

외국의 나노기술에 대한 특허분석(3) - 미국

(12) 공개특허공보(A)			
(51) Int. Cl.⁷ B82B 3/00 B05D 1/18 B05D 1/12 D01F 9/12	(11) 공개번호 10-2005-0009987 (43) 공개일자 2005년01월26일		
(21) 출원번호	10-2004-7015411		
(22) 출원일자	2004년09월24일		
번역문제출일자	2004년09월24일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2003/006345(87) 국제공개번호	WO 2003/083128	
(86) 국제출원출원일자	2003년03월03일(87) 국제공개일자	2003년10월09일	
(30) 우선권주장	10/103,803 2002년03월25일 미국(US)		
(71) 출원인	더 유니버시티 오브 노스 캐롤라이나-채플 힐 미국 27599 노스 캐롤라이나주 채플 힐 비숍 홀 308		
(72) 발명자	조우,오토,제트. 미합중국 노스캐롤라이나주 27514 샤펠 힐 글렌힐 레인 204 시모다,히데오 미합중국 노스캐롤라이나주 27514 샤펠힐 셔우드 드라이브 108 비 오수진 미합중국 노스캐롤라이나주 27514 샤펠힐 히바드 드라이브 610-씨(610-C Hibbard Drive, Chapel Hill, NC 27514 U.S.A.		
(74) 대리인	황주영, 김석현		
심사청구 : 없음			
(54) 나노 물체 조립 방법			

<요약>

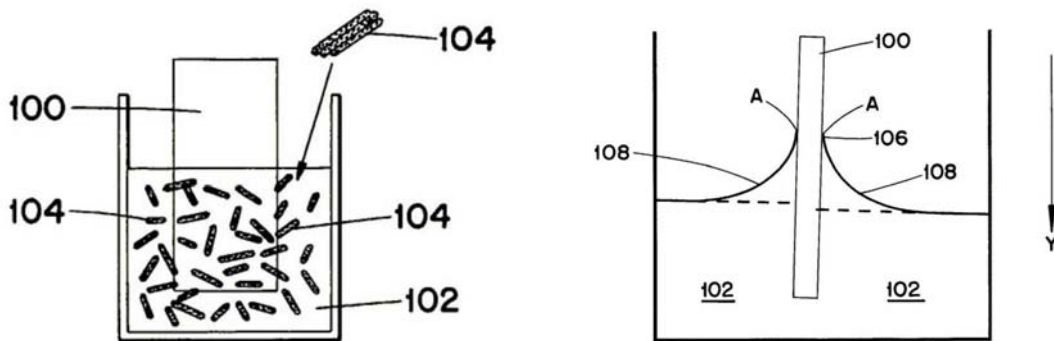
미리 형성된 나노 물체와 매크로스코픽(macroscopic) 구조체와의 자기 조립 방법이 제공된다. 본 발명의 방법은 나노 물체를 소정의 가로세로비 및 화학적 기능으로 처리하는 단계 및 처리된 나노 물체를 용매와 혼합하여 서스펜션을 형성하는 단계를 포함한다. 용매를 증발시키거나 서스펜션의 pH를 변경하거나 또는 서스펜션의 온도를 변경함으로써 서스펜션 내의 나노 물체는 방향성 있는 순서로 기관상에도포된다. 또한, 시드 크리스탈(Seed Crystal)이 기관 대신 사용되어 싱글 크리스탈

및 나노 물체의 독립(free-standing) 막(membrane)을 형성할 수도 있다.

<도면의 간단한 설명>

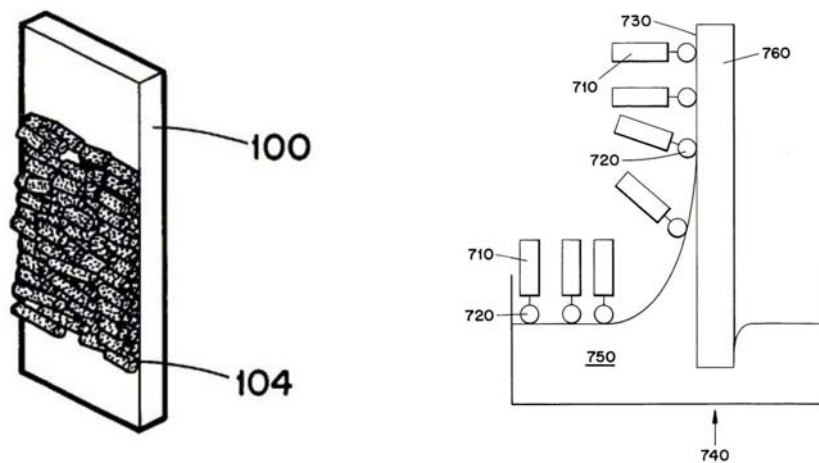
도 1A는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판위로 도포되는 나노물체가 포함된 서스펜션 내 기판을 도시한 도면.

도1B는 본 발명의 일 실시예에 따른, 도 1A와 관련하여, 소수성 영역 및 친수성 영역을 포함하는 기판을 도시한 도면.

