



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0084434
(43) 공개일자 2010년07월26일

(51) Int. Cl.

B82B 1/00 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)

H01J 1/30 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0003934

(22) 출원일자 2009년01월16일

심사청구일자 2009년01월16일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

이철진

서울특별시 강남구 신사동 신성APT 101동 201호

정승일

서울특별시 성동구 행당동 15-6

진국해

서울특별시 성북구 안암동 고려대학교 공과대학
전기전자 공학부136-713

(74) 대리인

특허법인대아

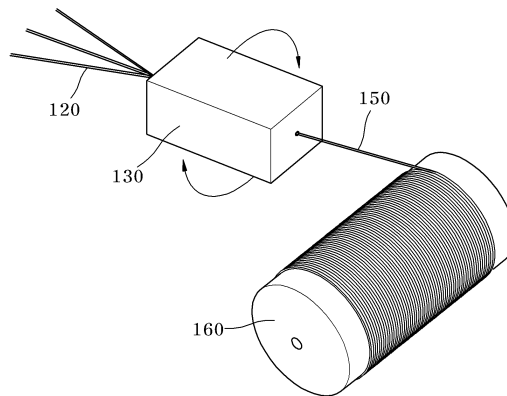
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원 및 이에 이용되는 탄소나노튜브 양 제조방법

(57) 요약

본 발명은 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원 및 이에 이용되는 탄소나노튜브 양 제조방법에 관한 것으로, 간단하면서 효율적인 탄소나노튜브 양을 이용한 전계전자 방출원을 제조하기 위하여, 유·무기물 바인더를 첨가하거나, 고분자 페이스트를 사용하지 않고 탄소나노튜브 합사유닛을 회전시키면서 고밀도화 처리(Densing)를 수행하고, 합사유닛을 통과한 탄소나노튜브 양에 고온 열처리를 수행함으로써, 균질하고 재현성이 탁월해야 하며, 제작 공정이 간단하고 효율적인 탄소나노튜브 양을 제조하고, 이와 같이 제조된 탄소나노튜브 양을 이용하여 다양한 형태의 발광체에 응용이 가능하도록 하는 발명에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

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

부처명 국제과학기술협력재단/ 한국과학재단/ 한국과학재단/서울시정개발연구원

연구사업명 과학기술국제화사업/ 세계적수준의 연구중심대학육성사업/ 국가지정연구실사업(NRL)/ 서울시 산학연 협력사업(사업명: 세계유수연구소 유치지원사업)

연구과제명 (3차년도)급성 호흡기 감염 조기진단을 위한 탄소나노튜브 기반 고감도 나노바이오센서 개발/ 플렉서블 나노시스템 기반기술/ [NRL-1차년도]플렉서블 투명전도성 CNT-Polymer 박막기술/ 바텔연구소 서울 유치 및 NBT 연구기반조성사업

주관기관 한국과학재단/ 고려대학교 산학협력단/ 고려대학교 산학협력단/ 고려대학교

연구기간 2009년 07월 01일~2010년 06월 30일/ 2008년 12월 01일~2009년 10월 31일/ 2008년 06월 01일~2009년 05월 31일/ 2006년 03월 01일~2011년 08월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

복수가닥의 탄소나노튜브 섬유들이 동일 방향으로 정렬된 상태에서 결합되며, 상기 탄소나노튜브 섬유들이 결합된 표면에는 상기 탄소나노튜브 섬유의 선단들이 돌출되지 않고, 매끈한(Smooth) 표면을 가지도록 제조된 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 섬유들은 다중벽 탄소나노튜브(Multi-Wall Carbon NanoTube; MWCNT), 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube, SWCNT) 및 이중벽 탄소나노튜브(Double-Walled Carbon Nanotube, DWCNT) 중 하나 이상으로 구비된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 양은 상기 탄소나노튜브 섬유들이 동일 방향으로 평행하게 정렬된 형태로 결합되거나, 서로 트위스트된 형태로 결합되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 양은 1 ~ 1000 μ m의 두께로 제조되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원.

청구항 5

탄소나노튜브 섬유를 마련하는 제 1 단계;

상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 동일 방향으로 정렬시킨 상태에서 합사유닛을 통과시킴으로써, 탄소나노튜브 양을 형성하는 제 2 단계; 및

상기 탄소나노튜브 양을 열처리하는 제 3 단계를 포함하되,

상기 제 2 단계는

상기 합사유닛 내에 유기용매를 채워서 상기 탄소나노튜브 섬유가 상기 합사유닛 내에 입사되면서 상기 유기용매에 침지되도록 하고,

상기 합사유닛에서 배출되는 상기 탄소나노튜브 양에 장력이 인가되도록 함으로써, 각각의 상기 탄소나노튜브 섬유 사이의 결합력이 증가되면서 상기 탄소나노튜브 양의 표면에 상기 탄소나노튜브 섬유의 선단들이 돌출되지 않고, 매끈한(Smooth) 표면을 가지도록 하는 고밀도화 표면처리 단계인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 양 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 합사유닛은 회전 가능하도록 구비시키고, 상기 합사유닛의 회전 속도를 조절하여 상기 탄소나노튜브 섬유

복수가닥이 동일 방향으로 평행하게 정렬된 형태로 결합되거나, 서로 트위스트 된 형태로 결합되도록 하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 합사유닛의 회전 속도를 10 ~ 300 rpm 으로 조절하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 섬유가 상기 합사유닛을 통과하는 시간은 2초 ~ 9분의 범위가 되도록 하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 유기용매는 메탄올(methanol), 에탄올(ethanol), 아세톤(acetone), 디클로로에탄(dichloroethane), 클로로포름(chloroform), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 디클로로벤젠(dichlorobenzene), 디메틸포름아미드(dimethylformamide) 중에서 선택된 하나 이상을 사용하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 얇은에 인가되는 장력은 0.0005 ~ 0.5 mN 으로 조절하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 11

제 5 항에 있어서,

상기 제 3 단계의 상기 열처리 100 ~ 1500℃에서 1 ~ 30분 동안 수행하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 12

제 5 항에 있어서,

상기 열처리 단계를 수행한 후 상기 탄소나노튜브 얇은의 표면에 전자 빔 또는 레이저를 조사하여 표면을 매끄럽게(Smooth) 정리하는 단계를 더 수행하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 13

제 5 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 얇은 굵기에 대한 단면의 단위면적(μm^2)당 상기 탄소나노튜브섬유 개수는 $10^2 \sim 10^5$ 개의 결합

밀도를 갖도록 형성되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조방법.

청구항 14

복수가닥의 탄소나노튜브 섬유들이 동일 방향으로 정렬된 상태로 합사되되, 굵기에 대한 단면의 단위면적(μm^2)당 상기 탄소나노튜브 섬유 개수는 $10^2 \sim 10^5$ 개인 결합 밀도를 가지도록 합사되며, 0.0005 ~ 0.5N/m의 장력(Tension)을 인가 받은 상태로 합사되어, 상기 탄소나노튜브 섬유들이 결합된 표면에 상기 탄소나노튜브 섬유의 선단이 돌출되지 않고, 매끈한(Smooth) 표면을 가지도록 제조된 탄소나노튜브 얇은.

청구항 15

제 5 항의 제조방법으로 형성된 탄소나노튜브 얇은 기판 상에 배열시키거나, 상기 기판 전면에 감아서 형성되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 기판은 금속, 유리, 종이 및 플렉서블한 플라스틱 소재로 구비된 기판인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 기판은 다각형 또는 폐곡선 형태의 평판형이고, 상기 기판의 표면에 상기 탄소나노튜브 얇은이 균일한 간격으로 감겨지는 형태로 구비되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 기판은 입체형을 사용하고, 상기 기판의 표면에 상기 탄소나노튜브 얇은이 균일한 간격으로 감겨지는 형태로 구비되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 19

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 얇은은 상기 기판 상에 2층 이상 감긴 형태로 구비되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 20

제 15 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 얇은을 직물형태로 형성하여 상기 기판을 감싸거나, 상기 기판 상에 배열시킨 형태로 사용되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 21

실린더형 튜브 형태의 기관과, 상기 기관의 내부에 제 5 항의 제조방법으로 형성된 탄소나노튜브 얇을 통과시킨 형태로 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇을 이용한 전계전자 방출 소자.

