



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0027899
(43) 공개일자 2025년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/46 (2025.01) H01L 21/67 (2006.01)

H10D 62/10 (2025.01) H10D 62/80 (2025.01)

(52) CPC특허분류

H01L 21/46 (2013.01)

H01L 21/67011 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0108800

(22) 출원일자 2023년08월21일

심사청구일자 2023년08월21일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

김영덕

경기도 성남시 분당구 성남대로 449, D동 503호 (정자동, 로얄팰리스)

한광희

부산광역시 사하구 서포로30번길 12, 208동 1904호 (구평동, e편한세상 사하2차)

(74) 대리인

김태영

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 2차원 물질의 무아레 초격자간 간격 조정장치

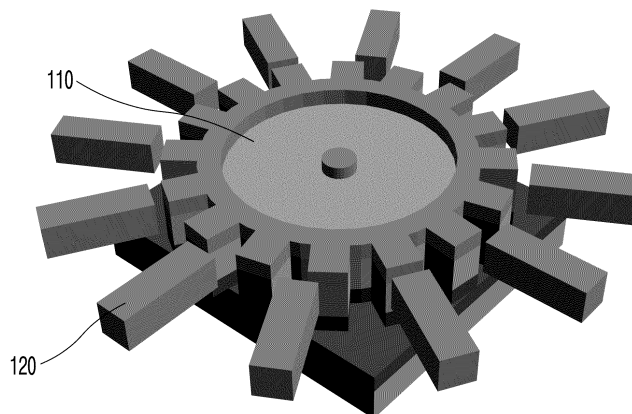
(57) 요약

2차원 물질의 무아레 초격자간 간격 조정장치를 개시한다.

본 실시예의 일 측면에 의하면, 제1 절연체와 상기 제1 절연체와 일면으로 접촉하는 제1 이차원 물질과 상기 제1 이차원 물질과 일면으로 접촉하며 반데르발스 층상결합을 형성하는 제2 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질과 일면으로 접촉하는 제2 절연체 및 상기 제2 절연체의 다른 일면과 접촉하며, 외부로부터 정전기적 인력(Electrostatic Attraction)을 받아 회전하는 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질을 제공한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

H10D 62/124 (2025.01)

H10D 62/80 (2025.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711199107
과제번호	2022M3H4A1A04096396
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발
연구과제명	이차원 질화붕소 기반 상온 동작 양자광원 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교
연구기간	2023.07.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

제1 절연체;

상기 제1 절연체와 일면으로 접촉하는 제1 이차원 물질;

상기 제1 이차원 물질과 일면으로 접촉하며 반데르발스 층상결합을 형성하는 제2 이차원 물질;

상기 제2 이차원 물질과 일면으로 접촉하는 제2 절연체; 및

상기 제2 절연체의 다른 일면과 접촉하며, 외부로부터 정전기적 인력(Electrostatic Attraction)을 받아 회전하는 전극

을 포함하는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 절연체 및 상기 제1 이차원 물질은,

고정되는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2 절연체, 상기 제2 이차원 물질 및 상기 전극은,

회전하는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제2 절연체 및 상기 제2 이차원 물질은,

상기 전극의 회전에 따라 함께 회전하는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전극은,

중심축을 중심으로 회전하는 톱니 형태로 구현되는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 전극은,

정전기적 인력을 받는 금속 재질로 구현되는 것을 특징으로 하는 이중접합 2차원 물질.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 이중접합 2차원 물질;

상기 전극의 외주면으로 상기 전극과 기 설정된 거리만큼 떨어져 배치되어, 전압을 인가받아 정전기적 인력을

발생시키는 복수의 제2 전극;

각 제2 전극으로 전압을 인가하여 어느 하나 또는 복수의 제2 전극이 정전기적 인력을 발생시킬 수 있도록 하는 전원;

각 제2 전극과 상기 전원을 전기적으로 연결하여, 상기 전원에서 공급되는 전압을 각 전극으로 전달하는 전선; 및

상기 전원과 각 제2 전극의 전기적인 경로 상에 배치되어, 상기 전원에서 공급되는 전압의 각 제2전극으로의 공급 여부를 조정하는 복수의 스위치

를 포함하는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 전극의 톱니는,

기 설정된 수치의 제1 배수개 만큼 구현된 톱니를 포함하는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 전극은,

상기 기 설정된 수치의 제2 배수개 만큼 배치되는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

각 제2 전극은,

등간격을 가지며 배치되는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

청구항 11

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 이중접합 2차원 물질;

상기 전극의 외주면으로 상기 전극과 기 설정된 거리만큼 떨어져 배치되어, 전압을 인가받아 정전기적 인력을 발생시키는 복수의 제2 전극;

각 제2 전극으로 전압을 인가하여 어느 하나 또는 복수의 제2 전극이 정전기적 인력을 발생시킬 수 있도록 하며, 기 설정된 수치 개의 제2 전극에 동시에 전압을 인가하는 전원; 및

각 제2 전극과 상기 전원을 전기적으로 연결하여, 상기 전원에서 공급되는 전압을 각 전극으로 전달하는 전선

을 포함하는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제2 전극은,

상기 기 설정된 수치의 제2 배수개 만큼 배치되는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 전원은,

기 설정된 수치 개의 제2 전극에 동시에 전압을 인가함에 있어, 서로 등간격을 갖도록 배치된 제2 전극들에 전압을 인가하는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 실시예는 서로 접합되어 있는 2차원 물질의 무아레 초격자간 간격을 조정하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 2차원 물질(2D Material)이란 수 나노미터의 원자 또는 화합물이 한 겹으로 배열돼 있는 물질이다. 특히, 2차원의 얇은 막으로 이루어진 물질들을 반데르발스 상호작용(van der Waals Interaction)을 이용하여 수직으로 쌓은 구조인 이종접합구조(Heterostructure)는 특이한 특성을 갖는다. 이러한 2차원 물질은 얇고 잘 휘면서 단단한 특성을 갖고 있어 반도체는 물론 태양전지, 디스플레이 등에 적용하기 위한 연구가 이어지고 있다.

[0004] 이종접합구조로 구현된 2차원 물질들은 어느 하나를 기준으로 다른 하나가 몇도 각도로 배치되는지 여부에 따라 무아레 초격자 간의 간격이 결정된다. 무아레 초격자 간 간격이 달라짐에 따라, 이종접합구조를 갖는 2차원 물질들은 초전도 특성, 전기적 특성, 반도체적 특성 또는 광학적 특성이 상이해진다. 이에 따라, 이종접합구조를 갖는 2차원 물질이 어떠한 용도로 사용될 것인지에 따라, 각 2차원 물질들이 형성하는 각도가 달라진다.

