



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0033669
(43) 공개일자 2019년04월01일

(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 1/3042 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0121577
(22) 출원일자 2017년09월21일
심사청구일자 2017년09월21일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이철진
서울특별시 강북구 화계사길 32 (수유동)
이상현
서울특별시 동대문구 무학로 197, 410호 (용두동)
한준수
경기도 의정부시 장곡로596번길 18, 104동 1204호 (신곡동, 드림밸리아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

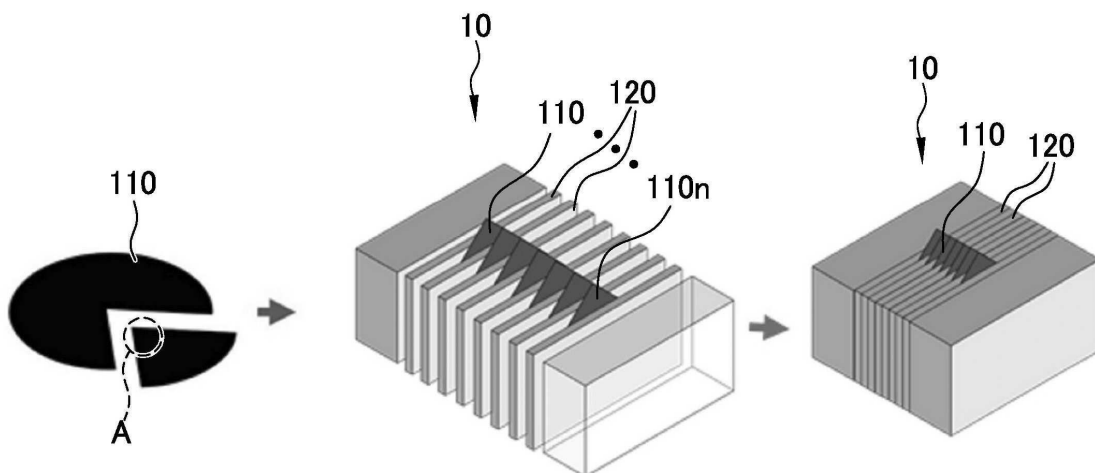
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 전자방출원, 그 제조 방법 및 이를 이용하는 엑스선 소스

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계; 탄소나노튜브 필름을 용매에 침지하여 고밀도화(densification)하는 단계; 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계; 및 적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역이 상측을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

H01J 35/065 (2013.01)

H01J 2201/30434 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법에 있어서,

탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계;

상기 탄소나노튜브 필름을 용매에 침지하여 고밀도화(densification)하는 단계;

상기 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 상기 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계; 및

적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 상기 탄소나노튜브 필름의 상기 커팅 영역이 상층을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계는

증류수, 소듐도데실설페이트(Sodium dodecyl sulfate, SDS) 및 탄소나노튜브(CNT)를 혼합하여 분산시키는 단계; 및

상기 혼합 용액을 양극산화 알루미늄 막(Anodic Aluminum Oxide membrane, AAO membrane)에 여과하여 필름 형태로 건조시키는 단계를 포함하되,

상기 탄소나노튜브(CNT)는 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled CNT, SWCNT) 또는 다중벽 탄소나노튜브(Multiwalled CNT, MWCNT)인 것인, 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 용매는 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol, IPA), 에탄올(Ethanol) 및 질산(Nitric acid) 중 적어도 어느 하나를 포함하고,

상기 고밀도화 단계는

상기 탄소나노튜브 필름을 상기 이소프로필 알코올에 소정 시간 동안 침지한 후 가열하여 1차 건조시키는 단계; 및

상기 1차 건조된 탄소나노튜브 필름을 상기 에탄올 및 질산 중 적어도 하나에 침지한 후 가열하여 2차 건조시키는 단계를 포함하는 것인, 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 고밀도화 단계 이전 또는 이후에

상기 탄소나노튜브 필름에 탄소기반 물질을 첨가한 후 열처리하여 탄화(carbonization)하는 단계를 더 포함하는 것인, 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 탄소기반 물질은 그래파이트 접착제(Graphite adhesive), 카본 페이스트(Carbon paste) 및 탄소나노튜브

페이스트(CNT paste) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 탄화 단계는

상기 탄소나노튜브 필름에 상기 탄소기반 물질을 첨가하는 단계; 및

상기 첨가된 탄소나노튜브 필름을 고온의 진공상태에서 소정 시간 동안 열처리하는 단계를 포함하는 것인, 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 6

탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법에 있어서,

탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계;

상기 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 상기 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계;

상기 탄소나노튜브 필름을 용매에 침지하여 고밀도화(densification)하는 단계; 및

적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 상기 탄소나노튜브 필름의 상기 커팅 영역이 상측을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 7

탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법에 있어서,

탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계;

상기 탄소나노튜브 필름에 탄소기반 물질을 첨가한 후 열처리하여 탄화(carbonization)하는 단계;

상기 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 상기 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계; 및

적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 상기 탄소나노튜브 필름의 상기 커팅 영역이 상측을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법.

청구항 8

탄소나노튜브 전자방출원에 있어서,

용매에 의하여 고밀도화(densification)되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화(carbonization)된 탄소나노튜브 필름; 및

상기 탄소나노튜브 필름의 양측에 각각 배치되어 상기 탄소나노튜브 필름을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재를 포함하는 탄소나노튜브 전자방출원.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 필름은

일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 커팅된 것인, 탄소나노튜브 전자방출원.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 금속부재는

상기 커팅 영역이 상측을 향하도록 상기 탄소나노튜브 필름을 횡 압력에 의해 고정시키는 것인, 탄소나노튜브 전자방출원.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 전자방출원은

복수의 탄소나노튜브 필름을 어레이 형태로 배치하고, 각 탄소나노튜브 필름 사이에 상기 금속부재를 배치한 것인 탄소나노튜브 전자방출원.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 용매는 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol, IPA), 에탄올(Ethanol) 및 질산(Nitric acid) 중 적어도 어느 하나를 포함하고,

상기 고밀도화된 탄소나노튜브 필름은

상기 용매에 침지한 후 건조한 것이되, 탄소나노튜브 사이에 남아있던 소듐도데실설페이트(Sodium dodecyl sulfate, SDS)가 제거되어 상기 탄소나노튜브 사이의 공간이 좁아져서, 상기 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된 것인, 탄소나노튜브 전자방출원.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 탄소기반 물질은 그래파이트 접착제(Graphite adhesive), 카본 페이스트(Carbon paste) 및 탄소나노튜브 페이스트(CNT paste) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 탄화된 탄소나노튜브 필름은

상기 탄소기반 물질이 첨가된 탄소나노튜브 필름을 고온의 진공상태에서 소정 시간 동안 열처리한 것이되, 상기 첨가된 탄소기반 물질이 탄소나노튜브 사이의 공간에 채워져서, 상기 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된 것인, 탄소나노튜브 전자방출원.

