



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0135364  
(43) 공개일자 2017년12월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/306 (2006.01)  
H01L 29/06 (2006.01) B82Y 40/00 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/02603 (2013.01)  
H01L 21/30604 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0067158  
(22) 출원일자 2016년05월31일  
심사청구일자 2016년05월31일

(71) 출원인  
광주과학기술원  
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)  
(72) 발명자  
윤명환  
광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원  
신소재공학부  
강동희  
광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원  
신소재공학부  
이세영  
광주광역시 북구 첨단과기로 123 광주과학기술원  
신소재공학부  
(74) 대리인  
특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **나노 와이어 어레이의 제조방법**

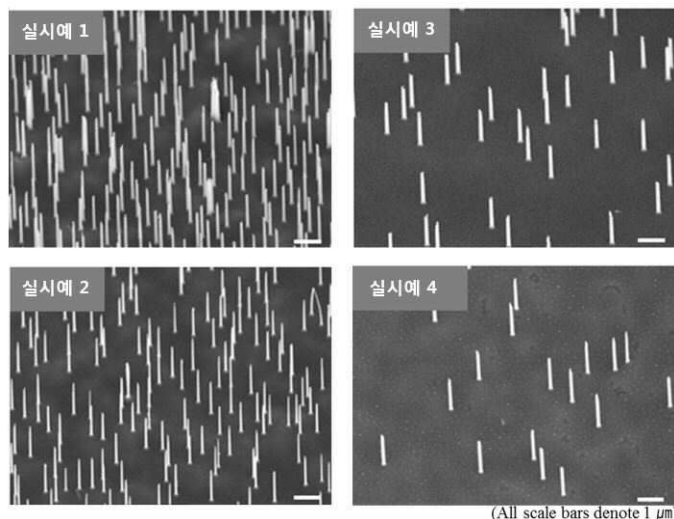
**(57) 요약**

본 발명은 나노 와이어 어레이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노 와이어의 직경과 길이를 각각 독립적으로 조절할 수 있으며 동시에 대면적의 제작이 가능한 나노 와이어 어레이의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명의 여러 구현예에 따르면, 대면적의 제작이 가능하면서도 나노 와이어의 직경과 길이를 원하는 크기로 자유롭게 조절이 가능하며, 별도의 포토리소그래피 공정 없이 원하는 패턴이 형성된 나노 와이어 어레이를 제조할 수 있다.

따라서, 본 발명에 따라 제조된 나노 와이어 어레이는 나노 제너레이터, 생물학적 연구를 위한 틀, 약물전달 및 세포 포획과 같은 생체의료용 등에 폭넓게 응용이 가능하다.

**대표도** - 도2



(52) CPC특허분류

*H01L 29/0669* (2013.01)

*B82Y 40/00* (2013.01)

*H01L 2221/1094* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

- (I) 기판 상에 접착층을 형성하는 단계,
- (II) 상기 접착층의 상부 면에 서로 다른 입자 크기를 갖는 복수 개의 콜로이드 입자를 위치시키는 단계,
- (III) 상기 접착층을 제거하는 단계,
- (IV) 상기 접착층이 제거된 기판 상에 금속을 증착시키는 단계,
- (V) 상기 콜로이드 입자를 제거하는 단계,
- (VI) 상기 기판을 화학적으로 식각한 후 증착된 금속을 제거하는 단계, 및
- (VII) 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하며,

상기 (II) 단계는 먼저 직경이 150 내지 350 nm인 콜로이드 입자(a)를 위치시킨 후에, 직경이 50 내지 150 nm인 콜로이드 입자(b)를 나중에 위치시키는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

(단, 상기 콜로이드 입자의 직경 크기는  $(b) < (a)$ 이다.)