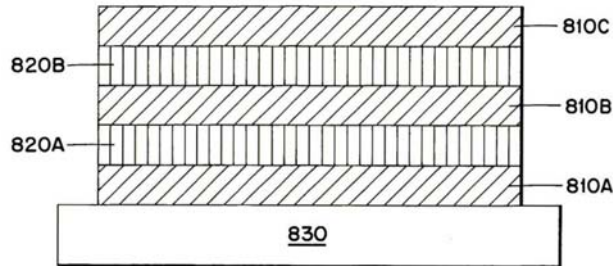


도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판위에 나노 물체가 도포되어 나노물체 필름이 형성되는 것을 도시한 도면.

도7A 는 본 발명의 일 실시예에 따라 지지표면에 대하여 수직적으로 정렬된 표면 위에 수직적으로 나노물체가 조립되는 방법을 도시한 도면.



도8A는 본 발명의 일 실시예에 따라 조립된 다층 구조체를 나타낸 도면.



<배경기술>

'나노구조'물질은 당업계에서 일반적으로 사용되는 의미로서 C60 풀러렌(fullerenes), 풀러렌-타입의 동심원 그래파이트 입자(concentric graphitic particles); Si, Ge, 금속, SiOX, GeOX 와 같은 옥사이드 등과 같은 단독 또는 복수 요소로 구성된 무기 및 유기 나노와이어/나노로드(nanowires/nanorods); 실리콘 카비드와 같은 카비드(carbides); 탄소, BxNy, CxByNz MoS2, 및 WS2 등과 같은 단독 또는 복수 요소로 구성된 질화물(nitrides), 붕화물(borides) 또는 중공 나노튜브(hollow nanotubes); 등과 같은 나노입자를 포함하는 물질을 의미한다.

나노구조물질의 일반적인 특징 중 하나는 그 기본적인 구성요소의 디멘션(dimension)이다. 하나의 나노입자, 나노튜브 또는 나노와이어는 최소한 한 방향에서 1 마이크로 이하의 디멘션을 갖는다. 이러한 타입의 물질은 특정 성질을 나타내어 다양한 적용과 공정에 있어서 관심의 대상이 된다.

본 명세서에서 전체적으로 참조한 미국특허 제 6,280,697(Zhou et al. 'Nanotube-Based High Energy Material and Method,')는 탄소-기반 나노튜브 물질의 제조 및 그 배터리 전극 물질로서의 용도를 개시하고 있다.

본 명세서에서 전체적으로 참조한 출원번호 제 09/296,572 ('Device Comprising Carbon Nanotube Field Emitter Structure and Process for Forming Device')는 탄소 나노튜브기반 전자방출구조체(nanotube-based electron emitter structure)를 개시하고 있다.

본 명세서에 전체적으로 참조한 출원번호 제 09/351,537('Device Comprising Thin Film Carbon Nanotube Electron Field Emitter Structure')는 고폭출전류밀

도를 갖는 탄소-나노튜브 전계방출구조를 개시하고 있다.

본 명세서에 전체적으로 참조한 미국특허 제 6,277,318(Bower et al. 'Method for Fabrication of Patterned Carbon Nanotube Films')은 부작성의 패턴화된 탄소 나노튜브 필름을 기판위에 가공하는 방법을 개시하고 있다.

본 명세서에 전체적으로 참조한 미국특허 제 6,334,939(Zhou et al. (출원번호 제 09/594,844) 'Nanostructure-Based High Energy Material and Method')는 알칼리성 금속을 그 구성요소 중 하나로 하는 나노구조합금을 개시하고 있다. 상기 물질들은 배터리 응용에 있어 유용한 것으로 기재되어 있다.

본 명세서에 전체적으로 참조한 출원번호 제 09/679,303('X-Ray Generating Mechanism Using Electron Field Emission Cathode')는 나노구조를 함유하는 물질을 구비한 X-선 방출 장치를 개시하고 있다.

본 명세서에 전체적으로 참조한 출원번호 제 09/817,164('Coated Electrode With Enhanced Electron Emission And Ignition Characteristics')는 제1차전극물질, 접착촉진층 및 상기 접착촉진층의 최소한 한 부분에 도포된 탄소 나노튜브-포함물질을 포함하는 전극 및 상기 전극을 장착한 관련 디바이스를 개시하고 있다.

본 명세서에 전체적으로 참조한 출원번호 제 09/881,684('Method of Making Nanotube-Based Material With Enhanced Field Emission')은 그 방출특성을 개선하기 위하여 나노튜브-기초 물질에 외래종(a foreign species)을 도입하는 기술을 개시하고 있다.

