



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년12월28일
(11) 등록번호 10-1801968
(24) 등록일자 2017년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/16 (2006.01) G03F 7/06 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/161 (2013.01)
G03F 7/063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0089350
(22) 출원일자 2016년07월14일
심사청구일자 2016년07월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150108692 A*
KR1020070059404 A*
KR101605317 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
정현식
서울특별시 강남구 압구정로 321, 35동 1005호 (압구정동, 한양아파트)
김민정
서울특별시 강서구 강서로68길 108, 104동 201호 (등촌동, 동성아파트)
이재웅
경기도 수원시 장안구 상률로 32, 105동 803호 (율전동, 밤꽃마을뜨란채아파트)
(74) 대리인
특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 16 항

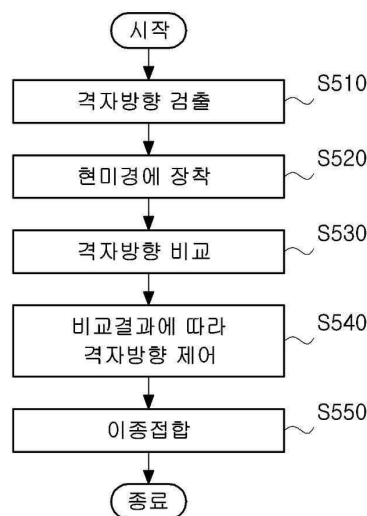
심사관 : 신상훈

(54) 발명의 명칭 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템 및 방법에 관한 것으로, 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 편광 라만 신호로부터 각각의 격자방향을 검출하는 분광부와, 제1 이차원 물질을 장착하는 회전 스테이지와, 회전 스테이지와 대물렌즈 사이에 설치되어 상기 제2 이차원 물질을 장착하는 구동부 및 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질의 격자방향을 비교하고, 비교결과에 따라 회전 스테이지를 소정 각도로 회전시켜 격자방향을 제어하며, 구동부를 하강시켜 제1 이차원 물질에 상기 제2 이차원 물질을 전사함으로써, 이중접합 물질을 형성하는 제어부를 포함하고, 제어부는 전사 공정시 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질이 접합을 이루기 위해 밴드구조 및 포논구조를 유지하도록 각 격자방향 사이의 각도를 보정하는 구동을 연속적으로 실행하는를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G03F 7/70025 (2013.01)

G03F 7/70275 (2013.01)

G03F 7/70716 (2013.01)

G03F 7/70825 (2013.01)

G03F 7/70941 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201532013

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 글로벌프론티어사업

연구과제명 그래핀 및 2D소재 물성제어 기술

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2015.09.01 ~ 2016.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 편광 라만 신호로부터 각각의 격자방향을 검출하는 분광부;

상기 제1 이차원 물질을 장착하는 회전 스테이지;

상기 회전 스테이지와 대물렌즈 사이에 설치되어 상기 제2 이차원 물질을 장착하는 구동부; 및

상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질의 격자방향을 비교하고, 비교결과에 따라 상기 회전 스테이지를 소정 각도로 회전시켜 격자방향을 제어하며, 상기 구동부를 하강시켜 상기 제1 이차원 물질에 상기 제2 이차원 물질을 전사함으로써, 이종접합 물질을 형성하는 제어부;를 포함하고,

상기 제어부는 상기 전사 공정시 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질이 접합을 이루기 위해 밴드구조 및 포논구조를 유지하도록 상기 각 구조의 격자방향 사이의 각도를 보정하는 구동을 연속적으로 실행하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 분광부는,

상기 이차원 물질이 등방성을 가지는 물질인 경우 상기 이차원 물질의 대칭성을 깨트리고 난 후 편광 라만 분광 신호를 측정하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 분광부는,

입사하는 레이저 빔의 방향을 변화시켜주는 제1 편광자(polarizer) 및

라만 산란된 신호들 중에서 특정 편광방향에 해당하는 신호만을 통과시키는 제2 편광자(analyzer)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 이종접합 물질 위에 제3 이차원 물질을 전사시키기 위해서 편광 라만 분광 신호로부터 상기 이종접합 물질과 상기 제3 이차원 물질의 격자방향을 검출하고, 상기 이종접합 물질과 상기 제3 이차원 물질을 각각 상기 회전 스테이지와 상기 구동부에 장착하고, 격자방향을 비교하며 상기 회전 스테이지의 회전을 통해 원하는 만큼의 각도를 돌려 상기 이종접합 물질의 격자방향을 제어하고, 상기 구동부의 하강 이동을 통해 상기 제3 이차원 물질을 상기 이종접합 물질에 전사시키는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질은 서로 마주보는 방향으로 배치되는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제 1 이차원 물질 및 상기 제 2 이차원 물질은,

투명하고 유연한 성질의 기관 위에 투명한 탄성중합체(elastomer) 재질의 물질을 붙이고, 상기 투명한 탄성중합체 재질의 물질 위에 기계적 박리법을 이용하여 상기 제1 이차원 물질 및 상기 제2 이차원 물질을 각각 제작하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 투명하고 유연한 성질의 기관은,

아크릴 기관을 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 투명한 탄성중합체 재질의 물질은,

폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 이차원 물질을 관찰하고 초점을 맞추기 위한 상기 대물렌즈를 포함하여 구비되는 현미경을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템.

