



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년12월27일  
 (11) 등록번호 10-1345440  
 (24) 등록일자 2013년12월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B82B 3/00* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2007-0025524  
 (22) 출원일자 2007년03월15일  
 심사청구일자 2012년03월14일  
 (65) 공개번호 10-2008-0084193  
 (43) 공개일자 2008년09월19일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 Journal of Crystal Growth, 2005, 277 Vol.  
 277, pages 428-436.\*  
 Chem. Mater., 2000, Vol. 12, pages  
 2068-2069.\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**삼성전자주식회사**  
 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
 (72) 발명자  
**이은경**  
 경기도 수원시 영통구 매탄로 82, 202동 502호 (매탄동, 우남퍼스트빌)  
**최병룡**  
 서울시 서초구 방배3동 593-94 신성빌라 가동 103호  
**황동목**  
 서울시 송파구 가락2동 극동아파트 4-106  
 (74) 대리인  
**김학제, 문혜정**

전체 청구항 수 : 총 18 항

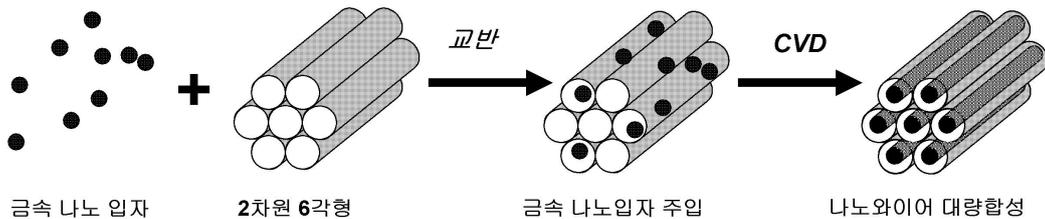
심사관 : 정명주

(54) 발명의 명칭 **메조세공 템플릿을 이용한 나노 구조체의 대량 제조방법 및 그에 의해 제조된 나노 구조체**

**(57) 요약**

본 발명은 균일한 크기의 기공을 다수 포함하는 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입하고, 상기 금속 나노 촉매입자를 포함하는 템플릿을 3차원적으로 분포시켜 템플릿의 기공을 따라 나노 와이어를 대량으로 형성시키는 나노 구조체의 제조방법 및 그에 의해 제조된 굵기가 균일하고 형태가 다양하며 도핑 조절 등이 가능한 나노 구조체에 관한 것으로, 본 발명의 방법에 의한 나노 구조체는 FET(Field Effect Transistor), 발광 다이오드(LED) 등과 같은 전자 소자 나 광검출소자(photodetector) 또는 나노 분석기, 암 진단 등에 사용되는 극미세 신호 감지 센서 등에 다양하게 응용될 수 있다

**대표도 - 도3**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

(a) 다수의 기공을 포함하는 메조세공(mesoporous) 템플릿을 제공하는 단계;

(b) 상기 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입시키는 단계; 및

(c) 상기 금속 나노 촉매입자를 포함하는 메조세공 템플릿을 3차원적으로 분포시켜 나노 와이어를 성장시키는 단계를 포함하는 나노 구조체의 대량 제조방법에 있어서,

상기 (b) 단계는 금속염, 탈이온수(DI water) 및 용매의 혼합 용액을 초음파 처리하여 금속 나노 촉매입자를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 (a)단계는 계면활성제가 포함된 수용액에서 상기 계면활성제와 무기물질이 상호 작용하여 템플릿 복합체를 이루는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 3**

제 2항에 있어서, 상기 무기물질은 실리케이트인 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 4**

제 2항에 있어서, 상기 계면활성제는 폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드)-폴리(에틸렌 옥사이드)(E0m-P0n-E0m)로 이루어진 균으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 5**

제 1항에 있어서, 상기 템플릿 기공의 직경이 2~50nm의 메조세공(mesopore) 인 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서, 상기 템플릿 기공의 직경 편차가  $\pm 0.15$  nm인 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 7**

제 1항에 있어서, 상기 메조세공 템플릿이 2차원 6각형, 3차원 6면체 구조인 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제 1항에 있어서, 상기 금속염은 KAuCl<sub>4</sub> 또는 H<sub>2</sub>AuCl<sub>4</sub>로부터 선택되는 것을 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 10**

제 1항에 있어서, 상기 용매는 에탄올인 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 11**

제 1항에 있어서, 상기 (b) 단계는 금속 나노 촉매입자를 초음파 또는 아민기를 이용한 주입 방법에 의하여 상기 템플릿의 기공에 주입시키는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 12**

제 1항에 있어서, 상기 (c) 단계가 VLS(vapor-liquid-solid) 메카니즘에 의한 화학기상증착법(CVD)에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 13**

제 12항에 있어서, 상기 VLS(vapor-liquid-solid) 공정이 상기 템플릿을 반응로에 넣고 기체 및 구조체 소스를 주입하면서 가열하여 나노 와이어를 성장 시킴으로써 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 14**

제 13항에 있어서, 상기 기체가 Ar, N<sub>2</sub>, He 및 H<sub>2</sub>로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 15**

제 13항에 있어서, 상기 가열공정이 760torr 이하의 압력 및 370-600℃의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 16**

제 13항에 있어서, 상기 와이어 소스가 SiH<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub> 및 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 17**

제 1항에 있어서, 상기 (c) 단계의 나노 와이어 형성시 도판트로 도핑시켜 도핑된 나노 구조체를 형성하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 18**

제 1항에 있어서, 상기 (c)단계의 나노 구조체 형성후 템플릿을 제거하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체의 대량 제조방법.

