

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0141901 (43) 공개일자 2013년12월27일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 41/22 (2006.01) H02N 2/04 (2006.01)		(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(21) 출원번호 10-2012-0065000		(72) 발명자 노임준 인천광역시 남구 용현동 48-12호 리치타운 208호 신백균 인천광역시 연수구 송도동 2-7 (8/2) 풍림아이원APT 114동 1403호
(22) 출원일자 2012년06월18일 심사청구일자 2012년06월18일		(74) 대리인 이원희

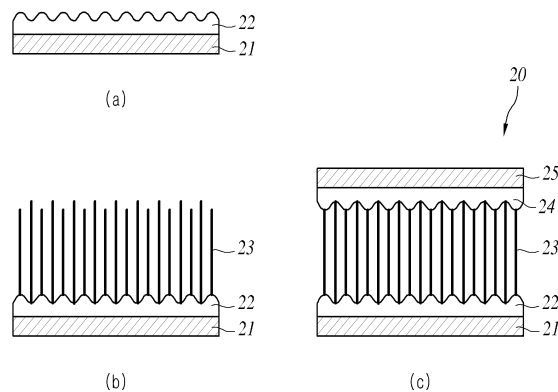
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 산화 아연(ZnO)과 같은 물질의 압전효과를 이용하여 불규칙한 움직임으로부터 전력을 생산하는 나노발전기(nanogenerator)에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 종래의 나노발전기는 상대적으로 발전량이 미세하여 일반적인 전자기기의 전원에 적용하려면 매우 많은 수의 나노발전기가 필요하고, 또한, 더 많은 발전량을 얻기 위해 나노발전기의 수를 증가시키면 그만큼 발전기 자체의 면적이 커지는 문제를 해결하기 위해, 스퍼터링 방법을 이용하여 나노발전기의 구조를 다층 형태로 형성함으로써 동일한 면적에서 더욱 많은 발전량을 제공할 수 있는 새로운 다층형 나노발전기 및 그 제조방법이 제공된다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 45314-01

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기본연구

연구과제명 래터럴 구조의 고효율 자가발전 나노소자

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

탄소나노튜브를 이용한 나노발전기에 있어서,

하부기관;

상기 하부기관상에 형성되는 제 1 탄소나노튜브층;

상기 제 1 탄소나노튜브층으로부터 성장되는 복수의 나노와이어를 포함하는 나노와이어층;

상기 나노와이어층의 상단에 형성되는 제 2 탄소나노튜브층; 및

상기 제 2 탄소나노튜브층 위에 형성되는 상부기관을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 하부기관 및 상기 상부기관은, 플렉서블한 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기.

청구항 3

탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법에 있어서,

하부기관상에 제 1 탄소나노튜브층을 형성하는 단계;

상기 제 1 탄소나노튜브층으로부터 나노와이어를 성장시켜 나노와이어층을 형성하는 단계;

