



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월02일
 (11) 등록번호 10-1436849
 (24) 등록일자 2014년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) *H01B 1/04* (2006.01)
B32B 9/00 (2006.01) *C08J 5/18* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0022743
 (22) 출원일자 2013년03월04일
 심사청구일자 2013년03월04일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020110115539 A*
 KR1020130006868 A*
 JP2012238579 A
 KR1020110113936 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술원
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 (72) 발명자
전석우
 대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)
홍순형
 대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)
이동주
 대전 유성구 대학로 291, (구성동, 한국과학기술원)
 (74) 대리인
맹성재, 박영우, 이시근

전체 청구항 수 : 총 13 항

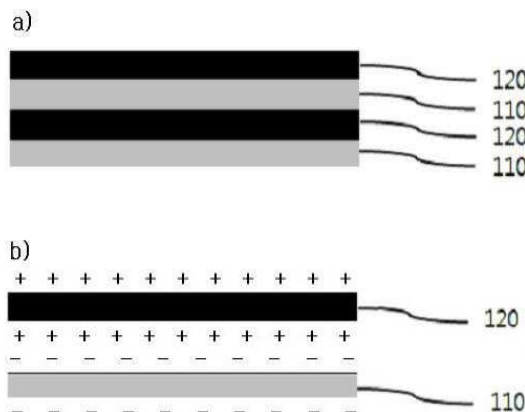
심사관 : 김은경

(54) 발명의 명칭 **그래핀을 포함하는 다층구조체 및 이의 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 2차원 나노구조의 재료가 반복되는 다층구조체 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 양전하 또는 음전하를 포함하도록 표면개질된 2차원 나노구조의 제1 재료층; 및 상기 제1 재료가 산성 관능기를 포함하는 경우에는 염기성 관능기를 포함하며, 상기 제1 재료가 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함함으로써 상기 제1 재료와 반대되는 전하를 포함하도록 표면개질된 2차원 나노구조의 제2 재료층;이 교대로 적층된 다층구조체 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2011-0031630
부처명 교육과학기술부
연구사업명 글로벌프론티어사업
연구과제명 차원 융합형 소프트 나노소재
기여율 1/1
주관기관 한국과학기술원
연구기간 2011.09.29 ~ 2020.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

양전하 또는 음전하를 갖도록 표면개질된 2차원 나노구조의 제1 재료층 및 제2 재료층이 교대로 적층된 다층구조체에 있어서,

제1 재료의 표면이 산성 관능기를 포함하는 경우에는 제2 재료의 표면은 염기성 관능기를 포함하고, 제1 재료의 표면이 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함함으로써, 상기 제1 재료의 표면과 상기 제2 재료의 표면은 서로 반대되는 전하를 갖도록 표면이 개질되며,

상기 산성 관능기 또는 염기성 관능기는 방향족 화합물에 결합되어 상기 제1 재료 또는 제2 재료의 표면과 비공유 결합된 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 2차원 나노구조의 제1 재료 및 제2 재료는 각각 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 방향족 화합물은 방향족 탄화수소 고리 또는 방향족 복소환기 화합물인 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 방향족 탄화수소 고리는 탄소수 6 내지 40의 아릴기이고, 상기 방향족 복소환기는 탄소수 2 내지 40의 헤테로아릴기인 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 산성 관능기는 카르복실기, 설펜산기, 인산기, 또는 페놀기이고, 상기 염기성 관능기는 아미노기, 2차 아민기, 3차 아민기, 피리디닐, 피롤기, 피리디민기 중에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 다층구조체는 각각의 표면개질된 제1 재료 및 제2 재료가 액상의 슬러리 상태에서 자발적으로 적층되어 형성되는 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 다층구조체는 상기 제1 재료 및 제2 재료가 플레이크 형태로 이루어짐으로써 상기 제1 재료층 및 제2 재료층은 상기 플레이크들이 필름층을 형성하는 것을 특징으로 하는 다층구조체.

청구항 10

그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나의 2차원 나노 구조를 갖는 제1 재료의 표면이 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 제1 재료의 표면을 개질하는 단계;

그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나의 2차원 나노 구조를 가지되, 상기 제1 재료와는 상이한 제2 재료의 표면이 상기 제1 재료의 표면이 산성 관능기를 포함하는 경우에는 염기성 관능기를 포함하도록 하며, 상기 제1 재료의 표면이 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함하도록 함으로써 상기 제2 재료의 표면을 개질하는 단계;

상기 표면개질된 각각의 제1 재료와 제2 재료를 액상의 슬러리 상태로 혼합함으로써 상기 제1 재료와 제2 재료가 자발적으로 적층되어 다층구조를 형성하는 단계 및

액상 성분을 제거한 후 상기 다층구조체를 정제하는 단계를 포함하되,

상기 산성 관능기 또는 염기성 관능기는 방향족 화합물에 결합되어 상기 제1 재료 또는 제2 재료의 표면과 비공유 결합되는 것을 특징으로 하는 다층구조체의 제조방법.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 액상 성분을 제거한 후 얻어지는 다층구조체를 열처리하는 과정을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 다층구조체의 제조방법.

청구항 12

제10 항에 있어서,

상기 제1 재료와 제2 재료를 표면개질하는 단계는 각각의 제1 재료 또는 제2 재료를 용매에 넣고, 이에 방향족 탄화수소 고리 또는 방향족 복소환기에 산성 관능기 또는 염기성 관능기가 결합된 화합물을 혼합하여, 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면과 상기 화합물이 비공유 결합함으로써 표면개질되는 것을 특징으로 하는 다층구조체의 제조방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 산성 관능기는 카르복실기, 설펜산기, 또는 페놀기이고, 상기 염기성 관능기는 아미노기, 2차 아민기, 3차 아민기, 피리디닐, 피롤기, 피리디민기 중에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 다층구조체의 제조방법.

청구항 14

제10 항에 있어서,

상기 다층구조체는 액상의 슬러리내의 각각의 재료의 함량 조절을 통해 다층구조체의 전체 두께를 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 다층구조체의 제조방법.

