



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0045581
(43) 공개일자 2019년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/26 (2006.01) C01B 32/198 (2017.01)
C23C 16/505 (2006.01) C23C 16/52 (2018.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/26 (2013.01)
C01B 32/198 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2017-0138347
(22) 출원일자 2017년10월24일
심사청구일자 2018년10월23일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
최택집
서울특별시 송파구 양재대로 1218 올림픽선수기자
촌아파트 302동 1402호
윤철민
서울특별시 강서구 화곡로49길 25 태성빌라 101호
(74) 대리인
특허법인이상

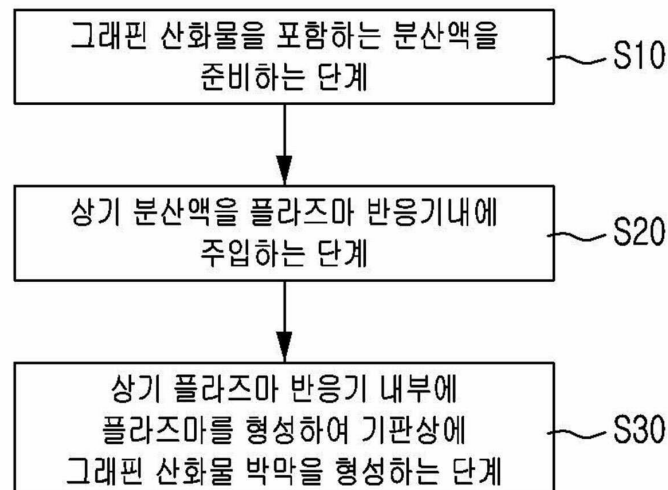
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 그래핀 산화물 박막 제조방법 및 이에 의하여 제조된 그래핀 산화물 박막

(57) 요약

그래핀 산화물 박막 제조방법 및 이에 의하여 제조된 그래핀 산화물 박막을 제공한다. 그래핀 산화물 박막 제조 방법은, 그래핀 산화물을 포함하는 분산액을 준비하는 단계, 분산액을 플라즈마 반응기 내에 주입하는 단계 및 플라즈마 반응기 내부에 플라즈마를 형성하여 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 본 발명에 따르면, 그래핀 산화물 분산액을 이용하여 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 직성장시킬 수 있는 그래핀 산화물 박막 제조방법을 제공할 수 있다. 또한, 우수한 표면 균일도를 갖는 그래핀 산화물 박막을 제조할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C23C 16/505 (2013.01)

C23C 16/52 (2018.01)

(72) 발명자

이호진

서울특별시 광진구 광나루로13길 21, 301호

이희진

서울특별시 송파구 양재대로72길 18 현대백조아파트 102동 805호

이준봉

서울특별시 중랑구 봉화산로42길 15-3, 지층 안쪽

명세서

청구범위

청구항 1

그래핀 산화물을 포함하는 분산액을 준비하는 단계;

상기 분산액을 플라즈마 반응기 내에 주입하는 단계; 및

상기 플라즈마 반응기 내부에 플라즈마를 형성하여 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 분산액은 그래핀 산화물 및 C, H 및 O 원소를 함유하는 용매를 포함하는 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 그래핀 산화물은 플레이크 형태인 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 용매는 $R(OH)_n$ ($n=1,2$, R은 탄소수 1 내지 3의 알킬기)의 구조식을 갖는 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 플라즈마 반응기 내에 고주파 파워(RF power)를 인가함에 따라 상기 분산액 내 용매가 플라즈마화 되는 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 웨이퍼 또는 유리인 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 그래핀 산화물 박막은, 두께에 따라 상기 박막 내 원소 성분이 다르게 분포되는 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 그래핀 산화물 박막은, 상기 박막 내에서 기판과 접하는 방향으로 탄소와 산소 결합 구조가 탄소와 탄소 결합 구조보다 많고, 기판과의 반대 방향으로 탄소와 탄소 결합 구조가 탄소와 산소 결합 구조보다 많은 것을 특징으로 하는 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 그래핀 산화물 박막은, 상기 박막 내에서 기관과 접하는 방향으로 갈수록 탄소와 산소 결합이 증가하는 구조를 갖는 것인, 그래핀 산화물 박막 제조방법.