이상에서 본 바와 같이 탄소 나노튜브와 같은 나노구조물질은 유망한 성질을 갖고 있다. 탄소 나노튜브(CNTs)는 나노물체 중 한 타입이다. CNTs는 그 길이가 0.1 ~ 100 μ m이고 그 직경이 0.4 ~ 50nm인 실린더형의 탄소 구조체이다(M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, and P. Avouris, eds. Carbon Nanotubes: Synthesis, Structure, Properties, and Applications. Topics in Applied Physics. Vol. 80. 2000, Springer-Verlag). CNTs는 나노튜브마다 하나의 단일 그래파이트 셸(a single graphite shell)을 가질 수 있고, 이러한 CNTs를 단벽탄소 나노튜브(SWNTs)라 한다. CNTs는 또한 동심원의 다층-셸 그래파이트 구조를 가질 수 있으며, 이러한 CNTs를 다중벽 탄소나노튜브(MWNTs)라 한다. 탄소 나노튜브는 고탄성모듈러스(high elastic modulus), 고연성(high ductility), 높은 전자 및 열전도성(high electrical and high thermal conductivity), 열적 안정성(thermal stability) 및 화학적 안정성과 같은 뛰어난 기계적 성질을 갖는다. CNTs는 큰 가로세포비 및 날카로운 팁(sharp tip)을 갖기때문에 우수한 전계방출체이다 (P.M. Ajayan and O. Zhou, in 'Topics in Applied Physics, 80,' M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, and P. Avouris, Editors. 2000, Springer-Verlag). 특히 탄소-나노튜브물질은 낮은 방출역치계(emission threshold fields) 및 높은 방출전류밀도(emission current densities)를 보인다. 이러한 성질은 광엘리먼트(lightning

elements), 전계방출평판디스플레이(field emission flat panel displays), 과전압보호를 위한 가스방전관(gas discharge tubes) 및 X-선 방출 장치와 같은 마이크로일렉트로닉 적용에 있어서 매력적인 전계방출체로 응용될 수 있다. 그 외 탄소 나노튜브의 다른 응용으로는 센서(sensors), 조성물(composites), 차폐물질(shielding materials), 검출기(detectors), 배터리용 전극(electrodes for batteries), 연료셀(fuel cells), 소전도와이어(small conduction wires), 저장용소실린더(small cylinders for storage) 등이 있으나 이에 제한되지 않는다.

탄소 나노튜브, 나노와이어, 나노로드, 나노입자는 전형적으로 레이저 절삭(ablation), 아크방전법(arc discharge) 및 화학증기증착법(chemical vapor deposition methods) 등과 같은 기술로 제조된다. 어떤 경우에는 용액 또는 전자화학적 합성에 의하여 제조된다. 그러나 대부분의 경우 상기 as-합성된 물질(as-synthesized materials)은 추가공정을 거치지 않으면 사용될 수 없다. 예를 들면 레이저 절삭법 및 아크방전법으로 제조된 탄소 나노튜브는 다공성 매트 및 파우더의 형태이다. 디바이스에 적용하기 위해서는 통상 이들 나노물체를 원하는 지지 표면(supporting surfaces) 및 예정한 위치상에 정렬하고(ordered), 패턴화된 필름, 막, 크리스탈로 조립하는 것이 요구된다. 게다가 탄소 나노튜브와 같은 긴 나노물체는 비등방성(anisotropic) 전자적, 기계적, 열적, 자기장적, 광학적 특성을 가질 수 있도록 방향성을 갖게 배열된 매크로스코픽 구조체로 조립하는 것이 유리하다.

나노물체를 조립하는데 사용되는 조건은 장치 제조에 사용되는 조건과 적합할 필요가 있다. 예를 들면 전계방출디스플레이에서 전계방출 캐소드로 사용되는 나노물체는 유리 기판의 용점(약 650°C)을 초과하는 가공 온도를 가져서는 안된다. 또한 나노물체의 지지체 표면이 폴리머인 경우에는 상기 온도가 충분히 낮아야 한다. CVD기술은 통상 고온(800 ~ 1200°C) 및 반응성 환경을 요구하기 때문에, 이러한 응용을 위하여 화학증기증착법(CVD)기술로 나노 물체를 직접 성장시키는 것은 가능하지 않다. 게다가 CVD기술은 자주 다중벽탄소 나노튜브의 결함을 유발한다.

이와 같이, 나노 물체를 응용하기 위해 매크로스코픽 구조체로 가공하는 보다 바람직한 접근은 아크방전법, 레이저 절삭법 또는 화학증기증착법 등에 의하여 나노 물체를 합성하고 미리 형성된 나노물체들을 매크로스코픽 구조로 조립하는 것을 포함하는 후-공정이다. 후증착공정은 과거 많이 채용되었던 방법인데 스크린 프린팅(screen printing; W. B. Choi, et al., Appl. Phys. Lett., 75, 3129 (1999)), 스프레이(spraying) 및 전기영동적 도포(electrophoretic deposition; B. Gao et al. Adv. Mater., 13 (23), 1770, 2001)를 포함한다. 그러나 이들 기술은 여러 결점을 갖고 있다. 예를 들면 스크린 프린팅은 진한 페이스트(thick paste)를 형성하기

