



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0098724
(43) 공개일자 2016년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 1/304 (2006.01) H01J 9/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 1/3042 (2013.01)
H01J 1/3046 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0020670
(22) 출원일자 2015년02월11일
심사청구일자 2015년02월11일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이철진
서울특별시 강북구 화계사길 32 (수유동)
신동훈
서울특별시 서초구 방배천로18길 11, 102동 303호 (방배동, 방배롯데캐슬아파트)
윤기남
경기도 안산시 단원구 원선로 50, 112동 2101호 (원곡동, 벽산블루밍아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

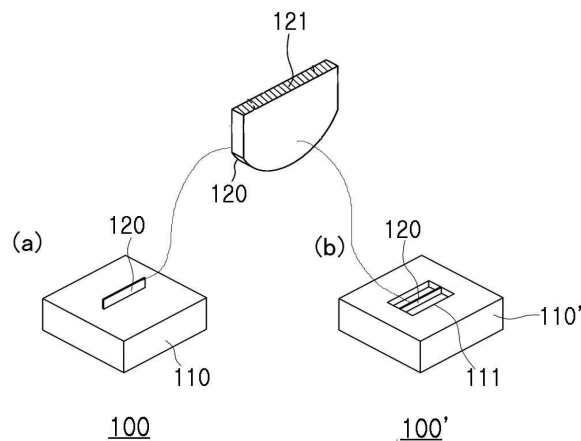
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 전자방출원, 어레이형 전자방출원, 전자방출소자 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명에서는 나노소재 박막의 에지(Edge) 면을 이용하는 전자방출원, 전자방출소자, 어레이형 전자방출원, 전자방출소자의 제조방법, 및 어레이형 전자방출원의 제조방법이 제안된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출소자는 제 1 금속 부재, 제 1 금속 부재와 소정의 간격을 두고 나란하게 배치된 제 2 금속 부재, 및 제 1 금속 부재에 의해 둘러싸여 고정되고 제 2 금속 부재를 향하여 노출된 에지(Edge) 면을 가지는 나노소재 박막을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 9/025 (2013.01)

H01J 2201/30403 (2013.01)

H01J 2201/30423 (2013.01)

H01J 2329/0423 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

전자방출원에 있어서,

금속 부재; 및

상기 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 상기 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함하는 전자방출원.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 금속 부재의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역을 가지고, 상기 적어도 하나의 함몰된 영역은 상기 나노소재 박막에 의해 각각 분할되며, 각각의 나노소재 박막의 양면은 상기 함몰된 영역 내에서 일부 노출되는 전자방출원.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 나노소재 박막의 에지 면의 양 끝단은 상기 금속 부재에 의해 고정되는 전자방출원.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 함몰된 영역에 대한 수직 단면은 U자, V자, 또는 II자 형상인 전자방출원.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 금속 부재에 전원이 공급됨에 따라 형성된 전기장에 의해 전자가 상기 나노소재 박막의 에지 면을 통해 방출되는 전자방출원.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 나노소재 박막은 일자, 튼니, 및 요철 중 적어도 하나의 형태의 에지 면을 구비하도록 가공되어 제작된 것인 전자방출원.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 나노소재 박막은 상기 금속 부재의 상면에 대해 접착 고정되거나,

상기 나노소재 박막의 일부는 상기 금속 부재를 이루는 적어도 2개 이상의 서브 금속 부재에 의한 횡 압력에 의해 고정되는 전자방출원.

청구항 8

전자방출소자에 있어서,

제 1 금속 부재 및 상기 제 1 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함하는 전자방출원; 및

상기 제 1 금속 부재와 소정의 간격을 두고 배치된 적어도 하나의 제 2 금속 부재를 포함하고,
상기 나노소재 박막은 상기 제 2 금속 부재를 바라보는 에지(Edge) 면을 가지도록 고정되는 전자방출소자.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
상기 제 2 금속 부재의 개수에 따라 상기 제 2 금속 부재의 배치가 결정되는 전자방출소자.

청구항 10

어레이형 전자방출원에 있어서,
서로 밀착하여 배치된 복수 개의 전자방출원; 및
상기 복수 개의 전자방출원을 고정시키는 고정체를 포함하고,
각각의 전자방출원은
금속 부재; 및
상기 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 상기 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함하는 어레이형 전자방출원.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 금속 부재의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역을 가지고,
상기 적어도 하나의 함몰된 영역에 대한 수직 단면은 U자, V자, 또는 II자 형상인, 어레이형 전자방출원.

청구항 12

전자방출원의 제조방법에 있어서,
금속 부재 및 적어도 하나의 나노소재 박막을 구비하는 단계; 및
상기 나노소재 박막이 상기 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 상기 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정시키는 단계를 포함하는 전자방출원의 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
상기 고정시키는 단계는
접착 물질을 이용하여 상기 나노소재 박막을 상기 금속 부재의 상면에 대해 고정시키는 전자방출원의 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,
상기 금속 부재의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역을 가지고,
상기 고정시키는 단계는 상기 적어도 하나의 함몰된 영역이 상기 나노소재 박막에 의해 각각 분할되도록 상기 나노소재 박막을 상기 함몰된 영역 내에 고정시키는 전자방출원의 제조방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,
상기 고정시키는 단계는
적어도 2개 이상의 서브 금속 부재 사이에 상기 나노소재 박막을 배치시키는 단계; 및

상기 배치된 나노소재 박막을 향하여 상기 서브 금속 부재 중 양 끝에 배치된 서브 금속 부재에 대해 횡 압력을 가하여 상기 서브 금속 부재와 상기 나노소재 박막을 밀착시키는 단계를 포함하는 전자방출원의 제조방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 배치된 나노소재 박막과 인접하는 각각의 서브 금속 부재는 함몰된 영역을 가지고,

상기 밀착시키는 단계는 상기 배치된 나노소재 박막의 양면이 상기 함몰된 영역 내에서 일부 노출되도록 밀착시키는 전자방출원의 제조방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 구비하는 단계 이전에 상기 나노소재 박막이 일자, 튼니, 및 요철 중 적어도 하나의 형태의 에지 면을 가지도록 가공하는 단계를 더 포함하는 전자방출원의 제조방법.

청구항 18

어레이형 전자방출원의 제조방법에 있어서,

복수 개의 전자방출원을 서로 밀착하여 배치되도록 구비하는 단계; 및

상기 복수 개의 전자방출원을 고정시키는 단계를 포함하고,

각각의 전자방출원은

금속 부재; 및

상기 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 상기 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함하는 어레이형 전자방출원의 제조방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 고정시키는 단계는

상기 각각의 전자방출원의 금속 부재에 형성된 홀을 관통하는 고정체를 삽입시키는 단계를 포함하는 어레이형 전자방출원의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전자방출원, 전자방출소자, 어레이형 전자방출원, 전자방출소자, 및 각각에 대한 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자방출소자 (Electron Emission Device)는 일반적으로 애노드(anode) 전극과 캐소드(cathode) 전극 사이에 전압을 인가하여 전계(electric field)를 형성함으로써 캐소드 전극 측의 전자방출원으로부터 애노드 전극 측을 향해 전자를 방출시키는 소자이다.

[0003] 일반적으로, 전계 방출은 전기장의 세기와 고체의 일함수(work function)에 크게 의존하게 된다. 이는 외부의 강한 전기장이 가해졌을 때 고체 표면에서 전자가 터널링 효과에 의해 방출되는 물리적 현상으로 고체의 페르미 에너지 아래에 속박된 전자들이 강한 전기장에 의해 얕아진 전위 장벽을 터널링하여 방출되기 때문이다.