청구항 14

탄소나노튜브 전자방출원을 이용하는 엑스선 소스에 있어서,

캐소드 전극;

상기 캐소드 전극과 마주하도록 상기 캐소드 전극의 상부에 배치된 애노드 전극;

상기 캐소드 전극 상에 형성된 탄소나노튜브 전자방출원;

상기 캐소드 전극과 상기 애노드 전극 사이에 배치되고, 상기 탄소나노튜브 전자방출원과 대응하도록 배치된 게이트 전극;

상기 게이트 전극과 애노드 전극 사이에 배치된 집속렌즈; 및

상기 캐소드 전극 하부에 배치된 게터를 포함하되,

상기 탄소나노튜브 전자방출원은

용매에 의하여 고밀도화(densification)되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화(carbonization)된 탄소나노튜브 필름; 및

상기 탄소나노튜브 필름의 양측에 각각 배치되어 상기 탄소나노튜브 필름을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재를 포함하는 것인, 엑스선 소스.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 용매는 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol, IPA), 에탄올(Ethanol) 및 질산(Nitric acid) 중 적어도 어느 하나를 포함하고,

상기 고밀도화된 탄소나노튜브 필름은

상기 용매에 침지한 후 건조한 것이되, 탄소나노튜브 사이에 남아있던 소듐도데실설페이트(Sodium dodecyl sulfate, SDS)가 제거되어 상기 탄소나노튜브 사이의 공간이 좁아져서, 상기 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된 것인, 액션 소스.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 탄소기반 물질은 그래파이트 접착제(Graphite adhesive), 카본 페이스트(Carbon paste) 및 탄소나노튜브 페이스트(CNT paste) 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 탄화된 탄소나노튜브 필름은

상기 탄소기반 물질이 첨가된 탄소나노튜브 필름을 고온의 진공상태에서 소정 시간 동안 열처리한 것이되, 상기 첨가된 탄소기반 물질이 탄소나노튜브 사이의 공간에 채워져서, 상기 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된 것인, 액션 소스.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 게이트 전극은

하나 이상의 홀 형태 또는 메쉬 형태로 형성되는 하부 금속판; 및

상기 하부 금속판의 상부에 배치된 한 개 이상의 그래핀을 포함하되,

상기 그래핀은 단일층, 이중층 및 다중층 중 적어도 하나로 구성되는 것인, 액션 소스.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 게이트 전극은

상기 하부 금속판과 대응하도록 형성되되, 상기 그래핀의 상부에 배치된 상부 금속판을 더 포함하는 것인, 액션 소스.

청구항 19

그래핀이 배치된 게이트 전극을 이용하는 액션 소스에 있어서,

캐소드 전극;

상기 캐소드 전극과 마주하도록 상기 캐소드 전극의 상부에 배치된 애노드 전극;

상기 캐소드 전극 상에 형성된 탄소나노튜브 전자방출원;

상기 캐소드 전극과 상기 애노드 전극 사이에 배치되고, 상기 탄소나노튜브 전자방출원과 대응하도록 배치된 게이트 전극;

상기 게이트 전극과 애노드 전극 사이에 배치된 집속렌즈; 및

상기 캐소드 전극의 하부에 배치된 게터를 포함하되,

상기 게이트 전극의 상부에는 그래핀이 배치된 것인, 액션 소스.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 게이트 전극은

하나 이상의 홀 형태 또는 메쉬 형태로 형성되는 하부 금속판; 및

상기 하부 금속판의 상부에 배치되는 한 개 이상의 그래핀을 포함하되,
상기 그래핀은 단일층, 이중층 및 다중층 중 적어도 하나로 구성되는 것인, 엑스선 소스.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 게이트 전극은

상기 하부 금속판과 대응하도록 형성되되, 상기 그래핀의 상부에 배치된 상부 금속판을 더 포함하는 것인, 엑스선 소스.

청구항 22

제 19 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 전자방출원은

용매에 의하여 고밀도화(densification)되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화(carbonization)된 탄소나노튜브 필름; 및

상기 탄소나노튜브 필름의 양측에 각각 배치되어 상기 탄소나노튜브 필름을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속 부재를 포함하는 것인, 엑스선 소스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브 전자방출원, 그 제조 방법 및 이를 이용하는 엑스선 소스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 냉음극 엑스선 소스는 게이트 전극에 전압을 인가하여 탄소나노튜브 전자방출원로부터 전자빔을 끌어낸 후, 집속전극을 통하여 전자빔을 고밀도로 집속시켜 애노드 전극으로 유도한다. 이때 캐소드 전극과 애노드 전극 사이에 고전압을 인가하면 전자들은 애노드 전극방향으로 가속이 되며, 애노드 전극에 강하게 충돌함으로써, 애노드 전극으로부터 엑스선을 발생시킨다.

[0003] 종래의 냉음극 전자방출에서는 탄소나노튜브가 전자방출원으로 주로 사용되며, 탄소나노튜브를 전도성 유기물과 섞어서 페이스트 상태로 만들어 전자방출원으로 제작하고 있다. 그러나, 이와 같은 탄소나노튜브 페이스트 전자방출원은 제작 과정에서 전계방출원인 탄소나노튜브가 원하지 않는 유기물질로부터 오염될 수 있으며, 수직한 방향으로 배향시키는 것이 매우 어렵다. 또한, 탄소나노튜브 페이스트 전자방출원은 동작 시 페이스트내에 잔류하는 유기물질로 인하여 발생하는 가스분자의 이온화 현상에 의해서 전계방출 효율이 크게 감소하고, 전자를 방출하는 탄소나노튜브의 수명이 단축되는 문제가 있다.

[0004] 또한, 종래의 냉음극 엑스선 소스는 게이트 전극으로 주로 금속 메쉬 또는 금속 홀이 사용되며, 이 경우에 게이트 전극을 통과하는 전자의 투과효율이 감소하는 문제가 있다.

[0005] 이와 관련하여, 한국등록특허 제10-1239395호 (발명의 명칭: 전계 방출원 및 이를 적용하는 소자 및 그 제조방법)는 안정된 전자방출물질 지지구조를 가지는 전계 방출원 및 이를 적용하는 전계 방출 소자 및 그 제조방법을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일부 실시예는 전자방출원으로 사용되는 탄소나노튜브 필름의 안정성을 향상시키기 위해서, 탄소나노튜브 필름을 고밀도화(densification)시키거나, 탄화(carbonization)시킨 탄소나노튜브 전자방출원, 그 제조 방법 및 이를 이용하는 엑스선 소스를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0007] 또한, 게이트 전극에 그래핀을 배치하여 전자투과효율을 증가시키고 전자빔의 투과 직진성을 향상시킨 엑스선 소스를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계; 탄소나노튜브 필름을 용매에 침지하여 고밀도화(densification)하는 단계; 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계; 및 적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역이 상층을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함한다.

[0010] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계; 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계; 커팅된 탄소나노튜브 필름을 용매에 침지하여 고밀도화(densification)하는 단계; 및 적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역이 상층을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함한다.

[0011] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 탄소나노튜브 필름을 형성하는 단계; 탄소나노튜브 필름에 탄소기반 물질을 첨가한 후 열처리하여 탄화(carbonization)하는 단계; 탄소나노튜브 필름의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 탄소나노튜브 필름을 커팅하는 단계; 및 적어도 둘 이상의 금속부재 사이에 배치된 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역이 상층을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계를 포함한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원은 용매에 의하여 고밀도화(densification)되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화(carbonization)된 탄소나노튜브 필름; 및 탄소나노튜브 필름의 양측에 각각 배치되어 탄소나노튜브 필름을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원을 이용하는 엑스선 소스는 캐소드 전극; 캐소드 전극과 마주하도록 캐소드 전극의 상부에 배치된 애노드 전극; 캐소드 전극 상에 형성된 탄소나노튜브 전자방출원; 캐소드 전극과 애노드 전극 사이에 배치되고, 탄소나노튜브 전자방출원과 대응하도록 배치된 게이트 전극; 게이트 전극과 애노드 전극 사이에 배치된 집속렌즈; 및 캐소드 전극 하부에 배치된 게터를 포함하되, 탄소나노튜브 전자방출원은 용매에 의하여 고밀도화(densification)되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화(carbonization)된 탄소나노튜브 필름; 및 탄소나노튜브 필름의 양측에 각각 배치되어 탄소나노튜브 필름을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재를 포함한다.