[0005] 종래에는 이종접합구조로 구현되는 2차원 물질들의 상호 간의 각도는 제조 당시에 결정되며, 그 후에는 조정되지 못하였다. 특히, 제조 과정에 있어서도 정밀한 조정이 가능한 것이 아니라, 제조된 후에나 비로소 양자 간의 각도를 확인할 수 있었다. 이에 따라, 양자 간에 원하는 각도를 갖는 (이종접합구조로 구현된) 2차원 물질을 제조함에 있어, 종래에는 제조에 있어 상당히 오랜 시간과 비용이 소모되는 불편이 있었으며, 수율도 상당히 떨어지는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 실시예는, 서로 접합되어 있는 2차원 물질의 무아레 초격자간 간격을 해당 2차원 물질이 제조된 후에도 용이하면서도 정밀하게 조정할 수 있는 장치를 제공하는 데 일 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 제1 절연체와 상기 제1 절연체와 일면으로 접촉하는 제1 이차원 물질과 상기 제1 이차원 물질과 일면으로 접촉하며 반데르발스 층상결합을 형성하는 제2 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질과 일면으로 접촉하는 제2 절연체 및 상기 제2 절연체의 다른 일면과 접촉하며, 외부로부터 정전기적 인력(Electrostatic Attraction)을 받아 회전하는 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이종접합 2차원 물질을 제공한다.

[0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 제1 절연체 및 상기 제1 이차원 물질은 고정되는 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 제2 절연체, 상기 제2 이차원 물질 및 상기 전극은 회전하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 제2 절연체 및 상기 제2 이차원 물질은 상기 전극의 회전에 따라 함께 회전하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 전극은 중심축을 중심으로 회전하는 톱니 형태로 구현되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 전극은 정전기적 인력을 받는 금속 재질로 구현되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 이종접합 2차원 물질과 상기 전극의 외주면으로 상기 전극과 기 설정된 거리만큼 떨어져 배치되어, 전압을 인가받아 정전기적 인력을 발생시키는 복수의 제2 전극과 각 제2 전극으로 전

압을 인가하여 어느 하나 또는 복수의 제2 전극이 정전기적 인력을 발생시킬 수 있도록 하는 전원과 각 제2 전극과 상기 전원을 전기적으로 연결하여, 상기 전원에서 공급되는 전압을 각 전극으로 전달하는 전선 및 상기 전원과 각 제2 전극의 전기적인 경로 상에 배치되어, 상기 전원에서 공급되는 전압의 각 제2전극으로의 공급 여부를 조정하는 복수의 스위치를 포함하는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치를 제공한다.

[0014] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 전극의 톱니는 기 설정된 수치의 제1 배수개 만큼 구현된 톱니를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 제2 전극은 상기 기 설정된 수치의 제2 배수개 만큼 배치되는 것을 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 각 제2 전극은 등간격을 가지며 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 이중접합 2차원 물질과 상기 전극의 외주면으로 상기 전극과 기 설정된 거리만큼 떨어져 배치되어, 전압을 인가받아 정전기적 인력을 발생시키는 복수의 제2 전극과 각 제2 전극으로 전압을 인가하여 어느 하나 또는 복수의 제2 전극이 정전기적 인력을 발생시킬 수 있도록 하며, 기 설정된 수치 개의 제2 전극에 동시에 전압을 인가하는 전원 및 각 제2 전극과 상기 전원을 전기적으로 연결하여, 상기 전원에서 공급되는 전압을 각 전극으로 전달하는 전선을 포함하는 것을 특징으로 하는 무아레 초격자간 간격 조정장치를 제공한다.

[0018] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 제2 전극은 상기 기 설정된 수치의 제2 배수개 만큼 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 상기 전원은 기 설정된 수치 개의 제2 전극에 동시에 전압을 인가함에 있어, 서로 등간격을 갖도록 배치된 제2 전극들에 전압을 인가하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예의 일 측면에 따르면, 서로 접합되어 있는 2차원 물질의 무아레 초격자간 간격을 해당 2차원 물질이 제조된 후에도 용이하면서도 정밀하게 조정할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치의 사시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치의 평면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중접합 2차원 물질의 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중접합 2차원 물질의 평면도이다.

도 5는 이중접합 2차원 물질의 각도에 따라 형성되는 무아레 패턴을 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치의 동작을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 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.

[0023] 제1, 제2, A, B 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. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0024] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있

다고 언급된 때에서, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

- [0025] 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 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해서 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.
- [0027] 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.
- [0028] 또한, 본 발명의 각 실시예에 포함된 각 구성, 과정, 공정 또는 방법 등은 기술적으로 상호간 모순되지 않는 범위 내에서 공유될 수 있다.
- [0029] 도 1 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치의 사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치의 평면도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이종접합 2차원 물질의 단면도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이종접합 2차원 물질의 평면도이다.
- [0030] 도 1 내지 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 전극(120), 전원(130) 및 전선(140)을 포함하며, 경우에 따라 스위치(210)를 포함할 수도 있다.
- [0031] 2차원 물질은 원자 또는 화합물이 한 겹으로 배열돼 있어, 반도체적 특성을 가지며 고성능 전자소자로 제작될 수 있는 소재를 의미한다. 2차원 물질은 그래핀, 전이금속 다이 칼코지나이드(TMDC: Transition Metal Dichalcogenide), 흑린(BP: Black Phosphorous) 또는 hBN 등의 물질로 구현될 수 있다.
- [0032] 이러한 2차원 물질이 반데르발스 층상결합으로 이종접합 될 경우, 접합되는 각 물질의 종류 또는 접합된 각 물질의 각도 등에 따라 접합된 물질의 도전도 특성, 전기적 특성, 반도체적 특성 또는 광학적 특성이 상이해진다. 특히, 이종접합 2차원 물질(110)을 이루는 2차원 물질들 상호 간에 각도를 가질 경우, 도 5에 예시된 바와 같이 무아레 패턴을 형성하며 초격자가 형성된다.
- [0033] 도 5는 이종접합 2차원 물질의 각도에 따라 형성되는 무아레 패턴을 예시한 도면이다.
- [0034] 도 5a와 도 5b는 어느 하나의 2차원 물질이 각각 서로 다른 각도만큼 회전하였을 때 형성되는 무아레 패턴을 예시하고 있다. 도 5a에 도시된 바와 같이 상대적으로 더 작은 각도만큼 회전하였을 경우, 무아레 패턴 내 초격자간 간격은 r_1 만큼 형성되는 것을 확인할 수 있다. 한편, 도 5b에 도시된 바와 같이, 상대적으로 더 큰 각도만큼 회전하였을 경우, 무아레 패턴 내 초격자간 간격은 상대적으로 더 긴 r_2 만큼 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 2차원 물질의 회전 각도에 따라 형성되는 무아레 패턴 내 초격자간 간격이 상이해지는 것을 확인할 수 있으며, 초격자간 간격의 변화는 곧 이종접합 2차원 물질(110)의 특성 변화를 의미한다.
- [0035] 다시 도 1 내지 4를 참조하면, 종래에는 이종접합 2차원 물질이 이미 제조된 후라면, 이종접합 2차원 물질의 2차원 물질 간 각도를 조정하는 것은 불가하였다. 그러나 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 이종접합 2차원 물질 내 어느 하나의 2차원 물질을 회전시킴으로써, 제조 후에도 2차원 물질 간 각도를 조정할 수 있다. 이에 따라, 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 기 제조된 이종접합 2차원 물질의 특성을 필요에 따라 변화시킬 수 있다.
- [0036] 도 3 및 4를 참조하면, 이종접합 2차원 물질(110)은 2차원 물질이 반데르발스 층상결합으로 이종접합된 구조를 갖는다. 이종접합 2차원 물질(110)은 고정부(114) 및 회전부(118)를 포함하며, 고정부(114)는 절연체(310) 및 2차원 물질(320)을 포함하고, 회전부(118)는 절연체(330), 2차원 물질(340) 및 전극(350)을 포함한다.
- [0037] 절연체(310)는 고정부(114) 내 2차원 물질(320)의 일면(2차원 물질(320)이 다른 2차원 물질과 접촉하는 면의 반대면)에 배치되어, 2차원 물질(320)을 절연한다. 절연체(310)는 2차원 물질(320)의 일면에 배치되며, 2차원 물질(320)과 외부 전극 간을 전기적/물리적으로 분리한다. 2차원 물질(320)은 구조적으로 외부환경에 노출될 경우 손쉽게 특성의 변화가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해, 절연체(310)가 2차원 물질(320)의 일면에 배치되어 외부 환경으로부터 2차원 물질을 전기적/물리적으로 분리한다. 절연체(310)는 hBN으로 구현될 수 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 전기적/물리적으로 절연할 수 있는 특징을 갖는 물질이라면 어떠한 것으로 대체될

수 있다.