[0004] 한편, 전자 전도성이 탁월한 탄소나노튜브 (Carbon nanotube : CNT)는 탄소육각망면을 주 구조로 하며, 전도성 및 전계 집중 효과가 우수하고, 일함수가 낮고 전계 방출 특성이 우수하여 저전압 구동이 용이하다. 특히, 탄소 나노튜브는 작은 직경(약 수 나노미터 내지 수십 나노미터)을 갖기 때문에 종래의 마이크로 팁형(spindt형)

전계방출 팁에 비해 전계강화효과(field enhancement factor)가 상당히 우수하다. 탄소나노튜브와 같은 물질을 전자방출소자에 사용하면 전자방출이 낮은 임계 전계(turn-on field, 약 $1\sim5[V/\mu m]$)에서 이루어 질 수 있게 되므로, 전력손실 및 생산단가를 줄일 수 있는 장점이 있다.

- [0005] 이러한 탄소나노튜브를 전자방출원으로 제작하는 방법으로는 직접 성장법, 전기영동법, 자기조립법, 스프레이법, 스크린 프린팅법 등이 있었다.
- [0006] 직접 성장법은 나노소재의 직경, 길이, 밀도, 패터화 조절 등의 구조제어가 용이하다. 하지만, 촉매 금속 증착의 대면적에 대한 균질성 확보와 촉매 금속 입자의 크기 제어가 어려울 뿐만 아니라, 성장된 나노소재와 캐소드 기관 사이의 접착력이 약하다는 단점이 있다.
- [0007] 전기영동법은 상온에서 선택적 증착이 가능하고 대면적화 하기 쉽다. 그러나, 두께와 밀도 조절이 어렵고 균질성과 재현성이 좋지 못할뿐더러 캐소드 기관과의 접착력이 좋지 않아 전계 전자 방출시 신뢰성과 안정성 문제가 대두되고 있다.
- [0008] 자기조립법은 공정이 간단하고 상온에서 대면적화가 용이 하지만, 전기영동법과 마찬가지로 형성된 나노소재와 캐소드 기관과의 접착력이 좋지 않고 많은 시간이 소요된다는 단점을 가지고 있다.
- [0009] 스프레이법도 마찬가지로 공정이 간단하고 상온에서 대면적화하기 용이하다. 하지만, 노즐에서 캐소드 기관까지 분사액의 이동 중 현탁액 증발 정도에 따라 박막 표면 상태가 결정되게 되므로 전계방출원 박막 두께, 밀도 조절 및 고른 박막 증착이 용이하지 않기에 균질성과 재현성이 떨어지며, 캐소드 기관과의 약한 접착력으로 인해 전계 전자 방출 동안 탈착이 쉽게 발생하는 단점을 가지고 있다.
- [0010] 스크린 프린팅법의 경우 한국등록특허 제 10-2007-0011808호 (발명의 명칭: 금속 복합체를 포함한 전자 방출원, 이를 포함한 전자 방출소자 및 상기 전자 방출원 형성용 조성물)에서 폴리머 및 유기 용매를 함유하는 비이클, 무기 바인더 및 기타 첨가제와 탄소나노튜브 분말을 섞은 페이스트를 캐소드 기관에 인쇄, 소성하여 탄소나노튜브 박막을 형성한다는 내용을 개시하고 있다. 다만, 프린팅된 전자 방출원과 캐소드 기관사이의 접착력이 약한 문제점과 전도성의 저하라는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에 의하면 기존 방식과는 전혀 상이한 방식으로 나노소재 박막의 에지(Edge) 면을 이용하여 높은 전계 방출 효율을 가지는 전자방출원, 전자방출소자, 및 어레이형 전자방출원을 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면 장시간 사용에도 성능의 신뢰성을 보장하고 나노소재 박막의 파손을 방지할 수 있는 전자방출소자의 제조방법 및 어레이형 전자방출원의 제조방법을 제공하는 데에 다른 목적이 있다.
- [0013] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원은 금속 부재, 및 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출소자는 제 1 금속 부재 및 제 1 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함하는 전자방출원, 및 제 1 금속 부재와 소정의 간격을 두고 배치된 적어도 하나의 제 2 금속 부재를 포함하고, 나노소재 박막은 제 2 금속 부재를 바라보는 에지(Edge) 면을 가지도록 고정된다.
- [0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이형 전자방출원은 서로 밀착하여 배치된 복수 개의 전자방출원, 및 복수 개의 전자방출원을 고정시키는 고정체를 포함하고, 각각의 전자방출원은 금속 부재, 및 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함한다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원의 제조방법은 금속 부재 및 적어도 하나의 나노소재 박막을 구비하는 단계, 및 나노소재 박막이 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정시키는 단계를 포함한다.

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이형 전자방출원의 제조방법은 복수 개의 전자방출원을 서로 밀착하여 배치되도록 구비하는 단계, 및 복수 개의 전자방출원을 고정시키는 단계를 포함하고, 각각의 전자방출원은 금속 부재, 및 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge) 면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함한다.

발명의 효과

[0019] 전술한 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 나노소재 박막의 에지(Edge) 면을 통해 전자 방출이 이루어지도록 나노소재 박막을 배치시킴으로써, 종래 방식과는 차별화되면서 실용화 가능성이 높은 전자방출원 및 전자방출소자를 제공할 수 있다.

[0020] 또한, 유기물을 함유하는 페이스트나 다른 접착제 없이도, 나노소재 자체의 강한 내부 결합력 및 나노소재 박막과 이를 둘러싸는 금속 부재간의 강한 접착력을 달성함으로써, 유기물에 의한 오염이나 아웃 개싱(Outgassing) 등의 문제를 근본적으로 해결할 수 있고, 전계 방출 효율이 높으며 수명이 길어진다.

[0021] 나노소재 박막은 이미 횡 방향으로 준정렬이 되어 있기 때문에 전자방출원을 역지로 수직방향으로 세우기 위한 별도의 후처리 공정이 필요없으며, 이는 공정의 단순화와 이물질로부터의 오염문제를 방지할 뿐만 아니라, 굉장히 많은 양의 전자방출물질이 실질적으로 전자방출에 기여하기 때문에 전계 방출 효율이 매우 높아지고 소자의 수명이 길어진다.

[0022] 또한, 에지 면의 양 끝단이 금속 부재에 의해 커버된 형태의 전자방출원 및 전자방출소자를 제공함으로써, 성능 신뢰도 및 내구성을 향상시킬 수 있다.

[0023] 시트 전자 빔(Sheet Electron Beam) 생성에 매우 효과적이며, 단일형뿐만 아니라 어레이 형 시트 전자 빔 소스로 확장이 가능하다. 즉, 나노소재 박막 에미터 가장자리에서의 전기장 집중효과를 억제하고, 나노소재 박막 에미터 두께 방향으로의 전기장을 균일하게 함으로써 균일한 시트 전자 빔을 발생시키는 전자 빔 소스로서 적용이 가능하다. 또한, 박막은 물리적으로 쉽게 가공할 수 있어 점 혹은 선광원의 형상으로 제작이 가능하다. 이러한 형태의 광원은 X-ray 소스, THz 증폭기, e-beam 분석기기 등에 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 Plane-type(P-type)의 전자방출원의 구조도이고, (b)는 본 발명의 다른 실시예에 따른 Hollow-type(H-type)의 전자방출원의 구조도이다.