청구항 10

기관 상에 형성되고, 두께에 따라 상기 박막 내 원소 성분이 다르게 분포되는 것을 특징으로 하는 그래핀 산화물 박막.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 그래핀 산화물 박막은, 상기 박막 내에서 기관과 접하는 방향으로 갈수록 탄소와 산소 결합이 증가하는 구조를 갖는 것인, 그래핀 산화물 박막.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 기관은 실리콘 웨이퍼, 유리 또는 폴리머인 것인, 그래핀 산화물 박막.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 그래핀 산화물 박막의 두께는 1nm 내지 100nm인 것인, 그래핀 산화물 박막.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 그래핀에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 그래핀 산화물 박막 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 그래핀은 탄소 원자들로 구성되어 2차원 평면(2-dimensional)을 이루고 있는 구조이다. 그래핀은 하나의 층상구조를 가지며 벌집 모양의 구조로 육각형의 격자를 이루고 있으며, 각 꼭짓점에는 탄소 원자가 위치하고 있다. 이러한 그래핀은 높은 전하이동도, 투과율, 열전도도를 가지며 기계적 강도가 높고 탄성계수가 높아 각종 분야에서 각광받고 있는 물질이다.

[0003] 그래핀을 고품질로 대량 생산하는 기술에는 제반사항이 많기 때문에 연구원들은 흑연(graphite)을 통해 산화 그래파이트를 제조하는 기술을 제안하였다. 산화 그래파이트는 분산액으로 대량 합성, 공정성 확보, 다양한 응용이 가능하고, 뿐만 아니라, 초음파 처리를 통해 산화 그래핀으로 박리할 수 있다.

[0004] 박리된 산화 그래핀에 온도 별로 열처리를 하여 환원을 하게 되면, 온도가 증가함에 따라서 sp^2 클러스터(cluster)가 점차 생성되어 접합 구조(long-range conjugated structure)를 이루게 된다. 환원된 산화 그래핀(rGO : Reduced graphene oxide)은 전체 구조 중에서 이러한 sp^2 구조가 약 60% 이상 생성하게 되면 높은 전기전도도의 2D 물질로 변형이 가능하다.

[0005] 일반적으로 환원된 산화 그래핀은 감압 필터를 사용하여 멤브레인(membrane)으로 얻을 수 있고, 기관 위에 전사하여 전자 재료 소자로 응용이 가능하다. 하지만 감압 필터를 이용하여 제작한 필름은 제작이 어렵고 균일도가 떨어지는 한계가 존재한다.

[0006] 이러한 그래핀 박막을 성장시키는 방법으로는, 다양한 CVD 장비에서 고온의 복잡한 과정을 통해 단일 분자층의 그래핀 박막을 성장하는 것이 보고되어 왔다. 일반적으로, 구리와 니켈과 같은 금속 기관에서 탄소와 수소로 이루어진 전구체(C_xH_y) 계열을 주입하며 플라즈마를 발생해 그래핀을 성장한다. 그래핀 박막이 성장하는 메커니즘

은 C_xH_y 이온이나 라디칼이 금속 기판과 SiO_2 사이의 계면에서 핵을 이루고 반응시간이 지날수록 그래핀이 생성된다.

