

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

정정판

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 8월 9일 (09.08.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/105800 A9

- (51) 국제특허분류:
H01L 41/02 (2006.01) H02N 2/00 (2006.01)
H01L 41/22 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/000748
- (22) 국제출원일: 2012년 1월 31일 (31.01.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2011-0009837 2011년 1월 31일 (31.01.2011) KR
10-2012-0009576 2012년 1월 31일 (31.01.2012) KR
- (71) 출원인 (US을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **성균관대학교 산학협력단 (RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY)** [KR/KR]; 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 440-746 Gyeonggi-do (KR).

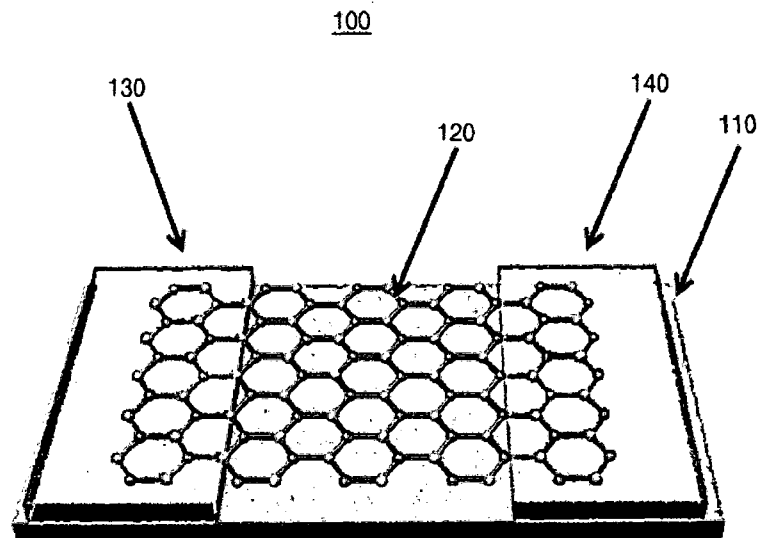
- (72) 발명자; 겸
(75) 발명자/출원인 (US에 한하여): **김상우 (KIM, Sang Woo)** [KR/KR]; 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 신소재공학부 25125 호, 440-746 Gyeonggi-do (KR). **이주혁 (LEE, Ju Hyuck)** [KR/KR]; 경기도 안산시 상록구 월피동 530-9 401 호, 426-070 Gyeonggi-do (KR). **이강혁 (LEE, Kang Hyuck)** [KR/KR]; 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 신소재공학부 25201A 호, 440-746 Gyeonggi-do (KR). **이근영 (LEE, Keun Young)** [KR/KR]; 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 신소재공학부 25208 호, 440-746 Gyeonggi-do (KR). **이진영 (LEE, Jin Yeong)** [KR/KR]; 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 신소재공학부 25208 호, 440-746 Gyeonggi-do (KR). **송완철 (SEUNG, Wan Chul)** [KR/KR]; 경기도 용인시 수지구 상현2동 만현마을 현대아이파크 6차 204동 102호, 448-526 Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: **박종수 (PARK, Jong Soo)**; 서울 금천구 가산동 345-90 한라시그마밸리 303호, 153-706 Seoul (KR).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: NANO POWER-GENERATING DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 발명의 명칭 : 나노전력발전소자 및 이의 제조방법

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates to a nano power-generating device, comprising: a base substrate; a hexagonal boron-nitride atomic layer formed on the base substrate; a first electrode formed on the hexagonal boron-nitride atomic layer; and a second electrode formed on the hexagonal boron-nitride atomic layer and spaced apart from the first electrode. The nano power-generating device of the present invention may operate in a continuous and independent manner using the piezoelectric characteristics of the hexagonal boron-nitride atomic layer.

(57) 요약서: 나노전력발전소자는 베이스 기판과, 상기 베이스 기판 상에 구비되는 육방정계 질화붕소 원자층과, 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되는 제 1 전극 및 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되며, 상기 제 1 전극과 이격되는 제 2 전극을 포함한다. 육방정계 질화붕소 원자층의 압전 특성을 이용하여 나노전력발전소자가 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다.

WO 2012/105800 A9



(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))
- 규칙 91.3(b) 규정에 의한 명백한 잘못의 정정 허가에 관한 정보와 함께 (규칙 48.2(i))

(48) 본 정정판 공개일:

2012 년 10 월 18 일

(15) 정정사항에 관한 정보:

2012 년 10 월 18 일 자 공지 참조

명세서

발명의 명칭: 나노전력발전소자 및 이의 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 나노전력발전소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 육방정계 질화붕소 원자층을 이용한 나노전력발전소자 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 나노기술의 발달로 인해 나노 크기의 소자를 쉽게 만들 수 있는 수준에 이르렀다. 하지만 현재 전력의 대부분을 차지하는 배터리는 나노 소자에 비해 큰 면적을 차지할 뿐만 아니라 제한된 수명으로 인해 나노 소자의 성능 및 독립적 구동을 제한시키는 단점이 있다. 이러한 나노 소자 관련 선행기술로는 다음과 같다.
- [3] 비특허문헌 1은 1차원 ZnO 나노구조물을 이용한 압전 메카니즘 규명 및 소자 구현에 관한 것으로, 1차원 ZnO 나노구조물을 이용한 나노전력발전소자의 경우 2차원 육방정계 질화붕소 구조에 비해 물리적으로 불안정하다는 문제점이 있으며 압축과 인장에 의한 스트레스에 의해서만 압전특성을 나타낸다는 한계점이 있다.
- [4] 또한, 비특허문헌 2는 화학증착법을 이용하여 육방정계 질화붕소(Boron nitride, BN)의 원자층(Atomic layer) 구현에 관한 것으로, 스트레칭과 뒤틀림(stretching & twisting)에 의한 발생하는 압전 특성 및 이를 이용한 나노 소자에 관해서는 전혀 언급된 바 없다.
- [5] [선행기술문헌]
- [6] [비특허문헌]
- [7] (비특허문헌 0001) Piezoelectric Nanogenerators Based on Zinc Oxide Nanowire Arrays, Zhong Lin Wang and Jinhui Song, Science 14 April 2006: Vol. 312 no. 5771 pp. 242-246.
- [8] (비특허문헌 0002) Atomic layers of hybridized boron nitride and graphene domains, Lijie Ci et al, Nature Materials 9, 430-435 (2010).