**청구항 19**

제 1항 내지 제7항, 제9항 내지 제 18항 중 어느 하나의 항에 따른 방법에 의해 제조되는 나노 구조체.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- [0014] 본 발명은 메조세공 템플릿을 이용한 나노 구조체의 제조방법 및 그에 의해 제조된 나노 구조체에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 균일한 크기의 기공을 다수 포함하는 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입하고, 상기 금속 나노 촉매입자를 포함하는 템플릿을 3차원적으로 분포시켜 템플릿의 기공을 따라 나노 와이어를 대량으로 성장시키는 나노 구조체의 제조방법 및 그에 의해 제조된 굵기가 균일하고 형태가 다양하며 도핑 조절 등이 가능한 나노 구조체에 관한 것이다.
- [0015] 나노 와이어는 직경이 나노미터(1nm = 10<sup>-9</sup> m) 영역을 가지고, 길이가 직경에 비해 훨씬 큰 수백 나노미터, 마이크로미터(1μm = 10<sup>-6</sup> m) 또는 더 큰 밀리미터(1mm = 10<sup>-3</sup> m) 단위를 갖는 선형 재료이다. 이러한 나노 와이어의 물성은 그들이 갖는 직경과 길이에 의존한다.
- [0016] 상기 나노 와이어는 작은 크기로 인하여 미세 소자에 다양하게 응용될 수 있으며, 특정 방향에 따른 전자의 이동 특성이나 편광 현상을 나타내는 광학 특성을 이용할 수 있는 장점이 있다.

- [0017] 특히 기존의 반도체 산업분야에서 널리 쓰이고 있는 반도체 물질들을 나노 와이어 형태로 구현한 반도체 나노 와이어(semiconductor nanowire)는 목적에 따라 다양한 종류의 나노 와이어들을 합성하는 것이 가능하고, 그 기본 성질들을 쉽게 예측할 수 있으며, 나노 와이어의 표면을 화학적으로 변화시킴으로써 그 물리적, 전기적 특성을 조절할 수 있다는 점에서 다양한 나노 소자의 기본소재로서 매우 큰 가능성을 가지고 있다.
- [0018] 구체적으로, 상기 반도체 나노 와이어는 FET(Field Effect Transistor), 발광 다이오드(LED) 등과 같은 전자 소자나 광검출소자(photodetector) 또는 나노 분석기, 암 진단 등에 사용되는 극미세 신호 감지 센서로 응용될 수 있다.
- [0019] 이상과 같은 나노 와이어의 전기적, 광학적 특성이 균일하기 위해서는 가장 먼저 나노 와이어의 굵기가 일정하게 유지되어야 한다. 종래 나노 와이어를 제조하는 방법으로는 2차원의 평면 기판 위에 금속 나노입자를 분포시키고, 도1에 도시된 바와 같이 VLS(Vapor-Liquid-Solid) 메카니즘이나, 도2에 도시된 바와 같이 SLS(Solid-Liquid-Solid) 메카니즘을 이용하여 나노 와이어를 합성하였다.
- [0020] 그러나, 이러한 기존의 나노 와이어 합성법에서는 균일한 굵기의 나노 와이어를 얻기 위해서는 필수적으로 크기가 균일한 금속 나노입자를 사용하여야 하나, 이러한 균일한 크기(monodispersed)의 금속 나노입자를 얻기가 매우 어려운 상황이다. 현재 이러한 방법으로 나노 와이어를 제조하는 경우 수 nm의 굵기 편차(대략 수십 %)가 있는 실정이다. 또한, 기존의 방법에서는 금속 나노입자들이 2차원 기판 위에 분포하기 때문에 나노 와이어의 대량 생산에는 한계가 있다.
- [0021] 한편, 상기와 같은 문제점을 극복하고자 템플릿을 사용하여 나노 와이어를 합성한 몇몇 예들이 있으나, 기존의 나노 와이어를 형성하기 위한 템플릿은 주로 AAO(Anodic Aluminum Oxide)가 많이 사용되어 왔는데, AAO 는 인가된 전압에 따라 기공의 크기 및 길이를 조절하기 때문에 크기가 작은 기공을 균일하게 원하는 위치에 형성하기 어렵다. 또한, 에칭이 길이방향으로 끝까지 되지 않는 경우 기공이 형성되지 않은 부분은 제거해야 하기 때문에 공정이 복잡하며, 도1 및 도2에 도시된 바와 같이 금속 나노입자가 2차원적으로 분포하기 때문에 역시 대량 생산에는 전술한 종래 기술과 동일한 문제점이 있다.
- [0022] 또한 기존의 나노 구조체는 원통형, 속이 빈 튜브형, 리본형 등 1차원 나노 구조체가 대부분이며, 그 구조가 비교적 간단하다. 그러나, 태양 전지, 전자 발광 소자 등에 응용하기 위하여는 다양한 구조의 고품질 나노 구조체의 개발이 필요하다.
- [0023] 이상과 같이 기존에 알려진 대부분의 나노 와이어의 제조방법들은 굵기가 균일한 나노 와이어를 대량 생산하는데 적합하지 아니하며, 또한 다양한 구조의 나노 구조체를 제조하기에도 부적합하므로, 새로운 나노 구조체 제조방법의 개발이 요구되고 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- [0024] 본 발명은 상기한 기술적 요구에 부응하기 위한 것으로, 본 발명의 하나의 목적은 직경이 균일한 다수의 기공을 포함하는 메조세공(mesoporous) 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입하고 이를 3차원적으로 분포시킴으로써 굵기가 일정한 나노 와이어를 대량 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0025] 본 발명의 다른 목적은 다양한 구조의 템플릿을 이용함으로써 다양한 형태의 나노 구조체를 대량 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 목적은, 본 발명의 방법에 의해서 제조되는 특성이 우수하고 대량 합성이 가능한 나노 구조체를 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- [0027] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 양상은
- [0028] (a) 다수의 기공을 포함하는 메조세공 템플릿을 제공하는 단계;
- [0029] (b) 상기 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입시키는 단계; 및
- [0030] (c) 상기 금속 나노 촉매입자를 포함하는 템플릿을 3차원적으로 분포시켜 나노 와이어를 성장시키는 단계를 포

