(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0107837
(43) 공개일자 2010년10월06일

(51) Int. Cl.
H01J 1/30 (2006.01) *H01J 9/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0026131
(22) 출원일자 2009년03월26일
심사청구일자 2009년03월26일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
이철진
서울특별시 강남구 신사동 신성APT 101동 201호
김광섭
서울특별시 성북구 보문동2가 3-8번지 원일오피스텔 204호
(74) 대리인
특허법인대아

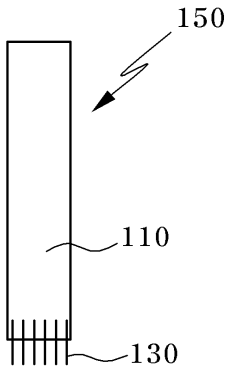
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 젤 상태의 전도성 물질을 이용한 전계전자방출원 제조방법 및 이를 이용하여 제조한 전계전자방출소자

(57) 요 약

본 발명은 젤 상태의 전도성 물질을 이용한 전계전자방출원 제조방법 및 이를 이용하여 제조한 전계전자방출소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 젤 타입의 전도성 물질을 일정형태로 제작된 틀 안에 넣고, 미리 준비된 탄소나노튜브 샘플을 접촉시켜 전도성 물질에 부착시킨 후, 틀을 제거하여 극소면적에 대해서도 원하는 형상의 전계방출소자를 용이하게 제작할 수 있도록 하는 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1d



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 K2060100000208E010000210/ R32-2008-000-10082-0/ R

부처명 국제과학기술협력재단/ 한국과학재단/ 한국과학재단

연구관리전문기관

연구사업명 과학기술국제화사업/ 세계적수준의 연구중심대학육성사업/ 국가지정연구실사업(NRL)

연구과제명 (3차년도)급성 호흡기 감염 조기진단을 위한 탄소나노튜브 기반 고감도 나노바이오센서 개발/플렉서블 나노시스템 기반기술/[NRL-1차년도]플렉서블 투명전도성 CNT-Polymer박막기술

기여율

주관기관 한국과학재단/ 고려대학교 산학협력단/ 고려대학교 산학협력단

연구기간 2009년 07월 01일~2010년 06월 30일/ 2008년 12월 01일~2009년 10월 31일/ 2008년 06월 01일~2009년05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 적어도 한 면이 오픈된 성형틀을 마련하는 단계;

(b) 상기 성형틀 내부에 젤 타입의 전도성 물질을 채우되, 상기 젤 타입의 전도성 물질이 오픈된 면의 표면까지 채워지도록 하는 단계;

(c) 상기 성형틀의 상기 오픈된 면에 탄소나노튜브를 접촉시켜 상기 탄소나노튜브의 선단이 상기 젤 타입의 전도성 물질에 매립되도록 하는 단계; 및

(d) 상기 성형틀을 제거하는 단계를 포함하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 성형틀은 유리 또는 금속으로 형성된 튜브를 사용하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 젤 타입의 전도성 물질은 그라파이트 접착제(Graphite Adhesive) 조성물로 이루어지는 물질 또는 전도성 고분자 물질을 사용하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 그라파이트 접착제(Graphite Adhesive) 조성물은 그라파이트, 바인더 및 유기 용제로 이루어지는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 전도성 고분자 물질은 폴리아세틸렌(Polyacetylene), 폴리아닐린(Polyaniline), 폴리피롤(Polypyrrole), 폴리티오펜(Polythiophene) 및 폴리설퍼니트리드(Poly Sulfur Nitride) 중 선택된 하나 이상의 물질이 사용되는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 전도성 고분자 물질은 그라파이트(Graphite) 또는 탄소나노입자로 이루어지는 도전성 필러(Filler)를 포함하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브(Multi-Wall Carbon NanoTube; MWCNT), 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube, SWCNT) 및 이중벽 탄소나노튜브(Double-Walled Carbon Nanotube, DWCNT) 중 하나 이상 사용하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 수직정렬된 타입, 경사정렬된 타입 및 파우더 타입 중 선택된 하나 이상 사용하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계 및 상기 (d) 단계 사이에, 상기 젤 타입의 전도성 물질을 소성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 (d) 단계 이후에 상기 탄소나노튜브의 선단이 매립된 상기 젤 타입의 전도성 물질 부분을 플라즈마 처리, 테이핑 처리 및 레이저 처리 중 하나 이상의 방법으로 표면 처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출원 제조방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 선택된 어느 한 항의 방법으로 제조된 전계전자방출원.