청구항 11

제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질의 편광 라만 분광 신호로부터 각각의 격자방향을 검출하는 단계;

상기 제1 이차원 물질을 회전 스테이지부에 장착하고, 상기 제2 이차원 물질을 구동부에 장착하는 단계;

상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질의 격자방향을 비교하는 단계;

상기 비교결과, 상기 회전 스테이지를 회전시키며 상기 제1 이차원 물질의 격자방향을 제어하는 단계; 및

상기 구동부를 하강시켜 상기 제2 이차원 물질을 상기 제1 이차원 물질에 전사함으로써, 이중접합 물질을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 전사 공정시 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질이 접합을 이루기 위해 밴드구조 및 포논구조를 유지하도록 상기 각 구조의 격자방향 사이의 각도를 보정하는 구동을 연속적으로 실행하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 격자방향을 확인하는 단계는,

상기 제 1 이차원 물질 또는 상기 제 2 이차원 물질이 등방성 구조의 물질인 경우 변형력(strain)을 가하여 대칭성을 깨트린 후 라만 분광 신호를 측정하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 제1 이차원 물질을 회전 스테이지부에 장착하고, 상기 제2 이차원 물질을 구동부에 장착하는 단계는,

상기 제2 이차원 물질과 상기 제1 이차원 물질이 서로 마주보도록 장착하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 이중접합 물질 위에 다른 제3 이차원 물질을 전사시키기 위해서 편광 라만 분광 신호로부터 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질의 격자방향을 검출하는 단계;

상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질을 각각 상기 회전 스테이지와 상기 구동부에 장착하는 단계;

상기 격자방향을 비교하며 상기 회전 스테이지의 회전을 통해 원하는 만큼의 각도를 돌려 상기 이중접합 물질의 격자방향을 제어하는 단계;

상기 구동부의 하강 이동을 통해 상기 제3 이차원 물질을 상기 이중접합 물질에 전사시키는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 제 1 이차원 물질과 상기 제 2 이차원 물질을 각각 제작하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질을 제작하는 단계는,

투명하고 유연한 성질의 기판 위에 투명한 탄성중합체(elastomer) 재질의 물질을 붙이는 단계; 및

상기 투명한 탄성중합체 재질의 물질 위에 기계적 박리법을 이용하여 상기 제1 이차원 물질 및 상기 제2 이차원 물질을 각각 제작하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법.

청구항 18

제11항 내지 제13항 및 제15항 내지 제17항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이차원 물질의 격자방향을 비교적 간단하게 측정하고, 측정된 격자방향을 조절하여 전사할 수 있는 이차원 물질 전사 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이차원 물질(2-dimensional materials)은 원자들이 소정의 결정 구조를 이루고 있는 단층(single-layer) 또는 수층(few-layer)의 고체를 의미하며, 대표적인 이차원 물질로 그래핀이 있다.

[0003] 이러한 이차원 물질에 대해서 대면적의 이차원 물질을 다른 기판 위로 전사하거나 기계적 박리법을 이용하여 제작된 수십 마이크로미터 크기의 이차원 물질을 다른 특정 이차원 물질 위로 전사하는 기술들에 대해서 활발한 연구가 진행 중이다.

[0004] 여기서, 두 개 이상의 이차원 층상 물질이 접합을 이룰 경우, 격자 방향 사이에 틀어진 각도에 따라 밴드구조 및 포논구조가 바뀌고, 전기적인 특성에도 영향을 미치는데, 기존의 전사 기술은 이를 제어할 수 없다는 문제점이 있다.

[0005] 이를 해결하기 위해서 격자방향을 조절하며 체계적으로 전사하는 시스템이 필요하나 아직까지 연구자의 손기술에 의존하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2015-0051823호 (2015년 05월 13일, "이차원 물질과 그 형성방법 및 이차원 물질을 포함하는 소자")

