



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0072796
(43) 공개일자 2017년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 25/16 (2006.01) B01J 19/08 (2015.01)
B01J 19/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 25/16 (2013.01)
B01J 19/088 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0167682
(22) 출원일자 2016년12월09일
심사청구일자 2016년12월09일
(30) 우선권주장
1020150181007 2015년12월17일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
김지현
서울특별시 강남구 언주로 332, 104동 604호
김수현
서울특별시 마포구 백범로 230, 101동 2203호
정영훈
서울특별시 성북구 안암로 145, 605호
(74) 대리인
정은열

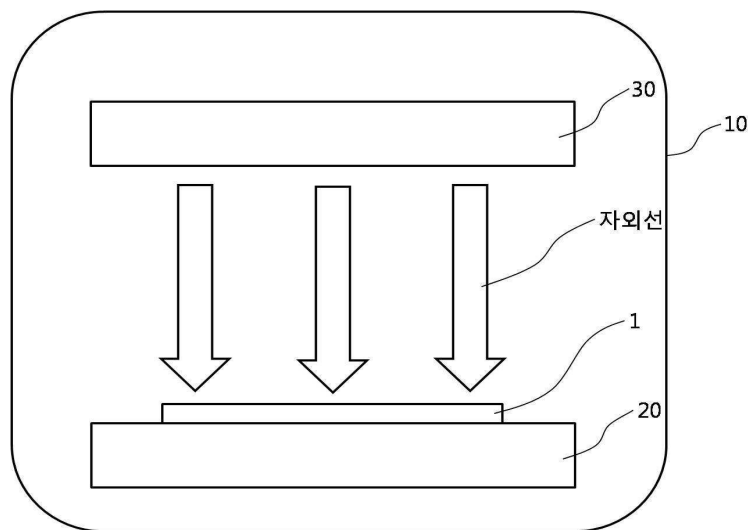
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **흑린 두께 조절 방법**

(57) 요약

본 발명은 흑린 두께 조절 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법은 (a) 반응챔버 (10) 내의 지지대(20) 상에 흑린 단편(1)을 배치하는 단계(S100), 및 (b) 자외선 램프(30)를 이용하여 흑린 단편 (1)에 자외선을 조사하는 단계(S200)를 포함하여, 자외선이 대기 중에서 오존을 발생시키고, 오존이 수산화라디칼을 생성하여, 흑린 단편(1)을 식각한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 19/123 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R1521101

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원

연구과제명 방사선을 이용한 black phosphorus 초박막의 물성제어 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 반응챔버 내의 지지대 상에 흑린 단편을 배치하는 단계; 및
(b) 자외선 램프를 이용하여 상기 흑린 단편에 자외선을 조사하는 단계;
를 포함하여,
상기 자외선이 대기 중에서 오존을 발생시키고, 상기 오존이 수산화라디칼을 생성하여, 상기 흑린 단편을 식각하는 흑린 두께 조절 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 (b) 단계에서 상기 자외선 램프의 출력을 제어하는 흑린 두께 조절 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 (b) 단계에서 상기 자외선의 파장을 제어하는 흑린 두께 조절 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 (a) 단계와 (b) 단계 사이에, 상기 반응챔버 내의 제1 반응 환경을 제어하는 단계;
를 더 포함하는 흑린 두께 조절 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
상기 (b) 단계 이후에, 상기 흑린 단편의 두께에 따라 상기 반응챔버 내의 제2 반응 환경을 제어하는 단계;
를 더 포함하는 흑린 두께 조절 방법.

청구항 6

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,
상기 제1 반응 환경, 및 제2 반응 환경 중 적어도 어느 하나는
상기 반응챔버 내부 공간의 부피인 흑린 두께 조절 방법.

