



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0079391
(43) 공개일자 2010년07월08일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0137859

(22) 출원일자 2008년12월31일

심사청구일자 2008년12월31일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

김영근

서울특별시 강남구 압구정동 528 한양아파트 72동 1109호

지혜민

경기도 수원시 영통구 영통동 청명마을 벽산아파트 334동 402호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김한

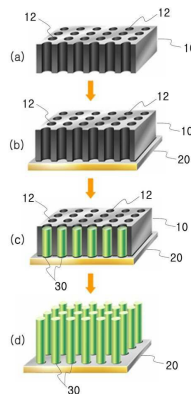
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 다원계 나노선 제조방법

(57) 요약

나노선 기반의 메모리 소자 구현에 사용되는 다원계 나노선을 다원계 용액을 사용하는 전기도금 방식으로 일시에 성장시킬 수 있는 다원계 나노선 제조방법이 개시된다. 본 발명에 따른 다원계 나노선 제조방법은 (a) 복수개의 기공(12)을 갖는 양극 산화 알루미늄(anodized aluminum oxide) 나노틀(nanotemplate)(10)을 준비하는 단계; (b) 양극 산화 알루미늄 나노틀(10)의 일측면 상에 전극층(20)을 형성하는 단계; (c) 양극 산화 알루미늄 나노틀(10)을 소정의 다원계 용액에 주입한 후 이를 음극(cathode)으로 하는 전기도금 방식을 이용하여 양극 산화 알루미늄 나노틀(10)의 기공을 통하여 다원계 나노선(30)을 성장시키는 단계; 및 (d) 양극 산화 알루미늄 나노틀(10)을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

안부현

경기도 고양시 덕양구 벽제동 29-8

조문규

서울특별시 마포구 창전동 한진 해모로 아파트
107-702

민지현

서울특별시 관악구 삼성동 국제아파트 106-1401

특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 복수개의 기공을 갖는 양극 산화 알루미늄(anodized aluminum oxide) 나노틀(nanotemplate)을 준비하는 단계;
 - (b) 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀의 일측면 상에 전극층을 형성하는 단계;
 - (c) 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀을 소정의 다원계 용액에 주입한 후 이를 음극(cathode)으로 하는 전기도금 방식을 이용하여 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀의 기공을 통하여 다원계 나노선을 성장시키는 단계; 및
 - (d) 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀을 제거하는 단계
- 를 포함하는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 기공의 직경은 수십 내지 수백 나노미터인 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 전극층은 금(Au)을 포함하는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 다원계 용액이 Ag-Se계 용액인 경우 Ag-Se계 나노선이 성장되는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 Ag-Se계 용액은 전구체(precursor)로서 Ag 및 Se, 용매로서 질산 및 에틸글리세롤을 포함하는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 다원계 용액이 Ge-Sb-Te계 용액인 경우 Ge-Sb-Te계 나노선이 성장되는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 Ge-Sb-Te계 용액은 전구체(precursor)로서 GeO_2 , SbO_2 및 TeO_2 , 용매로서 염산 및 에틸글리세롤을 포함하는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 (c) 단계에서 양극(anode)으로는 백금 전극을 사용하는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 상기 다원계 용액 내의 전구체의 혼합 비율 및 상기 전기도금 과정에서 인가되는 전류밀도값 중 적어도 하나의 변화에 따라 다원계 나노선의 조성이 결정되는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계에서 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀은 NaOH 용액을 이용하여 제거되는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선 제조방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항의 방법으로 제조되는 것을 특징으로 하는 다원계 나노선.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 나노선 제조 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 나노선 기반의 메모리 소자 구현에 사용되는 다원계 나노선을 다원계 용액을 사용하는 전기도금 방식으로 일시에 성장시킬 수 있는 다원계 나노선 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 비휘발성 메모리 중 하나인 PRAM(Phase Change Random Access Memory)은 빠른 저장속도와 밀도, 비휘발성, 작은 크기, 저전력 소모 및 생산 가격 등의 장점으로 인하여 현재 메모리의 주류를 이루고 있는 DRAM(Dynamic Random Access Memory)을 대체할 수 있는 차세대 메모리로서 대두되어 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] PRAM은 기본적으로 일반적인 반도체 메모리와는 다른 원리를 기반으로 동작하며 칼코제나이드(chalcogenide)계 화합물을 기반으로 한 상변화 물질이 전기 스위칭으로 인해 결정 상태가 변화하는 것을 이용해 데이터를 기록한다.

