



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0024700
(43) 공개일자 2021년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 32/184 (2017.01) C01B 32/194 (2017.01)
C01B 32/956 (2017.01) B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C01B 32/184 (2017.08)
C01B 32/194 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2019-0104146
(22) 출원일자 2019년08월26일
심사청구일자 2019년08월26일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
최순목
충남 천안시 충절로 1600 공학3관 222호
김병근
경북 경산시 진량읍 공단9로12길 25
노창완
충남 천안시 충절로 1600 공학3관 222호
(74) 대리인
특허법인오암

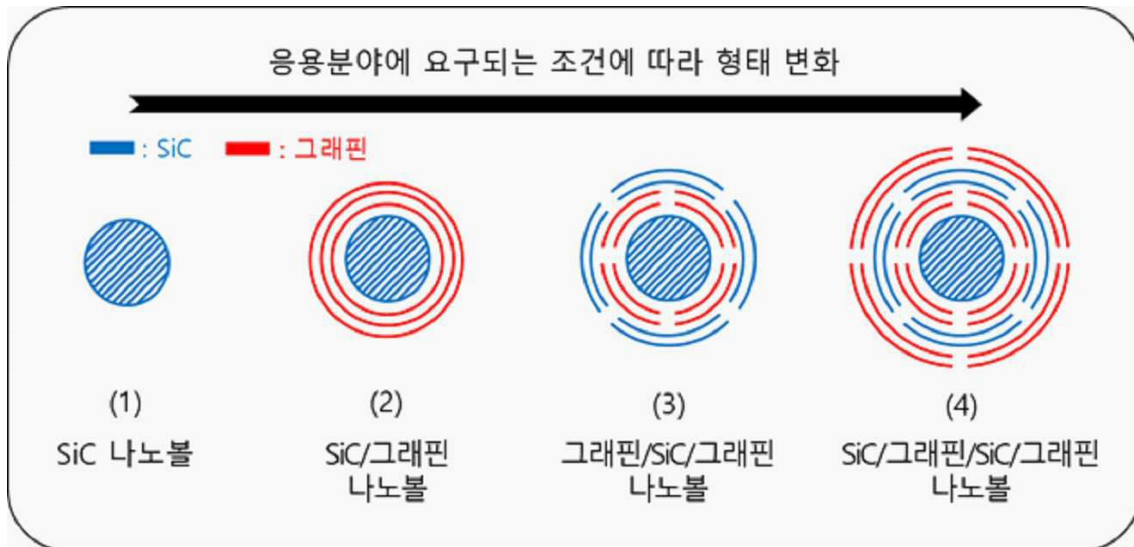
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 그래핀 나노볼 제조방법 및 이로부터 제조된 그래핀 나노볼

(57) 요약

본 발명은 커피 찌꺼기와 나노입자 모체를 이격하여 배치하는 제 1단계; 및 커피 찌꺼기를 탄소원으로 화학 기상 증착을 수행하여 상기 나노입자 모체 상에 그래핀층을 형성하는 제 2단계;를 포함하는 그래핀 나노볼 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C01B 32/956 (2021.01)

B82Y 40/00 (2013.01)

C01B 2204/32 (2013.01)

C01P 2004/32 (2013.01)

C01P 2004/64 (2013.01)

C01P 2004/80 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

커피 찌꺼기와 나노입자 모체를 이격하여 배치하는 제 1단계; 및

커피 찌꺼기를 탄소원으로 화학기상증착을 수행하여 상기 나노입자 모체 상에 그래핀층을 형성하는 제 2단계;를 포함하는 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 나노입자 모체는 탄화규소 나노입자 또는 이산화규소 나노입자인 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 2단계의 수행 중 상기 커피 찌꺼기 위치의 온도가 나노입자 모체 위치의 온도보다 더 높은 것을 특징으로 하는 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 커피 찌꺼기 위치의 온도와 나노입자 모체 위치의 온도차는 250 내지 350 °C인 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 커피 찌꺼기 위치의 온도는 1300 내지 1400 °C인 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 제 2단계는 4 내지 10시간 동안 수행되는 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제 2단계 이후 그래핀층 상에 화학기상증착으로 탄화규소층을 형성하는 제 3단계;를 더 포함하는 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제 3단계 이후 탄화규소층 상에 화학기상증착으로 제 2 그래핀층을 형성하는 제 4단계;를 더 포함하는 그래핀 나노볼 제조방법.