합하는 나노 구조체의 대량 제조방법에 관계 한다.

- [0031] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 양상은 본 발명의 방법에 의해 제조되어 굵기가 일정하고 형태가 다양하며 도핑 컨트롤 등이 가능한 나노 구조체에 관계한다.
- [0032] 이하에서, 첨부 도면을 참조하여 본 발명에 대해서 더욱 상세하게 설명 한다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 일 구현예에 의한 메조세공 템플릿을 이용하여 나노구조체를 제조하는 원리를 설명하기 위한 개략도이며, 도 4는 본 발명의 또 다른 구현예에 의한 메조세공 템플릿을 이용하여 나노 구조체를 제조하는 원리를 설명하기 위한 개략도이다.
- [0034] 본 발명의 일 구현예에 따른 상기 제조방법은, 도3에 도시된 바와 같이 균일한 기공이 다수 형성된 템플릿을 이용함으로써, 굵기가 일정한 나노 와이어를 합성하는 것을 특징으로 한다. 이때 상기 템플릿의 기공 크기는 메조세공(meso-pore)이고 재질은 실리케이트로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0035] 본 발명의 일 구현예에 따른 상기 제조방법의 다른 특징은, 메조세공 템플릿이 파우더(powder) 형태로 3차원적으로 분포됨으로써, 나노 구조체를 대량 합성할 수 있는 것이다. 이때 합성되는 나노 구조체는 실리콘 나노 구조체인 것이 바람직하다.
- [0036] 본 발명의 일 구현예에 따른 상기 제조방법의 또 다른 특징은, 다양한 구조의 메조세공 템플릿을 사용함으로써, 다양한 구조의 나노 구조체를 대량 합성할 수 있는 것이다. 이때 상기 템플릿의 구조는 2차원 육각형 또는 3차원 6면체 구조 일 수 있다.
- [0037] 본 발명의 방법에 의해서 나노구조체를 제조하는 경우에는 먼저 메조세공 템플릿을 준비하고 나서(a 단계), 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매 입자를 주입한다. (b 단계). 이후 상기 기공 내의 금속 나노 촉매 입자를 나노 와이어로 성장시킨다(c 단계).
- [0038] 상기와 같은 본 발명의 제조방법을 각 단계별로 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0039] **(a) 메조세공 템플릿을 제공하는 단계**
- [0040] 도 5는 본 발명의 일 구현예에 따른 나노 구조체를 제조하기 위하여 사용 되는 템플릿의 합성 원리를 설명하기 위한 모식도이다.
- [0041] 도 5를 참조하면, 먼저 탈이온수(deionized water)에 친수성(hydrophilic) 머리 부분과 소수성(hydrophobic) 꼬리 부분을 갖는 계면활성제와 pH 조절을 위한 산 등을 첨가하여 교반하면 상기 계면활성제는 자가 응집(self assembly)을 통하여 마이셀 (micelle)을 형성하게 된다(도5의 a).
- [0042] 이후 상기 수용액을 상온에서 적정시간 교반하면 상기 마이셀들이 서로 응집하여 로드(rod) 형태를 이루며(도5의 b), 이후 더욱 응집되어 6각 형태의 초분자 (supramolecule)를 이루게 된다.(도5의 c)
- [0043] 이때 상기 계면활성제는 폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드)-폴리(에틸렌 옥사이드)(EO<sub>m</sub>-PO<sub>n</sub>-EO<sub>m</sub>)로 이루어지는 균으로부터 선택될 수 있고, 바람직하게는 EO<sub>20</sub>-PO<sub>70</sub>-EO<sub>20</sub> 를 사용하는 것이 좋다.
- [0044] 상기 수용액의 pH는 -1~3이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 0~1이다.
- [0045] 이후, 상기 초분자를 포함하는 수용액에 실리케이트와 같은 무기물질을 첨가하여 서서히 저어주고 압력용기 (autoclave)에서 열수처리(hydrothermal treatment)를 하게 되면, 표면에 위치하는 상기 계면활성제의 친수성 머리 부분과 무기물질이 상호 작용하여 템플릿 복합체를 이루게 된다.(도5의 d)
- [0046] 이때 상기 무기물질은 실리케이트를 포함하는 물질로 이루어진 균으로부터 선택될 수 있으며, 바람직하게는 TEOS(tetra-ethyl-ortho-silicate)를 사용하는 것이 좋다.
- [0047] 이어서, 상기 수용액에서 템플릿 복합체를 필터링하여 세척 및 소성 과정을 거쳐 상기 계면활성제를 제거함으로써 본 발명에서 사용되는 템플릿을 수득 한다.(도5의 e)
- [0048] 상술한 방법에 의하여 제조되는 본 발명의 일 구현예에 따른 메조세공 템플릿은 기공의 직경이 균일하게 형성되