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로, 편광 라만 분광 신호로부터 서로 다른 이차원 물질의 격자방향을 검출하고, 검출된 격자방향을 조절함으로써, 이차원 물질의 도메인 격자방향을 제어하며 이중접합 구조를 만드는 시스템 및 그 방법을 제공하는 것에 그 목적이 있다.
- [0008] 또한, 본 발명은 서로 다른 이차원 물질의 격자 방향을 제어하며 하나의 이차원 물질 상에 다른 이차원 물질을 전사함으로써, 격자 방향 각도의 차이와 전기적, 광학적 물성 사이의 상관관계에 대해 체계적인 연구가 가능한 시스템 및 그 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템은, 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 편광 라만 신호로부터 각각의 격자방향을 검출하는 분광부와, 상기 제1 이차원 물질을 장착하는 회전 스테이지와, 상기 회전 스테이지와 대물렌즈 사이에 설치되어 상기 제2 이차원 물질을 장착하는 구동부 및 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질의 격자방향을 비교하고, 비교결과에 따라 상기 회전 스테이지를 소정 각도로 회전시켜 격자방향을 제어하며, 상기 구동부를 하강시켜 상기 제1 이차원 물질에 상기 제2 이차원 물질을 전사하는 제어부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 분광부는 상기 이차원 물질이 등방성을 가지는 물질인 경우 상기 이차원 물질의 대칭성을 깨트리고 난 후 편광 라만 분광 신호를 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 분광부는 입사하는 레이저 빔의 방향을 변화시켜주는 제1 편광자(polarizer) 및 라만 산란된 신호들 중에서 특정 편광방향에 해당하는 신호만을 통과시키는 제2 편광자(analyzer)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 제어부는 상기 회전 스테이지를 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질이 접합을 이룰 경우 밴드구조 및 포논구조를 유지할 수 있는 정도의 격자방향 사이의 상기 소정 각도로 회전시키는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 제어부는 상기 이중접합 물질 위에 제3 이차원 물질을 전사시키기 위해서 편광 라만 분광 신호로부터 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질의 격자방향을 검출하고, 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질을 각각 상기 회전 스테이지와 상기 구동부에 장착하고, 격자방향을 비교하며 상기 회전 스테이지의 회전을 통해 원하는 만큼의 각도를 돌려 상기 이중접합 물질의 격자방향을 제어하고, 상기 구동부의 하강 이동을 통해 상기 제3 이차원 물질을 상기 이중접합 물질에 전사시키는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질은 서로 마주보는 방향으로 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 제1 이차원 물질 및 상기 제2 이차원 물질은 투명하고 유연한 성질의 기판 위에 투명한 탄성중합체(elastomer) 재질의 물질을 붙이고, 상기 투명한 탄성중합체 재질의 물질 위에 기계적 박리법을 이용하여 상기 제1 이차원 물질 및 상기 제2 이차원 물질을 각각 제작하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 투명하고 유연한 성질의 기판은 아크릴 기판을 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0017] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 투명한 탄성중합체 재질의 물질은 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS)을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 있어서, 상기 이차원 물질을 관찰하고 초점을 맞추기 위한 상기 대물렌즈를 포함하여 구비되는 현미경을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법은, 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질의 편광 라만 분광 신호로부터 격자방향을 검출하는 단계;와, 상기 제1 이차원 물질을 회전 스테이지부에 장착하고, 상기 제2 이차원 물질을 구동부에 장착하는 단계;와, 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질의 격자방향을 비교하는 단계;와, 상기 비교결과, 상기 회전 스테이지를 회전시키며 상기 제1 이차원 물질의 격자방향을 제어하는 단계; 및 상기 구동부를 하강시켜 상기 제2 이차원 물질을 상기 제1 이차원 물질에 조사하여 이중접합을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법에 있어서, 상기 격자방향을 확인하는 단계는 상기 제 1 이차원 물질 또는 상기 제 2 이차원 물질이 등방성 구조의 물질인 경우 변형력(strain)을 가하여 대칭성을 깨트린 후 라만 분광 신호를 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법에 있어서, 상기 제1 이차원 물질을 회전 스테이지부에 장착하고, 상기 제2 이차원 물질을 구동부에 장착하는 단계는 상기 제2 이차원 물질과 상기 제1 이차원 물질이 서로 마주보도록 장착하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법에 있어서, 상기 제1 이차원 물질의 각도를 제어하는 단계는 상기 회전 스테이지를 상기 제1 이차원 물질과 상기 제2 이차원 물질이 접합을 이룰 경우 밴드구조 및 포논구조를 유지할 수 있는 정도의 격자방향 사이의 소정 각도로 회전시키는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법에 있어서, 상기 이중접합 물질 위에 다른 제3 이차원 물질을 전사시키기 위해서 편광 라만 분광 신호로부터 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질의 격자방향을 검출하는 단계와, 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질을 각각 상기 회전 스테이지와 상기 구동부에 장착하는 단계와, 상기 격자방향을 비교하며 상기 회전 스테이지의 회전을 통해 원하는 만큼의 각도를 돌려 상기 이중접합 물질의 격자방향을 제어하는 단계 및 상기 구동부의 하강 이동을 통해 상기 제 3 이차원 물질을 상기 이중접합 물질에 전사시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법에 있어서, 상기 제 1 이차원 물질과 상기 제 2 이차원 물질을 각각 제작하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 본 발명의 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법에 있어서, 투명하고 유연한 성질의 기관 위에 투명한 탄성중합체(elastomer) 재질의 물질을 붙이는 단계 및 상기 투명한 탄성중합체 재질의 물질 위에 기계적 박리법을 이용하여 상기 제1 이차원 물질 및 상기 제2 이차원 물질을 각각 제작하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한, 본 발명은 상기한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 의하면, 편광 라만 분광 신호로부터 서로 다른 이차원 물질의 격자 방향을 검출하고, 두 이차원 물질의 격자방향을 비교하며 이차원 물질의 도메인 격자방향을 제어 가능하기 때문에 이와 같이 형성된 이중접합은 밴드구조, 포논구조 및 전기적 특성을 유지할 수 있는 효과가 있다.
- [0028] 또한, 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 의하면, 서로 다른 이차원 물질의 격자 방향을 제어하며 하나의 이차원 물질 상에 다른 이차원 물질을 전사함으로써, 격자 방향 각도의 차이와 전기적, 광학적 물성 사이의 상관관계에 대해 체계적으로 연구하는 것이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 제어가 가능한 전사 시스템의 구성을 도시하는 구