[0014] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀이 배치된 게이트 전극을 이용하는 엑스선 소스는 캐소드 전극; 캐소드 전극과 마주하도록 캐소드 전극의 상부에 배치된 애노드 전극; 캐소드 전극 상에 형성된 탄소나노튜브 전자방출원; 및 캐소드 전극과 애노드 전극 사이에 배치되고, 탄소나노튜브 전자방출원과 대응하도록 배치된 게이트 전극; 게이트 전극과 애노드 전극 사이에 배치된 집속렌즈; 및 캐소드 전극의 하부에 배치된 게터를 포함하되, 게이트 전극의 상부에는 그래핀이 배치된다.

발명의 효과

[0015] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법을 이용하면, 유기물을 함유하는 페이스트나 다른 접착제 없이도, 나노 소재 내 강한 결합력 및 나노소재 박막 에미터와 전극 사이의 강한 접촉력을 달성함으로써, 유기물에 의한 이온발생 문제를 해결함으로써, 전계방출효율이 높으며 수명 특성이 우수한 엑스선 소스의 제작이 가능하게 된다.

[0016] 또한 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 그래핀이 배치된 게이트 전극을 이용하면, 전자빔의 게이트 전극 투과성을 높이고 전자빔의 직진성을 높임으로써 애노드 전극에서 전자빔의 집속 효과를 얻을 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법에 따라 제조된 고밀도화된 탄소나노튜브 필름의 표면을 주사전자현미경 (SEM)으로 분석한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역에 따른 금속부재의 일례를 도시한 도면이다.
- 도 3은 도 2의 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역을 주사전자현미경 (SEM)으로 분석한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원을 이용하는 엑스선 소스의 구조를 도시한 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀이 배치된 게이트 전극의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀이 배치된 게이트 전극의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 8은 도 7의 탄소나노튜브 전자방출원의 탄소나노튜브 필름의 고밀도화 과정을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 10은 도 9의 탄소나노튜브 전자방출원의 탄소나노튜브 필름의 탄화 과정을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0020] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0021] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원을 설명하기 위한 도면이다.
- [0022] 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법에 따라 제조된 고밀도화된 탄소나노튜브 필름의 표면을 주사전자현미경 (SEM)으로 분석한 도면이다.
- [0023] 도 1a를 참조하면, 본 발명의 탄소나노튜브 전자방출원(10)은 용매에 의하여 고밀도화(densification)되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화(carbonization)된 탄소나노튜브 필름(110) 및 탄소나노튜브 필름(110)의 양측에 각각 배치되어 탄소나노튜브 필름(110)을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재(120)를 포함한다.
- [0024] 여기서, 용매는 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol, IPA), 에탄올(Ethanol) 및 질산(Nitric acid) 중 적어도 어느 하나를 포함한다. 고밀도화된 탄소나노튜브 필름(110)은 용매에 침지한 후 건조한 것이되, 탄소나노튜브 사이에 남아있던 분산제로 사용하는 소듐도데실설파이트(Sodium dodecyl sulfate, SDS)가 제거되어 탄소나노튜브 사이의 공간이 좁아져서, 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된 것이다.
- [0025] 도 1b는 고밀도화된 탄소나노튜브 필름(110)의 표면을 주사전자현미경으로 분석한 것이며, 네트워크를 형성하며 조밀하게 엮힌 탄소나노튜브들을 확인할 수 있다.
- [0026] 또한 탄소기반 물질은 그래파이트 접착제(Graphite adhesive), 카본 페이스트(Carbon paste) 및 탄소나노튜브

페이스트(CNT paste) 중 적어도 하나를 포함하고, 탄화된 탄소나노튜브 필름(110)은 탄소기반 물질이 첨가된 탄소나노튜브 필름(110)을 고온의 진공상태에서 소정 시간 동안 열처리한 것이되, 첨가된 탄소기반 물질이 탄소나노튜브 사이의 공간에 채워져서, 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된 것이다.

- [0027] 이와 같은, 고밀도화되거나, 탄화된 탄소나노튜브 필름(110)에 대한 상세한 제조 방법은 도 7 내지 도 10을 참조하여 후술하기로 한다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역에 따른 금속부재의 일례를 도시한 도면이다.
- [0029] 도 3은 도 2의 탄소나노튜브 필름의 커팅 영역을 주사전자현미경(SEM)으로 분석한 도면이다.
- [0030] 도 1a 및 도 2를 참조하면 금속부재(120)는 탄소나노튜브 필름(110)의 양측에 각각 배치되어 탄소나노튜브 필름(110)을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재(120)를 포함한다. 예시적으로, 금속부재(120)는 탄소나노튜브 필름(110)을 직립한 상태로 고정시키고, 금속부재(120)의 일부분이 탄소나노튜브 필름(110)과 전기적으로 연결된 상태라면, 금속부재(120)의 형태는 다양하게 변형될 수 있다.
- [0031] 도 2에 도시된 바와 같이, 탄소나노튜브 필름(110)은 일 영역이 포인트 형태(A) 또는 라인 형태(B)를 가지도록 커팅될 수 있다. 이때, 금속부재(120)는 커팅 영역(A, B)이 상측을 향하도록 탄소나노튜브 필름(110)을 형 압력에 의해 고정시키는 역할을 한다.
- [0032] 일 예로, 도 2의 (a)를 참조하면, 포인트 형태(A)로 커팅된 탄소나노튜브 필름(110)은 커팅 영역(A)이 상측을 향하도록 삼각형의 금속부재(120)의 상부 꼭지점 영역 내에서 일부 노출될 수 있다. 즉, 탄소나노튜브 필름(110)은 상측을 향하는 커팅 영역(A)을 가지도록 배치되며, 삼각형의 금속부재(120)의 상부 꼭지점 영역 내에서 고정될 수 있다. 이때, 포인트 형의 커팅 영역(A)은 탄소나노튜브 필름(110)의 테두리가 이루는 면 중 일부분을 의미할 수 있다.
- [0033] 다른 예로, 도 2의 (b)를 참조하면, 라인 형태(B)로 커팅된 탄소나노튜브 필름(110)의 경우, 금속부재(120)의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역(125)을 가지고, 탄소나노튜브 필름(110)의 양면은 함몰된 영역(125) 내에서 일부 노출될 수 있다. 즉, 탄소나노튜브 필름(110)은 상측을 향하는 커팅 영역(B)을 가지도록 금속부재(120)의 함몰된 영역(125) 내에서 고정될 수 있다. 이때, 라인 형의 커팅 영역(B)은 탄소나노튜브 필름(110)의 테두리가 이루는 면 중 일부분을 의미할 수 있다.
- [0034] 도 3의 (a)는 도 2의 (a)에 도시된 포인트 형의 커팅 영역(A)을 갖는 탄소나노튜브 필름(110)의 표면을 분석한 도면이다. 또한 도 3의 (b)는 도 2의 (b)에 도시된 라인 형의 커팅 영역(B)을 갖는 탄소나노튜브 필름(110)의 표면을 분석한 도면이다. 이때, 탄소나노튜브 필름(110)은 고밀도화되거나 탄화되어, 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가되기 때문에, 탄소나노튜브 전자방출원(10)의 팁(tip) 부분에 위치하는 탄소나노튜브들이 풀리거나 떨어져 나가는 것을 방지한다. 이로 인해, 한계 성능까지 끌어올린 성능 평가 실험에서도 탄소나노튜브 전자방출원(10)이 파손되는 것을 방지할 수 있다.
- [0035] 또한 본 발명의 탄소나노튜브 전자방출원(10)은 복수의 탄소나노튜브 필름(110)을 어레이 형태로 배치하고, 각 탄소나노튜브 필름(110) 사이에 금속부재(120)를 배치한다. 이와 같은 어레이 형태의 탄소나노튜브 전자방출원(10)은 단일 형태의 탄소나노튜브 전자방출원(10)과 비교하여 공급되는 전압 대비 출력되는 전류가 많다는 장점이 있다.
- [0036] 일 예로, 도 1a를 참조하면, 포인트 형태(A)로 커팅된 복수의 탄소나노튜브 필름(110)은 커팅 영역(A)이 상측을 향하도록 각 금속부재(120)의 사이에서 어레이 형태로 배치되며 금속부재(120)의 상부로 일부 노출될 수 있다. 즉, 각 탄소나노튜브 필름(110)은 상측을 향하는 커팅 영역(A)을 가지도록 배치되며, 각 금속부재(120)의 상부로 커팅 영역(A)이 일부 노출되도록 고정될 수 있다. 이때, 탄소나노튜브 필름(110)을 향하여 복수의 금속부재(120) 중 양단에 배치된 금속부재(120)에 형 압력을 가하면 각 금속부재(120)와 각 탄소나노튜브 필름(110)이 밀착될 수 있다.
- [0037] 이하에서는 본 발명은 탄소나노튜브 전자방출원(10)을 이용하는 엑스선 소스에 대하여 상세하게 설명하도록 한다. 상술한 도 1a 내지 도3에 도시된 구성 중 동일한 기능을 수행하는 구성의 경우 설명을 생략하기로 한다.
- [0038] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원을 이용하는 엑스선 소스의 구조를 도시한 단면도이다.

