



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0136530
(43) 공개일자 2012년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B82B 3/00 (2006.01) *B82Y 40/00* (2011.01)

(21) 출원번호 10-2011-0055525

(22) 출원일자 2011년06월09일

심사청구일자 2011년06월09일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스
내 (서천동, 경희대학교)

(72) 발명자

주병권

서울특별시 종로구 평창10길 7-2 (평창동)

변귀섭

서울특별시 성북구 안암로9가길 57, 504호 (안암
동5가, 제천학사)

이양두

경기도 광명시 광복로21번길 13-1, 충경빌라 101
호 (광명동)

(74) 대리인

특허법인주원

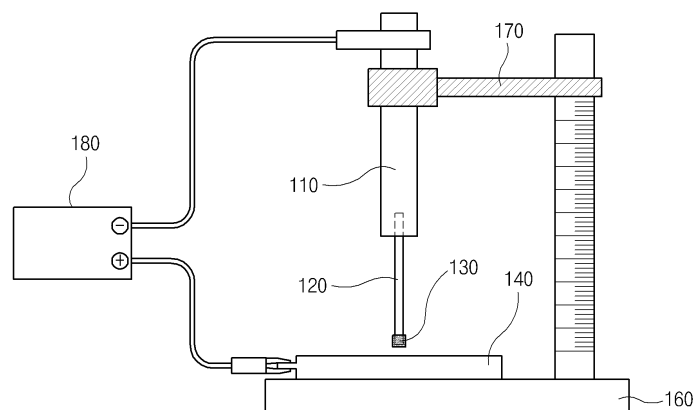
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 수직 배향 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 전계 방출 장치의 에미터로 이용될 수 있는 탄소나노튜브의 수직 배향 방법 및 장치를 공개한다. 본 발명은 탄소나노튜브가 포함된 현탁액에 흑연 팁의 일단을 침전하고, 전기영동 방식으로 현탁액에 포함된 탄소나노튜브로 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브 막을 형성한 후, 탄소나노튜브 막에 비접촉식으로 전계를 인가하여, 탄소나노튜브를 수직으로 배향함으로써, 종래기술의 접촉에 의한 탄소나노튜브의 오염 문제점을 해결하면서도, 간편한 공정 및 저렴한 비용으로 탄소나노튜브를 수직 배향할 수 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	CR070054
부처명	서울시
연구사업명	서울시 기술기반 구축 사업
연구과제명	나노 기반 차세대 방사선 진단기 연구단
주관기관	경희대학교산학협력단
연구기간	2010.08.01 ~ 2012.07.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	C0211614
부처명	서울시
연구사업명	서울시 기술기반 구축 사업
연구과제명	나노 기반 차세대 방사선 진단기 연구단
주관기관	경희대학교산학협력단
연구기간	2008.08.01 ~ 2009.07.31

특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 탄소나노튜브가 포함된 현탁액을 생성하는 단계;
- (b) 상기 현탁액에 흑연 팁의 일단을 침전하고, 전기영동 방식에 따라서 침전된 상기 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하는 단계; 및
- (c) 상기 흑연 팁에 전위를 인가하여 상기 탄소나노튜브막을 수직 배향시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 (a) 단계는,

- (a1) 계면 활성제를 물에 용해시키는 단계; 및
- (a2) 계면 활성제가 용해된 물에 탄소나노튜브를 첨가하여 현탁액을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

- (a3) 상기 현탁액을 분산 안정화시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 계면 활성제는 SDS(sodium dodecyl sulfate)인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

상기 흑연 팁의 일단과 상기 현탁액을 수용한 용기의 면을 사전에 정의된 거리만큼 이격시킨 후, 상기 흑연 팁에 양의 전위를 인가하고, 상기 용기에 음의 전위를 인가하여, 전기영동방식에 따라서 상기 흑연 팁의 일단에 상기 탄소나노튜브막을 형성하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 (c) 단계는

- (c1) 상기 탄소나노튜브막이 양전극과 사전에 정의된 거리만큼 이격되도록 상기 흑연 팁을 배치하는 단계; 및
- (c2) 상기 흑연 팁에 음 전위를 인가하고, 상기 양전극에 양 전위를 인가하여 상기 탄소나노튜브막을 전계에 의해서 수직 배향시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 (c1) 단계는 상기 양 전극을 상기 흑연 팁에 대해서 아래에 배치하고, 상기 탄소나노튜브막이 상기 양 전극을 향하도록, 상기 흑연 팁을 중력 방향으로 상기 양전극에 대해서 수직으로 배치하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

(d) 상기 (c) 단계에서 수직 배향된 탄소나노튜브막에 대해서 열처리를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

(e) 수직 배향된 탄소나노튜브막이 양전극과 사전에 정의된 거리만큼 이격되도록 상기 흑연 팁을 배치하고, 상기 양전극에 양의 전위를 인가하고, 상기 흑연 팁에 음 전위를 인가하여, 전계 방출 실험을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 방법.