성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 기관 상에 제작된 이차원 물질을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 편광 라만 분광법을 이용한 이차원 물질의 격자방향 검출 방법을 설명하기 위해 도시된 분광부를 포함하는 격자방향 검출 시스템의 사시도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 제어가 가능한 전사 방법을 설명하기 위한 사시도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 방법의 흐름을 도시하는 순서도이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 등방성/비등방성 이차원 물질에 따라 가하는 변형력의 유무에 관한 실시 예를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0032] 이하 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다.
- [0033] 설명하기에 앞서, 본 발명은 하나의 이차원 물질을 다른 특정 이차원 물질 위로 전사하는 기술에 관한 발명임으로, 이하 서로 다른 이차원 물질을 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질로 명명하기로 한다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 제어가 가능한 전사 시스템의 구성을 도시하는 구성도이다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 제어가 가능한 전사 시스템(100)은 현미경(110), 회전 스테이지(130), 구동부(140), 분광부(150) 및 제어부(160)를 포함하여 구성된다.
- [0038] 현미경(110)은 수십 마이크로미터 크기의 이차원 물질을 관찰하고, 초점을 맞추기 위한 대물렌즈(111)를 포함하여 구비되고, 이중접합을 형성하는 공정에서 대물렌즈(111)의 높낮이를 조절하며 두 시료들의 초점을 맞추어 서로의 위치를 확인하는데 이용된다.
- [0039] 회전 스테이지(130)는 구동부(140)의 하부에 제1 이차원 물질을 장착하기 위해 구비된다.
- [0040] 구체적으로, 회전 스테이지(130)는 상부에 제1 이차원 물질을 탑재하여 고정시키고, 0도 내지 360도 사이에서 원하는 크기의 각도로 회전하며 제1 이차원 물질의 격자방향을 조절할 수 있다. 회전 스테이지(130)의 회전 구동은 제어부(160)에 제어될 수 있다. 여기서, 원하는 크기의 각도란 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질이 접합을 이룰 경우, 밴드구조 및 포논구조를 유지할 수 있는 격자 방향 사이의 소정 각도를 의미한다.
- [0042] 구동부(140)는 대물렌즈(111)와 회전 스테이지(130) 사이에 설치되고, 제2 이차원 물질을 탑재하며, 제어부(160)의 제어에 의해 제2 이차원 물질을 위 또는 아래 방향으로 이동시킨다. 이때, 구동부(140)는 제2 이차원 물질이 제1 이차원 물질과 서로 마주보도록 하여 장착시킨다. 구동부(140)는 제어부(160)에 의해 상하 방향으로 이동하며 제1 이차원 물질에 대한 제2 이차원 물질 간의 이격거리를 조절할 수 있다. 예를 들어, 전사를 위해서 회전 스테이지(130) 방향으로 하강하면서 제2 이차원 물질과 제1 이차원 물질 간의 거리를 좁혀 제2 이차원 물질을 제1 이차원 물질에 접촉시킬 수 있다.
- [0044] 분광부(150)는 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 편광 라만 분광 신호를 검출한다.
- [0045] 이차원 물질은 구조적으로 등방성을 가지는 물질과 비등방성을 가지는 물질로 나눌 수 있으며, 편광 라만 분광법을 이용하여 이차원 물질의 등방성/비등방성 성질에 따라 서로 다른 방법을 이용하여 격자방향을 검출한다.
- [0046] 즉, 등방성을 가지는 물질의 경우에는 도 6의 (b)와 같이 투명하고 유연한 기관(630)의 양 옆에 힘을 가하여 변형력(strain)을 주고, 변형력을 이용하여 이차원 물질(610)의 대칭성을 깨트리고 난 후, 편광 라만 분광 신호를 측정해야 격자방향을 확인할 수 있다.
- [0047] 분광부(150)는 여기된 레이저 광원의 편광방향에 수평 또는 수직으로 배향된 상태에서 스펙트럼을 획득하는 라

만 분광법을 이용하여 상기 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 격자방향을 확인할 수 있다.

- [0048] 분광부(150)를 통해 이차원 물질의 격자방향을 확인하는 방법에 대해서는 이하에서 도 3을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0050] 제어부(160)는 본 발명의 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템을 위한 운영체제 또는 응용 프로그램을 구동하여 제어부(160)에 연결된 다수의 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소들을 제어할 수 있고, 각종 신호를 포함한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있으며, 전사 시스템의 타 구성 요소들의 동작을 제어할 수 있다.
- [0051] 제어부(160)는 분광부(150)로부터 수신된 정보를 통해 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질에 대해 측정된 편광 라만 분광 신호를 분석하여 격자방향을 검출할 수 있다. 또한, 검출된 제1 이차원 물질의 격자방향과 제2 이차원 물질의 격자방향을 비교할 수 있고, 상기 비교결과에 따라 회전 스테이지(130)를 소정 각도 회전하도록 제어하여 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 격자방향 간의 각도를 제어할 수 있다.
- [0052] 격자방향 간의 각도 제어가 완료되면, 연이어 제어부(160)는 구동부(140)를 회전 스테이지(130)를 향해 하강하도록 제어하여 제1 이차원 물질에 제2 이차원 물질을 전사시킬 수 있다. 그리고, 제어부(160)는 실행 결과들에 대한 정보를 디스플레이에 표시할 수 있다.
- [0053] 한편, 제2 이차원 물질을 제1 이차원 물질에 전사시키는 과정에서 어떠한 변수에 의해 원래 설정되었던 격자방향 사이의 소정 각도가 변경되어 틀어진다 하더라도, 제어부(160)가 다시 회전 스테이지(130)의 회전 구동을 제어함으로써, 다시 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질 간의 격자방향 사이의 틀어진 각도를 보정할 수 있다.
- [0055] 이처럼 본 발명의 전사시스템은 하나의 현미경에서 이차원 물질의 격자방향을 확인하고, 두 이차원 물질의 격자방향을 비교하며 제어할 뿐만 아니라, 연이어 전사 공정을 실행하고, 전사 공정 중에 격자방향을 보정하는 구동을 연속적으로 실행할 수 있다.
- [0056] 따라서, 본 발명의 전사시스템을 이용하면 격자방향 각도의 차이와 전기적, 광학적 물성 사이의 상관관계에 대해서도 체계적으로 분석하는 것이 가능하다.
- [0058] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 기관 상에 제작된 이차원 물질을 나타내는 도면이다.
- [0059] 도 2를 참조하면, 이차원 물질(210)은 투명한 기관(230) 위에 투명한 탄성중합체(elastomer) 재질의 물질(220)을 붙이고, 투명한 탄성중합체 재질의 물질(220) 위에 기계적 박리법을 이용하여 이차원 물질(210)을 제작한다.
- [0060] 본 발명에서는 투명한 기관(230)으로 아크릴을 사용하고 있으며, 폴리디메틸실록산(PDMS: polydimethylsiloxane)을 투명한 탄성중합체 재질의 물질(220)로 사용하고 있다. 여기서 각각의 물질은 해당 특성에 따른 단순 예를 나타낸 것으로, 해당 물질로 한정하는 것은 아니다.
- [0061] 그래핀과 같이 구조적으로 등방성을 가지는 물질의 경우에는 시료에 약한 변형력을 가해주어 대칭성을 깨트리고 편광 라만 분광 신호를 측정해야 격자방향을 확인할 수 있다. 이처럼, 이차원 물질의 종류에 따라 약한 변형력이 필요할 수도 있기 때문에 전사할 때 사용하는 기관은 아크릴과 같은 투명한 유연한 소재의 기관이어야 한다.
- [0063] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 편광 라만 분광법을 이용한 이차원 물질의 격자방향 검출 방법을 설명하기 위해 도시된 사시도이다.
- [0064] 도 3을 참조하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 편광 라만 분광법을 통한 이차원 물질의 격자방향 검출 방법을 설명하기로 한다.
- [0065] 먼저, 대물렌즈(370)의 하부에 격자방향을 확인하고자 하는 시료를 배치하고, 입사하는 레이저의 초점을 시료 위에 맞춘다.
- [0066] 일반적인 라만 분광법은 시료에 빛이 입사되었을 때 산란되는 신호 중 라만 산란 신호를 분광기에 통과시키고, 전하결합소자(Charge Coupled Device: CCD)로 검출하는 방법을 의미한다.
- [0067] 라만 분광법에서는 레이저가 시료에 입사되기 전에 레이저(310)에서 출력되는 특정 파장만을 통과시킬 수 있는 spike filter(320)와, 시료 위에 입사되는 레이저 빔의 크기를 최대한 줄일 수 있도록 도와주는 spatial filter(330)를 지나게 된다.