청구항 9

제 1항 내지 제 8항에서 선택되는 어느 한 항의 제조방법으로 제조된 그래핀 나노볼.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 그래핀 나노볼은 상기 나노입자 모체 표면에 형성된 그래핀층의 두께가 10 내지 50 nm인 그래핀 나노볼.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 커피찌꺼기를 재활용하여 그래핀 나노볼을 제조할 수 있는 그래핀 나노볼 제조방법 및 이로부터 제조된 그래핀 나노볼에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 그래핀은 탄소 원자간 sp² 결합을 통하여 벌집 형태의 결합구조를 갖는 탄소 소재로서, 우수한 전기전도도 및 열전도도를 가지는 동시에 투명도가 우수한 특징이 있다. 이러한 특징에 의해 그래핀은 배터리, 전자 소자, 센서, 슈퍼 커패시터, 태양전지, 투명전극 등 첨단 산업분야에 매우 광범위하게 활용되는 소재 중 하나이다.

[0003] 이러한 그래핀의 장점을 극대화하거나 활용 분야의 확장을 위하여 그래핀의 구조, 형상등을 다양하게 변형시키는 시도가 지속적으로 진행되고 있으며, 나아가 다른 소재들의 장점과 그래핀의 장점을 결합하여 더욱 우수한 그래핀계 소재 제조를 위한 시도가 계속되고 있다.

[0004] 그중에서도 그래핀을 구(sphere) 구조로 제조하여 상술한 그래핀의 장점 뿐만 아니라 구 구조에 의한 형상학적 특성의 장점을 모두 보유한 그래핀 나노볼은 전기차, 하이브리드카 및 수소차 등에 이용되는 리튬 이온 배터리, 슈퍼 커패시터, 양성자 교환막 연료 전지 등에서 경량화 및 에너지 효율 증대를 달성하기 위한 그래핀계 나노소재로 부각되고 있다.

[0005] 그러나 이러한 그래핀 나노볼의 경우 통상적인 탄소 소재보다 가격이 비싸고, 대량생산시 신뢰성이 낮은 문제가 있어, 저비용으로 높은 신뢰성을 갖는 그래핀 나노볼 제조공정의 개발이 시급한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1676024호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 천연자원을 재활용하며, 저렴한 비용으로 그래핀 나노볼을 제조할 수 있는 그래핀 나노볼 제조방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 내부에 나노입자 모체를 포함하여 내구성이 우수한 그래핀 나노볼 제조방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 또 다른 목적은 간단한 방법으로 그래핀 나노볼의 제조가 가능한 그래핀 나노볼 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은

[0011] 커피 찌꺼기와 나노입자 모체를 이격하여 배치하는 제 1단계; 및

[0012] 커피 찌꺼기를 탄소원으로 화학기상증착을 수행하여 상기 나노입자 모체 상에 그래핀층을 형성하는 제 2단계;를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 나노입자 모체는 탄화규소 나노입자 또는 이산화규소 나노입자일 수 있다.