청구항 15

제10 항에 있어서,

상기 액상 성분은 탄화수소, 에테르, 할로젠화 탄화수소, 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 중에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합액인 것을 특징으로 하는 다층구조체의 제조방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 그래핀을 포함하는 다층구조체 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 그래핀, 육방정 질화붕소와 같은 서로 다른 종류의 2차원 나노구조 재료가 교대로 적층된 형태의 다층구조체 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 2차원 나노구조 재료는 일정한 평면형태를 가지며 두께가 원자 한층 또는 몇 층으로 이루어진 소재로써 화학, 재료 분야의 연구가 가장 활발한 연구 분야 중 하나로 손꼽히고 있으며, 전자, 기계 및 생명공학 분야로의 접목을 통하여 연구 주제가 다변화되고 있는 분야이다.

[0003] 대표적인 2차원 나노구조 재료로서 그래핀을 들 수 있는데, 상기 그래핀은 sp² 결합으로 되어 있는 1개의 탄소 원자가 3개의 다른 탄소 원자와 결합한 육각형 벌집 모양의 흑연 면이 단위자층으로 이루어진 이차원 평면 구조를 갖는 탄소 동소체로서, 한 개의 탄소원자당 한 개의 전자는 공유결합에 참여하고 있지 않아 이들이 이차원 구조 내에서 자유전자처럼 운동하고 있어 반금속의 성질을 가질 수 있고, 크기나 형태에 따라 독특한 물리적 성질을 가지며, 다이아몬드의 2배에 가까운 열전도도 및 구리와 비교하여 약 1,000배 높은 전류 이송 능력 등의 뛰어난 물성을 가져, 나노 스케일의 전기, 전자 디바이스, 나노 센서, 광전자 디바이스, 고기능 복합재 등 모든 공학 분야에서의 응용이 가능하다.

[0004] 또 다른 2차원 나노구조 재료로서 반도체인 MoS₂와 절연체인 육방정 질화붕소(hexagonal boron nitride, hBN)가 있다. 상기 MoS₂의 경우 반도체 특성 때문에 전계효과 트랜지스터로의 활용이 기대되고 있으며, 광학 활성 때문에 광트랜지스터 및 감광제 등의 빛을 이용한 여러 응용에서 흡수체 및 발광체로서 가능성을 인정받고 있다. 또한, 절연체인 hBN은 초박막 유전체로서 특히 그래핀 소자를 제작하는데 있어서 기존의 실리카의 대체체로서 큰 장점을 보이고 있다.

[0005] 이러한 2차원 구조를 갖는 물질들은 2차원 면소재의 일반적인 특성 때문에 식각 등의 방법을 통해 양자점과 나노선 등으로 패터닝이 가능하고, 기존의 미세제조기술 (microfabrication)과 접목이 용이하다는 장점을 가지고 있다.

[0006] 한편, 상기와 같은 2차원 나노구조를 갖는 재료들을 교대로 적층함으로써, 2차원 소재의 물리화학적 특성을 변화시킬 수 있고, 이를 전기, 전자 디바이스, 나노 센서, 광전자 디바이스, 고기능 복합재 등에 응용할 수 있는 가능성이 있어 이에 관한 연구가 주목받고 있다.

[0007] 상기 그래핀을 포함하는 2차원 나노구조 재료를 교대로 적층하는 종래기술로서, 공개특허공보 제10-2013-0006868호(2013.01.18.)에서는 소수성인 그래핀 및 친수성인 기관 사이에 이들 중간 정도의 극성을 갖는 중간층으로서, 질화붕소, 그래핀 산화물, 폴리머계 물질 등을 도입함으로써 그래핀 기재를 형성하는 기술에 관해 기재되어 있고, Nano Lett. 2012, 12, 3518-3525(2012,06.25.)에서는 그래핀과 육방정 질화붕소가 랜덤하게 적층된 구조체에 관한 기술이 기재되어 있다.

[0008] 그러나 상기와 같은 종래기술에서는 단순히 그래핀과 질화붕소 등의 서로 다른 종류의 2차원 재료가 단순히 적층된 형태로서, 각각의 층들간의 표면에서의 결합도 반데르발스힘에 의한 형태를 보여주고 있어 결합강도도 미약하며, 상기 적층된 구조체를 형성하기 위해 각각의 공정을 거쳐야 하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 극성으로 표면개질된 서로 다

른 종류의 2차원 나노구조 재료가 교대로 적층된 다층구조체를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 상기 표면개질된 서로 다른 종류의 2차원 나노구조 재료가 교대로 적층된 다층구조체의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 기술적 과제를 이루기 위해서, 본 발명은 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 양전하 또는 음전하를 포함하도록 표면개질된 2차원 나노구조의 제1 재료층; 및 상기 제1재료와는 상이한 제2재료의 표면이 상기 제1 재료가 산성 관능기를 포함하는 경우에는 염기성 관능기를 포함하며, 상기 제1 재료가 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함함으로써 상기 제1 재료의 표면과 반대되는 전하를 포함하도록 표면개질된 2차원 나노구조의 제2재료층;이 교대로 적층된 다층구조체를 제공한다.

[0012] 일 실시예로서, 상기 2차원 나노구조의 제1재료 및 제2재료는 각각 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[0013] 일 실시예로서, 상기 다층구조체의 제1 재료층과 제2 재료층은 제1 재료층을 기준으로 1 내지 1000회 반복되어 적층되는 것일 수 있다.

[0014] 일 실시예로서, 상기 제1 재료는 그래핀일 수 있다.

[0015] 일 실시예로서, 상기 제1 재료와 제2 재료는 각각 방향족 탄화수소 고리 또는 방향족 복소환기에 산성 관능기 또는 염기성 관능기가 결합된 화합물이 상기 제1 재료와 제2 재료의 표면에 포함됨으로써 양전하 또는 음전하를 포함하도록 표면개질되는 것일 수 있다.

[0016] 이 경우에, 상기 방향족 탄화수소 고리는 탄소수 6 내지 40의 아릴기이고, 상기 방향족 복소환기는 탄소수 2 내지 40의 헤테로아릴기일 수 있다.

[0017] 일 실시예로서, 상기 산성 관능기는 카르복실기, 설펜산기, 또는 페놀기이고, 상기 염기성 관능기는 아미노기, 2차 아민기, 3차 아민기, 피리디닐, 피롤기, 피리디민기 중에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[0018] 일 실시예로서, 상기 다층구조체는 각각의 표면개질된 제1 재료 및 제2 재료가 액상의 슬러리 상태에서 자발적으로 적층되어 형성되는 것일 수 있다.