상기 나노와이어층의 상단에 제 2 탄소나노튜브층을 형성하는 단계; 및

상기 제 2 탄소나노튜브층 위에 상부기관을 형성하는 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 하부기관 및 상기 상부기관은, 플렉서블한 재질의 기관을 사용하는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 산화 아연(ZnO)과 같은 물질의 압전효과를 이용하여, 불규칙한 움직임으로부터 전력을 생산하는 나노발전기(nanogenerator)에 관한 것으로, 더 상세하게는, 종래의 AZO나 ITO 등을 이용하여 구성되는 나노발전기 대신에, 탄소 나노튜브(CNT)를 이용하여 그 전기적, 광학적 및 물리적 특성을 향상시킬 수 있는 새로운 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 나노발전기관, 크리스탈이나 세라믹과 같은 압전체에 물리적 힘을 가하면 그 힘이 전기 에너지로 변환되는 이른바 압전효과를 이용한 발전기를 말한다.
- [0003] 더 상세하게는, 일반적으로, 나노발전기는, 얇고 잘 휘어지는 플렉시블 기관에 산화아연(ZnO)과 같은 소재의 나노 와이어를 붙인 구조로 형성되며, 이러한 나노와이어가 움직일 때마다 와이어가 구부러지면서 압전효과에 의해 발전이 이루어진다.
- [0004] 또한, 도 1을 참조하면, 도 1은 종래의 일반적인 나노발전기의 구조를 나타내는 도면이다.
- [0005] 즉, 도 1에 나타난 바와 같이, 종래의 나노발전기(10)는, 플렉서블 폴리머로 이루어지고 상면 및 하면에 각각 배치되는 상부기관(11) 및 하부기관(12)과, 상기 하부기관(12)상에 배치된 고밀도의 아연 산화물(Zinc Oxide)로 이루어지는 시드층(seed layer)(13)과, 상기 시드층(13)으로부터 수직 방향으로 성장하는 복수의 나노와이어(nanowires)(14)와, 상기 나노와이어로부터 발생하는 전기를 전달하기 위해 상기 하부기관(12)과 시드층(13) 사이에 배치되는 하부전극(15)과, 상부기관(11)에 배치되고 지그재그형으로 이루어지는 상부전극(16)과, 상기 전극(15, 16)으로부터 전달되는 전기를 축적하는 축전수단(17) 및 기관(11, 12)의 변형시 각 기관(11, 12)이 접촉하지 않도록 일정 간격을 유지하기 위한 지지체(18)를 포함하여 구성되어 있다.
- [0006] 즉, 도 1에 나타난 바와 같은 종래의 나노발전기의 구조는, 기관상에 일정 방향으로 복수의 나노와이어를 성장시키고, 기관에 힘을 가하여 기관이 휘어지도록 함으로써 압전 효과에 의해 나노와이어에서 전기가 발생하게 되면, 이와 같이 하여 발생된 전기를 전극을 통하여 외부의 커패시터와 같은 축전소자에 축적함으로써 발전이 이루어지는 원리를 이용한 것이다.
- [0007] 그러나 상기한 바와 같은 종래의 나노발전기는, 상대적으로 그 발전량이 미세하여 일반적인 전자기기의 전원에 적용하려면 매우 많은 수의 나노발전기가 필요하게 된다는 단점이 있었다.
- [0008] 또한, 종래의 나노발전기는 AZO나 ITO와 같은 산화물을 이용하여 제조되므로, 투명성이 없어 광학적 특성이 떨어지는 단점이 있으며, 아울러, 휨성(flexibility)과 같은 물리적 특성에 대하여도 개선의 여지가 있는 것이었다.
- [0009] 따라서 상기한 바와 같은 종래의 나노발전기의 전기적, 물리적 및 광학적 특성들을 더욱 개선하기 위하여는, 종래의 AZO나 ITO와 같은 소재에 비하여 더욱 현저한 전기전도도 및 광학적, 물리적 특성을 가지는 새로운 물질을 이용하여 나노발전기를 제조하는 방법을 제공하는 것이 요구되나, 아직까지 그러한 요구를 모두 만족시키는 나노발전기의 구조나 방법은 제공되지 못하고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 상대적으로 발전량이 미세하여 일반적인 전자기기의 전원에 적용하려면 매우 많은 수의 나노발전기가 필요하고, 또한, 더 많은 발전량을 얻기 위해 나노발전기의 수를 증가시키면 그만큼 발전기 자체의 면적이 커지는 문제가 있었던 종래의 나노발전기의 문제점을 해결하기 위해, 기존의 나노발전기에 비하여 더욱 향상된 전기적 특성을 가지는

새로운 나노발전기의 제조방법을 제공하고자 하는 것이다.

