



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0086204
(43) 공개일자 2016년07월19일

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

(52) CPC특허분류
C01B 31/0453 (2013.01)
C01B 31/0461 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0003637
(22) 출원일자 2015년01월09일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
이윤택

경기도 시흥시 군자로504번길 25, 501동 1603호
(거모동, 아주아파트)

(72) 발명자
이윤택

경기도 시흥시 군자로504번길 25, 501동 1603호
(거모동, 아주아파트)

전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법 및 무촉매 기관 성장 그래핀

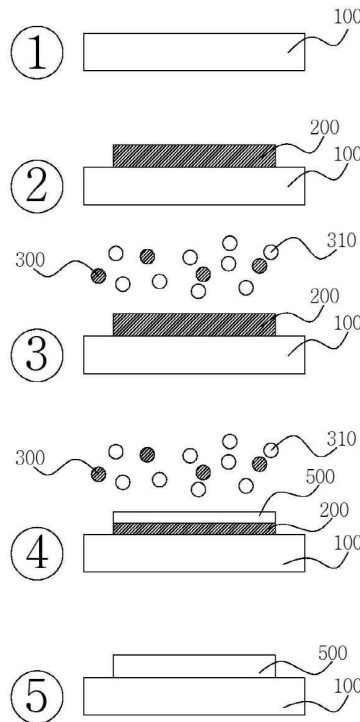
(57) 요약

본 발명은,

a. 기관에 무촉매층 구비 그 이후,

b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,

c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셜 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,

d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 제공한다.

또한, 본 발명은,

a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,

b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,

c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,

d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 제공한다.

또한, 본 발명은

무촉매 기판 성장 그래핀으로써,

상기 무촉매 기판 성장 그래핀은, 기판의 표면에 직접 접하고,

상기 무촉매 기판 성장 그래핀의 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 무촉매 기판 성장 그래핀의 해당 표면에 평행한 다른 어느 하나의 방향에 있어서의 결정립경보다 크고,

상기 무촉매 기판 성장 그래핀의 상기 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 그래핀의 해당 표면에 수직인 방향에 있어서의 결정립경보다 큰 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀을 제공한다.

또한, 본 발명은

무촉매 기판 성장 그래핀으로써,

해당 무촉매 기판 성장 그래핀은, 기판의 표면에 직접 접하고,

해당 무촉매 기판 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 따른 결정립계를 가지며,

해당 무촉매 기판 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제2의 방향에 따른 결정립계를 갖는것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀을 제공한다.

명세서

청구범위

청구항 1

- a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,
- b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반테르 발스 유형의 헤테로 에피 택셀 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 2

- a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,
- b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반테르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 3

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 탄소-포함 가스 공급은
무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포를 불균일하게 구성하여,
그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 4

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 에칭 가스 공급은
무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포를 불균일하게 구성하여,

그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 5

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 무촉매층은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하고,
상기 에칭 가스 공급은, 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하
고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하여,
그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 6

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 무촉매층은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하고,
상기 탄소-포함 가스 공급은, 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도가 높도록 구성하며,
상기 에칭 가스 공급은, 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하
고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하여,
무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 되는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 7

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 상기 기관의 표면에 평행
한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것;
을
특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 8

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 상기 기관의 표면에 평행한 방향의
농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 9

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 상기 기관의 표면에 평행
한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하고,
상기 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 상기 기관의 표면에 평행한 방향의
농도 분포를 불균일하게 하여,
상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 10

청구항 1 항 내지 청구항 2 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 기판상에 성장된 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함하는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 11

a. 기판을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기판에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
b. 상기 기판을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD에 의하여 무촉매 기판 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
c. 상기 기판은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 상기 증착 챔버 및 ECR-CVD 챔버 내로 순차적으로 로딩되는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 12

a. 기판을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기판에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
b. 상기 기판을 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버들 내로 순차적으로 로딩하여 상기 기판에 형성된 무촉매층을 선택적 식각하는 단계, 및
c. 상기 기판을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기판 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
d. 상기 기판은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 13

a. 기판을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기판에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
b. 상기 기판을 CMP 챔버 내로 로딩하여 상기 기판에 형성된 무촉매층에 CMP 공정을 수행하는 단계, 및
c. 상기 기판을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기판 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
d. 상기 기판은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 14

a. 기판을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기판에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
b. 상기 기판을 CMP 챔버 내로 로딩하여 상기 기판에 형성된 무촉매층에 CMP 공정을 수행하는 단계, 및
c. 상기 기판을 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버들 내로 순차적으로 로딩하여 상기 기판에 형성된 무촉매층을 선택적 식각하는 단계, 및
d. 상기 기판을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉

매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,

e. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을
특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 15

- a. 기관에 무촉매층을 형성하되, 상기 기관에 형성되는 무촉매층의 형상은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하도록 형성하는 단계, 및
- b. 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하는 단계, 및
- c. 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포를 균일하게 구성하는 단계, 및
- d. ECR-CVD를 수행하는 단계, 및
- e. 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀의 성장으로 진행되는 단계, 및
- f. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 탄소가, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장하는 단계, 및
- g. 그래핀의 성장 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 되는 단계, 및
- h. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기관의 표면에 직접 접하게 되는 단계; 를 구비하는 것을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 16

- a. 기관에 무촉매층을 형성하되, 기관에 형성되는 무촉매층의 형상은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하도록 형성하는 단계, 및
- b. 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하는 단계, 및
- c. 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높이는 단계, 및
- d. ECR-CVD를 수행하는 단계, 및
- e. 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀의 성장으로 진행되는 단계, 및
- f. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 탄소가, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장하는 단계, 및
- g. 그래핀의 성장 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 되는 단계, 및
- h. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기관의 표면에 직접 접하게 되는 단계; 를 구비하는 것을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법

청구항 17

- a. 기관에 무촉매층을 형성하되, 기관에 형성되는 무촉매층의 형상은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하도록 형성하는 단계, 및
- b. 에칭 가스가 균일하게 분사되어 균일하게 무촉매층이 제거되도록 구성하는 단계, 및

- c. 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높이는 단계, 및
- d. ECR-CVD를 수행하는 단계, 및
- e. 무촉매층의 제거로, 상기 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 탄소-포함 가스의 농도가 높은 곳 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀의 성장으로 진행되는 단계, 및
- f. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 탄소가, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장하는 단계, 및
- g. 그래핀의 성장 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 되는 단계, 및
- h. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 되는 단계; 를 구비하는 것을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 18

기판의 표면에 평행한 제1의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 그래핀을, 청구항 7 항에 기재된 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하며,

상기 그래핀으로부터 상기 표면에 평행한 제2의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 면상 그래핀을, 청구항 7 항에 기재된 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 19

기판의 표면에 평행한 제1의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 그래핀을, 청구항 8 항에 기재된 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하며,

상기 그래핀으로부터 상기 표면에 평행한 제2의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 면상 그래핀을, 청구항 8 항에 기재된 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 20

기판의 표면에 평행한 제1의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 그래핀을, 청구항 9 항에 기재된 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하며,

상기 그래핀으로부터 상기 표면에 평행한 제2의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 면상 그래핀을, 청구항 9 항에 기재된 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 21

청구항 18 항 내지 청구항 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 그래핀을 냉각하는 단계, 및

상기 면상 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함하는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 22

무촉매 기판 성장 그래핀으로써,

상기 무촉매 기판 성장 그래핀은, 기판의 표면에 직접 접하고,

상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 무촉매 기관 성장 그래핀의 해당 표면에 평행한 다른 어느 하나의 방향에 있어서의 결정립경보다 크고,

상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 상기 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 그래핀의 해당 표면에 수직인 방향에 있어서의 결정립경보다 큰 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀

청구항 23

무촉매 기관 성장 그래핀으로써,

해당 무촉매 기관 성장 그래핀은, 기관의 표면에 직접 접하고,

해당 무촉매 기관 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 따른 결정립계를 가지며,

해당 무촉매 기관 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제2의 방향에 따른 결정립계를 갖는것; 을

특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀

청구항 24

청구항 23 항에 있어서,

상기 제1의 방향과, 상기 제2의 방향은, 직교하는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀

청구항 25

청구항 1 항 또는 청구항 2항에 따른 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 부품의 제조방법

청구항 26

청구항 1 항 또는 청구항 2항에 따른 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 부품의 제조방법으로 구비되는 것을 특징으로 하는 전자부품

청구항 27

청구항 22 항 또는 청구항 23 항에 따른 무촉매 기관 성장 그래핀을 포함하여 구비되는 것을 특징으로 하는 전자부품

청구항 28

a. 기관에 에칭 가스로 에칭이 되지않는 <무촉매층 ; A> 를 형성하는 단계, 및

b. 상기 기관에 에칭 가스로 에칭이 되는 <무촉매층 ; B> 를 형성하는 단계, 및

c. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버내로 위치시키는 단계, 및

d. <무촉매층 ; B> 에 있어서 에칭 가스의 농도를 높여 <무촉매층 ; B>가 빠르게 제거되도록 구성하는 단계, 및

e. <무촉매층 ; A> 에 있어서 탄소-포함 가스의 농도를 높이는 단계, 및

f. 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, <무촉매층 ; B>의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 <무촉매층 ; B>에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, <무촉매층 ; A>에서 그래핀으로 성장하

게 되는 단계, 및

g. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 성장한 그래핀이 한층 더 성장하게 되는 단계, 및

h. 최종적으로는 <무촉매층 ; B>가 제거되고, 그래핀이 형성되는 단계를 포함하는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

청구항 29

무촉매 기판 성장 그래핀으로써,

상기 무촉매 기판 성장 그래핀은, 에칭 가스로 에칭이 되지않는 <무촉매층 ; A>의 표면에 직접 접하고,

상기 무촉매 기판 성장 그래핀의 상기 표면에 평행한 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 그래핀의 해당 표면에 수직인 방향에 있어서의 결정립경보다 큰 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀

청구항 30

청구항 28 항에 따른 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자부품의 제조방법

청구항 31

청구항 29 항에 따른 무촉매 기판 성장 그래핀을 포함하여 구비되는 것을 특징으로 하는 전자부품

청구항 32

a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,

b. 용해 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,

c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 용해 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,

d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 용해 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은, 무촉매 기판 성장 그래핀에 관한 것이다.

[0003] 본 발명은, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법, 무촉매 기판 성장 그래핀 및 이를 포함하는 전자부품에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 그래핀은 탄소 원자 한층으로 이뤄진 육각형 구조의 물질로 실리콘보다 100배 이상 빠르게 전자를 전달하는 특

성을 지니고 있다.

[0005] 또한, 그래핀을 성장시키는 방법은 촉매층을 이용한 성장 방법을 주로 사용하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 종래의 기술에 의해 제조되는 그래핀은, 촉매층으로부터 결정이 랜덤으로 성장하기 때문에, 랜덤으로 결정립계가 생긴 불균질한 다결정막이 되어 버린다. 따라서, 그래핀의 성장을 제어함으로써 결정립계가 생긴 개소를 원하는 개소로 한정하고, 가능한 한 큰 단결정의 그래핀을 제조하는 기술이 요구되고 있다.

