



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0117772  
(43) 공개일자 2016년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C01B 31/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C01B 31/0446 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0045155

(22) 출원일자 2015년03월31일

심사청구일자 2015년03월31일

(71) 출원인  
고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김지현

서울특별시 강남구 언주로 332 104동 604호 (역삼동,역삼푸르지오아파트)

김장혁

인천광역시 계양구 계양문화로 142 초정마을두산쌍용아파트 308동 1901호

(74) 대리인

이동건

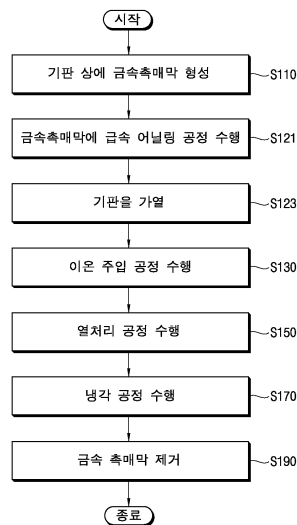
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 그래핀 박막의 제조 방법

**(57) 요약**

그래핀 박막의 제조 방법에 있어서, 기판 상에 금속 촉매막을 형성하고, 금속 촉매막의 표면부에 이온 주입 공정을 통하여 탄소 원자들을 주입시킨다. 탄소 원자들이 주입된 금속 촉매막에 대하여 열처리 공정을 수행하여 탄소 원자들을 금속 촉매막의 하부 및 상부로 분산시키고, 금속 촉매막의 하부 및 상부로 분산된 탄소 원자들에 대하여 냉각 공정을 수행하여 금속 촉매막의 상부 및 하부에 각각 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막을 형성한다. 이후, 금속 촉매막을 기판으로부터 제거함으로써 기판 상에 그래핀 박막이 형성된다.

**대표도 - 도1**



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2013M2A2A6043608
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	방사선기술개발사업
연구과제명	방사선 조사를 이용한 고내구성 투명 전도성 나노박막 제조 기술
기여율	1/2
주관기관	고려대학교
연구기간	2014.07.01 ~ 2015.06.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	20124030200120
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지인력양성(기금)
연구과제명	태양전지 기반기술 고급트랙(고효율 실리콘 태양전지 기술개발을 위한 핵심인력양성 프로그램)[2단계3차년도]
기여율	1/2
주관기관	고려대학교
연구기간	2014.07.01 ~ 2015.06.30

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

기관 상에 금속 촉매막을 형성하는 단계;

상기 금속 촉매막의 표면부에 이온 주입 공정을 통하여 탄소 원자들을 주입시키는 단계;

상기 탄소 원자들이 주입된 상기 금속 촉매막에 대하여 열처리 공정을 수행하여 상기 탄소 원자들을 상기 금속 촉매막의 하부 및 상부로 분산시키는 단계;

상기 금속 촉매막의 하부 및 상부로 분산된 탄소 원자들에 대하여 냉각 공정을 수행하여 상기 금속 촉매막의 상부 및 하부에 각각 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막을 형성하는 단계; 및

상기 금속 촉매막을 상기 기관으로부터 제거하는 단계를 포함하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 이온 주입 공정은 상기 탄소 소스의 주입량, 에너지 강도를 조절하여 상기 제1 및 제2 그래핀 박막의 두께를 조절하는 것을 특징으로 하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 이온 주입 공정을 수행하기 전, 상기 금속 촉매막에 대하여 금속 열처리 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 이온 주입 공정을 수행하기 전, 상기 기관을 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 열처리 공정 전, 상기 탄소 원자들이 주입된 금속 촉매막 상에 산화 방지막을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 상기 열처리 공정은 상압 조건에서 수행되는 것을 특징으로 하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 상기 금속 촉매막을 제거하기 전, 상기 제2 그래핀 박막을 대상체에 전사시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 박막의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 그래핀 박막의 제조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 대상체 상에 그래핀 박막을 형성하는 그래핀 박막의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 우수한 전기 전도도를 가지는 그래핀에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 그래핀은 주어진 두께의 그래핀의 결정 방향성에 따라서 전기적 특성이 변화하므로 사용자가 선택 방향으로의 전기적 특성을 발현시킬 수 있으므로 소자를 쉽게 설계할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 그래핀의 특징은 향후 탄소계 전기 소자 또는 탄소

계 전자기 소자 등에 매우 효과적으로 이용될 수 있다.