- [0068] 이 레이저 빔은 빔 스플리터(beam splitter, 360)를 지나 대물렌즈(370)로 입사하게 되고, 대물렌즈(370)를 통해 시료 위에 초점을 맞추게 된다. 이 때 편광 라만 분광법에서는 입사하는 레이저 빔의 방향을 변화시켜주는 구성(반파장판, 380)과 라만 산란된 신호들 중에서 특정 편광방향에 해당하는 신호만을 통과시키는 구성(제2 편광자, 390)이 추가된다.
- [0069] 먼저, 입사하는 레이저 빔의 편광 방향을 조절하는 방법은 빔 스플리터(360)를 지나기 전에 제1 편광자(polarizer, 340)를 거치면서 반파장판(half-wave plate, 380)에 입사하는 각도를 하나의 방향으로 맞추어 주고, 대물렌즈(370) 위에 위치한 반파장판(380)을 거치면서 입사하는 빛의 편광 방향을 선형적으로 0도에서 360도까지 변화를 시켜주는 것이다.
- [0070] 이렇게 편광된 빔이 입사되어서 라만 산란된 신호들 중에서 특정 편광 방향에 해당하는 신호만 통과시키기 위해서 다른 제2 편광자(analyzer, 390)를 지나게 하고, 시료의 특성으로 비롯된 것이 아닌 실험 시스템 특성으로 비롯된 편광 특성을 보정하기 위하여 반파장판(half-wave plate, 395)에 통과시켜 분광기(spectrometer, 398)에 입사되는 빔의 편광방향을 하나의 방향으로 맞추어준다. 여기서 제2 편광자(390)는 편광의 유무 및 편광의 방향을 알기 위한 소자이다.
- [0072] 이와 같은 편광 라만 분광법을 이용하기 위해서 그래핀과 같이 구조적으로 등방성을 지니는 이차원 물질의 경우에는 시료에 소정의 변형력(strain)을 가해주고, 제2 편광자(390)를 이용하여 편광된 라만 산란 신호를 분광기(397) 및 CCD(399)를 통해 검출하여 분석하면 그 시료의 격자방향을 알 수 있다.
- [0073] 또한, 흑린과 같이 구조적으로 비등방성을 가지는 이차원 물질의 경우에는 입사하는 레이저 빔의 편광 방향을 반파장판(380)을 이용하여 조절해주고, 레이저 빔의 조절된 편광 방향과 평행한 방향으로 라만 산란된 신호를 분광기(397) 및 CCD(399)를 통해 검출하여 분석하면 그 시료의 격자방향을 알 수 있다.
- [0075] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 제어가 가능한 전사 방법을 설명하기 위한 사시도이다.
- [0076] 도 4는 앞서 도 2를 참조하여 설명한 방법으로 제작된 제1 이차원 물질(410) 및 제2 이차원 물질(430)을 도시한다.
- [0077] 제1 이차원 물질(410)은 회전 스테이지(130)의 상위에 배치되고, 제2 이차원 물질(430)은 구동부(115)의 하부에 뒤집혀서 고정되어 있어, 제1 이차원 물질(410)과 제2 이차원 물질(430)이 서로 마주보는 구조로 준비된다.
- [0078] 회전 스테이지(130)는 0도 내지 360도 사이에서 자유 회전이 가능하며, 구동부(115)는 상하 방향으로 이동이 가능하다.
- [0079] 먼저, 회전 스테이지(130)를 이용하여 제1 이차원 물질(410)을 제2 이차원 물질(430)의 격자방향과 비교하여 소정 각도를 돌려 고정시킨다. 여기서, 소정 각도란 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질이 접촉을 이룰 경우, 밴드구조 및 포논구조를 유지할 수 있는 제1 이차원 물질 및 제2 이차원 물질의 격자방향 사이의 각도를 의미한다. 여기서, 이차원 물질의 격자방향은 앞서 도 3을 참조하여 설명한 편광 라만 분광법을 이용하여 검출하므로, 제1 이차원 물질(410)의 격자방향과 제2 이차원 물질(430)의 격자방향을 비교할 수 있다.
- [0081] 다음, 현미경 대물렌즈(111)의 높낮이를 조절하며 제1 이차원 물질(410)과 제2 이차원 물질(430)에 초점을 맞추어 서로의 위치를 확인하면서 제2 이차원 물질(430)의 높이를 낮추어 제1 이차원 물질(410)에 제2 이차원 물질(430)을 천천히 접촉시키고 떼어낸다. 이때 PDMS에 붙어있던 제2 이차원 물질(430)이 제1 이차원 물질(410) 위로 전사되어 이중접합이 된다.
- [0083] 한편, 이와 같이 제작된 이중접합 물질 위에 다른 이차원 물질(제3 이차원 물질)을 전사시키기 위해서는 앞서 설명한 바와 마찬가지로 먼저, 편광 라만 분광법을 이용하여 이중접합 물질과 제3 이차원 물질의 격자방향을 검출한다. 그리고, 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질을 각각 회전 스테이지(160)와 구동부(140)에 장착하고, 격자방향을 비교하며 회전 스테이지(130)의 회전을 통해 소정 각도를 돌려 상기 이중접합 물질의 격자방향을 제어하고, 구동부(140)의 하강 이동을 통해 상기 제3 이차원 물질을 상기 이중접합 물질에 전사시킨다.
- [0085] 다음으로 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법에 대해서 설명하기로 한다. 도 5는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사방법의 흐름을 도시하는 순서도이다.
- [0087] 먼저, 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질의 격자방향을 검출한다.(S510) 이때, 이차원 물질이 그래핀과 같이