[0019] 일 실시예로서, 상기 다층구조체는 상기 제1 재료 및 제2 재료가 플레이크 형태로 이루어짐으로써 상기 제1 재료층 및 제2 재료층은 상기 플레이크들이 필름층을 형성하는 것일 수 있다.

[0020] 본 발명은 또한, 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나의 2차원 나노구조를 갖는 제1 재료의 표면이 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 제1 재료의 표면을 개질하는 단계; 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나의 2차원 나노구조를 가지되, 상기 제1 재료와는 상이한 제2 재료의 표면이 상기 제1 재료의 표면이 산성 관능기를 포함하는 경우에는 염기성 관능기를 포함하도록 하며, 상기 제1 재료의 표면이 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함하도록 함으로써 상기 제2 재료의 표면을 개질하는 단계; 상기 표면개질된 각각의 제1 재료와 제2 재료를 액상의 슬러리 상태로 혼합함으로써 상기 제1 재료와 제2 재료가 자발적으로 적층되어 다층구조를 형성하는 단계; 및 액상 성분을 제거한 후 상기 다층구조체를 정제하는 단계;를 포함하는, 다층구조체의 제조방법을 제공한다.

[0021] 본 발명은 또한, 상기 액상 성분을 제거한 후 얻어지는 다층구조체를 열처리하는 과정을 추가로 포함할 수 있다.

[0022] 일 실시예로서, 상기 제1 재료와 제2 재료를 극성으로 표면개질하는 단계는 각각의 제1 재료 또는 제2 재료를 용매에 넣고 이에 방향족 탄화수소 고리 또는 방향족 복소환기에 산성 관능기 또는 염기성 관능기가 결합된 화합물을 혼합함으로써 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면에 상기 화합물이 포함됨으로써 표면개질되는 것일 수 있다.

[0023] 일 실시예로서, 상기 산성 관능기는 카르복실기, 설펜산기, 또는 페놀기이고, 상기 염기성 관능기는 아미노기, 2차 아민기, 3차 아민기, 피리디닐, 피롤기, 피리디민기 중에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[0024] 일 실시예로서, 상기 다층구조체는 액상의 슬러리내의 각각의 재료의 함량 조절을 통해 다층구조체의 전체 두께

를 조절할 수 있다.

- [0025] 일 실시예로서, 상기 액상 성분은 탄화수소, 에테르, 할로겐화 탄화수소, 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 중에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합액일 수 있다.
- [0026] 본 발명은 또한 상기 다층 구조체를 포함하는 투명 필름을 제공할 수 있다.
- [0027] 본 발명은 또한 기관, 및 본 발명의 상기 다층 구조체를 포함하는 전자 디바이스를 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 표면개질된 서로 다른 종류의 2차원 나노구조 재료층이 교대로 적층된 다층구조체를 통하여 도체, 반도체 및 절연체 각각의 특성을 갖는 2차원 물질로 구성된 초박형 다층구조체 디바이스를 제조할 수 있다.
- [0029] 본 발명은 또한 상기 표면개질된 서로 다른 종류의 2차원 나노구조 재료를 제조한 후 이를 용액 공정을 통해 간단하고 경제적인 방법에 의해 대면적으로 다층구조체를 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 표면개질된 제1 재료층과 표면 개질된 제2 재료층이 다층구조체를 이루는 것을 나타내는 단면도이고, 도 1b는 본 발명의 다층구조체내 표면 개질된 제1 재료층과 표면개질된 제2 재료층이 각각 결합을 이루는 것을 나타내는 개략적인 단면도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층구조체의 제조방법을 설명하는 흐름도이다.
 도 3은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 그래핀과 육방정 질화붕소 다층구조체의 제조방법을 나타내는 사진이다..
 도 4는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 그래핀층과 육방정 질화붕소층에 의한 다층구조체의 XRD 결과를 나타내는 그래프이다.
 도 5는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 그래핀층과 육방정 질화붕소층에 의한 다층구조체의 TEM 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 다층 구조체 및 이의 제조방법을 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 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. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다. 본 발명의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제1, 제2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.
- [0032] 본 발명에서 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.
- [0033] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 표면개질된 제1 재료층과 표면 개질되고, 상기 제1재료와는 상이한 제2 재료층이 다층구조체를 이루는 것을 나타내는 단면도이다.
- [0034] 상기 도 1a에서 볼 수 있듯이, 본 발명에 따른 다층구조체는 양전하 또는 음전하를 포함하도록 표면개질된 2차원 나노구조의 제1 재료층(110)과 상기 제1 재료층(110)과는 상이한 제2 재료층(120)이 교대로 적층된 구조를 나타낸다.
- [0035] 상기 제1 재료 및 제2재료는 2차원 나노구조의 형태를 가지는 것이거나 본 발명의 실시형태에 적용 가능하나, 바람직하게는 각각 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 상기 제1 재료 및 제2 재료중 어느 하나는 그래핀일 수

있다.