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 제 2단계의 수행 중 상기 커피 찌꺼기 위치의 온도가 나노입자 모체 위치의 온도보다 더 높은 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 커피 찌꺼기 위치의 온도와 나노입자 모체 위치의 온도차는 250 내지 350 °C일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 커피 찌꺼기 위치의 온도는 1300 내지 1400 °C일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 제 2단계는 4 내지 10시간 동안 수행될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 상기 제 2단계 이후 그래핀층 상에 화학기상증착으로 탄화규소층을 형성하는 제 3단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 상기 제 3단계 이후 탄화규소층 상에 화학기상증착으로 제 2그래핀층을 형성하는 제 4단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명은 또한 그래핀 나노볼을 제공하며, 본 발명에 의한 그래핀 나노볼은 본 발명의 일 실시예에 의한 제조 방법으로 제조된 것일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼은 상기 나노입자 모체 표면에 형성된 그래핀층의 두께가 10 내지 50 nm일 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 커피 찌꺼기와 나노입자 모체를 이격 배치하고 화학기상 증착을 수행함으로써 나노입자 모체 상에 그래핀 층이 형성된 그래핀 나노볼을 제조하는 방법에 관한 것으로, 간단한 방법으로 천연 자원을 재활용하여 저렴한 비용으로 그래핀 나노볼을 제조할 수 있으며, 나노입자 모체를 포함하여 내구성이 우수한 그래핀 나노볼의 제조가 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 그래핀 나노볼 제조방법을 순차적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 의해 제조된 그래핀 나노볼을 관찰하고 이를 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 제조예에 따른 그래핀 나노볼의 TEM-EDS 분석 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명의 실시예들에 대한 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0025] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0026] 본 발명은 커피 찌꺼기와 나노입자 모체를 이격하여 배치하는 제 1단계; 및
- [0027] 커피 찌꺼기를 탄소원으로 화학기상증착을 수행하여 상기 나노입자 모체 상에 그래핀층을 형성하는 제 2단계;를 포함하는 그래핀 나노볼 제조방법에 관한 것이다.
- [0028] 본 발명에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 상술한 바와 같이 커피 찌꺼기를 탄소원으로 이용하여 나노입자 모체 상에 그래핀층을 형성함으로써, 구형의 그래핀을 형성하여 그래핀의 전기전도도 등과 같은 특성을 극대화 할 수 있으며, 나아가 그래핀의 특성을 유지하면서 나노입자 모체가 갖는 내구성 등과 같은 장점을 함께 도모할 수

있는 장점이 있다.

- [0029] 이때, 상기 나노입자 모체는 제조되는 그래핀 나노볼의 이용용도 등에 따라 달라질 수 있으나, 종게는 탄화규소 나노입자 또는 이산화규소 나노입자일 수 있다. 나아가, 상기 나노입자 모체의 크기 또한 제조되는 그래핀 나노볼의 이용용도, 목표표하는 물성치 등에 따라 달라질 수 있으나, 구체적이고 비한정적인 일례로 직경이 10 내지 500 nm, 더욱 구체적으로는 30 내지 400 nm일 수 있으나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 제 1단계의 이격 배치는 화학기상증착(CVD) 반응기 내부에서 수행될 수 있음이 자명하며, 상기 제 1단계에서 커피 찌꺼기와 나노입자 모체를 이격하여 배치함으로써, 상기 제 2단계의 수행 중 커피 찌꺼기 위치의 온도와 나노입자 모체 위치의 온도 구배를 도모할 수 있다.
- [0031] 구체적으로, 상기 제 2단계의 수행 중 상기 커피 찌꺼기 위치의 온도가 나노입자 모체 위치의 온도보다 더 높을 수 있으며, 이러한 온도차에 의해 커피 찌꺼기 탄소원으로부터 캐리어가스에 의해 탄소가 이송하고 나노입자 모체 상에 응축될 수 있으며, 이러한 과정을 거쳐 그래핀 나노볼의 제조가 가능하다.
- [0032] 더욱 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 제 2단계의 수행 중 커피찌꺼기 위치의 온도는 1300 내지 1400 °C, 종게는 1320 내지 1370 °C, 더욱 종게는 1325 내지 1360 °C이며, 나노입자 모체 위치의 온도는 1000 내지 1150 °C일 수 있다. 나아가, 상기 커피 찌꺼기 위치와 나노입자 모체 위치의 온도차는 250 내지 350 °C, 종게는 270 °C 내지 340 °C일 수 있다. 상술한 온도 범위차를 설정하여 화학 기상 증착을 수행함으로써, 종래 화학기상증착의 탄소원으로 단가가 높고 고순도의 메탄 또는 테트라메틸실란 등의 탄소원을 이용하던 문제를 해결하여, 커피 찌꺼기와 같이 유기 폐기물을 이용하는 경우에도 순도높은 그래핀 층을 형성하여 고품질의 그래핀볼 생산이 가능한 장점이 있다.
- [0033] 커피찌꺼기 위치의 온도가 상술한 온도보다 낮은 경우 커피찌꺼기를 탄소원으로 이용하여 화학기상증착을 수행하기 어려운 문제점이 있다. 또한 커피 찌꺼기 위치와 나노입자 모체 위치의 온도차가 상술한 범위보다 작은 경우 나노입자 모체 상에 형성되는 탄소 함량이 대폭 감소하고, 그래핀 코팅이 잘 형성되지 않는 문제점이 있으며, 찌꺼기 위치와 나노입자 모체 위치의 온도차가 상술한 범위보다 큰 경우 그래핀층의 결정성이 감소하고, 나노입자 모체 상에 형성되는 그래핀층의 품질이 현저히 낮아지는 문제가 발생할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 커피 찌꺼기는 원활한 화학기상증착을 위하여 수분이 제거된 것일 수 있다. 구체적으로, 상기 커피 찌꺼기는 50 내지 100 °C의 온도에서 10 내지 40시간 동안 건조를 수행한 것일 수 있으나, 커피 찌꺼기 건조 방법이 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다. 나아가, 본 발명의 탄소원은 커피 찌꺼기 외에 톱밥, 빵 부스러기 등의 유기물을 탄소원으로 이용할 수 있음은 물론이다.
- [0035] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 상기 제 1단계 후 상기 제 2단계의 수행 전, 화학기상증착 반응기를 진공상태로 만드는 단계를 더 포함할 수 있다. 이러한 단계를 더 포함함으로써 반응기 내부 공기에 포함된 불순물을 제거하여 순도 높은 그래핀층의 형성이 가능한 장점이 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법 중 상기 제 2단계의 화학기상증착에서 이용되는 캐리어가스는 통상적으로 이용되는 불활성 가스를 이용할 수 있으며, 150 내지 300 sccm의 유량으로 불활성가스를 흘려주면서 수행될 수 있으나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법에서 상기 제 2단계는 형성하고자 하는 그래핀 층의 두께 등에 따라 달라질 수 있음이 자명하나, 볼 또는 구 형상의 그래핀층을 형성하여 상술한 전기전도도 등의 특성을 극대화하기 위하여 4시간 이상 수행될 수 있으며, 종게는 4 내지 10시간, 더욱 종게는 5 내지 8시간 동안 수행될 수 있다.
- [0038] 4 내지 10시간 동안 상기 제 2단계를 수행하는 경우, 제조되는 그래핀 나노볼에 형성된 그래핀층의 평균 두께는 10 내지 50 nm, 더욱 구체적으로는 15 내지 40 nm일 수 있다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 상기 제 2단계 상기 그래핀층 상에 화학기상증착으로 탄화규소층을 형성하는 제 3단계를 더 포함할 수 있다. (이때, 상기 제 2단계를 거친 그래핀 나노볼을 모체/그래핀 나노볼이라 한다) 구체적으로 상기 3단계는 통상적으로 이용되는 Si소스를 상기 그래핀층에 증착시킴으로써 그래핀층의 탄소와 반응하여 탄화규소층을 형성하게 되며, 최종적으로 나노입자 모체-그래핀층-탄화규소층이 순차로 형성된 그래핀 나노볼의 제조가 가능하다. 나아가, 규소를 상기 그래핀층상에 증착시키는 과정에서 그래핀층의 탄소와 규소가 반응하여 탄화규소 층을 형성하게 되며, 최종적으로 모체/그래핀/탄화규소가 순차적으로 층