[0007] 또한, 촉매 금속을 사용하는 그래핀 성장 방법은 일단 그래핀이 형성되어 버리면, 촉매의 금속은 그래핀과 기판 사이에 끼워지게 되기 때문에, 금속의 제거에는, 많은 노력이 필요하며, 완전한 제거도 쉽지가 않다.

[0008] 또한, 그래핀을 성장시키는 방법이 아닌 그래핀을 전사하는 방법은 그래핀을 전사할 때 결함이 생기기도 쉽다.

[0009] 따라서, 결함의 발생이 적으면서, 기판에 직접 성장시키는 그래핀을 제조하는 기술이 필요하다.

[0010] 또한, 결함의 발생이 적으면서, 가능한 한 큰 단결정의 그래핀을 제조하는 기술이 필요하다.

[0011] 본 발명은, 상기와 같은 과제를 해결하는 것으로, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법, 무촉매 기판 성장 그래핀 및 이를 포함하는 전자부품을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 따라서, 상기 일면에서 기술한 것을 해결하기 위하여 본 발명은,

[0013] a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,

[0014] b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,

[0015] c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셜 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,

[0016] d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 제시한다.

[0017] 또한, 본 발명은,

[0018] a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,

[0019] b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,

[0020] c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,

[0021] d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 제시한다.

[0022] 또한, 본 발명은 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 제시한다.

[0023] 또한, 본 발명은

[0024] 무촉매 기관 성장 그래핀으로써,

[0025] 상기 무촉매 기관 성장 그래핀은, 기관의 표면에 직접 접하고,

[0026] 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 무촉매 기관 성장 그래핀의 해당 표면에 평행한 다른 어느 하나의 방향에 있어서의 결정립경보다 크고,

[0027] 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 상기 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 그래핀의 해당 표면에 수직인 방향에 있어서의 결정립경보다 큰 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀을 제시한다.

[0028] 또한, 본 발명은

[0029] 무촉매 기관 성장 그래핀으로써,

[0030] 해당 무촉매 기관 성장 그래핀은, 기관의 표면에 직접 접하고,

[0031] 해당 무촉매 기관 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 따른 결정립계를 가지며,

[0032] 해당 무촉매 기관 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제2의 방향에 따른 결정립계를 갖는것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀을 제시한다.

발명의 효과

[0033] 본 발명은, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 제공한다.

[0034] 또한, 본 발명은, 무촉매 기관 성장 그래핀을 제공한다.

[0035] 또한, 본 발명은, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법, 무촉매 기관 성장 그래핀 및 이를 포함하는 전자부품을 제공한다.

도면의 간단한 설명

도 1

도 1 은

- (1). 기관 구비,
- (2). 기관에 무촉매층 구비 그 이후,
- (3). 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- (4). 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셜 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장 시키되,
- (5). 상기 (4) 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여,

무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기관상에 그래핀을 성장시키는 단계, , 로 구성되는 상기 (1) 내지 (5) 로 이어지는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법의 제 1 실시예의 개략적인 도면이다.

또는, 도 1 은

- (1). 기관 구비,
- (2). 기관에 무촉매층 구비 그 이후,
- (3). 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- (4). 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- (5). 상기 (4) 의 공정에서, 계속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기관상에 그래핀을 성장시키는 단계, , 로 구성되는 상기 (1) 내지 (5) 로 이어지는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법의 제 1 실시예의 개략적인 도면이다.

도 2

본 발명의 한 실시예에서, 제시하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법으로 구비된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제 1 의 실시예를 나타내는 개략적인 단면도이다.

도 3

도 3 은 아래에 (1) 또는 (2) 로 기술되는 내용의 제 1 실시예의 개략적인 도면이다.

- (1). 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포가 불균일하면, 그래핀의 성장은, 탄소-포함 가스의 농도가 높은 곳으로부터 시작되어, 탄소-포함 가스의 농도가 낮은 곳을 향해 성장하게 된다.

따라서, 탄소-포함 가스의 농도 분포를 적절히 설정함에 따라, 그래핀의 결정이 성장할 방향을 제어할 수 있다.

물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

- (2). 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법.

물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

도 4

도 4 는 아래에 (1) 또는 (2) 로 기술되는 내용의 제 1 실시예의 개략적인 도면이다.

- (1). 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳의 무촉매층상에서 그래핀으로 성장하게 될 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층 제거에 의해서 최초로 핵발생(nucleate)한 그래핀에, 높은 모빌리티를 가진 탄소가 이동하여 들어가게 되므로, 새로운 그래핀의 핵 발생은 억제될 수 있으며, 그래핀의 결정립경이 커질 수 있다.

따라서, 무촉매층에 있어서 그래핀의 성장은, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳으로부터 시작되어, 에칭 가스의 농도가 높은 곳을 향해 성장하게 된다.

물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원

치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

(2). 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법.

물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

도 5

도 5 는 아래에 (1) 또는 (2) 로 기술되는 내용의 제 1 실시예의 개략적인 도면이다.

(1). 본 도면에서 설명하고자 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 아래와 같이 기술될 수 있다.

a. 무촉매층의 형상을 3차원적인 높낮이를 구비하도록 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.

b. 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성한다.

c. 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높인다.

d. ECR-CVD 를 수행한다.

e. 그러면, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

f. 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다. 이때, 그래핀의 성장의 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 된다.

g. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기관의 표면에 직접 접하게 된다, 로 구성되는 상기 a 내지 g 로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.

(2). 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하고,

에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하여,

상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법.

물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

도 6

도 6 은 아래에 기술되는 내용의 제 1 실시예의 개략적인 도면이다.

(1). 기관을 준비한다. 그리고, 기관으로부터 일정한 거리만큼 이간하고, 슬릿 마스크(예를 들어, 금속박 등에 슬릿을 설치한 것)를 배치하여, 슬릿을 경유해 스퍼터링(sputtering)에 의해 무촉매층을 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.

(2). 그러면, 슬릿의 근방에서 무촉매층은 높게 형성되고, 슬릿으로부터 멀어지면, 무촉매층은 낮게 형성된다. 본 실시예에서, 무촉매층의 형상은 좌우 대칭이 된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0038] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 일반적으로 통용되는 용어들로서 이는 생산자의 의도 또는 관계에 따라 달라질 수 있으므로 그 정의는 본 명세서의 전반적으로 기술된 설명을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0039] **무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법 및 무촉매 기관 성장 그래핀**
- [0040] 종래의 촉매 금속을 사용하는 그래핀 성장 방법은 일단 그래핀이 형성되어 버리면, 촉매의 금속은 그래핀과 기관 사이에 끼워지게 되기 때문에, 금속의 제거에는, 많은 노력이 필요하며, 완전한 제거도 쉽지가 않다.
- [0041] 또한, 그래핀을 성장시키는 방법이 아닌 그래핀을 전사하는 방법은 그래핀을 전사할 때 결함이 생기기도 쉽다.
- [0042] 따라서, 결함의 발생이 적으면서, 기관에 직접 성장시키는 그래핀을 제조하는 기술이 필요하다.
- [0043] 이에, 상기 일면에서 기술한 것을 해결하기 위하여 본 발명은,
- [0044] (1). 기관상에 무촉매층 구비, 그 이후,
- [0045] (2). 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- [0046] (3). 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셜 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- [0047] (4). 상기 (3)의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여 (또는 에칭 가스를 계속적으로 공급하여), 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 기관상에 그래핀이 직접 접하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0048] 또한, 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은,
- [0049] (1). 기관상에 무촉매층 구비, 그 이후,
- [0050] (2). 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- [0051] (3). 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- [0052] (4). 상기 (3)의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여 (또는 에칭 가스를 계속적으로 공급하여), 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 기관상에 그래핀이 직접 접하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0053] 다시 설명하자면, 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(ECR-CVD)을 유지한 채로 상기 무촉매층을 에칭 가스로 제거하는 제거 공정을 구비하여, 무촉매층을 포함하지

않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

- [0054] 본 발명에서 제시되는 "전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)"은 "ECR-CVD"로 표기될 수 있다. 본 발명에서 제시되는 ECR-CVD 공정은 무촉매층의 에칭공정을 ECR-CVD 공정에 포함하여 그래핀을 기판상에 직접 성장시키는, 본 발명에서 새로운 기술로 명칭하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법으로써의 ECR-CVD 공정을 의미한다.
- [0055] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명에서 제시되는 "탄소-포함 가스"는 수소 가스의 농도 분포가 일정하게 유지되어 있는 상태에서 즉, 수소 가스의 농도 분포가 균일한 상태에서 구비되는, 탄화수소(hydrocarbon)가 포함된 가스를 의미할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명에서 제시되는 "탄소-포함 가스"는 탄화수소(hydrocarbon) 및 수소가스를 같이 포함하는 통합적인 가스로써 기술되는 것을 의미할 수 있다.
- [0057] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명에서 제시되는 "탄소-포함 가스"는 탄화수소(hydrocarbon) 및 불활성가스를 같이 포함하는 통합적인 가스로써 기술되는 것을 의미할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명에서 제시되는 "탄소-포함 가스"는 탄화수소(hydrocarbon)를 포함할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서 초기 탄화수소 분자(initial hydrocarbon molecules)는 수소 분자와 함께 무촉매층의 표면에서 낮은 점착 계수(sticking coefficient) 조건을 구비할 수 있다.
- [0060] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, C_xH_y , CH_x 및 C_2 라디칼과 수소는 흡착에 이어서 표면위에서 확산된다.
- [0061] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, 탄소 단량체(monomers) 및 탄소 이량체(dimers)는 낮은 수소 함량과 함께 높은 점착 계수(higher sticking coefficients)로 인하여 흡착가능성이 훨씬 높다.
- [0062] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, 탄소 이량체(dimers)는 탄소 단량체(monomers)보다 표면 상에서 확산되는데 있어서 에너지적으로 더 유리하다. 이러한 확산 공정은 온도에 주로 의존하는 짧은 사슬 중합(short chain polymerization)의 변수 정도를 포함하지만, 다른 열역학적 파라미터(other thermodynamic parameters) 또한 중요하다. 그들의 사슬 길이에 의존하는 표면위에서의 짧은 중합체 사슬(short polymer chains)의 안정성(stability) 및 이동성(mobility)은 중합 반응(polymerization reaction)을 하는 동안에 표면에서 수소와 함께 스스로 방출되지 않는다.
- [0063] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층 표면의 형태와 표면 거칠기(roughness) 및 표면의 온도는, 핵 생성에 중요한 역할을 갖는다.
- [0064] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, 온도는 남아 있는 수소의 열 방출을 활성화 하고, 짧은 체인 탄소 시피시즈(short chain carbon species)가 반 데르 발스 타입의 헤테로 에피택셜 성장을 하기에 충분하다.