- [0036] 여기서, 상기 제1 재료층(110)과 제2 재료층(120)은 각각 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 양전하 또는 음전하를 포함하도록 표면개질될 수 있고, 상기 제2 재료층(120)은 상기 제1 재료가 산성 관능기를 포함하는 경우에는 염기성 관능기를 포함하며, 상기 제1 재료가 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함함으로써 상기 제1 재료의 표면과 반대되는 전하를 포함하도록 표면개질되는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 이를 도 1b를 통해 살펴보면, 도 1b에서는 본 발명의 다층구조체내 표면 개질된 제1 재료층과 표면개질된 제2 재료층이 각각 결합을 이루는 것을 나타내는 개략적인 단면도를 나타내고 있다.
- [0038] 본 발명에서 표면개질이라 함은 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면을 본래의 표면의 성질과는 다른 물리화학적 특성을 갖도록 처리하는 공정을 의미하는 것으로서, 예를 들면 표면상에 새로운 관능기의 도입하거나, 표면상에 특정한 관능기를 갖는 화합물이 포함되도록 함으로써 표면의 특성을 변화시키는 방법일 수 있다.
- [0039] 일 실시예로서 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면개질은 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면이 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 양전하 또는 음전하를 포함하도록 하여 이루어질 수 있다. 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면이 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함하도록 하는 방법에는 앞서 기재한 바와 같이 표면상에 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 도입하거나, 표면상에 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 갖는 화합물이 포함되도록 함으로써 이루어질 수 있다.
- [0040] 예를 들면, 상기 다층구조체에서의 제1 재료가 그래핀이고, 제2 재료가 육방정 질화붕소인 경우에, 상기 그래핀의 표면에 산성 관능기인 카르복실산기가 포함되도록 하며, 상기 육방정 질화붕소에 염기성 관능기인 아미노기가 포함되도록 함으로써, 상기 그래핀층과 질화붕소층이 교대로 적층되는 경우에 상기 그래핀층은 카르복실산 음이온(-COO⁻)에 의해 음전하를 포함하게 되고 상기 질화붕소층은 아미노기가 양성자를 받아들임에 의해 암모늄 이온(-NH₃⁺)이 되어 양전하를 포함하게 됨으로서 상기 그래핀층과 질화붕소층이 자발적으로 교대로 적층가능한 구조를 이룰 수 있는 것이다.
- [0041] 상기 표면개질의 구체적인 실시예로서, 본 발명은 방향족 탄화수소 고리 또는 방향족 복소환기에 산성 관능기 또는 염기성 관능기가 결합된 화합물이 상기 제1 재료와 제2 재료의 표면에 포함됨으로써 양전하 또는 음전하를 포함하도록 하여 상기 제1 재료와 제2 재료의 표면이 각각 개질되도록 할 수 있다.
- [0042] 본 발명에서 상기 방향족 탄화수소 고리는 탄소수 6 내지 40의 아릴기이고, 상기 방향족 복소환기는 탄소수 2 내지 40의 헤테로아릴기일 수 있다.
- [0043] 여기서, 본 발명에서 사용되는 아릴기는 하나의 수소 제거에 의해서 방향족 탄화수소로부터 유도된 유기 라디칼로, 5 내지 7원, 바람직하게는 5 또는 6원을 포함하는 단일 또는 융합고리계를 포함하며, 또한 상기 아릴기에 치환기가 있는 경우 이웃하는 치환기와 서로 융합(fused)되어 고리를 추가로 형성할 수 있고,
- [0044] 상기 아릴기 중 하나 이상의 수소 원자는 중수소 원자, 할로젠 원자, 히드록시기, 니트로기, 시아노기, 실릴기, 아미노기, 카르복실기, 술폰산기, 인산기, 탄소수 1 내지 24의 알킬기, 탄소수 1 내지 24의 할로젠화된 알킬기, 탄소수 1 내지 24의 알케닐기, 탄소수 1 내지 24의 알키닐기, 탄소수 1 내지 24의 헤테로알킬기, 탄소수 6 내지 24의 아릴기, 탄소수 6 내지 24의 아릴알킬기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로아릴기 또는 탄소수 2 내지 24의 헤테로아릴알킬기로 치환될 수 있는 것을 의미한다.
- [0045] 상기 아릴의 구체적인 예로 페닐, 나프틸, 비페닐, 터페닐, 안트릴, 인데닐(indenyl), 플루오레닐, 페난트릴, 트라이페닐레닐, 피렌일, 페틸렌일, 크라이세닐, 나프타세닐, 플루오란텐일 등을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.
- [0046] 또한 본 발명에서 상기 헤테로아릴기는 상기 아릴기에서 각각의 고리 내에 N, O, P 또는 S 중에서 선택된 1 내지 4개의 헤테로 원자를 포함할 수 있는 탄소수 2 내지 24의 헤테로방향족 유기 라디칼을 의미하며, 상기 고리들은 융합(fused)되어 고리를 형성할 수 있고 상기 헤테로아릴기 중 하나 이상의 수소 원자는 상기 아릴기의 경우와 마찬가지로 치환기로 치환가능하다.
- [0047] 또한 본 발명에서 상기 산성 관능기는 수용액상에서 양성자를 낼 수 있는 브뢴스테드 산, 또는 비공유 전자쌍을 받을 수 있는 루이스 산에 포함될 수 있는 관능기이면 어느 것이나 사용가능하나, 바람직하게는 카르복실기, 술폰산기, 인산기, 또는 페놀기에서 선택될 수 있고, 상기 염기성 관능기는 상기 산성관능기와 산-염기 반응이 가능한 관능기로서 브뢴스테드 염기, 또는 비공유 전자쌍을 줄 수 있는 루이스 염기에 해당하면 어느 것이나 사용

가능하나, 바람직하게는 아미노기, 2차 아민기, 3차 아민기, 피리디닐, 피롤기, 피리디민기 중에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