청구항 12

제 11 항의 전계전자방출원을 포함하는 것을 특징으로 하는 전계전자방출 소자.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 젤 상태의 전도성 물질을 이용한 전계전자방출원 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 전계전자방출소자에 관한 것으로, 원하는 형상의 전계전자방출원을 보다 용이하게 제조하기 위한 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 미세 구조물에 의한 전자방출원에서, 탄소나노튜브 또는 탄소나노와이어 등이 전자방출물질로서 선호된다. 탄소나노튜브는 튜브 형태로 성장(growth)되는 미세 구조물로서 형태상 다양한 유형이 알려져 있다. 이러한 탄소나노튜브는 매우 우수한 전기적, 기계적, 화학적, 열적 특성을 가지며, 상기 장점으로 인하여 다양한 분야에 응용되고 있다.

[0003] 아울러, 탄소나노튜브는 낮은 일함수(low work function)와 높은 종횡비(high aspect ratio)를 가지며, 그 선

단(top end 또는 emission end)이 작은 곡률 반경을 가지기 때문에 매우 큰 전계강화인자(field enhancement factor)를 가지며, 따라서 낮은 포텐셜의 전계(electric field)하에서도 전자를 방출할 수 있다.

[0004] 종래의 탄소나노튜브 전계전자방출원의 제작 방법으로는 탄소나노튜브를 도전체, 예를 들어 캐소드 또는 기판 위에 직접 수직 성장시키는 방법과 별도 공정에서 합성된 탄소나노튜브 분말을 캐소드에 부착시키는 방법이 있다.

[0005] 상기와 같은 방법으로 형성된 탄소나노튜브 전계전자방출원들은 전계를 인가하였을 때, 통상적으로 탄소나노튜브 선단으로부터 전자가 방출하게 되는 현상을 보이고 있으나, 최근에 탄소나노튜브의 선단이 아닌 탄소나노튜브의 표면으로부터 전자가 방출되는 현상(body emission)도 이론적으로 보고되었다.

[0006] 최근에는 X-ray 소스용 소자나 AFM(Atomic Force Microscope), SEM(Scanning Electron Microscope)의 팁과 같은 극소면적의 전계전자방출소자로써, 탄소나노튜브를 이용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0007] 기존에 전계 전자방출디스플레이(FED)를 위한 탄소나노튜브 전계전자방출소자의 제작방법으로는 스크린 프린팅법이 널리 쓰이고 있지만, 극소면적의 전계방출소자에 응용하기에는 방출되는 전류밀도나 그 형상을 제어하는데 있어서 한계가 있다.

[0008] 따라서, 탄소나노튜브를 이용하여 극소면적의 전계방출소자를 제작하는 다양한 시도들이 여러 연구기관에서 진행되고 있다. 대표적으로 텅스텐과 같은 전도성 마이크로 팁 끝에 탄소나노튜브를 성장시키는 방법이나 탄소나노튜브 얀을 이용하는 방법, 레이저 조사를 통해 탄소나노튜브와 마이크로 팁을 결합하는 방법, 전기영동법을 이용하여 탄소나노튜브를 마이크로 팁에 붙이는 방법이 있다.

[0009] 기존에 극소면적의 CNT 전계방출소자를 제작하기 위한 방법들에는 다음과 같은 문제점들이 있다. 전도성 마이크로 팁 끝에 CNT를 성장시키는 방법의 경우, CNT의 종류나 그 구조제어가 매우 어려우며 마이크로 팁과 CNT가 촉매로 결합되어 있더라도 그 결합력이 매우 약해 쉽게 떨어질 수 있다. CNT 얀을 이용하는 방법 역시 CNT의 종류나 구조제어가 어렵기 때문에 상용화가 쉽지 않다. 레이저 조사를 통해 CNT와 마이크로 팁을 연결하는 방법 또한 정밀한 공정제어가 필요하고 그에 따라 수반되는 비용이 크기 때문에 상용화되기 어려우며, 전기영동법을 이용하여 CNT를 마이크로 팁 끝에 붙이는 공정도 CNT가 팁 끝에 단순히 물리적으로만 결합되어 있기 때문에 전계방출측정 중 쉽게 탈착될 여지가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 본 발명은 젤 타입의 전도성 물질을 일정 형상의 성형틀 안에 채운 후, 탄소나노튜브와 전도성 물질을 접촉시켜, 결국 일정부분의 탄소나노튜브가 전도성 물질 속으로 심어진 구조로써, 매우 안정한 결합력을 가지는 전계전자방출원 제조 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0011] 아울러, 본 발명은 고온열처리기의 수리에 쓰이는 고진공/고온용 그라파이트 접착제를 일정 형상의 틀에 채우고, 전계전자방출원와 접촉을 통해 그라파이트 상에 전계전자방출원를 고정시키게 된다. 그 후 소성을 거치면 그라파이트 접착제에 포함된 바인더 물질은 증발하고 틀 안에는 온전히 전계전자방출원과 그라파이트만이 결합되어 있는 구조를 지니게 된, 전계전자방출원/그라파이트 구조의 전계전자방출소자 제조 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0012] 본 발명에 따른 전계전자방출원 제조방법은 적어도 한 면이 오픈된 성형틀을 마련하는 단계와, 상기 성형틀 내부에 젤 타입의 전도성 물질을 채우되, 상기 젤 타입의 전도성 물질이 오픈된 면의 표면까지 채워지도록 하는 단계와, 상기 성형틀의 상기 오픈된 면에 탄소나노튜브를 접촉시켜 상기 탄소나노튜브의 선단이 상기 젤 타입의