- [0065] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 ECR-CVD를 유지한 상태에서 무촉매층의 제거로, 상기 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 무촉매층상에서 그래핀으로 성장하게 될 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층 제거에 의해서 최초로 핵발생(nucleate)한 그래핀에, 높은 모빌리티를 가진 탄소가 이동하여 들어가게 되므로, 새로운 그래핀의 핵 발생은 억제될 수 있으며, 그래핀의 결정립경이 커질 수 있다.
- [0066] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서 무촉매층 제거 공정에서는, 에칭 가스를 공급하여, 해당 무촉매층을 제거하도록 구성한다. 본 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 따라 무촉매층이 모두 제거될 때까지, 충분한 시간동안 에칭을 하면, 그래핀은, 사이에 무촉매층을 개재하지 않고, 기관에 접하게 된다.
- [0067] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 또한, 아래와 같이 기술된다. ECR-CVD를 유지한 채로, 무촉매층을, 에칭 가스에 의해 제거한다. 그러면, 무촉매층의 표면에서, 탄소가 그래핀으로서 성장한다. 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기관의 표면에 직접 접하게 된다.
- [0068] 그러므로, 종래의 촉매층을 이용한 제조방법과는 달리, 그래핀을 기관상에 직접 성장시킬 수 있다.
- [0069] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층을 구비하는 방법은 선택적 식각을 수행하는 방법을 구비할 수 있다. 이에 따라서, 원하는 형상을 가진 무촉매층을 구비할 수 있다. 여기서, 선택적 식각이란 식각프로세스를 수행하여 원하는 부위만 남기는 것을 의미한다. 식각프로세스는 당업자에게는 알려져 있고 따라서 여기서는 더 이상 설명하지 않는다.
- [0070] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층을 구비하는 방법은 선택적 식각을 수행하는 방법 이외에도, 레지스트 마스크를 이용하여, 레지스트 마스크가 구비된 위치에 무촉매층 형성 이후, 레지스트 마스크를 용해함으로써, 레지스트 마스크 및 그 표면에 형성된 무촉매층을 제거하고, 이에 따라서, 원하는 형상을 가진 무촉매층을 구비할 수 있다.
- [0071] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은, 탄소가 그래핀으로 성장가능하고, 에칭 가스에 의해 제거가 가능한 무촉매층을 이용할 수 있다.
- [0072] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층은 Si 를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0073] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은 추가적인 선택으로 화학적 기계적 연마(chemical mechanical polishing(CMP)) 를 수행하여 상기 무촉매층의 두께 및 평탄도를 바람직한 수준으로 조절 할 수 있다.
- [0074] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은 무촉매층의 증착과 선택적 식각을 수행한 무촉매층을 의미할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은 선택적 식각을 수행한 무촉매층을 의미할 수 있다.
- [0076] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은 무촉매층의 증착 및 CMP 를 수행하고, 그 이후, 선택적 식각을 수행한 무촉매층을 의미할 수 있다.
- [0077] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은 CMP 공정, 선택적 식각, 중 하

나 이상 선택되는 공정을 수행한 무촉매층을 의미할 수 있다.

- [0078] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 기관은 무촉매층이 구비되어 있는 상태로 ECR-CVD 챔버내로 위치되어, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 수행할 수 있다.
- [0079] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용할 수 있다.
- [0080] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 롤투롤 방법을 이용할 수 있는 것을 고려할 수 있다.
- [0081] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 대기압웨이퍼이송시스템, 진공웨이퍼이송시스템, 중 선택되는 이송시스템을 이용할 수 있다.
- [0082] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 로드-잠금 챔버를 이용함으로써 그래핀 형성 전과 후의 과정에서 기관의 환경을 적절히 조절할 수 있다.
- [0083] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 로드-잠금 챔버를 이용함으로써 그래핀 형성 환경을 적절히 조절할 수 있다.
- [0084] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 그래핀 성장 과정을 적절히 조절함으로써 그래핀의 생성 정도를 조절할 수 있다. 따라서 목적하는 그래핀 시트의 두께를 얻기 위해서는 에칭 가스 및 탄소-포함 가스의 종류 및 공급 압력, 공급 범위, 공급량, 무촉매층의 종류, 챔버의 크기 외에, 압력, 마이크로웨이브 파워(microwave power), ECR-CVD 공정의 온도 및 유지시간, 등이 중요한 요소로서 작용할 수 있다.
- [0085] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 기관의 상부에 구비되는 무촉매층을 구비하는 단계는 코팅, 증착, 스퍼터링(sputtering), 중 선택되는 방법을 구비할 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0086] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 아래와 같이 기술되는 제조공정을 포함할 수 있다. ECR-CVD에 의하여 그래핀을 형성하는데 있어서, 수소의 공급 대신에, 메탄이 사용되어, 수소종들이 메탄 분해 과정에서 생성될 수 있다. 이때, 수소 분압은 효과적인 마이크로웨이브 파워의 제어에 의해 조절 될 수 있다.
- [0087] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 수소의 역할이 중요할 수 있으며, 이는 그래핀 결정의 크기 및 핵 생성 밀도에 영향을 줄 수 있다.
- [0088] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 수소는 특별히 기재하지 않더라도 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 수행하는 동안에, 수소가 공급되는 상태가 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 포함되어 수행될 수 있습니다.
- [0089] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 불활성 가스는 특별히 기재하지 않더라도 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 수행하는 동안에, 불활성 가스가 공급되는 상태가 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 포함되어 수행될 수 있습니다.
- [0090] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 성장 초기 단계에서, 마이크로웨이브 파워에

강하게 의존할 수 있다.

- [0091] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 탄소 및 수소를 소스로 활용한다.
- [0092] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, ECR-CVD를 수행하기 이전에 무촉매층이 구비된 기관을 예열하는 예열공정을 추가로 더 수행할 수 있다.
- [0093] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 <A> 또는 로 기술될 수 있다.
- [0094] <A>
- [0095] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, ECR-CVD에 의하여 그래핀을 형성하는 것은 낮은 압력 예를 들어, 1×10^{-3} mbar 정도의 압력을 유지하면서 예칭 가스 및 탄소-포함 가스를 주입(또는 공급)하고, 수 십 W 내지 수백 W 의 마이크로웨이브 파워(microwave power)를 인가함으로써 챔버 내에 플라즈마를 형성하게 되어 상기 챔버 내의 기관 상에 형성된 무촉매층 상에 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셜 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 촉매층을 구비하지 않은 상태로 무촉매층 상에 그래핀이 성장된다.
- [0096] 따라서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 상기 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하여, 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셜 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장 시키되, 예칭 가스로 인하여(또는 예칭 가스를 계속적으로 공급하여), 무촉매층이 전부 제거되어, 기관상에 그래핀이 직접 접하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 상기 ECR-CVD 과정은 상기 무촉매층 영역 전체에서 상기 탄소-포함 가스가 균일하게 분사되어 균일한 플라즈마가 형성되도록 하는 것이 중요하며, 더하여, 예칭 가스 또한 균일하게 분사되어 균일하게 무촉매층이 제거되도록 하는 것이 중요하다. 상기 과정을 수행하면 상기 기관상에 그래핀이 직접 접하는 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성할 수 있다.
- [0097] 그런데, 일정한 농도의 예칭 가스가 무촉매층 표면에 접하고, 무촉매층이 똑같이 예칭된다고 했을 경우를 생각 한다.
- [0098] 이 경우, 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포가 균일하면, 그래핀 성장의 개시점은 랜덤이 된다.
- [0099] 한편, 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포가 불균일하면, 그래핀의 성장은, 탄소-포함 가스의 농도가 높은 곳으로부터 시작되어, 탄소-포함 가스의 농도가 낮은 곳을 향해 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0100] 따라서, 탄소-포함 가스의 농도 분포를 적절히 설정함에 따라, 그래핀의 결정이 성장할 방향을 제어할 수 있다.
- [0101] 이 외에, 예칭 가스의 농도 분포를 불균일하게 설정할 수 있다면, 예칭 가스의 농도가 높은 곳은 무촉매층의 제거가 빠르게 된다.
- [0102] 따라서, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 예칭 가스의 농도가 낮은 곳의 무촉매층상에서 그래핀으로 성장하게 될 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층 제거에 의해서 최초로 핵발생(nucleate)한 그래핀에, 높은 모빌리티를 가진 탄소가 이동하여 들어가게 되므로, 새로운 그래핀의 핵 발생은 억제될 수 있으며, 그래핀의 결정립경이 커질 수 있다.
- [0103] 따라서, 무촉매층에 있어서 그래핀의 성장은, 예칭 가스의 농도가 낮은 곳으로부터 시작되어, 예칭 가스의 농도가 높은 곳을 향해 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0104] 이와 같이, 예칭 가스의 농도 분포를 적절히 설정함에 의해서도, 그래핀의 결정이 성장할 방향을 제어할 수 있다.
- [0105] 이와 같이 하여, 그래핀의 성장의 방향을 제어하면, 그래핀의 결정립계는 성장 개시점 및 그래핀 기리 연결되는

성장 종료점에만 형성되기 때문에, 결정립계를 소정의 위치에 제어할 수 있고, 또한 그래핀의 성장 개시점을 줄이는 것으로 큰 결정립경을 실현할 수 있다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

[0106] 또한, 상기와 같은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포의 설정과, 에칭 가스의 농도 분포의 설정을, 적당히 조합하고, 그래핀의 성장할 방향을 제어해도 좋다.

[0107]

[0108] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, ECR-CVD에 의하여 그래핀을 형성하는 것은 낮은 압력 예를 들어, 1×10^{-3} mbar 정도의 압력을 유지하면서 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 주입(또는 공급)하고, 수 십 W 내지 수백 W 의 마이크로웨이브 파워(microwave power)를 인가함으로써 챔버 내에 플라즈마를 형성하게 되어 상기 챔버 내의 기관 상에 형성된 무촉매층 상에 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 성장 타입으로, 촉매층을 구비하지 않은 상태로 무촉매층 상에 그래핀이 성장된다.

[0109] 따라서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 상기 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하여, 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반 데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되, 에칭 가스로 인하여(또는 에칭 가스를 계속적으로 공급하여), 무촉매층이 전부 제거되어, 기관상에 그래핀이 직접 접하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 상기 ECR-CVD 과정은 상기 무촉매층 영역 전체에서 상기 탄소-포함 가스가 균일하게 분사되어 균일한 플라즈마가 형성되도록 하는 것이 중요하며, 더하여, 에칭 가스 또한 균일하게 분사되어 균일하게 무촉매층이 제거되도록 하는 것이 중요하다. 상기 과정을 수행하면 상기 기관상에 그래핀이 직접 접하는 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성할 수 있다.