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (VI) 단계를 통해,

상기 콜로이드 입자(a)의 직경 크기를 갖는 나노 와이어(a-1) 및 상기 콜로이드 입자(b)의 직경 크기를 갖는 나노 와이어(b-1)가 형성되는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 나노 와이어 어레이의 제조방법은 (VIII) 상기 어닐링된 기판을 에칭용액으로 에칭하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 (VIII) 단계를 통해 콜로이드 입자(b)로부터 생성된 나노 와이어(b-1)가 제거되는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 콜로이드 입자는 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리카보네이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리페닐렌옥사이드 및 폴리아세탈 중에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 접착층은 단수 또는 복수 개의 층으로 형성되며,

상기 접착층이 복수 개일 경우에는 서로 다른 종류의 접착층이 교대로 적층된 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 접착층은 폴리알릴아민염소산, 폴리에틸렌이민, 폴리다이알릴디메틸암모늄클로라이드, 폴리라이신폴리스티렌술포네이트, 폴리아크릴산, 폴리비닐설페이트, 및 헤파린 중에서 선택된 1종 이상의 고분자 조성물을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (VI) 단계는 식각 용액에 기판을 담지시켜 수행되며,

상기 식각 용액은 불산, 과산화수소, 또는 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 어닐링은 800 내지 1000 °C의 온도에서 2 내지 6 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 금속은 금, 은, 백금 및 구리 중에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 나노 와이어 어레이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노 와이어의 직경과 길이를 각각 독립적으로 조절할 수 있으며 동시에 대면적의 제작이 가능한 나노 와이어 어레이의 제조방법에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 나노 크기의 물질들은 독특한 전기적, 광학적 및 기계적 특성과 같은 새로운 물리·화학적 성질을 가지므로 미래의 새로운 광소자 물질로서의 가능성을 보여주고 있다. 나노 크기의 소자는 크기가 작아서 표면적 대비 부피비가 증가하므로 표면에서 일어나는 전기·화학적 반응이 우세하여 다양한 종류의 센서로 응용이 가능하다.
- [0003] 그 중에서도 수직 구조의 실리콘 나노 와이어 어레이는 유용한 전기적 성질, 큰 표면적, 양자구속효과 및 생체 적합성 등으로 인하여 큰 주목을 받고 있다.
- [0004] 수직형 실리콘 나노 와이어를 제작하는 방법으로는 화학기상증착 방식이나 건식식각 방식 혹은 습식식각 방식이 이용되어 왔다. 특히, 금속을 이용한 화학적 식각을 위해서는 실리콘 표면에 패터화된 금속 증착이 필요하고 증착방법에 따라 나노 와이어의 인자조절 가능여부가 결정되는데, 상기 금속을 이용한 화학적 식각 방법은 실리콘 기판 위에 금속 촉매(Ag, Au)를 증착한 뒤에 화학적 식각을 수행하여 실리콘 나노 와이어를 합성하는 것이다. 이러한 화학적 식각에 의한 실리콘 나노 와이어 어레이의 제작 방법은 경제적이고 공정시간이 짧으며 특정의 장비가 요구되지 않는 점에서 물리 기상증착법과 VLS(Vapor-Liquid-Solid)법의 대체 기술로 주목을 받고 있다.
- [0005] 하지만, 화학적 식각이 이루어지는 실리콘 기판의 두께가 약 600  $\mu\text{m}$  이상으로서, 상기 실리콘 기판의 전체 두께를 화학적 식각하여 나노 와이어를 형성하는데는 한계가 있기 때문에, 형성된 나노 와이어의 밑 부분에는 벌크 상태의 실리콘이 존재하게 된다. 결국, 벌크 실리콘 위에 실리콘 나노 와이어가 배열되어 있는 구조이기 때문에, 실리콘 나노 와이어들 간에 서로 완전히 분리된 것으로 볼 수 없으며, 벌크 실리콘의 체적변화에 따른 균열과 파괴가 발생하는 문제점을 가진다. 또한, 기전 중에서 물질 이동이 제한되어 낮은 밀도를 갖는 나노 와이어의 제작이 어려운 문제점을 나타낸다.
- [0006] 따라서, 최근에는 다양한 크기를 갖는 나노 콜로이드 입자를 제작하여 상기 콜로이드 입자를 이용한 리소그래피를 통해 저비용으로 패터화된 금속 증착이 시도되고 있으나, 아직까지 나노 와이어의 크기를 조절할 수 있으며 동시에 대면적의 제작이 가능한 제조방법은 전무한 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1138865호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 대면적의 제작이 가능하면서도 나노 와이어의 직경과 길이를 각각 독립적으로 조절할 수 있으며, 또한, 별도의 포토리소그래피 공정 없이 원하는 패턴을 형성할 수 있는 나노 와이어 어레이의 제조방법과 이를 통해 제조된 나노 와이어 어레이를 제공하고자 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 본 발명의 대표적인 일 측면에 따르면, (I) 기판 상에 접착층을 형성하는 단계,
- [0010] (II) 상기 접착층의 상부 면에 서로 다른 입자 크기를 갖는 복수 개의 콜로이드 입자를 위치시키는 단계,
- [0011] (III) 상기 접착층을 제거하는 단계,
- [0012] (IV) 상기 접착층이 제거된 기판 상에 금속을 증착시키는 단계,
- [0013] (V) 상기 콜로이드 입자를 제거하는 단계,