- [0003] 상기 그래핀을 형성하기 위한 제조 공정으로는 기계적 박리법 및 화학기상증착법 등이 알려져 있다.
- [0004] 상기 기계적 박리법은 반데르발스 결합의 약한 결합으로 이루어져 있는 흑연 결정체로부터 그래핀을 기계적인 힘으로 떼어내는 것이다. 이는, 그래핀의  $\pi$ -밴드함수의 전자가 표면상에 넓게 퍼져 분포하면서 매끈한 표면을 가지기 때문에 가능하다.
- [0005] 한편, 화학기상증착법을 활용하여 제조된 그래핀의 특성이 가장 우수하고 대량 생산이 가능하다는 장점을 지니고 있다. 하지만, 화학기상증착법을 이용할 경우 전이금속을 촉매막으로 이용하기 때문에 전이금속 상부에 성장된 그래핀을 원하는 기판으로 전사하는 공정이 필요하다. 이와 같이 그래핀은 일반적으로 금속 포일을 이용하여 대면적 합성이 이루어지며, 합성된 그래핀을 전자기기로의 적용하기 위해서는 그래핀을 전자 기기의 전극기판에 전사시키는 공정이 요구된다.
- [0006] 현재 일반적인 대면적 그래핀 층의 전사 방법으로는 그래핀 층이 성장이 된 금속 포일을 PMMA(polymethylmethacrylate)로 이루어진 보호층과 접착시켜 에칭액에 담근 상태에서 상기 금속 포일의 에칭으로 제거하고, 상기 PMMA로 이루어진 보호층 및 그래핀 층을 대상 기판에 전사시키는 방법이 있다.
- [0007] 상술한 그래핀의 제조 방법에 따르면, 그래핀을 대면적으로 제조하는 데 어려움이 있다. 나아가, 그래핀을 기판에 전사시키는 전사 공정이 요구된다. 상기 전사 공정에서 그래핀에 결함이 발생할 수 있으며, 수작업에 어려움이 있을 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 본 발명의 일 목적은 별도의 전사 공정이 생략하여 대면적의 그래핀 박막을 제조할 수 있는 그래핀 박막의 제조 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법에 있어서, 기판 상에 금속 촉매막을 형성하고, 상기 금속 촉매막의 표면부에 이온 주입 공정을 통하여 탄소 원자들을 주입시킨다. 상기 탄소 원자들이 주입된 상기 금속 촉매막에 대하여 열처리 공정을 수행하여 상기 탄소 원자들을 상기 금속 촉매막의 하부 및 상부로 분산시키고, 상기 금속 촉매막의 하부 및 상부로 분산된 탄소 원자들에 대하여 냉각 공정을 수행하여 상기 금속 촉매막의 상부 및 하부에 각각 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막을 형성한다. 이후, 상기 금속 촉매막을 상기 기판으로부터 제거함으로써 상기 기판 상에 그래핀 박막이 형성된다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이온 주입 공정은 상기 탄소 소스의 주입량, 에너지 강도를 조절하여 상기 제1 및 제2 그래핀 박막의 두께가 조절될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이온 주입 공정을 수행하기 전, 상기 금속 촉매막에 대하여 금속 열처리 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이온 주입 공정을 수행하기 전, 상기 기판을 가열하는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 열처리 공정 전, 상기 탄소 원자들이 주입된 금속 촉매막 상에 산화 방지막이 추가적으로 형성될 수 있다. 여기서, 상기 열처리 공정은 상압 조건에서 수행될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 촉매막을 제거하기 전, 상기 제2 그래핀 박막을 대상체에 전사시키는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0015] 본 발명에 따른 그래핀 박막의 제조 방법에 따르면, 전사 공정이 생략된 채 대상체 상에 직접 그래핀 박막을 형성할 수 있다. 이로써, 전사 공정에서 발생할 수 있는 결함이나 오염 문제가 해결됨에 따라, 개선된 품질의 그래핀 박막이 대상체 상에 직접 형성될 수 있다. 또한 이온 주입 공정을 통하여 금속 촉매막 상에 탄소 원자를 주입함으로써 정확히 원하는 두께를 지니는 그래핀 박막을 생성할 수 있다. 나아가, 대면적의 기판에도 상기 그