전도성 물질에 매립되도록 하는 단계 및 상기 성형틀을 제거하는 단계를 포함한다.

[0013] 아울러, 본 발명에 따른 전계전자방출원은 상술한 방법을 이용하여 제조하며, 본 발명은 상기 전계전자방출원으로 이루어지는 전계전자방출 소자를 포함한다.

효 과

[0014] 본 발명은 상술한 바와 같이 젤 타입의 전도성 물질을 성형틀에 고정시키고 탄소나노튜브를 결합시킴으로써, 전계전자방출원을 용이하게 제조할 수 있다. 이와 같이 전계전자방출원의 제작이 용이해지면, 탄소나노튜브의 구조 제어나 종류에 대한 선택이 다양해 질 수 있다. 특히, 성형틀의 크기를 자유롭게 조절하여 아주 미세한 면적에서부터 넓은 면적을 가지는 전계전자방출원까지 그 모양을 다양하고, 용이하게 제조할 수 있고, 이를 이용하여 극소면적의 전계전자방출 소자 제작도 용이하게 수행할 수 있다.

[0015] 아울러, 전도체에 직접적 접촉시키는 방식으로 탄소나노튜브를 고정시켜주기 때문에, 접착 결합력을 확실하게 부여할 수 있으며, 전계전자방출 소자 제작을 위한 준비절차나 그 방법이 매우 간단하므로, 상용화하기 쉽고, 제조비용 및 생산성을 향상시킬 수 있는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서는 본 발명에 따른 전계전자방출원 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 전계전자방출 소자에 관하여 상세히 설명하는 것으로 한다.

[0017] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0018] 도 1a 내지 도 1d는 본 발명에 따른 전계전자방출원을 제조하는 방법을 나타낸 개략도들이다.

[0019] 도 1a를 참조하면, 성형틀(100) 내부에 젤 타입의 전도성 물질(110)을 채워 넣는다. 이때, 성형틀(100)의 형태는 제한이 없으나, 탄소나노튜브가 접촉될 수 있도록 적어도 일면은 오픈이 된 형태가 되어야 한다. 일반적으로 실린더 또는 튜브 형태가 바람직하며, 유리 또는 금속으로 형성된 성형틀(100)을 사용하는 것이 바람직하다.

[0020] 다음으로, 젤 타입의 전도성 물질(110)은 그라파이트 접착제(Graphite Adhesive) 조성물로 이루어지는 물질 또는 전도성 고분자 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 이때, 그라파이트 접착제(Graphite Adhesive) 조성물은 그라파이트, 바인더 및 유기 용제를 조합하여 젤 형태가 되도록 한다. 그라파이트의 비율은 전체 조정물 중량의 70 ~ 80중량%가 되도록 하는 것이 바라직하며, 잔량의 범위내에서 바인더 및 유기 용제의 양을 조절한다.

[0021] 그라파이트의 첨가량이 70중량%미만일 경우 전기 전도성이 떨어지게 되고, 80중량%를 초과할 경우에는 젤 형태가 이루어지지 않아 성형틀(100) 내부에 채워 넣거나 후속 공정에서 탄소나노튜브를 접착시키는 공정이 정상적으로 수행되지 않는다.