청구항 7

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,
상기 제1 반응 환경, 및 제2 반응 환경 중 적어도 어느 하나는
상기 반응챔버 내부의 상대습도인 흑린 두께 조절 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,
상기 상대습도는 55 ~ 65 % 인 흑린 두께 조절 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 흑린 두께 조절 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 흑린(Black Phosphorus, BP)은 그래핀을 대체하여 차세대 이차원 물질로 각광받고 있다. 특히, 흑린은 그래핀과 달리 밴드갭(Band-gap)을 가지기 때문에 반도체로서의 활용 가능성이 더 크다. 또한, 흑린은 다른 이차원 물질과 같이 두께에 따라 특성이 변화하는 특징을 가진다. 이차원 물질 중에서도 흑린은 높은 캐리어 이동도(carrier mobility), 점멸비(on/off ratio), 직접천이(direct band gap), 비등방성 성질을 갖기 때문에 그 성질을 조절하거나 이를 활용한 흑린 기반 소자 개발 연구가 최근에 다양하게 이루어지고 있다. 특히, 두께에 따라 벌크(bulk)일 때 0.3 eV부터, 한 겹일 때 약 1.8 eV까지 변하는 밴드갭은 흑린의 두께에 따른 특성 변화에 대표적인 양상이며, 이는 흑린 기반 소자의 특성을 결정하는 중요 요소로 작용한다.

[0004] 이차원 물질을 벌크 결정(bulk crystal)으로부터 얇은 조각으로 벗겨낼 때에는 주로 기계적 박리법을 이용하는 데, 이에 의하면 뛰어난 결정성의 조각을 얻을 수 있지만 원하는 두께를 얻기 어렵다. 그래핀, MoS₂ 등 기존에 연구되었던 이차원 물질은 다양한 기술을 이용해 두께를 줄이는 방법이 제시되었지만 흑린의 두께를 조절하는 방법에 대해서는 활발한 연구가 이루어지지 않고 있다.

[0005] 현재까지 보고된 바에 따르면, 하기 선행기술문헌의 비특허문헌에서, Ar+ 플라즈마(plasma)를 이용해 흑린 표면에 있는 산화 물질을 제거함과 동시에 그 두께를 줄이는 방법이 보고되었다. 그러나 플라즈마 처리는 진공 상태가 이루어져 하므로, 고가의 장비가 요구되며 식각비(etch rate)가 커서 미세한 두께 조절이 어려운 문제가 있다.

[0006] 이에 종래 흑린 두께 조절 방법에 따른 문제점을 해결하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있는 상황이다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) 비특허문헌 1: Plasma-Treated Thickness-Controlled Two- Dimensional Black Phosphorus and Its Electronic Transport Properties (ACS nano/v.9 no.9, 2015, pp.8729-8736)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 흑린에 자외선을 조사함으로써 흑린의 두께를 조절하여 특정 두께에 따른 구체적인 특성을 갖는 흑린 기반 소자 제작의 기초 공정을 마련하는 흑린 두께 조절 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법은 (a) 반응챔버 내의 지지대 상에 흑린 단편을 배치하는 단계; 및 (b) 자외선 램프를 이용하여 상기 흑린 단편에 자외선을 조사하는 단계;를 포함하여, 상기 자외선이 대기 중에서 오존을 발생시키고, 상기 오존이 수산화라디칼을 생성하여, 상기 흑린 단편을 식각한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 (b) 단계에서 상기 자외선 램프의 출력을 제어한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 (b) 단계에서 상기 자외선의 파장을 제어한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 (a) 단계와 (b) 단계 사이에, 상기 반응챔버 내의 제1 반응 환경을 제어하는 단계;를 더 포함한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 (b) 단계 이후에, 상기 흑린 단편의 두께에 따라 상기 반응챔버 내의 제2 반응 환경을 제어하는 단계;를 더 포함한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 제1 반응 환경, 및 제2 반응 환경 중 적어도 어느 하나는 상기 반응챔버 내부 공간의 부피이다.
- [0017] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 제1 반응 환경, 및 제2 반응 환경 중 적어도 어느 하나는 상기 반응챔버 내부의 상대습도이다.
- [0018] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법에 있어서, 상기 상대습도는 55 ~ 65 % 이다.