- [0039] 도 4를 참조하면, 본 발명의 탄소나노튜브 전자방출원을 이용하는 엑스선 소스는 캐소드 전극(20), 캐소드 전극(20)과 마주하도록 캐소드 전극(20)의 상부에 배치된 애노드 전극(30), 캐소드 전극(20) 상에 형성된 탄소나노튜브 전자방출원(10) 및 캐소드 전극(20)과 애노드 전극(30) 사이에 배치되고, 탄소나노튜브 전자방출원(10)과 대응하도록 배치된 게이트 전극(40), 게이트 전극(40)과 애노드 전극(30) 사이에 배치된 집속렌즈(50a, 50b) 및 캐소드 전극(20) 하부에 배치된 게터(70)를 포함한다.
- [0040] 여기서, 탄소나노튜브 전자방출원(10)은 용매에 의하여 고밀도화되거나, 탄소기반 물질이 첨가되어 탄화된 탄소나노튜브 필름(110) 및 탄소나노튜브 필름(110)의 양측에 각각 배치되어 탄소나노튜브 필름(110)을 고정시키는 적어도 둘 이상의 금속부재(120)를 포함한다.
- [0041] 본 발명의 엑스선 소스는 캐소드 전극(20)과 애노드 전극(30)의 전압차에 의해 탄소나노튜브 전자방출원(10)으로부터 전계방출되는 전자가 애노드 전극(30)의 타겟면에 충돌되어 몸체의 원도우(60)로 엑스선이 방출되는 구조이다.
- [0042] 이때 몸체는 엑스선 소스의 외관을 형성하며 측면의 일부에는 애노드 전극(30)의 타겟면으로부터 방출되는 엑스선이 외부로 조사되는 원도우(60)가 형성될 수 있으며, 관 형상으로서 탄소나노튜브 전자방출원(10), 캐소드 전극(20), 애노드 전극(30) 및 그래핀(45)이 배치된 게이트 전극(40)의 외면을 감싸 외부와 구분된 진공영역을 정의한다. 예시적으로, 타겟면은 텅스텐(W)으로 이루어지고, 원도우(60)는 베릴륨(Be)으로 이루어질 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0043] 또한 캐소드 전극(20)과 애노드 전극(30)은 마주하도록 위치되며, 애노드 전극(30)은 캐소드 전극(20)과 소정 거리 이격되어 캐소드 전극(20)의 상부에 위치될 수 있다. 애노드 전극(30)의 하부면, 즉, 캐소드 전극(20)과 마주하는 표면은 소정 각도로 기울어질 수 있다.
- [0044] 애노드 전극(30)은 몸체 내부를 향한 일면에 탄소나노튜브 전자방출원(10)으로부터 방출된 전자가 충돌하는 타겟면을 구비할 수 있다.
- [0045] 탄소나노튜브 전자방출원(10)은 캐소드 전극(20) 상부에 형성된다. 예를 들어, 탄소나노튜브 전자방출원(10)은 복수의 탄소나노튜브 필름(110)을 어레이 형태로 배치하고, 각 탄소나노튜브 필름(110) 사이에 금속부재(120)를 배치한 어레이 형태로 배열될 수 있다.
- [0046] 게이트 전극(40)은 캐소드 전극(20)의 상부에 위치되고, 탄소나노튜브 전자방출원(10)과 대응되는 위치에 개구부(예를 들어, 홀 형태)를 포함할 수 있다. 또한, 캐소드 전극(20) 상에 어레이형 탄소나노튜브 전자방출원(10)이 형성되는 경우, 게이트 전극(40)은 복수의 개구부들(예를 들어, 메쉬 형태)을 포함한다.
- [0047] 구체적으로 게이트 전극(40)은 하나 이상의 홀 형태 또는 메쉬 형태로 형성되는 하부 금속판 및 하부 금속판의 상부에 배치된 하나 이상의 그래핀(45)을 포함한다. 또한 게이트 전극(40)은 하부 금속판과 대응하도록 형성되되, 그래핀(45)의 상부에 배치된 상부 금속판을 더 포함한다. 이때, 게이트 전극(40) 위에 그래핀(45)을 배치함으로써, 전자빔의 집속도를 증가시킬 수 있다. 즉, 본 발명의 엑스선 소스는 그래핀(45)에 의해 전자빔의 집속도를 증가시키기 때문에, 종래의 열전자 방출 방식에 대비하여 집속렌즈를 없애거나 축소시킬 수 있다는 장점이 있다. 게이트 전극(40)의 구조에 대한 구체적인 설명은 도 5 및 도 6을 참고하여 후술하기로 한다.
- [0048] 한편, 도 4를 참조하면 본 발명의 엑스선 소스는 게이트 전극(40)과 애노드전극(30) 사이에 적어도 한 개의 집속렌즈(50a) 또는 추가로 상부에 원형의 집속렌즈 (50b)를 더 포함할 수 있다. 집속렌즈(50a, 50b)는 탄소나노튜브 전자방출원(10)으로부터 방출된 전자빔을 집속하는 역할을 한다. 일 예로, 집속렌즈(50a, 50b)는 게이트 전극(40)과 애노드 전극(30) 사이에 배치될 수 있다.
- [0049] 이하에서는 본 발명은 그래핀이 배치된 게이트 전극(40)을 이용하는 엑스선 소스에 대하여 상세하게 설명하도록 한다. 상술한 도 4에 도시된 구성 중 동일한 기능을 수행하는 구성의 경우 설명을 생략하기로 한다.
- [0050] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀이 배치된 게이트 전극의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0051] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀이 배치된 게이트 전극의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0052] 도 4를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀이 배치된 게이트 전극을 이용하는 엑스선 소스는 캐소드 전극(20), 캐소드 전극(20)과 마주하도록 캐소드(20)의 상부에 배치된 애노드 전극(30), 캐소드 전극(20) 상에 형성된 탄소나노튜브 전자방출원(10) 및 캐소드 전극(20)과 애노드 전극(30) 사이에 배치되고, 탄소나노튜브 전자방출원(10)과 대응하도록 배치된 게이트 전극(40)을 포함하되, 게이트 전극(40)의 상부에는 그래핀(45)이

배치된 것이다.