래핀 박막이 용이하게 형성될 수 있다.

- [0016] 한편, 이온 주입 공정이 수행되기 전, 상기 기판을 가열하는 공정이 추가적으로 수행됨으로써 탄소 원자들이 상기 금속 촉매막의 상부 표면에 균일하게 분산됨으로써 추후 형성되는 그래핀 박막이 전체적으로 균일하게 형성될 수 있다.
- [0017] 또한, 열처리 공정 및 냉각 공정의 조건, 예를 들면 온도 또는 공정 시간이 조절됨으로써 상기 그래핀 박막의 두께가 용이하게 조절될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- 도 4는 산화방지막을 포함하는 그래핀 박막의 제조 방법에 따라 제조된 그래핀 박막들에 대한 라만 스펙트럼 분석 결과를 도시한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법에 따라 니켈 촉매막의 상부 및 하부에 각각 형성된 그래핀 박막들에 대한 라만 스펙트럼 분석 결과를 도시한 그래프들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 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, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [0020] 제1, 제2 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.
- [0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 한편, 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.

**[0023] 그래핀 박막의 제조 방법**

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하면, 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법에 따르면, 기판 상에 금속 촉매막을 형성한다(S110).
- [0026] 상기 기판은 실리콘 박막 및 실리콘 산화물 박막으로 이루어진 이중막 구조를 가질 수 있다.
- [0027] 상기 금속 촉매막은 니켈, 구리, 루테튬, 이리듐, 철, 백금, 알루미늄 중 어느 하나 또는 이들의 합금으로 이루

어질 수 있다. 등과 같은 금속 물질을 이용하여 형성될 수 있다. 상기 금속 촉매막은 예를 들면, 전자빔 기화기(e-beam evaporator)를 이용하는 전자빔 기화 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 금속 촉매막은 후속하는 그 래핀 박막을 형성하는 공정에서 촉매 역할을 할 수 있다.

