



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0113660
(43) 공개일자 2009년11월02일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0039501

(22) 출원일자 2008년04월28일

심사청구일자 2008년04월28일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

이영일

울산광역시 북구 정자동 벽산아진비치 아파트 A동 1311호

카칼라 라그하바 레디

울산 남구 무거동 울산대학교 화학과 19호과 503호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 3 항

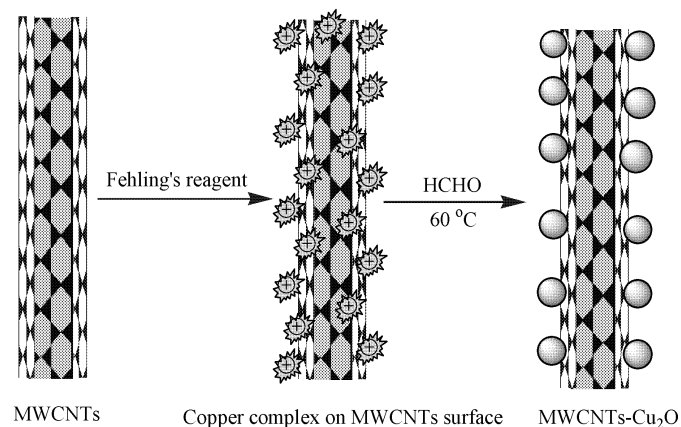
(54) 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법

(57) 요약

본 발명은 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, a) 펠링 시약에서 다중벽 탄소나노튜브를 분산하는 단계; b) 상기 탄소나노튜브에 환원제로 포름알데히드를 첨가하여 교반하는 단계; 및 c) 상기 탄소나노튜브를 세척한 후 건조하는 단계를 포함하는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법을 제공한다.

본 발명에 의하면 간단하고 효율적으로 원스텝방식에 의해 탄소나노튜브의 표면에 잘 분산된 산화구리를 코팅할 수 있다는 장점이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

신병철

울산광역시 남구 삼산동 1498-2번지

유치호

울산광역시 남구 달동 현대3차아파트 101동 907호

박원정

울산광역시 중구 반구1동 786-22번지 남영빌라 301호

류광선

울산광역시 남구 옥동 대공원롯데인벤스 102동 1003호

이재신

울산 남구 무거2동 1537 삼익아파트 806호

손대원

경기도 성남시 분당구 서현동 시범단지 삼성아파트 105동 501호

특허청구의 범위

청구항 1

- a) 펄링 시약에서 다중벽 탄소나노튜브를 분산하는 단계;
- b) 상기 탄소나노튜브에 환원제로 포름알데히드를 첨가하여 교반하는 단계; 및
- c) 상기 탄소나노튜브를 세척한 후 건조하는 단계를 포함하는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 펄링 시약은 1~3중량%의 황산구리를 증류수에 용해시킨 황산구리용액과 로셀염을 혼합한 것을 특징으로 하는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

다중벽 탄소나노튜브에 코팅된 상기 산화구리 나노입자의 직경은 21~32nm인 것을 특징으로 하는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 탄소나노튜브를 분산용매를 이용하여 분산하고 금속 나노입자를 혼합함으로써 나노전자장치, 촉매 센서 및 전기화학적 에너지저장 등의 다양한 분야에 활용할 수 있는 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