청구항 10

절연 스테이지;

상기 절연 스테이지에 고정된 전극기관;

상기 전극기관 위에 배치되어 탄소나노튜브가 포함된 현탁액을 수용하는 도전성 재질의 용기;

흑연 팁을 고정하는 흑연 팁 홀더;

상기 흑연 팁 홀더와 연결되어, 상기 흑연 팁의 높이를 조절하는 간격 조절기; 및

상기 전극기관과 상기 흑연 팁에 전위를 인가하는 전압 발생원을 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 간격 조절기는

상기 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하는 과정에서, 상기 흑연 팁의 일단과 상기 용기의 바닥면과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절하고,

상기 흑연 팁의 일단에 형성된 탄소나노튜브막을 수직 배향하는 과정에서, 상기 탄소나노튜브막이 형성된 상기 흑연 팁의 일단과 상기 전극기관과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 전극 기관에는

상기 용기를 고정시키기 위한, 상기 용기의 밑바닥 형상과 동일한 형상의 홈이 형성된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 장치.

청구항 13

절연 스테이지;

상기 절연 스테이지에 고정되고, 탄소나노튜브가 포함된 현탁액을 수용하는 수용홈이 형성된 전극기관;

흑연 팁을 고정하는 흑연 팁 홀더;

상기 흑연 팁 홀더와 연결되어, 상기 흑연 팁의 높이를 조절하는 간격 조절기; 및

상기 전극기관과 상기 흑연 팁에 전위를 인가하는 전압 발생원을 포함하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 간격 조절기는

상기 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하는 과정에서, 상기 흑연 팁의 일단과 상기 수용홈의 바닥면과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절하고,

상기 흑연 팁의 일단에 형성된 탄소나노튜브막을 수직 배향하는 과정에서, 상기 탄소나노튜브막이 형성된 상기

흑연 팁의 일단과 상기 전극기관과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 수직 배향 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브의 배향에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 탄소나노튜브의 수직 배향 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전계방출(field emission, cold emission)은 강한 전기장이 가해진 물체의 표면에서 전자가 방출하는 현상이다. 강한 전기장이 없을 때 전자가 어떤 물질로부터 탈출하기 위해서는 일함수라는 최소량의 에너지를 얻어야만 하는데 이는 전자의 이동에 대해서 장애물 역할을 한다.

[0003] 전기회로 내에서 어떤 물질을 인접한 양극에 대해서 강한 음성에 띠게 하면(즉, 강한 전기장 내에 두면), 일부의 전자가 표면의 에너지장벽을 통과하는데 충분한 에너지를 얻을 수 있을 정도로 일함수가 감소한다. 이때 강한 전기장의 영향에 의해서 물체의 표면에 흐르는 전자를 공간으로 방출되는 현상을 전계 방출이라고 한다.

[0004] 이러한 전계방출 현상을 나타내는 물질로서 수직 배향된 탄소나노튜브(Carbon Nanotube; CNT)가 주목받고 있으며, 수직 배향된 탄소나노튜브는 전계방출디스플레이(Field emission display), 전계방출램프(field emission lamp)와 X-ray 소스 에미터 등으로 이용 가능하다.

[0005] 그러나, 기존에 탄소나노튜브를 수직배향시키는 방법들로서는 테이핑방법이나 PDMS를 이용하는 방법이 있지만, 이들 종래 기술들은 물리적으로 접착시키는 방법이므로, 탄소나노튜브(CNT)에 접착성물질이 부착되어, 사용에 의해 표면이 오염되는 문제점이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 본 발명은 공정이 간단하면서도 비접촉식으로 탄소나노튜브를 수직 배향할 수 있는, 탄소나노튜브 수직 배향 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 탄소나노튜브 수직 배향 방법은, (a) 탄소나노튜브가 포함된 현탁액을 생성하는 단계; (b) 상기 현탁액에 흑연 팁의 일단을 침전하고, 전기영동 방식에 따라서 침전된 상기 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 흑연 팁에 전위를 인가하여 상기 탄소나노튜브막을 수직 배향시키는 단계를 포함한다.

[0008] 또한, 상기 (a) 단계는, (a1) 계면 활성제를 물에 용해시키는 단계; 및 (a2) 계면 활성제가 용해된 물에 탄소나노튜브를 첨가하여 현탁액을 생성하는 단계를 포함하고, (a3) 상기 현탁액을 분산 안정화시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 계면 활성제는 SDS(sodium dodecyl sulfate)일 수 있다.