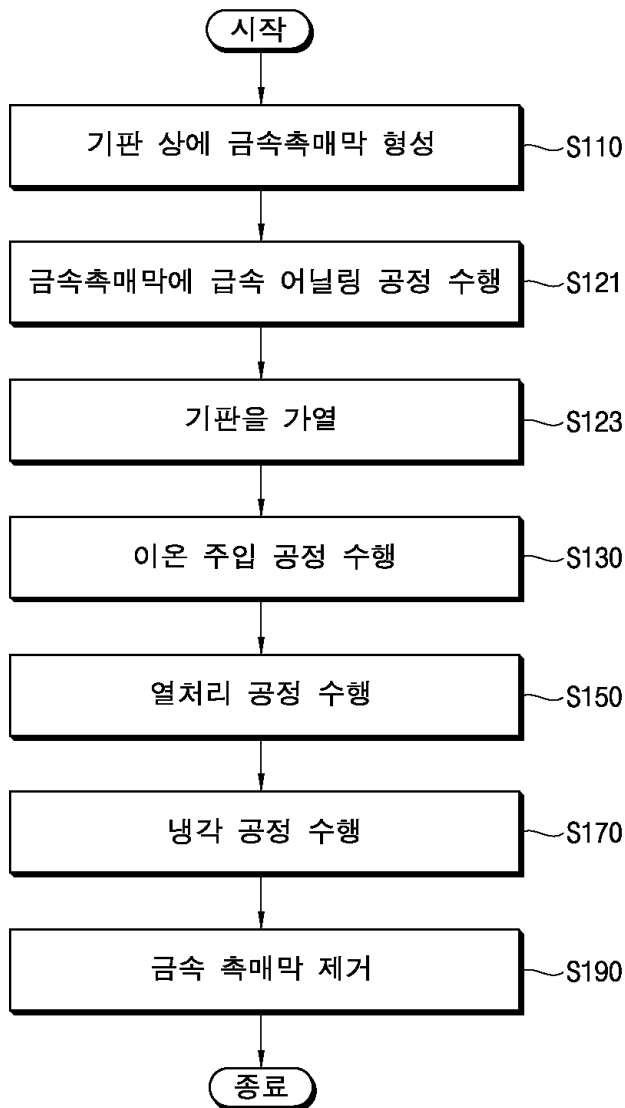
- [0028] 상기 금속 촉매막에 대하여 이온 주입(ion implantation) 공정을 수행하여, 상기 금속 촉매막의 표면에 탄소 원자를 주입한다(S130). 이 때 탄소 원자의 주입량, 이온 주입 공정의 에너지 강도 등을 조절함으로써 후속하여 형성되는 그래핀 박막의 두께를 조절할 수 있다.
- [0029] 상기 탄소 원자들이 주입된 상기 금속 촉매막에 대하여 열처리 공정이 수행된다(S150). 이로써 상기 금속 촉매막의 표면에 주입된 탄소 원자들이 상기 금속 촉매막의 상부 및 하부로 각각 분산된다. 결과적으로 상기 금속 촉매막 및 상기 기판의 계면 및 상기 금속 촉매막의 상부에 탄소 원자들이 각각 석출된다.
- [0030] 상기 열처리 공정은 600 내지 1,000° C 의 온도에서 약 10 내지 60분 동안 수행될 수 있다.
- [0031] 또한 상기 열처리 공정은 진공 분위기에서 수행될 수 있다. 즉, 일반적인 상압 분위기에서는 상기 금속 촉매막의 금속 원자 및 산소 원자의 반응하여 금속 산화물이 생성되고 그래핀이 생성되지 않을 수 있다. 상기 상압 분위기는 1 atm 압력의 대기 상태를 의미한다. 반면에, 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기 진공 분위기에서 상기 열처리 공정이 수행됨에 따라 상기 산화 반응이 억제되고 나아가 상기 금속 촉매막에 주입된 탄소 원자들이 상기 금속 촉매막의 상부 및 하부 표면들 각각을 향하여 효과적으로 분산될 수 있다.
- [0032] 이어서, 상기 금속 촉매막의 상부 및 하부를 향하여 효과적으로 분산된 상기 탄소 원자들에 대하여 냉각 공정이 수행된다(S170). 따라서, 상기 금속 촉매막의 상부 및 하부 각각에 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막이 형성된다. 즉, 상기 냉각 공정이 수행되는 동안, 상기 탄소 분자들이 상호 결합함으로써 상기 금속 촉매막의 상부 표면 및 하부 표면 각각에 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막이 형성될 수 있다.
- [0033] 결과적으로, 상기 제1 그래핀 박막은 상기 금속 촉매막 및 기판 사이의 계면에 형성되고, 상기 제2 그래핀 박막은 상기 금속 촉매막의 상부면 상에 형성된다.
- [0034] 상기 냉각 공정에 있어서, 냉각 속도가 조절됨으로써 상기 제1 및 제2 그래핀 박막들 각각의 두께 및 품질을 조절할 수 있다.