[0022] 그 다음으로, 젤 타입의 전도성 물질(110)로 전도성 고분자 물질을 사용할 수 있다. 전도성 고분자 물질로는 폴리아세틸렌(Polyacetylene), 폴리아닐린(Polyaniline), 폴리피롤(Polypyrrole), 폴리티오펜(Polythiophene) 및 폴리설퍼니트리드(Poly Sulfur Nitride) 중 선택된 하나 이상의 물질이 사용되는 것이 바람직하며, 여기에는 그라파이트(Graphite) 또는 탄소나노입자로 이루어지는 도전성 필러(Filler)를 포함되도록 하는 것이 바람직하다.

[0023] 이와 같이, 성형틀(100) 및 젤 타입의 전도성 물질(110)을 이용하여 전계전자방출원의 기본 형태를 제작하고, 성형틀(100)의 오픈 영역에 탄소나노튜브 접착을 위한 준비 단계를 수행한다.

[0024] 도 1b를 참조하면, 실리콘 웨이퍼(120) 상부에 수직 정렬된 탄소나노튜브(130)을 형성하고, 그 상부에 상기 도 1a에서 설명한 젤 타입의 전도성 물질(110)이 채워진 성형틀(100)을 정렬 시킨다. 이때, 탄소나노튜브(130)는 다중벽 탄소나노튜브(Multi-Wall Carbon NanoTube; MWCNT), 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube, SWCNT) 및 이중벽 탄소나노튜브(Double-Walled Carbon Nanotube, DWCNT) 중 하나 이상 사용하는 것이 바람직하다.

[0025] 아울러, 도시된 그림은 수직정렬된 타입만을 나타내고 있으나, 그 외에 경사정렬된 타입 또는 파우더 타입 중 선택된 하나 이상의 탄소나노튜브(130)를 사용하여도 된다.

[0026] 이와 같이, 전계전자방출원 제조를 위한 탄소나노튜브(130)의 준비가 완료되면, 전계전자방출원의 몸통이 되는 부분에 탄소나노튜브(130)를 접착시키는 과정을 수행한다.

[0027] 도 1c를 참조하면, 성형틀(100)의 오픈된 영역을 탄소나노튜브(130)에 접촉시킴으로써, 오픈 영역의 표면까지 채워진 젤 타입의 전도성 물질(110)에 탄소나노튜브(130)의 선단이 매립되어 고정되도록 한다. 이때, 성형틀(100)이 하나 이상의 오픈 영역을 가질 경우 모든 오픈 영역에 탄소나노튜브(130)를 접착시켜도 되고, 필요에 따라 선택된 일면에만 접착시킬 수 있다.

[0028] 아울러, 젤 타입의 전도성 물질(110)을 그라파이트 접착제 조성물로 이루어진 물질로 사용할 경우 접착제 성분을 제거하기 위하여 소성 공정을 수행한다. 이때, 소성 공정은 그라파이트를 제외한 모든 성분이 제거될 수 있도록 하는 것이 바람직하며, 소성 공정이 완벽하게 수행될 경우 순수한 그라파이트와 탄소나노튜브의 접합 상태를 형성할 수 있게 되므로, 전도 특성을 극대화 시킬 수 있다.

[0029] 이와 같은 공정을 통하여, 전계전자방출원의 개략적인 형태를 완성할 수 있으며, 기타 마무리 공정을 수행하여 전계전자방출원 제조를 완료한다.

[0030] 도 1d를 참조하면, 성형틀(100)을 제거하여 가느다란 팁 형태의 전계전자방출원(150)을 완성한다. 이때, 마무리 공정으로 탄소나노튜브(130)의 선단이 매립된 전도성 물질 부분을 플라즈마 처리, 테이핑 처리 및 레이저 처리 중 하나 이상의 방법으로 표면 처리하여 전계전자방출 특성이 최대가 될 수 있도록 한다.

[0031] 상술한 바와 같이 제조된 전계전자방출원(150)은 제조가 용이하면서도, 탄소나노튜브(130)를 안정적으로 전도성 물질(110)에 접착시킴으로써, 전계전자방출 특성을 극대화 시킬 수 있다.

[0032] 이와 같이 전계전자방출 특성을 측정하기 위하여 다음 실시예1과 같은 방법으로 본 발명에 따른 전계전자방출 소자 샘플을 제작하였다.

[0033] **실시예1**

[0034] 내부 지름 0.7㎜, 길이 8.5㎜ 의 유리관에 그라파이트가 80중량% 첨가된 젤 형태의 전도성 물질을 채워 넣고, 유리관 일측의 오픈된 면을 다중벽 탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube, MWCNT)에 접촉시킴으로써, 전계전자방출원을 완성하였다.