[0020] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0022] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따르면, 반응챔버 내의 흑린에 자외선을 조사함으로써, 대기 중에서 오존을 발생시키고, 그 오존에 의해 형성된 수산화라디칼이 흑린 표면과 반응하여 고가의 장비 없이도 흑린의 두께를 간단하게 조절할 수 있고, 나아가 일련의 자외선/오존 처리를 통한 흑린 식각 과정은 종래 플라즈마 방식에 비해 느리게 진행되므로 미세한 두께 조절도 가능하다.
- [0026] 또한, 본 발명은 흑린의 두께 조절을 통해 전계효과트랜지스터(FET)의 전기적 특성 중 캐리어 이동도(carrier mobility)와 점멸비(on/off ratio)를 증가시킬 수 있으므로, 향후 흑린 기반 소자 제작에 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법을 도시한 개략도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법의 순서도이다.

도 3은 자외선 처리 전·후의 흑린의 주사전자현미경(SEM) 사진이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법의 순서도이다.

도 5 내지 도 6은 소정의 닫힌 공간의 부피에 따른 자외선 처리 전·후의 흑린의 광학현미경 사진이다.

도 7 내지 도 8은 상대습도에 따른 자외선 처리 전·후의 흑린의 광학현미경 사진이다.

도 9 내지 도 10은 자외선 처리 전·후, 및 정제수로 세척한 후의 흑린의 원자현미경(AFM) 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0031] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법을 도시한 개략도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법의 순서도이며, 도 3은 자외선 처리 전·후의 흑린의 주사전자현미경(SEM) 사진이다.
- [0034] 도 1 내지 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법은 (a) 반응챔버(10) 내의 지지대(20) 상에 흑린 단편(1)을 배치하는 단계(S100), 및 (b) 자외선 램프(30)를 이용하여 흑린 단편(1)에 자외선을 조사하는 단계(S200)를 포함하여, 자외선이 대기 중에서 오존을 발생시키고, 오존이 수산화라디칼을 생성하여, 흑린 단편(1)을 식각한다.
- [0036] 차세대 이차원 물질로 각광받고 있는 흑린(Black Phosphorus, BP)은 밴드갭(Band-gap)을 가지기 때문에 반도체로서의 활용 가능성이 크고, 높은 캐리어 이동도(carrier mobility), 점멸비(on/off ratio), 직접천이(direct band gap), 및 비등방성 성질을 가지므로, 최근에는 그 성질을 조절하거나 이를 활용한 흑린 기반 소자 개발 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 한편, 이러한 흑린의 특성은 그 두께에 따라 서로 다른 양상을 보이기 때문에, 흑린 기반 소자의 특성을 결정하는 요소로서, 그 두께 조절이 중요하다. 종래 벌크 결정(bulk crystal)의 이차원 물질을 얇은 조각으로 벗겨내기 위한 방법으로서, 기계적 박리법이 있는데 이에 의하면 뛰어난 결정성의 조각을 얻을 수는 있지만 원하는 두께를 얻기에는 부적합하다. 또한, 최근에 플라즈마를 이용하는 방법이 보고되었으나, 고가의 장비가 요구되고 식각 속도가 매우 빨라서 미세한 두께 조절이 어렵다. 이에, 종래의 흑린 두께 조절 기술의 문제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 흑린 두께 조절 방법이 안출되었다.
- [0038] 본 발명에 따라 흑린의 두께를 조절하기 위해서, 먼저 흑린 단편(斷片, 1)을 배치한다(S100). 여기서, 흑린 단편(1)은 반응챔버(10) 내의 지지대(20) 상에 배치된다. 이때, 반응챔버(10) 내는 산소와 수분 등을 포함하는 대기 분위기이고, 진공상태를 유지해야 하는 것은 아니다. 다만, 반응챔버(10) 내의 소정의 반응 환경이 식각 공정에 중요한 영향을 미치기도 하는데, 이에 대해서는 후술한다.
- [0040] 다음에는, 흑린 단편(1)에 자외선을 조사한다(S200). 여기서, 자외선은 자외선 램프(30)에 의해 발생하고, 자외선 램프(30)는 지지대(20)와 소정의 간격을 두고 이격되도록 배치된다. 자외선이 조사될 때에, 반응챔버(10) 내는 대기 분위기를 유지하는데, 이때 자외선이 대기 중의 산소가 반응하여 오존을 발생한다. 이렇게 발생된 오존은 반응성이 높은 수산화(OH⁻)라디칼을 생성하고, 도 3과 같이, 수산화라디칼은 흑린 단편(1)의 표면과 반응하여 흑린을 식각한다(도 3의 (A)는 자외선 조사 전의 흑린 단편이고, 도 3의 (B)는 자외선 조사 후의 흑린 단편

임).