[0010] 또한, 상기 (b) 단계는, 상기 흑연 팁의 일단과 상기 현탁액을 수용한 용기의 면을 사전에 정의된 거리만큼 이격시킨 후, 상기 흑연 팁에 양의 전위를 인가하고, 상기 용기에 음의 전위를 인가하여, 전기영동방식에 따라서 상기 흑연 팁의 일단에 상기 탄소나노튜브막을 형성할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 (c) 단계는, (c1) 상기 탄소나노튜브막이 양전극과 사전에 정의된 거리만큼 이격되도록 상기 흑연 팁을 배치하는 단계; 및 (c2) 상기 흑연 팁에 음 전위를 인가하고, 상기 양전극에 양 전위를 인가하여 상기 탄

소나노튜브막을 전계에 의해서 수직 배향시키는 단계를 포함할 수 있다.

- [0012] 또한, 상기 (c1) 단계는 상기 양 전극을 상기 흑연 팁에 대해서 아래에 배치하고, 상기 탄소나노튜브막이 상기 양 전극을 향하도록, 상기 흑연 팁을 중력 방향으로 상기 양전극에 대해서 수직으로 배치할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 탄소나노튜브 수직 배향 방법은, (d) 상기 (c) 단계에서 수직 배향된 탄소나노튜브막에 대해서 열처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 탄소나노튜브 수직 배향 방법은, (e) 수직 배향된 탄소나노튜브막이 양전극과 사전에 정의된 거리만큼 이격되도록 상기 흑연 팁을 배치하고, 상기 양전극에 양의 전위를 인가하고, 상기 흑연 팁에 음 전위를 인가하여, 전계 방출 실험을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 한편, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 탄소나노튜브 수직 배향 장치는, 절연 스테이지; 상기 절연 스테이지에 고정된 전극기관; 상기 전극기관 위에 배치되어 탄소나노튜브가 포함된 현탁액을 수용하는 도전성 재질의 용기; 흑연 팁을 고정하는 흑연 팁 홀더; 상기 흑연 팁 홀더와 연결되어, 상기 흑연 팁의 높이를 조절하는 간격 조절기; 및 상기 전극기관과 상기 흑연 팁에 전위를 인가하는 전압 발생원을 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 간격 조절기는, 상기 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하는 과정에서, 상기 흑연 팁의 일단과 상기 용기의 바닥면과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절하고, 상기 흑연 팁의 일단에 형성된 탄소나노튜브막을 수직 배향하는 과정에서, 상기 탄소나노튜브막이 형성된 상기 흑연 팁의 일단과 상기 전극기관과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 전극 기관에는, 상기 용기를 고정시키기 위한, 상기 용기의 밑바닥 형상과 동일한 형상의 홈이 형성될 수 있다.
- [0018] 한편, 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 수직 배향 장치는, 절연 스테이지; 상기 절연 스테이지에 고정되고, 탄소나노튜브가 포함된 현탁액을 수용하는 수용홈이 형성된 전극기관; 흑연 팁을 고정하는 흑연 팁 홀더; 상기 흑연 팁 홀더와 연결되어, 상기 흑연 팁의 높이를 조절하는 간격 조절기; 및 상기 전극기관과 상기 흑연 팁에 전위를 인가하는 전압 발생원을 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 간격 조절기는, 상기 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하는 과정에서, 상기 흑연 팁의 일단과 상기 수용홈의 바닥면과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절하고, 상기 흑연 팁의 일단에 형성된 탄소나노튜브막을 수직 배향하는 과정에서, 상기 탄소나노튜브막이 형성된 상기 흑연 팁의 일단과 상기 전극기관과의 간격이 사전에 정의된 간격만큼 이격되도록 조절할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 탄소나노튜브가 포함된 현탁액에 흑연 팁의 일단을 침전하고 전기영동 방식으로 현탁액에 포함된 탄소나노튜브를 흑연 팁의 일단에 증착시켜, 탄소나노튜브 막을 형성한 후, 탄소나노튜브 막에 비접촉식으로 전계를 인가하여, 탄소나노튜브를 수직으로 배향함으로써, 종래기술의 접촉에 의한 탄소나노튜브의 오염 문제점을 해결하면서도, 간편한 공정 및 저렴한 비용으로 탄소나노튜브를 수직 배향할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 탄소나노튜브의 수직 배향 방법을 설명하는 순서도이다.
- 도 2a 및 도 2b는 탄소나노튜브 수직 배향 장치의 구성 및 이를 이용하여 CNT 막을 형성하는 과정을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 탄소나노튜브 수직 배향 장치에서 탄소나노튜브막을 수직배향시키는 과정을 설명하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 흑연 팁의 일단에 형성된 탄소나노튜브막을 도시하는 도면이다.
- 도 5 및 도 6은 도 4의 a' 부분을 전자현미경으로 확대하여 도시한 도면이다.
