



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년05월03일
 (11) 등록번호 10-1140409
 (24) 등록일자 2012년04월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0121702

(22) 출원일자 2009년12월09일

심사청구일자 2009년12월09일

(65) 공개번호 10-2011-0064921

(43) 공개일자 2011년06월15일

(56) 선행기술조사문헌

JP2009123843 A

KR1020070021756 A

US20050263388 A1

(73) 특허권자

한국기계연구원

대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자

이지혜

대전광역시 유성구 유성대로 1741, 105동 804호
 (전민동, 세종아파트)

김기돈

서울특별시 중구 중림로 10, 삼성사이버빌리지
 107동 504호 (중림동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

나승택, 조영현

전체 청구항 수 : 총 7 항

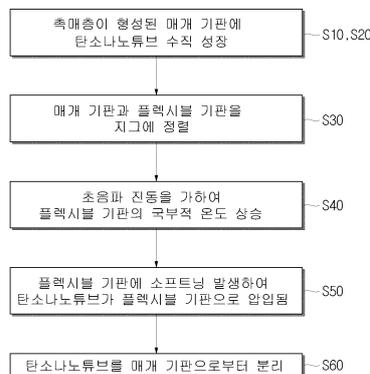
심사관 : 박종철

(54) 발명의 명칭 **플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법 및 이에 의해 제조된 플렉시블 탄소나노튜브 에미터**

(57) 요약

본 발명은 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법 및 이에 의해 제조된 플렉시블 탄소나노튜브 에미터에 관한 것으로서, 본 발명의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법은, 매개 기관 상에 탄소나노튜브를 성장시키는 성장단계; 상기 탄소나노튜브에 맞닿으며 상기 매개 기관과 마주보도록 플렉시블 기관을 정렬하는 정렬단계; 상기 탄소나노튜브와 상기 플렉시블 기관 간의 접촉을 유지하면서 상기 매개 기관을 진동시키는 진동단계; 상기 플렉시블 기관에서 상기 탄소나노튜브와 접촉된 부분이 소프트닝되며 상기 탄소나노튜브가 상기 플렉시블 기관에 압입되는 압입단계; 및 상기 매개 기관과 상기 탄소나노튜브를 분리시키는 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

정준호

대전광역시 유성구 노은서로210번길 32, 열매마을
411동 602호 (지족동)

이용숙

대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009-0082527

부처명 교육과학기술부

연구사업명 나노원천기술개발사업

연구과제명 필러층을 이용한 1차원 나노구조체의 병렬접합 기술 개발

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2009년 06월 01일 ~ 2010년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

매개 기관 상에 탄소나노튜브를 성장시키는 성장단계;

상기 탄소나노튜브에 맞닿으며 상기 매개 기관과 마주보도록 플렉시블 기관을 정렬하는 정렬단계;

상기 탄소나노튜브와 상기 플렉시블 기관 간의 접촉을 유지하면서 상기 매개 기관을 진동시키는 진동단계;

상기 플렉시블 기관에서 상기 탄소나노튜브와 접촉된 부분이 소프트닝되며 상기 탄소나노튜브가 상기 플렉시블 기관에 압입되는 압입단계; 및

상기 매개 기관과 상기 탄소나노튜브를 분리시키는 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 성장단계 이전, 상기 매개 기관 상에 촉매층을 형성하는 촉매층 형성단계를 더 포함하고,

상기 성장단계에서는, 상기 탄소나노튜브를 상기 촉매층 상에 성장시키는 것을 특징으로 하는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 진동단계에서는,

상기 탄소나노튜브와 상기 플렉시블 기관 간의 접촉을 강화시키기 위하여, 상기 플렉시블 기관 측으로 상기 매개 기관을 가압하면서 상기 매개 기관을 진동시키는 것을 특징으로 하는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 진동단계에서는,

상기 매개 기관 및 상기 플렉시블 기관과 수직한 방향을 따라 상기 매개 기관을 진동시키는 것을 특징으로 하는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 진동단계에서는, 상기 매개 기관이 초음파로 진동되는 것을 특징으로 하는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 진동단계에서는,