[0110] 그런데, 일정한 농도의 에칭 가스가 무촉매층 표면에 접하고, 무촉매층이 똑같이 에칭된다고 했을 경우를 생각한다.

[0111] 이 경우, 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포가 균일하면, 그래핀 성장의 개시점은 랜덤이 된다.

[0112] 한편, 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포가 불균일하면, 그래핀의 성장은, 탄소-포함 가스의 농도가 높은 곳으로부터 시작되어, 탄소-포함 가스의 농도가 낮은 곳을 향해 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

[0113] 따라서, 탄소-포함 가스의 농도 분포를 적절히 설정함에 따라, 그래핀의 결정이 성장할 방향을 제어할 수 있다.

[0114] 이 외에, 에칭 가스의 농도 분포를 불균일하게 설정할 수 있다면, 에칭 가스의 농도가 높은 곳은 무촉매층의 제거가 빠르게 된다.

[0115] 따라서, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳의 무촉매층상에서 그래핀으로 성장하게 될 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층 제거에 의해서 최초로 핵발생(nucleate)한 그래핀에, 높은 모빌리티를 가진 탄소가 이동하여 들어가게 되므로, 새로운 그래핀의 핵 발생은 억제될 수 있으며, 그래핀의 결정립경이 커질 수 있다.

[0116] 따라서, 무촉매층에 있어서 그래핀의 성장은, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳으로부터 시작되어, 에칭 가스의 농도가 높은 곳을 향해 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

[0117] 이와 같이, 에칭 가스의 농도 분포를 적절히 설정함에 의해서도, 그래핀의 결정이 성장할 방향을 제어할 수 있다.

[0118] 이와 같이 하여, 그래핀의 성장의 방향을 제어하면, 그래핀의 결정립계는 성장 개시점 및 그래핀 끼리 연결되는 성장 종료점에만 형성되기 때문에, 결정립계를 소정의 위치에 제어할 수 있고, 또한 그래핀의 성장 개시점을 줄

이는 것으로 큰 결정립경을 실현할 수 있다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

- [0119] 또한, 상기와 같은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포의 설정과, 에칭 가스의 농도 분포의 설정을, 적당히 조합하고, 그래핀의 성장할 방향을 제어해도 좋다, 로 구성되는 상기 <A> 또는 로 기술될 수 있다.
- [0120] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 아래와 같이 기술될 수 있다.
- [0121] (1). 무촉매층의 형상을 3차원적인 높낮이를 구비하도록 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.
- [0122] (2). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성한다.
- [0123] (3). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높인다.
- [0124] (4). ECR-CVD 를 수행한다.
- [0125] (5). 그러면, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0126] (6). 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다. 이때, 그래핀의 성장의 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 된다.
- [0127] (7). 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기관의 표면에 직접 접하게 된다. 이때 기관의 표면에 직접 접하게 되는 그래핀은 큰 결정립경을 실현할 수 있다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (7) 로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.
- [0128] 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거하는 것은 아래와 같이 기술되는 공정을 수행할 수 있다. (1). 레지스트 마스크를 형성한다. 레지스트 마스크를 형성하는 기술들은 당업자에게는 알려져 있고 따라서 여기서는 더 이상 설명하지 않는다, (2). 무촉매층을 형성한다, (3). 그 다음으로, 레지스트 마스크를 용해함으로써, 레지스트 마스크 및 그 표면에 형성된 무촉매층을 제거하고, 원하는 형상을 가진 무촉매층을 구비한다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (3) 으로 이어지는 공정을 수행할 수 있다.
- [0129] 본 발명의 한 실시예에서, 본 실시예는, 무촉매층의 두께를 불균일하게 형성함에 따라서, 그래핀을 원하는 위치부터 원하는 방향으로 성장시키는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법이다. 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 아래의 <A>, , <C>, 중 선택되는 것으로 기술된다.
- [0130] <A>
- [0131] (1). 기관을 준비한다.
- [0132] (2). 그리고, 기관으로부터 일정한 거리만큼 이간하고, 슬릿 마스크(예를 들어, 금속박 등에 슬릿을 설치한 것)를 배치하여, 슬릿을 경유해 스퍼터링(sputtering)에 의해 무촉매층을 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.
- [0133] (3). 그러면, 슬릿의 근방에서 무촉매층은 높게 형성되고, 슬릿으로부터 멀어지면, 무촉매층은 낮게 형성된다. 본 실시예에서, 무촉매층의 형상은 좌우 대칭이 된다(A지점과 B지점).
- [0134] (4). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 높은 곳 및 무촉매층의 다른 한쪽의 낮은 곳(B지점)은 에칭 가스의 농도를

높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층 한쪽의 낮은 곳(A지점)은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성한다.

- [0135] (5). 무촉매층에 있어서 무촉매층 한쪽의 낮은 곳(A지점)에 탄소-포함 가스의 농도를 높인다.
- [0136] (6). ECR-CVD 를 수행한다.
- [0137] (7). 그러면, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 즉, 무촉매층 한쪽의 낮은 곳(A지점)에서 그래핀으로 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0138] (8). 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다. 이때, 그래핀의 성장의 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 된다.(즉, 본 실시예에서는 좌에서 우로 또는 우에서 좌로 성장한다),
- [0139] (9). 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 된다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (9) 로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.
- [0140]
- [0141] (1). 기판을 준비한다.
- [0142] (2). 그리고, 기판으로부터 일정한 거리만큼 이간하고, 슬릿 마스크(예를 들어, 금속박 등에 슬릿을 설치한 것)를 배치하여, 슬릿을 경유해 스퍼터링(sputtering)에 의해 무촉매층을 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.
- [0143] (3). 그러면, 슬릿의 근방에서 무촉매층은 높게 형성되고, 슬릿으로부터 멀어지면, 무촉매층은 낮게 형성된다. 본 실시예에서, 무촉매층의 형상은 좌우 대칭이 된다(A지점과 B지점).
- [0144] (4). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳(A지점과 B지점)은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성한다.
- [0145] (5). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳(A지점과 B지점)에 탄소-포함 가스의 농도를 높인다.
- [0146] (6). ECR-CVD 를 수행한다.
- [0147] (7). 그러면, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 즉, 무촉매층의 낮은 곳(A지점과 B지점)에서 그래핀으로 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0148] (8). 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다. 이때, 그래핀의 성장의 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 된다.(즉, 본 실시예에서는 좌우로 성장한다),
- [0149] (9). 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 된다. 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 결정립계는 성장 방향이 충돌하는 중앙부에 생긴다. 덧붙여, 그래핀의 결정립계는 성장의 개시점에도 생길 수 있다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (9) 로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.
- [0150] <C>
- [0151] 본 실시예는, 상기 실시예 를 2회 반복할 때, 슬릿 마스크의 방향을 90도 회전시킴으로써, 면상 그래핀을 제조하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법이다.
- [0152] (1). 상기 실시예 의 기술된 설명에 근거하여, 슬릿을 좌우 방향으로 위치하도록, 슬릿 마스크를 설치한다.
- [0153] (2). 무촉매층을 형성한다. 그러면, 무촉매층의 높낮이는, 상하 방향을 따라서 변화하게 된다. 본 발명의 한 실

시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.

- [0154] (3). 상기 실시예 의 기술된 설명에 근거하여, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 수행한다. 그러면, 그래핀이 상하 방향으로 성장한다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0155] (4). 무촉매층이 모두 제거되면, 그래핀이 형성되게 된다.
- [0156] (5). 이 후, 기관의 그래핀 상부에 상기 실시예 의 기술된 설명에 근거하여, 슬릿이 그래핀의 긴 방향과 평행하게 되고, 정확히 그래핀의 중간에 슬릿이 배치되도록, 슬릿 마스크를 설치한다.
- [0157] (6). 그다음, 무촉매층을 형성한다. 그러면, 무촉매층의 높낮이는, 좌우 방향을 따라서 변화하게 된다. 덧붙여, 그래핀 위에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 적당히 레지스트 마스크 등을 이용하고 제거해도 좋다. 또는, 그래핀의 일부가 무촉매층에, 잔류하도록 구성해도 좋다.
- [0158] (7). 이후, 상기 실시예 의 기술된 설명에 근거하여, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 수행한다. 그러면, 잔류하고 있는 그래핀을 개시 위치로 하고, 면상 그래핀이, 슬릿 마스크의 슬릿의 긴 방향과는 직교하는 방향, 즉, 그래핀의 긴 방향과는 수직인, 방향으로 성장한다.
- [0159] (8). 무촉매층이 모두 제거되면, 면상 그래핀이 형성된다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (8) 으로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.

- [0160] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 그래핀의 성장의 개시점이나 방향 등을 제어하는 것이 가능하다. 나아가, 단결정의 그래핀의 면적을, 종래보다 크게 할 수 있다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 작은 소량의 다결정이 적은 수의 단결정과 함께 남아 있을 수는 있다.
- [0161] 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0162] 본 발명의 한 실시예에서, 본 실시예는, 무촉매층의 두께를 불균일하게 형성함에 따라서, 그래핀을 원하는 위치부터 원하는 방향으로 성장시키는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법이다. 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 아래의 <A>, , <C>, 중 선택되는 것으로 기술된다.
- [0163] <A>
- [0164] (1). 무촉매층의 형상을 3차원적인 높낮이를 상하방향으로 구비하도록 형성한다. 예를들어, 무촉매층의 두께는, 아래에서 위로 향하고, 두께가 점차 증가해 급격하게 원래대로 돌아가는 형상을 구비한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.
- [0165] (2). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성한다.
- [0166] (3). 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높인다.
- [0167] (4). ECR-CVD 를 수행한다.
- [0168] (5). 그러면, 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0169] (6). 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채

로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다. 이때, 그래핀의 성장의 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 된다.

[0170] (7). 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 된다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (7) 로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.

[0171]

[0172] (1). 상기 실시예 <A> 의 기술된 설명 이후, 무촉매층의 형상을 3차원적인 높낮이를 좌우방향으로 구비하도록 형성한다. 예를들어, 무촉매층의 두께는, 오른쪽에서 왼쪽으로 향하고, 두께가 점차 증가해 급격하게 원래대로 돌아가는 형상을 구비한다. 즉, 무촉매층은 3차원적인 높낮이를 좌우방향으로 구비하도록 형성된다. 덧붙여, 그래핀 위에 무촉매층이 형성되지 않도록 하기 위하여, 적당히 레지스트 마스크 등을 이용하고 제거해도 좋다. 또는, 그래핀의 일부가 무촉매층에, 잔류하도록 구성해도 좋다.

[0173] (2). 이후, 상기 실시예 <A>의 기술된 설명에 근거하여, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 수행한다. 그러면, 잔류하고 있는 그래핀을 개시 위치로 하고, 면상 그래핀이, 그래핀의 긴 방향과는 수직인, 오른쪽에서 왼쪽으로 성장한다.