기 때문에 굽기가 일정한 나노 와이어를 합성하는 것이 가능하게 된다.

- [0049] 한편, 유체의 흐름을 허용하는 메조세공 물질은 재료가 가지고 있는 구멍의 크기에 따라서 세공크기가 2nm 미만인 마이크로포어(micropore), 세공크기가 2 내지 50 nm인 메조세공(mesopore), 및 세공크기가 50nm 초과인 매크로포어 (macro-pore)로 분류되는데, 본 발명의 상기 템플릿은 메조세공인 것이 바람직하다.
- [0050] 메조세공의 경우 구멍의 크기가 유체가 자유롭게 흐를 수 있을 정도로 클 뿐만 아니라 유체와 재료가 만나는 표면적도 비교적 크기 때문에, 다양한 특성의 나노 구조체를 합성할 수 있는 장점이 있다. 이때, 상기 메조세공의 직경 편차는  $\pm 0.15$  nm 이내로 유지될 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 구현예에 따른 상기 템플릿은 기공의 크기 및 템플릿의 구조를 자유롭게 변화시킬 수 있다. 즉, 메조세공 물질은 열수처리(hydrothermal treatment) 단계에서 그 기공의 크기가 변화되는데 그 변수로는 온도와 시간을 들 수 있다. 거의 대부분의 메조세공 물질은 열수 처리 공정에서 압력용기(autoclave) 내부의 온도가 높을수록, 그 시간이 길어질수록 기공의 크기가 커지게 된다. 또한, 템플릿의 구조를 결정하는 것은 크게 모체가 되는 폴리머의 종류이며 같은 종류의 폴리머라고 할지라도 용액의 물 비율에 따라서 그 구조가 달라질 수도 있다.
- [0052] 상술한 바와 같이 본 발명의 메조세공 템플릿은 다양한 구조로 합성하는 것이 가능하기 때문에 상기 도3과 같이 단면의 모양이 6각형이거나 도4와 같이 육면체 형태 등 다양한 구조의 템플릿을 합성하는 것이 가능하며 이에 의하여 다양한 형태의 나노 구조체를 합성할 수 있는 장점이 있다.

[0053] **(b) 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입시키는 단계**

- [0054] 상기 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입시키는 단계는, 먼저 금속염, 탈이온수 및 용매의 혼합 용액을 준비한 후 상기 혼합용액에 메조세공 템플릿을 첨가한 후 이를 상온에서 초음파 처리하여 금속 나노 촉매입자를 형성시킨다.
- [0055] 이때 금속 나노 입자가 형성되었는지 여부는 수용액의 색깔 변화를 관찰함으로써 확인할 수 있다. 예를 들어 금속염으로 염화금산칼륨(KAuCl<sub>4</sub>)을 사용하는 경우, 수용액의 색은 노란색에서 금 나노 입자가 형성되면 자주색으로 변하게 된다.
- [0056] 이어서, 상기 금속 나노 촉매입자가 형성된 템플릿을 필터링한 후 오븐에서 건조 후 소성하여 유기물질을 완전히 제거시킨다.
- [0057] 본 발명의 방법에서, 상기 금속염은 KAuCl<sub>4</sub> 또는 HAuCl<sub>4</sub>로부터 선택될 수 있으며, 바람직하게는 HAuCl<sub>4</sub>를 사용하는 것이 좋다.
- [0058] 상기 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입시키는 다른 방법으로는, 상기 템플릿에 리플럭스(reflux)를 이용하여 아민기를 갖는 APTES (Amino Propyl Tri Ethoxy Silane)를 기능화(functionalization)시킨 후 염화금산칼륨(KAuCl<sub>4</sub>)과 섞어 금속 나노 입자를 주입시킬 수 있다. 이때, 원치 않는 외부의 금속 나노 입자를 제거하기 위해 환원제 역할을 하는 NaBH<sub>4</sub> 용액과 섞어서 금속 나노 입자를 환원시키는 것이 바람직하다.