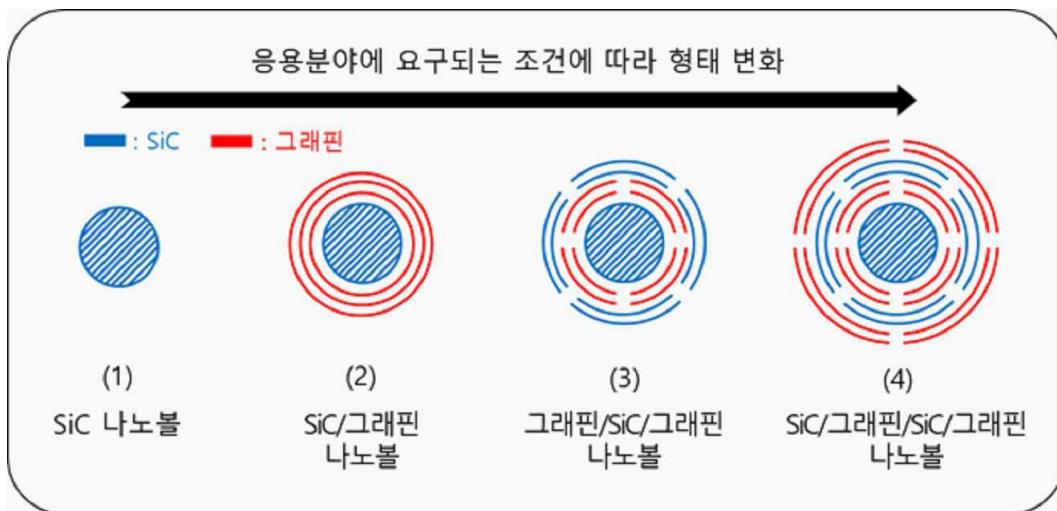
을 형성한 그래핀 나노볼의 제조가 가능한 장점이 있다. 또한, 규소를 증착시킨 이후의 그래핀층은 탄소가 일부 소실됨으로써 다공성의 그래핀 나노볼이 생성되는 특징이 있다.