[0174] (3). 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 면상 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 된다, 로 구성되는 상기 (1) 내지 (3) 으로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.

[0175] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법은 에칭 가스 및 탄소-포함 가스의 공급 환경 및 그래핀의 성장 환경을 적절히 설정하고, 그래핀의 성장을 수행하면, 기판에, 적은 수의 단결정의 그래핀을 구비할 수 있다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 작은 소량의 다결정이 적은 수의 단결정과 함께 남아 있을 수는 있다.

[0176] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법은 대면적의 그래핀을 형성할 수 있다.

[0177] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스의 농도 분포를 설정하는 것은 탄소-포함 가스의 분사위치를 조절하는 것으로 설정할 수 있다.

[0178] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스의 농도 분포를 설정하는 것은 탄소-포함 가스의 공급범위를 조절하는 것으로 설정할 수 있다.

[0179] 본 발명의 한 실시예에서, 에칭 가스의 농도 분포를 설정하는 것은 에칭 가스의 분사위치를 조절하는 것으로 설정할 수 있다.

[0180] 본 발명의 한 실시예에서, 에칭 가스의 농도 분포를 설정하는 것은 에칭 가스의 공급범위를 조절하는 것으로 설정할 수 있다.

[0181] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스의 농도 분포를 설정하는 것은 탄소-포함 가스의 분압을 조절하여 설정할 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스의 분압은, 아르곤 가스에 탄소-포함 가스를 원하는 농도로 희석하면 조정이 가능하다. 또는, 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스의 분압은, 불활성 가스에 탄소-포함 가스를 원하는 농도로 희석하면 조정이 가능하다.

[0182] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스는 수소와 같이 공급될 수 있다.

[0183] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스는 아르곤과 같이 공급될 수 있다.

[0184] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스는 수소 및 아르곤과 같이 공급될 수 있다.

[0185] 본 발명의 한 실시예에서, 에칭 가스의 농도 분포를 설정하는 것은 에칭 가스의 분압을 조절하여 설정할 수 있다.

- [0186] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매층의 형상을 3차원적인 높낮이를 구비하도록 형성하는 공정 또는 무촉매층의 두께를 불균일하게 형성하는 공정은 아래와 같이 기술될 수 있다.
- [0187] (1). 금속박 등에 슬릿을 설치하고, 슬릿 마스크를 형성한다. 그리고, 슬릿 마스크를 기판으로부터 일정한 거리만큼 이간시켜 배치하고, 스퍼터링(sputtering)에 의해 공급하여, 슬릿 마스크를 경유해 기판에 이르도록 한다. 그러면, 슬릿 마스크의 슬릿에 대항하는 개소에서는 무촉매층이 두꺼워지고, 그곳으로부터 멀어짐에 따라서 무촉매층이 얇아진다,
- [0188] (2). 금속박 등에 슬릿을 설치하고, 슬릿 마스크를 형성한다. 그리고, 슬릿 마스크를 기판으로부터 일정한 거리만큼 이간시켜 상부에 배치하고, 스퍼터링(sputtering) 방향을 기판 표면에 대해 수평 방향으로 하면, 슬릿의 근방에서는 무촉매층이 두껍게 형성되고, 슬릿으로부터 멀어지면, 무촉매층의 두께는 얇아진다,
- [0189] (3). 슬릿 마스크를 기판으로부터 일정한 거리만큼 이간시켜 상부에 배치하고, 스퍼터링(sputtering) 방향을 기판 표면에 대해 수직 방향으로 하면, 슬릿의 근방에서는 무촉매층이 두껍게 형성되고, 슬릿으로부터 멀어지면, 무촉매층의 두께는 얇아진다,
- [0190] (4). 또한, 장애물을 기판으로부터 일정한 거리만큼 이간시켜 상부에 배치함으로써, 상기 슬릿 마스크 대신에 이용하게 하는 것도 가능하다. 이 경우에는, 장애물이 스퍼터링(sputtering)에 대한 장애물이 되기 때문에, 장애물의 근방에서는 무촉매층이 얇아지고, 장애물로부터 멀어짐에 따라 무촉매층이 두꺼워진다,
- [0191] (5). 이 외에, 스퍼터링(sputtering)에 의해 공급할 때, 1개 내지 복수의 가동식 셔터를 설치하고, 셔터를 서서히 닫아 가는 것에 따른 방법도 있다. 이 방법에서는, 셔터의 처음에 닫혀진 부분 근방의 무촉매층은 얇고, 셔터의 마지막에 닫혀진 부분 근방의 무촉매층은 두꺼워진다. 로 구성되는 상기 (1) 내지 (5) 중 선택되는 방법을 구비할 수 있다.
- [0192] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법은 ECR-CVD 공정 이후에, 형성된 그래핀에 대하여 냉각공정을 수행할 수 있다. 상기 냉각공정은 형성된 그래핀이 균일하게 성장하여 일정하게 배열될 수 있도록 하기 위한 방법으로서, 급격한 냉각은 그래핀의 균열 등을 야기할 수 있으므로, 일정 속도로 서서히 냉각시키는 것이 좋다. 예를 들자면, 자연 냉각 등의 방법을 사용하는 것도 가능하다. 상기 자연 냉각은 열처리에 사용된 열원을 단순히 제거한 것으로서, 이와 같이 열원의 제거만으로도 충분한 냉각 속도를 얻는 것이 가능하다.
- [0193] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법은 에칭 가스 및 탄소-포함 가스와 함께 환원가스를 더 공급하는 것을 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 환원가스는 수소, 헬륨, 아르곤, 또는 질소를 포함하는 것일 수 있다.
- [0194] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법은 탄소를 그래핀으로 성장시킬 수 있는 무촉매층과, 해당 무촉매층에 대한 에칭 가스를 이용할 수 있다.
- [0195] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, 탄소-포함 가스는 메탄을 포함할 수 있다.
- [0196] 본 발명의 한 실시예에서, 수소는 그래핀 결정의 크기 및 도메인 모양을 결정짓게 되는 중요한 역할을 할 수 있다.
- [0197] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법에서, ECR-CVD 장치의 챔버 내에서 에칭 가스 및 탄소-포함 가스는 아르곤과 같은 불활성 가스와 함께 존재하는 것도 가능하다.
- [0198] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스는 탄소를 포함하는 화합물을 포함하는 것을 의미할 수 있다. 본 발명의 한 실시예에서, 상기 탄소-포함 가스는 아르곤과 같은 불활성 가스도 포함하는 것을 의미할 수 있다.

- [0199] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 ECR-CVD 수행 시간과 에칭 수행 시간 및 그래핀 형성 환경을 적절히 조절하여 그래핀의 두께를 제어할 수 있다.
- [0200] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 기관상에 무촉매층을 구비, 그 이후, 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 유지한 채로 상기 무촉매층을 에칭 가스로 제거하는 제거 공정을 구비하여, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기관상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0201] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 기관은 하나 이상의 Piezo(피에조)물질, 자성입자, 전하를 갖는 입자, 중 선택되는 것을 구비한 이후, 박막(또는 초박막)을 구비한 기관을 의미할 수 있다.
- [0202] 본 발명의 한 실시예에서, Piezo(피에조)는 역압전효과(converse piezoelectric effect)를 의미한다. 즉 전기장을 가해주면 기계적인 변형이 일어난다.
- [0203] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은
- [0204] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관상에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0205] b. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0206] c. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 상기 증착 챔버 및 ECR-CVD 챔버 내로 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 더하여 본 발명의 한 실시예에서, 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 상기 무촉매 기관 성장 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함할 수 있다.
- [0207] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은
- [0208] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관상에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0209] b. 상기 기관을 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버들 내로 순차적으로 로딩하여 상기 기관에 형성된 무촉매층을 선택적 식각하는 단계, 및
- [0210] c. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0211] d. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 더하여 본 발명의 한 실시예에서, 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 상기 무촉매 기관 성장 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함할 수 있다.
- [0212] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은
- [0213] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관상에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0214] b. 상기 기관을 CMP 챔버 내로 로딩하여 상기 기관에 형성된 무촉매층에 CMP 공정을 수행하는 단계, 및
- [0215] c. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0216] d. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 더하여 본 발명의 한 실시예에서, 상기 무촉매 기관 성장 그

래핀의 제조방법은 상기 무촉매 기관 성장 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함할 수 있다.

- [0217] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은
- [0218] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관상에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0219] b. 상기 기관을 CMP 챔버 내로 로딩하여 상기 기관에 형성된 무촉매층에 CMP 공정을 수행하는 단계, 및
- [0220] c. 상기 기관을 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버들 내로 순차적으로 로딩하여 상기 기관에 형성된 무촉매층을 선택적 식각하는 단계, 및
- [0221] d. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0222] e. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 더하여 본 발명의 한 실시예에서, 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 상기 무촉매 기관 성장 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함할 수 있다.
- [0223] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은 모두 제거되는 것이 원칙이나, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 한 실시예에서 약간의 무촉매층이 남아있을 수 있는 것을 모두 제거되지 않았다고 의견을 제시할 수 있다. 따라서, 본 발명의 한 실시예에서, 약간의 무촉매층이 남아있을 수 있는 것은, 본 발명에서는 '무촉매층은 모두 제거되는 것이다' 라는 의미에 넓게 포함되는 것으로 의미된다.
- [0224] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 여러 단계들을 추가 포함할 수 있으나, 기본적으로 무촉매층을 구비, 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상 증착(ECR-CVD)을 유지한 채로 상기 무촉매층을 에칭 가스로 제거하는 제거 공정을 구비하여, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기관상에 그래핀을 성장시키는 단계를 수행하는 것이다.
- [0225] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상 증착(ECR-CVD)을 수행하는 것은 그래핀이 성장되는 시점, 즉 1×10^{-3} mbar 정도의 압력 및 무촉매층에 충분한 가열 온도를 유지한 상태에서, 에칭 가스 및 탄소-포함 가스가 공급되어 그래핀이 성장하게 되는 시점부터를, 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상 증착(ECR-CVD)을 수행하는 것이라고 의미한다.
- [0226] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 아래의 <A>, , <C>, 중 선택되는 것으로 기술되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0227] <A>
- [0228] 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0229]
- [0230] 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시

하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

- [0231] <C>
- [0232] 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하고,
- [0233] 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하여,
- [0234] 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0235] , 로 구성되는 상기 기술되는 <A>, , <C>, 중 선택되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0236] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0237] 무촉매층은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하고,
- [0238] 에칭 가스 공급은, 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하여, 그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0239] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 에칭 가스 공급은 ECR-CVD를 수행하기 이전에 먼저 수행 될 수 있으며, 따라서, 본 발명은 무촉매층의 에칭이 수행되는 도중에 ECR-CVD를 수행하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비할 수 있다.
- [0240] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 에칭 가스 공급은 탄소-포함 가스를 공급하기 이전에 먼저 수행 될 수 있으며, 따라서, 본 발명은 무촉매층의 에칭이 수행되는 도중에 탄소-포함 가스를 공급하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비할 수 있다.
- [0241] '--
- [0242] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0243] a. 기관에 무촉매층 구비 그 이후,
- [0244] b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- [0245] c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반데르 발스 유형의 헤테로 에피 택셀 성장(heteroepitaxial growth) 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- [0246] d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기관상에 그래핀을 성장시키는 것; 을

특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

- [0247] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0248] a. 기판에 무촉매층 구비 그 이후,
- [0249] b. 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- [0250] c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 에칭 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반테르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- [0251] d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 에칭 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기판상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

- [0252] 본 발명의 한 실시예에서, 탄소-포함 가스 공급은
- [0253] 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포를 불균일하게 구성하여,
- [0254] 그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을 특징으로 한다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

- [0255] 본 발명의 한 실시예에서, 에칭 가스 공급은
- [0256] 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포를 불균일하게 구성하여,
- [0257] 그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을 특징으로 한다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

- [0258] 본 발명의 한 실시예에서,
- [0259] 무촉매층은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하고,
- [0260] 에칭 가스 공급은, 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하여, 그래핀의 성장의 방향을 제어하는 것; 을 특징으로 한다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.