- [0042] 종합적으로, 본 발명에 따른 흑린 두께 조절 방법에 의하면, 대기 분위기에서의 반응챔버(10) 내에서, 흑린에 자외선을 조사함으로써, 대기 중에서 오존을 발생시키고, 그 오존에 의해 생성된 수산화라디칼이 흑린 표면과 반응하여 흑린의 두께를 조절하므로, 반응 공정 동안 진공상태를 유지할 필요가 없어서, 고가의 장비 없이도 간단하고 저비용으로 흑린의 두께 조절이 가능하다.
- [0044] 이렇게 흑린의 두께 조절을 통해 전계효과트랜지스터(FET)의 전기적 특성 중 캐리어 이동도(carrier mobility)와 점멸비(on/off ratio)를 증가시킬 수 있으므로, 본 발명은 향후 흑린 기반 소자 제작에 활용될 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명에 따른 일련의 자외선/오존 처리를 통한 흑린 식각 공정은 종래 플라즈마 방식에 비해 느리게 진행되므로, 미세하게 흑린의 두께를 조절할 수도 있다.
- [0047] 이와 관련하여, 흑린의 두께 조절 속도를 제어하기 위한 방안으로서, 자외선을 조사할 때에, 자외선 램프(30)의 출력을 제어할 수도 있다. 즉, 자외선 출력을 조절함으로써, 오존 및 수산화라디칼이 생성 속도를 조절하여 흑린의 식각 속도를 제어한다. 또한, 자외선의 파장을 제어함으로써, 흑린의 식각 속도를 제어할 수도 있다.
- [0048] 한편, 반응챔버 내의 반응 환경을 조절하여 흑린의 식각 속도 제어도 가능한바, 이에 대해서는 아래에서 설명한다.
- [0050] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법의 순서도이고, 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법의 순서도이며, 도 5 내지 도 6은 소정의 닫힌 공간의 부피에 따른 자외선 처리 전·후의 흑린의 광학현미경 사진이고, 도 7 내지 도 8은 상대습도에 따른 자외선 처리 전·후의 흑린의 광학현미경 사진이며, 도 9 내지 도 10은 자외선 처리 전·후, 및 정제수로 세척한 후의 흑린의 원자현미경(AFM) 사진이다.
- [0052] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 흑린 두께 조절 방법은 제1 반응 환경 제어 단계를 더 포함할 수 있다(S300). 이 단계는 흑린 단편 배치 단계(S100)와 자외선 조사 단계(S200) 사이에서 실시되는데, 이때 제1 반응 환경은 반응챔버 내의 부피일 수 있다.
- [0053] 자외선 처리에 따라 오존 및 수산화라디칼이 생성되는 공정은 반응챔버 내에서 이루어지는데, 여기서 반응챔버 내의 한정된 부피는 생성되는 오존 및 수산화라디칼의 농도를 결정하는 요소로 작용한다. 즉, 동일한 자외선 램프로 일정한 세기의 자외선을 조사하더라도, 그 공정이 이루어지는 반응챔버 내의 부피가 커질수록, 흑린과 반응하는 수산화라디칼의 농도가 낮아져 식각이 느리게 일어난다.
- [0055] 도 5 내지 도 6에서 반응챔버 내의 부피를 서로 다르게 하여 자외선을 조사한 후, 박리된 흑린 단편을 광학현미경으로 관찰하였다. 이때, 반응챔버는 그 내부 부피가 65×40×40 cm³인 제1 반응챔버와 5.5×5.5×3 cm³인 제2 반응챔버를 사용하였다.
- [0056] 그 결과, 제1 반응챔버 내의 자외선 처리 전 흑린(도 5의 (A))은 자외선 처리 후 식각에 의해 박리된 형태를 보였다(도 5의 (B)). 동일하게, 제2 반응챔버 내의 흑린(도 6의 (A))도 일정 시간 후에 박리되었다(도 6의 (B)). 이때, 제1 반응챔버 내에서 300분 동안 자외선을 처리한 경우(도 5의 (B))와 제2 반응챔버 내에서 30분 동안 자외선을 처리한 경우(도 6의 (B))에 박리된 정도가 유사한바, 이를 통해 부피가 작은 제2 반응챔버 내에서 더 빨리 식각 공정이 진행되었음을 알 수 있다.
- [0058] 한편, 제1 반응 환경은 반응챔버 내의 상대습도일 수 있다. 자외선 처리 시에 상대습도 역시 식각 결과에 영향을 미친다. 식각 공정이 유효하게 일어나기 위해서는 대기 중의 산소와 수분이 필요하다. 산소 및 수분 조건 하에서 식각이 이루어지지만, 습도가 높을 때에는 반응이 더욱 활성화되어 식각 공정이 가속화된다. 따라서, 상대