- [0035] 이어서, 상기 금속 촉매막을 상기 기판으로부터 제거한다(S190). 상기 금속 촉매막을 기판으로부터 제거하기 위하여 식각 공정이 수행될 수 있다.
- [0036] 이로써, 상기 기판 상에 상기 제2 그래핀 박막이 잔류한다. 이로써 상기 기판(대상체) 상에 그래핀 박막이 형성된다. 즉, 별도의 전사 공정이 생략되어 상기 기판 상에 그래핀 박막을 직접 형성할 수 있다. 이로써 상기 전사 공정에서 발생할 수 있는 그래핀 박막의 손상이 억제될 수 있다.
- [0037] 한편, 상기 금속 촉매막을 제거하기 전, 상기 제1 그래핀 박막을 별도의 대상체에 전사할 수도 있다. 이로써 하나의 공정 사이클을 통하여 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막이 각각 형성됨으로써 그래핀 박막의 제조 공정이 개선된 공정 효율을 가질 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이온 주입 공정을 수행하기 전, 상기 금속 촉매막에 대하여 급속 열처리(rapid thermal annealing; RTA) 공정이 추가적으로 수행될 수 있다(S121). 상기 급속 열처리 공정을 통하여 금속 촉매막 내의 그래인 바운더리의 크기가 감소됨으로써 금속 촉매막의 표면의 균일성이 개선될 수 있다.
- [0039] 상기 급속 열처리 공정은 예를 들면, 800 내지 1,200° C의 온도에서 1 분 내지 3 분 동안 수행될 수 있다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이온 주입 공정을 수행하기 전, 상기 기판을 가열하는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다(S123). 상기 기판을 가열함으로써 상기 기판이 약 500° C의 온도로 유지될 수 있다. 이로써 후속하는 이온주입 공정에서 상기 탄소 원자가 상기 금속 촉매막 상에 균일하게 주입될 수 있다.
- [0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0042] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방에 있어서, 산화 방지막이 형성되는 점을 제외하고는 도1 및 도 2를 참고로 설명한 그래핀 박막의 제조 방법과 유사하거나 동일하다. 이에 그 차이점을 중심으로 후술한다.
- [0043] 상기 열처리 공정 전, 상기 탄소 원자들이 주입된 금속 촉매막 상에 산화 방지막이 추가적으로 수행될 수 있다.