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명은 육방정계 질화붕소 원자층을 이용한 나노전력발전소자를 제공한다.
- [10] 또한, 본 발명은 육방정계 질화붕소 원자층을 이용한 나노전력발전소자를 제조하기 위한 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [11] 본 발명에 따른 나노전력발전소자는 베이스 기판과, 상기 베이스 기판 상에 구비되는 육방정계 질화붕소 원자층과, 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에

- 구비되는 제1 전극 및 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되며, 상기 제1 전극과 이격되는 제2 전극을 포함할 수 있다.
- [12] 본 발명의 일 실시예들에 따르면, 상기 베이스 기판은 플렉서블 기판일 수 있다.
- [13] 본 발명에 따른 나노전력발전소자 제조 방법은 베이스 기판 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계 및 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 서로 이격되도록 제1 전극과 제2 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시예들에 따르면, 상기 베이스 기판 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계는 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계와, 상기 육방정계 질화붕소 원자층이 형성된 구리 포일 상에 상기 육방정계 질화붕소 원자층을 지지하기 위한 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 형성하는 단계와, 상기 구리 포일을 제거하는 단계와, 상기 육방정계 질화붕소 원자층과 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 상기 베이스 기판 상으로 이송하는 단계 및 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [15] 본 발명의 일 실시예들에 따르면, 상기 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계는 상기 구리 포일을 금속 촉매로 하고 암모니아 보레인($\text{NH}_3\text{-BH}_3$)을 소스로 하여 화학기상증착 공정을 통해 이루어질 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시예들에 따르면, 상기 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계는 아르곤 수소 혼합가스 분위기에서 이루어지며, 질소 가스를 기화되는 암모니아 보레인을 이송하는 캐리어 가스로 사용할 수 있다.
- [17] 본 발명에 따른 나노전력발전소자는 베이스 기판과, 상기 베이스 기판 상에 구비되는 제1 전극과, 상기 제1 전극 상에 구비되는 육방정계 질화붕소 원자층 및 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되는 제2 전극을 포함할 수 있다.
- [18] 본 발명에 따른 나노전력발전소자 제조 방법은 베이스 기판 상에 제1 전극을 형성하는 단계와, 제1 전극 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계 및 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 제2 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [19] 본 발명의 일 실시예들에 따르면, 상기 제1 전극 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계는 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계와, 상기 육방정계 질화붕소 원자층이 형성된 구리 포일 상에 상기 육방정계 질화붕소 원자층을 지지하기 위한 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 형성하는 단계와, 상기 구리 포일을 제거하는 단계와, 상기 육방정계 질화붕소 원자층과 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 상기 제1 전극 상으로 이송하는 단계 및 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [20] 본 발명에 따른 나노전력발전소자 및 그 제조 방법에 따르면, 나노전력발전소자는 기계적 안정성이 뛰어나므로, 밴딩, 비틀림, 둥글게 말림 등

외부 힘에 의해서 손상을 입지 않는다. 나노전력발전소자는 육방정계 질화붕소 원자층의 압전 특성을 이용하므로, 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다. 또한, 나노전력발전소자는 초소형 및 초박형으로 제조될 수 있으므로, 바람, 혈류의 움직임, 심장박동과 같은 작은 물리적 에너지를 이용하여 효율적으로 전기 에너지를 발생시킬 수 있다. 그리고, 육방정계 질화붕소 원자층이 화학적으로 안정하므로, 나노전력발전소자는 신체 내부에서 작동할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [21] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노전력발전소자를 설명하기 위한 사시도이다.
- [22] 도 2는 도 1에 도시된 육방정계 질화붕소의 원자배열에 따른 압전 특성 변화를 설명하기 위한 평면도이다.
- [23] 도 3은 도 1에 도시된 나노전력발전소자의 다양한 물리적 힘에 따른 구동 형태를 설명하기 위한 사시도이다.
- [24] 도 4는 도 1에 도시된 나노전력발전소자의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다.
- [25] 도 5는 도 4에 도시된 육방정계 질화붕소 원자층 형성을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [26] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노전력발전소자를 설명하기 위한 사시도이다.
- [27] 도 7은 도 6에 도시된 나노전력발전소자의 다양한 물리적 힘에 따른 구동 형태를 설명하기 위한 사시도이다.
- [28] 도 8은 도 6에 도시된 나노전력발전소자의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [29] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 나노전력발전소자 및 이의 제조방법에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [30] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [31] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된