- [0011] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 종래의 나노발전기에 비하여 투명성과 같은 광학적 특성 및 휨성과 같은 물리적 특성을 더욱 개선할 수 있는 새로운 나노발전기의 제조방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기에 있어서, 하부 기판; 상기 하부기판상에 형성되는 제 1 탄소나노튜브층; 상기 제 1 탄소나노튜브층으로부터 성장되는 복수의 나노와이어를 포함하는 나노와이어층; 상기 나노와이어층의 상단에 형성되는 제 2 탄소나노튜브층; 및 상기 제 2 탄소나노튜브층 위에 형성되는 상부기판을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 제공된다.

- [0013] 여기서, 상기 하부기판 및 상기 상부기판은, 플렉서블한 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.

- [0014] 또한, 본 발명에 따르면, 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법에 있어서, 하부기판상에 제 1 탄소나노튜브층을 형성하는 단계; 상기 제 1 탄소나노튜브층으로부터 나노와이어를 성장시켜 나노와이어층을 형성하는 단계; 상기 나노와이어층의 상단에 제 2 탄소나노튜브층을 형성하는 단계; 및 상기 제 2 탄소나노튜브층 위에 상부기판을 형성하는 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법이 제공된다.

- [0015] 여기서, 상기 하부기판 및 상기 상부기판은, 플렉서블한 재질의 기판을 사용하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0016] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이 탄소 나노튜브를 이용하여 구성되는 나노발전기 및 그 제조방법이 제공됨으로써, AZO나 ITO를 이용하여 제조되는 종래의 나노발전기에 비하여 더욱 향상된 전기적 특성을 가지는 새로운 나노발전기 및 그 제조방법이 제공됨으로써, 발전량이 미세하여 일반적인 전자기기의 전원 에 적용하려면 매우 많은 수의 나노발전기가 필요하였던 종래의 나노발전기의 문제점을 해결할 수 있다.

- [0017] 또한, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이 탄소 나노튜브를 이용하여 구성되는 나노발전기 및 그 제조방법이 제공됨으로써, AZO나 ITO를 이용하여 제조되는 종래의 나노발전기로는 구현할 수 없었던 투명성과 같은 광학적 특성을 실현 가능한 동시에, 휨성과 같은 물리적 특성도 더욱 개선할 수 있는 새로운 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 종래의 나노발전기의 구조를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 3은 도 2에 나타난 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법의 처리 순서를 나타내는 플로차트이다.
- 도 4는 도 3에 나타난 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법의 구성을 개략적

으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.
- [0020] 여기서, 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.
- [0021] 또한, 이하의 설명에서는, 상기한 종래의 나노발전기에서 설명한 내용과 중복되거나 동일한 내용에 대하여는 설명을 간략히 하기 위해 그 상세한 설명이 생략될 수 있음에 유념해야 한다.
- [0022] 즉, 본 발명은, 상대적으로 발전량이 미세하여 일반적인 전자기기의 전원에 적용하려면 매우 많은 수의 나노발전기가 필요하고, 또한, 더 많은 발전량을 얻기 위해 나노발전기의 수를 증가시키면 그만큼 발전기 자체의 면적이 커지는 문제가 있었던 종래의 나노발전기의 문제점을 해결하기 위해, 탄소 나노튜브를 이용하여 나노발전기를 구성함으로써, 기존의 나노발전기에 비하여 더욱 향상된 전기적 특성을 가지는 새로운 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법에 관한 것이다.
- [0023] 또한, 본 발명은, 종래의 나노발전기의 제조방법으로는 구현할 수 없었던 투명성과 같은 광학적 특성을 실현 가능하고, 더욱이, 힘성과 같은 물리적 특성을 더욱 개선할 수 있는 새로운 나노발전기의 구조 및 그 제조방법에 관한 것이다.
- [0024] 이를 위해, 본 발명에 따르면, 후술하는 바와 같이 하여 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 구성함으로써, 종래에 비하여 그 전기적, 광학적 및 물리적 특성이 향상된 새로운 나노발전기의 구조 및 그 제조방법이 제공된다.
- [0025] 계속해서, 도 2를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법의 상세한 내용에 대하여 설명한다.
- [0026] 즉, 도 2를 참조하면, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0027] 더 상세하게는, 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기(20)는, 도 2에 나타난 바와 같이, 플렉서블한 재질로 이루어지는 하부기관(21)과, 상기 하부기관(21)상에 형성된 제 1 탄소나노튜브층(22), 상기 제 1 탄소나노튜브층(22)으로부터 성장되는 복수의 나노와이어를 포함하는 나노와이어층(23), 상기 나노와이어층(23)의 상단에 형성되는 제 2 탄소나노튜브층(24) 및 상기 제 2 탄소나노튜브층(24) 위에 플렉서블한 재질로 형성되는 상부기관(25)을 포함하여 구성된다.
- [0028] 여기서, 상기한 제 1 탄소나노튜브층(22)으로부터 나노와이어를 성장시키는 방법은, 예를 들면, 기존의 일반적인 수열합성법(Hydrothermal Synthesis Method)을 이용하여 성장시킬 수 있다.
- [0029] 즉, 상기한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 스퍼터링 공정을 이용한 다층형 나노발전기(20)는, 기존의 시