- [0053] 도 5를 참조하면, 게이트 전극(40)은 하나 이상의 홀 형태 또는 메쉬 형태로 형성되는 하부 금속판(41) 및 하부 금속판(41)의 상부에 배치되는 한 개 이상의 그래핀(45)을 포함한다. 이때 그래핀(45)은 단일층, 이중층 및 다중층 중 적어도 하나로 구성된다.
- [0054] 예시적으로 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 게이트 전극(40)은 메쉬 형태로 형성된 하부 금속판(41)의 상부에 건식전사법 또는 습식전사법에 의해 그래핀(45)이 배치된 형태로 구성될 수 있다. 또한 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 게이트 전극(40)은 메쉬 형태로 형성된 하부 금속판(41)의 상부에 복수의 단일층 또는 이중층 또는 다중층 그래핀(45)이 겹쳐진 형태로 배치되어 구성될 수 있다. 또한 전사된 그래핀(45)의 층수가 많아질수록 투과율과 집속도는 감소하나 기계적 안정도가 향상될 수 있다. 여기서, 그래핀(45)은 하부 금속판(41)과의 매우 강한 기계적 결합력을 갖기 때문에 그래핀(45)을 지지하는 부재가 생략될 수 있다.
- [0055] 도 6을 참조하면, 메쉬 게이트 전극(40)은 하부 금속판(41), 하부 금속판(41)의 상부에 배치되는 한 개 또는 복수의 그래핀(45) 및 하부 금속판(41)과 대응하도록 형성하되, 그래핀(45)의 상부에 배치된 상부 금속판(42)을 포함한다.
- [0056] 예시적으로, 도 6에 도시된 바와 같이, 게이트 전극(40)은 메쉬 형태로 형성된 하부 금속판(41)의 상부에 그래핀(45)을 배치하고, 그 상부에 하부 금속판(41)과 대응하도록 형성된 상부 금속판(42)이 배치된 형태로 구성한 후, 하부 금속판(41)과 상부 금속판(42)를 클램프로 조이거나 또는 용접하여 안정되게 고정시킬 수 있다. 이때 상부 금속판(42)은 하부 금속판(41)과 결합된 그래핀(45)을 더욱 안정적이고 단단하게 지지하는 역할을 한다.
- [0057] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 엑스선 소스에 이용되는 게이트 전극(40)은 일반적으로 게이트 전극의 기능을 하는 하부 금속판(41)의 상부에 그래핀(45)이 배치됨에 따라 전자빔을 매우 높은 투과율로 애노드 전극(30)으로 통과시킬 수 있다. 또한 그래핀(45)에 의해 전자빔의 포커싱(focusing) 효과를 얻을 수 있기 때문에 엑스선 소스에 포함되는 집속렌즈(50a, 50b)를 없애거나 집속렌즈의 개수를 축소시킬 수 있다.
- [0058] 게터(70)는 발생 가스를 포집하는 역할을 하며 확산게터 또는 비확산 게터를 포함한다. 확산 게터의 제작은 바륨(Ba), 바륨-알루미늄-니켈 합금(Ba-Al-Ni alloy), 알칼리 금속 종류들이 사용될 수 있고, 비확산 게터의 제작에는 지르코늄(Zr), 티타늄(Ti), 니켈(Ni) 또는 이러한 물질을 기반으로 하는 여러 종류의 합금이 사용될 수 있다.
- [0059] 이하에서는 본 발명의 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법에 대하여 상세하게 설명하도록 한다.
- [0060] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0061] 도 8은 도 7의 탄소나노튜브 전자방출원의 탄소나노튜브 필름의 고밀도화 과정을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0062] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0063] 도 10은 도 9의 탄소나노튜브 전자방출원의 탄소나노튜브 필름의 탄화 과정을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.
- [0064] 도 8을 참조하면 본 발명의 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 탄소나노튜브 필름(S110)을 형성하는 단계(S110), 탄소나노튜브 필름(110)을 용매에 침지(deeping)하여 고밀도화(densification)하는 단계(S120); 탄소나노튜브 필름(110)의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 탄소나노튜브 필름(110)을 커팅하는 단계(S130) 및 적어도 둘 이상의 금속부재(120) 사이에 배치된 탄소나노튜브 필름(110)의 커팅 영역이 상층을 향하도록 횡 압력에 의해 고정시키는 단계(S140)를 포함한다. 이때 탄소나노튜브 필름(110)을 커팅하는 단계(S130)는 고밀도화 단계(S120) 이전에 수행될 수도 있다.
- [0065] 여기서, 용매는 이소프로필 알코올(Isopropyl alcohol, IPA), 에탄올(Ethanol) 및 질산(Nitric acid) 중 적어도 어느 하나를 포함한다.
- [0066] 구체적으로, 도 1b를 참조하면, 탄소나노튜브 필름(110)을 형성하는 단계(S110)는 중류수, 소듐도데실설페이트(Sodium dodecyl sulfate, SDS) 및 탄소나노튜브(CNT)를 혼합하여 분산시키는 단계 및 혼합 용액을 양극산화 알루미늄 막(Anodic Aluminum Oxide membrane, AAO membrane)에 여과하여 필름 형태로 건조시키는 단계를 포함한다. 이때 탄소나노튜브(CNT)는 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled CNT, SWCNT) 또는 다중벽 탄소나노튜브

(Multiwalled CNT, MWCNT)이다.

- [0067] 예시적으로, 먼저 S110단계는 먼저, 증류수(예를 들어, 200ml)에 SDS(예를 들어, 200mg) 및 탄소나노튜브(예를 들어, 4mg)를 혼합하여 약 65정도 초음파 처리하여 혼합 용액을 분산시키고, 약 40분 정도 원심 분리한다. 이어서, 혼합 용액을 AAO membrane(111)에 여과시킴으로써 증류수만을 통과시켜, 탄소나노튜브가 AAO membrane(111)위에 걸러져서 쌓이는 형태가 된다. 이때 각각의 탄소나노튜브들은 반데르발스힘에 의해서 서로 강하게 얹히며 이 후에 수산화나트륨용액 또는 탄소나노튜브 분산액(CNT Solution)을 이용해서 AAO membrane(111)을 제거하여 탄소나노튜브 필름(110)을 형성한다.
- [0068] 구체적으로 도 8을 참조하면, 고밀도화 단계(S120)는 탄소나노튜브 필름(110)을 이소프로필 알코올(IPA)에 소정 시간 동안 침지한 후 가열하여 1차 건조시키는 단계(S121) 및 1차 건조된 탄소나노튜브 필름(110)을 에탄올 및 질산 중 적어도 하나에 침지한 후 가열하여 2차 건조시키는 단계(S122)를 포함한다.
- [0069] 예시적으로, S121단계는 탄소나노튜브 필름(110)을 이소프로필 알코올(IPA)에 약 24시간 정도 담갔다가 뺀 후에 약 80℃ 정도의 오븐에서 약 10분정도 건조시킨다. S122단계는 건조된 탄소나노튜브 필름(110)의 탄소나노튜브 사이의 SDS를 최대한 제거한 후 에탄올 또는 질산 등에 담갔다가 뺀 후 오븐에 건조하면 도 1b에 도시된 것처럼, 탄소나노튜브 사이의 공간이 좁아져서 S120단계 이전의 탄소나노튜브 필름(110)보다 더욱 더 강하고 조밀하게 네트워크를 형성하며 얹히게 되며, 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된다.
- [0070] 도 9를 참조하면 또한 본 발명의 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 고밀도화 단계(S120) 이전 또는 이후에 탄소나노튜브 필름에 탄소기반 물질을 첨가한 후 열처리하여 탄화(carbonization)하는 단계(S220)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 탄소기반 물질은 그래파이트 접착제(Graphite adhesive), 카본 페이스트(Carbon paste) 및 탄소나노튜브 페이스트(CNT paste) 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0071] 도 10을 참조하면 구체적으로 탄화 단계(S220)는 탄소나노튜브 필름에 탄소기반 물질을 첨가하는 단계(S221) 및 첨가된 탄소나노튜브 필름을 고온의 진공상태에서 소정 시간 동안 열처리하는 단계(S222)를 포함한다.
- [0072] 예시적으로, S221단계는 탄소나노튜브 필름(110)에 탄소기반 물질을 첨가한다. 이때 탄소기반 물질은 액체 또는 고체로 이루어질 수 있다. S222단계는 탄소나노튜브 필름(110)을 약 900℃ 정도의 고온의 진공상태에서 약 1시간 정도의 열처리를 진행하면, 네트워크를 형성하는 각 탄소나노튜브 사이의 빈 공간을 탄소기반 물질이 메우게 되고, 굳어진다. 즉, S120단계 이전의 탄소나노튜브 필름(110)보다 탄소나노튜브 간의 결합력이 증가된다.
- [0073] 즉, 고밀도화 단계(S120) 및 탄화 단계(S220)를 통해 탄소나노튜브 간의 결합력이 향상된 탄소나노튜브 필름(110)은 혹독한 환경에서도 탄소나노튜브가 풀리거나 떨어져 나가는 현상을 방지할 수 있다. 이로 인해 한계 성능까지 끌어올린 성능 평가 실험에서도 탄소나노튜브 전자방출원(10)이 파손되는 것을 방지할 수 있다.
- [0074] 이하에서는 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 전자방출원의 제조 방법을 설명하도록 한다. 상술한 구성 중 동일한 기능을 수행하는 구성의 경우 설명을 생략하기로 한다.
- [0075] 도 9를 참조하면, 탄소나노튜브 전자방출원의 제조방법은 탄소나노튜브 필름(110)을 형성하는 단계(S110), 탄소나노튜브 필름(110)에 탄소기반 물질을 첨가한 후 열처리하여 탄화(carbonization)하는 단계(S220), 탄소나노튜브 필름(110)의 일 영역이 포인트 형태 또는 라인 형태를 가지도록 탄소나노튜브 필름(110)을 커팅하는 단계(S230) 및 이후에 적어도 둘 이상의 금속부재(120) 사이에 배치된 탄소나노튜브 필름(110)의 커팅 영역이 상측을 향하도록 휘어 압력에 의해 고정시키는 단계(S240)를 포함한다.
- [0076] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0077] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