것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [32] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [33] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노전력발전소자를 설명하기 위한 사시도이고, 도 2는 도 1에 도시된 육방정계 질화붕소의 원자배열에 따른 압전 특성 변화를 설명하기 위한 평면도이고, 도 3은 도 1에 도시된 나노전력발전소자의 다양한 물리적 힘에 따른 구동 형태를 설명하기 위한 사시도이다.
- [34] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 나노전력발전소자(100)는 베이스 기관(110), 육방정계 질화붕소 원자층(120), 제1 전극(130) 및 제2 전극(140)을 포함할 수 있다.
- [35] 베이스 기관(110)은 플렉서블(flexible) 기관일 수 있다. 일례로, 베이스 기관(110)은 연신되거나 수축될 수 있고 휘어질 수 있는 폴리머 물질로 이루어질 수 있다. 상기 폴리머 물질의 예로는 PEN(polyethylene naphthalate), PES(polyethylene sulfonate), PET(polyethylene terephthalate) 등을 들 수 있다.
- [36] 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 베이스 기관(100) 상에 위치할 수 있다. 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 질소 원자와 붕소 원자가 육각형으로 결합된 단일층 구조를 가진다. 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 sp^2 본딩에 의해 화학적으로 안정한 특성을 나타낸다. 도 2와 같이 육방정계 질화붕소 원자층(120)에 물리적 힘이 인가되어 육방정계 질화붕소 원자층이 변형되면, 질소 원자와 붕소 원자의 위치 변화에 의해 분극 현상이 일어나고, 상기 분극 현상에 의해 전기에너지가 발생된다. 즉, 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 물리적 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 압전 특성을 가진다.
- [37] 제1 전극(130)과 제2 전극(140)은 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 서로 이격되도록 위치할 수 있다. 제1 전극(130)과 제2 전극(140)은 다각형 평판, 원판 등 다양한 형상을 가질 수 있다. 일례로, 육방정계 질화붕소 원자층(120)이 사각형 형태를 갖는 경우, 제1 전극(130)과 제2 전극(140)은 장방향 양단이나 단방향 양단에 각각 배치될 수 있으며, 제1 전극(130)과 제2 전극(140)이 서로 이격되기만 하면 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상의 어느 위치에도 배치될 수

있다. 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 제1 전극(130)과 제2 전극(140)에 의해 베이스 기판(100)에 고정될 수 있다. 이와 달리, 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 접착 부재(미도시)에 의해 베이스 기판(100)에 고정될 수도 있다.

[38] 제1 전극(130)은 육방정계 질화붕소 원자층(120)에 물리적 힘이 가해질 때 육방정계 질화붕소 원자층(120)에서 발생하는 전기 에너지, 즉 전류 및 전압을 전달하는 역할을 한다. 제1 전극(130)은 얇은 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 상기 도전성 물질은 투명 도전성 물질과 불투명 도전성 물질을 포함할 수 있다. 상기 투명 도전성 물질의 예로는 그래핀, ITO(Indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), ZnO(zinc oxide), FTO(Flourine doped tin oxide) 등을 들 수 있다. 상기 불투명 도전성 물질의 예로는 Au, Ag, Pt 등의 금속을 들 수 있다.

[39] 제2 전극(140)은 육방정계 질화붕소 원자층(120)에 물리적 힘이 가해질 때 육방정계 질화붕소 원자층(120)에서 발생하는 전기 에너지, 즉 전류 및 전압을 전달하는 역할을 한다. 제2 전극(130)은 얇은 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 제2 전극(140)을 형성하는 도전성 물질에 대한 구체적인 설명은 제1 전극(130)을 형성하는 도전성 물질에 대한 설명과 실질적으로 동일하다. 이 외에도 제1 및 제2 전극층(130, 140)은 육방정계 질화붕소 원자층(120)이 용이하게 휘어지거나 변형될 수 있도록 유연성을 가진 전도성 물질로 이루어질 수도 있다. 예를 들면, 제1 및 제2 전극층(130, 140)은 전도성 고분자 등으로 이루어질 수도 있다.

[40] 한편, 도시되지는 않았지만, 제1 전극(130)과 제2 전극(140)이 구비되지 않아 노출된 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 절연층이 구비될 수도 있다. 상기 절연층은 제1 전극(130)과 제2 전극(140) 사이에 위치하여 노출된 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 보호할 수 있다. 상기 절연층은 절연성을 갖는 다양한 물질로 이루어질 수 있다. 이때, 상기 절연층의 높이는 제1 전극(130)과 제2 전극(140)의 높이와 실질적으로 동일하거나 이보다 작을 수 있다.

[41] 도 3과 같이 나노전력발전소자(100)에 스트레칭과 뒤틀림(twisting)과 같은 외부의 물리적인 힘이 가해지면, 나노전력발전소자(100) 내부의 육방정계 질화붕소 원자층(120)에도 물리적인 힘이 가해진다. 육방정계 질화붕소 원자층(120)의 압전 특성에 의해 육방정계 질화붕소 원자층(120)에서 전기 에너지가 발생된다. 상기 전기 에너지는 제1 전극(130) 및 제2 전극(140)을 통해 나노전력발전소자(100)의 외부로 전달될 수 있다.