습도를 조절함으로써, 식각 속도를 제어할 수 있다. 이때, 식각 속도에 따른 적정의 습도를 결정하고, 그 습도를 유지하여, 원하는 식각 속도를 구현할 수 있다.

- [0060] 도 7 내지 도 8에서는 상대습도가 식각 속도에 미치는 영향을 알아보기 위해서 상대습도가 35 %인 제3 반응챔버와 60 %인 제4 반응챔버를 사용하여, 자외선 처리 전·후의 흑린 단편을 광학현미경으로 관찰하였다.
- [0061] 그 결과, 도 7의 (A)의 제3 반응챔버에서의 흑린은 50분 동안 자외선 처리를 하였음에도, 도 7의 (B)와 같이 거의 형태가 변하지 않았다. 반면, 도 8의 (A)의 제4 반응챔버 내 흑린에 10분 동안 자외선을 조사하였을 때에, 도 8의 (B)처럼 흑린의 두께가 매우 작아졌다. 이로써, 상대습도가 60 %에서 자외선을 조사할 때에, 산화반응이 일어나고 수분이 흑린의 표면에 흡착되어 자외선 처리 전·후에 그 크기가 크게 변하였음을 알 수 있다.
- [0063] 또한, 자외선 조사 단계(S200) 이후에, 제2 반응 환경을 제어하는 단계(S400)를 더 포함할 수도 있다. 여기서, 제2 반응 환경은 상술한 반응챔버 내의 부피, 및 상대습도 중 적어도 어느 하나 이상일 수 있다. 자외선을 조사하는 동안에 흑린 단편에 박리 현상이 일어나는데, 처음에는 식각 속도를 빠르게 제어하고, 어느 정도 원하는 두께에 가까워지면, 제2 반응 환경을 조정하여 미세하게 그 두께를 조절할 수 있다.
- [0064] 구체적으로, 자외선 처리 중에 반응챔버 내의 부피를 변화시키기 위해서는, 내부에 공기 등을 주입하거나 배출함에 따라 그 부피가 변하도록, 반응챔버의 내벽을 고무 등의 재질로 형성하거나, 또는 제1 분체가 제2 분체에 슬라이딩되면서 삽입되는 구조로 반응챔버를 형성하여, 제1 분체가 삽입되거나 삽탈되는 식으로 부피를 변화시킬 수 있다. 다만, 이러한 구조의 반응챔버는 가변적인 부피를 가지는 반응챔버의 예시일 뿐이고, 반응챔버가 반드시 상술한 구조이어야 하는 것은 아니다.
- [0065] 반응챔버 내의 상대습도 조절은 반응챔버에 습도조절기를 배치하여 구현 가능한데, 다만 습도 조절이 반드시 습도조절기에 의해서만 제어되는 것은 아니다.
- [0067] 한편, 식각 여부를 확인하기 위해서는, 정제수로 흑린 단편을 세척할 수 있다. 이와 관련하여, 도 9 내지 도 10에서 흑린 단편을 자외선 처리하고, 정제수로 세척한 후에 원자현미경을 이용하여 그 형태를 관찰하였다. 도 9에서는 초기 두께가 33.627 nm 인 제1 흑린 단편을, 도 10에서는 초기 두께가 21.657 nm 인 제2 흑린 단편을 이용하여 실험을 진행하였다. 각각, 자외선 처리 전에는 원자현미경을 "non-contact mode"에서 촬영하였고(도 9의 (A) 및 도 10의 (A)), 6분 동안 자외선을 조사한 후에는 "non-contact mode"로(도 9의 (B) 및 도 10의 (B)), 또한 "contact mode"로(도 9의 (C) 및 도 10의 (C)) 활용하였으며, 정제수로 세척한 후에는 "non-contact mode"로 활용하였다(도 9의 (D) 및 도 10의 (D)).
- [0068] 그 결과, "non-contact mode"에서, 자외선 처리 전의 제1 흑린 단편은 자외선 처리 후에 그 표면에 버블이 발생하여, 두께가 317.580 nm로 측정된바, 초기 두께에 비해 약 300 nm 정도가 증가하였다. 그러나 정제수로 세척한 후에는, 두께가 23.462 nm로 약 10 nm 감소하였다. 그 이유를 파악하기 위해서, "contact mode"에서 버블이 발생한 제1 흑린 단편의 두께를 측정했더니, 약 23.590 nm로 측정되었는데, 그 버블이 액체라는 것을 확인했다. 따라서, 자외선 처리 후의 흑린 단편을 관찰하기 위해서는 정제수로 그 버블을 세척할 필요가 있다.
- [0070] 도 10에서도 마찬가지로, 제2 흑린 단편은 자외선 처리 후에 버블이 발생하여 그 두께가 301.305 nm에 이르렀으나, 정제수로 세척한 후에는 11.018 nm였고, "contact mode"에서 자외선 처리 후의 두께가 11.353 nm였으므로, 그 버블은 액체로 확인되었다.
- [0072] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.
- [0074] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부

