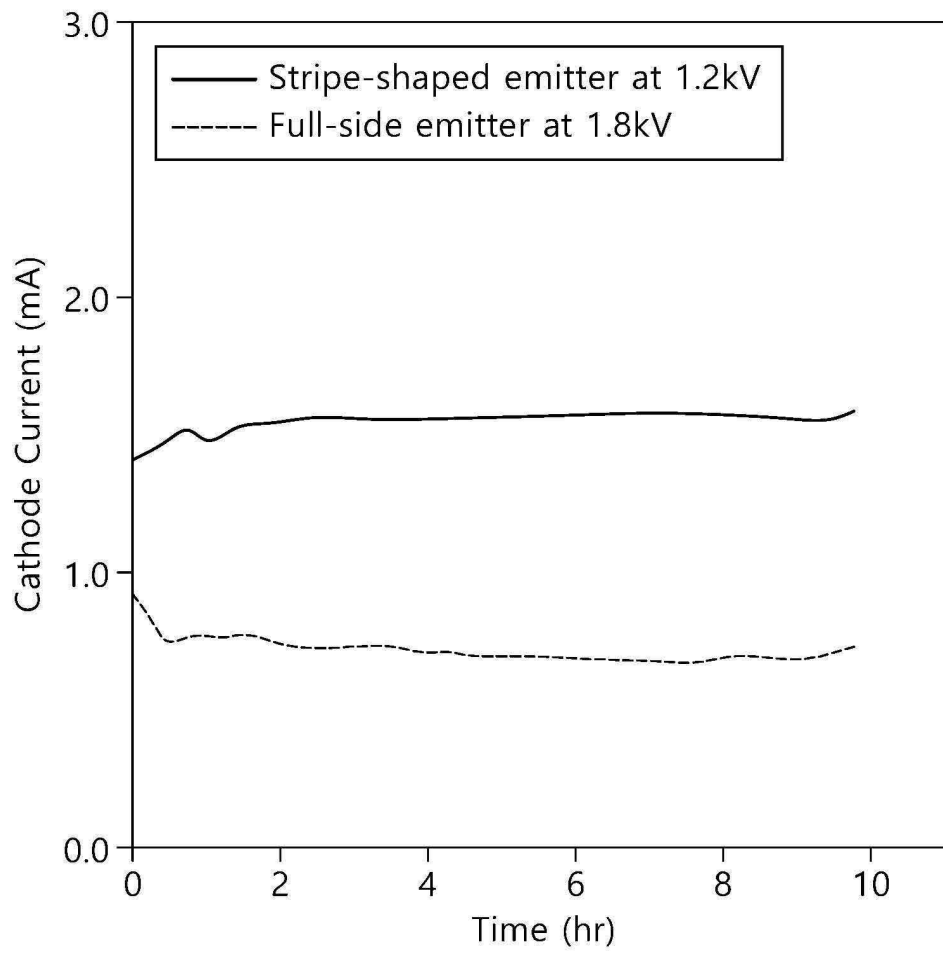
도면1



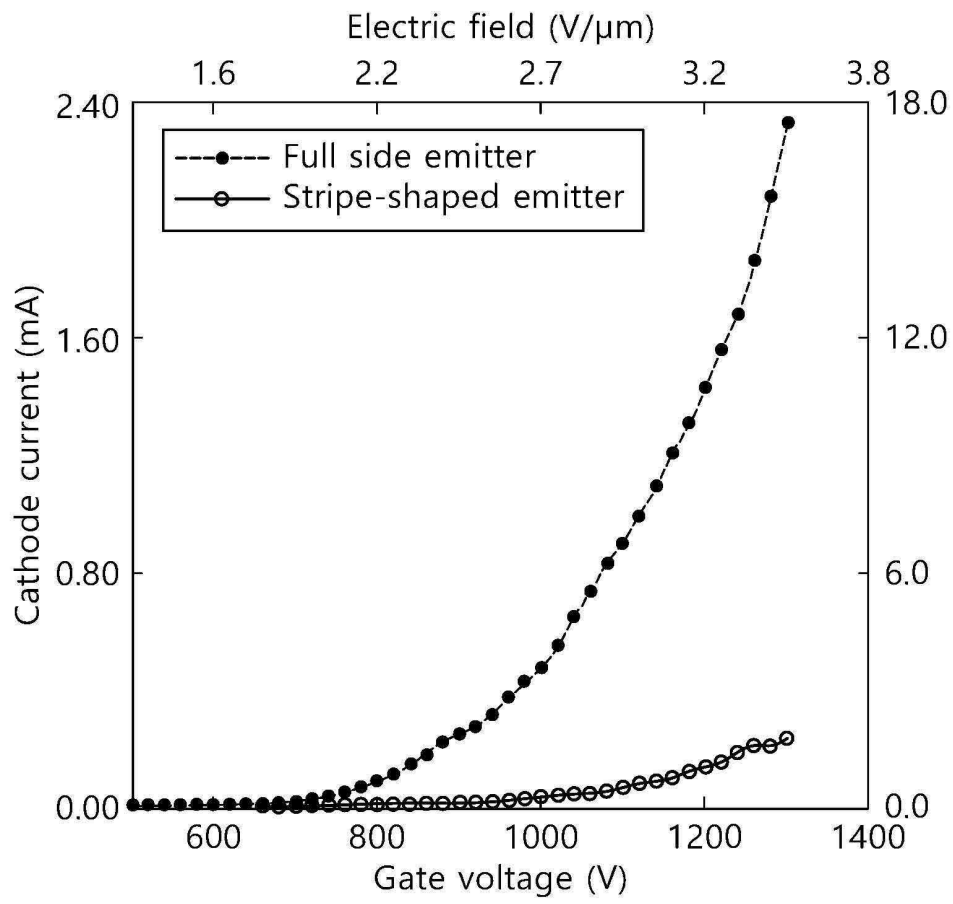
도면2