- [0014] (VI) 상기 기판을 화학적으로 식각한 후 증착된 금속을 제거하는 단계, 및
- [0015] (VII) 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하며,
- [0016] 상기 (II) 단계는 직경이 150 내지 350 nm인 콜로이드 입자(a)를 먼저 위치시킨 후, 직경이 50 내지 150 nm인 콜로이드 입자(b)를 나중에 위치시키는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법에 관한 것이다.
- [0017] (단, 상기 콜로이드 입자의 직경 크기는  $(b) < (a)$ 이다.)

**발명의 효과**

- [0018] 본 발명의 여러 구현예에 따르면, 대면적의 제작이 가능하면서도 나노 와이어의 직경과 길이를 원하는 크기로 자유롭게 조절이 가능하며, 별도의 포토리소그래피 공정 없이도 원하는 패턴이 형성된 나노 와이어 어레이를 제조할 수 있다.
- [0019] 따라서, 본 발명에 따라 제조된 나노 와이어 어레이는 나노 제너레이터, 생물학적 연구를 위한 툴(tool), 약물 전달 및 세포 포획과 같은 생체의료용 등에 폭넓게 응용이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

- [0020] 도 1은 본 발명의 일구현예에 따른 제조방법을 도시화한 모식도이다.
- 도 2는 실시예 1 내지 4를 통해 제조된 나노 와이어를 주사 전자 현미경(Scanning electron microscope, SEM)으로 분석한 결과를 나타낸 이미지이다.
- 도 3은 실시예 1의 나노 와이어 SEM 이미지를 확대한 이미지이다.
- 도 4는 실시예를 통해 제조된 나노 와이어를 나타낸 이미지이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0021] 이하에서, 본 발명의 여러 측면 및 다양한 구현예에 대해 더욱 구체적으로 살펴보도록 한다.
- [0022] 본 발명은 (I) 기판 상에 접착층을 형성하는 단계,
- [0023] (II) 상기 접착층의 상부 면에 서로 다른 입자 크기를 갖는 복수 개의 콜로이드 입자를 위치시키는 단계,
- [0024] (III) 상기 접착층을 제거하는 단계,
- [0025] (IV) 상기 접착층이 제거된 기판 상에 금속을 증착시키는 단계,
- [0026] (V) 상기 콜로이드 입자를 제거하는 단계,
- [0027] (VI) 상기 기판을 화학적으로 식각한 후 증착된 금속을 제거하는 단계, 및
- [0028] (VII) 상기 기판을 어닐링하는 단계를 포함하며,
- [0029] 상기 (II) 단계는 직경이 150 내지 350 nm인 콜로이드 입자(a)를 먼저 위치시킨 후, 직경이 50 내지 150 nm인 콜로이드 입자(b)를 나중에 위치시키는 것을 특징으로 하는 나노 와이어 어레이의 제조방법을 제공한다.
- [0030] (단, 상기 콜로이드 입자의 직경 크기는  $(b) < (a)$ 이다.)
- [0031] 상기 (I) 단계는 기판 상에 접착층을 형성하는 단계로, 상기 접착층은 기판 상에 콜로이드 입자를 접착시키는 역할을 한다.
- [0032] 상기 접착층은 폴리알릴아민염소산(polyallylamine hydrochloride), 폴리에틸렌이민(polyethyleneimine), 폴리다이알릴디메틸암모늄 클로라이드(polydiallyldimethylammonium chloride) 및 폴리라이신(polylysine)으로 이루어진 양이온성 고분자군에서 선택된 1종 이상, 또는 폴리스티렌술포네이트(polystyrenesulfonate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리비닐설페이트(polyvinyl sulfate), 및 헤파린으로 이루어진 음이온성 고분자군에

서 선택된 1종 이상, 또는 상기 양이온성 고분자와 상기 음이온성 고분자의 혼합물을 포함하는 것이 바람직하다.