청구항 22

이격 공간을 갖고 접합되는 전면 유리기관 및 후면 유리기관;

상기 이격 공간 사이에 라인 타입의 발광영역을 형성하는 절연성 스페이서;

상기 절연성 스페이서 사이의 영역에 각각 구비되며 상기 후면 유리기관 상부에 형성되는 음전극 및 상기 음전극 상부에 배열되는 제 5 항 내지 제 13 항 중 선택된 어느 한 항의 제조방법으로 형성된 탄소나노튜브 얇; 및

상기 절연성 스페이서 사이의 영역에 각각 구비되며 상기 전면 유리기관 상부에 형성되는 양전극 및 상기 양전극 상부에 형성되는 형광층을 포함하는 것을 특징으로 하는 2극관형 전계전자 방출 소자.

청구항 23

라인 타입의 절연성 스페이서를 포함하는 후면 유리기관;

상기 절연성 스페이서 사이의 영역에 각각 구비되며 상기 후면 유리기관 상부에 형성되는 음전극 및 상기 음전극 상부에 배열되는 제 5 항 내지 제 13 항 중 선택된 어느 한 항의 제조방법으로 형성된 탄소나노튜브 얇;

상기 탄소나노튜브 얇과 이격되도록 상기 스페이서 상부에 형성되며, 상기 스페이서의 라인 타입과 서로 직교하는 라인 패턴으로 형성되는 그리드; 및

상기 그리드 상부에 접합되며, 상기 그리드와 엇갈리는 형태의 양전극 및 상기 양전극 상부에 형성되는 형광층을 포함하는 전면 유리기관을 포함하는 것을 특징으로 하는 3극관형 전계전자 방출 소자.

청구항 24

탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 모아서 동일 방향으로 정렬시키는 입사부;

동일 방향으로 정렬된 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 상기 입사부에 통과시킴과 동시에 유기 용매에 침지되도록하여 결합시키는 침지부; 및

결합된 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 잡아서 뽑아주는 방식으로 배출시킴으로써 탄소나노튜브 얇을 형성하는 배출부가 일체형으로 결합되어 이루어지며, 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥이 진행하는 경로를 중심축으로 하여 회전가능하도록 구비되는 합사유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇 제조장치.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 합사유닛은 상기 입사부에서부터 상기 배출부로 갈수록 폭이 좁아지는 원뿔형으로 구비되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇 제조장치.

청구항 26

제 24 항에 있어서,

상기 합사유닛의 내측에는 상기 탄소나노튜브 섬유가 트위스트된 형태로 결합되도록 유도하는 나선홈이 구비되

는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 얇은 제조장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브(Carbon NanoTube, 이하 CNT) 얇은(yarn)을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원 및 그 제작 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수에서 수십 나노미터의 직경을 가진 탄소나노튜브들이 서로 길게 정렬되어 수십에서 수백 마이크로미터의 직경을 가진 기다란 와이어 형태의 탄소나노튜브 얇은을 형성하도록 하고, 형성된 탄소나노튜브 얇은에 전계를 걸었을 때, 그들의 표면으로부터 전자들이 방출되는 특성을 이용하여 표면 전계전자 방출원을 제작하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[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 선단(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 전계전자 방출원의 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 전계전자 방출원들은 전계를 인가하였을 때, 통상적으로 탄소나노튜브 선단으로부터 전자가 방출하게 되는 현상을 보이고 있으나, 최근에 탄소나노튜브의 선단이 아닌 탄소나노튜브의 표면으로부터 전자가 방출되는 현상(body emission)이 이론적으로 보고되었다.

[0006] 더욱이, 최근 연구결과에 의하면 수평으로 합성 정렬된 탄소나노튜브 전계전자 방출원이 수직으로 합성 정렬된 탄소나노튜브 전계전자 방출원보다 좀 더 안정되고 균일한 전계전자 방출특성을 보인다고 보고되었다.

[0007] 그러나, 수평으로 합성 정렬된 탄소나노튜브 전계전자 방출원은 그 제작이 매우 어렵고, 제작이 된다고 하여도 그 효율이 높지 못한 문제가 있다.

[0008] 종래 기술에 따른 탄소나노튜브 얇은을 제조하는 방법은 실리콘 웨이퍼 상부에 수직 성장된 탄소나노튜브를 에지부에서부터 당기면 탄소나노튜브의 에지부와 에지부 사이에서 작용하는 반데르발스의 힘에 의해 가느다란 섬유 형태로 떨어져 나오게 된다. 이와 같은 가느다란 섬유 여러 가닥을 결합시켜 탄소나노튜브 얇은으로 제조한다.

[0009] 이와 같이 제조된 탄소나노튜브 얇은의 직경에 수직한 방향으로 전계를 인가하게 되면, 일반적인 탄소나노튜브가 선단(에지부)에서만 전자를 방출하는 것과는 달리 탄소나노튜브 얇은의 몸체(or 측면)인 전체 표면에서 전자를 방출하게 된다.

[0010] 그러나, 탄소나노튜브 얇은의 표면에는 가느다란 섬유 형태의 탄소나노튜브 선단들이 돌출되어 전자 방출 효율이 감소하게 되는 문제가 있다.