[0059] **(c) 메조세공 템플릿의 기공내에 나노 와이어를 형성시키는 단계**

- [0060] 본 발명은 VLS(vapor-liquid-solid) 메카니즘에 의한 화학기상 증착법 (Chemical Liquid Deposition; CVD)에 의해 실리콘 나노 와이어를 성장시키는 것을 특징으로 한다.
- [0061] VLS(vapor-liquid-solid) 공정은 도 1에 도시된 바와 같이, 고온의 반응로(furnace) 내부에서 운송되는 증기상 실리콘 함유 종(species)이 금, 코발트, 니켈 등과 같은 용융 촉매의 표면상에서 응축되어 결정화함으로써 실리콘 나노 와이어로 성장되는 방법이다.
- [0062] 구체적으로, 본 발명의 상기 VLS(vapor-liquid-solid) 공정은 상기 (b) 단계에서 수득된 파우더 형태의 메조세공 템플릿을 보트나 크루서블에 담아 반응로에 넣고 기체 및 와이어소스를 주입하면서 가열하여 나노 와이어를 성장시킴으로써 수행될 수 있다.
- [0063] 본 발명에 따른 상기 템플릿은, 도6에 모식적으로 도시된 바와 같이 종래기술에서와 같이 금속 나노 촉매입자를 포함하는 템플릿이 기판 위에 2차원적으로 배치되는 것이 아니라, 금속 나노 촉매입자를 포함하는 템플릿이 3차

원적으로 분포하게 되므로 나노 와이어를 대량으로 합성하는 것이 가능하게 된다.

- [0064] 상기 VLS(vapor-liquid-solid) 공정에 사용되는 기체로는 Ar, N<sub>2</sub>, He 및 H<sub>2</sub>로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 상기 기체는 구체적으로 100sccm 정도로 주입할 수 있으나, 공정에 따라 변경될 수 있다.
- [0065] 상기 VLS(vapor-liquid-solid) 공정에서 압력은 760torr 이하에서 실시될 수 있고, 온도는 370~600℃에서 수행될 수 있다. 또한, 나노 구조체의 길이에 따라 가열시간은 조절이 가능하다.
- [0066] 한편, 상기 VLS(vapor-liquid-solid) 공정에서 주입되는 구조체 소스로는 SiH<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub> 또는 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 등을 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0067] 아울러, 본 발명에서 상기 나노 구조체 형성시 도판트로 도핑시켜 실리콘 나노 구조체를 형성할 수도 있다. 또한, 물질이나 조성을 변화시킴으로써 초격자(superlattice) 또는 하이브리드(hybrid)의 복합 구조물로 형성할 수 있다.
- [0068] 상기 복합 구조물은 예를 들어, 실리콘 나노 구조체일 경우 III-V 족 화합물(예를 들면, 갈륨 아세나이드(GaAs), 갈륨 나이트라이드(GaN)), 탄소나노튜브(CNT), 산화아연(ZnO) 및 실리콘 카바이드(SiC)로 이루어진 군에서 선택된 물질로 형성시킬 수 있다.
- [0069] 만일 템플릿이 제거된 나노 구조체 형태로 사용하고자 하는 경우에는 템플릿을 제거할 수 있다. 이러한 템플릿의 제거는 템플릿만을 선택적으로 제거하는 화학적 처리에 의해 행할 수 있다. 예를 들어, 불산 수용액(HF solution) 등의 에천트를 사용하여 템플릿을 제거할 수 있다.
- [0070] 본 발명의 다른 양상은 본 발명의 방법에 의해 제조되어 굵기가 일정하고 형태가 다양하며 도핑 컨트롤 등이 가능한 나노 구조체에 관계한다. 본 발명의 상기 나노 구조체는 특성이 우수하고 형태가 다양하므로, FET, 발광 다이오드(LED) 등과 같은 전자 소자나 광검출소자(photodetector) 또는 나노 분석기, 암 진단 등에 사용되는 극미세 신호 감지 센서 등으로 다양하게 응용될 수 있다.
- [0071] 이하에서, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 하나, 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것으로 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다.
- [0072] **[실시예 : 나노 구조체의 제조]**
- [0073] (a) 메조세공 템플릿의 합성
- [0074] 먼저, P123(EO<sub>20</sub>-PO<sub>70</sub>-EO<sub>20</sub>) 4g, 탈이온수 30g, 2.0 M HCl 120g을 첨가하여 상온에서 4시간 동안 교반하였다. 상기 용액을 35℃ 에서 중탕 가열 후 TEOS (tetra-ethyl-ortho-silicate) 8.5g을 천천히 첨가한 후, 35℃에서 20시간 교반하였다.
- [0075] 이어서, 상기 용액을 압력용기에서 교반하지 않은 상태로 80℃로 24시간 열수처리(hydrothermal treatment) 하였다. 상기 용액을 탈이온수로 필터링하여 템플릿 복합체를 수득한 후, 상기 템플릿 복합체를 에탄올-염산 수용액에서 30분 동안 슬러리화 시켰다. 상기 슬러리를 필터링한 후 에탄올로 세척하고 오븐에서 80℃로 4시간 건조시켰다.
- [0076] 이어서 550℃로 6시간 소성하여 템플릿에 부착된 유기물질을 완전히 제거하였다.
- [0077] 수득된 템플릿의 TEM 사진 및 XRD 그래프를 도7a 및 도7b에 도시하였다.
- [0078] (b) 템플릿의 기공 내 금속 나노 촉매입자의 주입
- [0079] 먼저, 0.005M 염화금산칼륨(KAuCl<sub>4</sub>) 25ml, 탈이온수 75ml, 에탄올 100ml를 혼합하였다. 여기에 상기 (a)단계에서 수득된 템플릿을 혼합한 후 상온에서 3시간 초음파 처리하여 금속 나노 입자를 형성시켰다.