- [0261] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0262] 무촉매층은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하고,
- [0263] 탄소-포함 가스 공급은, 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도가 높도록 구성하며,
- [0264] 에칭 가스 공급은, 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하여,

- [0265] 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀으로 성장하게 되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0266] 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시 위치는 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0267] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 아래의 <A>, , <C>, 중 선택되는 것으로 기술되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0268] <A>
- [0269] 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0270]
- [0271] 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 함에 따라서, 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0272] <C>
- [0273] 탄소-포함 가스 공급은 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하고,
- [0274] 에칭 가스 공급은 무촉매층에 있어서 에칭 가스의 농도 분포 가운데, 기관의 표면에 평행한 방향의 농도 분포를 불균일하게 하여,
- [0275] 상기 기관의 표면에 평행한 방향으로 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다. 로 구성되는 상기 기술되는 <A>, , <C>, 중 선택되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 또한, 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 상기 기술된 <A>, , <C>, 중 선택되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비하는 <A-A>, <B-B>, <C-C>, 중 선택되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0276] <A-A>
- [0277] 기관의 표면에 평행한 제1의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 그래핀을, 상기 기술된 <A> 에 기재된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하며,
- [0278] 상기 그래핀으로부터 상기 표면에 평행한 제2의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 면상 그래핀을, 상기 기술된 <A> 에 기재된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법
- [0279] <B-B>

- [0280] 기관의 표면에 평행한 제1의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 그래핀을, 상기 기술된 에 기재된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하며,
- [0281] 상기 그래핀으로부터 상기 표면에 평행한 제2의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 면상 그래핀을, 상기 기술된 에 기재된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법
- [0282] <C-C>
- [0283] 기관의 표면에 평행한 제1의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 그래핀을, 상기 기술된 <C> 에 기재된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하며,
- [0284] 상기 그래핀으로부터 상기 표면에 평행한 제2의 방향으로 성장하고, 해당 표면에 직접 접하는 면상 그래핀을, 상기 기술된 <C> 에 기재된 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에 의해 제조하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법, 로 구성되는 상기 기술되는 <A-A>, <B-B>, <C-C>, 중 선택되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다. 또한 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 상기 그래핀을 냉각하는 단계, 및 상기 면상 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0285] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 기관상에 성장된 그래핀을 냉각하는 단계를 추가 포함하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0286] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0287] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0288] b. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0289] c. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 상기 증착 챔버 및 ECR-CVD 챔버 내로 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0290] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0291] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0292] b. 상기 기관을 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버들 내로 순차적으로 로딩하여 상기 기관에 형성된 무촉매층을 선택적 식각하는 단계, 및
- [0293] c. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0294] d. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0295] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0296] a. 기관을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기관에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0297] b. 상기 기관을 CMP 챔버 내로 로딩하여 상기 기관에 형성된 무촉매층에 CMP 공정을 수행하는 단계, 및
- [0298] c. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기관 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0299] d. 상기 기관은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

- [0300] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0301] a. 기판을 증착 챔버 내로 로딩(loading)하여 상기 기판에 무촉매층을 형성하는 단계, 및
- [0302] b. 상기 기판을 CMP 챔버 내로 로딩하여 상기 기판에 형성된 무촉매층에 CMP 공정을 수행하는 단계, 및
- [0303] c. 상기 기판을 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버들 내로 순차적으로 로딩하여 상기 기판에 형성된 무촉매층을 선택적 식각하는 단계, 및
- [0304] d. 상기 기판을 ECR-CVD 챔버 내로 로딩하고 에칭 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 ECR-CVD 에 의하여 무촉매 기판 성장 그래핀을 형성하는 단계, 를 포함하되,
- [0305] e. 상기 기판은 로드-잠금 챔버(load-locked chamber)를 이용하여 순차적으로 로딩되는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0306] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0307] a. 기판에 무촉매층을 형성하되, 상기 기판에 형성되는 무촉매층의 형상은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하도록 형성하는 단계, 및
- [0308] b. 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하는 단계, 및
- [0309] c. 무촉매층에 있어서 탄소-포함 가스의 농도 분포를 균일하게 구성하는 단계, 및
- [0310] d. ECR-CVD를 수행하는 단계, 및
- [0311] e. 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀의 성장으로 진행되는 단계(물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다), 및
- [0312] f. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 탄소가, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장하는 단계, 및
- [0313] g. 그래핀의 성장 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 되는 단계, 및
- [0314] h. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 되는 단계; 를
- [0315] 구비하는 것을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.
- [0316] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0317] a. 기판에 무촉매층을 형성하되, 기판에 형성되는 무촉매층의 형상은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하도록 형성하는 단계, 및
- [0318] b. 무촉매층의 높은 곳은 에칭 가스의 농도를 높여 무촉매층이 빠르게 제거되도록 구성하고, 무촉매층의 낮은 곳은 에칭 가스의 농도가 낮도록 구성하는 단계, 및
- [0319] c. 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높이는 단계, 및
- [0320] d. ECR-CVD를 수행하는 단계, 및
- [0321] e. 무촉매층의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 에칭 가스의 농도가 낮은 곳 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀의 성장으로 진행되는 단계(물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생할 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생

(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다), 및

[0322] f. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 탄소가, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장하는 단계, 및

[0323] g. 그래핀의 성장 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 되는 단계, 및

[0324] h. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 되는 단계; 를

[0325] 구비하는 것을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

[0326] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은

[0327] a. 기판에 무촉매층을 형성하되, 기판에 형성되는 무촉매층의 형상은 무촉매층의 두께에 기울기를 구비하도록 형성하는 단계, 및

[0328] b. 에칭 가스가 균일하게 분사되어 균일하게 무촉매층이 제거되도록 구성하는 단계, 및

[0329] c. 무촉매층에 있어서 무촉매층의 낮은 곳에 탄소-포함 가스의 농도를 높이는 단계, 및

[0330] d. ECR-CVD를 수행하는 단계, 및

[0331] e. 무촉매층의 제거로, 상기 제거되는 무촉매층에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, 탄소-포함 가스의 농도가 높은 곳 즉, 무촉매층의 낮은 곳에서 그래핀의 성장으로 진행되는 단계(물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장의 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다), 및

[0332] f. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 탄소가, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장하는 단계, 및

[0333] g. 그래핀의 성장 방향은, 무촉매층의 낮은 곳에서 높은 곳으로 그래핀이 성장하게 되는 단계, 및

[0334] h. 최종적으로는 무촉매층이 모두 제거되고, 그래핀이, 기판의 표면에 직접 접하게 되는 단계; 를

[0335] 구비하는 것을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

[0336] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은

[0337] 무촉매 기판 성장 그래핀으로써,

[0338] 상기 무촉매 기판 성장 그래핀은, 기판의 표면에 직접 접하고,

[0339] 상기 무촉매 기판 성장 그래핀의 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 무촉매 기판 성장 그래핀의 해당 표면에 평행한 다른 어느 하나의 방향에 있어서의 결정립경보다 크고,

[0340] 상기 무촉매 기판 성장 그래핀의 상기 제1의 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 그래핀의 해당 표면에 수직인 방향에 있어서의 결정립경보다 큰 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀을 구비한다.

[0341] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은

[0342] 무촉매 기판 성장 그래핀으로써,

[0343] 해당 무촉매 기판 성장 그래핀은, 기판의 표면에 직접 접하고,

[0344] 해당 무촉매 기판 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제1의 방향에 따른 결정립계를 가지며,

[0345] 해당 무촉매 기판 성장 그래핀은, 상기 표면에 평행한 제2의 방향에 따른 결정립계를 갖는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀을 구비한다. 또한, 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 상기 제1의 방향과, 상기 제2의 방향은, 직교하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기판 성장 그래핀을 구비한다.

- [0346] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은, 두 종류의 무촉매층이 구비되어, 한쪽(여기서는 <무촉매층 ; A> 로 표기한다)은 에칭이 수행되지 않고, 다른 한쪽(여기서는 <무촉매층 ; B> 로 표기한다)은 에칭이 수행되는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비할 수 있다. 상기 제조방법은 아래와 같이 기술될 수 있다.
- [0347] (1). 기관에 에칭 가스로 에칭이 되지않는 <무촉매층 ; A> 를 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 <무촉매층 ; A>가 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.
- [0348] (2). 상기 기관에 에칭 가스로 에칭이 되는 <무촉매층 ; B> 를 형성한다. 본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 <무촉매층 ; B>가 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다.
- [0349] (3). 상기 기관을 ECR-CVD 챔버내로 위치시킨다.
- [0350] (4). <무촉매층 ; B> 에 있어서 에칭 가스의 농도를 높여 <무촉매층 ; B>가 빠르게 제거되도록 구성한다.
- [0351] (5). <무촉매층 ; A> 에 있어서 탄소-포함 가스의 농도를 높인다.
- [0352] (6). ECR-CVD 를 수행한다.
- [0353] (7). 그러면, <무촉매층 ; B>의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 <무촉매층 ; B>에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, <무촉매층 ; A>에서 그래핀으로 성장하게 된다. 물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0354] (8). 이대로 ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하면, 성장한 그래핀이 한층 더 성장한다. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 하므로, 이 때문에, 탄소는, 이미 성장을 끝낸 그래핀과 결정 구조를 이루도록 성장한다.
- [0355] (9). 최종적으로는 <무촉매층 ; B>가 제거되고, 그래핀이 형성된다. 로 구성되는 상기 (1) 내지 (9) 로 이어지는 공정을 구비할 수 있다.
- [0356] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0357] a. 기관에 에칭 가스로 에칭이 되지않는 <무촉매층 ; A> 를 형성하는 단계(본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 <무촉매층 ; A>가 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다), 및
- [0358] b. 상기 기관에 에칭 가스로 에칭이 되는 <무촉매층 ; B> 를 형성하는 단계(본 발명의 한 실시예에서, 필요 이외의 부분에 <무촉매층 ; B>가 형성되지 않도록 하기 위하여, 레지스트 마스크 등을 이용하여 제거해도 좋다), 및
- [0359] c. 상기 기관을 ECR-CVD 챔버내로 위치시키는 단계, 및
- [0360] d. <무촉매층 ; B> 에 있어서 에칭 가스의 농도를 높여 <무촉매층 ; B>가 빠르게 제거되도록 구성하는 단계, 및
- [0361] e. <무촉매층 ; A> 에 있어서 탄소-포함 가스의 농도를 높이는 단계, 및
- [0362] f. 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, <무촉매층 ; B>의 빠른 제거로, 상기 빠르게 제거되는 <무촉매층 ; B>에 성장할 수 없게 된 탄소가 높은 모빌리티를 유지한 채로, <무촉매층 ; A>에서 그래핀으로 성장하게 되는 단계(물론, 본 발명의 한 실시예에서, 그래핀의 성장 개시점은 본 발명에서 제시하고자 하는 위치 뿐만 아니라, 원치않는 위치에서도 그래핀의 핵발생(nucleate)이 발생될 수 있으나, 이러한 원치않는 위치에서 발생하는 그래핀의 핵발생(nucleate)은 적절히 무시하는 것으로 이해될 수 있다), 및
- [0363] g. ECR-CVD를 유지한 채로 에칭을 계속하여, 성장한 그래핀이 한층 더 성장하게 되는 단계, 및
- [0364] h. 최종적으로는 <무촉매층 ; B>가 제거되고, 그래핀이 형성되는 단계를 포함하는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비한다.