- [0033] 상기 접착층은 단수 또는 복수 층으로 형성되는 것이 바람직한데, 더욱 바람직하게는 2 내지 5 개의 복수 층으로 형성되는 것이다. 상기 접착층이 5 개층을 초과하는 경우에는 콜로이드 입자가 접착되는 양이 한계에 도달하므로 불필요하다.
- [0034] 상기 접착층은 적층 횟수가 증가할수록 부착되는 콜로이드 입자들의 분포가 균일하게 형성되며, 특히, 상기 접착층은 서로 다른 종류의 고분자 조성물이 교대로 적층된 레이어-바이-레이어(layer-by-layer) 형태로 형성되었을 때, 부착된 콜로이드의 입자들의 분포가 가장 균일한 것을 확인하였다.
- [0035] 보다 상세하게는, 실리콘 기판과 같이 음전하를 띠는 기판을 사용하는 경우에는 기판의 전하와 반대되는 전하를 띠는 양이온성 고분자 조성물을 먼저 도포하고, 그 다음에 음이온성 고분자 조성물을 도포하는 방식을 취하는 것이 바람직한데, 최종적으로는 도포된 고분자 조성물의 콜로이드 입자가 가진 전하와 반대되는 전하를 띠는 것이 더욱 바람직하다.
- [0036] 즉, 서로 다른 종류의 고분자 조성물을 기판 상에 도포하는 공정을 교대로 실시하여 복수 층의 접착층을 형성하여 콜로이드 입자를 고르게 부착시키는 것이 바람직하다. 이때, 상기 기판에 고분자 조성물을 도포하는 방식은 특별히 제한되지 않고 통상의 방법을 통해 수행될 수 있으며, 이외에도 상기 기판을 고분자 조성물이 포함된 용액 내에 담지시키는 방법 등을 통해 수행될 수도 있다.
- [0037] 상기 (II) 단계는 상기 접착층의 상부 면에 서로 다른 크기의 콜로이드 입자를 위치시키는 단계로서, 기판 상에 콜로이드 입자를 부착시키는 단계이다.
- [0038] 상기 콜로이드 입자는 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리카보네이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리페닐렌옥사이드 및 폴리아세탈 중에서 선택된 1종 이상인 것이 바람직한데, 상기 콜로이드 입자는 필요에 따라 형태를 다양화하여 적용시킬 수 있다.
- [0039] 즉, 상기 콜로이드 입자는 고체 입자를 접착층 상에 흩뿌리거나, 또는 특정 용액에 상기 콜로이드 입자를 혼합하여 용액 상태로 도포할 수도 있다. 이때 도포된 상기 콜로이드 입자의 배열은 주기성을 띄거나, 또는 비주기성을 띄게 되며, 결과적으로 상기 콜로이드 입자는 균일한 무작위 패턴으로 서로 떨어져서 위치할 수도 있다.
- [0040] 상기 콜로이드 입자는 서로 다른 크기를 갖는 복수 개의 입자인 것이 바람직하며, 이때, 상대적으로 입자 크기가 큰 콜로이드 입자를 먼저 접착층에 부착 시킨 후에, 상대적으로 입자 크기가 작은 콜로이드 입자를 부착시키는 것이 더욱 바람직하다. 이는 콜로이드 입자를 접착층에 효율적으로 부착 시키기 위한 것으로, 반대로 작은 입자를 먼저 부착시키고 큰 입자를 부착시키는 경우에는 콜로이드 입자가 고르게 부착되지 않는 문제점을 나타내어 바람직하지 않다.
- [0041] 특히, 상기 콜로이드 입자 중에서 상대적으로 입자 크기가 큰 콜로이드 입자의 함량을 조절함으로써, 제조되는 나노 와이어의 밀도를 제어할 수 있는데, 상기 입자 크기가 큰 콜로이드 입자의 함량을 증가시킬수록 나노 와이어의 밀도를 낮출 수 있다. 만일, 상대적으로 입자 크기가 작은 콜로이드 입자의 함량을 조절하는 경우에는 실제 물질이동을 위한 경로가 감소되므로 상대적으로 콜로이드 함량을 현저하게 증가시켜야 하므로 바람직하지 않다.
- [0042] 구체적으로는 직경이 150 내지 350 nm인 콜로이드 입자(a)를 먼저 위치시킨 후, 직경이 50 내지 150 nm인 콜로이드 입자(b)를 나중에 위치시키는 것이 가장 바람직하며, 이때 상기 콜로이드 입자의 직경 크기는 (b)<(a)이다.
- [0043] 아울러, 상기 콜로이드 입자를 용액 상태로 도포할 경우에는 상기 콜로이드 용액의 농도를 조절함으로써 나노 와이어의 밀도를 조절할 수 있다.
- [0044] 상기 (III) 단계 상기 접착층을 제거하는 단계로, 상기 콜로이드 입자가 부착되지 않은 기판 상에 형성된 접착층을 제거하는 단계이다.
- [0045] 상기 접착층을 제거하기 위해서는 건식 식각을 통해 수행되는 것이 바람직하며, 구체적으로 산소 분위기하에서 10 내지 100 초 동안 고주파를 가하여 플라즈마 에칭을 실시하는 것이 더욱 바람직하다. 상기 에칭 시간이 10 초 미만이면 에칭이 충분히 이루어지지 않을 우려가 있어 바람직하지 않으며, 100 초를 초과하는 경우에는 콜로이드 입자까지도 에칭될 우려가 있어 바람직하지 않다.