드층 및 전극층 대신에 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 구성한 것을 특징으로 하는 것이다.

- [0030] 더 상세하게는, 탄소나노튜브는, 일반적으로, 종래의 나노발전기의 제조에 있어서 나노와이어를 성장시키기 위한 시드로서 이용되는 AZO(Aluminium doped ZnO)나 IT0와 같은 물질들에 비하여 상대적으로 현저히 높은 전기 전도성을 가지며, 또한, 투명한 광학적 특성을 가지고, 휼성과 같은 물리적 특성 또한 우수한 특징을 가진다.
- [0031] 아울러, 이미 알려져 있는 바와 같이, 나노와이어는 탄소나노튜브 상에서도 성장이 가능하므로, 나노와이어를 성장시키기 위한 시드로서 탄소나노튜브를 이용 가능하다.
- [0032] 따라서 상기한 바와 같이, 각각의 탄소나노튜브층(22, 24)을 시드층과 전극으로서 동시에 이용함으로써, 종래의 나노발전기에 비하여 전도성이 현저히 향상된 새로운 나노발전기의 구조를 구현할 수 있다.
- [0033] 즉, 종래의 나노발전기의 구조는, 일반적으로, 예를 들면, AZO(Aluminium doped ZnO)와 같은 고밀도의 아연 산화물(Zinc Oxide)을 이용하여 형성되는 시드층으로부터 나노와이어를 성장시키고, Au 또는 Al을 이용하여 형성되는 상부 및 하부전극을 통하여 전하를 전달하는 구조이나, 상기한 바와 같이, 각각의 탄소나노튜브층(22, 24)을 시드층과 전극으로서 동시에 이용함으로써, 종래의 나노발전기 구조에 비하여 전도성이 현저히 향상되는 동시에, 투명한 광학적 성질을 가지며, 휼성 또한 우수한 새로운 나노발전기의 구조를 제공할 수 있다.
- [0034] 따라서, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기(20)에 따르면, 기존의 시드층 및 전극층 대신에 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 구성함으로써, 종래의 나노발전기 구조에 비하여 전도성이 현저히 향상되는 동시에, 종래의 구조로는 구현할 수 없었던 투명한 나노발전기의 구현이 가능하여 광학적 특성이 우수하고, 휼성과 같은 물리적 특성 또한 우수한 나노발전기를 제공할 수 있다.
- [0035] 또한, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기(20)에 따르면, 기존의 시드층 및 전극층 대신에 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 구성함으로써, 종래의 나노발전기 구조에 비하여 구조가 간단하여 제조가 용이하고 제조공정을 간소화할 수 있다.
- [0036] 계속해서, 도 3을 참조하여, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법의 상세한 내용에 대하여 설명한다.
- [0037] 즉, 도 3을 참조하면, 도 3은 도 2에 나타난 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법의 처리 순서를 나타내는 플로차트이다.
- [0038] 더 상세하게는, 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법은, 도 3에 나타난 바와 같이, 하부기판(21)상에 제 1 탄소나노튜브층(22)을 형성하는 단계(S31), 상기 제 1 탄소나노튜브층(22)으로부터 나노와이어를 성장시켜 나노와이어층(23)을 형성하는 단계(S32), 상기 나노와이어층(23)의 상단에 제 2 탄소나노튜브층(24)을 형성하는 단계(S33) 및 상기 제 2 탄소나노튜브층(24) 위에 상부기판(25)을 형성하는 단계(S34)를 포함하여 이루어진다.
- [0039] 여기서, 상기한 하부 및 상부기판(21, 25)은, 플렉서블한 재료의 기판을 사용하며, 또한, 상기한 나노와이어층(23)을 형성하는 단계(S32)에서, 나노와이어를 성장시키는 방법은, 예를 들면, 기존의 일반적인 수열합성법(Hydrothermal Synthesis Method)을 이용하여 탄소나노튜브층으로부터 나노와이어를 성장시킬 수 있다.