- [0007] 이러한 공정 과정은 1000℃ 이상에서의 공정 과정이 필수적이며 그래핀을 성장하고자 하는 기판이 금속/ SiO_2 /Si로 이루어져 있어 증착이 끝난 후에 금속을 제거하는 과정이 추가로 필요하다. 그래핀이 성장한 후에 금속을 식각하여 제거하는 과정에서는 그래핀의 손상과 잔여 금속은 불순물로서 그래핀의 품질을 저하시킬 수 있기 때문에 이러한 문제점을 개선할 방안이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 10-2013-0032692호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 직성장시킬 수 있는 그래핀 산화물 박막 제조방법을 제공함에 있다. 또한, 상기 제조방법에 의하여 우수한 표면 균일도를 갖는 그래핀 산화물 박막을 제조할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 그래핀 산화물 박막 제조방법을 제공한다. 상기 그래핀 산화물 박막 제조방법은, 그래핀 산화물을 포함하는 분산액을 준비하는 단계, 분산액을 플라즈마 반응기 내에 주입하는 단계 및 상기 플라즈마 반응기 내부에 플라즈마를 형성하여 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 분산액은 그래핀 산화물 및 C, H 및 O 원소를 함유하는 용매를 포함할 수 있다. 상기 그래핀 산화물은 플레이크 형태일 수 있다. 상기 용매는 $R(OH)_n$ ($n=1,2$, R은 탄소수 1 내지 3의 알킬기)의 구조식을 갖는 것일 수 있다. 상기 플라즈마 반응기 내에 고주파 파워(RF Power)를 인가함에 따라 상기 분산액 내 용매가 플라즈마화 되는 것일 수 있다. 상기 기판은 실리콘 웨이퍼, 유리 또는 폴리머일 수 있다.
- [0012] 상기 그래핀 산화물 박막은, 두께에 따라 상기 박막 내 원소 성분이 다르게 분포되는 것일 수 있다. 상기 그래핀 산화물 박막은, 상기 박막 내에서 기판과 접하는 방향으로 탄소와 산소 결합 구조가 탄소와 탄소 결합 구조보다 많고, 기판과의 반대 방향으로 탄소와 탄소 결합 구조가 탄소와 산소 결합 구조보다 많을 수 있다. 상기 그래핀 산화물 박막은, 상기 박막 내에서 기판과 접하는 방향으로 갈수록 탄소와 산소 결합이 증가하는 구조를 갖는 것일 수 있다.
- [0013] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 다른 측면은 그래핀 산화물 박막을 제공한다. 상기 그래핀 산화물 박막은, 기판 상에 형성되고, 두께에 따라 상기 박막 내 원소 성분이 다르게 분포되는 것일 수 있다. 상기 그래핀 산화물 박막은, 상기 박막 내에서 기판과 접하는 방향으로 갈수록 탄소와 산소 결합이 증가하는 구조를 갖는 것일 수 있다. 상기 기판은 실리콘 웨이퍼 또는 유리일 수 있다. 상기 그래핀 산화물 박막의 두께는 1nm 내지 100nm일 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따르면, 그래핀 산화물 분산액을 이용하여 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 직성장시킬 수 있는 그래핀 산화물 박막 제조방법을 제공할 수 있다. 또한, 상기 제조방법에 의하여 우수한 표면 균일도를 갖는 그래핀 산화물 박막을 제조할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 산화물 박막 제조방법을 순서대로 나타낸 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 그래핀 산화물 박막을 나타낸 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 투과전자현미경(TEM) 분석 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 라만 분석 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 엑스선 광전자 분석(X-ray photoelectron spectroscopy) 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 표면 거칠기를 비교한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 의한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0018] 본 발명이 여러 가지 수정 및 변형을 허용하면서도, 그 특정 실시예들이 도면들로 예시되어 나타내어지며, 이하에서 상세히 설명될 것이다. 그러나 본 발명을 개시된 특별한 형태로 한정하려는 의도는 아니며, 오히려 본 발명은 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 사상과 합치되는 모든 수정, 균등 및 대용을 포함한다.
- [0019] 층, 영역 또는 기판과 같은 요소가 다른 구성요소 "상(on)"에 존재하는 것으로 언급될 때, 이것은 직접적으로 다른 요소 상에 존재하거나 또는 그 사이에 중간 요소가 존재할 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 산화물 박막 제조방법을 순서대로 나타낸 순서도이고, 도 2는 도 1의 제조방법에 의하여 제조된 그래핀 산화물 박막을 나타낸 모식도이다.
- [0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 그래핀 산화물을 포함하는 분산액을 준비할 수 있다(S10). 상기 분산액은 그래핀 산화물 및 용매를 포함하는 것이되, 구체적으로, 상기 용매에 그래핀 산화물 플레이크(Graphene oxide flake, GOF)가 분산된 것일 수 있다. 상기 그래핀 산화물 플레이크(GOF)의 두께는 예를 들어, 1nm 내지 1000nm, 구체적으로는, 1nm 내지 10nm 또는 10nm 내지 100nm 또는 100nm 내지 1000nm 범위를 갖는 얇은 막의 형태일 수 있으며, 상기 두께 범위의 그래핀 산화물 플레이크가 혼합되어 상기 분산액 내에 분산되어 있을 수 있다.
- [0023] 상기 용매는 C, H 및 O 원소를 포함하는 것일 수 있으며, 구체적으로, 상기 용매는 극성 용매일 수 있다. 예를 들어, 상기 용매는 알코올, 구체적으로, 1가 알코올 또는 2가 알코올일 수 있다. 예컨대, 상기 용매는 R(OH)_n (n=1,2, R은 탄소수 1 내지 3의 알킬기)의 구조식을 가진 것일 수 있다. 일 예로, 상기 용매는 에틸렌 글리콜, 이소프로필 알코올 등을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 분산액을 플라즈마 반응기 내에 주입할 수 있다(S20). 상기 분산액은 두께가 매우 얇은 노즐을 통하여 상기 플라즈마 반응기 내에 고압으로 분사될 수 있다. 이때, 상기 분산액 내의 그래핀 산화물 플레이크는 더 작은 크기로 파쇄될 수 있다. 상기 플라즈마 반응기 내의 캐리어 가스, 일 예로, 아르곤(Ar) 가스의 유량은 600sccm 내지 1400sccm일 수 있다.
- [0025] 상기 플라즈마 반응기 내부에 플라즈마를 형성하여 기판 상에 그래핀 산화물 박막을 형성할 수 있다(S30). 상기 플라즈마 반응기 내에는 플라즈마 발생이 가능한 수백 토르(Torr)이하의 진공 조건 하에서 마이크로웨이브, 고주파 파워(RF power) 등의 외부전원을 인가할 수 있다. 구체적으로, 상기 플라즈마 반응기 내부 공간상(혹은 챔버 내부)에 위치한 기판 상에 예를 들어, 400W 내지 1000W의 고주파 파워(RF Power)를 인가할 수 있다.
- [0026] 이에 따라, 상기 분산액 내의 성분 중의 일부가 플라즈마 상태로 변화할 수 있다. 보다 구체적으로는, 상기 분산액 내의 용매는 이온 상태, 즉, 플라즈마 상태로 변화하고, 상기 그래핀 산화물은 상대적으로 안정한 구조를 가지므로 분자 구조를 유지하고 플레이크 상태로 존재할 수 있다.
- [0027] 이후, 상기 이온들이 상기 기판(100) 상에 채배열되고, 상기 플레이크 상태의 그래핀 산화물은 상기 기판(100) 상에 직접 박막(thin film)을 성장시킬 수 있다.
- [0028] 상기 기판(100)은 실리콘 웨이퍼(wafer) 또는 유리(glass)일 수 있으며, 경우에 따라, 폴리머와 같은 플렉서블(flexible) 기판일 수도 있다. 예를 들어, 상기 폴리머는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌이미드