- [0365] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0366] 무촉매 기관 성장 그래핀으로써,
- [0367] 상기 무촉매 기관 성장 그래핀은, 에칭 가스로 에칭이 되지않는 <무촉매층 ; A>의 표면에 직접 접하고,
- [0368] 상기 무촉매 기관 성장 그래핀의 상기 표면에 평행한 방향에 있어서의 결정립경은, 해당 그래핀의 해당 표면에 수직인 방향에 있어서의 결정립경보다 큰 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀을 구비한다.
- [0369] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 부품의 제조방법을 구비한다.
- [0370] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 부품의 제조방법으로 구비되는 것을 특징으로 하는 전자부품을 구비한다.
- [0371] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은 무촉매 기관 성장 그래핀을 포함하여 구비되는 것을 특징으로 하는 전자부품을 구비한다.
- [0372] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명은
- [0373] a. 기관에 무촉매층 구비 그 이후,
- [0374] b. 용해 가스 및 탄소-포함 가스를 공급하고 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되,
- [0375] c. 상기 탄소-포함 가스 공급에서 무촉매층의 용해 가스를 같이 공급하여, 상기 무촉매층 상에서 탄화수소 라디칼(hydrocarbon radicals)의 흡착(adsorb), 확산(diffuse) 및 무촉매층의 표면 상에 핵으로 발생하게 되는 반데르 발스 유형의 성장 타입으로, 무촉매층 상에 그래핀을 성장시키되,
- [0376] d. 상기 c 의 공정에서, 지속적인 전자 사이클로트론 공명 플라즈마 화학기상증착(Microwave Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; ECR-CVD)을 수행하되, 용해 가스로 인하여, 무촉매층이 계속적으로 전부 제거되어, 무촉매층을 포함하지 않은 상태로 기관상에 그래핀을 성장시키는 것; 을 특징으로 하는 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법을 구비할 수 있다.
- [0377] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법에서, 무촉매층은, 탄소가 그래핀으로 성장가능하고, 용해 가스에 의해 제거가 가능한 무촉매층을 이용할 수 있다.
- [0378] 본 발명의 한 실시예에서, 무촉매 기관 성장 그래핀의 제조방법은 탄소를 그래핀으로 성장시킬 수 있는 무촉매층과, 해당 무촉매층에 대한 용해 가스를 이용할 수 있다.
- [0379] '--
- [0380] 본 발명의 한 실시예에서, 전자부품의 제조방법은 트랜지스터(Transistor)의 제조방법을 의미할 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0381] 본 발명의 한 실시예에서, 전자부품의 제조방법은 중앙처리장치(Central Processing Unit, CPU)의 제조방법을 의미할 수 있다.
- [0382] 본 발명의 한 실시예에서, 전자부품의 제조방법은 메모리(Memory)의 제조방법을 의미할 수 있다.
- [0383] 본 발명의 한 실시예에서, 전자부품은 트랜지스터(Transistor)인것; 을 특징으로 하나, 이에 한정되지는 않는다.

- [0384] 본 발명의 한 실시예에서, 전자부품은 중앙처리장치(Central Processing Unit, CPU)인것; 을 특징으로 한다.
- [0385] 본 발명의 한 실시예에서, 전자부품은 메모리(Memory)인것; 을 특징으로 한다.
- [0386] ''
- [0387] 여기서, "기술되다" 는 "대상이나 과정의 내용과 특징이 있는 그대로 열거되거나 기재되어 서술되다"를 의미한다.
- [0388] 본 발명은 상위 그룹, 그룹, 그룹의 범위, 그룹의 하위 범위, 그룹의 포함 범위로 기술되었다.
- [0389] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 일면에서 상세하게 기술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 일면에서 상세하게 기술되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0390] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명에 특별히 기술된 것보다, 일반적으로 알려진 방법, 일반적으로 알려진 수학적, 일반적으로 알려진 법칙, 일반적으로 알려진 설명, 일반적으로 알려진 순서 및 일반적으로 알려진 기술은 불필요한 실험에 의지하지 않고 넓게 드러나 있는 본 발명의 실시예에 적용될 수 있다.
- [0391] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명에 특별히 기술된 것과 동일하게 알려진 방법, 순서 그리고 특히 기술적으로 동일하게 알려진 기술은 의도되지 않게 본 발명의 실시예에 적용될 수 있다.
- [0392] 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자는 일반적으로 알려진 방법, 일반적으로 알려진 수학적, 일반적으로 알려진 법칙, 일반적으로 알려진 설명, 일반적으로 알려진 순서 및 일반적으로 알려진 기술등 과도한 설명에 의지하지 않고도 본 발명이 실현가능하다는 것을 알 수 있을 것이다.
- [0393] 여기서 채용된 용어 및 표현들은 발명의 상세한 설명의 용어로서 사용되거나 의미를 제한하는 것은 아니며, 설명되거나 도시된 특징의 용어나 표현을 제한할 의도는 없다. 다만, 본 발명의 청구된 범위 안에서 다양한 변형들이 가능하다. 그러므로, 본 발명이 몇몇 바람직한 실시예들에 의해 기술되었음에도 불구하고 대표적 실시예 및 선택적 특징들, 여기서 기술된 개념의 수정 및 변화가 종래 기술등에 의해 재분류될 수 있다고 이해될 수 있으며, 이러한 수정 및 변화들은 첨부된 청구항에 의해 정의된 바와 같이 본 발명의 범위 안에서 고려될 수 있다.
- [0394] 본 발명의 한 실시예에서, 제공된 특정 실시예는 본 발명의 유용한 실시예의 예시이고, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명이 구성요소들, 방법단계들의 변화를 사용하여 수행되어질 수 있다는 점을 이해할 수 있을 것이다.
- [0395] 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자라면 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명의 특정 실시예가 다양한 선택적 구성 및 방법 및 단계들을 포함하여 사용될 수 있다는 점을 이해할 수 있을 것이다.
- [0396] 여기서 기술되거나 설명된 구성요소의 구체적인 명칭은 본 발명이 속하는 기술분야의 일반적 기술을 가진자가 같은 구성요소의 구체적인 명칭을 다르게 부를 수도 있는 점에서 임의의 예시로서 불려질 수 있다. 따라서, 여기서 기술되거나 설명된 구성요소의 구체적인 명칭은 기술된 본 발명의 전반적인 내용을 토대로 이해되어야 한다.
- [0397] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명의 기술되거나 설명된 그룹의 조합은 달리 언급되지 않더라도 본 발명을 실시하기 위하여 사용되어질 수 있다고 고려될 수 있다.