- [0040] 아울러, 도 4를 참조하면, 도 4는 도 3에 나타난 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0041] 즉, 상기한 하부기관(21)상에 제 1 탄소나노튜브층(22)을 형성하는 단계(S31)는, 도 4a에 나타난 바와 같이, 플렉서블한 재료로 이루어지는 하부기관(21)상에, 기존의 IT0나 AZO 등으로 이루어지는 전극층 및 시드층 대신 하나의 탄소나노튜브층(22)을 형성한다.
- [0042] 따라서 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기의 제조방법에 따르면, 상기한 바와 같이 전극층과 시드층을 형성하는 2 단계의 작업이 단일의 탄소나노튜브층(22)을 형성하는 작업으로 단순화될 수 있다.
- [0043] 다음으로, 나노와이어층(23)을 형성하는 단계(S32)는, 도 4b에 나타난 바와 같이, 예를 들면, 종래의 수열합성법 등을 이용하여 탄소나노튜브층(22)으로부터 나노와이어를 성장시킨다.
- [0044] 이어서, 도 4c에 나타난 바와 같이, 나노와이어층(23)의 상단에 제 2 탄소나노튜브층(24) 및 상부기관(25)을 차례로 적층하듯이 형상함으로써, 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기를 구현할 수 있다.
- [0045] 이상, 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법을 구현할 수 있으며, 아울러, 상기한 바와 같이 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 제조함으로써, 기존의 나노발전기에 비하여 더욱 향상된 전기적 특성을 가지는 새로운 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 제조함으로써, 종래의 나노발전기의 제조방법으로는 구현할 수 없었던 투명성과 같은 광학적 특성을 가지는 나노발전기의 구현이 가능해진다.
- [0047] 더욱이, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 제조함으로써, 종래의 나노발전기에 비해 휨성과 같은 물리적 특성이 더욱 개선된 나노발전기의 구현이 가능해진다.
- [0048] 따라서 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같이 탄소나노튜브를 이용하여 나노발전기를 구성함으로써, 종래에 비하여 그 전기적, 광학적 및 물리적 특성을 동시에 향상시킬 수 있는 새로운 구조의 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0049] 아울러, 본 발명에 따르면, 종래의 나노발전기의 제조방법과 같이 전극층과 시드층을 형성하는 2 단계의 작업이 단일의 탄소나노튜브층을 형성하는 작업으로 단순화될 수 있으므로, 제조공정을 간소화하여 나노발전기의 생산성 개선 및 제조비용 감소에 기여할 수 있다.
- [0050] 이상, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 탄소나노튜브를 이용한 나노발전기 및 그 제조방법의 상세한 내용에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 기재된 내용으로만 한정되는 것은 아니며, 따라서 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 설계상의 필요 및 기타 다양한 요인에 따라 여러 가지 수정, 변경, 결합 및 대체 등이 가능한 것임은 당연한 일이라 하겠다.