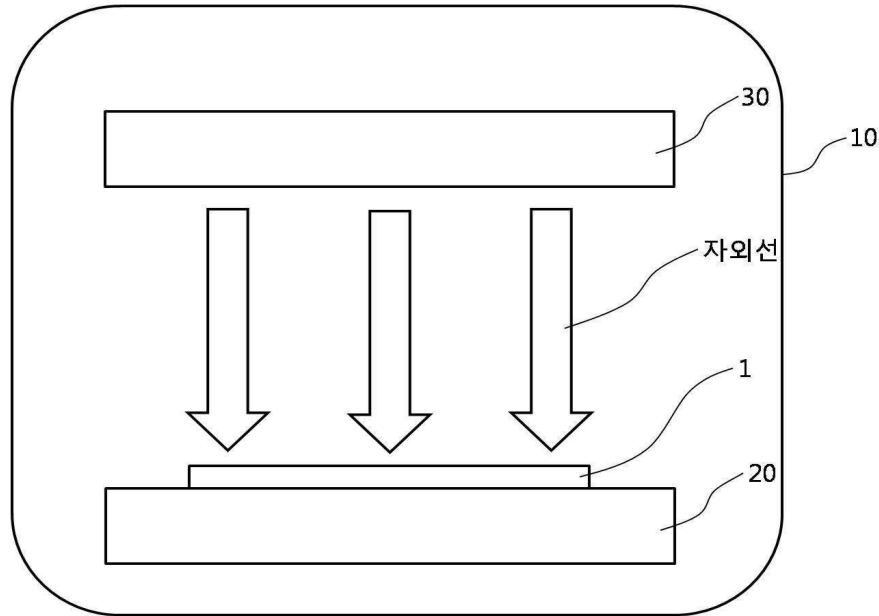
된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