- [0046] 상기 (IV) 단계는 상기 접착층이 제거된 기판 상에 금속을 증착시키는 단계로, 상기 금속을 증착시키는 방법으로는 스퍼터링, 전자빔 증착, 진공증착, 화학적 기상 증착, 물리적 기상 증착, 및 원자층 증착 등의 방법으로 수행될 수 있다.
- [0047] 상기 금속의 증착 과정을 통해 콜로이드 입자의 노출된 표면 뿐만 아니라 콜로이드 입자 간 사이 공간에도 금속이 증착된다. 그리고, 후 공정에서 콜로이드 입자를 제거하게 되면, 콜로이드 입자가 머물렀던 위치에는 금속이 증착되지 않은 상태로 남게 된다.
- [0048] 상기 금속은 후 공정인 화학적 식각 공정에서 촉매 역할을 하며, 구체적으로 금, 은, 백금 및 구리 중에서 선택된 1종 이상인 것이 바람직하다.
- [0049] 상기 (V) 단계는 상기 콜로이드 입자를 제거하는 단계로, 상기 기판을 용매에 담지시킨 후 소니케이션을 이용하여 제거하는 것이 바람직하다.
- [0050] 이때 사용되는 용매는 테트라하이드로퓨란, 클로로포름, 에탄올 중에서 선택된 1종을 사용하는 것이 바람직하나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 상기 (VI) 단계는 상기 기판을 식각 용액에 담지시켜 화학적으로 식각하는 단계이다.
- [0052] 상기 식각 용액으로는 불산과 같은 산(acid), 또는 과산화수소와 같은 과산화물을 사용할 수 있으며, 경우에 따라 이들의 혼합물을 사용할 수도 있다. 또한, 상기 식각 용액의 농도를 조절함으로써 식각 공정에 필요한 시간을 조절할 수 있다.
- [0053] 보다 상세하게는 증착된 금속과 접촉하는 기판의 부위는 과산화수소가 금속 촉매로 인하여 환원되면서 기판 내에 홀이 형성되고, 이러한 홀이 풍부한 영역은 식각 용액에 노출되어 용해된다.
- [0054] 즉, 금속이 형성된 기판의 부위는 용해되면서 수직적으로 식각이 이루어지고 금속은 아래로 떨어지게 된다. 이러한 과정이 반복적으로 일어나 화학적 식각이 완료되면 원하는 패턴이 형성된 나노 와이어 어레이를 얻을 수 있다.
- [0055] 그리고, 금속과 잔여 유기물 등을 제거하기 위하여 왕수, 피라냐 용액 등과 같은 용액에 기판을 담지시키는 단계를 더 수행할 수 있다.
- [0056] 상기 (VII) 단계는 상기 기판을 어닐링하는 단계로, 기판을 산화물로 전이시키는 역할을 한다.
- [0057] 상기 어닐링(annealing)은 800 내지 1000 ℃의 온도에서 2 내지 6 시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 어닐링 온도가 800 ℃ 미만이거나, 상기 어닐링 시간이 2시간 미만이면, 실리콘이 산화물로 전이 않을 우려가 있어 추가적인 에칭시 완벽하게 제거되지 않을 우려가 있으며, 상기 어닐링 온도가 1000 ℃를 초과하는 실리콘이 용융될 우려가 있어 바람직하지 않다. 또한, 상기 어닐링 시간이 6 시간을 초과하는 경우에는 직경이 큰 나노와이어 전체가 산화물로 전이될 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0058] 그리고, 상기 (VII) 단계를 수행한 후에는 (VIII) 상기 어닐링된 기판을 에칭용액으로 에칭하는 단계를 더 수행할 수 있는데, 본 공정을 통해 콜로이드 입자(b)로부터 생성된 나노 와이어(b-1)가 제거된다. 즉, 본 공정을 통해 최종적으로 생성되는 나노 와이어들 간에 서로 유착되는 현상을 억제할 수 있으며, 이로 인하여 낮은 밀도를 갖는 나노 와이어 어레이를 제조할 수 있다.
- [0059] 상기 에칭용액으로는 희석된 불산 용액 등을 사용할 수 있으며, 상기 에칭용액에 기판을 담지시켜 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0060] 상기 기판은 실리콘 웨이퍼를 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0061] 이하에서 실시예 등을 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 하며, 다만 이하에 실시예 등에 의해 본 발명의 범위와 내용이 축소되거나 제한되어 해석될 수 없다. 또한, 이하의 실시예를 포함한 본 발명의 개시 내용에 기초한다면, 구체적으로 실험 결과가 제시되지 않은 본 발명을 통상의 기술자가 용이하게 실시할 수 있음은 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연하다.
- [0062] 또한 이하에서 제시되는 실험 결과는 상기 실시예 및 비교예의 대표적인 실험 결과만을 기재한 것이며, 아래에서 명시적으로 제시하지 않은 본 발명의 여러 구현예의 각각의 효과는 해당 부분에서 구체적으로 기재하도록 한