[42] 나노전력발전소자(100)는 기계적 안정성이 뛰어나므로, 밴딩, 비틀림, 둥글게 말림 등 외부 힘에 의해서 손상을 입지 않는다. 나노전력발전소자(100)는 육방정계 질화붕소 원자층(120)의 압전 특성을 이용하므로, 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다. 또한, 나노전력발전소자(100)는 초소형 및 초박형의 크기를 가질 수 있으므로, 바람, 혈류의 움직임, 심장박동과 같은 작은 물리적 에너지를 이용하여 효율적으로 전기 에너지를 발생할 수 있다. 그리고, 육방정계 질화붕소 원자층(120)이 화학적으로 안정하므로, 나노전력발전소자(100)는 신체 내부에서 작동할 수 있다.

- [43] 도 4는 도 1에 도시된 나노전력발전소자의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다.
- [44] 도 4를 참조하면, 나노전력발전소자(100)를 제조하기 위해 우선 베이스 기판(110) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성한다(S110).
- [45] 베이스 기판(110)은 플렉스블 기판일 수 있다. 일례로, 베이스 기판(110)은 연신되거나 수축될 수 있고 휘어질 수 있는 폴리머 물질로 이루어질 수 있다. 상기 폴리머 물질의 예로는 PEN(polyethylene naphthalate), PES(polyethylene sulfonate), PET(polyethylene terephthalate) 등을 들 수 있다.
- [46] 베이스 기판(110) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성하는 공정은 구리 포일(foil)에 화학증착 공정을 이용하여 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성시킨 후, 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 습식 이송(wet transfer) 공정을 이용하여 베이스 기판(110) 상에 형성한다.
- [47] 도 5는 도 4에 도시된 육방정계 질화붕소 원자층 형성을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [48] 도 5를 참조하면, 베이스 기판(110) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성하기 위해 먼저 구리 포일(foil) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성한다(S111).
- [49] 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 상기 구리 포일을 금속 촉매로 하고 암모니아 보레인(ammonia-borane, $\text{NH}_3\text{-BH}_3$)을 소스로 하여 화학기상증착 공정에 의해 형성될 수 있다. 구체적으로, 아르곤 수소 혼합가스 분위기에서 기화된 암모니아 보레인(ammonia-borane, $\text{NH}_3\text{-BH}_3$)과 질소 가스를 공급하여 상기 구리 포일에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성한다. 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 질소 원자와 붕소 원자가 육각형으로 결합된 단일층 구조를 가진다.
- [50] 상기 구리 포일에 육방정계 질화붕소 원자층(120)이 형성되면, 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA, polymethyl methacrylate)를 육방정계 질화붕소 원자층(120)이 형성된 구리 포일 상에 도포하여 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 형성한다(S112).
- [51] 상기 폴리메틸 메타크릴레이트는 스핀 코팅 공정에 의해 상기 구리 포일 상에 도포될 수 있다. 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층은 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 감쌀 수 있다. 따라서, 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층은 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 지지하는 지지층으로 작용할 수 있다.
- [52] 이후, 상기 구리 포일을 제거한다(S113).
- [53] 구체적으로, 구리 식각액을 이용하여 상기 구리 포일을 선택적으로 제거한다. 이후, 육방정계 질화붕소 원자층(120)과 폴리메틸 메타크릴레이트 층의 표면에 잔류하는 구리 식각액을 탈이온수로 세정한다.
- [54] 다음으로, 육방정계 질화붕소 원자층(120)과 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 베이스 기판(110)으로 이송한다(S114).
- [55] 베이스 기판(110)으로 이송된 육방정계 질화붕소 원자층(120)과 폴리메틸

메타크릴레이트 층에 잔류하는 탈이온수를 완전히 건조시킨다.

[56] 다음으로, 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 제거한다(S115).

[57] 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층은 아세톤, 클로로포름 등과 같은 유기용매에 의해 선택적으로 제거될 수 있다. 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층이 제거되면, 베이스 기판(110) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성할 수 있다.

[58] 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 sp^2 본딩에 의해 화학적으로 안정한 특성을 나타낸다. 육방정계 질화붕소 원자층(120)에 물리적 힘이 인가되어 육방정계 질화붕소 원자층이 변형되면, 질소 원자와 붕소 원자의 위치 변화에 의해 분극 현상이 일어나고, 상기 분극 현상에 의해 전기에너지가 발생된다. 즉, 육방정계 질화붕소 원자층(120)은 물리적 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 압전 특성을 가진다.

[59] 다시 도 4를 참조하면, 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 서로 이격되도록 제1 전극(130)과 제2 전극(140)을 형성한다(S120),

[60] 제1 전극(130)과 제2 전극(140)은 박막 형성 공정에 의해 형성된다. 상기 박막 형성 공정의 예로는 스퍼터링 공정, 화학적 기상 증착 공정, 잉크젯 프린팅 공정 등을 들 수 있다. 제1 전극(130) 및 제2 전극(140)은 얇은 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 상기 도전성 물질은 투명 도전성 물질과 불투명 도전성 물질을 포함할 수 있다. 상기 투명 도전성 물질의 예로는 그래핀, ITO(Indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), ZnO(zinc oxide), FTO(Flourine doped tin oxide) 등을 들 수 있다. 상기 불투명 도전성 물질의 예로는 Au, Ag, Pt 등을 들 수 있다.