도 2는 도 1의 (a) 및 (b)에 도시된 전자방출원을 각각 이용하는 경우, 나노소재 박막의 에지 면에서의 전기장 세기에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 P-type의 전자방출소자의 구조도이고, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 H-type의 전자방출소자의 구조도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출소자의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 5의 (a)는 나노소재 박막을 제작하는 과정의 일 예에 대한 개념도이고, (b)는 제작된 나노소재 박막의 실제 사진이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원 및 전자방출소자의 제조방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 7은 P-type의 전자방출소자의 전계 방출 특성을 예시적으로 설명하기 위한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이형 전자방출원의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이형 전자방출소자의 제조방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 11은 어레이형 전자방출소자의 전계 방출 특성을 예시적으로 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 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 생략하였다.
- [0026] 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.
- [0027] 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.
- [0028] 본 발명에서 제안하는 다양한 종류의 전자방출소자 및 전자방출원은 전계가 형성됨에 따라 전자를 방출할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원은 금속 부재, 및 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지(Edge)면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함한다.
- [0030] 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자방출원의 경우 추가적으로 금속 부재의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역을 가지고, 적어도 하나의 함몰된 영역은 나노소재 박막에 의해 각각 분할되며, 각각의 나노소재 박막의 양면은 함몰된 영역 내에서 일부 노출될 수 있다.
- [0031] 이하, 도 1 내지 도 2를 참고하여 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원에 대해 자세히 설명하고자 한다.
- [0032] 도 1의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 Plane-type(P-type)의 전자방출원의 구조도이고, (b)는 본 발명의 다른 실시예에 따른 Hollow-type(H-type)의 전자방출원의 구조도이다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따르면, Plane-type(P-type)의 전자방출원이란 나노소재 박막을 직립한 상태로 고정시키는 금속 부재의 상면이 실질적으로 균일한 형태인 것을 의미한다.
- [0034] 도 1의 (a)를 참조하면, P-type의 전자방출원(100)은 금속 부재(110), 및 금속 부재(110)의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지 면(121)을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막(120)을 포함한다. 즉, 나노소재 박막(120)은 위쪽 방향을 바라보는 에지 면(121)을 가지도록 금속 부재(110)의 일면에 고정될 수 있고, 에지 면(121)은 나노소재 박막(120)의 테두리가 이루는 면 중 일부분을 의미할 수 있다.
- [0035] 이때, 금속 부재(110)는 단일의 부재이거나 적어도 2개 이상의 서브 금속 부재를 포함하여 이루어질 수 있다. 금속 부재(110)는 나노소재 박막(120)을 직립한 상태로 고정시키고, 금속 부재(110)의 일부분 또는 서브 금속 부재가 나노소재 박막(120)과 전기적으로 연결된 상태라면, 금속 부재(110)의 형태는 다양하게 변형될 수 있다.
- [0036] 또한, 나노소재 박막(120)은 금속 부재(110)의 상면에 대해 접촉 고정되거나, 나노소재 박막(120)의 일부분은 금속 부재(110)를 이루는 적어도 2개 이상의 서브 금속 부재에 의한 횡 압력에 의해 고정될 수 있다.
- [0037] 또한, 나노소재 박막(120)은 다양한 형태의 에지 면(121)을 구비하도록 가공되어 제작될 수 있다. 이때 에지 면(121)은 사용 용도에 따라 표면적을 최대화하는 형태로 제작될 수도 있다. 예를 들어, 나노소재 박막(120)은 일자, 톱니, 및 요철 중 적어도 하나의 형태의 에지 면(121)을 구비하도록 가공되어 제작될 수 있다.
- [0038] 나노소재 박막(120)이 금속 부재(110)의 표면과 실질적으로 수직 관계를 이루어 고정됨으로써, 금속 부재(110)에 전원이 공급됨에 따라 형성된 전기장에 의해 전자가 나노소재 박막(120)의 에지 면(121)을 통해 방출될 수 있다.
- [0039] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, Hollow-type(H-type)의 전자방출원이란 금속 부재의 일면에 함몰된 영역을 가지고 함몰된 영역 내에서 나노소재 박막이 직립한 상태로 고정되는 형태를 의미한다.
- [0040] 도 1의 (b)를 참조하면, H-type의 전자방출원(100')은 금속 부재(110'), 및 금속 부재(110')의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지 면(121)을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소

재 박막(120)을 포함한다. 또한, 금속 부재(110')의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역(111)을 가지고, 적어도 하나의 함몰된 영역(111)은 나노소재 박막(120)에 의해 각각 분할되며, 각각의 나노소재 박막(120)의 양면은 함몰된 영역(111) 내에서 일부 노출될 수 있다. 즉, 나노소재 박막(120)은 위쪽 방향을 바라보는 에지 면(121)을 가지도록 금속 부재(110')의 함몰된 영역(111) 내에서 고정될 수 있고, 에지 면(121)은 나노소재 박막(120)의 테두리가 이루는 면 중 일부분을 의미할 수 있다.

[0041] 여기서, 적어도 하나의 함몰된 영역(111)은 사용 용도에 따라 상이한 크기 및 형태로 형성될 수 있다. 예를 들어, 도 1의 (b)에서 함몰된 영역(111)이 직육면체 형태로 도시되어 있으나, 이는 정육면체, 삼각뿔 등과 같이 다양하게 변형 가능하다. 또한, 함몰된 영역(111)에 대한 수직 단면은 U자, V자, 또는 II자 형상일 수 있으나, 이러한 형상들로 제한되는 것은 아니다. 또한, 복수의 함몰된 영역(111)이 형성되는 경우 복수의 함몰된 영역(111)은 다양하게 배치될 수 있다. 예를 들어, 복수의 함몰된 영역(111)은 서로 연속적이거나 소정의 간격을 둔 상태일 수 있다.

[0042] 또한, 나노소재 박막(120)은 금속 부재(110')의 상면에 대해 접착 고정되거나, 나노소재 박막(120)의 일부분은 금속 부재(110')를 이루는 적어도 2개 이상의 서브 금속 부재에 의한 횡 압력에 의해 고정될 수 있다.

[0043] 이때, 나노소재 박막(120)의 에지 면(121)의 양 끝단은 함몰된 영역(111) 내에서 금속 부재(110')에 의해 고정될 수 있다. 에지 면(121)의 양 끝단이 금속 부재(110')에 의해 커버됨으로써, 나노소재 박막(120)은 금속 부재(110')에 의해 보다 안정적으로 고정되고 성능 신뢰도 및 내구성도 향상될 수 있다.

[0044] 이처럼 나노소재 박막(120)이 함몰된 영역(111)에서 금속 부재(110')의 표면과 실질적으로 수직 관계를 이루어 고정됨으로써, 금속 부재(110')에 전원이 공급됨에 따라 형성된 전기장에 의해 전자가 나노소재 박막(120)의 에지 면(121)을 통해 안정적으로 방출될 수 있다.

[0045] 덧붙여, H-type의 전자방출원(100')과 P-type의 전자방출원(100)에 대한 설명 중 중복되는 부분의 설명은 생략하기로 한다. 설명은 생략되었지만, P-type의 전자방출원(100)에 대해 설명한 내용이 H-type의 전자방출원(100')의 각 구성에 대해 적용 가능하다는 것을 쉽게 이해할 수 있다.

[0046] 다음으로, 도 2는 도 1의 (a) 및 (b)에 도시된 전자방출원을 각각 이용하는 경우, 나노소재 박막의 에지 면에서의 전기장 세기에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0047] 도 2의 첫번째 열을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 P-type, H-type(W=6mm), 및 H-type(W=1mm)의 전자방출원의 예를 나타내고 있다. P-type의 전자방출원(100)은 도 1의 (a)에 도시된 P-type의 전자방출원(100)일 수 있고, H-type의 전자방출원(100')은 도 1의 (b)에 도시된 H-type의 전자방출원(100')일 수 있다. H-type의 전자방출원(100')에서 각각의 W 수치는, 나노소재 박막(120)에서 함몰된 영역(111)의 수직방향 너비를 의미한다.