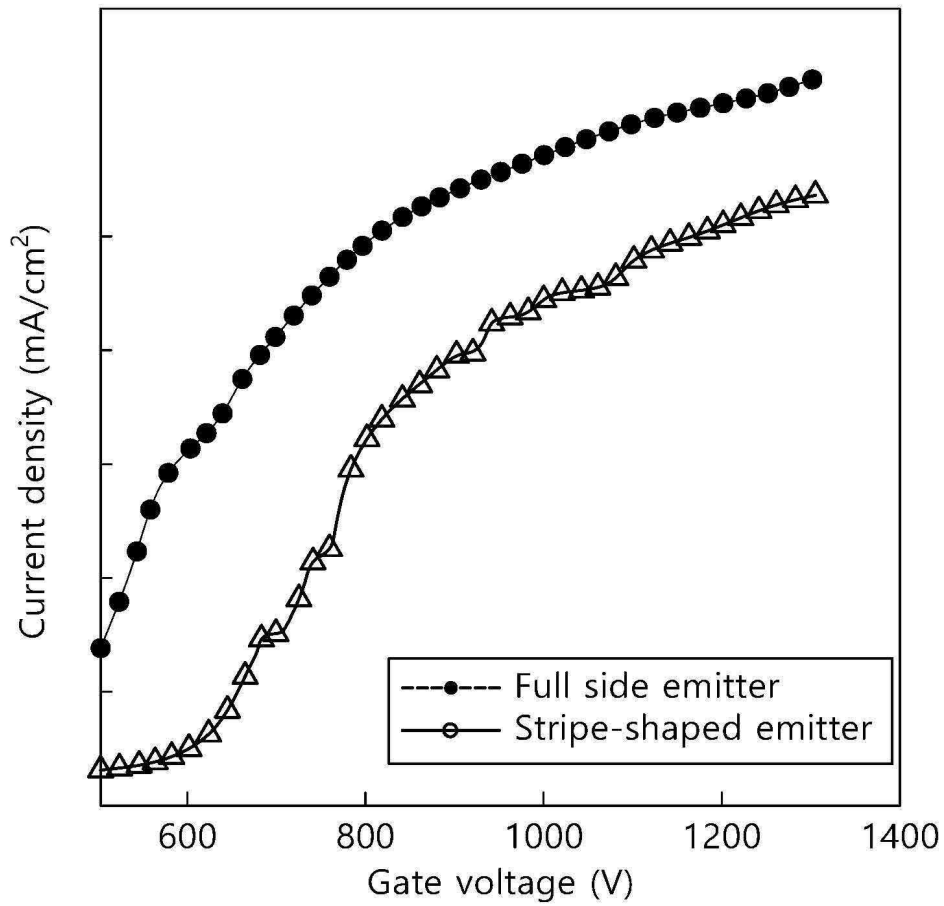
도면3



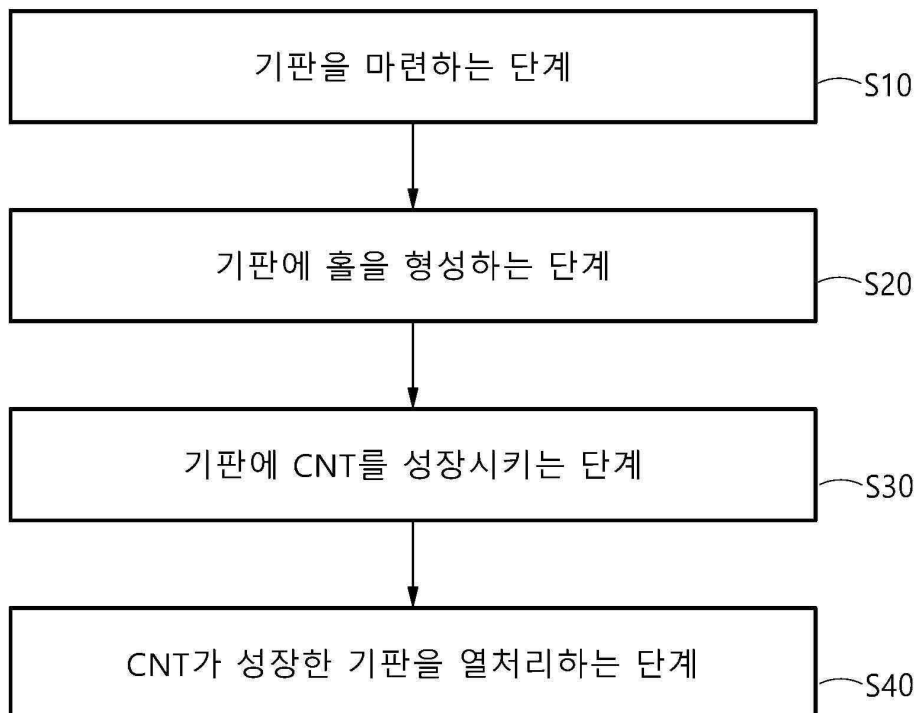
도면4



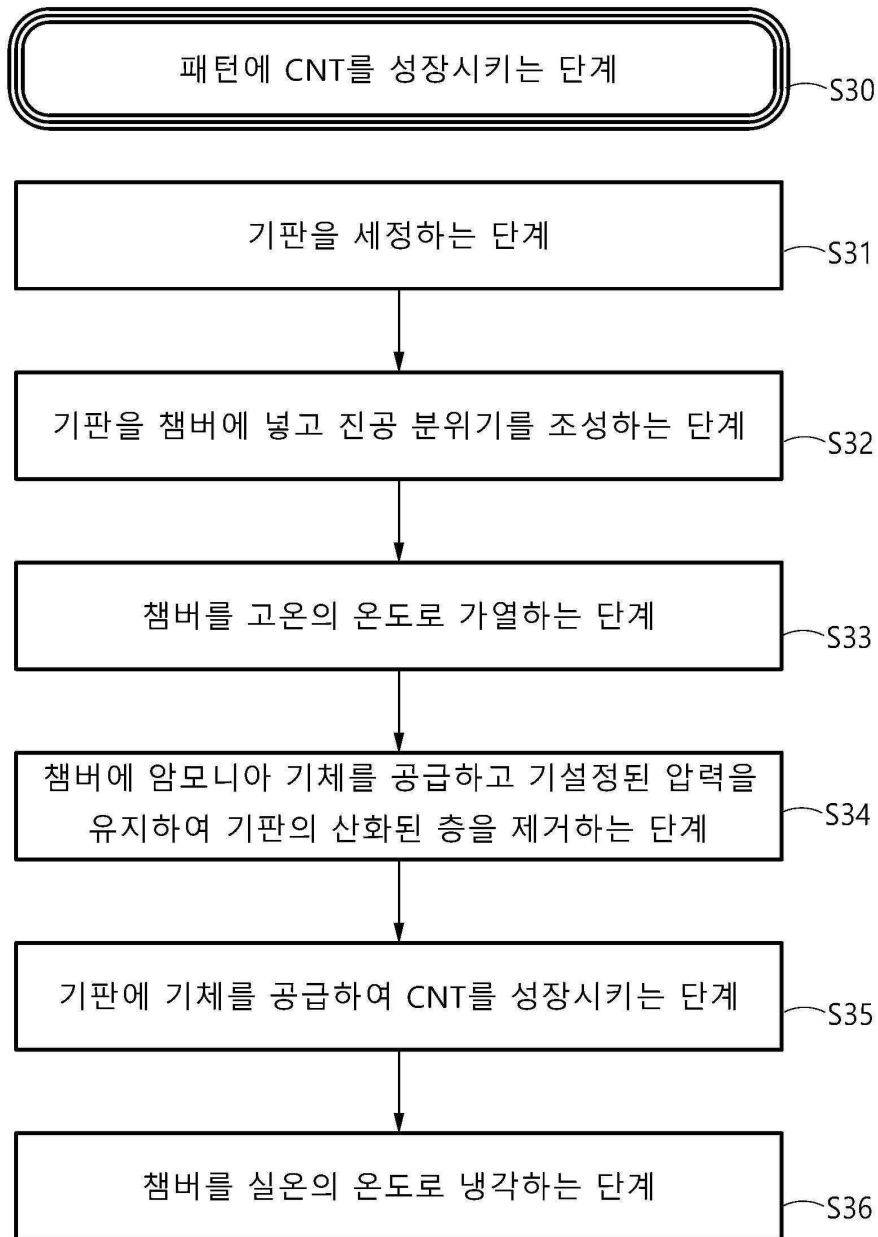