[0011] 상술한 바와 같이 탄소나노튜브 얇은의 표면에 돌출되는 탄소나노튜브들의 선단에 의해 전계전자 방출 효율이 감소되는 문제가 있으므로 이를 해결하기 위해서는 얇은의 표면을 매끄럽게 형성해야 한다. 따라서, 탄소나노튜브 얇은을 제조 시 전도성 유·무기물 바인더를 첨가하거나, 고분자 페이스트를 혼합하여 표면이 평탄화 될 수 있도록 하여야 하는데, 이 과정이 까다롭고 제조 원가를 상승시키는 원인이 되므로 실효성이 크게 떨어지는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0012] 본 발명은 간단하면서 효율적인 탄소나노튜브 전계전자 방출원을 제조하기 위하여, 유·무기물 바인더를 첨가하거나, 고분자 페이스트를 사용하지 않고 가느다란 섬유 형태의 탄소나노튜브를 합사시키기 위한 유기용매를 메탄올(methanol), 에탄올(ethanol), 아세톤(acetone), 디클로로에탄(dichloroethane), 클로로포름(chloroform), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 디클로로벤젠(dichlorobenzene), 디메틸포름아미드(dimethylformamide) 중에서 선택된 하나 이상을 사용하고 합사유닛을 회전시키면서 고밀도화 처리(Densing)를 수행하고, 합사유닛을 통과한 탄소나노튜브 안에 고온 열처리를 수행함으로써, 균질하고 재현성이 탁월하며, 제작 공정이 간단한 탄소나노튜브 안을 효율적으로 제조하는 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0013] 아울러, 이와 같이 제조된 탄소나노튜브 안을 이용하여 다양한 형태의 전계전자 방출 소자 및 발광체에 응용이 가능하도록 하며 신뢰성과 안정성 및 경제성을 겸비한 전계전자 방출원을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0014] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 안을 이용한 표면 전계전자 방출원은 복수가닥의 탄소나노튜브 섬유들이 동일 방향으로 정렬된 상태에서 결합되며, 상기 탄소나노튜브 섬유들이 결합된 표면에는 상기 탄소나노튜브 섬유의 선단들이 돌출되지 않고, 매끈한(Smooth) 표면을 가지도록 제조된 것을 특징으로 한다.
- [0015] 여기서, 상기 탄소나노튜브 섬유들은 다중벽 탄소나노튜브(Multi-Wall Carbon NanoTube; MWCNT), 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube, SWCNT) 및 이중벽 탄소나노튜브(Double-Walled Carbon Nanotube, DWCNT) 중 하나 이상으로 구비된 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 안은 상기 탄소나노튜브 섬유들이 동일 방향으로 평행하게 정렬된 상태에서 그대로 결합되거나, 트위스트된 형태로 결합되는 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 안은 1 ~ 1000 μ m의 두께로 제조되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 아울러, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 안 제조방법은 탄소나노튜브 섬유를 마련하는 제 1 단계와, 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 동일 방향으로 정렬시킨 상태에서 합사유닛을 통과시킴으로써, 탄소나노튜브 안을 형성하는 제 2 단계 및 상기 탄소나노튜브 안을 열처리하는 제 3 단계를 포함하되, 상기 제 2 단계는 상기 합사유닛 내에 유기용매를 채워서 상기 탄소나노튜브 섬유가 상기 합사유닛 내에 입사되면서 상기 유기용매에 침지되도록 하고, 상기 합사유닛에서 배출되는 상기 탄소나노튜브 안에 장력이 인가되도록 함으로써, 각각의 상기 탄소나노튜브 섬유 사이의 결합력이 증가되면서 상기 탄소나노튜브 안의 표면에 상기 탄소나노튜브 섬유의 선단이 돌출되지 않고, 매끈한(Smooth) 표면을 가지도록 하는 고밀도화 표면처리 단계인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 여기서, 상기 합사유닛은 회전 가능하도록 구비시키고, 상기 합사유닛의 회전 속도를 조절하여 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥이 동일 방향으로 평행하게 정렬된 상태에서 그대로 결합되거나, 트위스트된 형태로 결합되도록 것을 특징으로 하고, 상기 합사유닛의 회전 속도를 10 ~ 300 rpm 으로 조절하는 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 섬유가 상기 합사유닛을 통과하는 시간은 2초 ~ 9분의 범위가 되도록 하는 것을 특징으로 하고, 상기 유기용매는 메탄올(methanol), 에탄올(ethanol), 아세톤(acetone), 디클로로에탄(dichloroethane), 클로로포름(chloroform), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 디클로로벤젠(dichlorobenzene), 디메틸포름아미드(dimethylformamide) 중에서 선택된 하나 이상을 사용하는 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 안에 인가되는 장력은 0.0005 ~ 0.5 mN 으로 조절하는 것을 특징으로 하고, 상기 제 3 단계의 상기 열처리는 100 ~ 1500 $^{\circ}$ C에서 1 ~ 30분 동안 수행하는 것을 특징으로 하고, 상기 열처리 단계를 수행한 후 상기 탄소나노튜브 안의 표면에 전자 빔 또는 레이저를 조사하여 표면을 매끄럽게(Smooth) 정리하는 단계를 더 수행하는 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 안은 굽기에 대한 단면의 단위면적(μ m²)당 상기 탄소나노튜브섬유 개수가 10² ~ 10⁵개의 결합 밀도를 갖도록 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 아울러, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 안을 이용한 전계전자 방출소자는 금속, 유리, 종이 및 플렉서블한 플라스틱 소재로 구비된 기판을 사용하는 것을 특징으로 하되, 상기 기판은 다각형 또는 폐곡선 형태의 평판형이고, 상기 기판의 표면에 상기 탄소나노튜브 안이 균일한 간격으로 감겨지는 형태로 구비되는 것을 특징으로 하고, 상기 기판은 입체형을 사용하고, 상기 기판의 표면에 상기 탄소나노튜브 안이 균일한 간격으로 감겨지는 형태로

구비되는 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 양은 상기 기관 상에 2층 이상 감긴 형태로 구비되는 것을 특징으로 하고, 상기 기관은 실린더형 튜브를 사용하고, 상기 기관의 내부에 상기 탄소나노튜브 양을 통과시킨 형태로 구비되는 것을 특징으로 하고, 상기 탄소나노튜브 양을 직물형태로 형성하여 상기 기관을 감싸거나, 상기 기관 상에 배열시킨 형태로 사용되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 아울러, 본 발명에 따른 2극관형 전계전자 방출 소자는 이격 공간을 갖고 접합되는 전면 유리기관 및 후면 유리기관과, 상기 이격 공간 사이에 라인 타입의 발광영역을 형성하는 절연성 스페이서와, 상기 절연성 스페이서 사이의 영역에 각각 구비되며 상기 후면 유리기관 상부에 형성되는 음전극 및 상기 음전극 상부에 배열되는 상술한 본 발명의 탄소나노튜브 양 및 상기 절연성 스페이서 사이의 영역에 각각 구비되며 상기 전면 유리기관 상부에 형성되는 양전극 및 상기 양전극 상부에 형성되는 형광층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 아울러, 본 발명에 따른 3극관형 전계전자 방출 소자는 라인 타입의 절연성 스페이서를 포함하는 후면 유리기관과, 상기 절연성 스페이서 사이의 영역에 각각 구비되며 상기 후면 유리기관 상부에 형성되는 음전극 및 상기 음전극 상부에 배열되는 상술한 본 발명의 탄소나노튜브 양과, 상기 탄소나노튜브 양과 이격되도록 상기 스페이서 상부에 형성되며, 상기 스페이서의 라인 타입과 서로 직교하는 라인 패턴으로 형성되는 그리드 및 상기 그리드 상부에 접합되며, 상기 그리드와 엇갈리는 형태의 양전극 및 상기 양전극 상부에 형성되는 형광층을 포함하는 전면 유리기관을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 아울러, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양 제조장치는 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 모아서 동일 방향으로 정렬시키는 입사부와, 동일 방향으로 정렬된 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 상기 입사부에 통과시킴과 동시에 유기 용매에 침지되도록하여 결합시키는 침지부 및 결합된 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥을 잡아서 뽑아주는 방식으로 배출시킴으로써 탄소나노튜브 양을 형성하는 배출부가 일체형으로 결합되어 이루어지며, 상기 탄소나노튜브 섬유 복수가닥이 진행되는 경로를 중심축으로 하여 회전가능하도록 구비되는 합사유닛을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 여기서, 상기 합사유닛은 상기 입사부에서부터 상기 배출부로 갈수록 폭이 좁아지는 원뿔형으로 구비되는 것을 특징으로 하고, 상기 합사유닛의 내측에는 상기 탄소나노튜브 섬유가 트위스트 된 형태로 결합되도록 유도하는 나선홈이 구비되는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0023] 본 발명은 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원을 제작하면서 전도성 유기물과 페이스트 등과 같은 불순물을 사용하지 않고도 균질한 표면 형태를 가지는 탄소나노튜브 양을 형성함으로써, 전계전자 방출시 안정성과 신뢰성을 높일 수 있고, 종래보다 더 용이하게 제작할 수 있는 효과를 제공한다.

[0024] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양은 표면 전체에서 전자들이 균일하게 방출되기 때문에 실린더형 조명 소스원으로 이용가능하고, 또한 다양한 종류의 틀(플래너 및 플렉서블 재질)에 실을 감듯이 사용할 수 있으며, 그 외에 2극관형 또는 3극관형 전계전자 방출 소자를 포함한 다양한 분야의 평면형 및 곡면형 전자 소자(electronic device)에 응용될 수 있는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용한 표면 전계전자 방출원 및 이를 제조하는 방법에 관하여 상세히 설명하는 것으로 한다.

[0026] 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.