[0048] 도 2의 두번째 열은 에지 면(121)의 양 끝단을 확대하여 도시한 것이다. P-type의 전자방출원(100)의 경우, 나노소재 박막(120)의 에지 면(121)의 양 끝단 부근에 전기장이 강하게 인가된다는 것을 확인할 수 있다. 이로 인해 나노소재 박막(120)의 파손이나 성능에 대한 신뢰성 문제가 발생할 수 있다. H-type의 전자방출원(100')의 경우, 나노소재 박막(120)의 에지 면(121)의 양 끝단이 금속 부재(110')에 의해 둘러싸여 있기 때문에 에지 면(121)의 양 끝단 부근에 전기장이 상대적으로 약하게 인가되는 것을 확인할 수 있다. 이로 인해 P-type의 전자방출원(100)에서 발생될 수 있는 문제를 사전에 방지할 수 있다. 또한, H-type의 전자방출원(100')에서 수직방향 너비에 따른 전계 방출 특성을 비교하면, 6mm인 경우보다 1mm인 경우에 좀더 균일하게 전자가 방출되므로, 함몰된 영역(111)의 수직방향 너비가 1mm인 H-type의 전자방출원(100')을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 다만, 이러한 결과는 하나의 실험 예일 뿐이고, 사용 용도나 환경에 따라 상이하게 나타날 수 있다.

[0049] 이하에서는, 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 나노소재 박막을 이용한 전자방출소자의 구조에 대하여 자세히 설명한다.

[0050] 도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 P-type의 전자방출소자의 구조도이고, (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 H-type의 전자방출소자의 구조도이다.

[0051] P-type의 전자방출소자는 상술한 P-type의 전자방출원(200)을 포함하고, H-type의 전자방출소자는 상술한 H-type의 전자방출원(200')을 포함한다. 또한, 도 3의 (a) 및 (b)에 도시된 전자방출소자는 각각 2개의 전극을 가지는 다이오드(Diode) 타입이다. 다만, 본 발명에서의 전자방출원은 3개 이상의 전극을 가지는 전자방출소자에 적용될 수 있다.

- [0052] 도 3의 (a)를 참조하면, Plane-type(P-type)의 전자방출소자는 제 1 금속 부재(210), 제 2 금속 부재(230), 및 나노소재 박막(220)을 포함한다. 이때, 제 1 금속 부재(210)는 캐소드 전극일 수 있고, 제 2 금속 부재(230)는 애노드 전극일 수 있다. 특히, 제 1 금속 부재(210) 및 나노소재 박막(220)을 포함하는 P-type의 전자방출원(200)은 에미터 역할을 수행할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출소자는 제 1 금속 부재(210) 및 제 1 금속 부재(210)의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함하는 전자방출원(200), 및 제 1 금속 부재(210)와 소정의 간격을 두고 배치된 적어도 하나의 제 2 금속 부재(230)를 포함한다.
- [0054] 즉, 나노소재 박막(220)은 제 1 금속 부재(210)의 일 면에 대해 실질적으로 수직하게 직립 고정될 수 있고, 제 1 금속 부재(210)의 일 면은 평평하고 균일할 수 있다.
- [0055] 도 3의 (b)를 참고하면, Hollow-type(H-type)의 전자방출소자는 제 1 금속부재(210'), 제 2 금속 부재(230), 및 나노소재 박막(220)을 포함한다. 이때, 제 1 금속 부재(210')는 캐소드 전극일 수 있고, 제 2 금속 부재(230)는 애노드 전극일 수 있다. 특히, 제 1 금속 부재(210') 및 나노소재 박막(220)을 포함하는 H-type의 전자방출원(200')은 에미터 역할을 수행할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자방출소자는 제 1 금속 부재(210') 및 제 1 금속 부재(210')의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막(220)을 포함하는 전자방출원(200'), 및 제 1 금속 부재(210')와 소정의 간격을 두고 배치된 적어도 하나의 제 2 금속 부재(230)를 포함한다. 이때, 제 1 금속 부재(210')의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역을 가지고, 적어도 하나의 함몰된 영역은 나노소재 박막(220)에 의해 각각 분할되며, 각각의 나노소재 박막의 양면은 함몰된 영역 내에서 일부 노출될 수 있다.
- [0057] 즉, 나노소재 박막(220)은 적어도 하나의 함몰된 영역(211) 내에서 제 1 금속 부재(210')의 일 면에 대해 실질적으로 수직하게 직립 고정될 수 있다.
- [0058] 본 발명의 실시예에 따른 전자방출소자는 아래와 같은 특징을 공통적으로 가질 수 있다.
- [0059] 제 2 금속 부재(230)를 바라보는 에지 면을 가지는 나노소재 박막(220)은 제 1 금속 부재(210, 210')에 의해 고정된다. 또한, 제 2 금속 부재(230)의 배치가 제 2 금속 부재(230)의 개수에 따라 상이하게 결정될 수 있다.
- [0060] 제 1 금속 부재(210, 210')와 제 2 금속 부재(230)는 서로 소정거리의 간격을 두고 나란하게 배치될 수 있다. 또한, 전자방출소자에 전기장을 형성시키기 위해 제 1 금속 부재(210, 210')와 제 2 금속 부재(230)에 전원이 공급될 수 있다. 이때, 소정의 간격은 전기장 형성에 문제가 없을 정도로 결정되고, 사용 용도에 맞게 적절히 수정될 수 있다. 형성된 전기장에 의해 전자가 나노소재 박막(220)의 에지 면을 통해 방출될 수 있고, 방출된 전자는 제 2 금속 부재(230)를 향하여 이동할 수 있다.
- [0061] 이러한 나노소재 박막(220)은 제 1 금속 부재(210, 210')의 상면에 대해 접착 고정될 수 있다. 나노소재 박막(220)은 에지 면이 제 2 금속 부재(230)를 바라보도록 제 1 금속 부재(210, 210')의 상면에 접착 고정될 수 있다.
- [0062] 또는 나노소재 박막(220)의 일부분은 제 1 금속 부재(210, 210')를 이루는 적어도 2개 이상의 서브 금속 부재에 의한 횡 압력에 의해 밀착 고정되고, 나노소재 박막(220)의 나머지 부분은 제 1 금속 부재(210, 210')로부터 돌출될 수 있다. 돌출된 나머지 부분의 에지 면은 제 2 금속 부재(230)를 향하여 노출된 상태일 수 있다.
- [0063] 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 전자방출소자에서 나노소재 박막(220)으로 탄소나노튜브가 사용될 수 있으나 다른 물질로 제작될 수도 있다. 여기에서, 탄소나노튜브는 단일벽 탄소나노튜브, 이중벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브, 금속성 탄소나노튜브 및 반도체성 탄소나노튜브로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상으로 이루어진 것일 수 있다. 또한, 나노튜브(C, BN, W 등), 나노와이어(Ag, ZnO 등), 나노파이버(C 등), 나노시트(그래핀, 전이금속 할로젠화합물 등) 등이 이용될 수도 있고, 이러한 물질 등이 코팅되거나 혼합된 형태로도 후처리 공정을 통해 이용 가능할 수 있으나 이들로 한정되는 것은 아니다.
- [0064] 또한, 제 1 금속 부재(210, 210') 및 제 2 금속 부재(230)는 서로 동일하거나 다른 금속일 수 있다. 예를 들어, 금속은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pd, Ag, Au, Hg, Pt, Ta, Mo, Zr, Ta, Mg, Sn, Ge, Y, Nb, Tc, Ru, Rh, Lu, Hf, W, Re, Os, Ir, Lr, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt, Ds, Rg 및 Uub로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상의 금속을 포함할 수 있으나, 반드시 이들로 한정되지 않는다. 이때에 사용되는 제 1 금속 부재(210, 210') 및 제 2 금속 부재(230)의 일부분은 절연체일 수도 있다. 사용자의 목적에 맞게 절연체를 적절하게 배치하되 나노소재 박막(220)과 제 1 금속 부재(210, 210')가 서로 전기적으로 연결되도록 배치함으로써, 다

양한 배치로 인한 전계 방출 특성을 조절할 수 있다.