- [0038] 2차원 물질(320)은 일면으로는 절연체(310)와 다른 일면으로는 2차원 물질(340)과 접촉한다. 2차원 물질(320)은 절연체(310) 상에 배치되며, 2차원 물질(340)과는 반데르발스 층상결합으로 이중접합된다. 이에 따라, 양 2차원 물질(320, 340) 간에는 상당히 낮은 저항 또는 마찰력을 가질 수 있어, 회전부(118)에 포함된 2차원 물질(340)이 외력을 받아 이동 또는 회전할 수 있다.
- [0039] 한편, 회전부(118) 내에도 절연체(330) 및 2차원 물질(340)이 포함된다. 2차원 물질(340)은 일면으로는 2차원 물질(320)과 접촉하며 반데르발스 층상결합을 형성하고, 다른 일면으로 절연체(330)와 접촉한다.
- [0040] 절연체(330)는 일면으로 2차원 물질(340)과 접촉하는 한편, 다른 일면으로는 전극(350)과 접촉한다.
- [0041] 전극(350)은 절연체(330)의 다른 일면과 접촉하며, 전극(120)으로부터 정전기적 인력(Electrostatic Attraction)을 받아 회전한다. 전극(350)이 정전기적 인력을 받아 회전하며, 전극(350)과 접촉하는 절연체(330) 및 그와 접촉하는 2차원 물질(340)이 함께 회전하게 된다. 전술한 대로, 2차원 물질(340)은 2차원 물질(320)과 반데르발스 층상결합으로 이중접합되며 상당히 낮은 저항 또는 마찰력을 갖기 때문에, 외력에 의해 용이하게 회전할 수 있다.
- [0042] 전극(350)은 중심축(358)을 중심으로 회전하는 톱니형태로 구현되며, 내부에 관통공(354)을 포함한다. 전극(350)은 정전기적 인력을 받는 금속 재질로 구현되며, 내부는 빈 톱니 형태로 구현된다. 전극(350)의 내부에 관통공(354)이 구현됨에 따라, 전극(350) 외부에서 광이 전극(350)의 관통공(354)으로 입사할 수 있으며, 입사한 광이 다시 관통공(354)을 거쳐 전극(350) 외부로 방출될 수 있다.
- [0043] 전극(350)의 톱니는 기 설정된 수치의 제1 배수만큼 구현된다. 여기서, 기 설정된 수치는 자연수(특히, 2 이상의 자연수)이며, 수치나 제1 배수가 커질수록 구현은 복잡해지나 전극(120)에 의해 보다 세밀하게 회전 각도가 조정될 수 있다. 통상적으로 전극(350)의 톱니 개수는 후술할 전극(120)의 개수보다는 많도록 구현될 수 있다.
- [0044] 도 1 및 2를 참조하면, 전극(120)은 이중접합 2차원 물질(110), 특히, 전극(350)의 외주면으로 전극(350)과 기 설정된 거리만큼 떨어져 배치된다. 전극(120) 역시, 기 설정된 수치의 제2 배수개 만큼 배치되며, 각각이 등간격을 가지며 배치될 수 있다. 전극(120)도 마찬가지로 수치나 제2 배수가 커질수록, 배치되는 전극(120)의 개수가 많아서 보다 세밀하게 회전 각도를 조정할 수 있다. 전극(120)은 전원(130)으로부터 전압을 인가받아 정전기적 인력을 발생시킨다. 어느 하나 또는 복수의 전극(120)에서 정전기적 인력을 발생시킴에 따라, 금속으로 구현되는 전극(350), 특히, 전극(350)의 톱니 일부가 정전기적 인력을 받으며 해당 전극(120)을 마주보는 위치로 이동하게 된다. 이때, 전극(350)은 중심축(358)을 포함함으로써 정전기적 인력에 따라 회전하게 되며, 그에 따라 절연체(330)와 2차원 물질(340) 모두가 회전하게 된다.
- [0045] 전원(130)은 각 전극(120)으로 전압을 인가하여, 어느 하나 또는 복수의 전극(120)이 정전기적 인력을 발생시킬 수 있도록 한다. 도 2a에 도시된 바와 같이 하나의 전원(130)이 모든 전극(120)으로 전압을 인가할 수도 있고, 도 2b에 도시된 바와 같이 전원(130)이 복수 개로 구현되어 각 전원(130)들이 정해진 전극(120)에만 전압을 인가할 수도 있다. 이때, 전원(130)이 도 2b에 도시된 바와 같이 복수 개로 구현될 경우 전원(130)은 제2 배수개 만큼 구현될 수 있으며, 각 전원(130)은 기 설정된 수치 개의 (서로 다른) 전극(120)에 동시에 전압을 인가할 수 있다.
- [0046] 전선(140)은 전원(130)과 각 전극(120)을 전기적으로 연결하여, 전원(130)에서 공급되는 전압을 각 전극(120)으로 전달한다.
- [0047] 스위치(210a 내지 210n)는 도 2a에 도시된 바와 같이 하나의 전원(130)이 무아레 초격자간 간격 조정장치(100) 내 포함될 경우에 추가적으로 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)에 포함될 수 있다. 각 스위치(210a 내지 210n)는 전원(130)과 각 전극(120)의 전기적인 경로 상에 배치되어, 전원(130)에서 공급되는 전압의 각 전극(120)으로의 공급 여부를 조정한다. 경우에 따라, 어느 하나 또는 복수 개의 특정 전극(120)만이 정전기적 인력을 발생시켜야 할 때가 있다. 이를 위해, 스위치(210a 내지 210n)는 전술한 위치에 배치되어 각 전극(120)으로의 전압의 공급을 조정한다.
- [0048] 이러한 구성을 갖는 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 도 6에 예시된 바와 같이 동작할 수 있다.
- [0049] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 무아레 초격자간 간격 조정장치의 동작을 예시한 도면이다.
- [0050] 도 6a를 참조하면, 하나의 전원(130) 또는 복수의 전원(130) 중 어느 하나는 하나의 전극(120a 중 어느 하나)으

로 전압을 인가하거나, 기 설정된 수치개의 전극(120a)에 동시에 전압을 인가할 수 있다. 전술한 바와 같이, 전극(350)의 톱니는 기 설정된 수치의 제1 배수만큼 구현되고, 전극(120)은 기 설정된 수치의 제2 배수개 만큼 배치된다. 도 6a에는 기 설정된 수치가 4, 제1 배수가 4, 제2 배수가 3인 경우가 도시되어 있다. 이에 따라, 어느 하나의 전극(120a 중 어느 하나)에만 전압이 인가될 수도 있고, 도 6a에 도시된 바와 같이 기 설정된 수치 개의 전극(120a)에 전압이 인가될 수 있다. 기 설정된 수치 개의 전극(120a)에 전압이 인가됨에 있어서는, 서로 등간격을 갖도록 배치된 전극(120a)들에 전압이 인가된다. 전극(120a 중 어느 하나)이나 기 설정된 수치 개의 전극(120a)에 전압을 인가함에 있어, 하나의 전원(130)이 전극(120a)에 전압을 인가할 수 있고, 제2 배수개 만큼 구현된 전원 중 어느 하나가 고정적으로 해당 전극(120a)에 전압을 인가할 수도 있다.