- [0027] 도 1은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 안을 제조하는 방법을 나타낸 개략도이다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 탄소나노튜브가 이어진 가느다란 섬유(120) 복수개가 합사유닛(130)을 통과하면서 전계전자 방출원이 되는 탄소나노튜브 안(150)으로 형성된다. 이때, 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 이상을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0029] 합사유닛(130)은 양 에지부에 탄소나노튜브가 통과할 수 있는 구멍이 구비된 튜브형태로 구비되며, 그 내부에는 탄소나노튜브가 이어진 가느다란 섬유(120)들의 결합을 위한 점도를 부여할 수 있는 유기용매가 포함된다. 유기용매는 메탄올(methanol), 에탄올(ethanol), 아세톤(acetone), 디클로로에탄(dichloroethane), 클로로포름(chloroform), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 디클로로벤젠(dichlorobenzene), 디메틸포름아미드(dimethylformamide) 중에서 선택된 하나 이상을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0030] 그리고, 탄소나노튜브가 이어진 가느다란 섬유(120)가 합사유닛(130)을 통과하여 배출되는 시간이 2초에서 9분 이내가 되도록 하여 탄소나노튜브가 유기 용매에 너무 오래 침지되지 않도록 하는 것이 바람직하다. 2초 미만 침지될 경우 필요한 점도가 형성되지 않고, 9분을 초과하여 너무 오래 침전될 경우에는 유기 용매 제거 공정이 정상적으로 수행되지 못할 수 있다.
- [0031] 다음으로는, 고밀도화 처리(Densing)를 위하여 합사유닛(130)이 회전되도록 한다. 합사유닛(130) 내부에서 동일한 방향으로 정렬된 탄소나노튜브의 가느다란 섬유(120)들이 유기용매와 같이 회전하면서 더 견고하게 뭉칠 수 있게 된다. 또한, 배출부의 노즐 크기를 조절하거나, 회전 속도를 조절하여 트위스트되는 정도를 조절할 수 있다. 이는, 수건을 물에 적신 후 비틀어 짤 때 수건의 모양이 그대로 유지되는 것과 같은 원리로 볼 수 있다. 이와 같은 원리를 실현시키기 위해서는 합사유닛(130)의 회전 속도를 10 ~ 300 rpm 으로 조절하는 것이 바람직하다.
- [0032] 도 1에서 합사유닛(130)은 박스 형태로 도시되었으나, 탄소나노튜브 안(150)이 배출되는 방향으로 점점 폭이 좁아지는 원뿔형으로 형성될 수도 있다. 그리고, 합사유닛(130) 내부에는 탄소나노튜브의 가느다란 섬유(120)들이 더 견고하게 결합될 수 있도록 유도하는 나선형의 홈이 형성될 수도 있다. 나선형 홈은 탄소나노튜브 안(150)이 배출되는 부분에 형성되는 것이 바람직하나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0033] 또한, 다른 실시예로 합사유닛(130)의 외관은 박스 형태로 형성되고, 내부는 상기 설명한 원뿔형으로도 형성될 수도 있으며, 이에 한 정되지 아니한다.
- [0034] 그 다음으로, 탄소나노튜브 안(150)이 배출되는 부분에는 탄소나노튜브 안(150)의 표면을 매끈하게 정리될 수 있는 고밀도화 노즐(미도시)이 구비될 수 있다. 이때, 고밀도화 노즐을 통과되는 속도는 배출되는 탄소나노튜브 안(150)을 감아주는 물에 의해 조절될 수 있으며, 이 속도에 따라서 탄소나노튜브 안(150)에 걸리는 장력이 조절되는데, 장력에 따라서 표면정돈 정도가 달라질 수 있다. 이때, 장력은 0.0005 ~ 0.5 mN 이 인가되도록 하는 것이 바람직하다. 장력이 0.0005 mN 미만으로 인가될 경우 고밀도화 처리가 정상적으로 수행되지 않을 수 있으며, 0.5 mN를 초과하게 되는 경우 탄소나노튜브 안이 끊어질 수 있다.
- [0035] 그 다음에는, 탄소나노튜브 안(150)에 남아있는 유기 용매를 증발시키면서 탄소나노튜브 안(150)의 결합상태를 더 견고하게 유지시키기 위한 열처리 공정을 수행한다. 이때, 열처리 온도는 100 ~ 1500℃ 범위에서 1 ~ 30분 동안 유지시키는 것이 바람직하다.
- [0036] 그 다음에는, 탄소나노튜브 안(150)의 표면에 고 에너지를 갖는 전자 빔 또는 레이저를 조사하여 표면을 매끄럽게(Smooth) 정리한다.

- [0037] 상술한 장치 및 방법에 의하여 형성되는 탄소나노튜브 양은 $1 \sim 1000\mu\text{m}$ 의 굵기를 갖고, 굵기에 대한 단면의 단위면적(μm^2)당 탄소나노튜브가 이어진 가느다란 섬유(120) 각각의 개수가 $10^2 \sim 10^5$ 개인 결합 밀도를 갖는다. 이와 같은 결합 밀도는 종래의 방법에서는 구현 할 수 없었던 고밀도 상태이고, 표면 정리 또한 용이하게 수행할 수 없었던 부분이다. 이와 같이, 본 발명에서는 상술한 방법에 의하여 표면이 매끄럽게 정리된 탄소나노튜브 양을 제조하였으며, 그 결과는 아래의 다음 SEM 사진을 통하여 확인할 수 있다.
- [0038] 도 2 내지 도 5는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양의 표면을 나타낸 SEM 사진들이다.
- [0039] 도 2에서부터 도 5로 갈수록 고배율로 촬영한 것인데, 모두 탄소나노튜브 양(150)의 표면이 매끄럽게 정리 되어 있는 것을 볼 수 있으며, 고배율의 사진에서 양의 표면 빈틈이 없는 것으로 보아 고밀도화 처리가 안정적으로 수행되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0040] 상술한 바와 같이 탄소나노튜브 양을 제조하고, 이를 이용하여 표면 전계전자 방출원을 제작하면, 전도성 유기 물과 페이스트 등과 같은 불순물을 사용하지 않고도 전계전자 방출시 안정성과 신뢰성을 높일 수 있고, 반복 채 현성이 뛰어나기 때문에 균질한 표면 형태를 가질 수 있도록 하며, 상온에서 간단하게 제작할 수 있는 장점을 가지게 된다.
- [0041] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양은 표면이 매끄럽게 형성되고, 고밀도화 되어 있으므로, 표면으로부터 전자들이 균일하게 방사될 수 있다. 따라서, 형광등과 같은 실린더 형 조명원으로 이용이 가능하고, 또한 다양한 종류의 틀(평판 또는 플렉서블 재질)에 실을 감듯이 하여 여러 가지 형태의 전자방출원으로 이용이 가능하다.
- [0042] 도 6 및 도 7은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 전계전자 방출원을 나타낸 평면도 및 평면 사진이다.
- [0043] 도 6을 참조하면, 기관(200) 상에 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양(250)을 정렬시키고, 양 에지부를 은 페이스트(230, 240)로 고정시킨다.
- [0044] 다음에는, 탄소나노튜브 양(250) 상부에 형광물질이 도포된 투명전극 기관(ITO, 210)을 형성한다. 이때, 기관(200)과 투명전극 기관(210) 사이의 영역에 스페이서(220)를 형성하여 탄소나노튜브 양(250)이 압착되지 않도록 한다.
- [0045] 그 다음에는, 탄소나노튜브 양(250)에 음의 전극 인가부를 연결하고 투명전극 기관(210)에 양의 전극 인가부를 연결 하여 전계가 인가되도록 하면, 탄소나노튜브 양(250)의 표면에서 전자가 방출되고, 이 전자들이 투명전극 기관(210)의 형광물질을 자극하여 발광하게 된다.
- [0046] 이에 대한 실제 실험 결과로 도 7을 참조하면, 탄소나노튜브 양(250)의 표면 전체에서 균일하게 전자가 방출되어 형광면 전체에서 고르게 발광이 나타남을 알 수 있다.
- [0047] 도 8은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 실린더형 발광 튜브에 응용한 것을 나타낸 개략도이다.
- [0048] 도 8을 참조하면, 형광물질이 도포된 투명전극 기관(310)을 실린더 형 튜브로 형성하고, 그 내부에 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양(350)을 위치시켜 형광 램프와 같은 전계전자 방출 소자로 이용할 수 있는 것이다.
- [0049] 도 9는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 숫자표시판에 응용한 것을 나타낸 개략도이다.
- [0050] 도 9를 참조하면, 형광물질이 도포된 투명전극 기관(410) 하부에 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양(450)을 숫자 또는 문자 형태로 배열시켜 광고판, 교통표지판, 신호등과 같은 전계전자 방출 소자에 활용할 수 있다.