위하여 전-형성된 나노 물체와 유기 또는 무기 페이스트와의 혼합물을 포함한다. 그 후 진한 페이스트를 기판에 도포한다. 기판에 이 진한 페이스트를 도포 후 노출된 페이스트 표면에 유기 바인더 잔여물이 남게된다. 따라서 진한 페이스트 내에 나노 물체를 노출시키는 부가적인 단계가 요구된다. 전형적으로 나노 물체를 노출시키기 위하여 플라즈마 에칭 공정 또는 유사한 화학적 공정을 사용한다. 게다가 진한 페이스트의 사용은 생성되는 구조체의 크기를 제한한다. 스크린 프린팅 방법을 사용할 경우 일반적으로 20 ~ 50 마이크론 이하의 구조체를 얻기 힘들다. 나아가 스크린 프린팅 방법은 상당히 많은 량의 물질이 필요하다. 스프레이는 비효율적일 수 있으며 대용량의 가공에는 실용적이지 않다. 또한 이상의 어떠한 공정들도 나노 물체의 방향성을 조절할 수 없다.

따라서 나노물질을 조절된 구조, 형상, 두께, 방향 및 배열을 가질 수 있도록 조립하는 공정/방법이 필요하다. 나아가, 장치 제조에 허용되는 온화한 조건에서 작동할 수 있는 방법이 요구된다. 또한 효율적이고 확장가능한 조립 공정이 요구된다.

<발명의 상세한 설명>

본 발명은 나노 물체를 이용하여 마이크로스코픽 구조체(microscopic structure) 및 매크로스코픽 구조체(macrosopic structure)를 형성하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 방법은 나노물체가 자기 조립체를 지지 표면에, 독립 구조체(free-standing structure)내에 또는 크리스탈 내에 자기 조립(self assembly)되도록 한다. 더욱이, 본 발명은 나노 물체를 조절된 두께, 밀도를 가지고 조절된 방향으로 패터화된 구조체로 조립하는 방법을 제공한다. 또한, 본 발명은 광범위한 기판 및 장치에 적합한 온화한 조건하에서 미리 형성된 나노물체를 조립하는 효과적인 방법을 제공한다. 이러한 결과에 따른 구조체는 전계 방출 디스플레이(field emission displays), 콜드-캐소드-x-선(cold-cathode-x-ray) 튜브, 마이크로웨이브 증폭기, 점화장치; 전극 배터리, 연료전지, 캐패시터, 초고용량 캐패시터; 광학 필터 및 편광자(polarizer); 센서; 및 전자내부 연결기(electronic inter-connects)와 같은 장치용 전계 방출 캐소드(electron field emission cathodes)를 포함하는 다양한 장치에 유용하다.

본 발명의 구체적인 방법에서, 미리 형성된 나노물체와 매크로스코픽 구조체를 조립하는 방법을 제공한다. 본 방법은 용매 내 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성하는 나노 물체를 처리하는 단계를 포함한다. 일단 나노 물체가 처리되면, 나노 물체는 용매와 결합되어 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성한다. 안정한 서스펜션 또는 용액이 형성될 때 기판은 서스펜션 또는 용액에 담겨진다. 서스펜션의 농도, 온도 또는 pH값이 변할 때 나노 물체는 기판의 표면에 도포된다.

본 발명의 또 다른 방법으로, 미리 형성된 나노물체가 패턴화된 구조체 내로 조립되는 방법을 제공한다. 본 방법은 안정한 용매내 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성하는 미리 형성된 나노 물체를 처리하는 단계를 포함한다. 나노물체 처리 후 처리가 완료된 미리 형성된 나노물체는 용매와 혼합되어 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성한다. 패턴화된 기관은 다시 액체에 삽입된다. 액체의 농도, 온도 또는 pH 값 중 어느 하나가 변할 때, 기관 표면의 특정영역에 나노 물체가 조립되어 나노물체를 포함하는 패턴화된 구조체를 형성하게 된다.

본 발명의 또 다른 방법에서, 미리 형성된 나노 물체가 크리스탈 또는 막(membrane)으로 미리 형성된 나노 물체가 조립되는 방법을 제공한다. 본 발명은 용매 내 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성하도록 나노 물체를 처리하는 단계를 포함한다. 이와같이 처리된 나노 물체는 용매와 혼합되어 나노물체를 유인하지 않는 용기내에서 안정한 서스펜션 또는 용액이 형성된다. 액체의 농도, 온도 또는 pH값이 변할 때, 나노 물체는 액체 내에 크리스탈화된다. 본 발명의 본 방법에서 시드 크리스탈(seed crystal)은 크리스탈을 형성하는데 사용될 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에서, 미리 형성된 나노 물체가 다층 구조체로 조립되는 방법을 제공한다. 본 방법은 나노물체가 처음 처리되어 용매 내에서 안정한 서스펜션 또는 용액으로 형성되도록 나노 물체를 처리하는 단계를 포함한다. 처리된 나노물체가 다시 용매와 혼합되어 서스펜션 또는 용액을 형성한다. 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성한 후 기관을 서스펜션 또는 용액에 담근다. 서스펜션 또는 용액의 농도, 온도, pH값이 변할 때, 기관의 표면위에 나노물체가 조립된다. 그리고 나서 기관은 서스펜션 또는 용액으로부터 제거된다. 제거 후, 두 번째 형태의 물질이 기관 위 자체 조립된 나노물체의 표면에 코팅된다. 이 기관은 나노물체를 포함하는 서스펜션 또는 용액에 다시 담겨진다. 본 과정은 바람직한 반복 층의 두께 및 수(number)를 갖는 다층 구조가 얻어질 때까지 반복한다.