구조적으로 등방성을 가지는 물질의 경우에는 시료에 약한 변형력을 가해주어 대칭성을 깨트리고 편광 라만 분광 신호를 측정해야 격자방향을 확인할 수 있다. 또는 흑린과 같이 구조적으로 비등방성을 가지는 물질의 경우에는 약한 변형력 없이도 편광 라만 분광 신호를 측정하여 이를 분석하면 격자방향을 확인할 수 있다.

- [0088] 편광 라만 분광법은 빔 스플리터를 지나 대물렌즈로 입사하는 레이저 빔의 방향을 변화시켜주는 구성과, 시료에 빛이 입사되었을 때 산란되는 신호 중 라만 산란된 신호 중에서 특정 편광방향에 해당하는 신호만을 통과시키는 구성을 포함한다.
- [0089] 구체적으로, 입사하는 레이저 빔의 편광 방향을 조절하는 방법은 빔 스플리터를 지나기 전에 제1 편광자(polarizer)를 거치면서 반파장판(half-wave plate)에 입사하는 각도를 하나의 방향으로 맞추어 주고, 대물렌즈 위에 위치한 반파장판(half-wave plate)을 거치면서 입사하는 빛의 편광 방향을 선형적으로 0도에서 360도까지 변화를 시켜주는 것이다.
- [0090] 이렇게 편광된 빔이 입사되어서 라만 산란된 신호들 중에서 특정 편광 방향에 해당하는 신호만 통과시키기 위해서 다른 제2 편광자(analyzer)를 지나게 하고, 시료의 특성으로 비롯된 것이 아닌 실험 시스템 특성으로 비롯된 편광 특성을 보정하기 위하여 반파장판(half-wave plate)에 통과시켜 분광기에 입사되는 빔의 편광방향을 하나의 방향으로 맞추어준다.
- [0091] 이와 같은 편광 라만 분광법을 이용하여 격자방향을 확인 시, 이차원 물질을 구조적으로 등방성을 가지는 물질과 비등방성을 가지는 물질로 나누어 각각의 경우 서로 다른 방법을 이용하여 확인한다.
- [0092] 즉, 등방성 구조의 이차원 물질의 경우에는 시료에 소정의 변형력(strain)을 가해주고, 제2 편광자(analyzer)를 이용하여 편광된 라만 산란 신호를 검출하여 분석하면 그 시료의 격자방향을 알 수 있다.
- [0093] 또한, 비등방성 구조의 이차원 물질의 경우에는 입사하는 레이저 빔의 편광 방향을 반파장판(half-wave plate)을 이용하여 조절해주고, 레이저 빔의 조절된 편광 방향과 평행한 방향으로 라만 산란된 신호를 검출하여 분석하면 그 시료의 격자방향을 알 수 있다.
- [0095] 다음으로, 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질을 현미경의 회전 스테이지와 구동부 각각에 장착한다.(S520)
- [0096] 이때, 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질은 도 2를 참조하여 설명한 바와 같이 기관과 PDMS 상에 부착된 상태로 현미경에 배치된다. 특히, 제2 이차원 물질은 제1 이차원 물질과 서로 마주보도록 하여 장착해야 하는데, 이를 위해 제2 이차원 물질은 뒤집어서 기관이 구동부의 하부에 부착되도록 고정시킨다.
- [0098] 다음으로, 회전 스테이지에 장착된 제1 이차원 물질과 구동부에 장착된 제2 이차원 물질의 격자방향을 서로 비교한다.(S530)
- [0099] 여기서 각 이차원 물질의 격자방향은 앞서 S510 단계의 편광 라만 분광법을 이용하여 검출한 바 있다.
- [0101] 다음으로, 두 이차원 물질의 격자방향 비교 결과에 따라 회전 스테이지를 회전시켜 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질 간의 각도를 조절한다.(S540)
- [0102] 즉, 회전 스테이지를 회전시켜 제1 이차원 물질을 소정 각도만큼 돌린다. 그리고 상기 소정 각도만큼 제1 이차원 물질이 돌려졌으면, 그 상태로 회전 스테이지가 고정된다. 여기서 소정 각도란, 제1 이차원 물질과 제2 이차원 물질이 접합을 이룰 경우, 밴드구조 및 포논구조를 유지할 수 있는 격자 방향 사이의 소정 각도를 의미한다.
- [0104] 다음으로, 제2 이차원 물질을 제1 이차원 물질에 조사하여 이중접합을 형성한다.(S550)
- [0105] 구체적으로, 현미경 대물렌즈의 높낮이를 조절하며 제2 이차원물질과 제1 이차원 물질에 초점을 맞추어 서로의 위치를 확인하면서, 구동부를 하강 이동시켜 제1 이차원 물질 위에 제2 이차원 물질을 천천히 올려서 접촉시켰다가 떼어낸다. 이때 PDMS에 붙어있던 제2 이차원 물질이 제1 이차원 물질 위로 전사되어 이중접합의 물질을 제작할 수 있다.
- [0107] 한편, 이와 같이 제작된 이중접합 물질 위에 다른 이차원 물질(제3 이차원 물질)을 전사시키기 위해서는 앞서 설명한 바와 마찬가지로 먼저, 편광 라만 분광법을 이용하여 이중접합 물질과 제3 이차원 물질의 격자방향을 검출한다. 그리고, 상기 이중접합 물질과 상기 제3 이차원 물질을 각각 상기 회전 스테이지와 상기 구동부에 장착하고, 격자방향을 비교하며 상기 회전 스테이지의 회전을 통해 원하는 만큼의 각도를 돌려 상기 이중접합 물질의 격자방향을 제어하고, 상기 구동부의 하강 이동을 통해 상기 제3 이차원 물질을 상기 이중접합 물질에 전사시킨다.