- <2> 탄소나노튜브(Carbon nanotubes; CNTs)는 단일 원자구조, 높은 부피당 표면적 비율 및 우수한 전기적, 화학적, 열적, 기계적, 광학적 특성들로 인해 과학 및 기술분야에서 큰 주목을 받고 있다.
- <3> 나노기술분야에서 상기 탄소나노튜브의 잠재적인 적용을 극대화하기 위해서는 화학적 작용 또는 적합한 나노구조의 부착에 의한 상기 탄소나노튜브의 측면 개질이 요구되고 있으며, 최근에는 나노전자로부터 센서 및 촉매로 적용범위를 확장하여 금속 나노입자 및 탄소나노튜브로 이루어진 복합체의 합성 쪽으로 관심이 집중되고 있다.
- <4> 예를 들면, 산화니켈 나노입자 또는 산화루테튬 나노입자를 탄소나노튜브에 부착하는 기술은 고효율의 광 전기 화학 전지, 전기화학적 슈퍼 커패시터 및 센서장치에 대한 전망을 밝게 하고 있다.
- <5> 또한, 탄소나노튜브 및 백금의 복합체는 넓은 농도범위를 갖는 글루코스를 통하여 우수한 전류측정센서를 구성하고 있고, 팔라듐이 충전된 탄소나노튜브는 수소저장물질로서 이용되고 있으며, 산화주석-작용기가 붙은 다중벽 탄소나노튜브는 리튬이온전지에서 음극(anode) 물질로서 사용되고 있다.
- <6> 금속 나노입자들과 다중벽 또는 단일벽 탄소나노입자의 복합체는 다양한 방법에 의해 제조될 수 있다. 이에, 종래에는 이산화탄, 이산화규소, 사산화삼철, 황화카드뮴, 금, 팔라듐 및 백금과 같은 다양한 금속 나노입자들을 가지고 탄소나노튜브에 코팅하거나 증착시키는 기술이 개발되어 왔고, 고체상 반응(solid-state reaction), 캐필러리 반응(capillary action), 방사선 분해(radiolysis), 물리적 증착(physical evaporation), 무전해 증착(electroless deposition), 물리적 흡착(physisorption), 자기조립(self-assembly) 및 정전기의 상호작용이나 초음파 수용액과 관계된 콜로이드화학(colloidal chemistry)과 같은 다양한 방법들이 사용되어 왔다.
- <7> 그러나 간단하고 효율적으로 나노입자 또는 나노구를 탄소나노튜브에 강하게 부착시키는 방법에 대해서는 아직까지 많은 연구가 이루어지지 않고 있어 문제가 되고 있다.

- <8> 따라서 새로운 탄소나노튜브와 금속 하이브리드 나노 복합체의 개발은 매우 중요한 기술에 해당하며, 전도성 탄소나노튜브 및 금속 나노입자의 결합 특성으로 인하여 더욱 주목받고 있다.
- <9> 산화구리는 2.12eV의 밴드갭(direct band gap)을 가진 p타입의 반도체이다. 다양한 금속 산화입자들 사이에서 산화구리 나노입자에 대한 관심이 증가하고 있는 것은 산화환원화학, 우수한 전기, 열, 촉매 및 감지 특성과 함께 광전기적 장치에서부터 산화구리 나노입자센서에 이르기까지 다양한 분야에서 잠재적으로 적용될 수 있다는 점에 기인한다.
- <10> 최근에는 산화구리 입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브가 잠재적인 적용영역인 태양전지, 전극, 촉매, 수소 생산, 자기 저장 및 가스 센서에서도 주목이 되고 있다.
- <11> 종래 물리적 또는 전기화학적 방법에 의해 준비된 복합체는 탄소나노튜브에 대한 산화구리 입자의 증착 비율이 좋지 않다는 점과, 탄소나노튜브에 증착된 산화구리 입자의 크기가 너무 크고, 불균일한 직경을 가지고 있다는 점과, 몇몇 입자들은 탄소나노튜브로부터 분리된다는 점 등과 같은 몇 가지 문제점이 있어 산화구리 나노입자와 탄소나노튜브의 복합체의 응집률이 높고, 좋지 않은 특성을 나타내었다. 이에 다중벽 탄소나노튜브에 산화구리 나노입자를 균일하게 코팅하는 합성방법의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <12> 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 간단하고 효율적으로 잘 분산된 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <13> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법은, a)펠링 시약에서 다중벽 탄소나노튜브를 분산하는 단계; b)상기 탄소나노튜브에 환원제로 포름알데히드를 첨가하여 교반하는 단계; 및 c)상기 탄소나노튜브를 세척한 후 건조하는 단계를 포함한다.
- <14> 또한, 상기 펠링 시약은 1~3중량%의 황산구리를 증류수에 용해시킨 황산구리용액과 로셀염을 혼합한 것이 바람직하다.
- <15> 여기서, 다중벽 탄소나노튜브에 코팅된 상기 산화구리 나노입자의 직경은 21~32nm인 것이 바람직하다.
- <16> 상기 다중벽 탄소나노튜브에 코팅된 산화구리 나노입자의 직경이 21~32nm를 벗어나 상기 수치범위보다 커지게 되면, 산화구리 입자 표면적이 감소하게 되어 결정성과 밴드갭의 감소로 인한 입자의 응집성이 증가하게 되는 문제가 있다.
- <17> 즉, 이는 결과적으로 복합체를 응용할 때의 물질 특성과 성능의 저하를 가져온다는 문제점이 있다.
- <18> 아울러, 상기 a)단계는, 상기 다중벽 탄소나노튜브를 펠링 시약에 25~30℃의 온도로 5~10분 동안 부유시키고, 초음파하에서 25~30분 동안 저어준 것이 바람직하다.
- <19> 또한, 상기 b)단계는, 상기 탄소나노튜브 100중량부에 대하여 포름알데히드 1~3중량부를 환원제로 첨가하고 60~65℃에서 90~100분 동안 저어준 것이 바람직하다.
- <20> 나아가, 상기 c)단계는, 상기 탄소나노튜브를 에탄올 또는 증류수에서 세척하고, 여과하여 50~55℃에서 12~13시간 동안 진공 건조한 것이 바람직하다.
- <21> 합성 조건이 상기 수치범위를 벗어나는 경우에는 초음파장치에서 생성되는 마이크로웨이브가 용액 내에서 탄소나노튜브가 분산되는데 효과적으로 도움을 주지 못하게 되고, 탄소나노튜브에 구리 이온의 결합력을 떨어뜨리며, 핵화 과정을 더디게 하여 구리이온의 환원속도를 느리게 한다는 문제점이 있다.