[0051] 어느 하나의 전극(120a 중 어느 하나)에만 전압이 인가될 경우, 전극(350)의 톱니 중 해당 전극과 가장 인접한 톱니가 해당 전극과 나란하도록 일정 각도만큼 회전한다. 전극(350)이 일정 각도만큼 회전하게 되며, 그에 따라 2차원 물질(340)도 함께 회전하게 되어 그에 따라 무아레 초격자간 간격도 조정될 수 있다.

[0052] 한편, 서로 등간격을 갖도록 배치된, 기 설정된 수치 개의 전극(120a)에 전압이 인가될 경우, 각 전극(120a)들에 대해 전극(350)의 톱니 중 해당 전극과 가장 인접한 톱니가 각 전극과 나란하도록 일정 각도만큼 회전한다. 전극(350)의 톱니 역시 기 설정된 수치의 제1 배수 만큼 구현되기 때문에, 기 설정된 수치의 톱니 모두가 전극(120a)에 나란하게 배치될 수 있다. 복수의 전극이 정전기적 인력을 발생시키며 전극(350)의 톱니를 회전시키기에, 회전 속도나 간격 조정 속도가 하나의 전극(120)을 이용할 때보다 빨라질 수 있다.

[0053] 도 6b를 참조하면, 전압을 인가받은 전극(120a)에 인접한 전극(120b 중 어느 하나)이나 기 설정된 수치 개의 전극(120b)으로 전압이 인가될 수 있다. 이러한 경우, 전술한 것과 유사하게 전극(350)의 톱니가 전극(120b)과 나란하도록 일정 각도만큼 회전한다. 이는 도 6c에 도시된 경우도 마찬가지이다. 전극(120c 중 어느 하나) 또는 기 설정된 수치 개의 전극(120c)으로 전압이 인가될 수 있다. 이에 따라 전극(350)의 톱니가 전극(120c)과 나란하도록 회전할 수 있다.

[0054] 한편, 도 6에는 어느 하나의 전극이나 하나의 기 설정된 수치 개의 전극 세트에만 전압이 인가되는 것으로 도시되고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 어느 하나의 전극(예를 들어, 120a 중 어느 하나)와 그에 인접한 추가 전극(120b 또는 120c 중 어느 하나)에 동시에 전압이 인가될 수 있고, 전극(120a)와 함께 전극(120b 또는 120c)에 동시에 전압이 인가될 수 있다. 이처럼 인가될 경우, 전극(350)의 톱니 중 일부는 어느 하나의 전극으로부터 정전기적 인력을 받으며, 나머지 일부는 그에 인접한 다른 하나의 전극으로부터 정전기적 인력을 받게 된다. 이에 따라, 서로 다른 전극에 동시에 전압이 인가될 경우, 전극(350)의 톱니는 각각의 전극 모두에 적절히 정렬되며 어느 하나의 전극으로 전압이 인가될 때의 중간 정도만큼 회전할 수 있다. 도 6a에 예시된 대로, 전극(120a)에 전압이 인가될 경우 전극(350) 및 2차원 물질(340)이 5° 가량 회전한다고 가정하고, 도 6b에 예시된 대로, 전극(120b)에 전압이 인가될 경우 전극(350) 및 2차원 물질(340)이 3° 가량 회전한다고 가정할 때, 전극(120a)와 전극(120b)에 전압이 동시에 인가될 경우 전극(350) 및 2차원 물질(340)은 그것들의 중간정도인 4° 가량 회전할 수 있다.

[0055] 전술한 과정과 같이, 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 어떠한 전극(120)에 전압을 인가할 것인지를 조정함으로써, 정밀하면서도 간편하게 2차원 물질(340)의 회전 정도를 조정하여 회전시킬 수 있다. 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 기 제조된 이중접합 2차원 물질(110)이라도 그것의 무아레 초격자간 간격을 원하는 길이만큼 조정할 수 있다.

[0056] 한편, 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)에 의해 무아레 초격자간 간격이 조정되었을 경우, 원하는 간격대로 조정되었는지를 검증하기 위해 다음의 과정을 거칠 수 있다.

[0057] 먼저, 전기적인 특성을 이용하여 이중접합 2차원 물질(110)의 무아레 초격자간 간격 혹은 2차원 물질(340)의 회전 각도를 확인할 수 있다. 양 2차원 물질(320, 340)로 전압이 인가될 경우, 이중접합 2차원 물질(110)은 2차원 물질(340)의 회전각도에 따라 상이한 수퍼 래티스 텐시티(Super Lattice Density)가 달라진다. 이중접합 2차원 물질(110)의 수퍼 래티스 텐시티를 측정 한 후, 이중접합 2차원 물질(110)의 수퍼 래티스 텐시티가 원하는 특성을 갖는지 여부를 토대로 이중접합 2차원 물질(110)의 무아레 초격자간 간격 혹은 2차원 물질(340)의 회전 각도를 확인할 수 있다.

[0058] 혹은, 광학적 특성을 이용하여 이중접합 2차원 물질(110)의 무아레 초격자간 간격 혹은 2차원 물질(340)의 회전 각도를 확인할 수 있다. 이중접합 2차원 물질(110)로 광을 입사시킨 후 그로부터 반사된 반사광을 이용하여, 이중접합 2차원 물질(110)의 세컨 하모닉 제너레이션 인텐시티(Second Harmonic Generation Intensity)를 측정할

수 있다. 세컨 하모닉 제너레이션 인텐시티 역시, 2차원 물질(340)의 회전각도에 따라 상이한 값을 갖는다. 전술한 대로, 전극(350)은 관통공(354)을 포함하기에, 이중접합 2차원 물질(110)에 대해 용이하게 광학적 특성 검사를 진행할 수 있다. 이중접합 2차원 물질(110)의 세컨 하모닉 제너레이션 인텐시티를 측정된 후, 이중접합 2차원 물질(110)의 세컨 하모닉 제너레이션 인텐시티가 원하는 특성을 갖는지 여부를 토대로 이중접합 2차원 물질(110)의 무아레 초격자간 간격 혹은 2차원 물질(340)의 회전 각도를 확인할 수 있다.

[0059] 이에 따라, 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 확인 결과를 토대로 전극(350) 또는 2차원 물질(340)의 회전 각도를 다시 조정할 수 있으며, 보다 정밀하게 조정하여 원하는 회전 각도만큼 회전시킬 수 있다. 이에 따라, 무아레 초격자간 간격 조정장치(100)는 기 제조된 이중접합 2차원 물질(110)이라도 해당 물질(110)이 무아레 초격자간 간격을 갖도록 조정할 수 있다.