- 도 7은 전계 방출 실험 장치의 구성 및 이를 이용한 전계 방출 실험 방법을 설명하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 전계 방출 실험을 수행한 결과를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 탄소나노튜브의 수직 배향 방법을 설명하는 순서도이다.
- [0024] 본 발명의 바람직한 실시예에서는 물리적 화학적 내구성이 우수하고 높은 전도성을 가진 탄소나노튜브(CNT)를 전자 에미터원으로 이용하기 위해서 수직 배향한다.
- [0025] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 CNT를 수직배향하기 위해서, 먼저, 계면활성제를 물에 용해시킨 후, 탄소나노튜브를 첨가하여 기능화된 탄소나노튜브 현탁액을 생성한다(S100).
- [0026] 본 발명은 계면활성제로서 SDS(sodium dodecyl sulfate)를 이용하는데, SDS는 탄소나노튜브가 물에 균일하게 분산되도록 한다. SDS가 용해되는 물은 증류수로서 DI water가 이용되고, SDS가 DI water에 용해된 상태에서 첨가되는 탄소나노튜브는 단일벽 탄소나노튜브(SWNT), 이중벽 탄소나노튜브(DWNT), 다중벽 탄소나노튜브(MWNT) 및 다발형 탄소나노튜브 중 어느 하나 일 수 있다.
- [0027] 물에 계면활성제와 탄소나노튜브를 혼합하여 현탁액을 생성한 후, 생성된 현탁액을 분산 안정화시킨다(S200).
- [0028] 분산 안정화란 현탁액의 성상을 안정시키는 것을 말한다. 구체적으로, 현탁액에서는 미세한 탄소나노튜브 입자들이 물질의 특성에 의해 응집현상(Van der Waals' force에 의한 현상)이 발생할 수 있다. 응집에 의해 크기가 커진 탄소나노튜브를 전기영동방식으로 흑연 팁(120)에 증착시키기 위해서는 보다 크기가 작은 입자로 분리시킬 필요가 있고, 또 분리된 상태로 유지되어야 한다. 이러한 과정을 분산안정화라고 한다. 일실시예로, 분산안정화는 현탁액에 초음파기를 통해 초음파를 인가한 후, 원심분리기를 이용해 수행될 수 있다.
- [0029] 상술한 바와 같이, 본 발명은 분산안정화를 만들기 위해 계면활성제인 sodium dodecyl sulfate(SDS)를 사용하였다. SDS는 분자식이 $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$ 이며, SDS는 SO_4^{-} 때문에 음이온을 갖는다.
- [0030] 초음파기기를 작동 중에, 계면활성제의 한 종류인 sodium dodecyl sulfate(SDS)가 CNT를 덩글게 감싸면서 달라붙는다. SDS는 소수성부분과 친수성부분으로 이루어져있는데 CNT를 SDS가 감싸면서 안쪽은 소수성이 바깥부분은 친수성 성분으로 작은 덩어리가 만들어지는데 이 형태를 미셀이라고 부른다. SDS가 음이온이 띄고 있어서 SDS로 이루어진 미셀 또한 음이온을 띄게 되고, 미셀과 미셀사이에 척력이 작용하여 분산화가 이루어진다.
- [0031] 탄소나노튜브가 포함된 현탁액이 분산 안정화된 후, 도 2a에 도시된 CNT 수직 배향 장치를 이용하여 흑연 팁의 일단에 CNT 막을 형성한다(S300).
- [0032] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 CNT 수직 배향 장치의 일예를 도시하는 도면이다. 도 2a 및 도 2b를 더 참조하여 제 S300 단계를 설명한다.
- [0033] 먼저, 도 2a를 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 CNT 수직 배향 장치는 흑연 팁의 일단에 탄소나노튜브막을 형성하고, 흑연 팁(120)에 형성된 탄소나노튜브막(130)을 수직배향하는 장치로서, 현탁액(200)을 내부에 수용하기 위한 도전성 재질의 용기(190), 전극기관(140), 절연스테이지(160), 흑연 팁(120), 흑연 팁 홀더(110), 간격조절기(170) 및 전압 발생원(180)을 포함한다.
- [0034] 전극 기관(140)은 절연물질로된 절연 스테이지(160) 상에 고정되고, 전극 기관(140) 위에, 분산 안정된 현탁액(200)을 수용하기 위한 용기(190)가 배치된다. 전극 기관(140)은 알루미늄을 포함한 도전성 재료를 이용하여 형성된 것일 수 있다. 도전성 금속 재료는 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo) 또는 스테인레스강(SUS) 중 어느 하나일 수 있고, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 스테인레스강(SUS304)을 이용하였다.
- [0035] 한편, 도전성 용기(190)내에 CNT 현탁액이 채워지고, 흑연 팁 홀더(110)에 흑연 팁(120)을 고정시킨 후, 간격조절기(170)를 이용하여 흑연 팁(120)의 일단이 용기(190) 바닥면으로부터 약 1mm 정도 이격되도록 흑연 팁(120)의 위치를 조절한다.
- [0036] 그 후, 전압 발생원(180)의 음 전극을 전극기관(140)에 연결하고, 양 전극을 흑연 팁(120)에 연결한다. 그러면, 흑연 팁(120)을 통해서 양 전위가, 전극기관(140) 및 용기(190)를 통해서 음 전위가 인가되어 전기장이 형성되고, 형성된 전기장 안에서, 현탁액(200) 내부의 음으로 하전된 입자가 양극으로, 양으로 하전된 입자가 음극 쪽으로 이동하면서 흑연 팁(120)의 말단에 음으로 하전된 입자가 증착되면서 전기영동법(electrophoretic

deposition)에 의한 탄소나노튜브 막(130)이 형성된다.