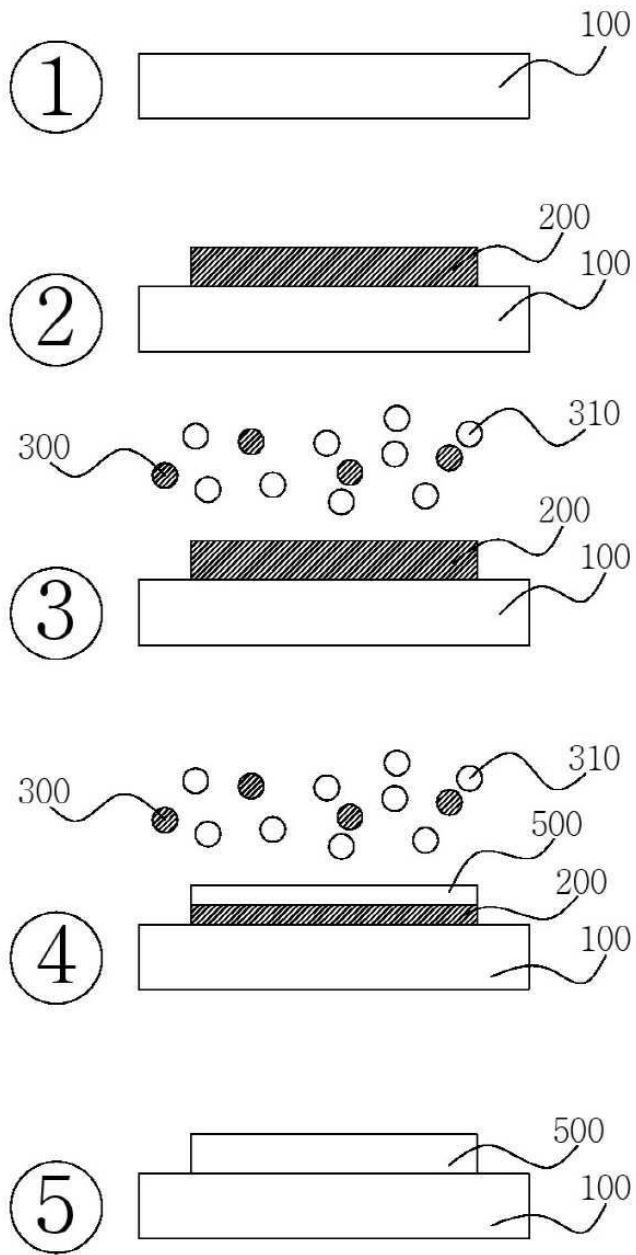
- [0398] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명의 상위그룹내에 포함 가능한 기술되거나 설명된 그룹의 조합은 달리 언급되지 않더라도 본 발명의 상위그룹내에서 사용되어질 수 있다.
- [0399] 본 발명의 한 실시예에서, 기술되거나 설명된 그룹의 범위가 상세하게 주어질 때 뿐만 아니라 상기 기술되거나 설명된 그룹의 범위에 포함 가능한 개별 값은 상기 기술되거나 설명된 그룹의 범위에서 사용되어질 수 있다.
- [0400] 본 발명의 한 실시예에서, 기술되거나 설명된 그룹의 범위가 상세하게 주어질 때 뿐만 아니라 상기 기술되거나 설명된 그룹의 범위에 포함 가능한 그룹의 조합은 상기 기술되거나 설명된 그룹의 범위에서 사용되어질 수 있다.
- [0401] 본 발명의 한 실시예에서, 기술되거나 설명된 그룹의 범위가 상세하게 주어질 때 뿐만 아니라 상기 기술되거나 설명된 그룹의 범위에 포함 가능한 그룹은 상기 기술되거나 설명된 그룹의 범위에서 사용되어질 수 있다.
- [0402] 본 발명의 한 실시예에서, 기술되거나 설명된 구성요소의 등가적으로 알려진 구성요소 또는 변형물은 달리 언급되지 않더라도 의도되지 않게 본 발명을 실시하기 위하여 사용되어질 수 있다.
- [0403] 본 발명의 한 실시예에서, 본 발명의 내용은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자의 레벨에서 설명되었다.
- [0404] 본 발명의 한 실시예에서, 그룹, 그룹의 범위, 그룹의 하위 범위, 그룹의 포함 범위로 기술된 설명은, 포함 가능한 본 발명의 상위 그룹의 설명의 범위내에서 실현될 수 있다.
- [0405] 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자는 본 발명을 실시하기 위한 다양한 방법들이 과도한 실험에 기대지 않고도 본 발명의 실시예 채용될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.
- [0406] 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자는 본 발명에서 그룹, 그룹의 범위, 그룹의 하위 범위, 그룹의 포함 범위로 기술된 설명이 충분히 포함 가능한 본 발명의 상위 그룹의 실시예 채용될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.
- [0407] 이상, 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 내용에 한정되지 않으며, 여러 가지 다양한 형태로 변형될 수 있다. 또한, 본 발명은 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 많은 변형이 가능함은 명백하다.
- [0408] 또한, 적당하게 도식적으로 설명된 본 발명은 예시적인 것에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.
- [0409] 본 발명의 한 실시예에서, 기술된 방법들과 등가적으로 알려진 방법들은 의도되지 않게 본 발명의 한 실시예에, 사용되어질 수 있다.....

부호의 설명

- [0410]
- 100 : 기관
 - 200 : 무촉매층
 - 300 : 탄소-포함 가스
 - 310 : 에칭 가스
 - 500 : 그래핀
 - 1001 : 그래핀 디바이스
 - 1002 : 그래핀
 - 1003 : 기관
 - 1600 : 에칭가스 공급방향
 - 3001 : 슬릿 마스크
 - 3002 : 슬릿
 - 3005 : 스퍼터링(sputtering)에 의해 공급되는 방향

도면

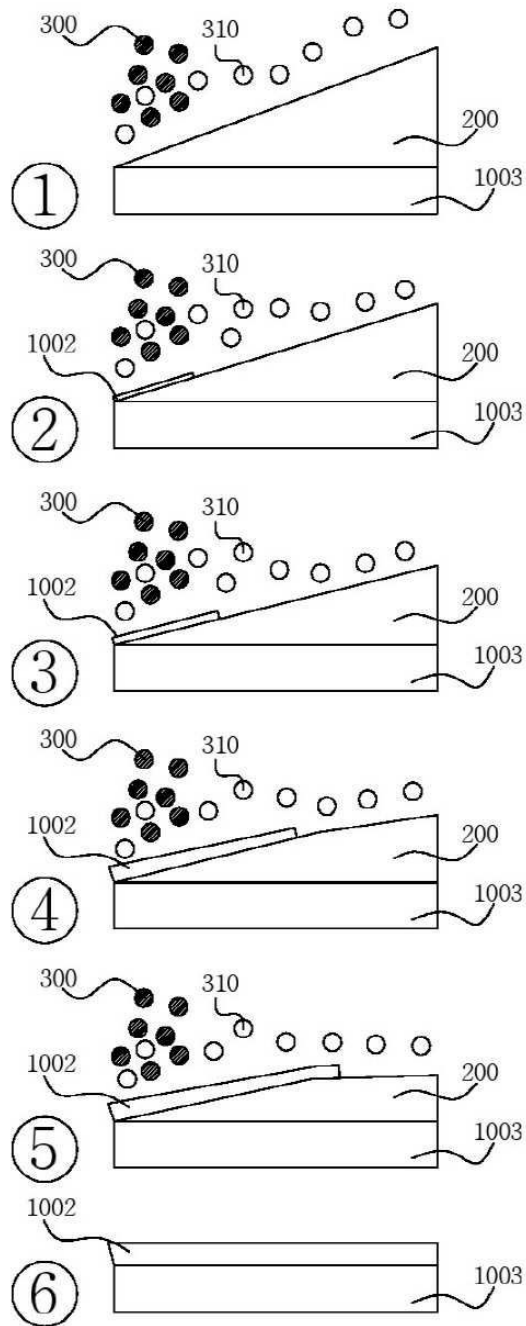
도면1



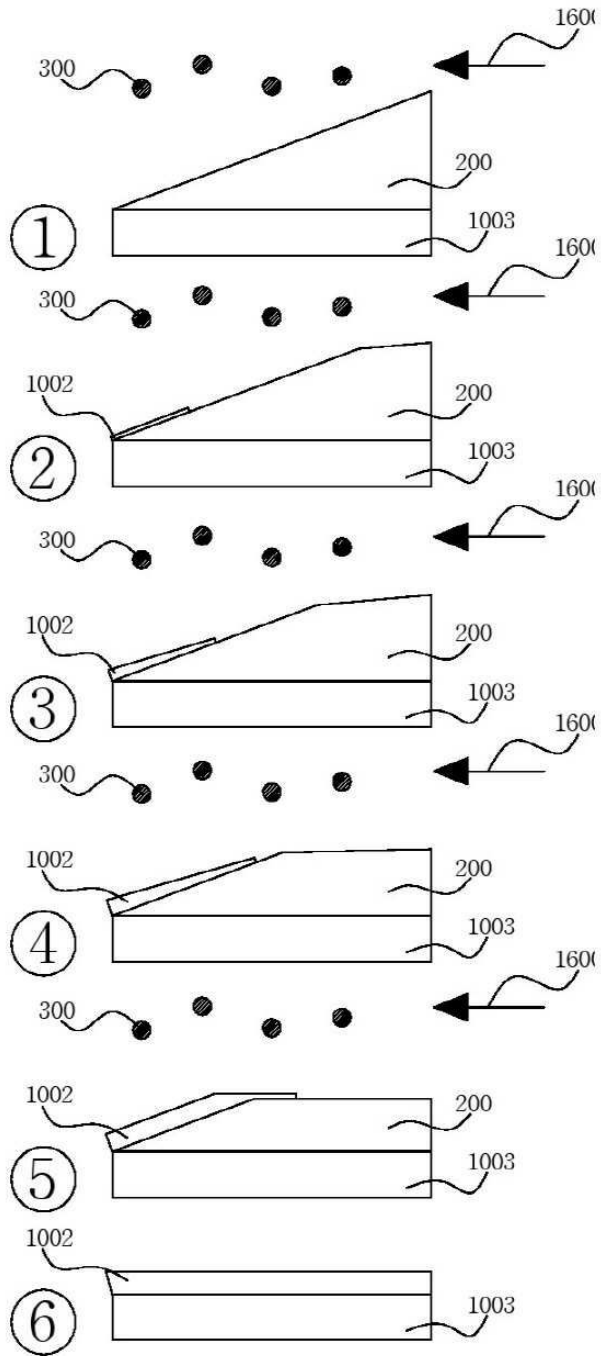
도면2



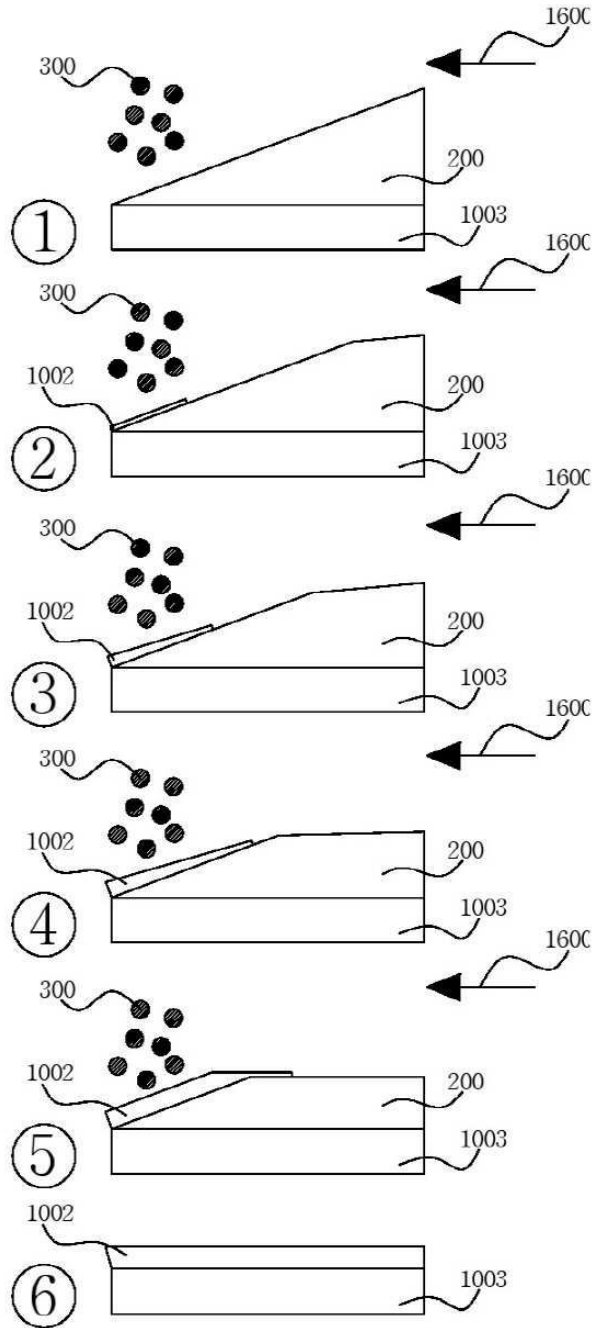
도면3



도면4



도면5



도면6