- [0065] 나아가, 이하에서는 지금까지 설명한 전자방출원 및 전자방출소자를 제조하는 방법에 대해 설명하기로 한다. 설명의 편의상 각 구성에 대한 도면부호는 도 1 내지 도 3에서 사용된 것을 참고하여 설명하였다.
- [0066] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원의 제조방법을 설명하기 순서도이다.
- [0067] 먼저, 금속 부재 및 적어도 하나의 나노소재 박막(220)을 구비한다(S400).
- [0068] 참고로, 구비하는 단계(S400)이전에, 나노소재 박막(220)이 일자 형태 또는 사용 용도에 맞는 형태의 에지 면을 가지도록 가공할 수 있다. 나노소재 박막(220)을 가공하는 단계는 후술하는 도 5를 통하여 좀더 자세히 설명하고자 한다.
- [0069] 다음으로, 나노소재 박막(220)이 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지 면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정시킨다(S410).
- [0070] 예를 들어, 도 3에서와 같이, 단계(S410)에서는 나노소재 박막(220)의 에지 면이 제 1 금속 부재(210, 210')와 소정의 간격을 두고 배치된 제 2 금속 부재(230)를 향하여 노출되도록 처리할 수 있다.
- [0071] 또한, 단계 (S410)에서, 나노소재 박막(220)이 금속 부재에 고정되도록 하기 위해, 적어도 2 이상의 서브 금속 부재 사이에 나노소재 박막(220)을 배치시키고, 나노소재 박막(220)을 향하여 서브 금속 부재 중 양 끝에 배치된 서브 금속 부재에 대해 횡 압력을 가하여 서브 금속 부재와 나노소재 박막(220)을 밀착시킬 수도 있다.
- [0072] 경우에 따라 나노소재 박막(220)의 양면과 접하는 각각의 서브 금속 부재는 함몰된 영역(211)을 가질 수 있다. 이러한 경우 단계(S410)에서는 나노소재 박막(220)의 양면이 함몰된 영역(211) 내에서 일부 노출되도록 밀착시킬 수 있다. 또한, 단계(S410)에서는 나노소재 박막(220)의 에지 면의 양 끝단이 나노소재 박막(220)의 양면과 접하는 각각의 서브 금속 부재에 의해 둘러싸이도록 밀착시킬 수 있다. 즉, 나노소재 박막(220)의 에지 면의 양 끝단은 금속 부재에 의해 고정될 수 있다. 이렇게 제조된 전자방출원(200, 200')은 제 2 금속 부재(230)와 함께 하나의 전자방출소자의 역할을 수행할 수 있고, 이에 대한 추가 설명은 도 7을 참고하여 후술하기로 한다.
- [0073] 또한, 단계(S410)에서, 나노소재 박막(220)이 금속 부재에 고정되도록 하기 위해, 접착 물질을 이용하여 나노소재 박막(220)을 금속 부재의 상면에 대해 고정시킬 수 있다.
- [0074] 이러한 경우에도 마찬가지로, 금속 부재의 상면은 적어도 하나의 함몰된 영역(211)을 가지고, 이때의 적어도 하나의 함몰된 영역(211)이 나노소재 박막(220)에 의해 각각 분할되도록 나노소재 박막(220)을 함몰된 영역(211) 내에 고정시킬 수 있다.
- [0075] 또한, 1개의 금속 부재(210) 상에서도 나노소재 박막(220)이 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지 면을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 접촉될 수도 있다.
- [0076] 전술한 바와 같이, 단계(S400) 이전에 나노소재 박막(220)이 일자 형태의 에지 면을 가지도록 가공하는 과정은 도 5을 통하여 자세히 설명하도록 한다.
- [0077] 도 5의 (a)는 나노소재 박막을 제작하는 과정의 일 예에 대한 개념도이고, (b)는 제작된 나노소재 박막의 실제 사진이다.
- [0078] 나노소재 박막(220)을 제작하기 위해서 우선, 탄소나노튜브 현탁액을 준비하여, 현탁액의 성상을 안정시킨다. 구체적으로, 현탁액에서는 미세한 탄소나노튜브 입자들이 물질의 특성에 의해 응집현상이 발생할 수 있다. 응집에 의해 크기가 커진 탄소나노튜브를 초음파기를 이용하여 작은 입자로 분리시킬 수 있다.
- [0079] 다음으로, 도 5의 (a)를 참조하면, 멤브레인(20)상에 구비된 현탁액을 도포하여 얇은 막을 형성하도록 할 수 있다. 이때, 이용되는 멤브레인(20)은 다공성 소재로 현탁액상에 존재하는 수분을 제거하고, 탄소나노튜브의 형상을 굽기가 일정한 막의 형태로 평평하게 만들 수 있도록 걸러주는 역할을 한다.
- [0080] 현탁액 상의 수분을 제거하기 위해서는 중력을 이용할 수도 있고, 진공흡압을 이용할 수도 있다. 멤브레인(20)의 특성에 맞춰서 다양한 방법을 이용할 수도 있다. 예를 들어, 멤브레인(20)으로 종이를 사용할 경우, 다공성 종이의 구멍(pore)의 크기에 따라, 나노소재 박막(220)의 제작 시간 및 형성시킬 수 있는 나노소재 박막(220)의 두께가 달라질 수 있다. 이로 인해, 제작 시간을 단축시키기 위해 압력을 조절할 수도 있다. 이때, 중력을 이용할 경우에는 외부 압력이 필요하지 않기 때문에 특별한 장치가 필요하지 않지만 수분을 모두 제거하기까지 많은 시간이 걸릴 수도 있다.