(PEI), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리아미드(PI), 폴리다이메틸실론세인(PDMS) 및 폴리카보네이트(PC) 등 일 수 있다.

[0029] 구체적으로, 상기 기판(100)은 실리콘 웨이퍼(wafer)일 수 있다. 상기 기판은 자연 산화막(미도시)을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 그래핀 산화물 박막(200)은 상기 기판(100), 구체적으로 기판(100) 상에 형성된 자연 산화막(미도시)상에 형성될 수 있다. 상기 그래핀 산화물 박막(200)은 1nm 내지 500nm, 구체적으로, 1nm 내지 100nm, 더 구체적으로, 1nm 내지 50nm, 보다 구체적으로, 1nm 내지 10nm의 평균 두께를 가질 수 있다.

[0030] 상기 플라즈마 반응기 내의 온도는, 저온 범위, 구체적으로 1000℃ 이하, 더 구체적으로, 400℃ 내지 700℃, 보다 구체적으로, 400℃ 내지 600℃의 범위를 유지할 수 있다.

[0031] 다시 말해서, 본 발명에 따른 그래핀 산화물 박막 제조방법은, 상기 그래핀 산화물 박막(200)이 실리콘 웨이퍼 상에 직접 성장이 가능하도록 함으로써, 기존의 화학 기상 증착(chemical vapor deposition)에 의하여 그래핀을 증착할 시 금속을 식각하여 제거하는 과정이 필요하지 않을 수 있어, 금속을 식각하는 과정에서 생기는 그래핀의 손상과 잔여 금속 불순물로 인하여 그래핀의 품질을 저하시키는 문제점이 발생하지 않을 수 있다. 또한, 플라즈마 기상 증착 장치에 전구체인 그래핀 산화물 플레이크를 사용함으로써, 보다 간단한 공정과정과 낮은 열처리 온도범위로 고품질의 그래핀 산화물 박막을 보다 용이하게 형성할 수 있다.