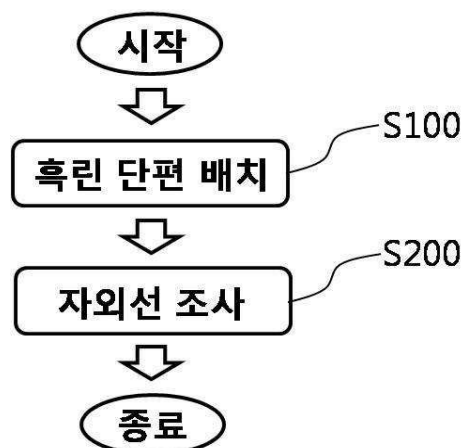
1: 흑린 단편 10: 반응챔버
20: 지지대 30: 자외선 램프

도면

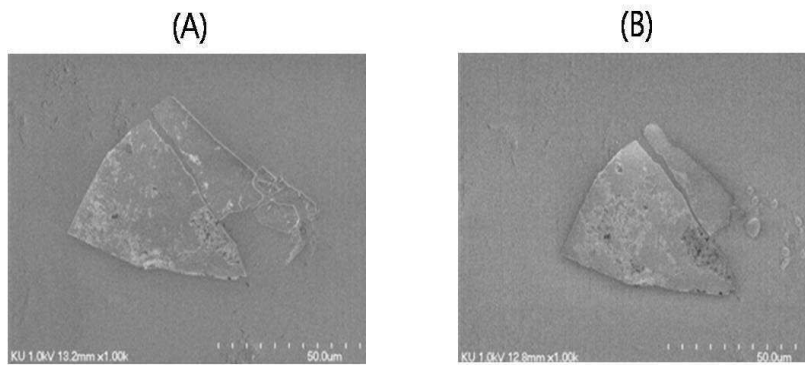
도면1



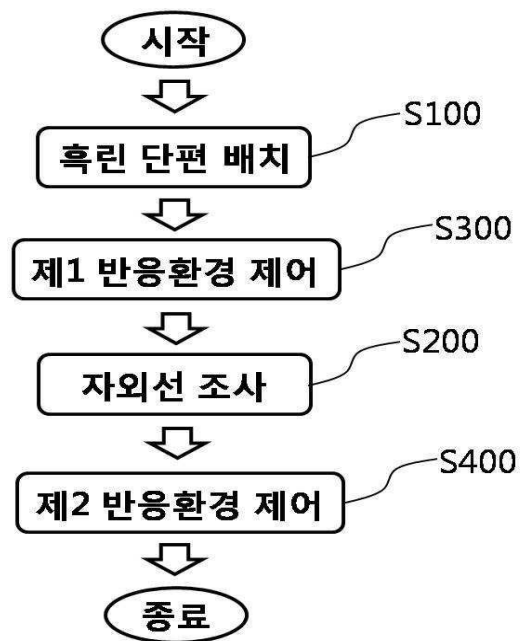
도면2



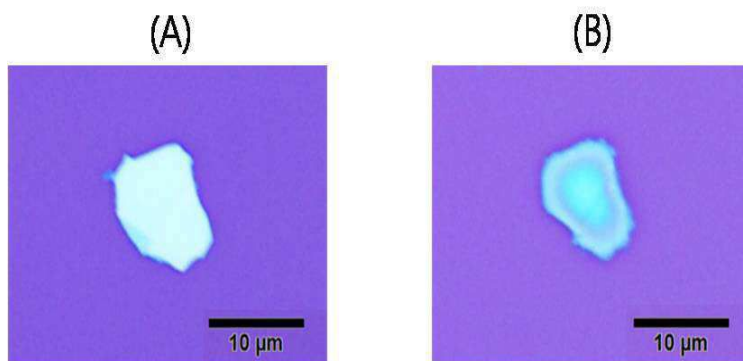