- [0081] 이외에도, 나노소재 박막(220)은 전해질 수용액에서 전기분해 방식을 이용하는 방식 또는 야닝(Yarning) 방식을 통해 얻을 수도 있으나 이에 한정된 것은 아니다.
- [0082] 제작 방법에 따라, 나노소재 박막(220)이 일자, 튼니, 및 요철 중 적어도 하나의 형태의 에지 면을 가지도록 가공될 수 있다.
- [0083] 다음으로, 수분이 제거된 탄소나노박막(21)을 멤브레인(20)과 분리한다. 멤브레인(20)의 표면이 굴곡이 없고 평평한 경우, 탄소나노박막(21)도 멤브레인(20)의 형상에 따라 평평하게 생성될 수 있다.
- [0084] 다음으로, 나노소재 박막(220)이 원하는 형태의 에지 면(221)을 가지도록 가공할 수 있다. 즉, 도 5의 (a)를 참고하면, 탄소나노박막(21)은 쉽게 커팅될 수 있기 때문에 커팅면(22)을 따라 사용하고자 하는 나노소재 박막(220)으로 형상을 가공할 수 있다.
- [0085] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 나노소재 박막(220)이 일자 형태의 에지 면(221)을 구비하도록 가공된다.
- [0086] 이때, 커팅하는 방법으로는 크게 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 구분할 수 있다. 물리적인 방법으로는 외력을 이용하는 방법으로, 대표적인 예로는 가위를 사용하여 절단하는 방법이 있다. 화학적인 방법의 대표적인 예로는 레이저를 사용하여 절단하는 방법이 있다. 하지만 화학적인 방법의 경우에는 탄소나노박막(21)의 표면에 새로운 화합물이 형성될 수도 있다.
- [0087] 이렇게 형성된 나노소재 박막(220)은 에지 면(221), 상면(222), 하면(223), 및 에지 면의 양 끝단(224)을 포함할 수 있다.
- [0088] 도 5의 (a)를 참고하여 전술한 제 1 금속 부재(210, 210')와 나노소재 박막(220) 간의 관계에 대해 좀더 자세히 설명하자면, 나노소재 박막(220)은 도식된 것처럼 세워진 상태로 제 1 금속 부재(210, 210')에 의해 고정된다. 이로 인해 나노소재 박막(220)의 에지 면(221)은 위를 바라보는 상태로 배치된다. 나노소재 박막(220)의 상면(222)과 하면(223) 중 일부분 혹은 대부분은 제 1 금속 부재(210, 210')와 밀착된다. 에지 면(221)의 양 끝단(224)은 P-type의 전자방출원(200)에서는 오픈 된 상태이고, H-type의 전자방출원(200')에서는 제 1 금속 부재(210')에 의해 커버된 상태이다.
- [0089] 도 5의 (b)는 이렇게 제작된 나노소재 박막(220)의 실제 모습이다. 오른쪽의 사진은 전술한 방법으로 제작된 두께가 약 20 μm 인 박막의 사진이다.
- [0090] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자방출원 및 전자방출소자의 제조방법을 설명하기 위한 개념도이다. 여기에서는 H-type의 전자방출원(200') 및 전자방출소자에 대해 예를 들어 설명하도록 한다.
- [0091] 도 6을 참조하면, 제 1 금속 부재(210')은 적어도 2 이상의 서브 금속 부재(210' a, 210' b, 210' c, 210' d)를 포함할 수 있다. 이때, 나노소재 박막(220)의 양면과 접하는 각각의 서브 금속 부재(210' b, 210' c)는 함몰된 영역(211)을 이룰 수 있도록 U자, V자, 또는 II자 형상의 홈을 가질 수 있다. 나노소재 박막(220)의 양면이 함몰된 영역(211) 내에서 일부 노출되도록 밀착시키는 과정을 진행한다.
- [0092] 즉, 나노소재 박막(220)이 함몰된 영역(211)을 이루는 홈을 구비한 서브 금속 부재(210' b, 210' c)의 사이에 배치된 후, 다수의 서브 금속 부재 중 양 끝에 배치된 서브 금속 부재(210' a, 210' d)에 대하여 나노소재 박막(220)을 향한 횡 압력(F1, F2)이 가해질 수 있다. 이로 인해, 다수의 서브 금속 부재와 나노소재 박막(220)이 서로 밀착될 수 있고, 추가 공정(예를 들어, 고정 작업 등)을 거쳐 H-type의 단일 전자방출원(200')을 제작할 수 있다.
- [0093] 계속해서, H-type의 전자방출원(200')과 소정의 간격을 두고 제 2 금속 부재(230)가 배치되어 H-type의 전자방출소자가 제작될 수 있다. 이때, 나노소재 박막(220)의 에지 면(221)이 제 2 금속 부재(230)를 향하도록 제 2 금속 부재(230)의 위치가 적절하게 결정될 수 있다. 제 1 금속 부재(210')의 전극과 제 2 금속 부재(230)의 전극에 전압이 인가되어 전기장이 형성됨에 따라 에지 면(221)에서 전자가 방출될 수 있다.
- [0094] 참고로, 도 6에 도시되지 않았으나, 제 1 금속 부재(210, 210')는 단일 부재로 이루어지고, 나노소재 박막(220)은 제 1 금속 부재(210)의 상면에 또는 제 1 금속 부재(210')의 함몰된 영역(211) 내에 접촉되어 고정될 수도 있다.
- [0095] 또한, 도 7은 P-type의 전자방출소자의 전계 방출 특성을 예시적으로 설명하기 위한 그래프이다.
- [0096] 도 7은 전자방출소자의 전계 방출 특성을 예시적으로 설명하기 위한 그래프이다.

- [0097] 도 7에 도시된 A 그래프를 참조하면, 전자방출원에 대해 전압을 인가함에 따라 형성되는 전기장과 그 전기장에 의해 발생하는 전류의 크기 간의 관계를 확인할 수 있다.
- [0098] 도 7에 도시된 것처럼 B 그래프는 선형적인 기울기를 보이는데, 이를 통해 본 발명에 따른 전자방출소자가 전계 방출 매커니즘에 의해 전자를 안정적으로 방출하고 있음을 알 수 있다.
- [0099] 한편, 지금까지 설명한 P-type의 전자방출원(200) 및 H-type의 전자방출원(200')은 규격화 혹은 모듈화될 수 있고, 여러 개의 전자방출원이 나란하게 배열된 어레이형 전자방출원으로서 고출력이 요구되는 환경 또는 제품을 위해 사용될 수도 있다.
- [0100] 특히, 어레이형 전자방출원은 서로 밀착하여 배치된 복수개의 전자방출원, 및 복수 개의 전자방출원을 고정시키는 고정체를 포함하고, 각각의 전자방출원은 금속 부재 및 금속 부재의 상면의 위쪽 공간을 향하는 에지 면(221)을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 적어도 하나의 나노소재 박막을 포함한다.
- [0101] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이형 전자방출원의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0102] 어레이형 전자방출소자는 서로 밀착하여 배치된 복수개의 전자방출원, 및 복수개의 전자방출원을 서로 밀착하여 배치되도록 고정시키는 고정체를 포함할 수 있다. 이때, 각각의 전자방출원은 금속 부재에 의해 둘러싸여 고정되고, 금속 부재와 소정의 간격을 두고 나란하게 배치된 타 금속 부재를 향하여 노출된 에지 면(221)을 구비한 나노소재 박막(220)을 포함한다.
- [0103] 먼저, 어레이형 전자방출소자를 제작하기 위하여, 복수 개의 전자방출원을 서로 밀착하여 배치되도록 구비한다(S800).
- [0104] 이때, 각각의 전자방출원은 금속 부재(또는 제 1 금속 부재)에 의해 둘러싸여 고정되고, 금속 부재의 상면이 위쪽 공간을 향하는 에지 면(221)을 가지도록 금속 부재의 상면에 대해 직립한 상태로 고정되는 나노소재 박막(220)을 포함할 수 있다. 또한, 복수 개의 전자방출원에서 함몰된 영역(211)의 수직방향 너비(W)는 전자방출특성이나 사용 환경 등을 고려하여 조절될 수 있다.
- [0105] 다음으로, 복수 개의 전자방출원을 고정시킨다(S810). 단계(S810)에서는 각각의 전자방출원의 금속 부재에 형성된 홀(250)을 관통하는 고정체(240)를 삽입시킬 수 있다.
- [0106] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 어레이형 전자방출소자의 제조방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0107] 즉, 먼저 서로 밀착하여 배치된 복수 개의 전자방출원을 제작할 수 있다. 도 9를 참고하면, 제 1 금속 부재(210')은 적어도 2 이상의 서브 금속 부재(210' a, 210' b, 210' c, ... 210' n)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 나노소재 박막(220)이 서브 금속 부재210' b와 210' c의 사이에 배치된 후, 나노소재 박막(220)을 향하여 서브 금속 부재 중 양 끝에 배치된 서브 금속 부재(210' a 및 210' n)에 횡 압력을 가하면 서브 금속 부재와 하나 이상의 나노소재 박막(220)이 밀착될 수 있다. 이로 인해, H-type의 어레이형 전자방출원(200')을 제작할 수 있다.
- [0108] 앞서서 기술한 방법에 따라 서로 밀착하여 배치된 복수 개의 전자방출원(200')을 제작한 후, 각각의 전자방출원(200')의 금속 부재에 형성된 홀을 관통하는 고정체(240)를 삽입키면서 고정할 수 있다. 이때, 고정체(240)는 도 10에서와 같이 3개의 홀을 관통할 수 있고, 모양과 개수와는 상관없이 있다. 다만, 나노소재 박막(220)과 제 1 금속 부재(210')를 밀착시킨 후 나노소재 박막(220)이 제 1 금속 부재(210')에 고정되도록 지지해주는 역할을 수행할 수 있다.
- [0109] 또한, 고정체(240)는 복수개의 전자방출원(200')을 같은 방향으로 정렬할 수 있다. 이로 인해, 전자방출원(200')의 밀집효과를 상승시키는 효과를 가져올 수 있다.
- [0110] 도 11은 어레이형 전자방출소자의 전계 방출 특성을 예시적으로 설명하기 위한 그래프이다.
- [0111] 도 11에 도시된 A 그래프를 참조하면, 전자방출원에 대해 전압을 인가함에 따라 형성되는 전기장과 그 전기장에 의해 발생하는 전류의 크기 간의 관계를 확인할 수 있다.
- [0112] 도 11에 도시된 것처럼 B 그래프는 선형적인 기울기를 보이는데, 이를 통해 본 발명에 따른 전자방출소자가 전계 방출 매커니즘에 의해 전자를 안정적으로 방출하고 있음을 알 수 있다.
- [0113] 기술한 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 이해

할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 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.