[0060] 이상의 설명은 본 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

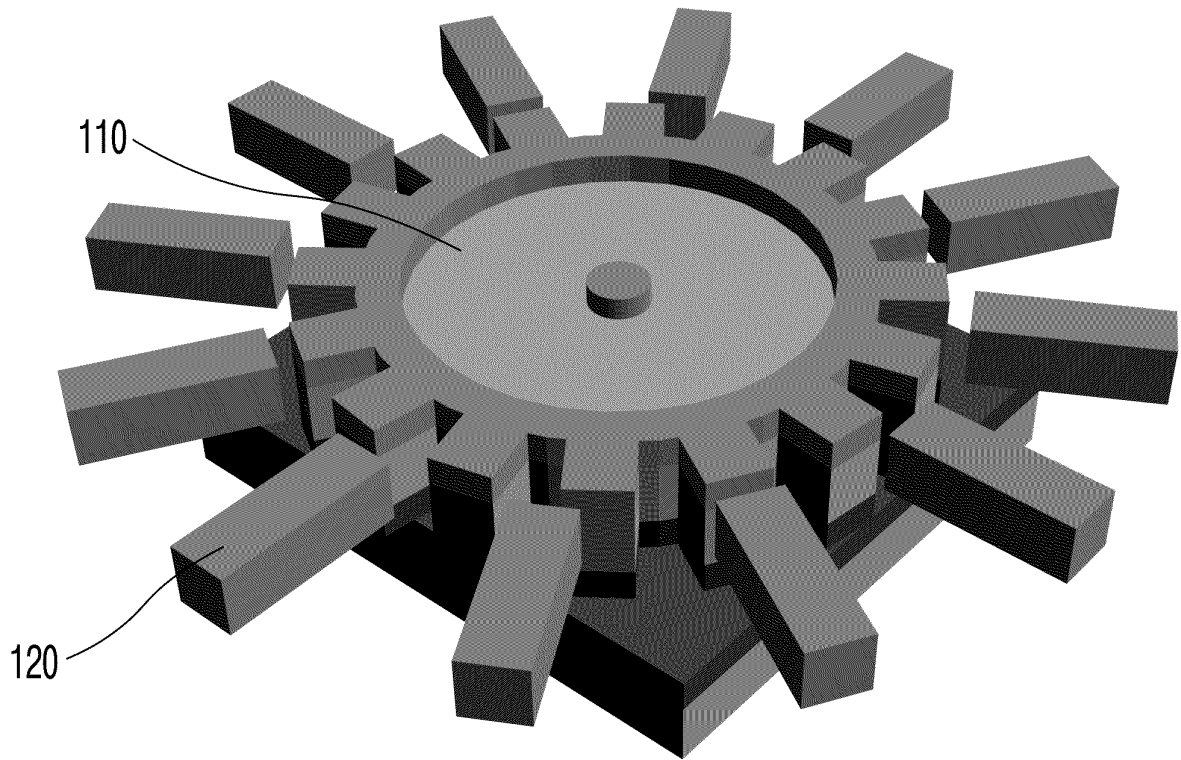
부호의 설명

[0061] 100: 무아레 초격자간 간격 조정장치
 110: 이중접합 2차원 물질
 120: 전극
 130: 전원
 140: 전선
 210: 스위치
 310, 330: 절연체
 320, 340: 2차원 물질
 350: 전극