효 과

- <22> 상술한 바와 같은 본 발명의 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법은, 간단하고 효과적으로 원스텝 방식으로 잘 분산된 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브를 합성할 수 있다는 장점이 있으며, 이를 통하여 얻어진 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브는 촉매 및 광전기적 분야와 같은

다양한 분야에 적용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <23> 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- <24> 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- <25> 이하, 도 1을 참고하여 본 발명의 일 실시예에 따른 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 대해서 설명하도록 한다.
- <26> 본 발명의 일 실시예에 따른 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법은 도 1에 나타난 바와 같이, 순수한 다중벽 탄소나노튜브의 표면에 펄링 시약을 처리함으로써 구리복합체가 다중벽 탄소나노튜브에 부착되도록 한 후 환원제로 포름알데히드를 사용함으로써 산화구리가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브를 합성한다.
- <27> 하기 실시예 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 의해 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브를 합성하는 과정을 나타내었다.
- <28> **실시예 1 : 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성**
- <29> 1) 실험재료의 준비
- <30> 순도 95%의 다중벽 탄소나노튜브를 Nanostructured & Amorphous Materials, Inc.로부터 구입하고, 황산구리 (CuSO₄, Aldrich, USA), 타르타르산, 포름알데히드(HCHO, 37%) 및 수산화나트륨을 사용하였다. 또한, Milli-Q 3차 증류수를 모든 실험에 사용하였다.
- <31> 2) 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성
- <32> 환원제로 포름알데히드를 사용하여 펄링 시약(타르타르산칼륨나트륨(로셀염)을 함유하는 황산구리 알칼리성 용액)을 가지고 다중벽 탄소나노튜브의 표면을 처리함으로써 산화구리가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브를 합성하였다.
- <33> 우선, 상기 다중벽 탄소나노튜브 150mg을 타르타르산 및 수산화나트륨의 혼합물을 함유하는 1중량%의 황산구리 용액 30ml에 부유시키고, 초음파하에서 30분 동안 저어주어 부유물을 얻었다.
- <34> 이어서, 상기 부유물에 포름알데히드 0.5ml를 첨가하여 얻어진 반응 혼합물을 60℃에서 1시간 30분 동안 저어주어 얻어진 생산물을 에탄올 및 증류수에서 수차례 반복 세척하고, 여과하여 50℃에서 12시간 동안 진공으로 건조하였다.
- <35> 이를 통하여 나노복합체인 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브를 합성하였다.
- <36> 이하, 도 1 내지 도 7을 참고하여 본 발명의 실시예 1에 따른 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 의해 얻어진 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 특성을 하기 실험예 1에 나타내었다.
- <37> **실험예 1**
- <38> 1) TEM 측정
- <39> 상기 실시예 1에 의해 합성된 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 형상 및 크기는 120kV의 가속 전압으로 작동하는 투과형 전자현미경(TEM, Phillips CM-30)을 이용하여 측정하였고, 도 2의 a) 및 b)에 각각 1중량%의 황산구리용액 및 3중량%의 황산구리용액을 이용하여 합성된 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 TEM사진을 나타내었다.
- <40> 그 결과, 도 2에 나타난 바와 같이, 산화구리 나노입자는 다중벽 탄소나노튜브의 표면에 잘 분산되어 부착되었고, 황산구리용액의 농도가 1중량%에서 3중량%로 증가하면서 산화구리 나노입자의 크기는 직경 21nm에서 32nm로