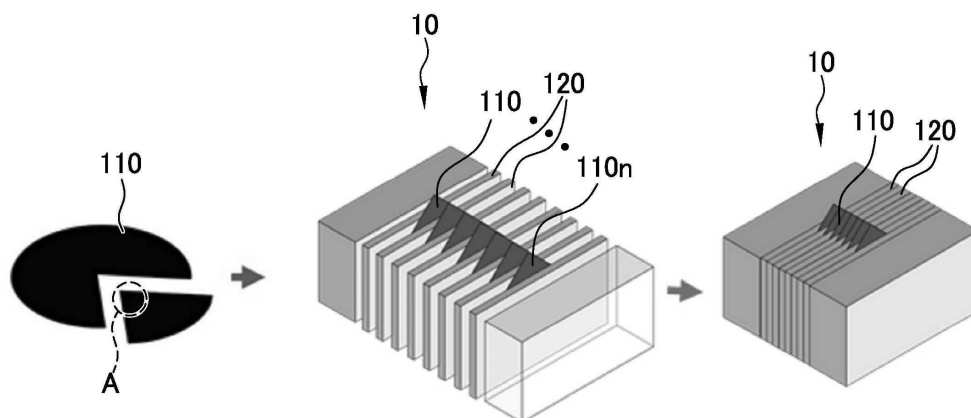
부호의 설명

- [0078] 10: 탄소나노튜브 전자방출원

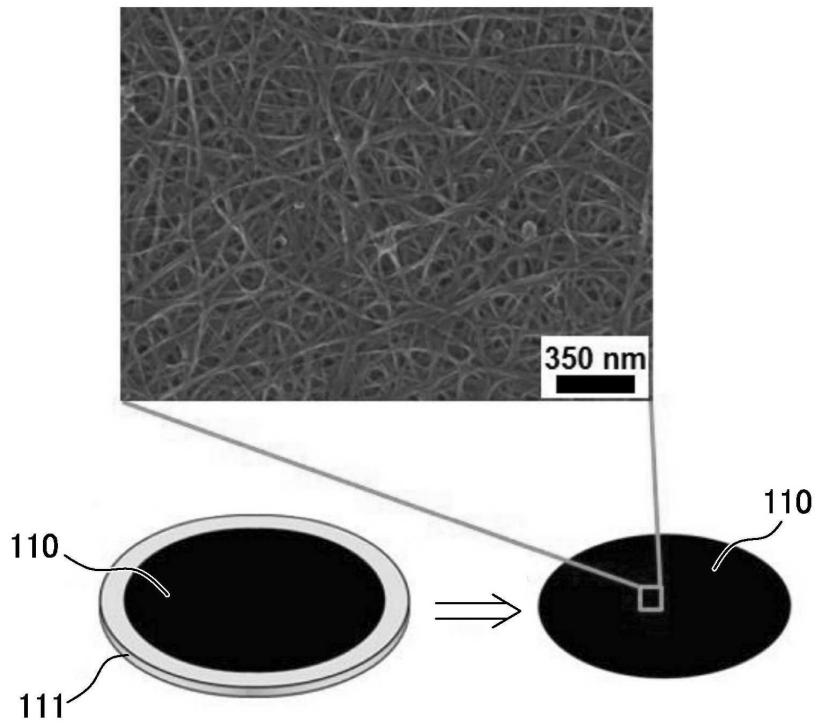
- 20: 캐소드 전극
- 30: 애노드 전극
- 40: 게이트 전극
- 41: 하부 금속판
- 42: 상부 금속판
- 45: 그래핀
- 50a, 50b: 집속렌즈
- 60: 윈도우
- 70: 게터
- 110: 탄소나노튜브 필름
- 111: 양극산화 알루미늄 막
- 120: 금속부재