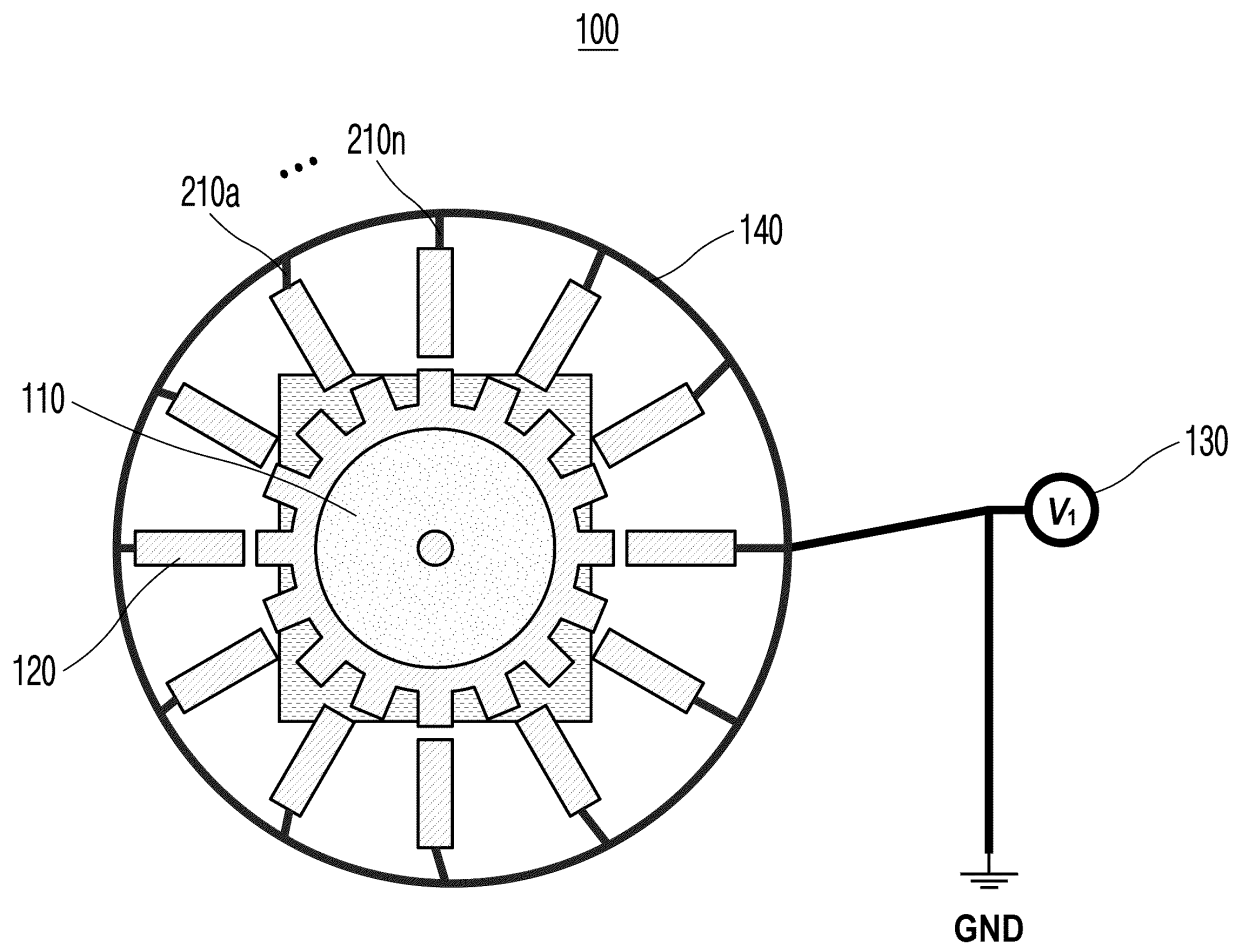
도면

도면1

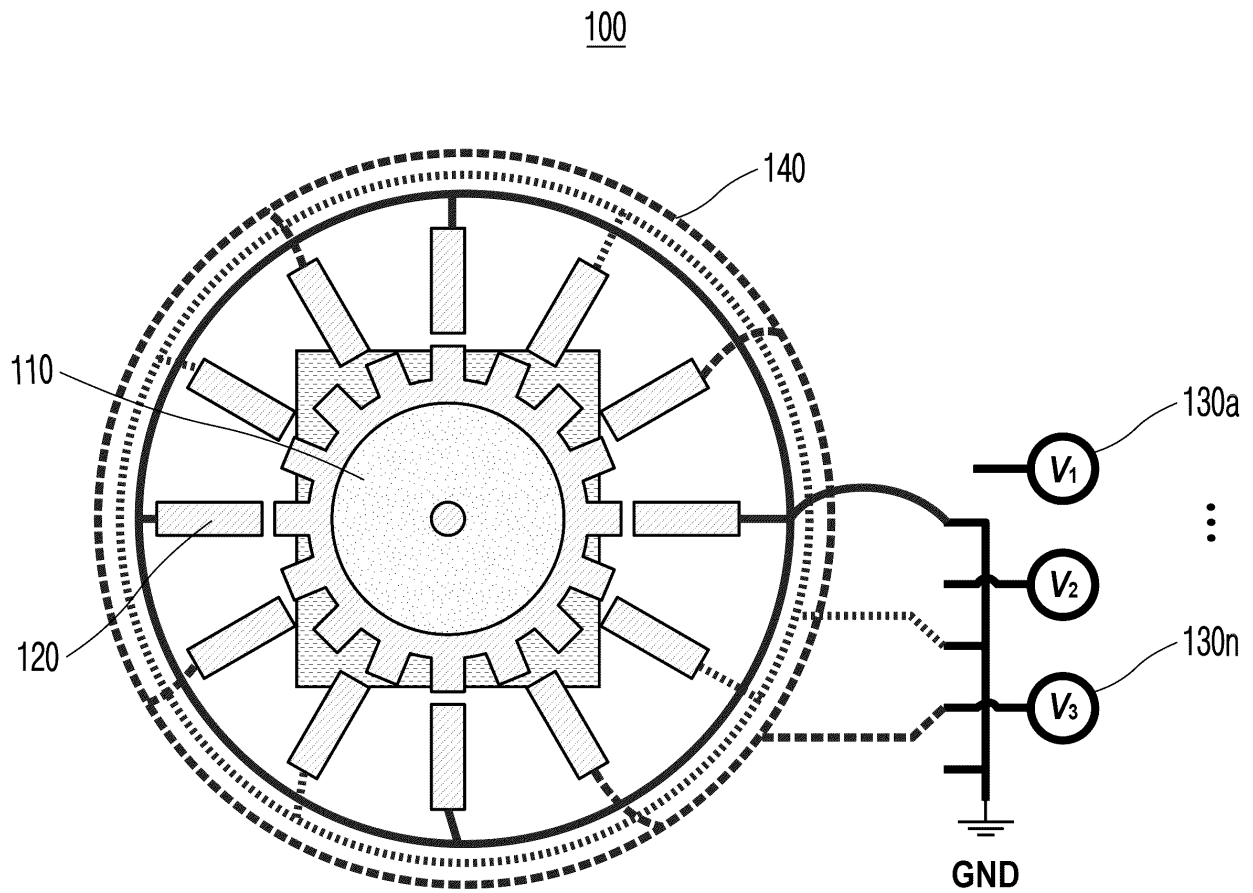
100



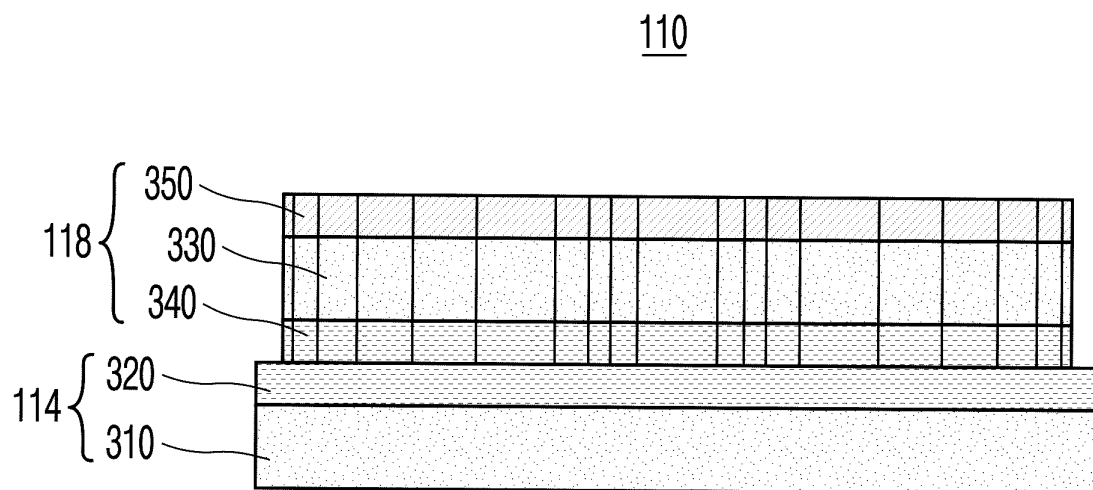