증가하였다.

- <41> 또한, 도 2의 c)는 a)의 고 확대의 고전압 TEM사진으로서, 탄소나노튜브의 표면 및 산화구리 나노입자가 탄소나노튜브의 표면에 코팅된 상태를 명확하게 보여준다.
- <42> 세척을 통해서 상기 탄소나노튜브의 표면으로부터 산화구리 나노입자가 제거되지 않으므로 산화구리 나노입자와 상기 탄소나노튜브 간에는 상호작용이 아주 강하게 일어났다.
- <43> 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 형상은 도 1에 나타난 바와 같이, 하기 화학식 1로 표현되는 펠링 반응의 원리를 따른다. 다중벽 탄소나노튜브를 펠링 시약에서 부유하고 초음파 분해처리하였을 때, 상기 다중벽 탄소나노튜브는 효과적으로 타르타르산염과 합성된 구리 이온을 흡착하였다. 이어서, 포름알데히드를 첨가하자마자 구리(II) 이온(Cu^{2+})은 상기 다중벽 탄소나노튜브의 표면에서 산화구리(I) 나노입자(Cu_2O)로 변형되었다.

화학식 1

- <44> $\text{RCHO (aq)} + \text{Cu}^{2+} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{Cu}_2\text{O} + \text{RCOO}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$
- <45> 반응이 일어나는 동안 상기 다중벽 탄소나노튜브는 산화구리 나노입자가 표면에서 성장할 수 있도록 주형 또는 기질로서 활동하였다. 상기 다중벽 탄소나노튜브의 표면에 상기 산화구리 나노입자가 성공적으로 분산된 것은 입자의 응집을 방지하는 초음파 처리에 의한 효과로 인한 것이었다.
- <46> 1중량%의 황산구리용액을 이용하여 합성된 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브를 형상과 표면 분석에 사용하였다.
- <47> 2) XRD 분석
- <48> 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 결정성은 회절계(Rigaku diffractometer)를 가지고 X선 회절(X-ray diffraction; XRD)에 의해 확인하였다.
- <49> 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 XRD 패턴은 도 3에 나타난 바와 같다. 도 3을 참고하면, 회절 피크는 복합체가 산화구리 나노입자 및 다중벽 탄소나노튜브를 모두 구비하고 있다는 것을 나타낸다.
- <50> 상기 회절 피크는 2θ 가 29.61° , 36.53° , 42.44° , 61.57° , 74.06° 및 77.62° 일 때, 각각 결정질 산화구리의 (110), (111), (200), (220), (311) 및 (222)면으로 나타났다.
- <51> 상기 회절 피크는 산화구리에 대한 앞선 연구(Joint Committee on Powder Diffraction Standards, JCPDS International Center for Diffraction Data, Pennsylvania, 1991, 78-2076)에서 보고된 데이터와 일치하는 것이다.
- <52> 2θ 가 26° 일 때의 회절 피크는 탄소나노튜브의 흑연 구조의 (002)면과 상응한다. 변형되지 않은 다중벽 탄소나노튜브의 (002)면 위치는 산화구리를 고정하는 것이 탄소나노튜브 껍질의 뒤틀림을 유도하지는 않는다는 것을 나타낸다. 다중벽 탄소나노튜브에 상응하는 회절 피크의 강도는 산화구리에 의한 피크만큼 강하지 않았다. 또한, 다른 피크는 XRD 패턴에서 발견되지 않았다.
- <53> 따라서 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브는 순수한 결정질의 산화구리 및 다중벽 탄소나노입자만을 구비한다는 것을 알 수 있었다.
- <54> 상기 산화구리 나노입자의 크기는 (1 1 1) 회절 피크로부터 하기 수학식 1로 표현되는 Debye-Scherrer의 식을 이용하여 계산하였다.