도면5



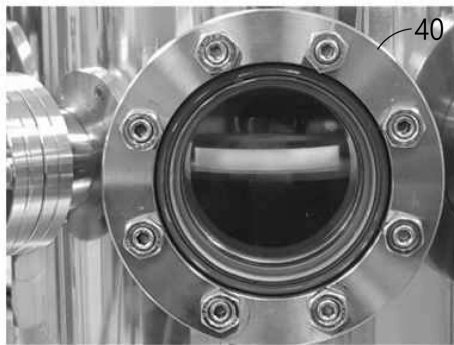
도면6



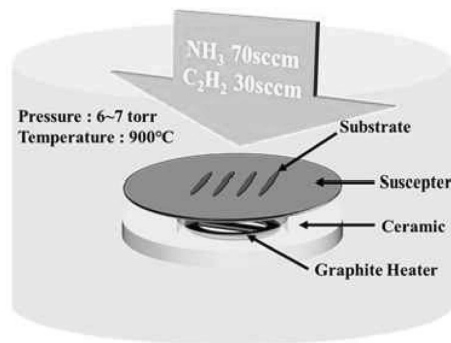
도면7



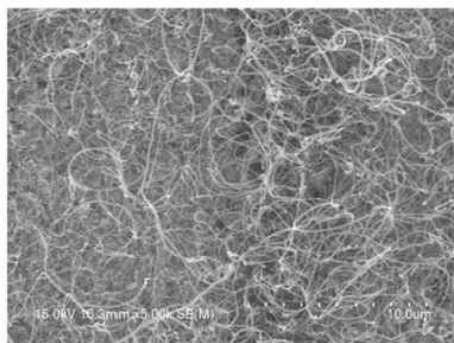
도면8



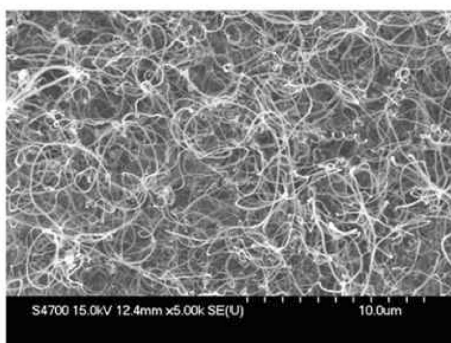
(a)



(b)