다.

[0063] (실시예 1: 나노 와이어 어레이의 제조)

[0064] 폴리아릴아민 하이드로클로라이드(polyallylamine hydrochloride, PAH) 0.3 g과 폴리소듐 4-스티렌설포네이트(polysodium 4-styrenesulfonate, PSS) 0.3 g를 각각 2 M의 염화나트륨 용액 15 ml에 용해시켜 제조하여 준비한 후, 실리콘 웨이퍼를 상기 PAH 용액과 PSS 용액에 교대로 담지시켜, 도 1에서 도시화한 바와 같이 실리콘 웨이퍼 상에 PAH/PSS/PAH/PSS/PAH의 5 층으로 이루어진 접착층을 형성하였다.

[0065] 상기 접착층이 형성된 실리콘 웨이퍼를 직경이 240 nm인 폴리스티렌 나노입자를 포함하는 콜로이드 용액(A)에 담지시킨 후, 다시 꺼내어 직경이 100 nm인 폴리스티렌 나노입자를 포함하는 콜로이드 용액(B)에 담지시켰다. 그리고, 0.3 torr의 산소 분위기하에서 40-55 초 동안 30 W의 고주파를 가하여 플라즈마 에칭을 통해 접착층만 제거하고, 접착층이 제거된 기판 상에 금을 20 nm의 두께로 증착시켰다.