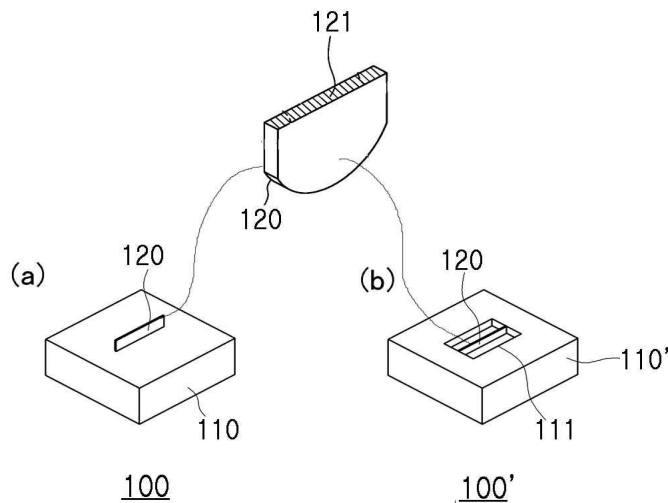
[0114] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

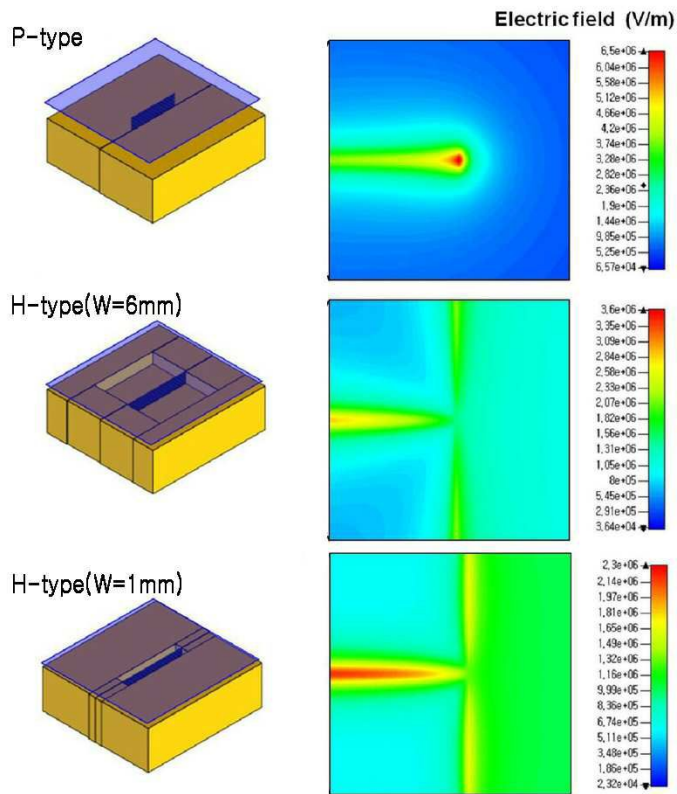
[0115] 100: P-type의 전자방출원
 100' : H-type의 전자방출원
 110: 제 1 금속 부재(P-type)
 110' : 제 1 금속 부재(H-type)
 111: 함몰된 영역
 120: 나노소재 박막
 121: 에지 먼