상기 산화 방지막은 후속하는 열처리 공정에서 상기 금속 촉매막에 포함된 금속이 산화되는 산화 공정이 억제될 수 있다.

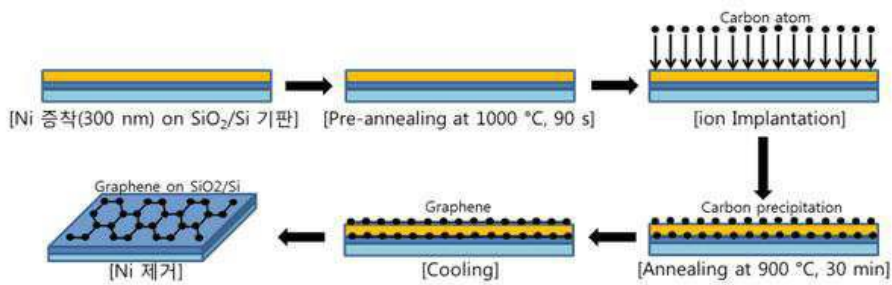
- [0044] 상기 산화 방지막은 예를 들면, 실리콘 산화물, 실리콘 질화물, 니켈 산화물 또는 알루미늄 산화물을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0045] 상기 산화 방지막은 플라즈마 증대 화학기상증착(PECVD) 공정, 열산화(thermal oxidation) 공정, 산소 플라즈마 공정, UV 오존 공정 등을 통하여 형성될 수 있다.
- [0046] 후속하여 상기 탄소 원자들이 주입된 상기 금속 촉매막에 대하여 열처리 공정이 상압 조건에서 수행되더라도 상기 금속 촉매막에 포함된 금속의 산화 반응이 억제될 수 있다.
- [0047] 도 4는 산화방지막을 포함하는 그래핀 박막의 제조 방법에 따라 제조된 그래핀 박막들에 대한 라만 스펙트럼 분석 결과를 도시한 그래프이다.
- [0048] 도 4를 참조하면, 상기 열처리 공정은 모두 900° C에서 30분 동안 불활성 가스로서 아르곤 가스를 250 sccm의 유량을 공급하여 진행하였다.
- [0049] 청색 라인은 산화방지막이 형성되지 않은 상태에서 상압 상태에서 열처리 공정이 수행된 상태를 나타낸다. 적색 라인 및 흑색 라인은 산화방지막을 형성한 후 상압 상태에서 열처리 공정이 수행된 상태를 나타낸다.
- [0050] 도시된 바와 같이 청색 라인으로 나타난 산화방지막이 형성되지 않은 조건에서 상압 상태에서 열처리 공정이 수행될 경우 그래핀이 형성되지 않고 금속 산화물이 형성됨을 확인할 수 있다. 반면에, 적색 라인 및 흑색 라인에서 도시된 바와 같이 그래핀 박막이 형성됨을 확인할 수 있다.
- [0051] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 박막의 제조 방법에 따라 니켈 촉매막의 상부 및 하부에 각각 형성된 그래핀 박막들에 대한 라만 스펙트럼 분석 결과를 도시한 그래프들이다.
- [0052] 도 5를 참조하면, 상기 열처리 공정은 모두 900° C에서 30분 동안 불활성 가스로서 아르곤 가스를 250 sccm의 유량을 공급하여 진행하였다.
- [0053] 도 5에 도시된 바와 같이 니켈 촉매막의 상부 및 하부 각각에 제1 그래핀 박막 및 제2 그래핀 박막이 형성됨을 확인할 수 있다.
- [0054] 상기 제1 그래핀 박막을 별도의 대상체에 전사할 수도 있다. 한편, 상기 기판 및 상기 니켈 촉매막 사이에 상기 제2 그래핀 박막이 형성됨을 확인할 수 있다. 즉, 기판 상에 별도의 전사공정을 생략한 채 제2 그래핀 박막이 직접 형성될 수 있다. 이때, 이온 주입 공정시 탄소 원자의 주입량, 이온 주입 공정의 에너지 강도 등을 조절함으로써 후속하여 형성되는 그래핀 박막의 생성 위치, 두께, 균일도 등을 조절할 수 있다.

도면

도면1

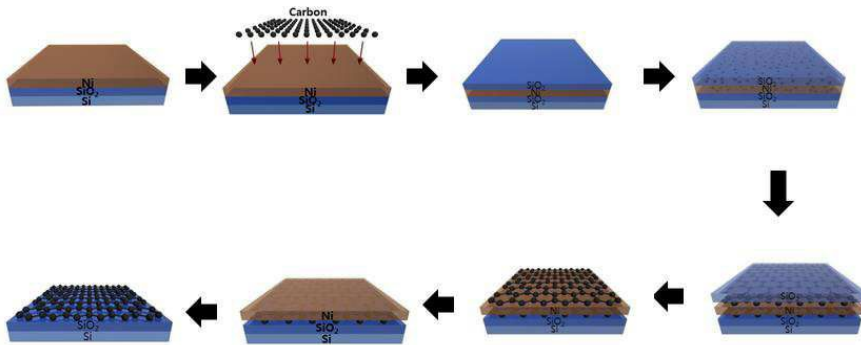


도면2

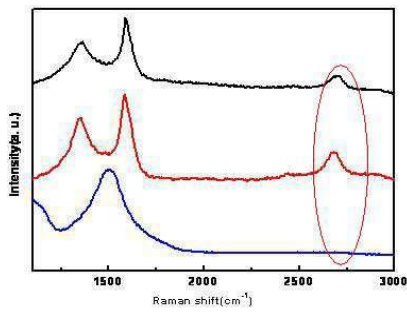




도면3



도면4



도면5