- [0048] 삭제
- [0049] 예를 들면, 상기 다층구조에는 순차적으로 배치된 그래핀층(110), 육방정 질화붕소층(120)을 포함할 수 있으며 각 다층구조가 반복되는 형태로 적층됨으로써, 상기 그래핀층(120)은 탄소원자 몇 층으로 구성되어 있고, 상기 육방정 질화붕소 층(110)은 질화붕소 원자 몇 층으로 구성되어 있으며, 이들이 적절한 횟수만큼 반복된 구조를 가짐으로써 소정의 두께를 가질 수 있다.
- [0050] 상기 제1 재료층(110) 및 제2 재료층(120)의 바람직한 두께는 높은 전자이동도를 나타낼 수 있는 폭넓은 범위를 포함할 수 있고 예시적으로 수 (Angstrom) 내지 1 um 의 범위를 포함할 수 있다.
- [0051] 본 발명에서 상기 다층구조체는 각각의 표면개질된 제1 재료 및 제2 재료가 액상의 슬러리 상태에서 자발적으로 적층되어 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 다층구조체에서의 제1 재료가 그래핀이고, 제2 재료가 육방정 질화붕소인 경우에, 상기 그래핀의 표면에 산성 관능기인 카르복실산기가 포함되도록 하며, 상기 육방정 질화붕소에 염기성 관능기인 아미노기가 포함되도록 표면개질된 경우에 이들을 단순히 용매하에 혼합함으로써, 액상의 슬러리 상태에서 자발적으로 적층되도록 할 수 있다.
- [0052] 이 경우에 상기 액상의 슬러리 조건을 유지하기 위한 액상성분에 해당하는 용매로서는 탄화수소, 에테르, 할로겐화 탄화수소, 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 중에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합액이 가능하며, 바람직하게는 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 등의 극성 용매가 사용가능하며, 더욱 바람직하게는 물, 알코올 또는 케톤이 사용될 수 있다.
- [0053] 또한 상기 제1 재료 및 제2 재료의 자발적 적층과정은 상기 표면개질된 각각의 제1 재료 및 제2 재료내의 카르복실산과 아미노기가 용매내에서 결합에 의해 제1재료층과 제2재료층이 교대로 적층된 구조를 자발적으로 형성할 수 있는 것으로 추정된다.
- [0054] 또한 본 발명에서 상기 다층구조체는 상기 제1 재료 및 제2 재료가 플레이크 형태로 이루어짐으로써 상기 제1 재료층 및 제2 재료층은 상기 플레이크들이 필름층을 형성하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0055] 예를 들면, 상기 제1 재료로서 표면개질된 플레이크 형태의 그래핀이 사용되며, 제2 재료로서 표면개질된 플레이크 형태의 질화붕소가 사용되어, 상기 각각의 플레이크들이 필름층을 형성하여 제1 재료층과 제2 재료층이 적층된 다층구조체를 형성하는 것이다.
- [0056] 한편 본 발명에서 상기 제1 재료가 그래핀이고 제2 재료가 육방정 질화붕소인 경우, 상기 육방정 질화붕소에 의해 이루어지는 육방정 질화붕소층은 상기 그래핀에 의해 이루어지는 그래핀층을 덮어 그래핀층의 투명도 등을 조절하거나 또는 외부환경으로부터 보호할 수 있는 기능을 부여할 수 있다.
- [0057] 또한 본 발명은 상기 다층 구조체를 포함하는 투명 필름을 제공할 수 있다. 즉, 제1 재료층만으로 구성된 필름의 투명도 등을 조절하기 위해 제2 재료층이 교대로 적층된 형태의 다층구조체를 이용하여 새로운 물성을 갖는 투명 필름을 제공할 수 있는 것이다.
- [0058] 또한 본 발명은 기관; 및 본 발명에 의해 제조되는 상기 다층 구조체를 포함하는 전자 디바이스를 제공할 수 있다. 이는 본 발명에 의해 제조된 다층구조체를 스프레이코팅, 스핀코팅 등을 이용하여 기관위에 용매를 제거하면서 기관위에 증착함으로써 이루어질 수 있다.
- [0059] 한편, 본 발명은 상기 제1 재료층과, 제1 재료층과는 상이한 제2 재료층이 적층된 다층구조체의 제조방법을 제공한다.
- [0060] 이는 도 2를 통해 살펴볼 수 있다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층구조체의 제조방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0061] 도 2에서 보는 바와 같이 상기 제조방법은 제1 재료의 표면을 표면개질하는 단계(1단계), 상기 제1재료와는 상이한 제2재료의 표면을 표면개질하는 단계(1'단계), 상기 표면개질된 각각의 재료를 액상의 슬러리 상태로 혼합하는 단계(2단계) 및 얻어진 다층구조체를 정제하는 단계(3단계)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0062] 보다 상세하게는, 본 발명의 다층구조체를 제조하는 방법은 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂,

TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나의 2차원 나노구조를 갖는 제1 재료의 표면이 산성 관능기 또는 염기성 관능기를 포함함으로써 제1 재료의 표면을 개질하는 단계; 그래핀, 질화붕소, MoS₂, WS₂, MoSe₂, MoTe₂, TaSe₂, NbSe₂, NiTe₂, Bi₂Te₃ 에서 선택되는 어느 하나의 2차원 나노구조를 가지되, 상기 제1 재료와는 상이한 제2 재료의 표면이 상기 제1 재료의 표면이 산성 관능기를 포함하는 경우에는 염기성 관능기를 포함하도록 하며, 상기 제1 재료의 표면이 염기성 관능기를 포함하는 경우에는 산성 관능기를 포함하도록 함으로써 상기 제2 재료의 표면을 개질하는 단계; 상기 표면개질된 각각의 제1 재료와 제2 재료를 액상의 슬러리 상태로 혼합함으로써 상기 제1 재료와 제2 재료가 자발적으로 적층되어 다층구조를 형성하는 단계; 및 액상 성분을 제거한 후 상기 다층구조체를 정제하는 단계;를 포함한다.