- [0051] 도 10은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 평면 기판에 응용한 것을 나타낸 개략도이다.
- [0052] 도 10을 참조하면, 평판형의 기판(510)을 마련하고, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(550)을 균일한 간격으로 감아서 평판형 디스플레이의 백라이트와 같은 전계전자 방출 소자로 활용할 수 있다.
- [0053] 이때, 탄소나노튜브 얇(550)의 간격이나 밀도를 조절하는 방식으로 백라이트의 밝기를 조절할 수 있다.
- [0054] 도 11 및 도 12는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 평면 기판에 응용한 것을 나타낸 단면도들이다.
- [0055] 도 11은 평판형의 기판(510)에 탄소나노튜브 얇(550)을 한 번만 감을 경우를 도시한 것이며, 도 12는 평판형의 기판(510)에 제 1 탄소나노튜브 얇층(550) 및 제 2 탄소나노튜브 얇층(560)으로 두 번 감은 경우를 나타낸 것이다. 2층형으로 형성하는 경우 전계전자 방출원의 밀도를 증가시키고, 기판(510)에 대한 결합력을 더 향상시킬 수 있다.
- [0056] 도 13은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하여 제조한 표면 전계전자방출원을 플렉서블한 평면 기판에 응용한 것을 나타낸 개략도이다.
- [0057] 도 13을 참조하면, 평판형의 플렉서블한 기판(610)을 마련하고, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(650)을 균일한 간격으로 감아서 평판형 디스플레이의 백라이트와 같은 전계전자 방출원 소재로 활용할 수 있다.
- [0058] 이때, 탄소나노튜브 얇(650)을 감는 방법이나 간격을 조절하는 방식으로 백라이트의 밝기를 조절할 수 있다.
- [0059] 도 14 및 도 15는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하여 제조한 표면 전계전자방출원을 플렉서블한 평면 발광 기판에 응용한 것을 나타낸 단면도들이다.
- [0060] 도 14는 평판형의 기판(610)에 탄소나노튜브 얇(650)을 한 번만 감을 경우를 도시한 것이며, 도 15는 평판형의 기판(610)에 제 1 탄소나노튜브 얇층(650) 및 제 2 탄소나노튜브 얇층(660)으로 두 번 감은 경우를 나타낸 것이다. 2층형으로 형성하는 경우 전계전자 방출원의 밀도를 증가시키고, 기판(610)에 대한 결합력을 더 향상시킬 수 있다.
- [0061] 도 16은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 원기둥형의 기판에 응용한 것을 나타낸 개략도이다.
- [0062] 도 16을 참조하면, 원기둥형의 기판(710)을 마련하고, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(720)을 균일한 간격으로 감아서 전계전자 방출 소자로 활용할 수 있다.
- [0063] 이때, 탄소나노튜브 얇(720)을 감는 방법이나 감는 간격을 조절하는 방식으로 광원의 밝기를 조절할 수 있다.
- [0064] 아울러, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하면 표면 전계전자 방출원을 다각형, 문자 또는 숫자 기판에 감아서 사용할 수 있다. 다각형은 사각형, 마름모, 삼각형, 오각형 등이 사용될 수 있으며, 타원, 별표, 문자, 숫자 등 다양한 형태의 기판이 사용될 수 있으며, 반드시 도전성의 기판이 아니어도 사용이 가능하다.
- [0065] 도 17은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용하여 제조한 직물형태의 표면 전계전자 방출원을 나타낸 평면사진이다.
- [0066] 도 17은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 직물형태로 제조한 것을 나타낸 사진이며, 이와 같은 직물 형태의 전계전자 방출원은 상기 도 13과 같은 플렉서블 기판에 용이하게 응용할 수 있다.

- [0067] 도 18은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 2극관형 또는 3극관형 전계전자 방출 소자에 적용한 것을 나타내는 개략도이다.
- [0068] 도 18을 참조하면, 2극관형 또는 3극관형 전계전자 방출 소자의 후면 유리기관(800) 상부에 은 페이스트를 인쇄하여 음 전극(810)을 형성한 후 그 상부에 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(820)을 배열시킨다. 이때, 탄소나노튜브 얇(820)의 배열은 음 전극(810) 방향을 따라 배열시키는 것이 바람직하나 항상 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0069] 여기서, 전계전자 방출 표시 소자의 화면 밝기는 음의 전극으로부터 방출되는 전자의 에너지 크기와 밀도에 의해 좌우된다. 이때, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(820)은 매끄러운 표면 전면에서 고르게 전자를 방출시키므로, 종래와 동일한 화면 밝기를 구현하는 전력 소비가 상대적으로 감소하게 되고, 양질의 화상을 얻을 수 있도록 하는 효과를 제공한다.
- [0070] 도 19는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 2극관형 전계전자 방출 소자에 적용한 것을 나타내는 단면도이다.
- [0071] 도 19를 참조하면, 전면 유리기관(910)과 후면 유리기관(900) 사이에는 절연성 스페이서(960)에 의해 각 기관면에 소정의 패턴이 형성될 수 있도록 구획되어 있고, 이들 절연성 스페이서(960) 사이의 공간에는 서로 대면하는 양전극(930)과 음전극(920)이 각각 형성된다.
- [0072] 전면 유리기관(910)의 양전극(930)은 ITO 증착 또는 은 페이스트에 의해 적층 배열되고, 그 상부에는 형광체(940)가 소정의 패턴을 이루도록 도포되어 있으며, 이것에 대응하는 후면 유리기관(900)의 음전극(920)도 역시 ITO 증착 또는 은 페이스트에 의해 적층 배열되고, 그 상부에는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(950)이 배열된다.
- [0073] 상기와 같은 구조의 후면 유리기관(900) 및 전면 유리기관(910)은 각 전극이 서로 대향되도록 봉합(封合)된다.
- [0074] 다음에는, 음전극(920)으로 전계가 인가되었을 때에 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(950)을 통해 방출되는 전자에 의하여 형광체(940)가 여기되고 빛이 발광하게 된다. 이때, 절연성 스페이서(960)에 의해 구획된 공간에 의해 주변 측으로의 유실이 방지되는 데, 탄소나노튜브 얇(950)에 의해서 탄소나노튜브를 포함하지 않는 종래의 전계전자 방출 소자 대비 각 구획별 전자 방출량이 증가하게 된다. 즉, 각 구획별 휘도가 향상될 수 있는 것이다.
- [0075] 도 20은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 3극관형 전계전자 방출 소자에 적용한 것을 나타내는 단면도이다.
- [0076] 도 20을 참조하면, 유리기관(1000) 상부에 형성되는 절연성 스페이서(1040)에 의해 기관 면에 소정의 패턴이 형성될 수 있도록 구획되어 있고, 이들 절연성 스페이서(1040) 사이의 공간에는 음전극(1020)이 각각 형성된다. 그리고, 음전극(1020) 상부에는 그 상부에는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(1030)이 배열되고, 음전극(1020) 및 탄소나노튜브 얇(1030)과 직교되는 방향으로 그리드(1050)가 형성된다.
- [0077] 여기서, 그리드(1050)는 2극관형과 3극관형을 구분시키는 구성으로 전면 유리기관(1010)에 형성되는 양전극(1060) 및 형광체(1070)와 서로 엇갈리는 형태로 구비되는 것이 바람직하다. 이때, 양전극(1060) 및 형광체(1070) 중 음극선관에 적용되는 통상의 것들은 R, G, B 순의 라인 패턴으로 형성된다.
- [0078] 이와 같은 구조의 3극관형 전계전자 방출 소자의 동작원리도 상기 2극관형과 동일하며, 여기서도 역시 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇(1030)에 의해서 탄소나노튜브를 포함하지 않는 종래의 전계전자 방출 소자 대비 휘도를 향상시키고, 컬러 구현 능력을 향상시킬 수 있다.
- [0079] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 얇을 이용한 표면 전계전자 방출원은 다양한 분야의 평면형 및 곡면형 전자 소자(electronic device)에 응용될 수 있다.
- [0080] 또한, 이러한 본 발명의 적용분야는 발광이 필요한 모든 분야에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 이들 평면형 전자 소자에는 박테리아 살균용 전자빔 방출장치, 비파괴 검사용 전자빔 방출장치, 조명용으로 이용되는 가시 광