상기 플렉시블 기관의 유리 전이온도 이하의 온도 범위에서 상기 플렉시블 기관을 예열하면서 상기 매개 기관을 진동시키는 것을 특징으로 하는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 제조방법에 의하여 제조된 플렉시블 탄소나노튜브 에미터.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법 및 이에 의해 제조된 플렉시블 탄소나노튜브 에미터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 플렉시블 기판 상에 탄소나노튜브를 압입함으로써 형성되는, 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법 및 이에 의해 제조된 플렉시블 탄소나노튜브 에미터에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 들어 탄소나노튜브가 비교적 낮은 진공도에서 전자 방출 특성이 우수한 이유로 인해 이를 이용한 전계방출 소자의 중요성이 인식되고 있다. 탄소나노튜브는 하나의 탄소 원자가 3개의 다른 탄소와 결합되어 형성된 육각형 벌집 무늬의 구조가 등글게 말려 튜브 형태로 된 것으로서, 튜브의 직경이 수 내지 수백 나노미터 정도로 극히 작으며, 단일벽(single wall) 구조나 다중벽(multi-wall) 구조 등으로 성장한다. 단일벽 구조는 높은 종횡비를 가지므로 전자 방출 특성이 우수하나 열적으로 취약하여 수명이 짧으며, 다중벽 구조는 그와 반대로 수명이 길지만 전자 방출 특성은 취약하다.

[0003] 이와 같은 탄소나노튜브는 감긴 형태 및 직경에 따라 금속과 같은 전기적 도체가 되기도 하며, 전기가 잘 통하지 않는 반도체의 성질을 갖기도 하며, 속이 비어 있고 길이가 길기 때문에 기계적, 전기적, 화학적 특성이 우수하여 전계방출소자의 에미터 소재로 사용되고 있다. 즉, 탄소나노튜브는 작은 직경(약, 1.0~수십[nm])을 갖기 때문에 종래의 마이크로 팁형(spindt형) 전계방출 팁에 비해 전계강화효과(field enhancement factor)가 상당히 우수하여 전자방출이 낮은 임계 전계(turn-on field, 약 1~5[V/ μ m])에서 이루어질 수 있게 되므로, 전력손실 및 생산단가를 줄일 수 있게 된다.

[0004] 이러한 탄소나노튜브는 캐소드 전극 상에 페이스트 상태로 스크린 프린팅되어 형성되거나 화학 기상증착으로 성장시키는 방법으로 형성될 수 있는데, 이 중에서 직접 성장시키는 방법은 구동 전압이 낮아 효율은 높지만 높이를 균일하게 제어하여 대형 패널에 적용하기 어렵다. 따라서, 대형 패널에 적용하기 쉽고 공정이 간단한 페이스트 상태의 탄소나노튜브를 적용하는 방법이 많이 사용되고 있다.

[0005] 한편, 종래 플렉시블 기판 상에 탄소나노튜브 에미터를 제조하는 방법에서는 탄소나노튜브를 스프레이, 잉크젯 등의 방식으로 도포하여 제작하였다. 그러나 이러한 방식은 플렉시블 기판과 탄소나노튜브 간의 전기적 접합이 좋지 않아, 에미터의 성능이 떨어지고 발열량이 많은 등의 단점이 있다.

[0006] 도 1에 도시된 바와 같이, 최근 수직 성장된 탄소나노튜브(10)를 폴리카보네이트와 같은 플렉시블 기판(20)에 열적 소프트닝 방법으로 압입함으로써 플렉시블 기판(20) 상에 탄소나노튜브 에미터(30)를 제조하는 방법이 제안되었다. 그러나 이 방법은 플렉시블 기판(20) 전체를 플렉시블 기판(20)의 유리전이온도 이상으로 가열하여야 하므로, 플렉시블 기판(20)에 일부 변형이 발생하는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하고자 하는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 플렉시블 기판에서 탄소나노튜브와 접촉한 부분의 온도만 국부적으로 상승시켜 플렉시블 기판과 탄소나노튜브를 결합시킴으로써, 플렉시블 기판과 탄소나노튜브 간의 전기적 접합을 우수하게 하고, 플렉시블 기판과 탄소나노튜브의 결합을 위해 플렉시블 기판 전체를 가열할 필요가 없으므로 플렉시블 기판의 열 변형을 방지할 수 있는 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법 및 이에 의해 제조된 플렉시블 탄소나노튜브 에미터를 제공함에 있다.