[61] 일 예로, 제1 전극(130)과 제2 전극(140)은 동시에 형성될 수 있다. 예를 들면, 별도의 마스크 없이 박막 형성 공정을 통해 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 서로 이격되도록 도전층을 형성함으로써 제1 전극(130)과 제2 전극(140)을 형성할 수 있다. 또한, 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 두 부분으로 구분하는 마스크 패턴을 형성하고, 마스크 패턴이 형성된 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 박막 형성 공정을 통해 얇은 도전층을 형성한 후, 상기 마스크 패턴을 제거하여 제1 전극(130)과 제2 전극(140)을 형성할 수 있다. 또한, 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 박막 형성 공정을 통해 얇은 도전층을 형성한 후, 상기 도전층이 두 부분으로 구분되도록 상기 도전층의 중앙 부위를 식각하여 제1 전극(130)과 제2 전극(140)을 형성할 수 있다.

[62] 다른 예로, 제1 전극(130)과 제2 전극(140)은 순차적으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 박막 형성 공정을 통해 제1 전극(130)을 먼저 형성한 후, 제1 전극(130)과 이격되도록 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 제2 전극(140)을 형성할 수 있다.

[63] 한편, 도시되지는 않았지만, 제1 전극(130)과 제2 전극(140) 사이에서 노출된 육방정계 질화붕소 원자층(120) 상에 절연층이 형성될 수도 있다. 이때, 상기 절연층의 높이는 제1 전극(130)과 제2 전극(140)의 높이와 실질적으로 동일하거나 이보다 작을 수 있다.

- [64] 따라서, 베이스 기관(110), 육방정계 질화붕소 원자층(120), 제1 전극(130) 및 제2 전극(140)을 포함하는 나노전력발전소자(100)를 완성한다.
- [65] 상기와 같은 방법에 의해 형성된 나노전력발전소자(100)는 기계적 안정성이 뛰어나므로, 밴딩, 비틀림, 둥글게 말림 등 외부 힘에 의해서 손상을 입지 않는다. 나노전력발전소자(100)는 육방정계 질화붕소 원자층(120)의 압전 특성을 이용하므로, 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다. 또한, 나노전력발전소자(100)는 초소형 및 초박형으로 형성될 있으므로, 바람, 혈류의 움직임, 심장박동과 같은 작은 물리적 에너지를 이용하여 효율적으로 전기 에너지를 발생할 수 있다. 그리고, 육방정계 질화붕소 원자층(120)이 화학적으로 안정하므로, 나노전력발전소자(100)는 신체 내부에서 작동할 수 있다.
- [66] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노전력발전소자를 설명하기 위한 사시도이고, 도 7은 도 6에 도시된 나노전력발전소자의 다양한 물리적 힘에 따른 구동 형태를 설명하기 위한 사시도이다.
- [67] 도 6 및 도 7을 참조하면, 나노전력발전소자(200)는 베이스 기관(210), 제1 전극(220), 육방정계 질화붕소 원자층(230) 및 제2 전극(240)을 포함할 수 있다.
- [68] 베이스 기관(210)은 플렉서블(flexible) 기관일 수 있다. 일례로, 베이스 기관(210)은 연신되거나 수축될 수 있고 휘어질 수 있는 폴리머 물질로 이루어질 수 있다. 상기 폴리머 물질의 예로는 PEN(polyethylene naphthalate), PES(polyethylene sulfonate), PET(polyethylene terephthalate) 등을 들 수 있다.
- [69] 제1 전극(220)은 베이스 기관(210) 상에 위치할 수 있다. 제1 전극(220)은 육방정계 질화붕소 원자층(230)에 물리적 힘이 가해질 때 육방정계 질화붕소 원자층(230)에서 발생하는 전기 에너지, 즉 전류 및 전압을 전달하는 역할을 한다. 제1 전극(220)은 얇은 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 상기 도전성 물질은 투명 도전성 물질과 불투명 도전성 물질을 포함할 수 있다. 상기 투명 도전성 물질의 예로는 그래핀, ITO(Indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), ZnO(zinc oxide), FTO(Flourine doped tin oxide) 등을 들 수 있다. 상기 불투명 도전성 물질의 예로는 Au, Ag, Pt 등을 들 수 있다.
- [70] 육방정계 질화붕소 원자층(230)은 제1 전극(220) 상에 위치할 수 있다. 육방정계 질화붕소 원자층(230)은 질소 원자와 붕소 원자가 육각형으로 결합된 단일층 구조를 가진다. 육방정계 질화붕소 원자층(230)은 sp^2 본딩에 의해 화학적으로 안정한 특성을 나타낸다. 육방정계 질화붕소 원자층(230)에 물리적 힘이 인가되어 육방정계 질화붕소 원자층이 변형되면, 질소 원자와 붕소 원자의 위치 변화에 의해 분극 현상이 일어나고, 상기 분극 현상에 의해 전기에너지가 발생된다. 즉, 육방정계 질화붕소 원자층(230)은 물리적 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 압전 특성을 가진다.
- [71] 제2 전극(240)은 육방정계 질화붕소 원자층(230) 상에 위치할 수 있다. 제2 전극(240)은 제1 전극(220)과 마찬가지로 육방정계 질화붕소 원자층(230)에 물리적 힘이 가해질 때 육방정계 질화붕소 원자층(230)에서 발생하는 전기

에너지, 즉 전류 및 전압을 전달하는 역할을 한다. 제2 전극(240)은 얇은 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 상기 도전성 물질은 투명 도전성 물질과 불투명 도전성 물질을 포함할 수 있다. 상기 투명 도전성 물질의 예로는 그래핀, ITO(Indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), ZnO(zinc oxide), FTO(Flourine doped tin oxide) 등을 들 수 있다. 상기 불투명 도전성 물질의 예로는 Au, Ag, Pt 등을 들 수 있다.