[0035] **비교예1**

[0036] 실시예1과 동일한 모양 및 사이즈의 전계전자방출원을 제조하되, 전기 영동법을 이용하여 전계전자방출원을 제조하였다.

[0037] 도 2는 본 발명에 따른 전계전자방출원을 나타낸 SEM 사진이다.

[0038] 도 2는 상기 실시예1에 의해 제작된 전계전자방출원의 팁 부분을 확대하여 촬영한 것으로, 그라파이트에 다중벽 탄소나노튜브가 수직 정렬된 상태로 파묻혀서 고정되어 있는 것을 볼 수 있다.

[0039] 반면에, 상기 비교예1의 전기 영동법으로는 이와 같은 샘플을 제작하는 것이 불가능하였다.

[0040] 그 다음에는, 상기 실시예1에 따른 전계전자방출 소자의 전계전자방출 특성을 조사하였다.

[0041] 전계전자 방출실험은 하기 도 3과 같은 구조의 장치를 이용하여 수행하였다.

[0042] 도 3은 본 발명에 따른 전계전자방출 소자의 특성을 시험하는 방법을 도시한 개략도이다.

[0043] 도 3을 참조하면, 캐소드(Cathode(-), 200) 상부에 상기 실시예1에 의해 제작된 전계전자방출원(250)을 장착하고, 전계전자방출원(250) 상부에 스테인리스 스틸 금속판인 애노드(Anode(+), 220)를 위치시킨다. 이때, 그라파이트(210)가 캐소드(Cathode(-), 200)에 접촉되도록 하고, 탄소나노튜브(230)가 애노드(Anode(+), 220)와 마주보도록 전계전자방출원(250)을 위치시키고, 전계전자방출원(250)과 애노드(Anode(+), 220) 사이의 이격거리는 2㎜ 가 되도록 한다.

[0044] 다음에는, 캐소드(Cathode(-), 200) 및 애노드(Anode(+), 220)에 0V ~ 2000V의 전압을 인가하면서, $1*10^{-7}$ Torr의 진공도를 유지한 상태에서 전계전자방출 특성을 조사하였다.

[0045] 도 4는 본 발명에 따른 전계전자방출 소자의 전류밀도와 전계 관계를 나타낸 그래프이다.

[0046] 도 4는 상기 도 3의 실험에 의한 결과로서, 0.42 ~ 0.52V/㎛의 낮은 전계(Electric Field)에서 5 ~ 100mA/cm^2로 높은 수준의 전류밀도 값(Current Density)을 얻을 수 있었다.

[0047] 일반적으로 FED 소자를 구현하기 위해서는 0.01 ~ 5.00 V/㎛ 의 전계에서 1 ~ 150 ㎂/cm^2 수준의 전류밀도 값을 요구하고, X-ray소스용의 경우 0.01 ~ 5.00 V/㎛ 의 전계에서 1 ~ 99 mA/cm^2 수준의 전류밀도 값을 요구하고 있으므로, 본 발명에 따른 전계전자방출 소자는 매우 우수한 전류밀도-전계 관계를 가짐을 알 수 있다.

[0048] 도 5는 본 발명에 따른 전계전자방출 소자의 파울러와 노르다임 관계를 나타낸 그래프이다.

[0049] 여기서, 파울러 노르다임 이론은 다음과 같다.

[0050] [수학식 1]

[0051] $$J=1.54*10^{-6}F^{2}\phi^{-1}\exp(-6.83*10^{7}\phi^{1.5}/F)$$

[0052] 이때, J는 전류밀도, F는 전기장의 세기, ϕ는 물질의 일함수, β는 전계강화인자(field enhancement factor)를 말한다. 즉, 어떤 물질에 대해 외부에서 주어지는 전기장의 세기가 일정하다면, 물질의 일함수는 고정되어 있기 때문에 전계강화인자(field enhancement factor) β가 클수록 더 큰 전류밀도를 가질 수 있다. β를 다시금 표현하면 $\beta=F_{loc}/F$ 로써 외부에서 주어진 전기장(F)에 대해 실제로 물질에 걸리는 전기장(F_{loc})에 대한 비율을 표현하는 것이다. β는 일반적으로 전계방출소자의 반경에 비례하며 높이에 반비례한다.