- [0041] 이때, 상기 제 3단계는 그래핀층을 형성하는 단계와 같이 온도 편차를 두어 진행될 수 있다. 구체적으로, 상기 Si소스가 위치하는 곳의 온도는 상기 모체/그래핀 나노볼이 위치하는 곳의 온도 보다 높을 수 있으며, 온도차는 250 내지 350 °C일 수 있다. 나아가, 상기 Si 소스가 위치하는 곳의 온도는 1300 내지 1500 °C, 구체적으로는 1350 내지 1450 °C일 수 있으며, 이러한 온도 조건을 만족하는 범위에서 규소와 탄소의 반응을 촉진하고, 균일한 탄화규소층의 생성이 가능한 장점이 있다.
- [0042] 이외에 화학기상증착의 압력, 캐리어가스, 증착 시간등의 조건은 상기 그래핀층 형성단계와 동일할 수 있으며, 증복기체를 피하기 위하여 추가적인 내용은 생략한다
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼 제조방법은 상기 제 3단계 후 탄화규소층 상에 제 2 그래핀층을 형성하는 제 4단계를 더 포함할 수 있다. 이때 제 2 그래핀층의 형성방법은 상술한 제 2단계의 그래핀층 형성방법과 동일할 수 있으며, 증복기체를 피하기 위하여 구체적인 내용은 생략한다.
- [0044] 더 나아가, 본 발명의 일 실시예에 의한 그래핀 나노볼은 상기 나노입자 모체 상에 그래핀층 및 탄화규소층이 교번하여 다층으로 형성된 것일 수 있으며, 각 층에 두께 및 층의 개수는 제조되는 그래핀 나노볼의 이용목적 등에 따라 달라질 수 있음이 자명하다.
- [0046] 본 발명은 또한 그래핀 나노볼을 제공한다. 본 발명에 의한 그래핀 나노볼은 본 발명의 일 실시예에 의해 제조된 것일 수 있다. 본 발명에 의한 그래핀 나노볼은 상술한 바와 같이 구 형상으로 그래핀층을 형성함으로써 전기전도도와 같은 그래핀의 특성을 극대화할 수 있는 장점이 있으며, 나아가 나노입자 모체로 내구성이 있는 물질을 이용함으로써 내구성이 높은 그래핀 나노볼의 제조가 가능한 장점이 있다.
- [0048] 이하, 본 발명을 실시예 및 비교예에 의해 구체적으로 설명한다. 아래 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위가 아래 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0049] [제조예 1]
- [0050] 커피 찌꺼기를 90 °C에서 24시간 동안 건조하여 건조된 커피 찌꺼기를 제조하였다. 건조된 커피 찌꺼기와 SiC 나노파우더를 열처리로(thermal furnace)에 이격하여 배치하였으며, 이때 이격거리는 커피 찌꺼기 위치와 SiC 나노파우더의 온도차가 300 °C가 되도록 배치하였다. 이후, 10^{-5} Torr의 진공 분위기를 형성하여 오염물질을 제거하였다.
- [0051] 이후, 아르곤을 200sccm으로 흘려주면서 화학기상 증착을 수행하였으며, 이때 커피 찌꺼기가 위치하는 곳의 온도를 1340 °C로 설정하고, SiC 나노파우더가 위치하는 곳의 온도는 커피 찌꺼기가 위치하는 곳의 온도 대비 300 °C 낮은 온도가 되도록 하였으며, 상술한 온도를 6시간 동안 유지하여 SiC 나노파우더 상에 그래핀층을 형성함으로써 모체/그래핀층을 포함하는 나노볼을 제조하였다.
- [0052] 도 2는 상기 제조예에서 제조된 그래핀 나노볼을 TEM으로 관찰하고 이를 도시한 것이며, 도 2를 참고하면, SiC 상에 그래핀 층이 형성된 것을 확인할 수 있으며, 각 나노볼들이 사슬형태로 서로 연결된 것을 확인할 수 있다.
- [0054] [제조예 2]
- [0055] 제조예 1과 같은 방법으로 제조하되, 커피 찌꺼기가 위치하는 곳의 온도는 1340 °C가 되도록 하였으며, SiC 나노파우더가 위치하는 곳은 커피찌꺼기가 위치하는 곳의 온도 대비 200 °C 낮은 온도가 되도록 하여 그래핀 나노볼을 제조하였다.
- [0056] 도 3은 제조예 2에서 제조된 그래핀 나노볼을 관찰하고, TEM-EDS 분석 결과를 도시한 것이며, 도 3을 참고하면, 상대적으로 고온에 모체인 SiC가 위치하게 되며, SiC가 고온에서 열분해되고, 분해된 규소는 열처리로 내부의 극소량의 산소와 만나 의도하지 않은 SiO₂가 형성되고, 융점이 높은 탄소는 바깥으로 밀려나와 그래핀 형태로 잔류함을 확인할 수 있다.