- [0080] 이어서, 상기 용액을 필터링하여 금속 나노 입자를 분리한 후 탈이온수와 에탄올로 세척한 후 오븐에서 100℃로 4시간 건조시켰다.
- [0081] 이후, 500℃로 6시간 소성하여 금속 나노 입자에 부착된 유기물질을 완전히 제거하였다.
- [0082] 상기 금속 나노 입자가 주입된 템플릿의 TEM 사진을 도8a에 도시하였으며, 금속 나노 입자가 주입된 템플릿의 XRD 그래프를 도8b에 도시하였다.
- [0083] (c) 나노 구조체 형성
- [0084] 이어서, 상기 금속 나노 입자가 주입된 템플릿 파우더 0.05mg을 유리섬유(quartz wool)로 덮여진 작은 바이알(vial)에 담아 반응로에 넣은 다음, 분당 10~15℃로 가열(heating)하고, 아르곤(Ar)을 100sccm 정도로 주입하고 구조체 소스인 SiH<sub>4</sub>(도핑할 경우 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 혹은 PH<sub>3</sub>도 함께 주입)를 20sccm정도로 주입하면서, 공정 압력을 3torr로 일정하게 하였다.
- [0085] 공정 온도인 460℃에 도달되면 30분간 유지시켜 실리콘 나노 구조체가 성장되도록 하였다. 이어서, 상온으로 천천히 냉각시켜서 실리콘 나노 구조체의 성장을 종료시켰다.
- [0086] 상기 실리콘 나노 구조체가 성장된 템플릿의 TEM 사진과 템플릿을 제거한 실리콘 나노 구조체의 TEM 사진을 도 9a 및 도9b에 도시하였다.
- [0087] 또한, 상기 실리콘 나노 구조체가 성장된 템플릿의 XRD 그래프를 도10에 도시하였다.
- [0088] 이상에서 구체적인 실시예를 들어 본 발명을 상세하게 설명하였으나 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자에 의해 많은 변형이 가능함은 자명할 것이다.

**발명의 효과**

- [0089] 본 발명에 의하면 직경이 균일한 다수의 기공을 포함하는 메조세공 템플릿의 기공 내에 금속 나노 촉매입자를 주입하고 이를 3차원적으로 분포시킴으로써 굵기 가 일정한 나노 구조체를 대량 제조할 수 있다.
- [0090] 또한 본 발명에 의하면 메조세공 템플릿의 기공의 크기, 모양 또는 나노구조체 재료의 조성을 다양하게 제어함으로써 다기능성 나노구조체를 제조할 있다.
- [0091] 본 발명의 방법에 의해 제조되는 나노구조체 및 나노 구조체는 각종 전자 소자 및 광소자의 제조에 응용될 수 있는데, 이 경우 전자 소자의 특성을 향상시 키고 다양한 분야의 전자 소자에 응용될 수 있다.

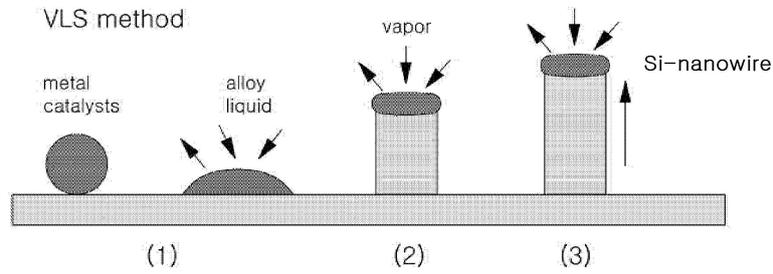
**도면의 간단한 설명**

- [0001] 도 1은 VLS(vapor-liquid-solid)법에 의한 나노 와이어를 제조하는 원리를 설명하기 위한 개략도,
- [0002] 도 2는 SLS(solid-liquid-solid)법에 의한 나노 와이어를 제조하는 원리를 설명하기 위한 개략도,
- [0003] 도 3은 본 발명의 일 구현예에 의한 나노 구조체를 제조하는 원리를 설명 하기 위한 개략도,
- [0004] 도 4는 본 발명의 다른 구현예에 의한 나노 구조체를 제조하는 원리를 설명하기 위한 개략도,
- [0005] 도 5는 본 발명의 일 구현예에 의한 메조세공 템플릿을 합성하는 원리를 설명하기 위한 개략도,
- [0006] 도 6은 본 발명의 일 구현예에 의한 나노 구조체를 제조하기 위하여 사용되는 메조세공 템플릿을 3차원적으로 분포시킨 태양을 나타내는 모식도,
- [0007] 도 7a는 본 발명의 일 구현예에 의한 메조세공 템플릿의 TEM 사진,
- [0008] 도 7b는 본 발명의 일 구현예에 의한 메조세공 템플릿의 XRD 그래프,
- [0009] 도 8a는 본 발명의 일 구현예에 의한 금속 나노 촉매입자가 주입된 메조세공 템플릿의 TEM 사진,