[72] 도 7과 같이 나노전력발전소자(200)에 스트레칭과 뒤틀림(twisting)과 같은 외부의 물리적인 힘이 가해지면, 나노전력발전소자(200) 내부의 육방정계 질화붕소 원자층(230)에도 물리적인 힘이 가해진다. 육방정계 질화붕소 원자층(230)의 압전 특성에 의해 육방정계 질화붕소 원자층(230)에서 전기 에너지가 발생된다. 상기 전기 에너지는 제1 전극(220) 및 제2 전극(240)을 통해 나노전력발전소자(200)의 외부로 전달될 수 있다.

[73] 나노전력발전소자(200)는 기계적 안정성이 뛰어나므로, 밴딩, 비틀림, 둥글게 말림 등 외부 힘에 의해서 손상을 입지 않는다. 나노전력발전소자(200)는 육방정계 질화붕소 원자층(230)의 압전 특성을 이용하므로, 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다. 또한, 나노전력발전소자(200)는 초소형 및 초박형의 크기를 가질 수 있으므로, 바람, 혈류의 움직임, 심장박동과 같은 작은 물리적 에너지를 이용하여 효율적으로 전기 에너지를 발생할 수 있다. 그리고, 육방정계 질화붕소 원자층(230)이 화학적으로 안정하므로, 나노전력발전소자(200)는 신체 내부에서 작동할 수 있다.

[74] 도 8은 도 6에 도시된 나노전력발전소자의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다.

[75] 도 6을 참조하면, 나노전력발전소자(200)를 제조하기 위해 우선 베이스 기판(210) 상에 제1 전극(220)을 형성한다(S210).

[76] 베이스 기판(210)은 플렉스블 기판일 수 있다. 일례로, 베이스 기판(210)은 연신되거나 수축될 수 있고 휘어질 수 있는 폴리머 물질로 이루어질 수 있다. 상기 폴리머 물질의 예로는 PEN(polyethylene naphthalate), PES(polyethylene sulfonate), PET(polyethylene terephthalate) 등을 들 수 있다.

[77] 제1 전극(220)은 박막 형성 공정에 의해 형성된다. 상기 박막 형성 공정의 예로는 스퍼터링 공정, 화학적 기상 증착 공정, 잉크젯 프린팅 공정 등을 들 수 있다. 제1 전극(220)은 얇은 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 상기 도전성 물질은 투명 도전성 물질과 불투명 도전성 물질을 포함할 수 있다. 상기 투명 도전성 물질의 예로는 그래핀, ITO(Indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), ZnO(zinc oxide), FTO(Flourine doped tin oxide) 등을 들 수 있다. 상기 불투명 도전성 물질의 예로는 Au, Ag, Pt 등을 들 수 있다.

[78] 이후, 제1 전극(220) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(230)을 형성한다(S220).

[79] 제1 전극(220) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(230)을 형성하는 공정은 구리 포일(foil)에 화학증착 공정을 이용하여 육방정계 질화붕소 원자층(230)을 형성시킨 후, 육방정계 질화붕소 원자층(230)을 습식 이송(wet transfer) 공정을

이용하여 베이스 기관(210) 상에 형성한다.

- [80] 제1 전극(220) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(230)을 형성하는 공정에 대한 구체적인 설명은 도 5를 참조한 베이스 기관(110) 상에 육방정계 질화붕소 원자층(120)을 형성하는 공정과 실질적으로 동일하므로 생략한다.

- [81] 육방정계 질화붕소 원자층(230)은 sp^2 본딩에 의해 화학적으로 안정한 특성을 나타낸다. 육방정계 질화붕소 원자층(230)에 물리적 힘이 인가되어 육방정계 질화붕소 원자층이 변형되면, 질소 원자와 붕소 원자의 위치 변화에 의해 분극 현상이 일어나고, 상기 분극 현상에 의해 전기에너지가 발생된다. 즉, 육방정계 질화붕소 원자층(230)은 물리적 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 압전 특성을 가진다.

- [82] 다음으로, 육방정계 질화붕소 원자층(230) 상에 제2 전극(240)을 형성한다(S230),

- [83] 제2 전극(240)을 형성하는 공정에 대한 구체적인 설명은 제1 전극(220)을 형성하는 공정과 실질적으로 동일하므로 생략한다.

- [84] 따라서, 베이스 기관(210), 제1 전극(220), 육방정계 질화붕소 원자층(230) 및 제2 전극(240)을 포함하는 나노전력발전소자(200)를 완성한다.

- [85] 상기와 같은 방법에 의해 형성된 나노전력발전소자(200)는 기계적 안정성이 뛰어나므로, 밴딩, 비틀림, 둥글게 말림 등 외부 힘에 의해서 손상을 입지 않는다. 나노전력발전소자(200)는 육방정계 질화붕소 원자층(230)의 압전 특성을 이용하므로, 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다. 또한, 나노전력발전소자(200)는 초소형 및 초박형으로 형성될 있으므로, 바람, 혈류의 움직임, 심장박동과 같은 작은 물리적 에너지를 이용하여 효율적으로 전기 에너지를 발생할 수 있다. 그리고, 육방정계 질화붕소 원자층(230)이 화학적으로 안정하므로, 나노전력발전소자(200)는 신체 내부에서 작동할 수 있다.