본 발명의 또 다른 방법으로, 연장된(elongated) 나노물체가 방향성 있게 정렬된 구조체로 조립되는 방법을 제공한다. 본 방법은 안정한 용매내 나노물체의 안정한 서스펜션 또는 용액을 형성하는 단계를 포함한다. 기관은 액체에 담겨지고 용매는 점차적으로 증발된다. 용매가 증발 되었을 때, 나노물체는 기관의 표면에 도포되어 나노물체의 수직축이 기관표면에 평행하게 정렬된다. 본 방법은 조립과정동안 AC 또는 DC 전기장 또는 자기장과 같은 외부장의 사용을 포함할 수 있다. 본 발명의 또 다른 방법에서, 연장된 나노물체가 지지 기관위 수직적으로 정렬되는 조립방법을 제공한다. 본 방법은 먼저 나노 물체를 처리하여 나노 물체의 바디(body) 및 테일(tail)이 특정형태의 용매에 다른 친화성을 갖는 것을 포함한다. 예를 들면, 테일

(tail)은 소수성이고 몸체(body)는 친수성이다. 이렇게 처리된 나노물체는 나노물체의 테일에 친화성을 갖는 적당한 용매에 분산된다. 용매에 같은 친화성을 갖는 표면중의 하나를 갖는 기관 및 나노물체의 테일이 리퀴드에 담겨진다. 용매의 농도, 온도, 또는 pH값이 변할 때 기관의 표면에 대하여 수직적으로 정렬된 나노물체의 수직축과 표면에 결합된 테일이 같은 기관에 나노물체가 도포된다.

상술한 바와 같이, 본 발명은 탄소 나노튜브, 나노와이어 및 나노로드(nanorod)와 같은 나노 물체가 기관위로, 독립구조(free-standing)막 내로, 크리스탈로, 또는 다중 구조체로 자체 조립되는 방법을 제공한다. 본 나노 물체는 긴범위의 오더링(ordering)을 갖는 기능적 구조체를 형성한다. 또한, 본 발명은 형성된 매크로스코픽구조의 기능성을 조절하는 방법을 제공한다.

<실시예>

본 발명은 나노 물체(nano objects)의 조립하는(assembling) 방법을 개시한다. 본 발명에 따라 형성된 나노 물체는 지지 표면 상, 독립(free-standing) 멤브레인(membranes) 및 다층 구조물 내에 형성될 수 있다. 나노 물체는 다양한 물질일 수 있으며, 단일 또는 복수의 원소로 이루어진 중공 나노 튜브를 포함한다. 단일 또는 복수의 원소들은 탄소, 보론(boron), 질소, 고체 무기 또는 유기 나노와이어(nano wire)/나노로드(nano rod)일 수 있다. 나노 물체의 조립 전에, 나노 물체들은 그들이 적절한 용매 내에서 안정적인 서스펜션(suspension) 또는 용액을 형성하도록 처리된다. 상기 처리 조작은 나노 물체의 표면에 화학 그룹을 부착하는 것 및 연장된 나노 물체의 가로세로비(aspect ratios)를 감소시키는 것을 포함한다. 처리 후에, 서스펜션 또는 용액은 처리된 나노 물체와 용매를 혼합함으로써 형성된다. 서스펜션의 형성에서, 유리와 같은 기관(substrate)은 기관 내로 침지된다. 기관의 침지 후에, 나노 물체는 기관 상의 균일한 박막내로 자기 조립(self assemble)된다. 나노 물체는 서스펜션의 증발, 서스펜션의 농도 변화, 서스펜션의 온도 변화 또는 그 농도의 pH 레벨 변화 중 어느 하나가 일어날 때 자기 조립된다. 균일 필름 상에서 자기 조립된 나노 물체는 탄소 나노튜브, 실리콘 와이어 등과 같은 나노 물체일 수 있다.

<산업상 이용가능성>

본 발명은 미리 형성된 나노 물체가 기관으로 자체 조립되는 방법을 제공한다. 상술한 바와 같이, 본 발명은 선행기술에서 사용된 기술보다 좀 더 높은 팩킹 밀도(higher packing densities)용에 이용된다. 여과(filtration)기술을 가진 나노 구조체의 형성은 본 발명에 따라 형성된 나노 구조체의 것보다 더 낮은 팩킹 밀도를 갖는

나노 튜브 페이지퍼를 형성한다. 또한, 본 발명은 이미 기재했듯이 실온에서 수행될 수 있다. 효과적인 실온 도포과정은 화학증착 기술에 대한 매력적인 대체물을 제공하며 더욱 상세하게는 낮은 용점을 갖는 디스플레이응용에 이용되는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