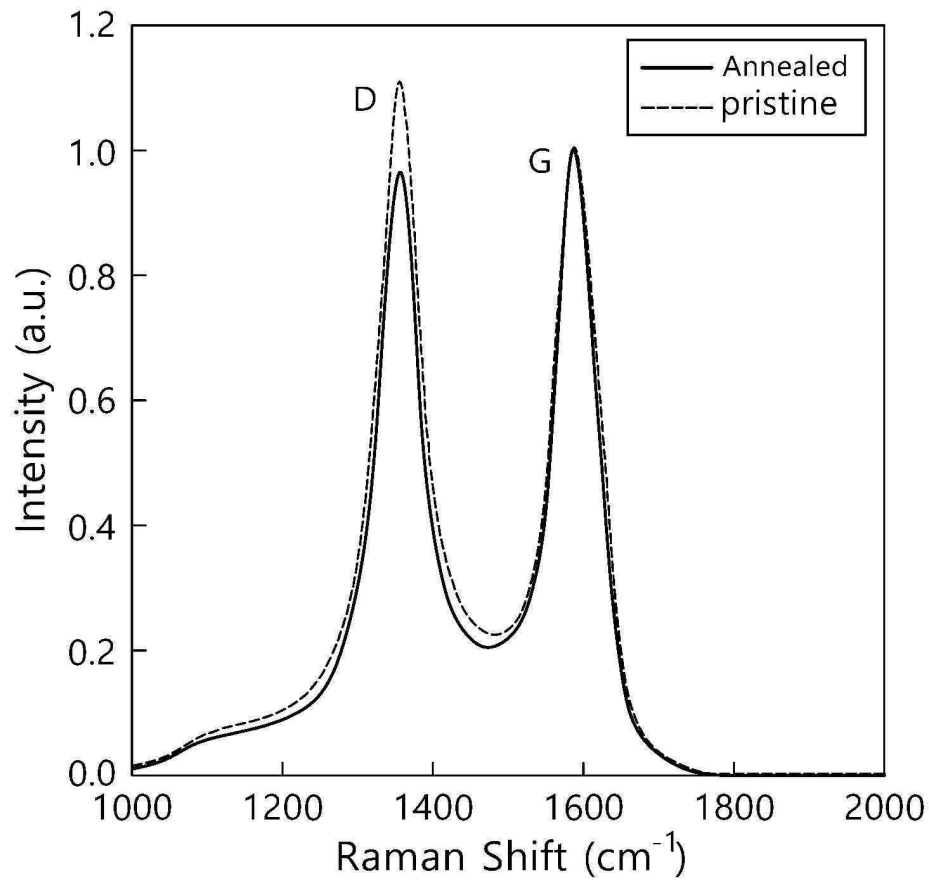


(c)

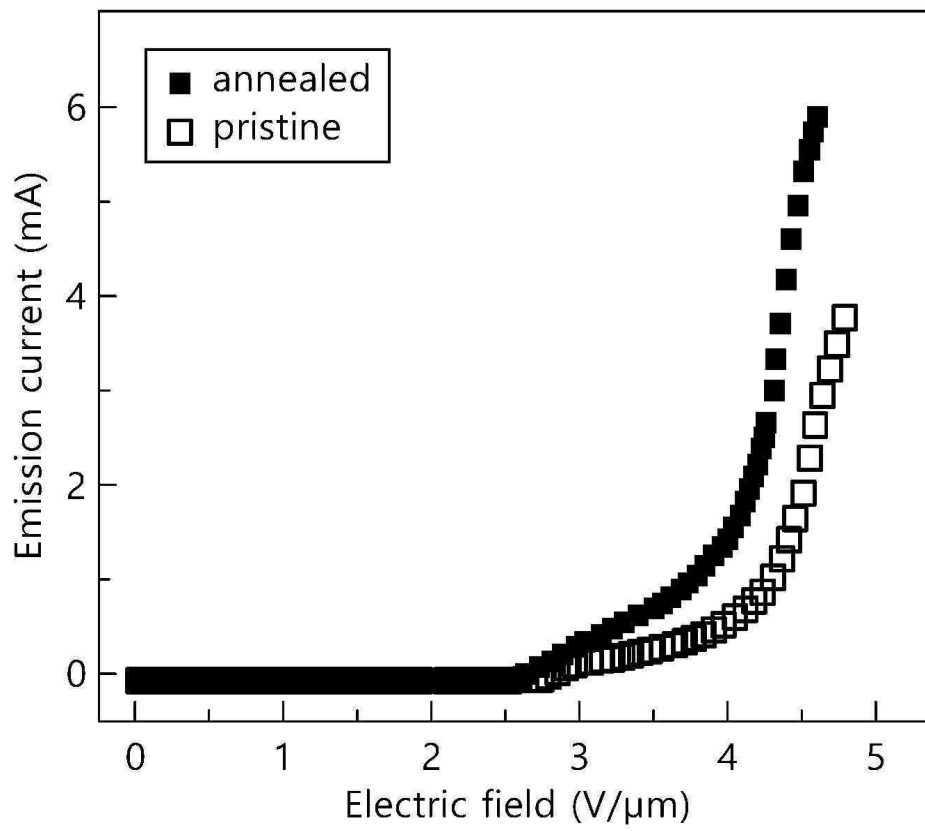


(d)

도면9



도면10



도면11