원(Visible light source), 램프, 표시장치, 평판 디스플레이용 백라이트 장치, x-ray 장치용 전자 소스, 고출력 마이크로 웨이브용 전자 소스 등이 있다.

[0081] 아울러, 곡면형 전자 소자에는 예를 들어 소형의 위치 확인을 위한 발광장치로부터 광고판, 교통표지판, 신호등에 적용이 가능하다. 또한 발광 제어가 가능한 패시브 또는 액티브 매트릭스 구동방식으로서 플렉서블 전계발광 디스플레이로서 적용도 가능하다.

[0082] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 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 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면의 간단한 설명

[0083] 도 1은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 제조하는 방법을 나타낸 개략도.

[0084] 도 2 내지 도 5는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양의 표면을 나타낸 SEM 사진들.

[0085] 도 6 및 도 7은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 전계전자 방출원을 나타낸 평면도 및 평면 사진.

[0086] 도 8은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 실린더형 발광 튜브에 응용한 것을 나타낸 개략도.

[0087] 도 9는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 숫자표시판에 응용한 것을 나타낸 개략도.

[0088] 도 10은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 평면 기판에 응용한 것을 나타낸 개략도.

[0089] 도 11 및 도 12는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 평면 기판에 응용한 것을 나타낸 단면도들.

[0090] 도 13은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자방출원을 플렉서블한 평면 기판에 응용한 것을 나타낸 개략도.

[0091] 도 14 및 도 15는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자방출원을 플렉서블한 평면 발광 기판에 응용한 것을 나타낸 단면도들.

[0092] 도 16은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 표면 전계전자 방출원을 원기둥형의 기판에 응용한 것을 나타낸 개략도.

[0093] 도 17은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 이용하여 제조한 직물형태의 표면 전계전자 방출원을 나타낸 평면사진.

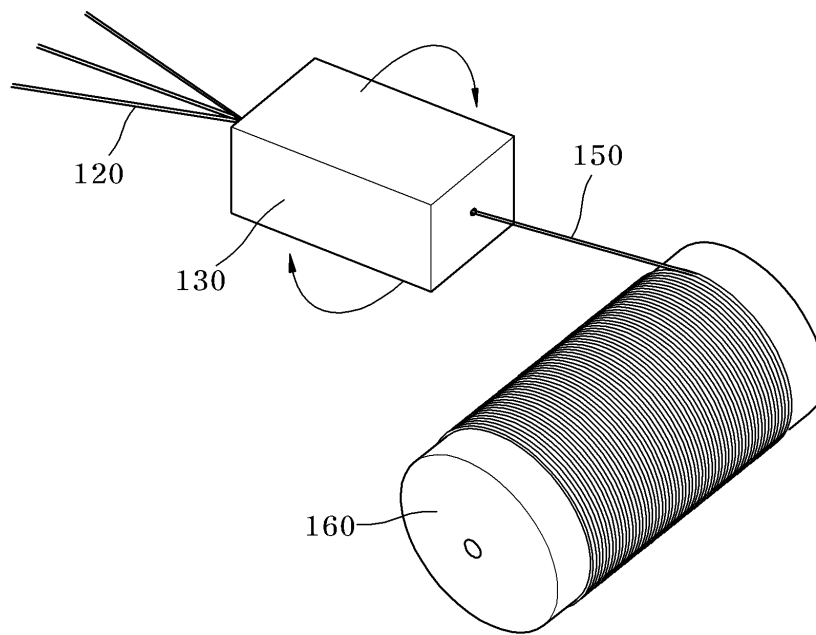
[0094] 도 18은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 2극관형 또는 3극관형 전계전자 방출 소자에 적용한 것을 나타내는 개략도.

[0095] 도 19는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 2극관형 전계전자 방출 소자에 적용한 것을 나타내는 단면도.

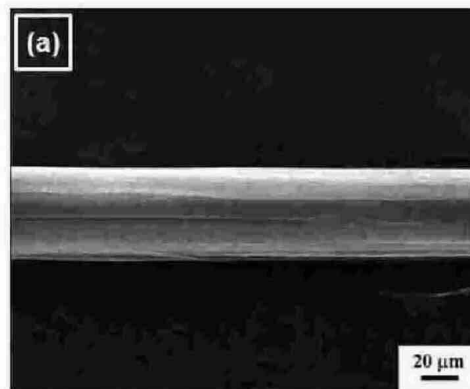
[0096] 도 20은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 양을 3극관형 전계전자 방출 소자에 적용한 것을 나타내는 단면도.