- [0063] 여기서, 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면을 표면개질하는 단계(1단계 및 1'단계)는 각각의 제1 재료 또는 제2 재료를 용매에 넣고 이에 방향족 탄화수소 고리 또는 방향족 복소환기에 산성 관능기 또는 염기성 관능기가 결합된 화합물을 혼합함으로써 상기 제1 재료 및 제2 재료의 표면에 상기 화합물이 포함되게 할 수 있다.
- [0064] 상기 방향족 탄화수소 고리 및 방향족 복소환기는 앞서 기재한 바와 같이 방향족 탄화수소 고리는 탄소수 6 내지 40의 아릴기이고, 상기 방향족 복소환기는 탄소수 2 내지 40의 헤테로아릴기일 수 있다.
- [0065] 일 실시예로서 상기 제1 재료가 그래핀이고, 제2 재료가 육방정 질화붕소인 경우에 대해 설명해보면 아래와 같다.
- [0066] 상기 그래핀은 용액내에 흑연(graphite)를 넣고 초음파처리하여 액상박리하거나 또는 흑연 층간에 알칼리 금속 또는 할로젠 원소를 집어넣어 층간을 벌린 후 분리하는 인터칼레이션(intercalation) 방법에 의해 제조하거나 또는 그래핀 옥사이드(graphene oxide)로부터 제조될 수 있으며, 육방정 질화붕소는 CVD 공정, 용매 박리법 또는 기계적 박리법 등을 통해 제조될 수 있다.
- [0067] 우선 상기 재료들을 이들을 용매에 넣고 분산시킨다. 이때 사용되는 용매로서는 앞서 기재된 바와 같이 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 등의 극성 용매가 사용가능하며, 방향족 헤테로화합물로 이루어진 용매도 사용가능하다.
- [0068] 또한 그래핀 및 육방정 질화붕소는 동일한 종류의 용매내에서 분산될 수 있으며, 또한 각각 다른 용매에 분산시켜 표면개질할 수 있고, 상기 그래핀 및 육방정 질화붕소는 초음파 처리 등을 통해 용매 내에서 균일하게 분포하게 할 수 있다.
- [0069] 이때 상기 그래핀과 육방정 질화붕소는 액상박리 또는 인터칼레이션(intercalation) 방법에 의해 나노플레이크 형태로 제조한 후에 비공유 또는 공유 기능기화를 통해 표면을 개질될 수 있다.
- [0070] 이를 위해 피리딘 용매에 그래핀과, 말단이 카르복실기를 포함하는 방향족 탄화수소 고리 화합물 또는 말단이 카르복실기를 포함하는 방향족 복소환 화합물을 혼합하고 초음파 처리를 하게되면 상기 방향족 고리와 그래핀사이의 파이전자간의 상호결합(pi-pi interaction)에 의해 비공유 기능기화로 표면개질이 가능하다.
- [0071] 본 발명에서의 표면개질은 제1 재료인 그래핀과 제2 재료인 육방정 질화붕소의 표면이 서로 반대의 산성도를 갖는 관능기 또는 반대의 표면 전하를 가지도록 표면을 개질하여 용액내에서 서로 혼합되었을 때 상기 반대의 산성도를 갖는 관능기 또는 반대의 표면 전하로 인해 자발적으로 결합하여 다층구조를 형성할 수 있도록 표면개질한다.
- [0072] 이 경우에, 본 발명에서 상기 산성관능기와 염기성 관능기는 앞서 기재한 바와 같이 수용액상에서 양성자를 낼 수 있는 브뢴스테드 산/염기, 또는 비공유 전자쌍을 주거나 받을 수 있는 루이스 산/염기에 포함될 수 있는 관능기이면 어느 것이나 사용가능하며, 바람직하게는 산성 관능기는 카르복실기, 설폰산기, 인산기, 또는 페놀기에서 선택될 수 있고, 상기 염기성 관능기는 아미노기, 2차 아민기, 3차 아민기, 피리디닐, 피롤기, 피리디민기 중에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.
- [0073] 예를 들어 제2 재료로서 질화붕소를 사용하는 경우에, 표면 개질은 그래핀의 경우와 유사하게 질화붕소 나노 플레이크(nanoflake)를 사용하되, 그래핀에서 사용된 산성 관능기와는 반대의 산성도를 갖도록, 말단이 아미노기(NH₂-)를 포함하는 방향족 탄화수소 고리 화합물 또는 말단이 아미노기(NH₂-)를 포함하는 방향족 복소환 화합물을 알코올 용매하에서 혼합하고 초음파 처리를 하게 되면 상기 방향족 고리와 질화붕소 사이의 파이전자간의 상호결합(pi-pi interaction)에 의해 비공유 기능기화로 표면개질이 가능하다.
- [0074] 상기와 같이 그래핀을 표면개질하면 그래핀은 표면이 산성 관능기를 포함하게 되며, 질화붕소는 염기성 관능기

를 포함하게 된다.