수학식 1

- <55> $L = k\lambda / \beta \cos\theta$
- <56> 상기 L은 입자의 치수이고, λ 는 Cu-K α 방사의 파장(0.154nm)이고, k는 상수 0.89이다.
- <57> 이와 같이 계산된 상기 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브에서 산화구리 나노입자의 평균 크기는 도 2의 a)에 나타난 TEM 사진에서 확인한 결과와 같이 약 20nm이었다.

- <58> 3) XPS 스펙트럼 분석
- <59> 산화구리 나노입자가 다중벽 탄소나노튜브의 표면에 코팅되었는지 여부를 확인하기 위해서 80eV 및 0.75eV의 패스에너지(pass energy)에서 Mg K α X-ray를 이용하여 XPS(Kratos Analytical Plc, Manchester, UK) 스펙트럼을 확인하였고, 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 모든 범위의 XPS 스펙트럼을 도 4에 나타내었다.
- <60> 도 4를 참고하면, Cu 2p_{3/2} 및 Cu 2p_{1/2}에 상응하는 두 개의 피크가 각각 934.2eV 및 932.0eV에서 관찰되었고, 이를 통하여 탄소나노튜브의 표면에 산화구리 나노입자가 형성되어 있다는 것을 확인하였다. 또한, 284.3eV에서 주 피크는 탄소나노튜브의 흑연층에 있는 sp²-교배된 탄소로 판단되었다.
- <61> 4) 라만 스펙트럼 분석
- <62> 다중벽 탄소나노튜브 및 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 전기적 구조 특성을 1000~2000cm⁻¹의 범위에서 HORIBA Jobin Yvon HR800 Raman spectrophotometer를 이용하여 라만 스펙트럼을 도 5에 나타내었다.
- <63> 상기 다중벽 탄소나노튜브 및 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브 모두 두 개의 구별된 피크를 나타내었는데, 이 중 하나는 1350cm⁻¹이고, 다른 하나는 1592cm⁻¹이었다. 전자는 비정렬된 탄소 단계로부터 얻어진 D 밴드라 하고, 후자는 흑연 판의 라만 활성 진동방식으로부터 얻어진 G 밴드이다.
- <64> 다중벽 탄소나노튜브에 산화구리 나노입자를 형성하자, G 및 D 밴드의 강도는 증가하였고, G 밴드의 강도에 대한 D 밴드의 강도비율(I_D/I_G)은 산화구리 나노입자가 코팅되지 않은 다중벽 탄소나노튜브보다 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브에서 더 작게 나타났다.
- <65> 이는 상기 산화구리 나노입자의 탄소나노튜브로의 분산으로 인하여 결함이 있는 공간이 제거되었고, 나아가, 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브에서 상기 다중벽 탄소나노튜브의 전기적 에너지 상태가 변화하지 않았기 때문이다.
- <66> 5) 자외-가시광 스펙트럼 분석
- <67> 산화구리 나노입자의 여기자 또는 인터밴드의 전이에 대한 다중벽 탄소나노튜브의 기여도를 확인하기 위하여 Beckman UV-Vis (DU 7500) spectrophotometer에서 수정 셀(quartz cells)을 이용하여 10mm의 통로 길이에서 자외-가시광 스펙트럼을 측정하였다.
- <68> 다중벽 탄소나노튜브 및 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 자외-가시광 흡수스펙트럼은 도 6에 나타난 바와 같이, 다중벽 탄소나노튜브는 300~1000nm의 사이에서 어떤 흡수밴드도 나타나지 않는 평범한 스펙트럼을 나타내었다.
- <69> 반면에 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브에 대해서는 500nm 근처에서 산화구리 나노입자의 흡수밴드에 상응하는 부가적인 넓은 흡수밴드가 나타났다. 또한, 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브는 산화구리 나노입자의 존재로 인하여 향상된 흡수율을 나타내었다.
- <70> 산화구리 나노입자의 밴드 갭은 자외-가시광 스펙트럼으로부터 일반적인 산화구리(E_g ~ 2.1eV)보다 큰 약 2.35eV로 측정되었다.
- <71> 6) SQUID에 의한 자성의 측정
- <72> 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 자성은 실내온도에서 SQUID(super-conducting quantum interference device) 자기탐지기(Quantum Design, MPMS-X 1)를 이용하여 측정하였다.
- <73> 적용된 자기 분야와 비교한 자기화 곡선을 도 7에 나타내었다.
- <74> 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브는 0.013emu/g의 포화자기(M_s), 0.0043emu/g의 잔류자기(M_r) 및 49.240e의 보자력(H_c)이 나타났다. 이와 같은 결과는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브가 강자성의 활동을 한다는 것을 나타낸다.
- <75> 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않