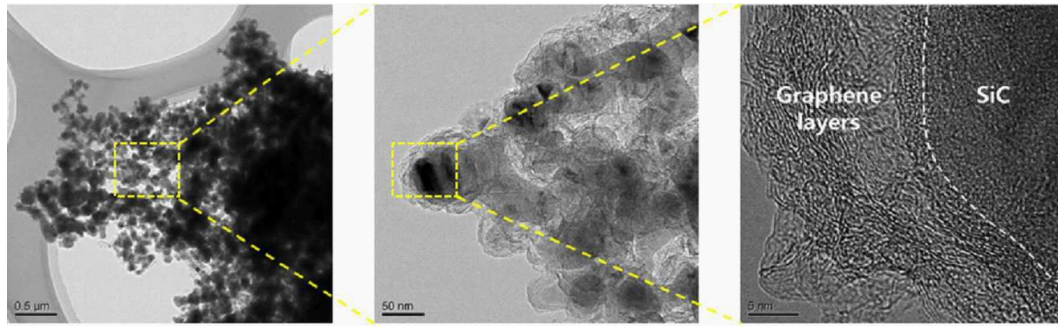
- [0058] [제조예 3]
- [0059] 제조예 1과 같은 방법으로 제조하되, 커피 찌꺼기가 위치하는 곳의 온도는 1340 ℃가 되도록 하였으며, SiC 나노과우더가 위치하는 곳은 커피찌꺼기가 위치하는 곳의 온도 대비 400 ℃ 낮은 온도가 되도록 하여 그래핀 나노볼을 제조하였다.
- [0060] 제조예 3에 의해 제조된 그래핀 나노볼의 경우 낮은 온도로 인하여 다층의 그래핀이 형성되며, 결정성이 낮아 양호한 물성을 나타내기 어려운 문제점이 있음을 확인하였다.
- [0062] [제조예 4]
- [0063] 제조예 1에서 제조된 그래핀볼을 열처리로의 모체 위치에 배치하고, 이와 이격하여 규소분말을 배치하여 규소를 상기 그래핀볼 상에 증착 시켰다. 이때, 규소분말 위치의 온도는 1400 ℃이고, 그래핀볼위치의 온도는 1100 ℃가 되도록 설정하였으며, 이외에 기타 조건은 그래핀층을 형성하는 방법과 동일하게 수행하여 상기 그래핀층상에 탄화규소층을 형성하였으며, 결과적으로 모체/그래핀/탄화규소층을 포함하는 나노볼을 제조하였으며, 그래핀층 상에 탄화규소층이 형성된 것을 확인하였다.
- [0065] [제조예 5]
- [0066] 제조예 4에서 제조된 모체/그래핀/탄화규소층을 포함하는 나노볼 상에 제조예 1과 같은 방법으로 제 2 그래핀층을 형성하여 모체/그래핀/탄화규소/제2그래핀층을 포함하는 나노볼을 제조하였으며, 탄화규소층 상에 제 2그래핀층이 형성된 것을 확인하였다.

도면

도면1



도면2



도면3