[0053] 이러한 β은 전계방출실험 후 파울러-노르다임 그래프를 통해 정확하게 파악할 수 있다. 아울러, 상기 [수학식 1]은 아래와 같은 [수학식 2]로 변형이 된다.

[0054] [수학식 2]

[0055] $$\log(J/F^{2})=a-b\frac{\phi^{1.5}}{\beta}(1/F)$$

[0056] 여기서, 파울러-노르다임 그래프는 x축을 (1/F), y축을 $\log(J/F^2)$에 대해 나타내므로, 그래프의 기울기를 통해 β값의 정도를 파악할 수 있다. 그래프 상에서는 상기 [수학식 2]의 $\log(J/F^2)$는 $\mathrm{Ln}(J/F^2)$로 나타내었다.

[0057] 따라서, 도 5를 참조하면 1/F(㎛/V) 값에 대한 $\mathrm{Ln}(J/F^2)$의 전계강화인자(β) 값이 13735로써 일반적인 탄소나노튜브의 전계강화인자 값(2000 ~ 3000)을 크게 회하는 수준임을 알 수 있다.

[0058] 상술한 바와 같이, 본 발명은 우수한 전계전자방출 특성을 가지고 있는데 비하여, 그 제조 방법 매우 간단하므로 그 활용 범위 또한 매우 넓음을 알 수 있다. 본 발명에 따른 전계전자방출원을 이용하여 제조한 전계전자방출 소자는 다양한 분야에 적용될 수 있다. 예를 들어, 박테리아 살균용 전자빔 방출장치, 비파괴 검사용 전자빔 방출장치, 조명용으로 이용되는 가시 광원(Visible light source), 램프, 표시장치, 평판 디스플레이용 백라이트 장치, x-ray 장치용 전자 소스, 고출력 마이크로웨이브용 전자 소스, 발광장치, 광고판, 교통표지판, 신호등에 적용이 가능하다.

[0059] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면의 간단한 설명

[0060] 도 1a 내지 도 1d는 본 발명에 따른 전계전자방출원을 제조하는 방법을 나타낸 개략도들.

[0061] 도 2는 본 발명에 따른 전계전자방출원을 나타낸 SEM 사진.

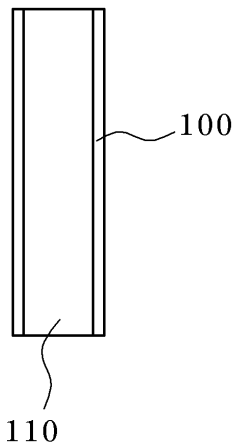
[0062] 도 3은 본 발명에 따른 전계전자방출 소자의 특성을 시험하는 방법을 도시한 개략도.

[0063] 도 4는 본 발명에 따른 전계전자방출 소자의 전류밀도와 전계 관계를 나타낸 그래프.

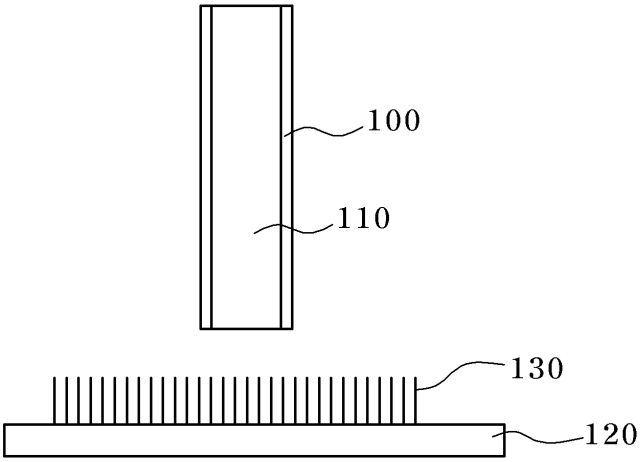
[0064] 도 5는 본 발명에 따른 전계전자방출 소자의 파울러와 노르다임 관계를 나타낸 그래프.