나노 물체를 매크로스코픽(macroscopic) 구조체 위에 조립하는 방법에 있어서,

- (1)나노 물질을 미리 설정된 가로세로비 및 화학물질로 처리하는 단계;
- (2)상기 처리된 나노 물체를 용매와 혼합하여 서스펜션(suspension)을 형성하는 단계-상기 서스펜션은 농도, 온도 및 pH 레벨을 가지고 있음-;
- (3)기판을 상기 서스펜션 속에 넣는 단계;
- (4)상기 서스펜션의 농도, 온도 또는 pH 레벨을 변경하여 매크로스코픽 구조체를 기판위에 조립하는 단계-농도, 온도 또는 pH 레벨이 변경됨으로써 나노 물체는 기판위에 도포됨-를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 나노 물체는 단벽 탄소 나노튜브이거나 또는 단벽 탄소 나노튜브 번들인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 나노 물체는 다중벽 탄소 나노 튜브(MWNTs)인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 나노 물체는 단벽 탄소 나노 튜브(SWNTs) 및 다중벽 탄소 나노 튜브(MWNTs)의 혼합물인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 나노 물체를 처리하는 단계는,

탄소 나노 튜브를 합성하는 단계;

상기 탄소 나노 튜브를 세정하는 단계; 및

상기 탄소 나노 튜브의 길이 및 화학적 특성을 변경하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 나노 물체를 처리하는 단계는,

레이저 절제, 아크 방전, 화학적 증착 또는 열분해에 의해 SWNTs를 합성하는 단계;

선택적 산화 및/또는 여과법에 의해 SWNTs를 정제하는 단계; 및
기계적인 절단 또는 산(acid)에서의 초음파 분해에 의해 SWNTs의 가로세로비를 축소하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 7

제2항에 있어서,
상기 나노 물체를 처리하는 단계는,
레이저 절제, 아크 방전, 화학적 증착 또는 열분해에 의해 SWNTs를 합성하는 단계;

선택적 산화 및/또는 여과법에 의해 SWNTs를 정제하는 단계; 및
화학적으로 SWNTs를 변경하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,
상기 처리된 SWNTs의 길이는 0.1 ~ 10 의 범위인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 9

제2항에 있어서,
상기 용매는 물 또는 알콜인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
물속에서 상기 탄소 나노 튜브의 서스펜션의 농도는 물 1리터당 0.01g 내지 물 1리터당 10g의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 11

제2항에 있어서,
상기 기관은, SWNTs가 기관의 친수성 영역에 도포되도록, 친수성 영역 및 소수성 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 기관은 소수성 물질과 패터닝된 친수성 유리인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 소수성 물질은 폴리스티렌(polystyrene), 또는 단층 소수성 기능 그룹인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

나노 물체에 친화성이 있는 제1 영역 및 나노 물체에 친화성이 없는 제2 영역을 기판이 포함하도록 기판의 표면을 패터닝하는 단계-서스펜션의 농도, 온도, PH 변경에 의해 나노 물체가 기판 표면의 제1 영역에 도포됨-를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 기판은 평면 구조인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 기판은 곡면 구조인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 서스펜션의 농도를 바꾸는 단계는,

나노 물체가 기판에서 공기/액체/기판의 삼중 라인을 따라 기판상에 도포되도록 점차적인 용매의 증발에 의해 상기 서스펜션의 농도를 변경하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 18

제10항에 있어서,

상기 기판을 서스펜션 속으로 넣는 단계는,

상기 기판을 서스펜션과 상대적으로 수직 방향으로 넣는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 나노 물체의 수직 축은 공기-액체-기판의 삼중 라인을 따라 정렬되는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 20

제1항에 있어서,

(5) 서스펜션으로부터 기판을 제거하는 단계;

(6) 기판상에 조립된 나노 물체 위에 제2 물질을 도포하는 단계; 및

(7) 상기 단계 (3) 내지 (5)를 반복하여 다층 구조체를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 다층 구조체에서의 제2 물질은 금속, 반도체, 중합체(polymer), 무기 물질, 유기 물질 또는 생체 물질(biological material)인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 다층 구조체는 전극 및 배터리 또는 연료 전지의 전해질로 사용될 수 있는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 다층 구조체는 캐패시터, 초고용량 캐패시터(super-capacitor), 전자 장치 또는 센서인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 24

미리 형성된 나노 물체를 매크로스코픽 구조체 내에 조립하는 방법에 있어서,

나노 물체를 처리하는 단계;

나노 물체를 나노 물체를 용매와 혼합하여 서스펜션을 형성하는 단계;

기판을 서스펜션에 삽입하는 단계;

상기 용매를 증발시켜, 용매 증발 시에 상기 나노 물체를 기판에 조립하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 나노 물체를 처리하는 단계는,

미리 형성된 나노 물체를 합성하는 단계- 상기 미리 형성된 나노 물체는 단벽 탄소 나노 튜브(SWNT) 번들임-;

수소 과산화물 용액의 환류(reflux)에 의해 상기 SWNT 번들을 세정하고 SWNT 번들을 여과하는 단계; 및

상기 초음파 분해를 통해 SWNTs를 HNO₃ 및/또는 H₂SO₄와 반응시킴으로써 세정된 SWNT 번들을 절단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 기판은 표면이 친수성 코팅된 유리, 석영, 알루미늄, 크롬, 주석 또는 실리콘 등의 기판일 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 27

제24항에 있어서, 상기 기판이 소수성 코팅, 친수성 코팅 및 기판 표면에 패턴을 형성하는 소수성 코팅을 더욱 포함하고, 친수성 코팅에서 가공처리된 기형성 나노 물체가 기판상에 형성되어 친수성 코팅 및 소수성 코팅에 의해 형성된 패턴에 해당하는 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 기형성 나노 물체를 매크로스코픽 구조로 조립하는 방법.