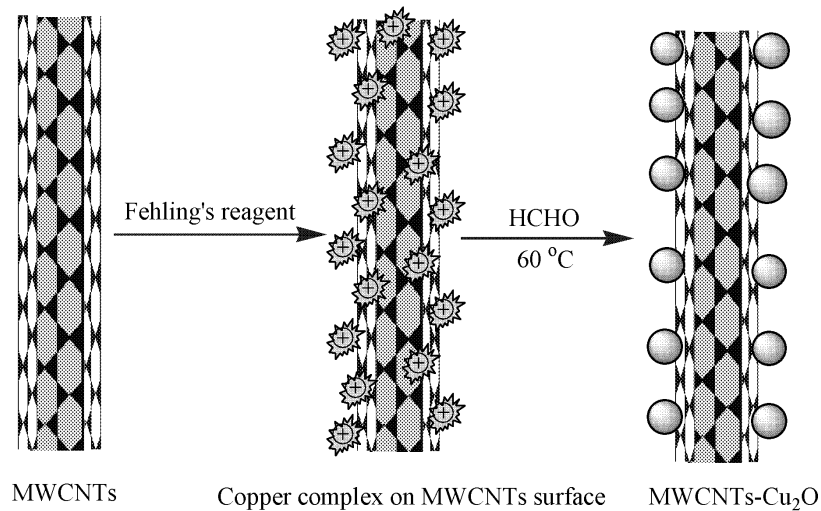
으며 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 특허 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면의 간단한 설명

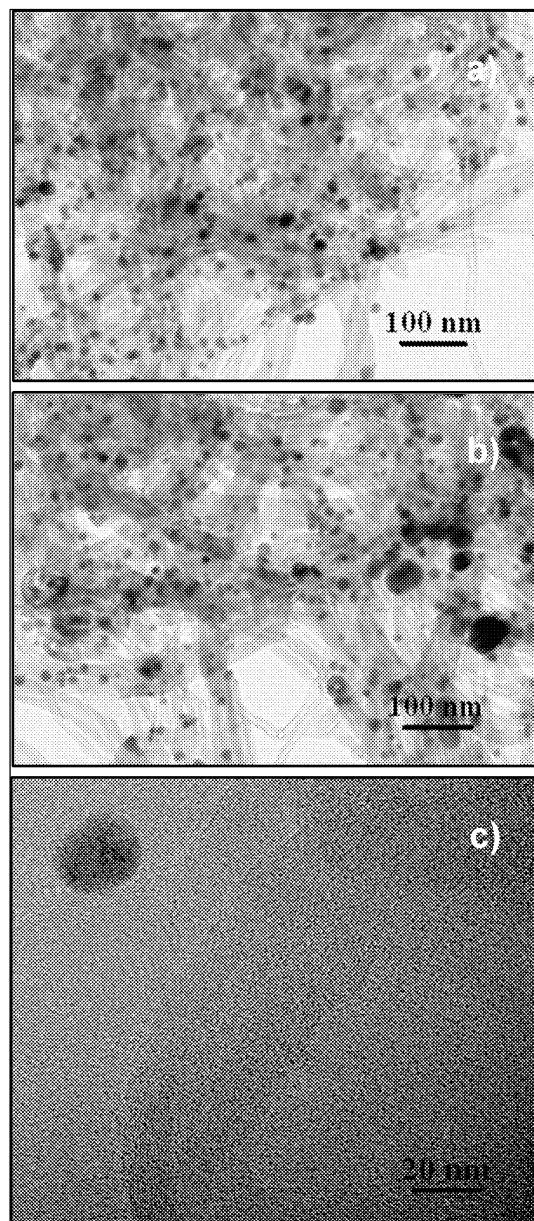
- <76> 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 합성방법에 따라 산화구리 나노입자가 다중벽 탄소나노튜브의 표면에 형성되는 상태를 나타낸 개략도이고,
- <77> 도 2에서 a)는 1% 황산구리 용액을 이용하여 제조한 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 TEM사진, b)는 3% 황산구리 용액을 이용하여 제조한 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 TEM사진, c)는 상기 a)에 나타난 탄소나노튜브의 고확대도 HVTEM사진이고,
- <78> 도 3은 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 XRD 패턴이고,
- <79> 도 4는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 XPS 스펙트럼이고,
- <80> 도 5에서 a)는 다중벽 탄소나노튜브의 라만 스펙트라, b)는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 라만 스펙트라이고,
- <81> 도 6에서 a)는 다중벽 탄소나노튜브의 자외-가시광 흡수 스펙트라, b)는 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 자외-가시광 흡수 스펙트라이고,
- <82> 도 7은 산화구리 나노입자가 코팅된 다중벽 탄소나노튜브의 히스테리시스 곡선이다.