도면

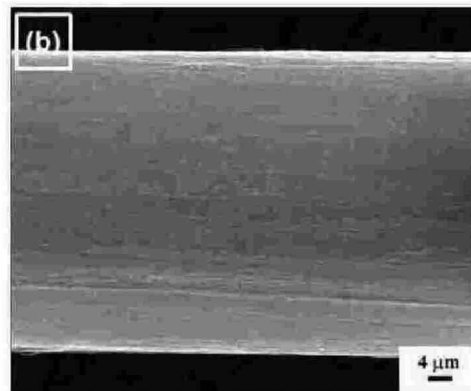
도면1



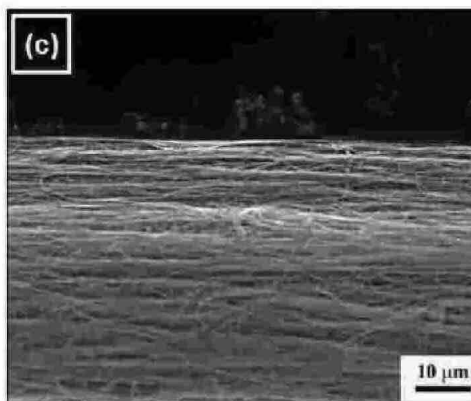
도면2



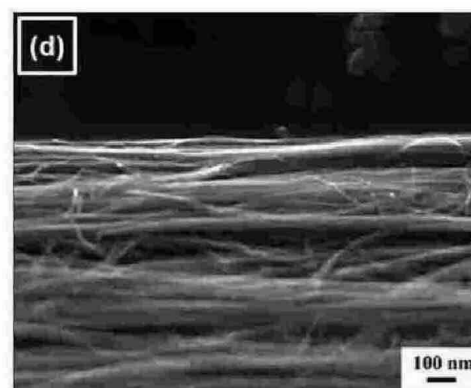
도면3



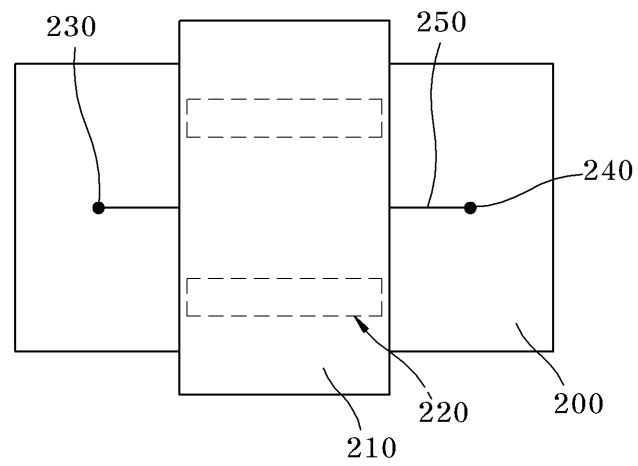
도면4



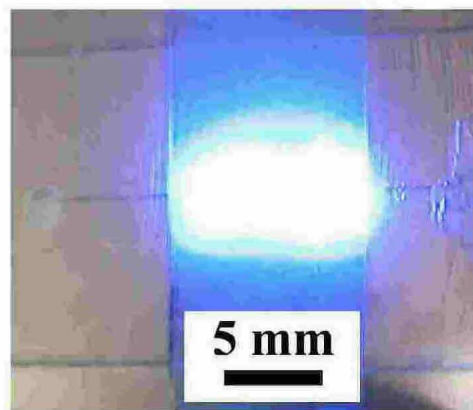
도면5



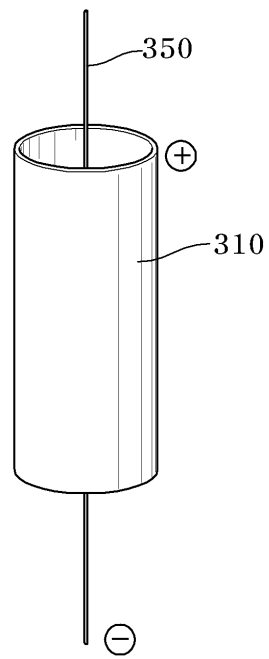
도면6



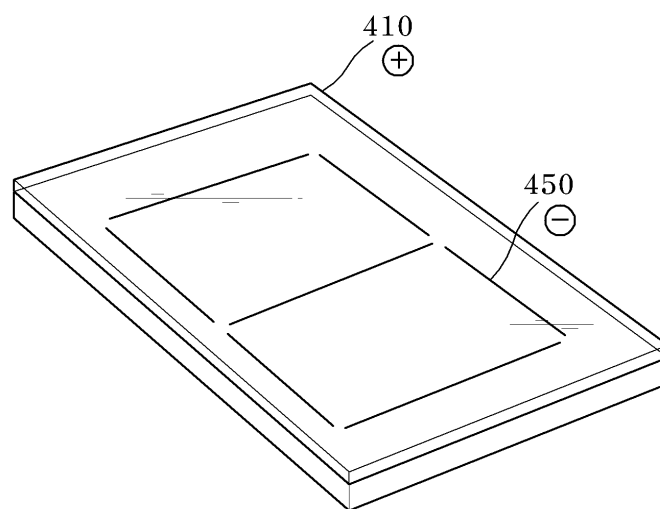
도면7



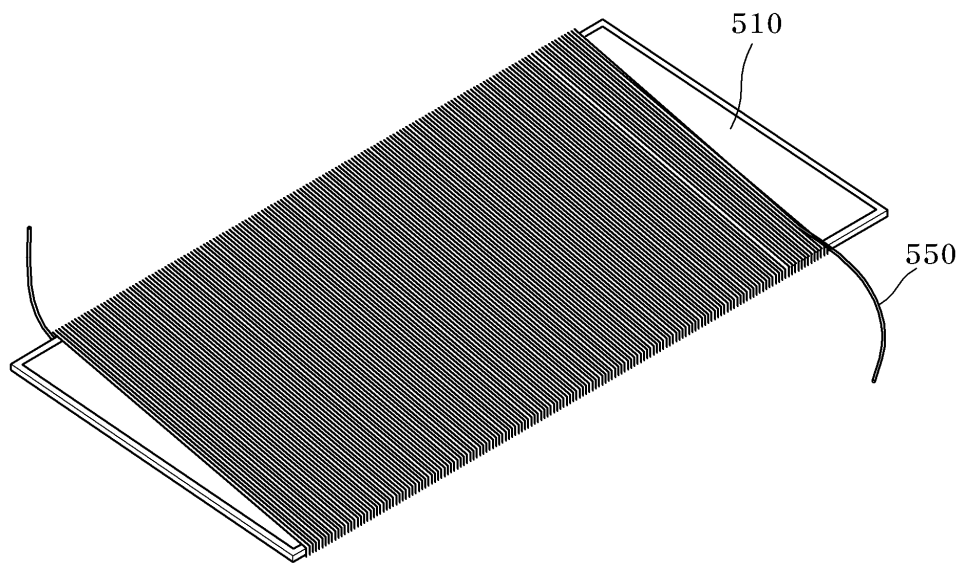
도면8



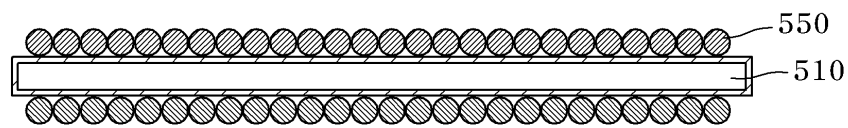