청구항 28

제24항에 있어서, 상기 나노 물체가 기판의 공기/액체/기판 삼중선 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 기형성 나노 물체를 매크로스코픽 구조로 조립하는 방법.

청구항 29

제24항에 있어서, 상기 서스펜션이 실온에서 증발하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 기형성 나노 물체를 매크로스코픽 구조로 조립하는 방법.

청구항 30

(1) 나노 물체가 용매에 분산되거나 용해되도록 나노 물체를 처리하는 단계;
(2) 상기 처리된 나노 물체와 적합한 용매를 혼합하여 처리된 나노 물체를 유인하지 않는 용기에서 서스펜션 또는 용액을 제조하는 단계;
(3) 서스펜션에 모결정(seed-crystal)을 담그는 단계; 및
(4) 상기 처리된 나노 물체를 막 또는 결정과 같은 자유 매크로스코픽 구조로 조립하도록 서스펜션의 농도, 온도 또는 pH를 변화시키는 단계를 포함하는, 나노 물체를 자유 매크로스코픽 구조로 조립하는 방법.

청구항 31

제30항에 있어서, 매크로스코픽(macroscopic) 구조체의 구조가 씨드(SEED) 결정의 구조와 동일한 구조가 되도록 나노 물체가 씨드 결정주위에서 매크로스코픽(macroscopic) 구조체내로 조립되는 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 32

제30항에 있어서, 독립 구조 매크로스코픽(macroscopic) 구조체의 두께가 1나노미터 내지 10미크론인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 33

제30항에 있어서, 독립구조 막(MEMBRANE)의 면적이 1 미크론x 1 미크론 내지 10cm x 10cm 인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 34

제30항에 있어서, 나노 물체가 단벽 또는 다중벽 탄소 나노 튜브인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 35

제31항에 있어서, 나노 물체는 탄소, 실리콘, 게르마늄, 산소, 보론(boron), 질소, 황, 인 및 금속 중에서 적어도 하나를 포함하는 나노와이어(nanowires)/나노로드(nanorods)인 것을 특징으로 하는 나노 물체 조립 방법.

청구항 36

미리 형성된(pre-formed) 나노 물체들의 자기-어셈블리(self-assembly)에 의해 전계 방출 디스플레이를 위한 전계 방출 캐소드(cathode)를 제조하는 방법에 있어서, 나노 튜브가 용매 내에서 분산되어 용해되도록 나노 물체를 처리하는 단계;
상기 처리된 나노 물체를 용매와 혼합하여 서스펜션(suspension)을 형성하는 단계;
기관을 상기 서스펜션 속에 넣는 단계;
상기 서스펜션의 농도, 온도 또는 pH값을 변경하여 상기 처리된 나노 물체가 기관 표면의 특정 영역에 조립되도록 함으로써 전계 방출 캐소드(electron field emission cathode)을 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐

소드 제조 방법.

청구항 37

제36항에 있어서, 기판은 상기 처리된 나노 물체를 유인(attract)하는 지역A와 상기 처리된 나노 물체를 유인(attract)하지 않는 지역B를 포함하며, 상기 서스펜션의 농도, 온도 또는 pH값을 변경하여 나노 물체가 지역 A에 도포되는 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 38

제36항에 있어서, 나노 물체가 탄소 나노 튜브인 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 39

제36항에 있어서, 지역 A의 크기가 적어도 2nm인 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 40

제36항에 있어서, 기판이 친수성 유리인 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 41

제40항에 있어서, 소수성 폴리머 지역이 지역 B를 형성하고 비코팅된 지역이 지역 A를 형성하도록 기판을 소수성 폴리머의 지역으로 코팅하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 42

제41항에 있어서, 나노 물체를 도포한 후에 소수성 폴리머 지역을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 43

제42항에 있어서, 상기 소수성 폴리머는 아세톤, 메탄올, 에탄올 또는 완충된 플루오르화 수소산(buffered hydrofluoric acid)과 같은 용매로 세척하여 제거될 수 있는 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 44

제36항에 있어서, 나노 물체로 도포된 기판을 진공상태에서 온도 100도 및 500도에서 어닐링(annealing)하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 45

제36항에 있어서, 나노 물체는 가로세로비가 10이상이고 번들의 길이가 300nm 내지 1 마이크로론인 단벽 탄소 나노 튜브 번들(bundles)인 것을 특징으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 46

제36항에 있어서, 전계 방출 캐소드는 방출 전류 밀도(emission current density)가 1mA/cm² 인 경우 전계의 한계치가 1V/마이크론 내지 5V/마이크론인 것을 특

정으로 하는 전계 방출 캐소드 제조 방법.