도면2a



도면2b

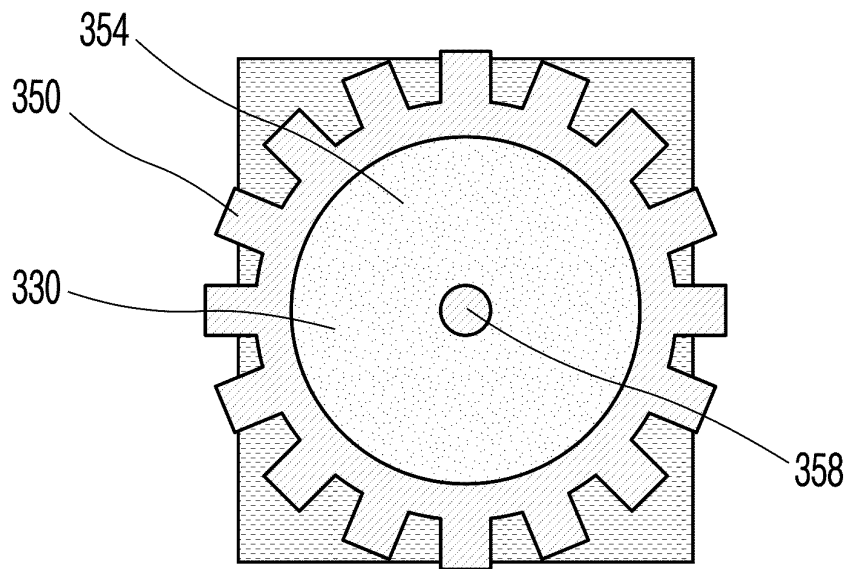


도면3

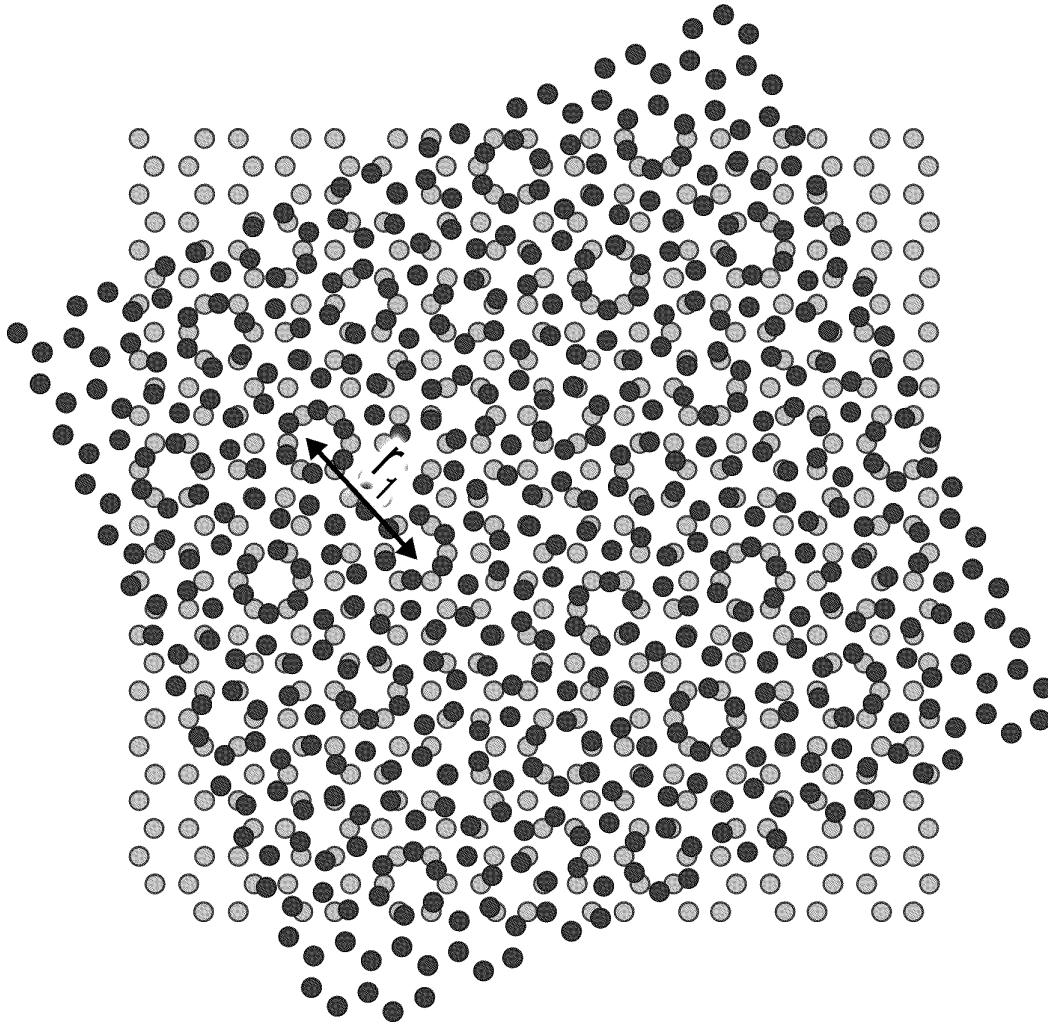


도면4

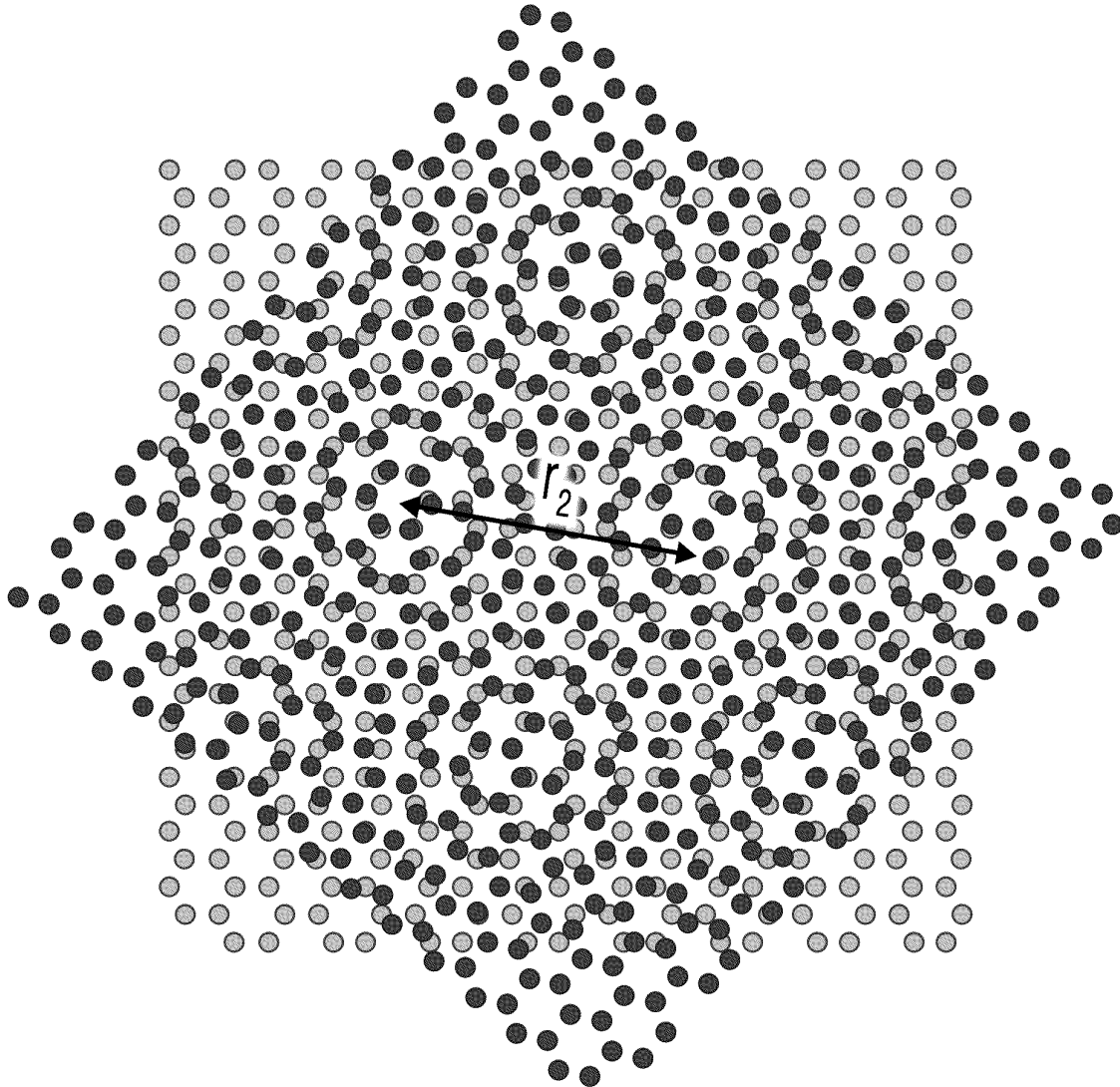