[0032] 상기 그래핀 산화물 박막(200) 내 상기 그래핀 산화물은 환원되어 상대적으로 산소가 결핍된 상태인 환원된 산화 그래핀(reduced graphene oxide, rGO)으로 일부 변화할 수 있다.

[0033] 상기 그래핀 산화물 박막(200)은 두께에 따라 함량 원소가 다르게 분포되어 형성될 수 있다. 구체적으로, 상기 그래핀 산화물 박막(200)은 그래핀 산화물이 일부 존재하는 환원된 산화 그래핀(rGO) 박막이되, 상기 박막(200) 내에서 기판과 접하는 방향으로 탄소와 산소 결합 구조가 탄소와 탄소 결합 구조보다 많고, 기판과의 반대 방향으로 탄소와 탄소 결합 구조가 탄소와 산소 결합 구조보다 많을 수 있다. 다시 말해서, 상기 그래핀 산화물 박막(200)은, 상기 박막(200) 내에서 기판(100)과 접하는 방향으로 갈수록 탄소와 산소 결합이 증가하는 구조를 가짐으로써, 상기 기판(100)과 접하는 영역에 산소 풍부 지역(oxygen rich region)이 존재할 수 있다.

[0034] 이러한 상기 그래핀 산화물 박막(200) 구조는 예를 들어, 전자과 차폐 효과를 발휘할 수 있다. 구체적으로, 상기 박막(200)은 기판(100)과 접하는 방향으로 갈수록 탄소와 산소 결합이 증가하는 구조를 가짐으로써, 상기 기판(100)을 기준으로 상기 박막(200)의 하부층은 그래핀 산화물에 의한 우수한 열발산 특성을 나타낼 수 있고, 상기 기판(100)을 기준으로 상기 박막(200)의 상부층은 그래핀에 의한 전자과 흡수 특성을 나타낼 수 있다.

[0035] 상기 그래핀 산화물 박막(200)은 높은 박막 균일도를 가질 수 있다. 상기 그래핀 산화물 박막(200)은 두께가 얇은 막의 형태인 그래핀 산화물 플레이크를 사용하여 기판(100) 상에 직접장시킴으로써, 박막의 표면이 보다 균일하게 증착될 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.

[0037] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실험예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.

[0039] <제조예 : 그래핀 산화물 박막 제조>

[0040] 평균 두께가 100nm인 그래핀 산화물 플레이크를 에틸렌 글리콜에 용해시킨 분산액을 플라즈마 화학 기상증착 장치(Plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD)에 노즐을 통하여 주입하였다. 600V의 전압을 인가하여 상기 장치 내에 플라즈마를 발생시켜 실리콘 웨이퍼 상에 그래핀 산화물 박막을 형성하였다. 이때, 장치 내 온도는 600℃를 유지하도록 하였다. 또한, 그래핀 산화물 박막의 두께를 약 20Å(2nm), 40Å(4nm), 50Å(5nm), 70Å(7nm), 500Å(50nm), 1000Å(100nm)가 되도록 장비 파라미터를 셋팅하였다.

[0042] 도 3은 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 투과전자현미경(TEM) 분석 사진이다.

[0043] 도 3을 참조하면, 그래핀 산화물 박막이 각각 2.3nm 및 5.5nm의 두께로 증착된 것을 확인할 수 있다. 이때, 각 전체 두께 중 하부층, 즉, 2.5nm 및 3nm는 실리콘 산화막이다.