과제 해결수단

[0008] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법은, 매개 기판 상에 탄소나노튜브를 성장시키는 성장단계; 상기 탄소나노튜브에 맞닿으며 상기 매개 기판과 마주보도록 플렉시블 기판을 정렬하는 정렬단계; 상기 탄소나노튜브와 상기 플렉시블 기판 간의 접촉을 유지하면서 상기 매개 기판을 진동시키는 진동단계; 상기 플렉시블 기판에서 상기 탄소나노튜브와 접촉된 부분이 소프트닝되며 상기 탄소나노튜브

브가 상기 플렉시블 기관에 압입되는 압입단계; 및 상기 매개 기관과 상기 탄소나노튜브를 분리시키는 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0009] 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 있어서, 바람직하게는, 상기 성장단계 이전, 상기 매개 기관 상에 촉매층을 형성하는 촉매층 형성단계를 더 포함하고, 상기 성장단계에서는, 상기 탄소나노튜브를 상기 촉매층 상에 성장시킨다.
- [0010] 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 있어서, 바람직하게는, 상기 진동단계에서는, 상기 탄소나노튜브와 상기 플렉시블 기관 간의 접촉을 강화시키기 위하여, 상기 플렉시블 기관 측으로 상기 매개 기관을 가압하면서 상기 매개 기관을 진동시킨다.
- [0011] 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 있어서, 바람직하게는, 상기 진동단계에서는, 상기 매개 기관 및 상기 플렉시블 기관과 수직인 방향을 따라 상기 매개 기관을 진동시킨다.
- [0012] 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 있어서, 바람직하게는, 상기 진동단계에서는, 상기 매개 기관이 초음파로 진동된다.
- [0013] 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 있어서, 바람직하게는, 상기 진동단계에서는, 상기 플렉시블 기관의 유리 전이온도 이하의 온도 범위에서 상기 플렉시블 기관을 예열하면서 상기 매개 기관을 진동시킨다.
- [0014] 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터는, 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 의하여 제조되는 것을 특징으로 한다.

효 과

- [0015] 본 발명의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 따르면, 플렉시블 기관에서 탄소나노튜브와 접촉한 부분의 온도만 국부적으로 상승시켜 플렉시블 기관의 열 변형을 방지할 수 있다.
- [0016] 또한 본 발명의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법에 따르면, 플렉시블 기관에서 탄소나노튜브와 접촉한 부분이 소프트닝되면서 탄소나노튜브가 그 부분에 압입됨으로써, 탄소나노튜브와 플렉시블 기관 간의 강한 기계적 결합이 형성될 수 있다.

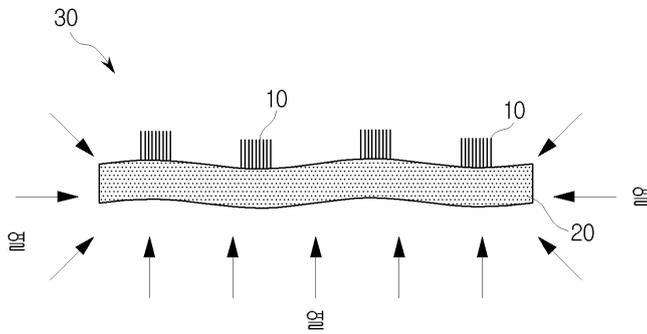
발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법의 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0018] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법의 순서도이고, 도 3은 도 2의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법을 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0019] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 실시예의 플렉시블 탄소나노튜브 에미터 제조방법은 플렉시블 기관에서 탄소나노튜브와 접촉한 부분의 온도만 국부적으로 상승시켜 탄소나노튜브 에미터를 제조하는 방법으로서, 촉매층 형성단계(S10)와, 성장단계(S20)와, 정렬단계(S30)와, 진동단계(S40)와, 압입단계(S50)와, 분리단계(S60)를 포함한다.
- [0020] 상기 촉매층 형성단계(S10)에서는, 매개 기관(110) 상에 촉매층(130)을 형성하는 것으로서, 탄소나노튜브(120)를 성장시키기 전 탄소성 기체를 공급해 줄 촉매층(130)을 매개 기관(110) 상에 코팅하는 것이다.
- [0021] 매개 기관(110)으로는 유리나 실리콘 웨이퍼, 금속판 등이 사용될 수 있는데, 본 실시예에서는 실리콘 웨이퍼가 이용된다.
- [0022] 탄소나노튜브(120)를 성장시키기 위해서는 매개 기관(110) 위에 촉매층(130) 즉, 탄소나노튜브 형성용 금속촉매층(metal nuclei layer)(130)를 증착시키는데, 구체적으로 매개 기관(110)의 표면에 마그네트론 스퍼터링(magnetron sputtering), 전자빔 증착(e-beam evaporation) 또는 액상 촉매 형성 방법에 의하여 금속을 소정의 두께로 증착하여 탄소나노튜브(120)가 성장하기 위한 탄소나노튜브 형성용 금속촉매층(130)을 형성한다.
- [0023] 이와 같은 탄소나노튜브 형성용 금속촉매는 구체적으로 니켈, 철, 코발트, 팔라듐, 백금 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 금속으로 제작되며, 이 때 탄소나노튜브 형성용 금속촉매층(130)의 두께는 1 nm 내지 100 nm 인 것이 바람직하다.