- [0037] 흑연 팁(120)의 말단에 형성된 탄소나노튜브막(130)의 두께는 전압 발생원(180)이 인가하는 전압의 크기와 시간의 영향에 따라 달라진다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는, 전압 발생원(180)을 통해서 25V의 전압을 약 5분 동안 인가하였고, 실시예에 따라서, 전압의 크기와 시간을 조절하여 흑연 팁(130)의 일단에 형성되는 탄소나노튜브막(130)의 두께를 조절할 수 있다.
- [0038] 또한, 도 2a에서, 평평한 전극기관(140) 위에 용기(190)를 배치하는 것으로 도시하였으나, 전극기관(140)의 표면에는 용기(190)가 고정되기 위해서 용기(190)의 밑 바닥면과 동일한 형상의 홈이 추가로 형성될 수 있다.
- [0039] 또한, 도 2b에 도시된 본 발명의 다른 실시예에서는 전극기관(140)이 직접 현탁액을 수용할 수 있도록, 전극기관(140)에 현탁액 수용홈(142)을 형성하고, 수용홈(142)에 현탁액을 수용하고, 수용홈(142)의 현탁액에 흑연 팁(120)의 일단을 침전할 수도 있다.
- [0040] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 흑연 팁(120)의 일단에 형성된 탄소나노튜브막을 도시하는 도면이고, 도 5 및 도 6은 도 4의 a' 부분을 전자현미경으로 확대하여 도시한 도면이다.
- [0041] 도 4 내지 도 6에 도시된 예는, 다중벽 탄소나노튜브 0.01g, SDS 0.01g 및 물 50 ml를 포함한 현탁액을 사용하여 1시간동안 초음파로 분산시킨 후, 원심분리기 2500 RPM에서 30분간 분산 안정화하여, 현탁액에 25V의 전압을 5분동안 인가하여 얻어진 결과를 도시한다.
- [0042] 도 6의 좌측 도면은 제 S300 단계가 수행되어 흑연 팁(120)에 CNT 막이 형성된 직후의 CNT 막의 모습을 나타내는 도면으로서, CNT막을 구성하는 탄소나노튜브들이 규칙성 없이 임의의 방향으로 형성된 것을 알 수 있다.
- [0043] 다시 도 1을 참조하면, 제 S300 단계에서 흑연 팁(120)의 일단에 CNT막이 형성되면, 흑연 팁(120)에 전계를 인가하여 CNT 막을 수직배향시킨다(S400).
- [0044] 도 3은 본 발명의 수직 배향 장치에서 CNT막을 수직배향시키는 과정을 설명하는 도면으로서, 도 3을 더 참조하면, 도 2에 도시된 장치에서 용기(190)를 제거하고, CNT 막이 형성된 흑연 팁(120)의 일단을 전극기관(140)을 향하도록 배치한 후, 간격조절기(170)를 이용하여 전극기관(140)과 CNT막(130)이 형성된 흑연 팁(120)의 말단간의 간격이 1mm가 되도록 조절한다.
- [0045] 다만, 도 2b에 도시된 바와 같이, 용기(190)를 이용하지 않고, 전극기관(140)에 현탁액 수용홈(142)이 형성된 경우에는, 전극기관(140)의 수용홈이 형성되지 않은 다른 표면과 CNT막(130)이 형성된 흑연 팁(120)의 말단간의 간격이 1mm가 되도록 조절한다.
- [0046] 그 후, 전극기관(140)에 전압 발생원(180)의 양 전극을 연결하고, 흑연 팁(120)에 전압 발생원(180)의 음 전극을 연결한 후, 전압 발생원(180)을 통해서 소정의 전압(본 발명의 바람직한 실시예에서는 100V)을 소정 시간(본 발명의 바람직한 실시예에서는 약 30분)동안 인가하면, 흑연 팁(120)의 일단에 형성된 CNT 막은 수직 배향된다.
- [0047] 전기영동방법으로 흑연 팁(120)에 형성된 CNT막은 CNT-SDS 복합체로서, CNT-SDS 복합체 중에 SDS 성분이 음이온을 가지고 있어서, 흑연 팁(120)에 음극을 인가하고 전극기관(140)에 양극을 인가하면 전계에 의해서 CNT가 수직배향이 이루어진다. 특히, 이 때, 흑연 팁(120)을 바닥을 향하게 두면, 흑연 팁(120) 말단에 전기영동 증착 형성된 CNT-SDS복합체(130)와 현탁액 물방울이 중력 작용으로 인해 수직배향이 더 잘 이루어진다.
- [0048] 도 6의 오른쪽 도면은 제 S400 단계가 수행되어 탄소나노튜브막이 수직 배향된 이후의 모습을 도시한다. 도 6의 왼쪽 도면과 비교하면, 제 S400 단계가 수행된 후의 탄소나노튜브 배향 방향은, 제 S400 단계가 수행되기 전보다 수직 방향에 매우 근접함을 확인할 수 있다.
- [0049] 이렇게 전계를 이용한 수직배향 방법은 종래의 테이핑방법 또는 기타 방법들에 비해 물리적으로 흑연 팁(120)에 있는 CNT막(130)에 접촉이 되지 않으므로, 접촉으로 인한 오염을 차단하면서 탄소나노튜브를 수직배향시킬 수 있고 방법이 간단하고 공정이 단순한 장점이 있다.
- [0050] 다시 도 1을 참조하면, CNT 막의 수직 배향이 이루어진 후, 탄소나노튜브 막을 통해 방출되는 전자의 전계방출 특성을 향상시키기 위해서, CNT 막이 형성된 흑연 팁(120)에 대해서 열처리를 수행한다(S500).
- [0051] 열처리를 수행하는 이유는, 열처리 과정을 통해 전자의 방출균일성과 열에 의해 태울 수 있는 가소성물질과 SDS 성분 중에 C-H alkyl chain을 175°C에서 분해시킴으로 전계방출 특성이 향상되기 때문이다. 예를 들어, 열처리 는 공기와 질소혼합가스 분위기에서 약 섭씨 300°C로 약 30분 동안 수행될 수 있다. 그 결과, 열처리과정을 통