청구항 47

신장된(elongated) 나노 물체의 테일(tails)와 몸체(bodies)가 친수성이 되도록 신장된 나노 물체를 처리하는 단계;

상기 처리된 신장된 나노 물체를 적합한 소수성 용매와 혼합하여 서스펜션을 형성하는 단계-상기 서스펜션은 농도, 온도 및 pH레벨을 가지고 있음-;

상기 소수성 기판을 서스펜션 속에 넣는 단계;

상기 서스펜션의 농도, 온도, pH값을 변경하여 신장된 나노 물체를 상기 기판의 표면에 부착하는 단계-상기 신장된 나노 물체의 테일(tails)는 상기 신장된 나노 물체의 세로축이 기판의 표면과 수직을 이루도록 기판의 표면에 부착됨-를 포함하는 신장된 나노 물체와 매크로스코픽(macroscopic) 구조체의 조립 방법.

청구항 48

신장된(elongated) 나노 물체의 테일(tails)와 몸체(bodies)가 친수성이 되도록 신장된 나노 물체를 처리하여 단계;

상기 처리된 신장된 나노 물체를 적합한 소수성 용매와 혼합하여 서스펜션을 형성하는 단계-상기 서스펜션은 농도, 온도 및 pH레벨을 가지고 있음-;

친수성 기판을 서스펜션 속에 넣는 단계;

상기 서스펜션의 농도, 온도, pH값을 변경하여 신장된 나노 물체를 상기 기판의 표면에 부착하는 단계-상기 신장된 나노 물체의 테일(tails)는 상기 신장된 나노 물체의 세로축이 기판의 표면에 수직을 이루도록 기판의 표면에 부착됨-를 포함하는 신장된 나노 물체와 매크로스코픽(macroscopic) 구조체를 조립하는 방법

청구항 49

나노 물체를 처리하는 단계;

상기 나노 물체와 용매를 혼합하여 온도를 갖는 서스펜션을 형성하는 단계;

기판을 서스펜션내로 넣는 단계; 및

서스펜션의 온도 변화에 따라 상기 나노 물체가 기판 위에 조립되도록 서스펜션의 온도를 변경하는 단계를 포함하는 미리 형성된(pre-formed) 나노 물체를 매크로스코픽(macroscopic) 구조체내로 조립하는 방법

청구항 50

나노 물체를 처리하는 단계;

상기 나노 물체와 용매를 혼합하여 pH 레벨을 갖는 서스펜션을 형성하는 단계;

기판을 서스펜션내로 삽입하는 단계; 및

서스펜션의 pH 변화에 따라 상기 나노 물체가 기판 위에 조립되도록 서스펜션의 pH를 변경하는 단계를 포함하는 미리 형성된(pre-formed) 나노 물체를 매크로스코픽(macroscopic) 구조체내로 조립하는 방법

청구항 51

나노 물체를 미리 설정된 가로세로비와 화학적 기능(chemical functionality)으로

처리하는 단계;

상기 처리된 나노 물체를 용매와 혼합하여 서스펜션(suspension)을 형성하는 단계-
상기 서스펜션은 농도, 온도 및 pH레벨을 가지고 있음-;

상기 서스펜션을 기판위에 코팅하여 매크로스코픽(macroscopic) 구조체를 기판 위
에 조립하는 단계를 포함하는 나노 물체를 매크로스코픽(macroscopic) 구조체 위
에 조립하는 방법

청구항 52

제51항에 있어서, 상기 서스펜션을 기판위에 코팅하는 단계는 스핀 코팅(spin
coating) 또는 스프레이(spraying) 또는 일렉트로포리시스(electrophoresis) 단계를
더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 물체를 매크로스코픽(macroscopic) 구조체
위에 조립하는 방법

청구항 53

제51항에 있어서, 상기 기판은 상기 나노 물체를 유인하는 제1지역과 상기 나노 물
체를 유인하지 않는 제2지역을 갖는 것을 특징으로 하는 나노 물체를 매크로스코픽
(macroscopic) 구조체 위에 조립하는 방법

<검토의견>

발명의 명칭이 ‘나노물체 조립방법’이다. 이는 마치 Bottom-up 방식의 물질제어를
현실화하는 기술로 인정될 수 있다. 너무나도 황당하지만, 나름대로 법칙을 가진 발
명이며, 이를 과학적으로 잘 설명하고 이를 권리화하여 청구항을 53개정도 작성·제
출하고 있다. 한편으로는 로고조각을 맞추는 방법을 즉 나노물질을 1개 1개씩 쌓아
가는 조립과정 또는 방법 자체를 청구한다는 자체가 황당하기도 하다. 하지만, 이런
특허출원은 미국대학의 특징중의 하나라고 할 수 있다. 이 출원은 원천특허로 인정
될 수 있고 추후 연구개발자들은 힘들지 않을까? 걱정된다. END.