도면

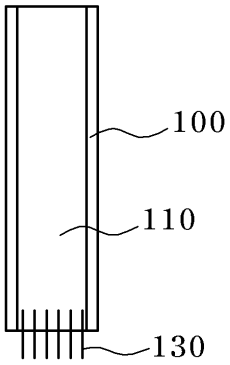
도면1a



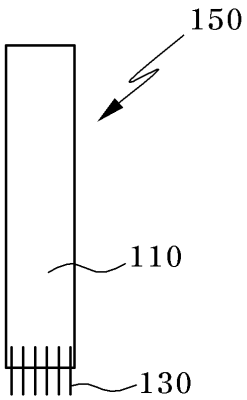
도면1b



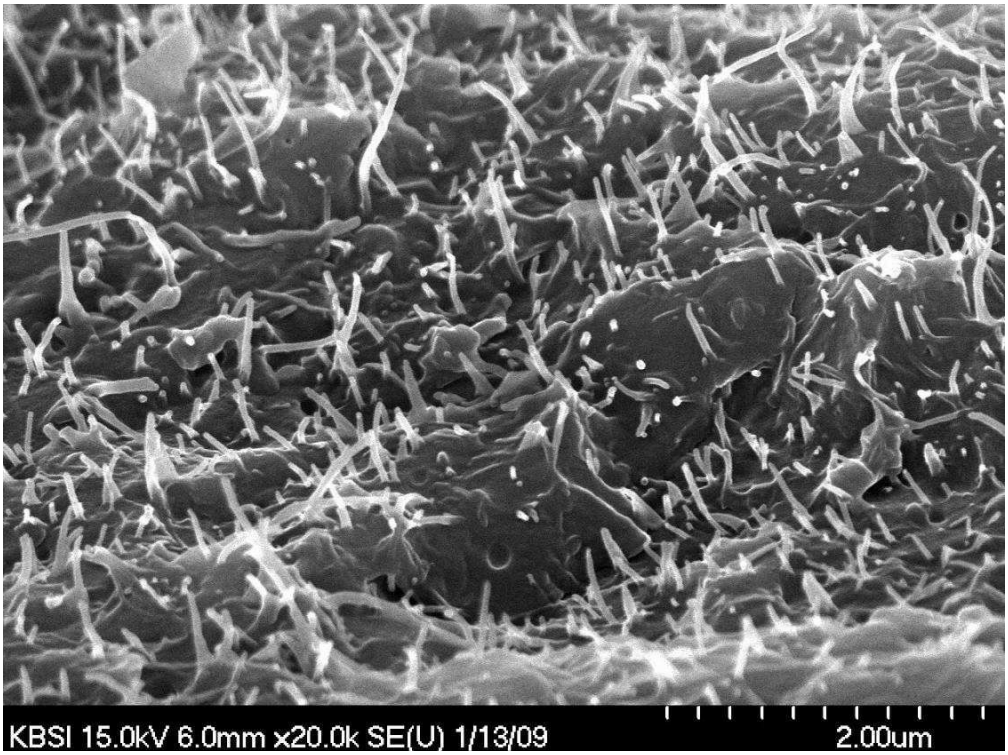
도면1c



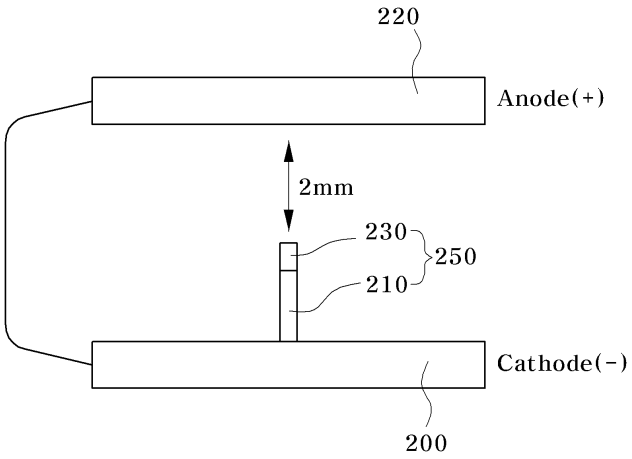
도면1d



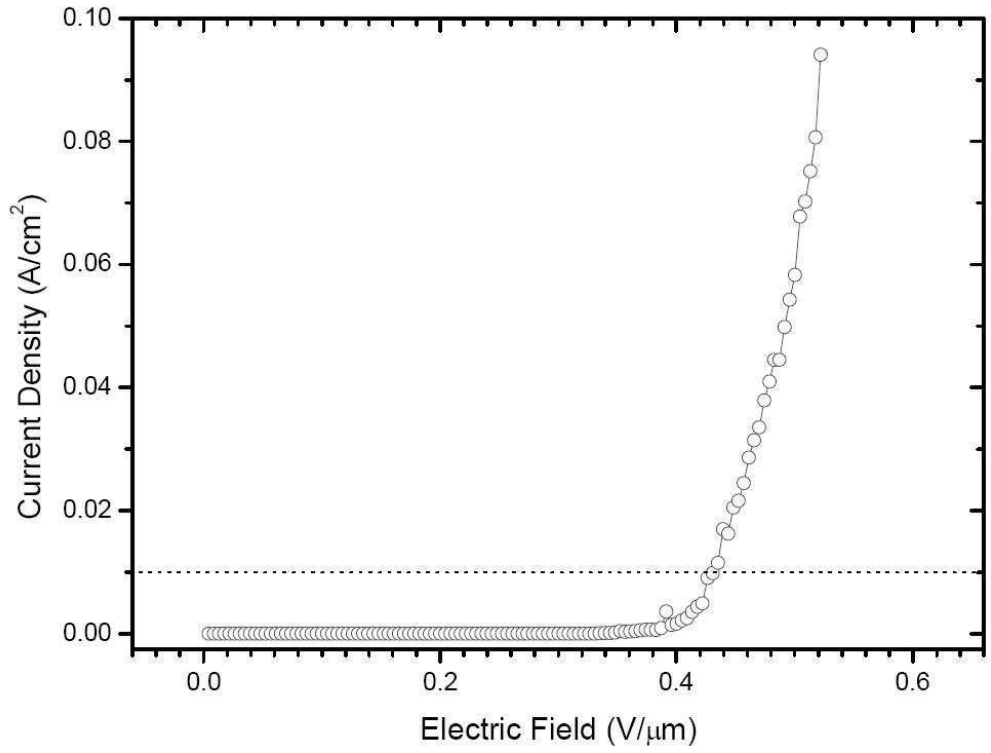
도면2


KBSI 15.0kV 6.0mm x20.0k SE(U) 1/13/09