해 불순물과 SDS성분이 제거된다.

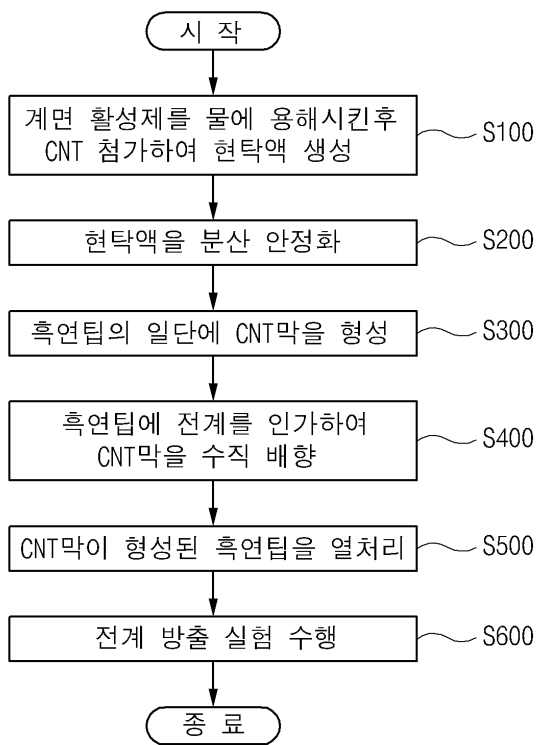
- [0052] 상술한 제 S100 단계 내지 제 S500 단계는 상온(20°C) 환경에서 수행될 수 있고, 상술한 단계들을 수행하면 최종적으로, 수직 배향된 CNT막이 형성된다.
- [0053] 이에, 추가적으로, 생성된 CNT 막의 성능을 시험하는 단계가 수행될 수 있다(S600). 제 S600 단계를 전계방출실험 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도 7을 참조하여 설명하면, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 CNT막이 형성된 흑연 팁(120)을 전계 방출 실험 장치(700) 내부에 고정시킨다.
- [0054] 전계 방출 실험 장치는 본 발명의 기술 분야에서 일반적으로 이용되는 실험 장치이므로 구체적인 설명은 생략하고, 전계 방출 실험 장치(700)의 진공챔버(또는 로타리 펌프, 터보 펌프)(710)내의 음극(720)에 흑연 팁(120)을 접속시키고, 흑연 팁(120) 말단에 형성된 CNT 막과 양극(730)과의 간격이 1mm 정도가 되도록 흑연 팁(120)을 고정시킨다. 그 후, 5×10^{-6} Torr 압력에서 서서히 전압을 높이면서 전계 방출 실험을 수행한 결과 도 8에 도시된 바와 같은 데이터를 얻었다.
- [0055] 도 8에는 CNT 막의 수직 배향 효과를 비교할 수 있도록, 동일한 조건하에서 형성된 CNT 막에 대해서, 수직 배향을 수행하기 전의 탄소나노튜브의 전계 방출 실험 결과("before"로 표기됨)와 제 S400 단계를 수행하여 수직 배향을 수행한 후의 전계 방출 실험 결과("after"로 표기됨)를 각각 도시하였다.
- [0056] 도 8에 기재된 바와 같이, 동일한 전압에 대해서 수직 배향된 CNT 막이 현저하게 많은 전류를 방출함을 알 수 있다.
- [0057]
- [0058] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