도면

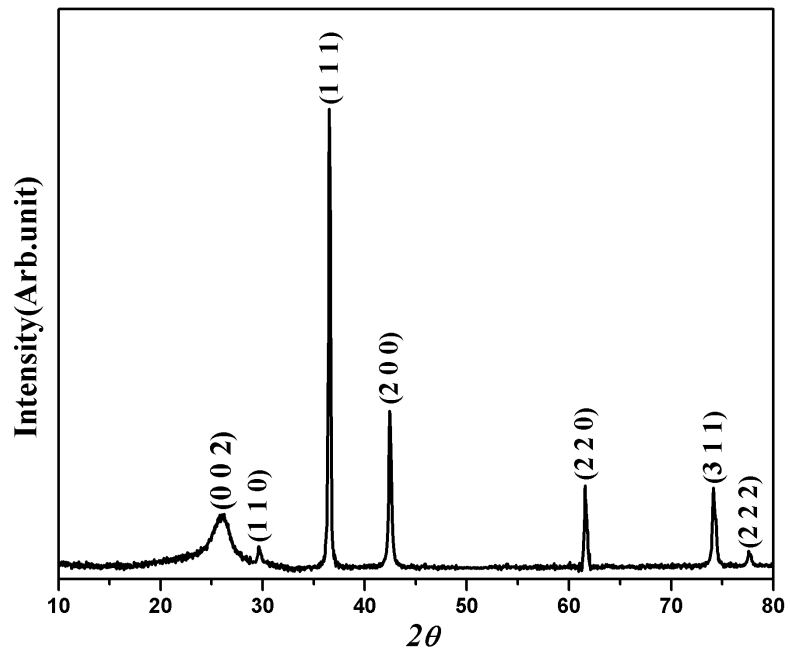
도면1



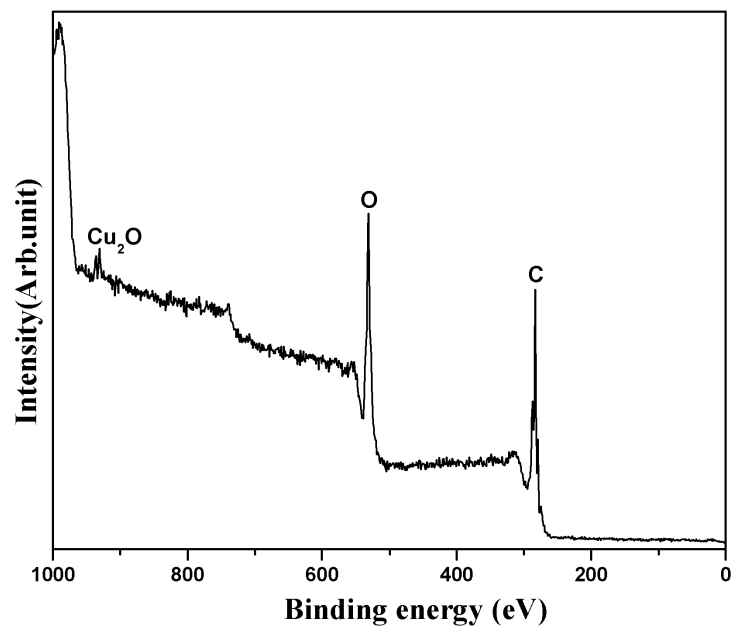
도면2