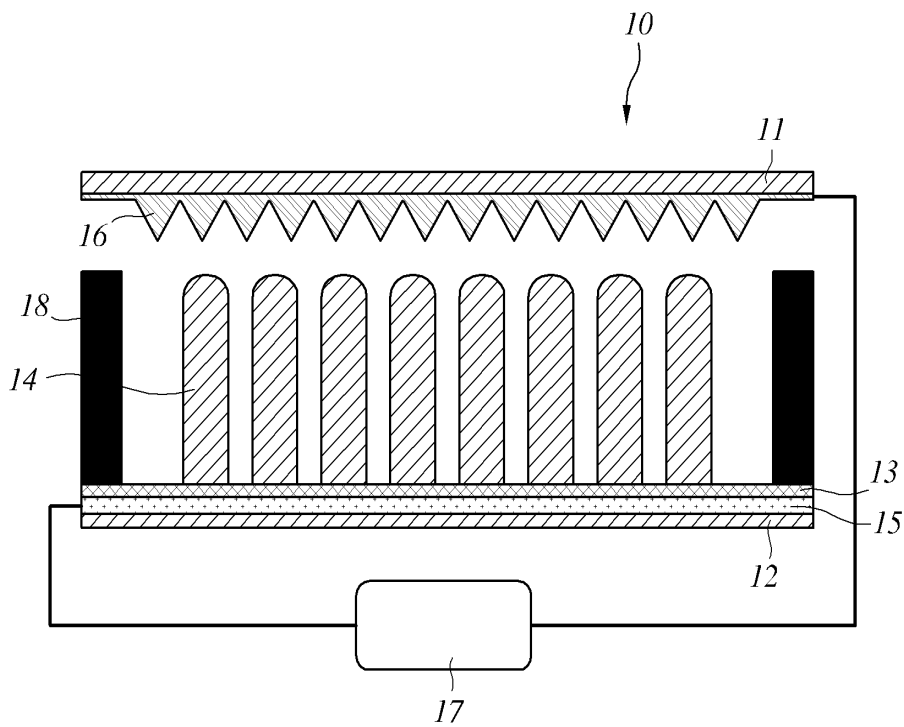
부호의 설명

[0051]

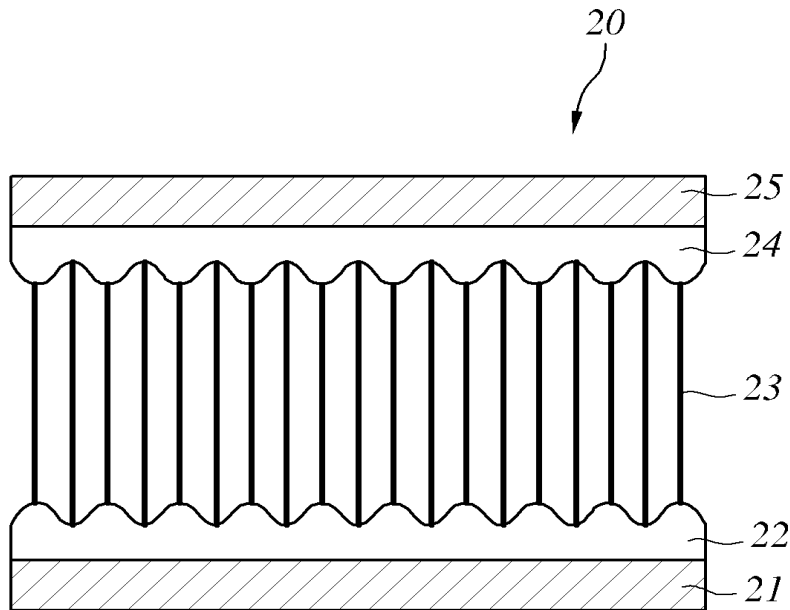
- | | |
|------------|-----------------|
| 10. 나노발전기 | 11. 상부기관 |
| 12. 하부기관 | 13. 시드층 |
| 14. 나노와이어 | 15. 하부전극 |
| 16. 상부전극 | 17. 축전수단 |
| 18. 지지체 | 20. 나노발전기 |
| 21. 하부기관 | 22. 제 1 탄소나노튜브층 |
| 23. 나노와이어층 | 24. 제 2 탄소나노튜브층 |
| 25. 상부기관 | |