도면

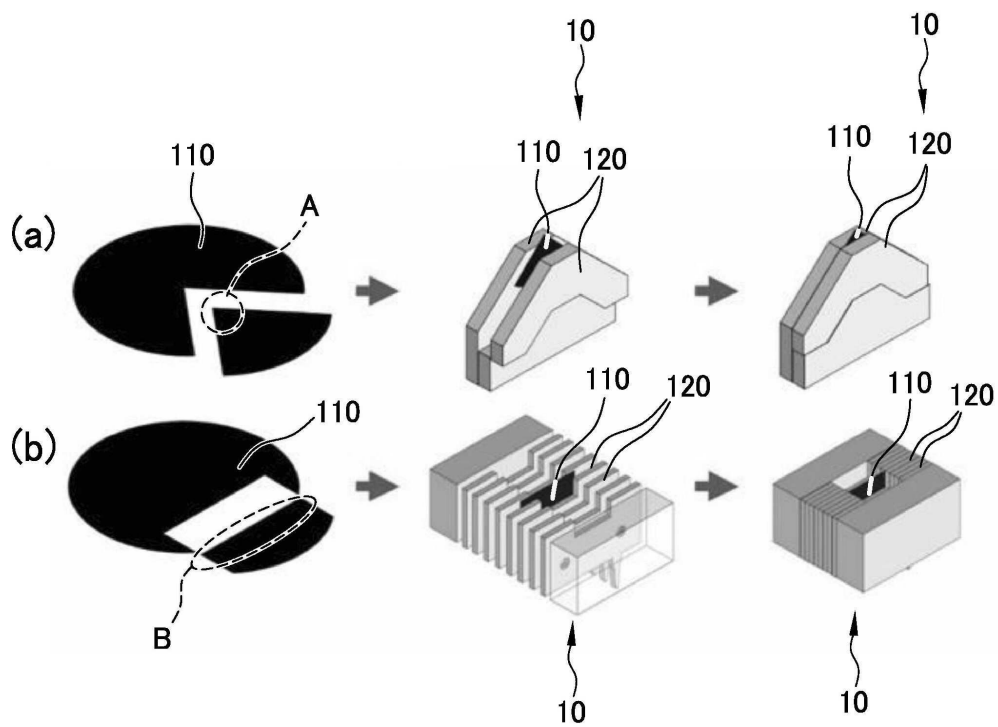
도면1a



도면1b

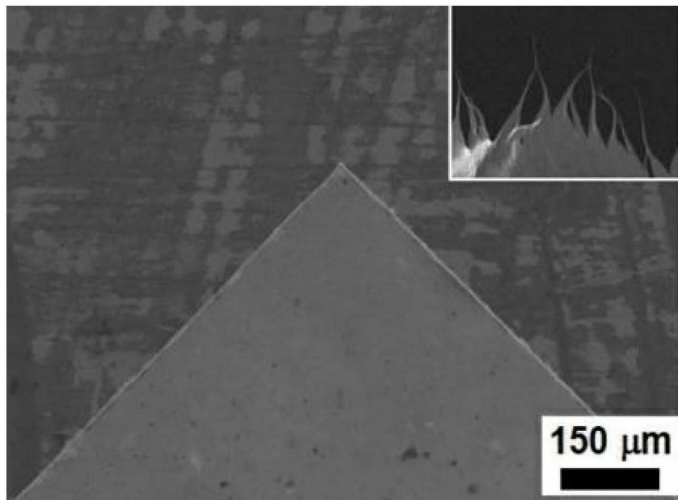


도면2



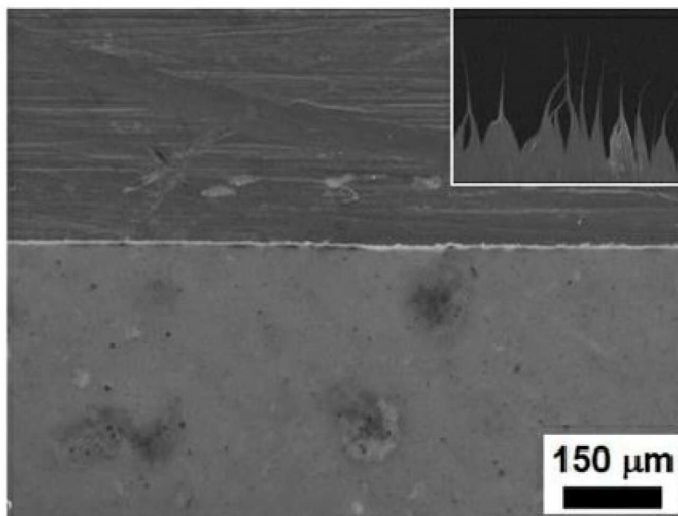
도면3

(a)



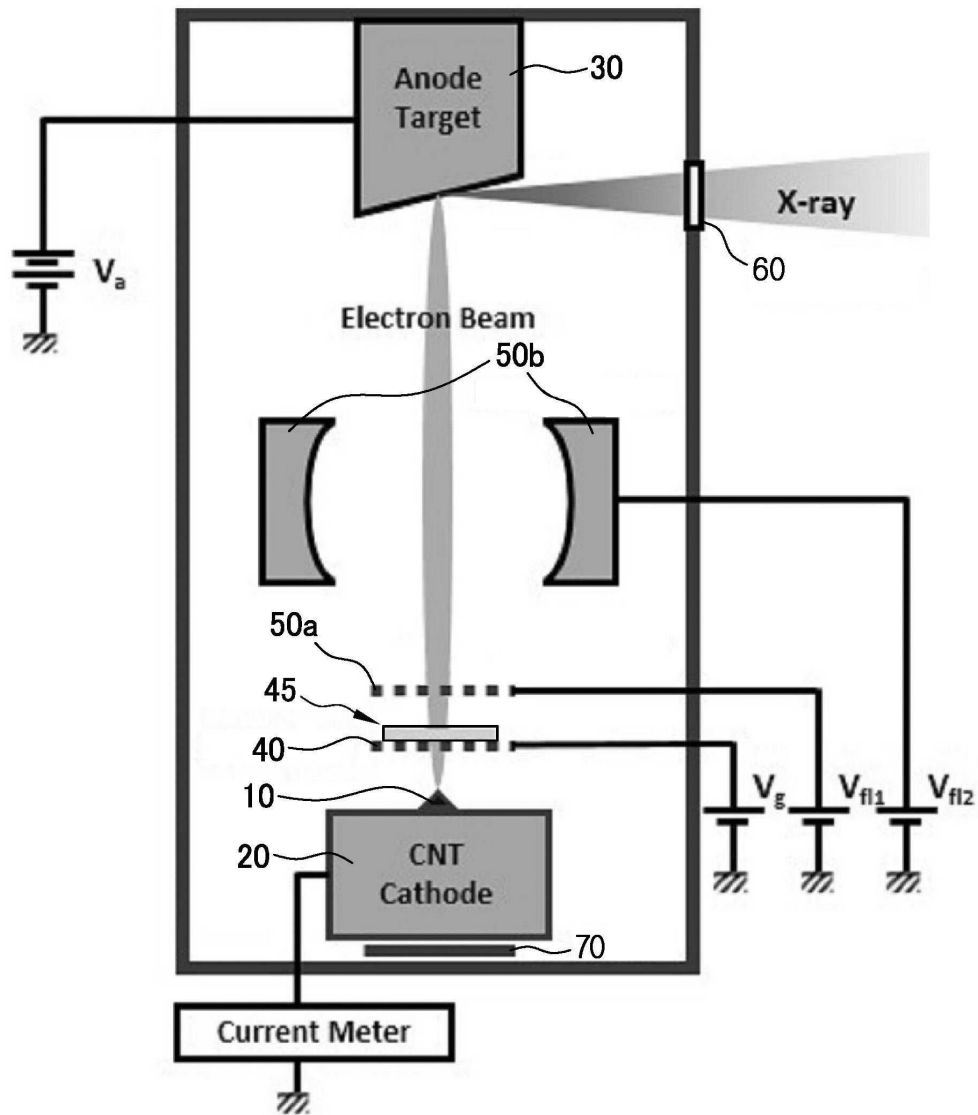
Point-type CNT film emitter

(b)