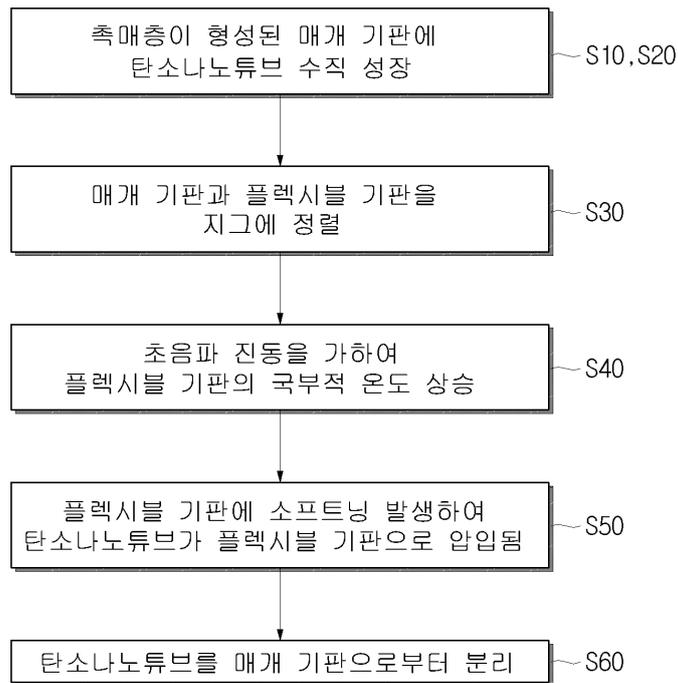
- [0024] 상기 성장단계(S20)에서는, 매개 기관(110) 상에 탄소나노튜브(120)를 성장시키는데, 본 실시예에서는 매개 기관(110)에 형성된 촉매층(130) 상에 탄소나노튜브(120)를 수직 성장시킨다.
- [0025] 본 발명에서 사용되는 탄소나노튜브(120)는 CVD법 또는 PECVD법 또는 아크-방전(arc-discharge)법으로 제조된 다중벽(multi wall) 또는 단일벽(single wall) 탄소나노튜브이며, 바람직하게는 1~10 μ m의 길이를 가지며 수 nm 내지 수십 nm의 직경을 갖는 탄소나노튜브를 사용할 수 있다.
- [0026] 탄소나노튜브(120)를 수직으로 성장시키기 위하여, 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition: CVD) 또는 플라즈마 보강 화학 기상 증착법(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition: PECVD) 또는 아크-방전법을 사용하여 매개 기관(110) 상의 탄소나노튜브 형성용 금속촉매층(130) 위에서 직접 탄소나노튜브(120)를 수직으로 성장시킨다.
- [0027] 탄소나노튜브(120)의 성장단계(S20)에서는 약 400 ~ 1000 $^{\circ}$ C의 온도를 유지하는 반응로 내에 메탄, 아세틸렌, 에틸렌, 에탄, 일산화탄소 및 이산화탄소와 같은 탄소 함유 가스와 H₂, N₂ 또는 Ar 가스를 함께 주입하면서, 탄소나노튜브 형성용 금속촉매층(130)의 표면으로부터 수직 방향으로 탄소나노튜브(120)를 성장시킨다. 이러한 조건에서 탄소나노튜브 형성용 금속촉매층(130) 표면 상에서 탄소성 기체(carbonaceous gas)가 분해되어 확산됨으로써 탄소나노튜브(120)가 수직으로 성장하게 된다.
- [0028] 탄소나노튜브(120)를 수직으로 성장시키는 방법으로는 매개 기관(110)을 사이에 두고 전계를 형성하여 자성을 띄는 금속촉매의 영향으로 자기 정렬에 의해 탄소나노튜브(120)를 수직으로 성장시키는 방법이 있다. 또 다른 방법은 조밀하게 성장되는 효과에 의해 탄소나노튜브(120)가 서로 지지하며 수직으로 정렬되면서 성장하는 방법이 있는데, 이때 반응시간은 약 1분 내지 30분 정도로 조절될 수 있고, 탄소나노튜브(120)의 성장 온도와 시간을 이용해서 탄소나노튜브(120)의 길이를 소정의 범위 내로 제어할 수 있다.
- [0029] 상기 정렬단계(S30)에서는, 탄소나노튜브(120)에 맞닿으며 매개 기관(110)과 마주보도록 플렉시블 기관(140)을 정렬한다. 우선 플렉시블 기관(140)을 지그(50)에 배치시키고, 탄소나노튜브(120)가 형성된 매개 기관(110)을 뒤집어서 탄소나노튜브(120)가 형성된 면이 플렉시블 기관(140)을 향하도록 매개 기관(110)을 지그(50)에 배치시킨다.