도면

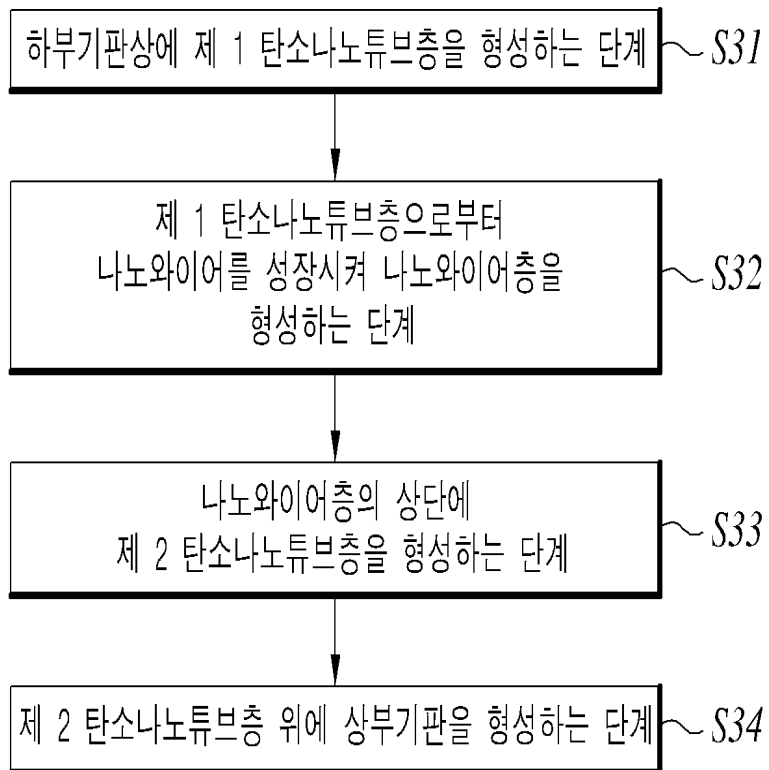
도면1



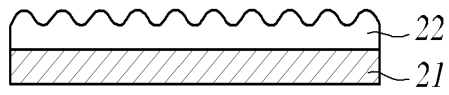
도면2



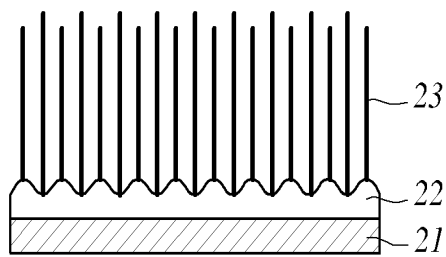
도면3



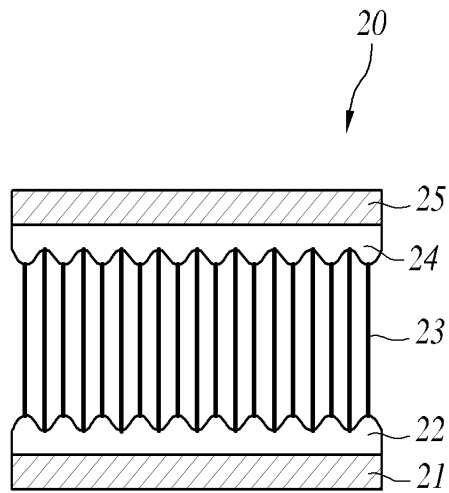
도면4



(a)



(b)



(c)