[0066] 금이 증착된 기판을 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran) 용매에 담지시켜 소니케이션을 통해 콜로이드 입자를 제거하고, 이를 4.6 M의 하이드로플루오릭산(hydrofluoric acid)과 0.44 M의 과산화수소가 혼합된 용액에 담지시킨 후, 다시 염산과 질산이 3:1의 부피비로 혼합과 용액과 황산과 과산화수소가 4:1의 부피비로 혼합된 용액을 이용하여 증착시킨 금과 기타 잔여 유기물을 모두 제거하고, 900 °C의 온도에서 2 내지 6 시간 동안 어닐링하여, 회석된 불산용액으로 실리콘 산화물을 모두 제거하고 나노 와이어를 어레이를 제조하였다.

[0067] (단, 상기 콜로이드 용액 (A)는 thermoscientific 사의 Nanosphere™ size standards 3240A 1 ml를 ultrapure water 30 ml에 희석시켜 농도를 조절하여 사용하였으며, 상기 콜로이드 용액 (B)는 thermoscientific 사의 Nanosphere™ size standards 3100A를 그대로 사용하였다.)

[0068] (실시예 2 내지 4: 콜로이드 용액(A)의 농도가 조절된 나노 와이어의 제조)

[0069] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 상기 콜로이드 용액 (A)의 농도를 하기 표 1에서 보는 바와 같이 다르게 준비하여 사용하였다.

표 1

구분	투입량(ml)	
	Nanosphere™ size standards 3240A	ultrapure water
실시예2	1	200
실시예3	1	600
실시예4	1	1000

[0071] 도 2는 실시예 1 내지 4를 통해 제조된 나노 와이어를 주사 전자 현미경(Scanning electron microscope, SEM)으로 분석한 결과를 나타낸 이미지이다.

[0072] 도 2를 참조하면, 콜로이드 용액 (A)의 농도가 가장 높은 실시예 1은 높은 밀도를 갖는 나노 와이어가 제조된 것을 알 수 있으며, 상기 콜로이드 용액 (A)의 농도에 따라 순차적으로 나노 와이어의 밀도도 함께 낮아지는 것을 알 수 있다.

[0073] 즉, 이러한 결과는 콜로이드 입자의 함량을 조절하는 간단한 방법을 통해 다양한 밀도를 갖는 나노 와이어의 제조가 가능하다는 것을 보여주는 결과이다.

[0074] 도 3은 상기 도 2의 이미지를 확대한 이미지로, 직경이 120 nm이고, 높이가 5.8 μm인 높은 종횡비를 갖는 나노 와이어가 형성되었음을 알 수 있다.

[0075] 특히, 실리콘의 경우에는 높은 종횡비를 가지면서 온전한 수직형태를 유지하려면 나노 와이어 간의 사이 간격이 매우 중요한 요소로서, 상기 도 2와 3에서 보는 바와 같이, 높은 종횡비를 가지면서도 낮은 밀도로 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0076] 도 4는 실시예 1을 통해 제조된 나노 와이어를 나타낸 이미지로, 대면적으로 제작된 나노 와이어를 육안으로 확

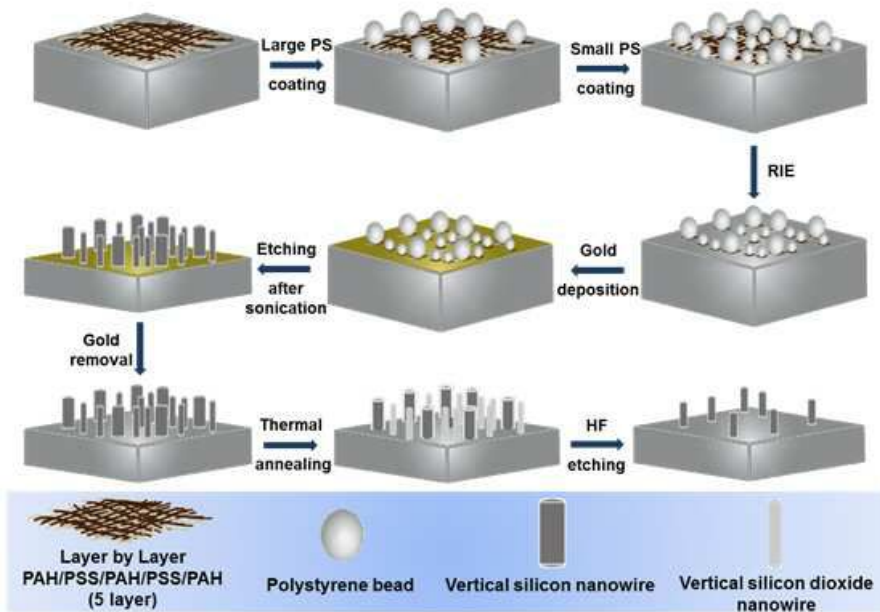
인할 수 있다.