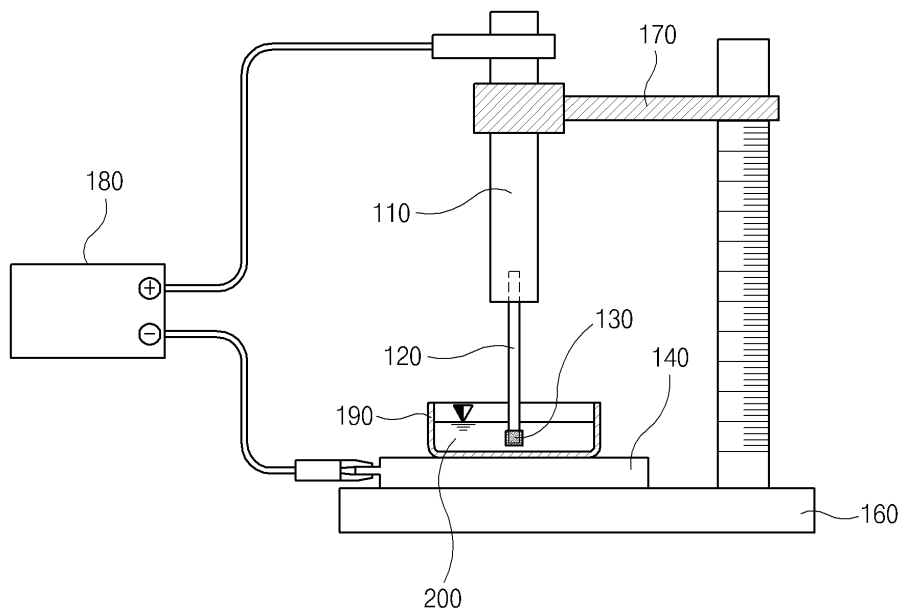
- [0059]
- 110 흑연 팁 홀더
 - 120 흑연 팁
 - 130 탄소나노튜브 막
 - 140 전극기관
 - 142 수용홈
 - 160 절연스테이지
 - 170 간격조절기
 - 180 전압 발생원
 - 190 용기
 - 700 전계 방출 실험 장치
 - 710 진공 챔버
 - 720 음극
 - 730 양극