도면3



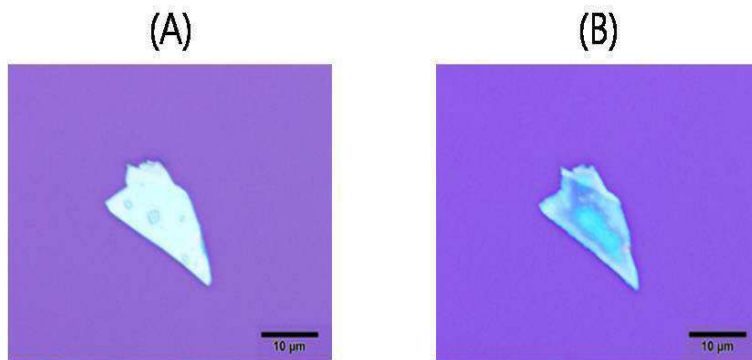
도면4



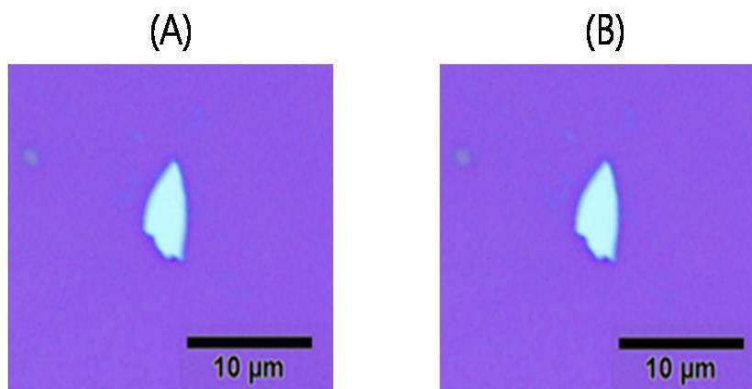
도면5



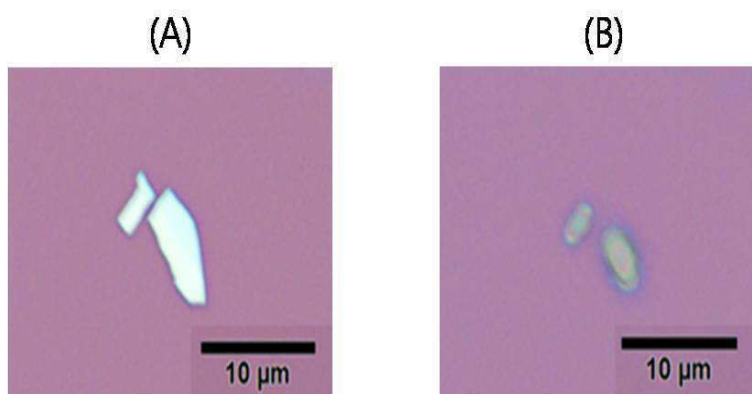
도면6



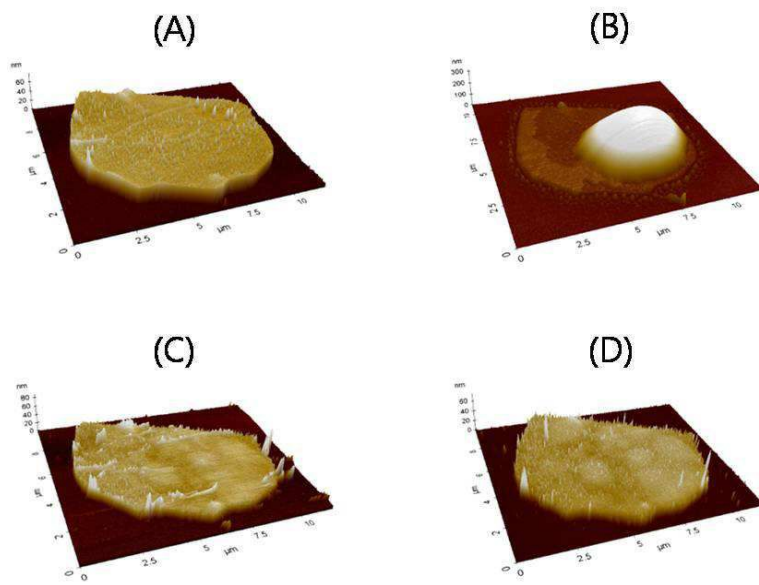
도면7



도면8



도면9



도면10