[0077] 따라서, 본 발명의 여러 구현예에 따르면, 대면적의 제작이 가능하면서도 나노 와이어의 직경과 길이를 원하는 크기로 자유롭게 조절이 가능하며, 별도의 포토리소그래피 공정 없이 원하는 패턴이 형성된 나노 와이어를 제조할 수 있다.

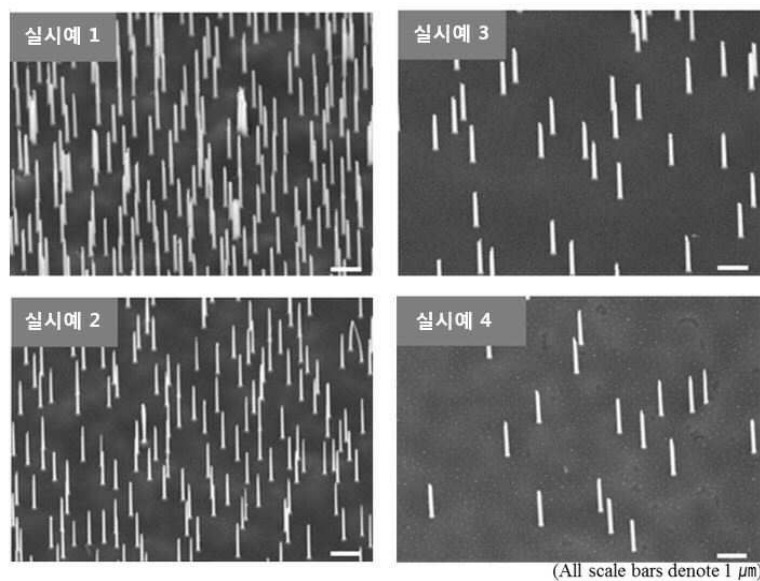
[0078] 그리고, 본 발명에 따라 제조된 나노 와이어는 나노 제너레이터, 생물학적 연구를 위한 틀, 약물전달 및 세포 포획과 같은 생체의료용 등에 폭넓게 응용이 가능하다.

**도면**

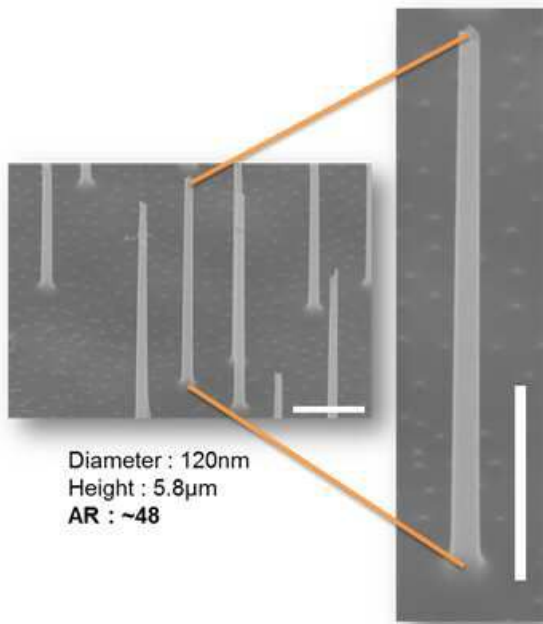
**도면1**



**도면2**



도면3



도면4