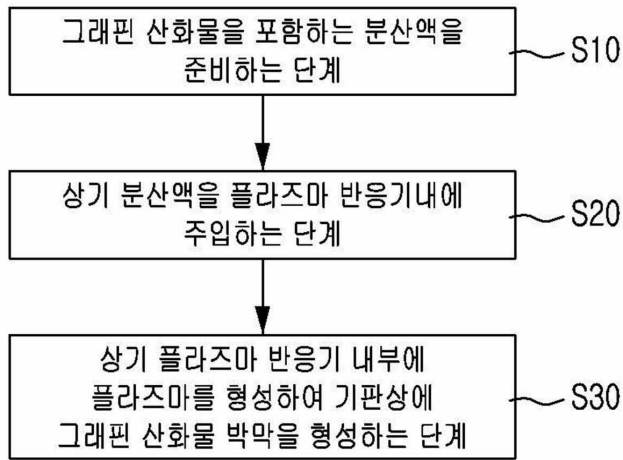
- [0045] 도 4는 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 라만 분석 그래프이다.
- [0046] 도 4를 참조하면, 두께가 두꺼울수록 전체적인 피크(peak)의 강도가 커지는 것을 알 수 있다. 두께가 40Å인 그래핀 산화물 박막은 D 밴드가 G 밴드에 비해서 작고, 두께가 70Å인 그래핀 산화물 박막은 D 밴드가 G 밴드보다 큰 것을 알 수 있다. 이는 그래핀 산화물 박막이 두껍게 증착될수록 전체 박막이 그래핀 산화물에서 환원된 그래핀 산화물로 변해감을 알 수 있다.
- [0048] 도 5는 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 엑스선 광전자 분석(X-ray photoelectron spectroscopy) 그래프이다. 박막 내 원소 성분의 분포를 보다 구체적으로 분석하기 위하여, 두께가 각각 40Å(4nm) 및 70Å(7nm)인 박막과 상기 박막의 상부를 각각 일부 에칭한 박막을 실험군으로 사용하였다. (에칭한 부분의 두께는 약 2nm이었다.) 에칭 방법으로는 상기 박막의 표면에 아르곤 스퍼터링(Ar sputtering)으로 120초간 수행하였다. 도 5의 a, b, c 및 d는 각각 두께가 40Å(4nm), 40Å(4nm)를 표면 에칭한 것, 70Å(7nm) 및 70Å(7nm)를 표면 에칭한 것의 박막의 분석 그래프를 나타낸 것이다.
- [0049] 도 5를 참조하면, a 및 c의 경우에는 거의 유사한 그래프 개형을 보이며, 285.15 eV(C1s, sp^2 carbon)에서 피크(peak)가 생성된다. 또한, 그래핀 산화물 전구체로 증착한 박막의 표면은 그래핀의 이론 값인 284 eV(sp^2 결합), 289 eV(C=O 결합)와 일치하며 그래프의 개형도 일치하는 것으로 보인다. 따라서, 박막의 표면은 라만 결과로 알 수 있었던 그래핀 산화물이 아닌 그래핀에 가까운 박막임을 알 수 있다.
- [0050] b 및 d의 경우, 즉, 40Å 및 70Å 두께의 박막의 표면을 각각 같은 조건에서 에칭한 경우에는 285.9 eV(C-O 결합)에서 피크가 나타나는 것을 알 수 있다. 구체적으로는, 70Å을 표면 에칭한 박막의 경우에는 C-O 결합이 40Å을 표면 에칭한 박막에 비해서 상대적으로 작은 피크가 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0051] 이로써, 그래핀 산화물 전구체를 이용하여 증착한 박막의 표면은 그래핀과 매우 흡사한 박막으로 분석되며, 상기 박막의 하부층, 구체적으로, 상기 박막 내에서 기판에 근접한 방향으로 갈수록 C-O 결합이 증가하는 구조를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0053] 도 6은 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 산화물 박막의 표면 거칠기를 비교한 사진이다.
- [0054] 도 6을 참조하면, 두께가 100Å 미만, 구체적으로, 두께가 20Å 및 50Å인 박막의 경우, 전체적으로 균일도가 매우 높은 것을 확인하였다. 이는 두께가 매우 얇은 막의 형태인 그래핀 산화물 플레이크가 포함된 전구체를 이용하여 증착한 결과인 것으로 예측된다. 박막의 두께가 증가함에 따라서 표면 거칠기도 증가하였으며 두께가 500Å보다 두꺼워질 경우엔 입자가 형성되는 것을 확인할 수 있다.
- [0056] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