도면9



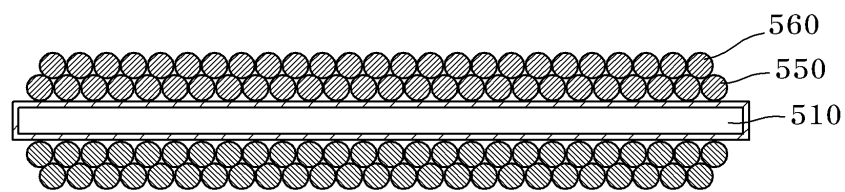
도면10



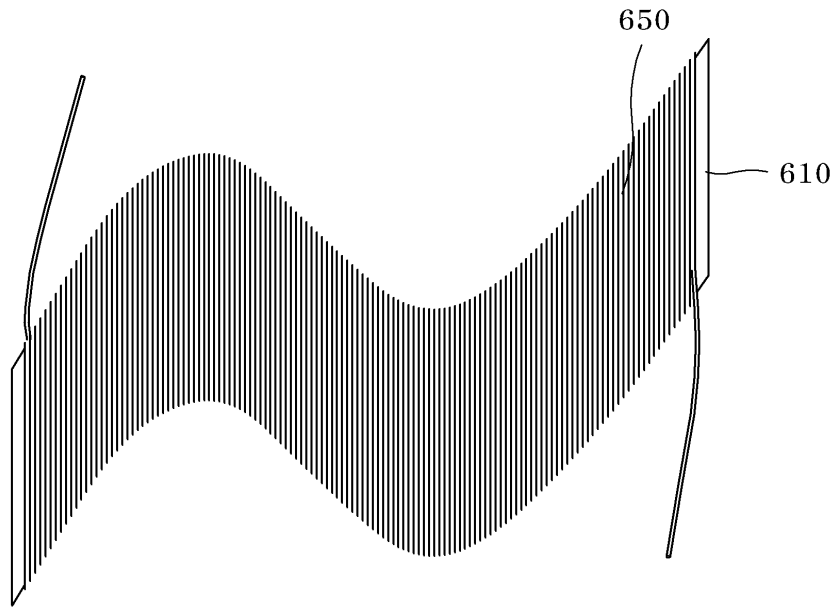
도면11



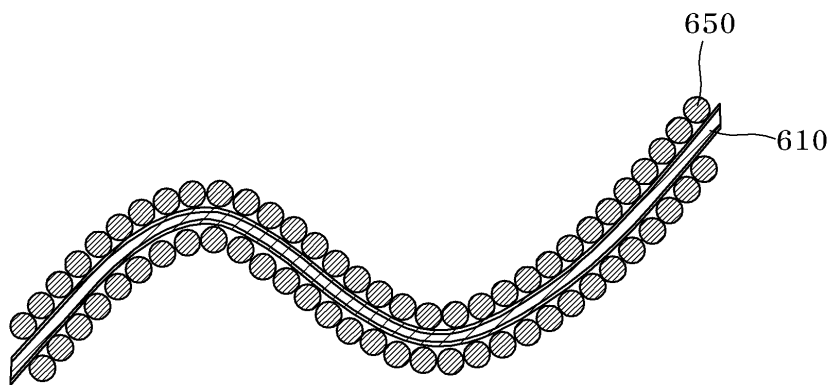
도면12



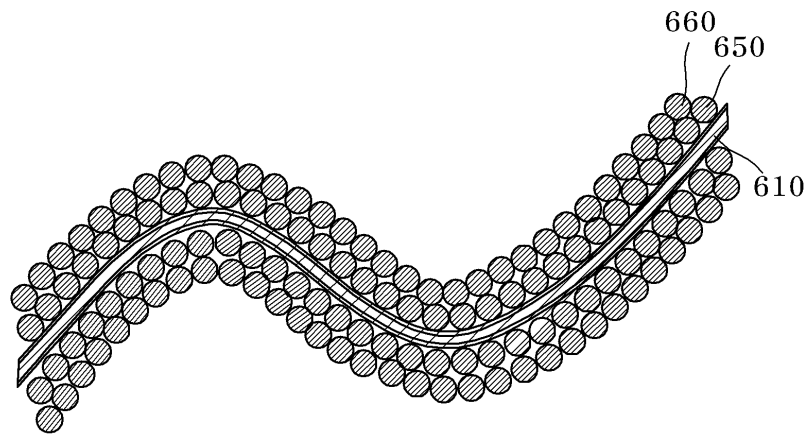
도면13



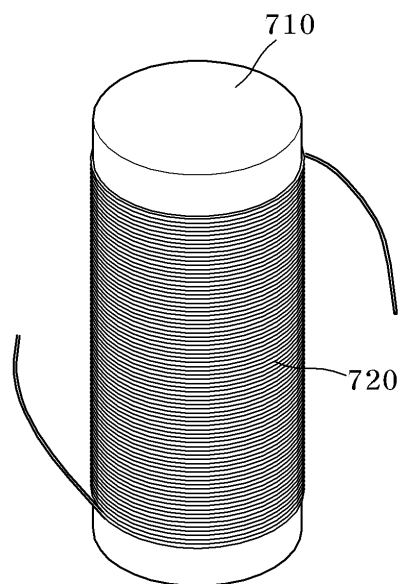
도면14



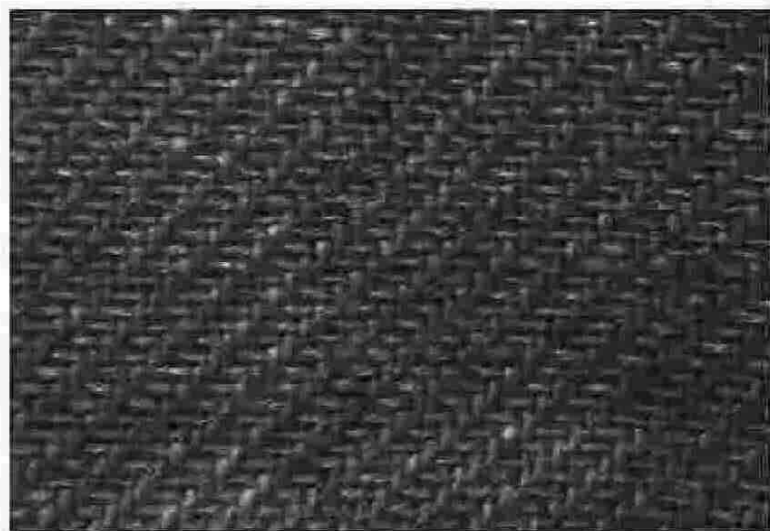
도면15



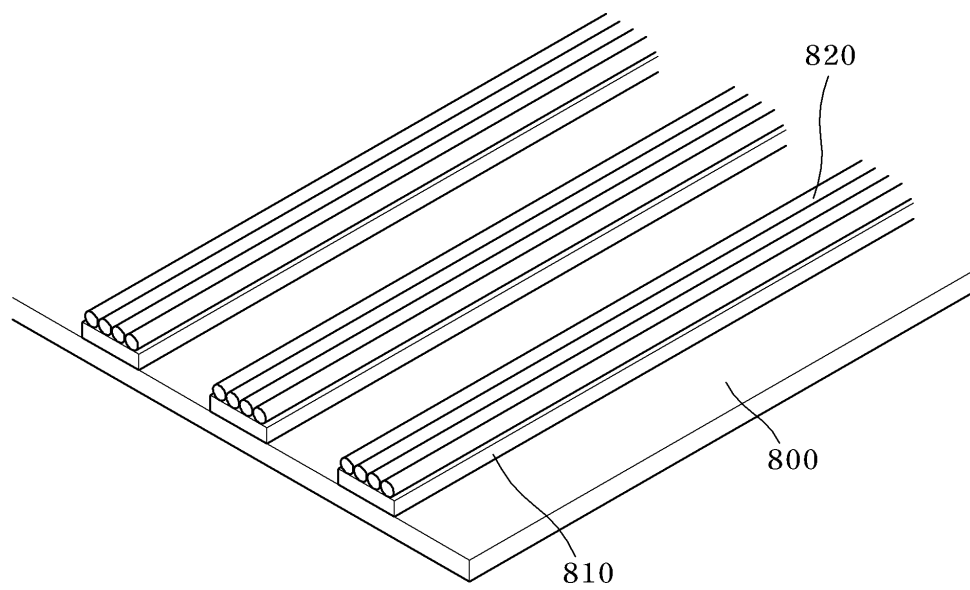
도면16



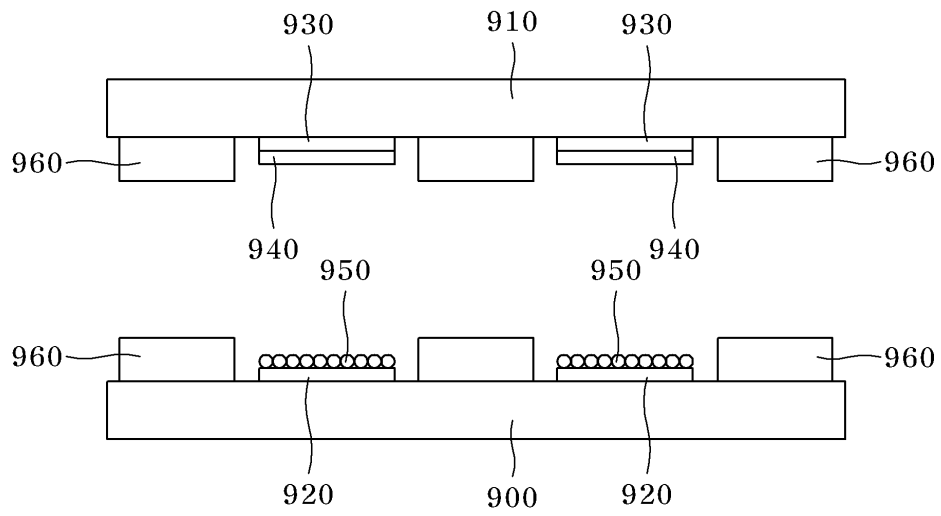
도면17



도면18



도면19



도면20