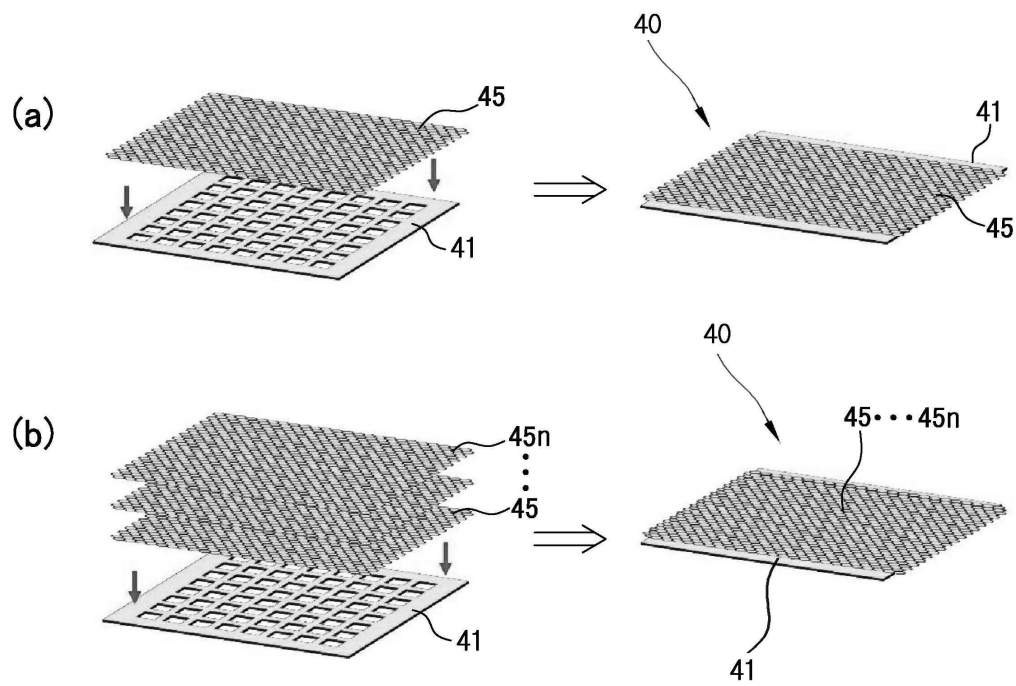


Line-type CNT film emitter

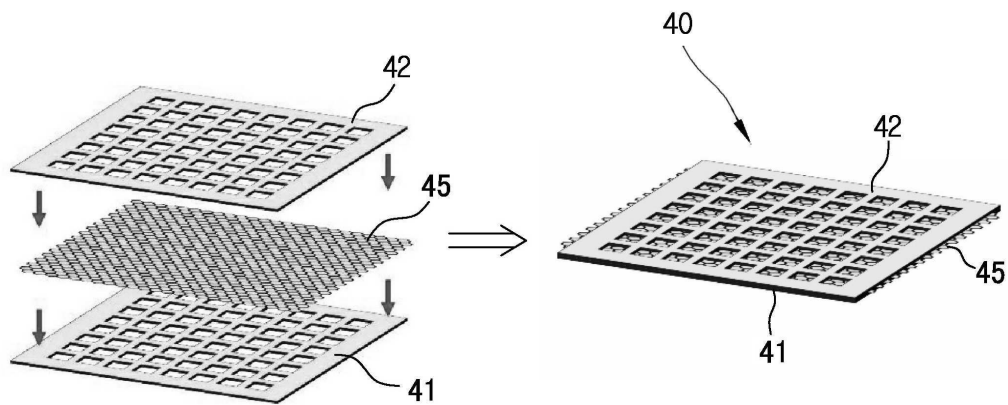
도면4



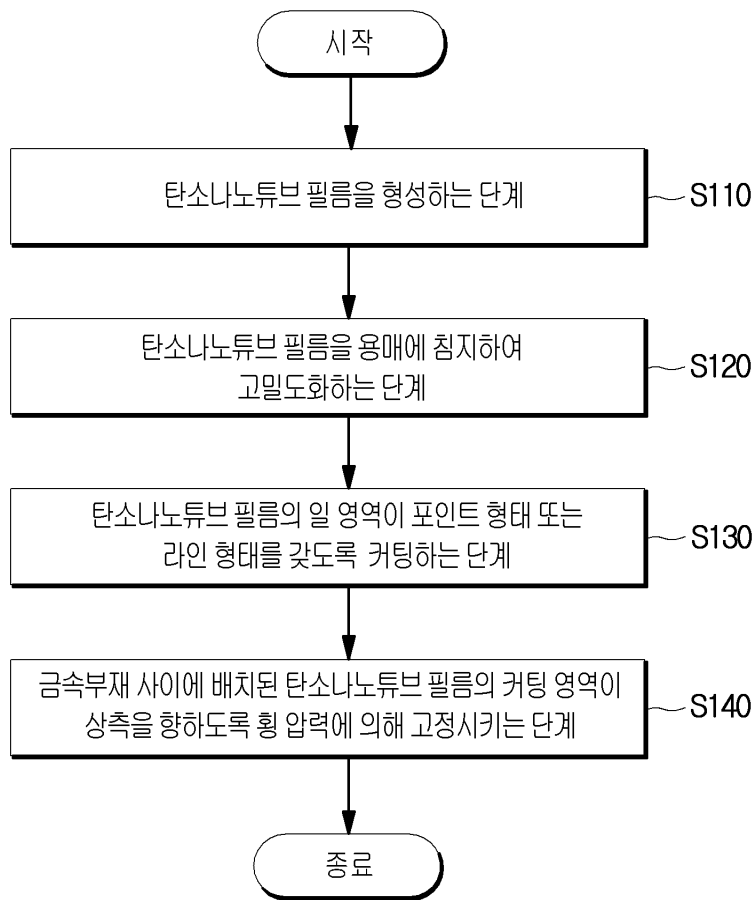
도면5



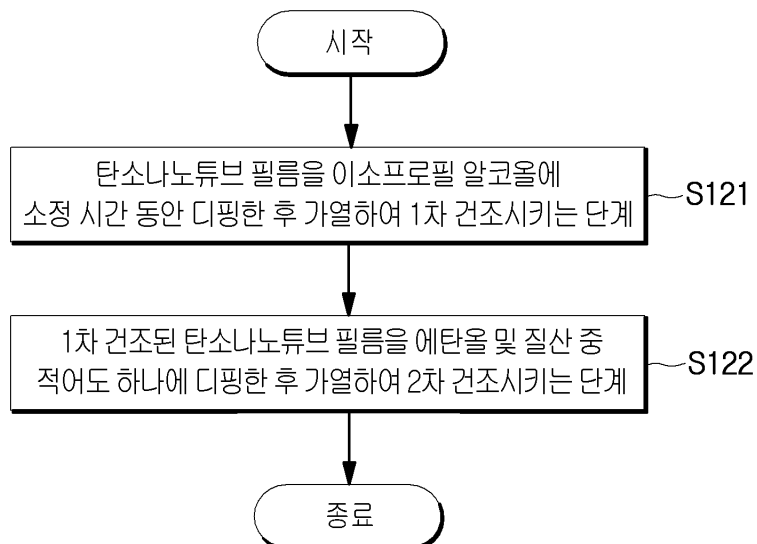
도면6



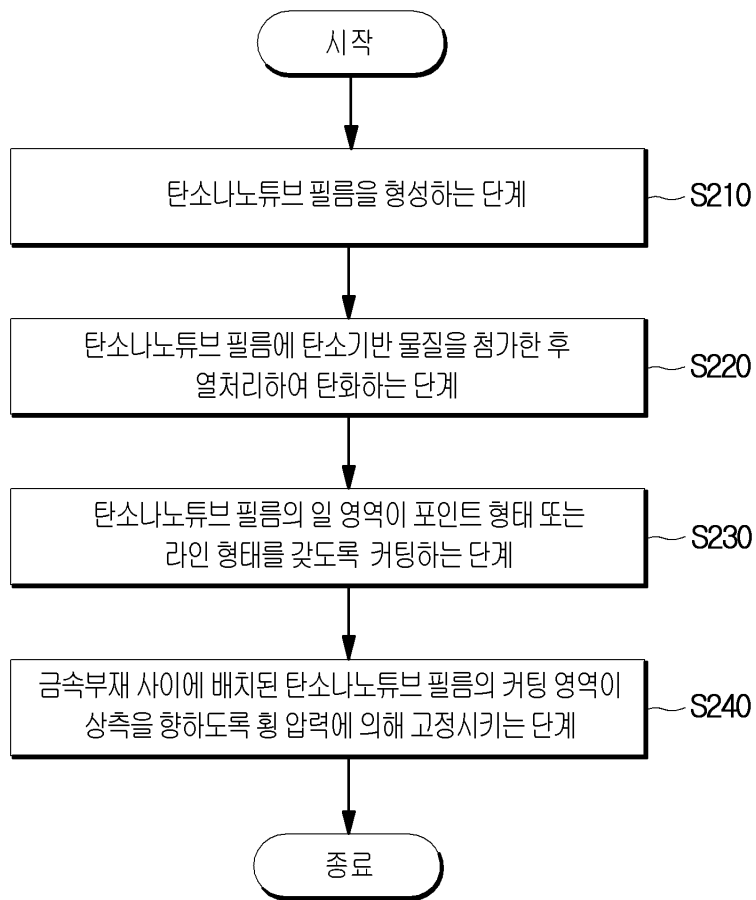
도면7



도면8



도면9



도면10