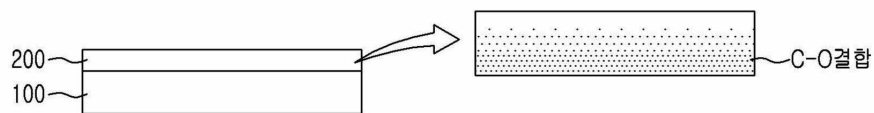
- [0057] 100: 기판 200: 그래핀 산화물 박막

도면

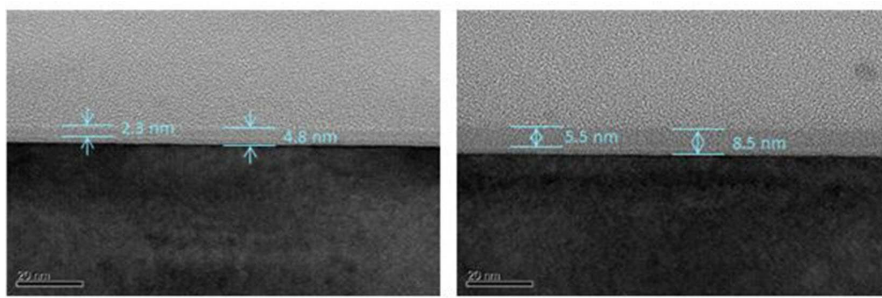
도면1



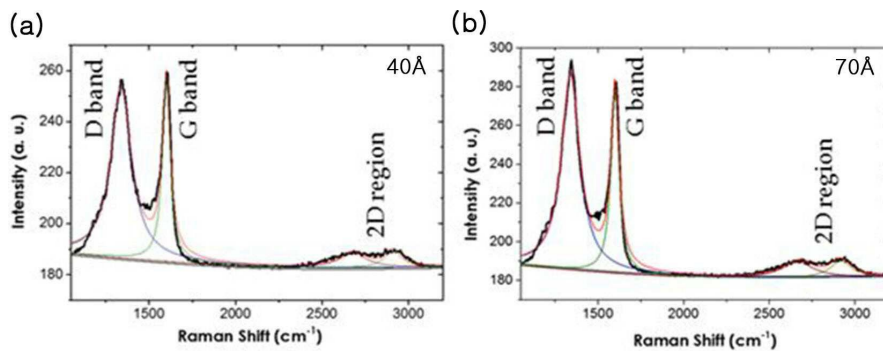
도면2



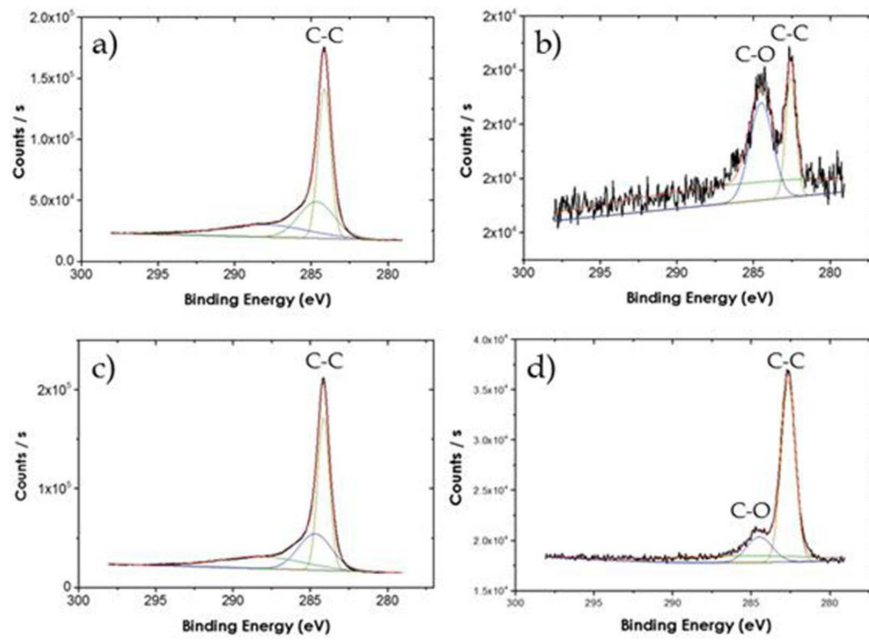
도면3



도면4



도면5



도면6