[0109] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템 및 방법에 의하면, 편광 라만 분광 신호로부터 서로 다른 이차원 물질의 격자 방향을 검출하고, 두 이차원 물질의 격자방향을 비교하며 이차원 물질의 도메인 격자방향을 제어 가능하기 때문에 이와 같이 형성된 이중접합은 밴드구조, 포논구조 및 전기적 특성을 유지할 수 있는 효과가 있다.

[0110] 또한, 본 발명에 따른 이차원 물질의 격자방향 조절이 가능한 전사 시스템에 의하면, 서로 다른 이차원 물질의 격자 방향을 제어하며 하나의 이차원 물질 상에 다른 이차원 물질을 전사함으로써, 격자방향 간의 각도의 차이와 전기적, 광학적 물성 사이의 상관관계에 대해 체계적으로 연구하는 것이 가능한 이점이 있다.

[0112] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시 예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해해야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

[0113] 100: 이차원 물질의 격자방향 제어가 가능한 전사 시스템

110: 현미경

111: 대물렌즈

130: 회전 스테이지

140: 구동부

150: 분광부

160: 제어부

210, 410, 430: 이차원 물질

220: 투명한 탄성중합체 재질의 물질

230: 투명하고 유연한 기판

310: 레이저

340: 제1 편광자

360: 빔 스플리터

370: 대물렌즈

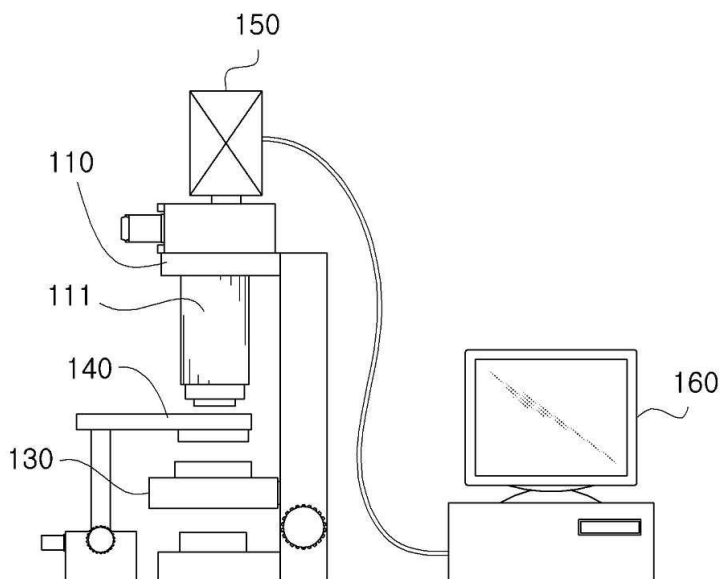
380: 반파장판

390: 제2 편광자

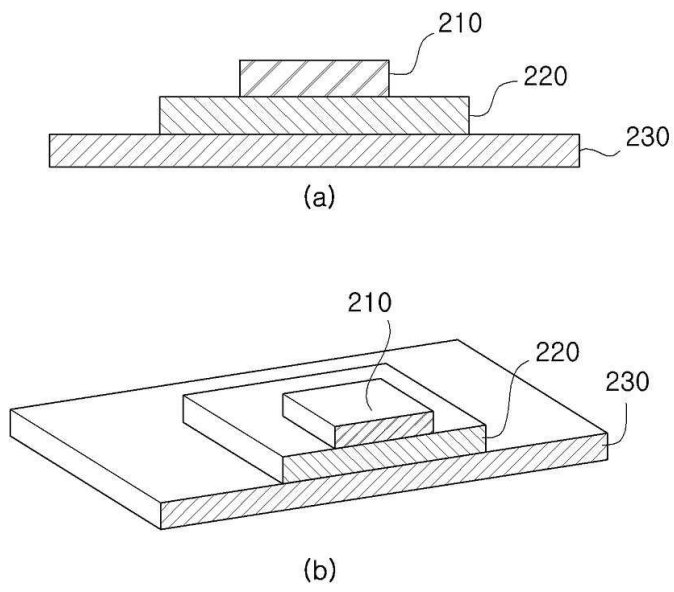
395: 반파장판

도면

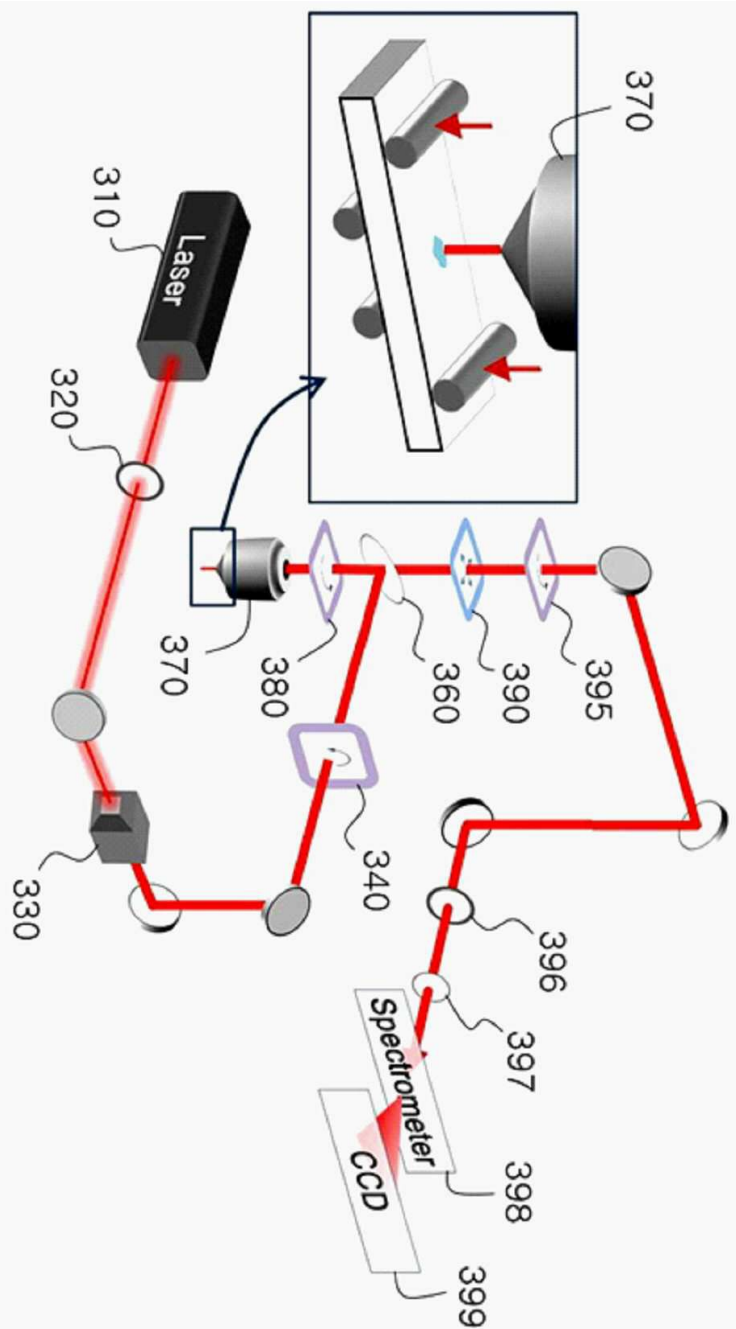
도면1



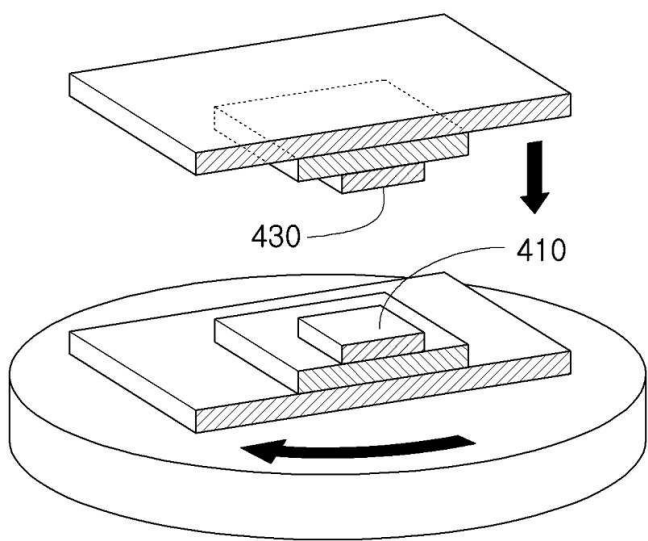
도면2



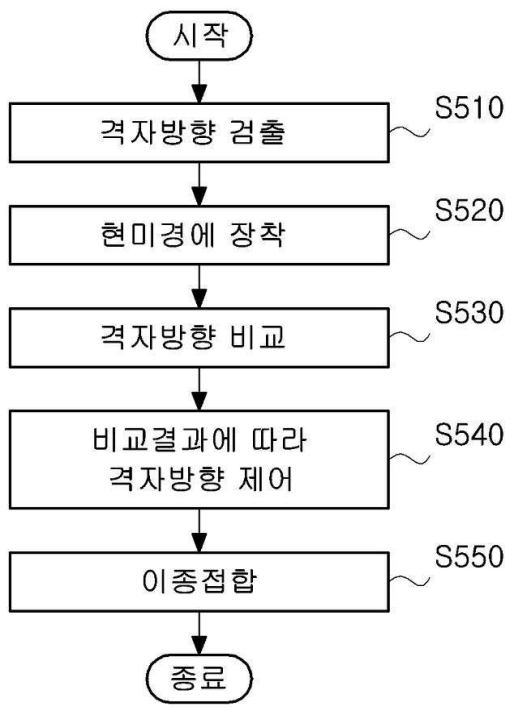
도면3



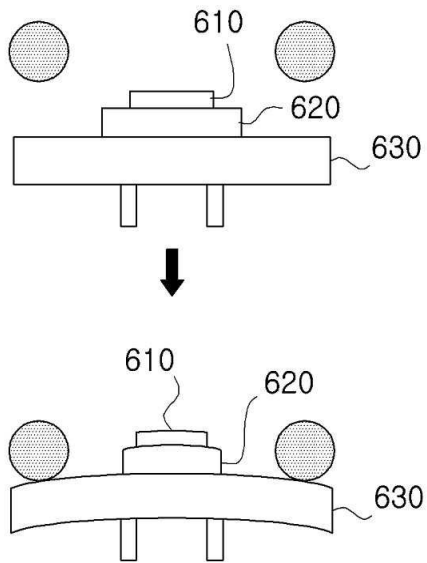
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제11항

【변경전】

상기 각 격자방향 사이

【변경후】

상기 각 구조의 격자방향 사이

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제1항

【변경전】

상기 각 격자방향 사이

【변경후】

상기 각 구조의 격자방향 사이