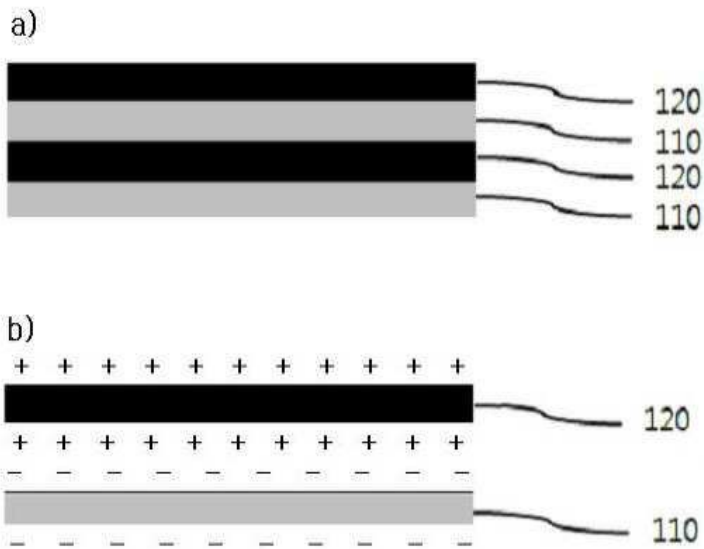
- [0075] 본 발명에서 상기 제1 재료의 표면개질 방법으로서 그래핀의 표면을 앞의 경우와 달리 염기성 관능기를 포함하게 되며, 제1 재료의 표면개질 방법으로서 질화붕소는 산성 관능기를 포함하게 할 수도 있고, 이는 통상의 기술자에게 작업조건 또는 주어진 상황에 따라 자유롭게 적용할 수 있다.
- [0076] 한편 본 발명에서 상기 표면개질된 각각의 재료를 액상의 슬러리 상태로 혼합하는 단계(2단계)는 상기 표면개질된 각각의 제1 재료와 제2 재료를 용매하에서 단순히 혼합함에 의해 상기 제1 재료와 제2 재료가 자발적으로 적층되는 것을 유도할 수 있다.
- [0077] 이경우에, 상기 표면개질된 각각의 제1 재료와 제2 재료를 포함하는 두 용액을 서로 섞거나, 또는 용매하에 각각의 제1 재료와 제2 재료를 혼합함으로써, 상기 제1 재료와 제2 재료가 표면 전하 차이로 인해 결합하여 다층구조를 형성하여 자발적으로 적층될 수 있다.
- [0078] 또한 본 발명에서 상기 액상의 슬러리 조건을 유지하기 위한 액상성분에 해당하는 용매로서는 탄화수소, 에테르, 할로겐화 탄화수소, 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 중에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 혼합액이 가능하며, 바람직하게는 물, 알코올, 케톤, 알데히드, 에스테르 등의 극성 용매가 사용가능하며, 더욱 바람직하게는 물 또는 알코올이 사용될 수 있다.
- [0079] 이때 상기 표면개질된 각각의 제1 재료와 제2 재료의 함량 조절을 통해 그래핀과 질화붕소의 분율을 조절함으로써, 다층구조체의 전체 두께를 조절할 수 있다.
- [0080] 또한 본 발명에서의 마지막 단계로서, 얻어진 다층구조체를 정제하는 단계(3단계)는 상기 액상 성분을 제거한 후 상기 다층구조체를 정제하는 단계로 이루어진다.
- [0081] 이는 상기 다층구조체가 형성된 용액을 상기 액상 성분을 제거하기 위해 필터, 세척 및 건조 과정을 포함하여 이루어 질 수 있다.
- [0082] 또한 본 발명은 상기 얻어진 다층구조체를 정제하는 단계(3단계)이후에 상기 액상 성분을 제거한 후 얻어지는 다층구조체를 열처리하는 과정을 추가로 포함할 수 있다.
- [0083] 이 경우에 상기 열처리는 열풍 건조 또는 오븐상에 상기 다층구조체를 넣고 일정시간 경과하게 하는 과정을 포함할 수 있고, 상기 열처리 온도는 100도 내지 400도의 범위를 가질 수 있다.
- [0084] 이하, 실시예를 통하여 본 발명 과정의 세부사항을 설명하고자 한다. 이는 본 발명에 관련한 대표적 예시로서, 이것만으로 본 발명의 적용 범위를 결코 제한할 수 없음을 밝히는 바이다.
- [0085] (실시예)
- [0086] 실시예 1-1) 그래핀의 표면개질
- [0087] 그래핀의 제조방법으로서, $\text{NaCl} : \text{KCl} : \text{ZnCl}_2 = 0.225 : 0.225 : 0.550$ 의 비율로 혼합한 후 혼합된 염과 흑연을 9:1의 무게비로 섞은 후 350도에서 10시간 열처리를 진행한다. 반응이 끝난 GIC(graphite intercalation compound)를 pyridine 용액에 넣어 박리를 하여 그래핀을 제조한다.
- [0088] 상기 인터칼레이션 방법에 의해 얻어진 나노 플레이크 형태의 그래핀 20 mg을 피리딘 40 ml에 넣고 산성관능기를 갖는 화합물로서 1-PBA(pyrene butyric acid)를 20 mg 넣고 50도에서 12시간 동안 초음파 처리를 하였다.
- [0089] 이후 필터링과 증류수로 세척을 진행하여 건조하면 표면개질된 그래핀이 얻어진다.
- [0090] 이후에 더 이상의 추가적 정제과정이 없이 다층구조체의 제조에 상기 표면개질된 그래핀을 사용하였다.
- [0091] 실시예 1-2) 질화붕소의 표면개질
- [0092] 이소프로필알콜(IPA) 용액내에 질화붕소 분말을 넣고 초음파 처리 후 원심분리함으로써 액상박리방법에 의해 얻어진 나노 플레이크 형태의 질화붕소 분말 200 mg과 용매로서 이소프로필알콜을 100 ml에 넣고 염기성 관능기를 갖는 화합물로서 aminopyrene 200 mg을 넣고 50도에서 12시간 초음파 처리를 하고 IPA로 세척하여 잔류 aminopyrene을 제거 후 원심분리를 통해 가라앉은 것은 버리면 표면개질된 질화붕소가 분산된 용액을 얻는다.
- [0093] 실시예 1-3) MoS_2 의 표면개질
- [0094] bulk MoS_2 를 알칼리 염($\text{NaCl} : \text{KCl} : \text{ZnCl}_2$)과 혼합 후에 350도에서 열처리를 하면 상기 알칼리 금속 이온들이

MoS₂ 층간으로 삽입되어 인터칼레이션이 되고 이로 인해 분리가 일어나 플레이크 형태의 MoS₂ nanosheet를 제조할 수 있다.