도면

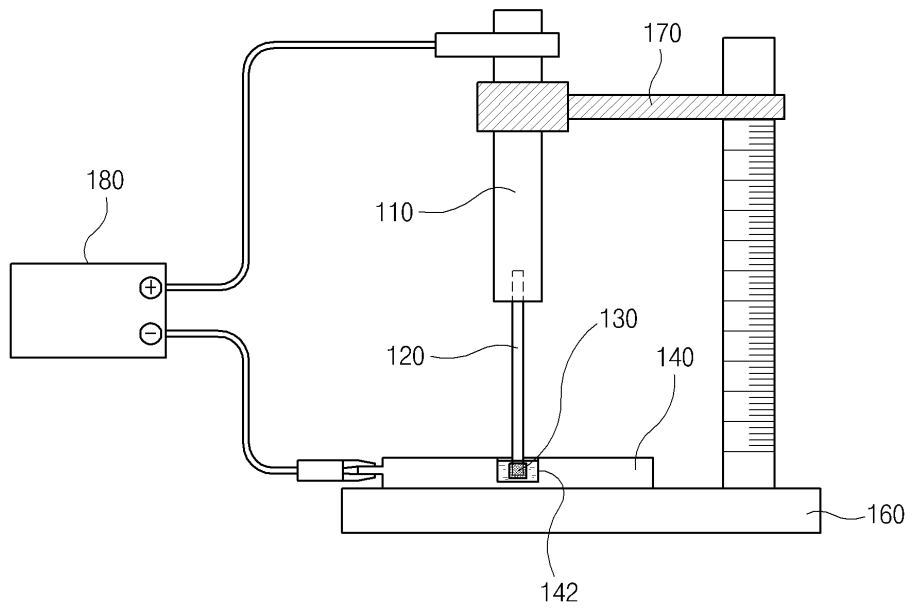
도면1



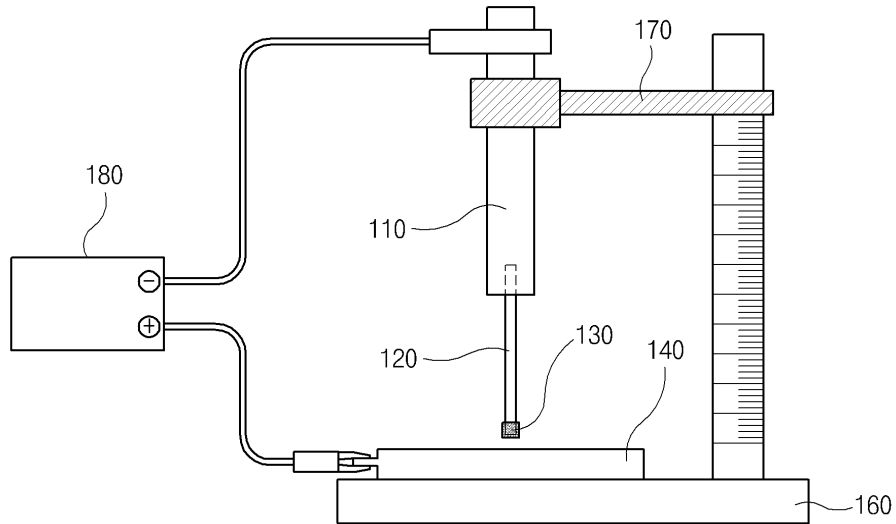
도면2a



도면2b



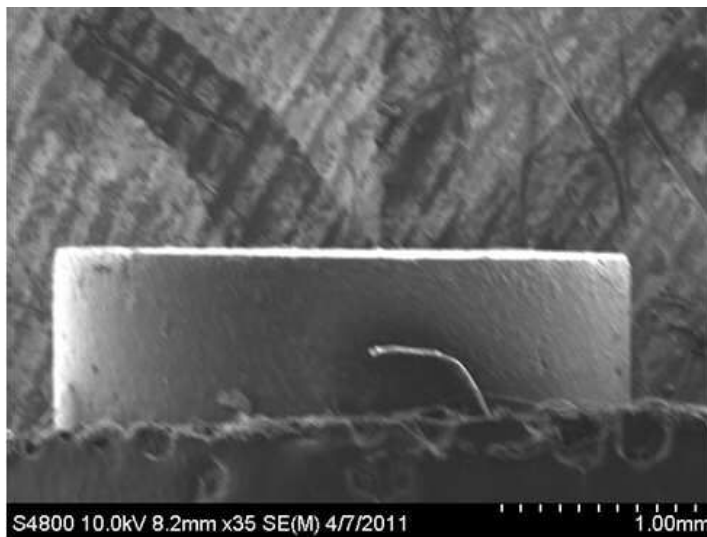
도면3



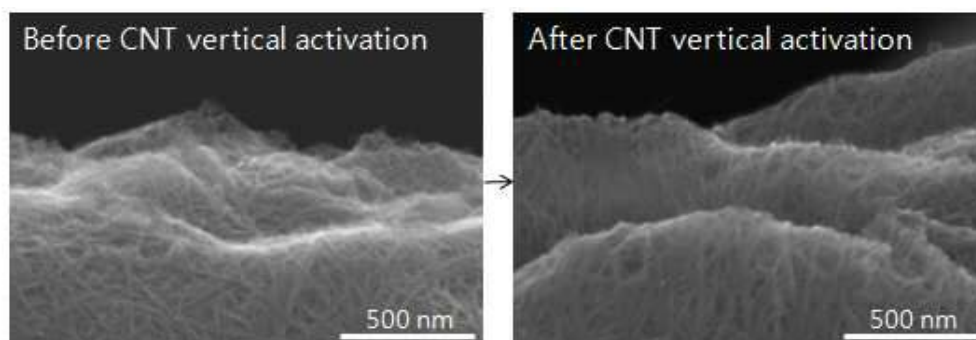
도면4



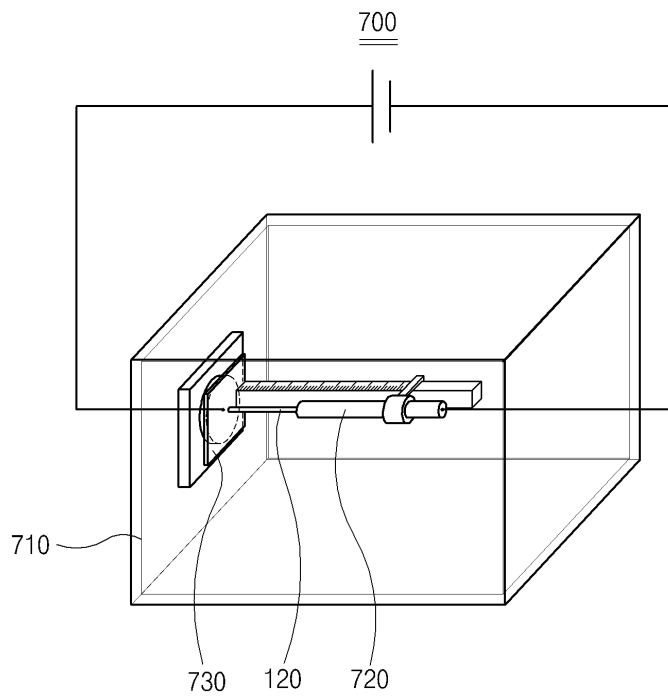
도면5



도면6



도면7



도면8