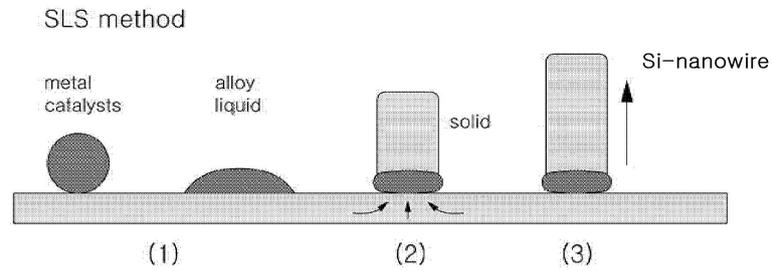
[0010] 도 8b는 본 발명의 일 구현예에 의한 금속 나노 촉매입자가 주입된 메조세공 템플릿의 XRD 그래프,  
 [0011] 도 9a는 본 발명의 일 구현예에 의한 실리콘 나노 와이어가 형성된 메조세공 템플릿의 TEM 사진,  
 [0012] 도 9b는 본 발명의 일 구현예에 의한 메조세공 템플릿을 제거한 실리콘 나노 와이어의 TEM 사진이고,  
 [0013] 도 10는 본 발명의 일 구현예에 의한 실리콘 나노 와이어가 형성된 메조세공 템플릿의 XRD 그래프이다.

도면

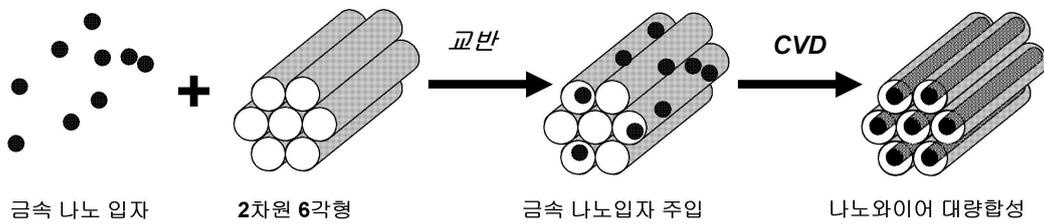
도면1



도면2



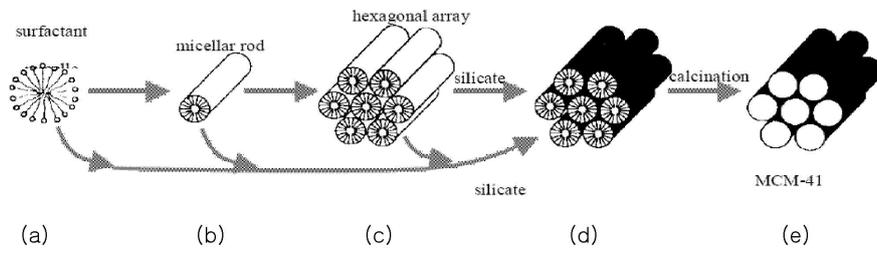
도면3



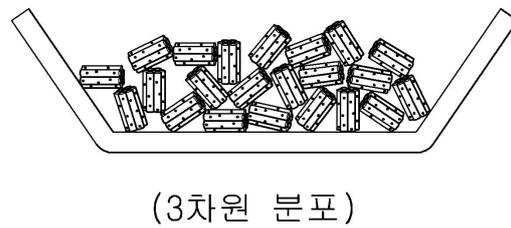
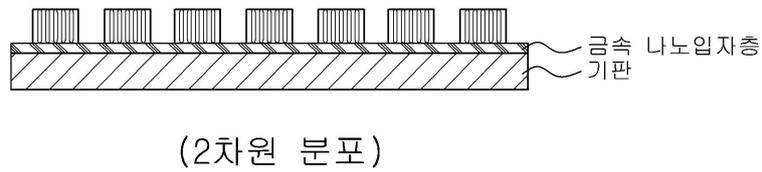
도면4