110



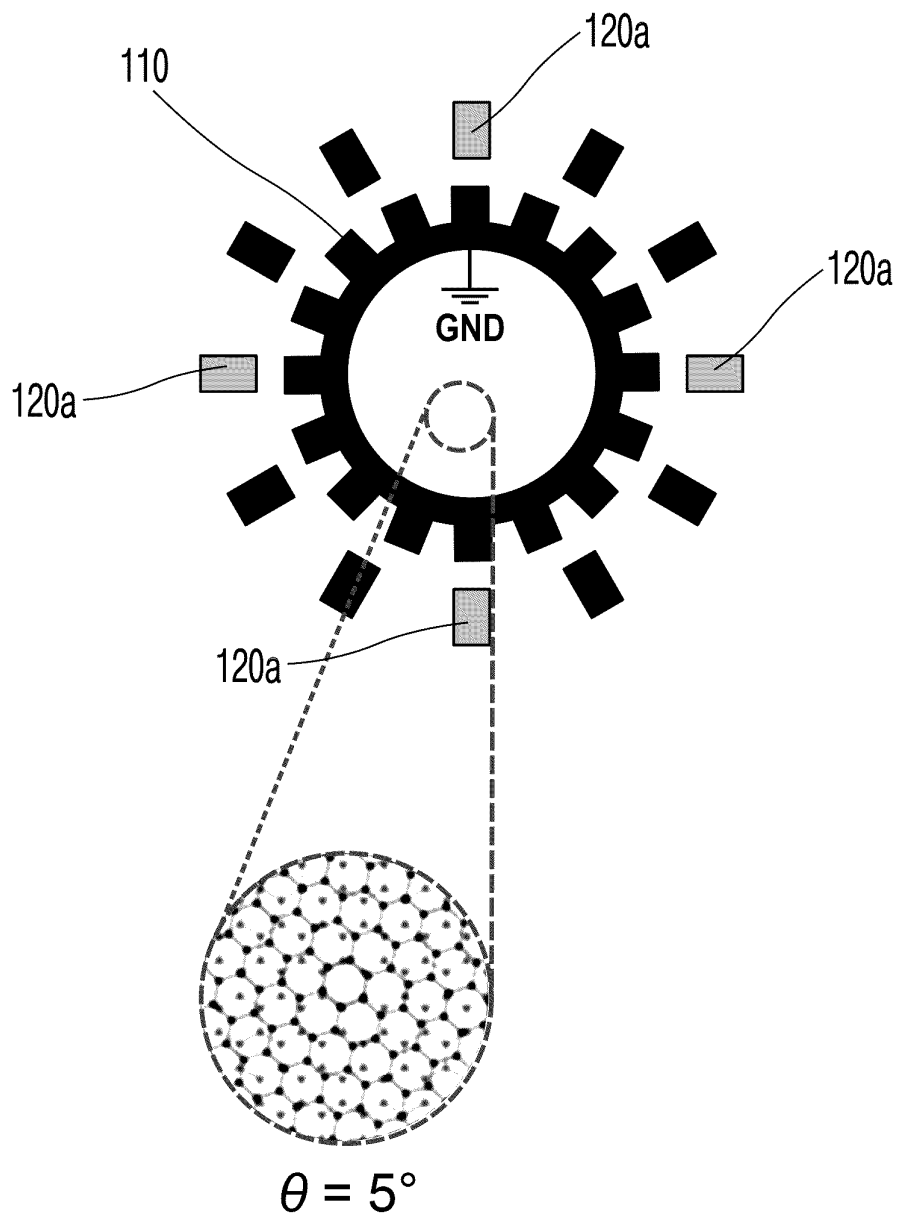
도면5a



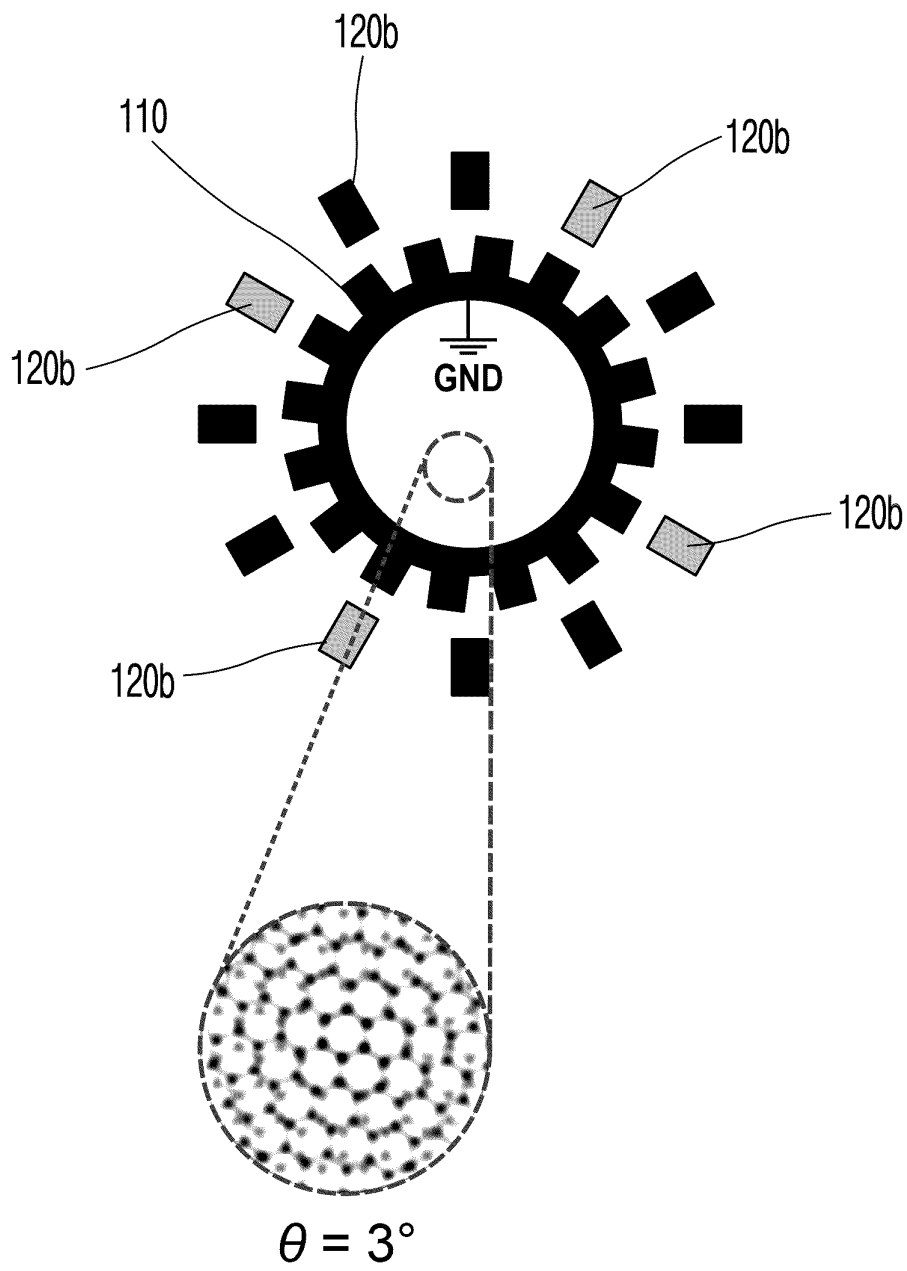
도면5b



도면6a



도면 6b



도면6c