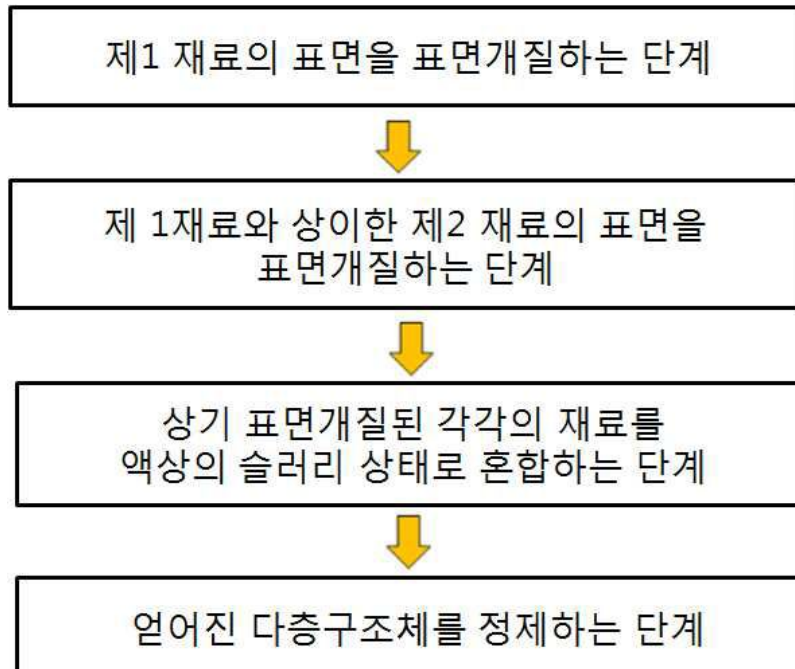
- [0095] 상기 플레이크 형태의 MoS₂ 나노시트(nanosheet) 분말 200 mg을 용매로서 이소프로필알콜을 100 ml에 넣고 염기성 관능기를 갖는 화합물로서 aminopyrene 200 mg을 넣고 50도에서 12시간 초음파 처리를 하고 IPA로 세척하여 잔류 aminopyrene을 제거 후 원심분리를 통해 가라앉은 것은 버리면 표면개질된 MoS₂ 가 분산된 용액을 얻는다.
- [0096] 실시예 2-1) 그래핀/질화붕소 다층구조체의 제조
- [0097] 상기 실시예 1-1에서 제조된, 표면개질된 그래핀 1 mg을 이소프로필 알콜에 분산시킨 후, 상기 실시예 1-2에서 제조된, 표면개질된 질화붕소 1 mg을 포함하는 용액과 서로 섞으면 자발적으로 표면 전하 차이로 인해 결합하여 다층구조체를 형성한다. 이후 1-2일 상기 혼합용액을 방치함으로써 용매내에서 상기 다층구조체가 층을 형성하도록 한다.
- [0098] 이때 각각의 용액내 포함된 그래핀 및 질화붕소의 양 조절을 통해 그래핀과 질화붕소의 분율을 조절할 수 있다.
- [0099] 실시예 2-2) 그래핀/MoS₂ 다층구조체의 제조
- [0100] 상기 실시예 2-1과 동일한 조건하에서 실험하되, 표면개질된 질화붕소를 포함하는 용액대신에 표면개질된 MoS₂ 1 mg을 포함하는 용액을 사용하였다.
- [0101] 도 3은 본 발명의 실시예 2-1에 따른 제1 재료로서 그래핀을 사용하고 제2 재료로서 육방정 질화붕소를 사용하여 다층구조체를 제조한 경우의 각각의 표면개질된 재료 및 다층구조체를 나타낸 사진이다.
- [0102] 도 3에서 보는 바와 같이 PBA처리에 의해 카르복실산을 포함함으로써 표면개질된 그래핀이 분산된 아세톤 용액(PBA-G)과 AP처리에 의해 아미노기를 포함하도록 표면개질된 육방정 질화붕소가 분산된 이소프로필알콜 용액(AP-BN)을 혼합한 직후의 사진(Mixed solution) 및 이후에 하루가 경과한 후 그래핀과 육방정 질화붕소가 결합하여 용매 내에서 층을 형성한 사진(1day)을 통해 다층구조체가 형성되는 것을 확인할 수 있다.
- [0103] 도 4는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 그래핀층과 육방정 질화붕소층에 의한 다층구조체의 XRD 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0104] 상기 도4에서의 XRD 결과에서 나타나듯이 기능기화된 그래핀과 질화붕소의 경우 비공유 기능기화에 의해 피크가 이동한 것을 확인할 수 있고 다층구조체를 형성하게 되면 다층구조체의 피크의 폭이 넓어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 그래핀층과 질화붕소층에서 회절되어 발생하는 피크 뿐만 아니라 다층구조체를 형성하면서 생기는 구조에 의해서도 회절되기 때문에 나타나는 현상으로 이를 통해 그래핀/육방정 질화붕소 다층구조가 형성된 것을 확인할 수 있다.
- [0105] 도 5는 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 그래핀층과 육방정 질화붕소층에 의한 다층구조체의 TEM 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0106] 상기 도5에서의 TEM 결과에서 볼 수 있듯이, 2차원의 플레이크가 적층되어 있는 구조를 확인할 수 있다. 2차원 플레이크의 성분을 확인하기 위해 적층된 플레이크를 따라 EELS분석을 시행한 결과 탄소와 붕소의 피크가 교대로 반복되어 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 그래핀과 육방정 질화붕소가 교대로 적층되어 있는 것을 미세조직 및 조성 분석을 통해 확인할 수 있다.
- [0107] 이상에서 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명을 도시하고 상세히 설명하였으나, 본 발명은 특정의 바람직한 실시예로 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

도면

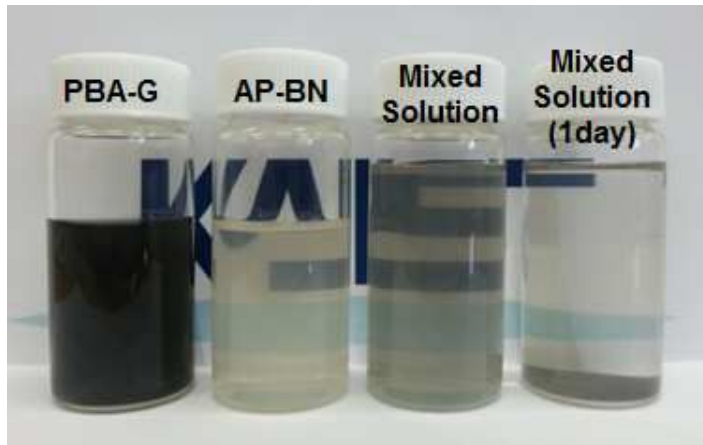
도면1



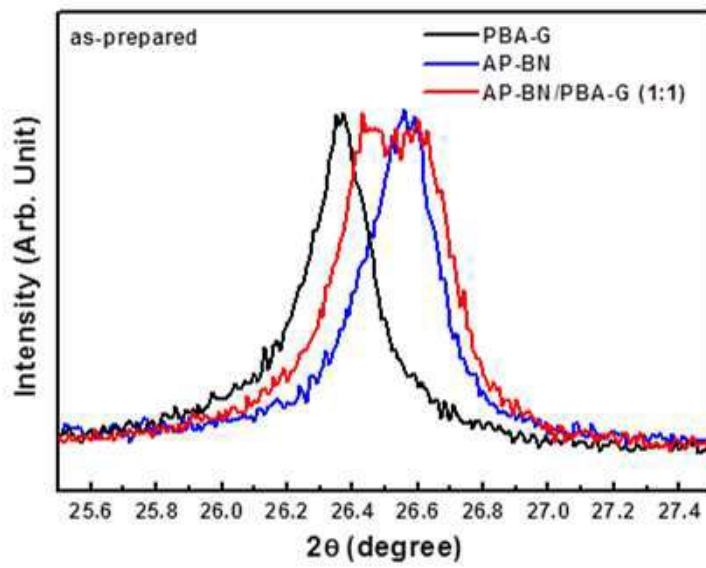
도면2



도면3

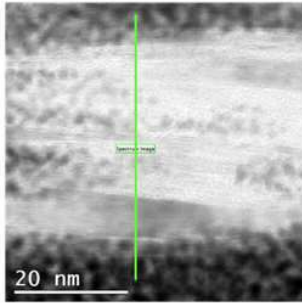


도면4

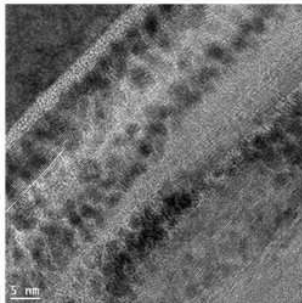


도면5

▪ STEM



▪ HRTEM



▪ EELS line scan