산업상 이용가능성

- [86] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 나노전력발전소자는 기계적 화학적 안정성이 뛰어나고, 육방정계 질화붕소 원자층의 압전 특성을 이용하여 지속적이고 독립적으로 구동할 수 있다. 또한, 나노전력발전소자는 초소형 및 초박형으로 제조될 수 있어 작은 물리적 에너지를 이용하여 효율적으로 전기 에너지를 발생할 수 있다. 그리고, 육방정계 질화붕소 원자층이 화학적으로 안정하므로, 나노전력발전소자는 신체 내부에서 작동할 수 있다. 그러므로, 나노전력발전소자는 소형 에너지원으로 기계 분야, 전자분야, 의학 분야 등 다양한 분야에서 사용될 수 있다.

- [87] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 베이스 기관;
 상기 베이스 기관 상에 구비되는 육방정계 질화붕소 원자층;
 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되는 제1 전극; 및
 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되며, 상기 제1 전극과
 이격되는 제2 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는
 나노전력발전소자.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 베이스 기관은 플렉서블 기관인 것을
 특징으로 하는 나노전력발전소자.
- [청구항 3] 베이스 기관 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계; 및
 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 서로 이격되도록 제1 전극과
 제2 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는
 나노전력발전소자 제조 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 베이스 기관 상에 육방정계 질화붕소
 원자층을 형성하는 단계는,
 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계;
 상기 육방정계 질화붕소 원자층이 형성된 구리 포일 상에 상기
 육방정계 질화붕소 원자층을 지지하기 위한 폴리메틸
 메타크릴레이트 층을 형성하는 단계;
 상기 구리 포일을 제거하는 단계;
 상기 육방정계 질화붕소 원자층과 상기 폴리메틸 메타크릴레이트
 층을 상기 베이스 기관 상으로 이송하는 단계; 및
 상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 제거하는 단계를 포함하는
 것을 특징으로 하는 나노전력발전소자 제조 방법.
- [청구항 5] 제4항에 있어서, 상기 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을
 형성하는 단계는 상기 구리 포일을 금속 촉매로 하고 암모니아
 보레인($\text{NH}_3\text{-BH}_3$)을 소스로 하여 화학기상증착 공정을 통해
 이루어지는 것을 특징으로 하는 나노전력발전소자 제조 방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서, 상기 구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을
 형성하는 단계는 아르곤 수소 혼합가스 분위기에서 이루어지며,
 질소 가스를 기화되는 암모니아 보레인을 이송하는 캐리어 가스로
 사용하는 것을 특징으로 하는 나노전력발전소자 제조 방법.
- [청구항 7] 베이스 기관;
 상기 베이스 기관 상에 구비되는 제1 전극;
 상기 제1 전극 상에 구비되는 육방정계 질화붕소 원자층; 및
 상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 구비되는 제2 전극을
 포함하는 것을 특징으로 하는 나노전력발전소자.

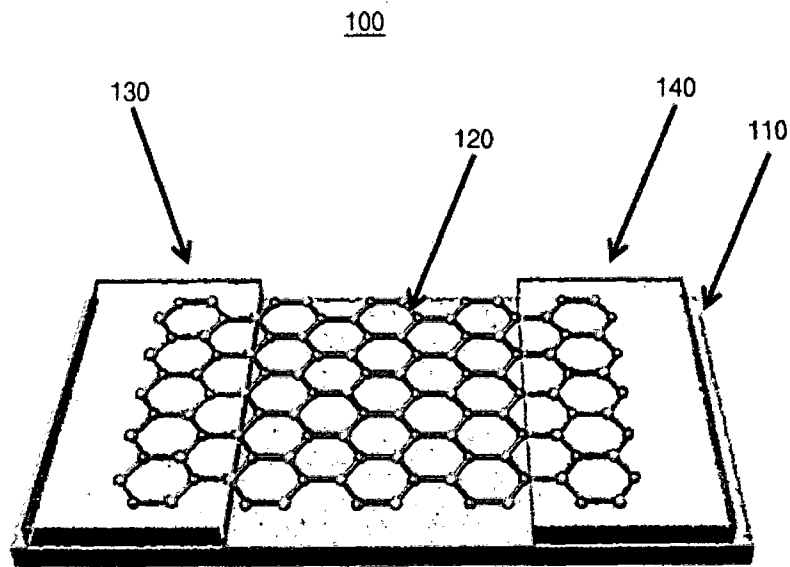
[청구항 8]

베이스 기판 상에 제1 전극을 형성하는 단계;
제1 전극 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계; 및
상기 육방정계 질화붕소 원자층 상에 제2 전극을 형성하는 단계를
포함하는 것을 특징으로 하는 나노전력발전소자 제조 방법.

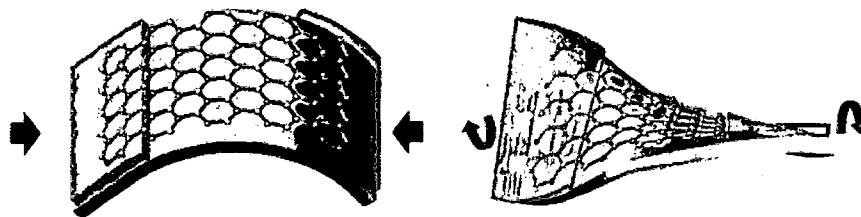
[청구항 9]

제8항에 있어서, 상기 제1 전극 상에 육방정계 질화붕소 원자층을
형성하는 단계는,
구리 포일 상에 육방정계 질화붕소 원자층을 형성하는 단계;
상기 육방정계 질화붕소 원자층이 형성된 구리 포일 상에 상기
육방정계 질화붕소 원자층을 지지하기 위한 폴리메틸
메타크릴레이트 층을 형성하는 단계;
상기 구리 포일을 제거하는 단계;
상기 육방정계 질화붕소 원자층과 상기 폴리메틸 메타크릴레이트
층을 상기 제1 전극 상으로 이송하는 단계; 및
상기 폴리메틸 메타크릴레이트 층을 제거하는 단계를 포함하는
것을 특징으로 하는 나노전력발전소자 제조 방법.