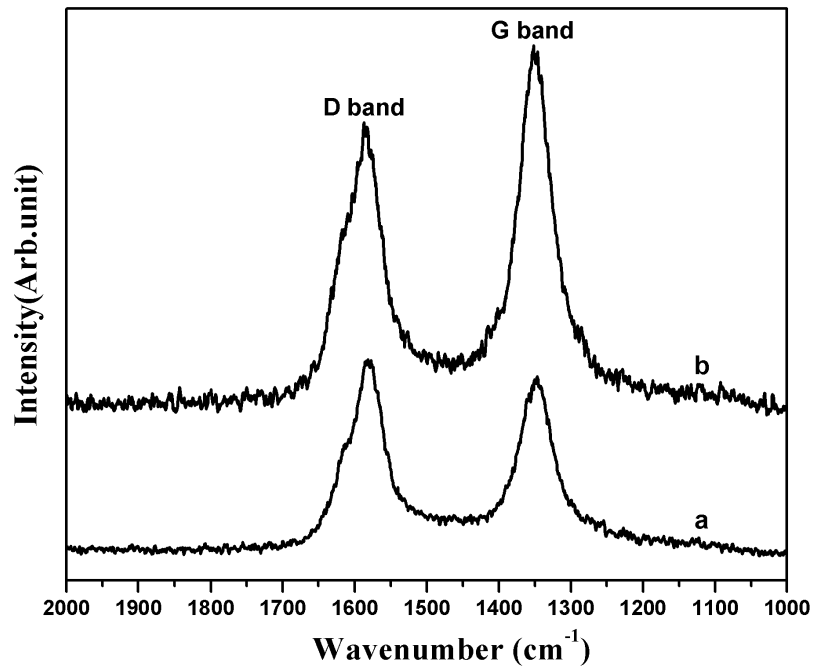
도면3



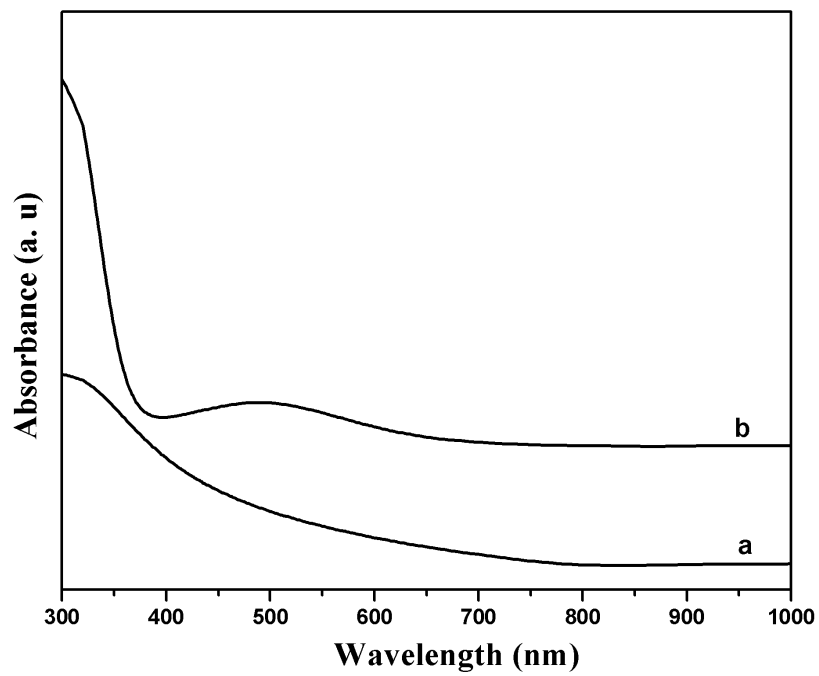
도면4



도면5



도면6



도면7