2.00um

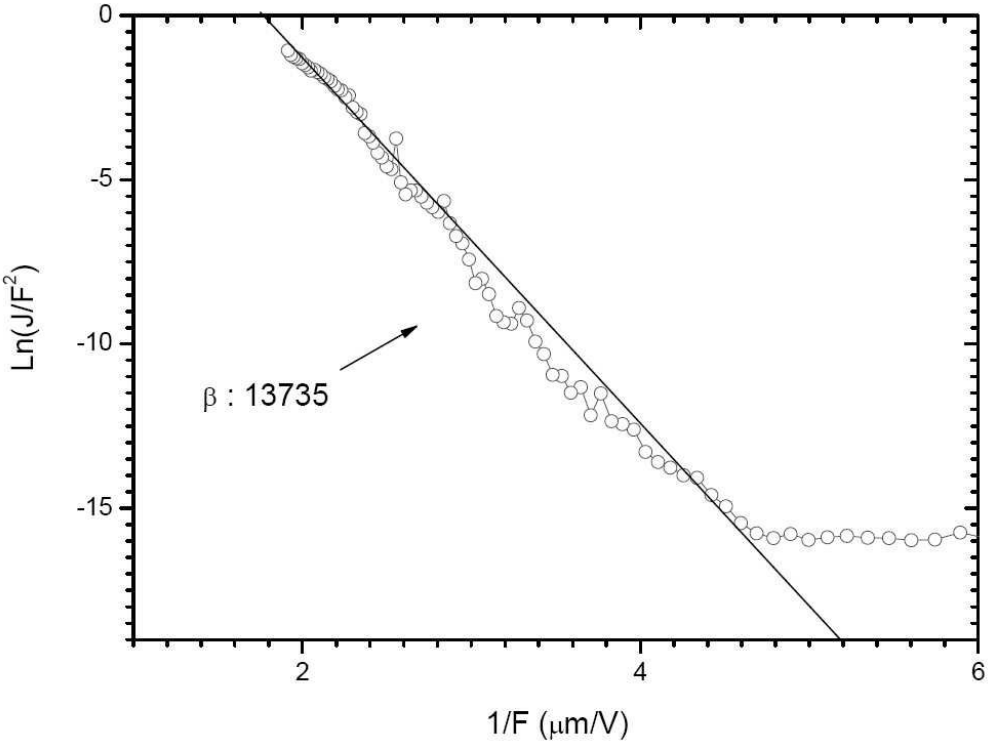
도면3


220
Anode(+)
2mm
230
250
210
Cathode(-)
200

도면4


0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
Current Density (A/cm^2)
0.0
0.2
0.4
0.6
Electric Field (V/μm)

도면5


0
-5
-10
-15
Ln(J/F^2)
β : 13735
2
4
6
1/F (μm/V)