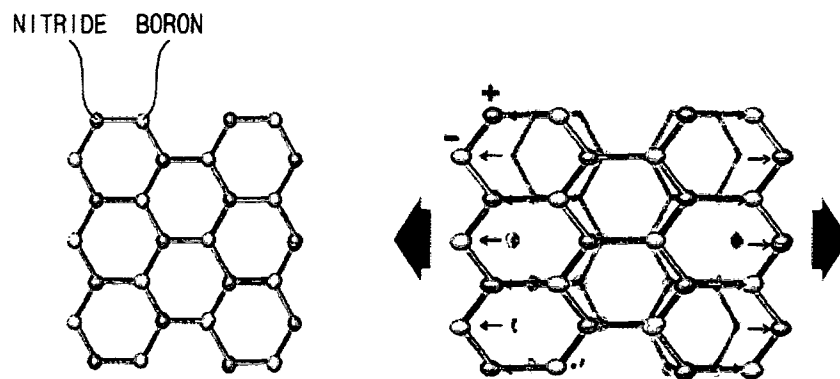
[Fig. 1]



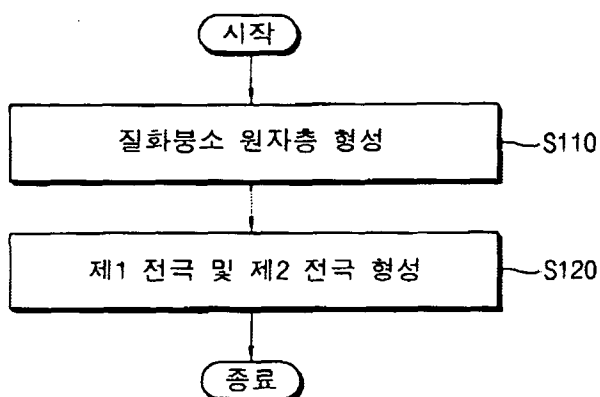
[Fig. 2]



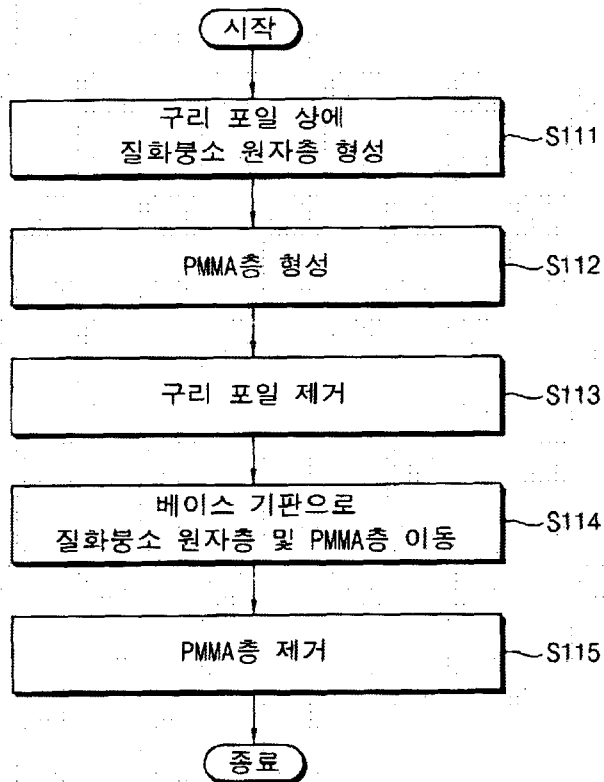
[Fig. 3]



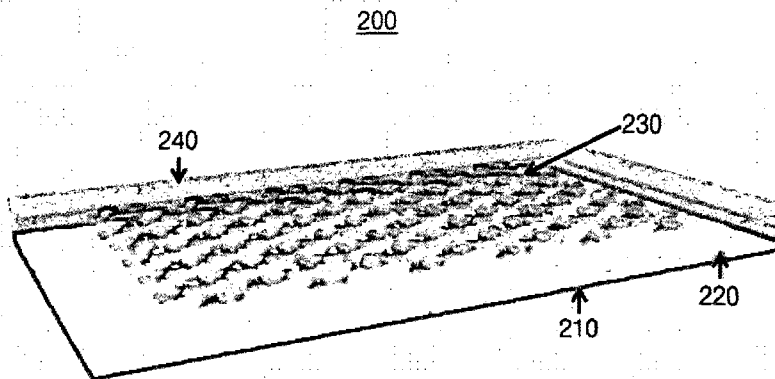
[Fig. 4]



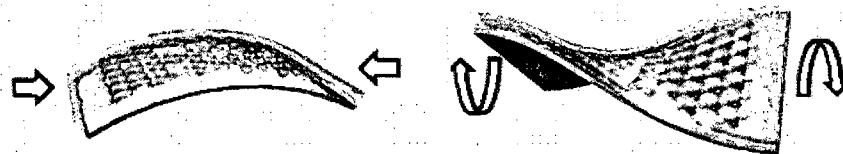
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]