도면

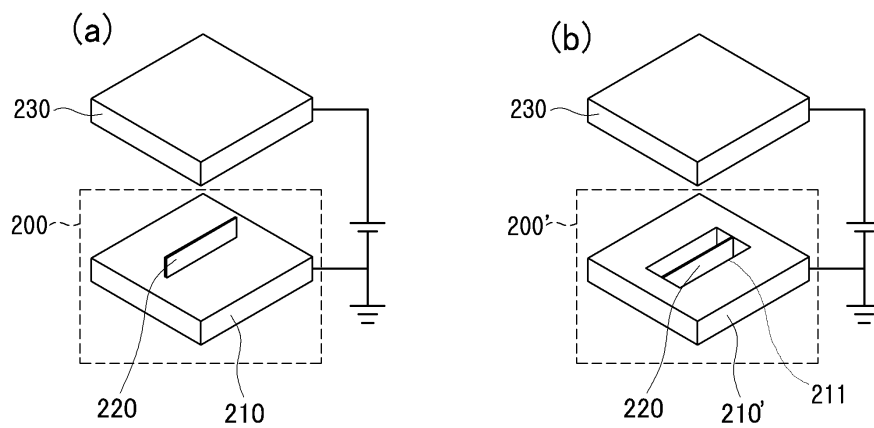
도면1



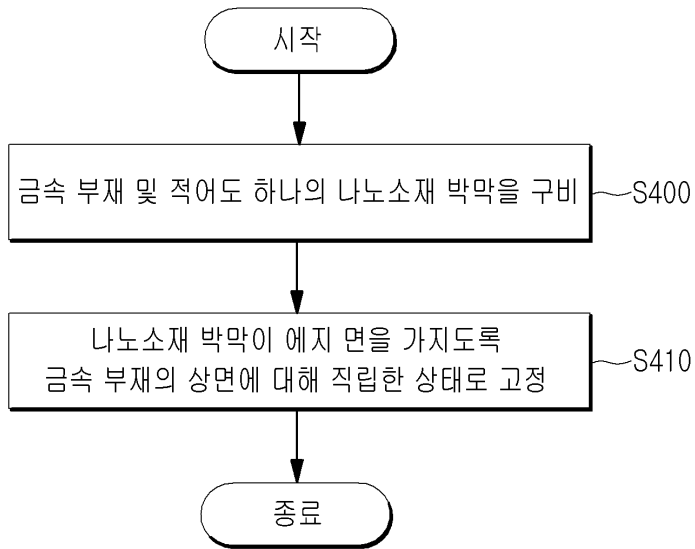
도면2



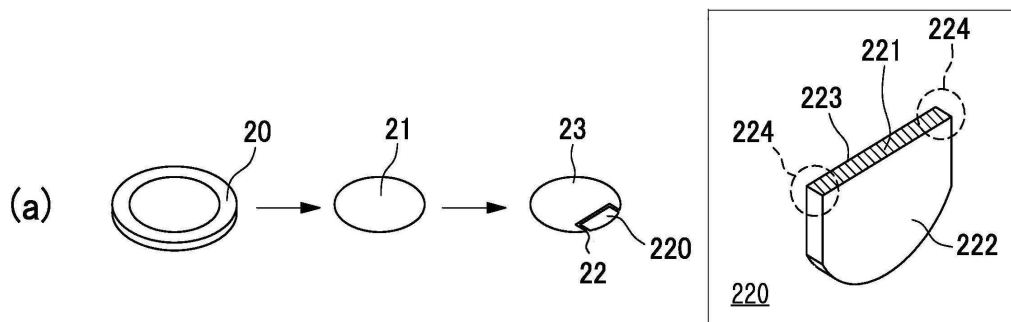
도면3



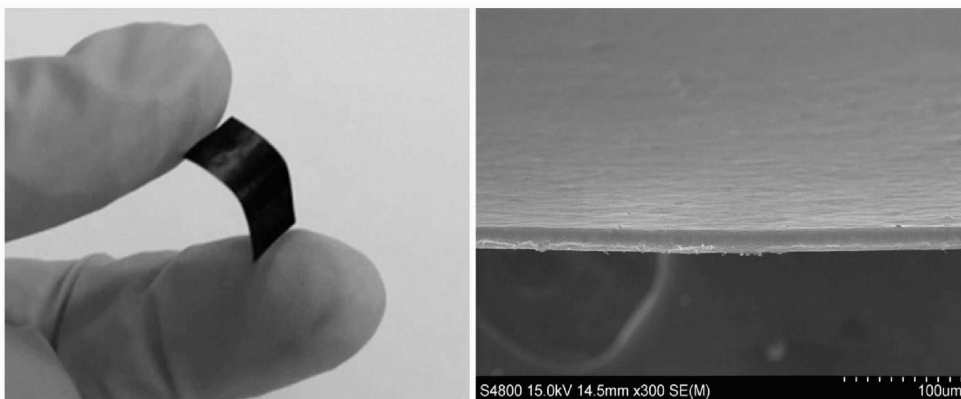
도면4



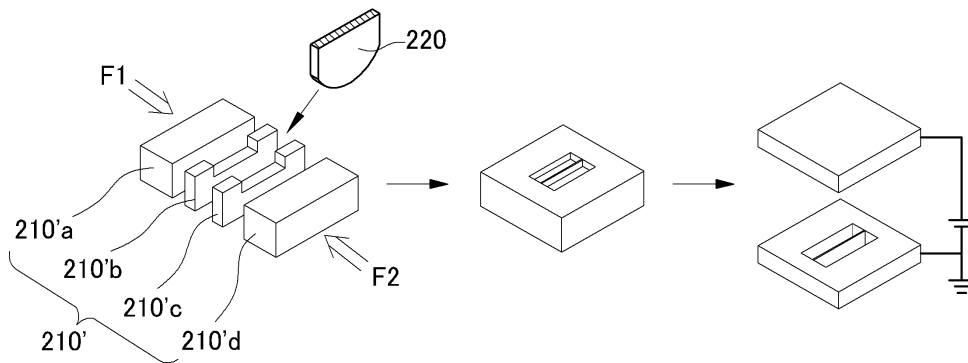
도면5



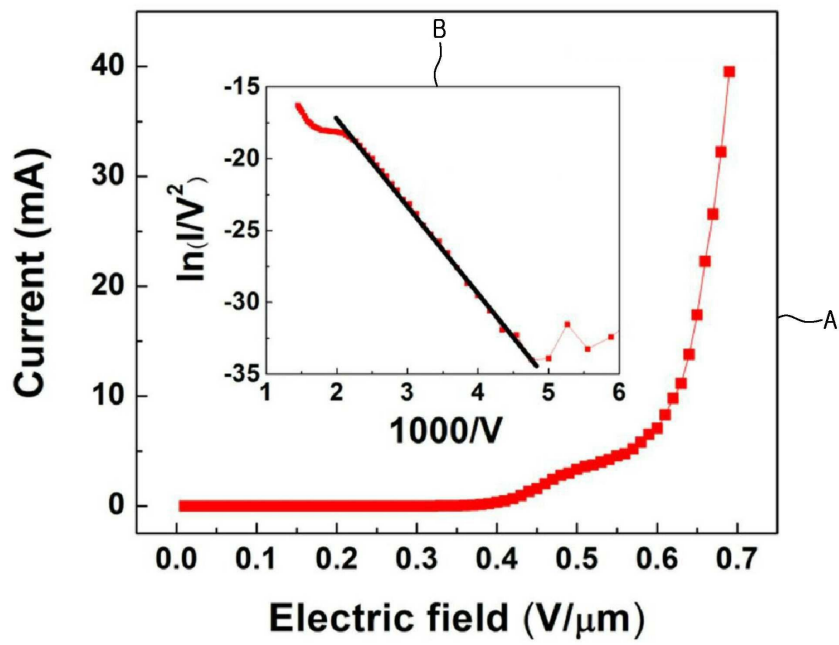
(b)



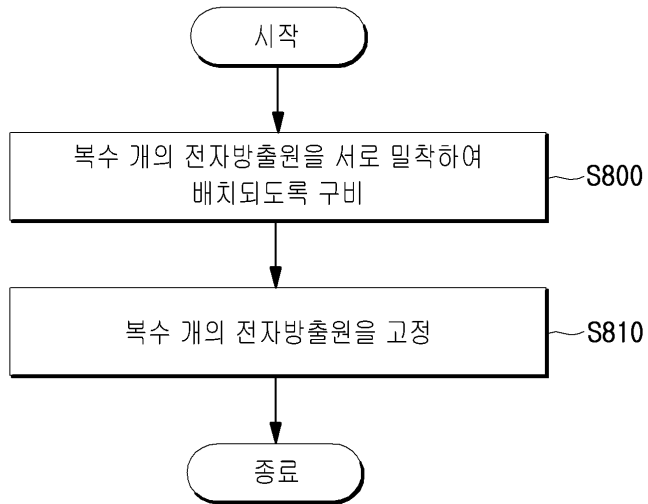
도면6



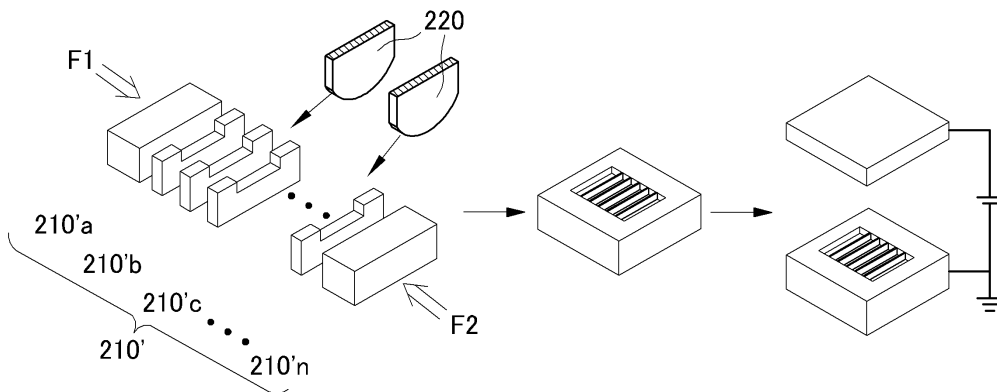
도면7



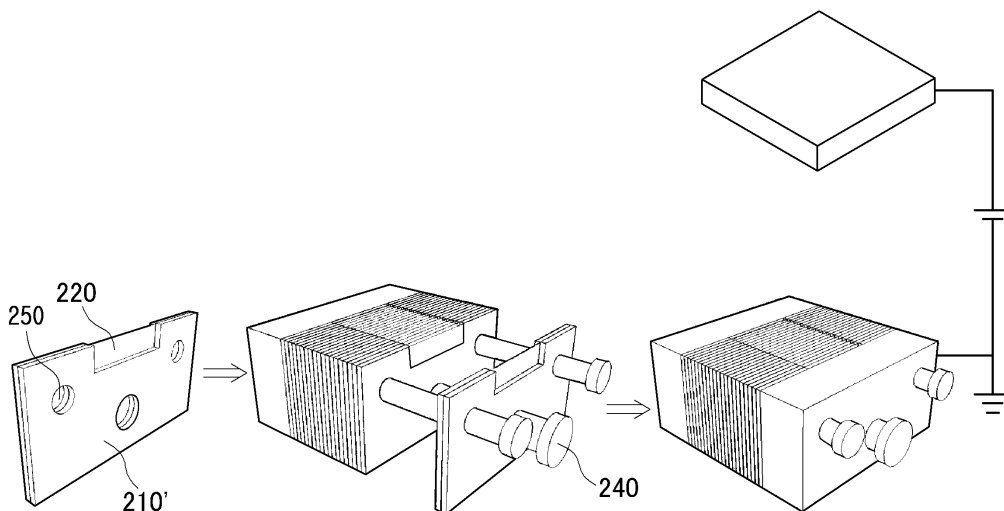
도면8



도면9



도면10



도면11