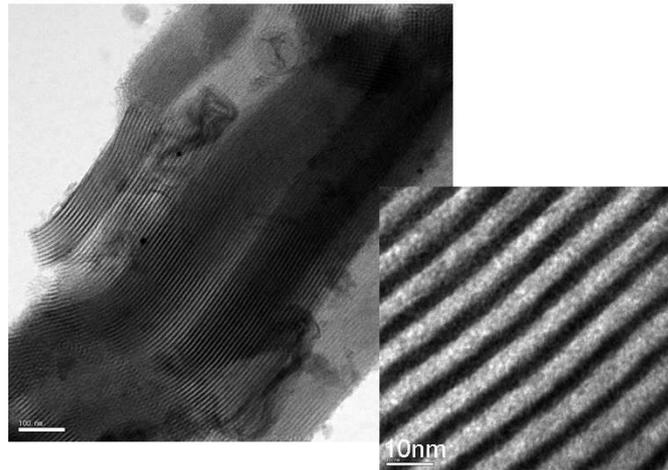
도면5



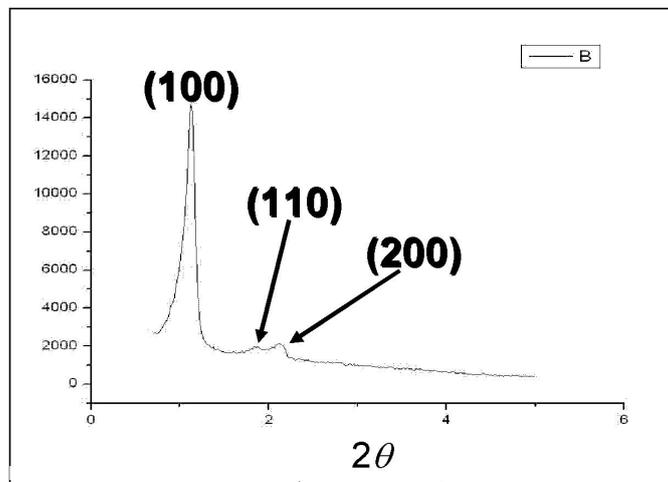
도면6



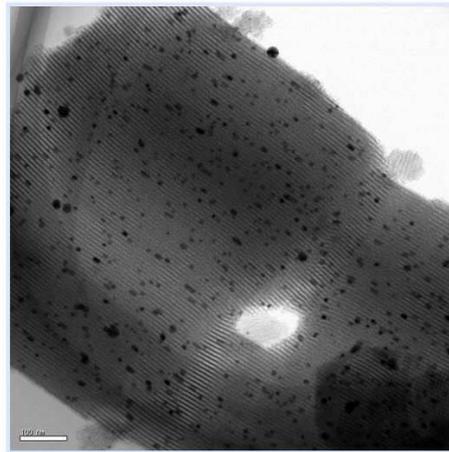
도면7a



도면7b

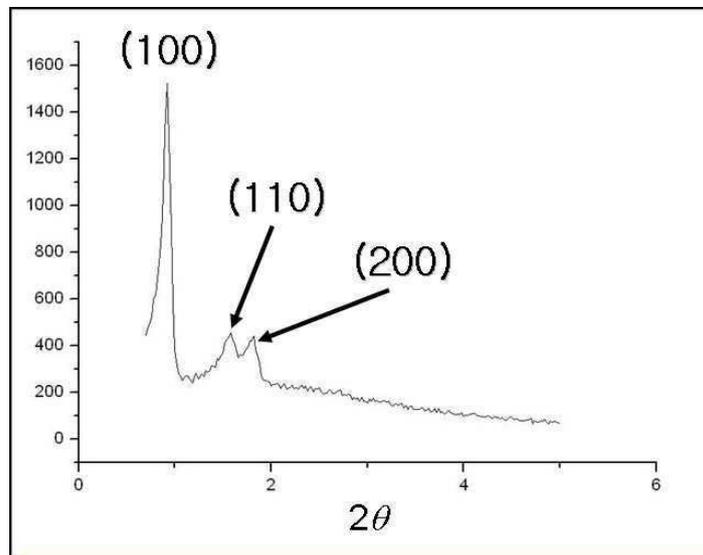


도면8a

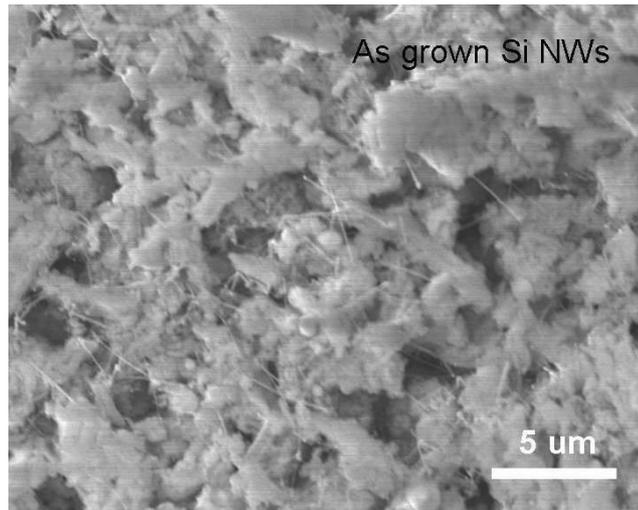


50nm

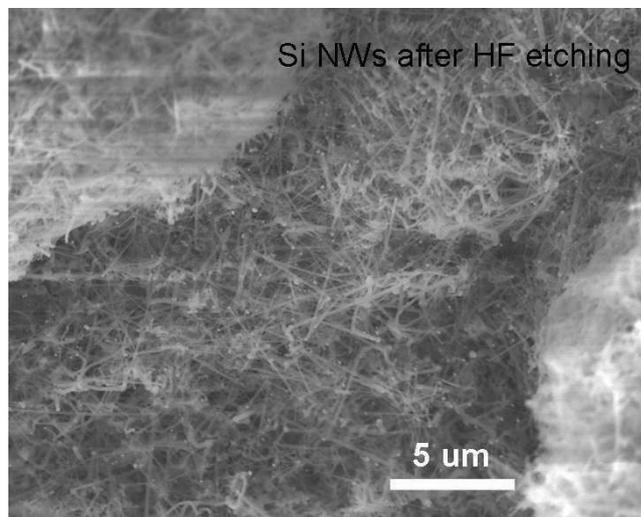
도면8b



도면9a



도면9b



도면10