- [0030] 본 발명에서 이용되는 플렉시블 기관(140)의 재질로는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET; polyethylene terephthalate), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN; polyethylene naphthalate), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리이미드(polyimide), 고분자 탄화수소(polymeric hydrocarbon), 셀룰로오스 물질(cellulosics) 및 플라스틱(plastic)으로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상이 사용될 수 있으나, 반드시 이들로 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 상기 진동단계(S40)에서는, 탄소나노튜브(120)와 플렉시블 기관(140) 간의 접촉을 유지하면서 매개 기관(110)을 진동시킨다. 본 실시예에서 바람직하게는 매개 기관(110) 및 플렉시블 기관(140)과 수직한 방향을 따라 매개 기관(110)을 진동시킨다.
- [0032] 매개 기관(110)을 진동시키는 과정에서, 매개 기관(110)은 20 kHz 이상의 진동 주파수를 가지며 초음파로 진동된다. 매개 기관(110)을 초음파로 진동시키기 위하여 압전 진동자 등을 지그(50)에 설치하여 매개 기관(110)을 진동시킬 수 있는데, 이 외에도 매개 기관(110)을 초음파로 진동시키기 위한 다양한 방법이 가능하다.
- [0033] 또한, 탄소나노튜브(120)와 플렉시블 기관(140) 간의 접촉을 강화시키기 위하여, 플렉시블 기관(140) 측으로 매개 기관(110)을 일정 압력으로 가압하면서 매개 기관(110)을 초음파로 진동시킨다.
- [0034] 진동단계(S40)에서는, 진동 및 가압의 환경과 함께, 플렉시블 기관(140)의 유리전이온도(glass transition temperature) 이하의 온도 범위에서 플렉시블 기관(140)을 예열하면서 매개 기관(110)을 진동시키는 것이 바람직하다. 유리전이온도는 플렉시블 기관(140)의 내열성의 척도로 알려져 있다. 플렉시블 기관(140)을 예열시키기 위하여, 히터 등을 지그(50)에 설치하여 플렉시블 기관(140)을 예열시킬 수 있는데, 이 외에도 플렉시블 기관(140)을 예열시키기 위한 다양한 방법이 가능하다.
- [0035] 플렉시블 기관(140)의 재질로 폴리카보네이트(polycarbonate)가 이용될 경우 폴리카보네이트의 유리전이온도는 약 150 $^{\circ}$ C 수준으로 알려져 있고, 플렉시블 기관(140)의 재질로 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET; polyethylene terephthalate)가 이용될 경우 PET의 유리전이온도는 약 70 $^{\circ}$ C 수준으로 알려져 있다.
- [0036] 이와 같이, 플렉시블 기관(140)과 매개 기관(110)을 지그(50)에 정렬하고, 플렉시블 기관(140)과 수직한 방향으로 초음파 진동, 압력을 가하고 플렉시블 기관(140)을 예열하게 되면, 초음파 진동, 압력 및 열에 의해 플렉시

도면

도면1



도면2



도면3