[0004] 한편 PRAM 또한 매우 작은 크기의 메모리 소자 구현을 위해서는 메모리층으로 박막을 사용하는 대신에 나노선을 사용하는 것이 대안으로 제시되고 있다.

[0005] 이때 기존의 나노선 제조 방법으로는 에피택시법(Epitaxy)으로 나노선을 성장시키는 VLS(Vapor-Liquid-Solid) 방식, CVD(Chemical Vapor Deposition) 또는 PVD(Physical Vapor Deposition)을 통해 나노선을 제조하는 방식, 및 일원계의 수용액을 사용하여 각각의 수용액에서 여러 단계에 걸쳐 제조하는 방식 등이 있었다.

[0006] 이러한 기존의 나노선 제조 방법은 나노선 제조에 사용되는 장비의 가격이 고가이거나 공정 시간이 길고 복잡하여 제조 원가가 높은 문제점이 있었다.

[0007] 또한, 기존의 나노선 제조 방법은 주로 스퍼터링(Sputtering)이나 전자빔 증착법(E-beam Evaporation) 등을 이용하여 주로 제조되어 왔는데 이와 같은 방법은 고가의 장비를 사용할 뿐 아니라 고온, 진공과 같은 상태에서 증착이 진행되기 때문에 공정이 복잡하고 이에 따라 제조 원가가 높은 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008] 이에 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 다원계 용액을 사용하여 복수개의 기공을 갖는 나노틀에 전기도금 방식을 이용하여 다원계 나노선을 제조할 수 있도록 함으로써 제조 과정이 용이하고 제조 단가가 저렴한 다원계 나노선 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0009] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 다원계 나노선 제조방법은 (a) 복수개의 기공을 갖는 양극 산화 알루미늄(anodized aluminum oxide) 나노틀(nanotemplate)을 준비하는 단계; (b) 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀의 일측면 상에 전극층을 형성하는 단계; (c) 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀을 소정의 다원계 용액에 주입한 후 이를 음극(cathode)으로 하는 전기도금 방식을 이용하여 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀의 기공을 통하여 다원계 나노선을 성장시키는 단계; 및 (d) 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 상기 기공의 직경은 수십 내지 수백 나노미터일 수 있다.
- [0011] 상기 전극층은 금(Au)을 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 다원계 용액이 Ag-Se계 용액인 경우 Ag-Se계 나노선이 성장될 수 있다.
- [0013] 상기 Ag-Se계 용액은 전구체(precursor)로서 Ag 및 Se, 용매로서 질산 및 에틸글리세롤을 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 다원계 용액이 Ge-Sb-Te계 용액인 경우 Ge-Sb-Te계 나노선이 성장될 수 있다.
- [0015] 상기 Ge-Sb-Te계 용액은 전구체(precursor)로서 GeO_2 , SbO_2 및 TeO_2 , 용매로서 염산 및 에틸글리세롤을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 (c) 단계에서 양극(anode)으로는 백금 전극을 사용할 수 있다.
- [0017] 상기 (c) 단계에서 상기 다원계 용액 내의 전구체의 혼합 비율 및 상기 전기도금 과정에서 인가되는 전류밀도값 중 적어도 하나의 변화에 따라 다원계 나노선의 조성이 결정될 수 있다.
- [0018] 상기 (d) 단계에서 상기 양극 산화 알루미늄 나노틀은 NaOH 용액을 이용하여 제거될 수 있다.
- [0019] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 다원계 나노선은 상기한 방법의 수행에 의해 제조되는 것을 특징으로 한다.

효 과

- [0020] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따르면 다원계 용액을 사용하여 복수개의 기공을 갖는 나노틀에 전기도금 방식을 이용하여 다원계 나노선을 제조할 수 있도록 함으로써 나노선 제조 공정을 간소화할 수 있고 이로 인해 제작 원가가 절감되는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0021] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일 또는 유사한 기능을 지칭한다.
- [0022] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성을 상세하게 설명하도록 한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다원계 나노선 제조방법의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0024] 먼저 양극 산화 알루미늄(anodized aluminum oxide) 나노틀(nanotemplate)(10)을 준비한다.
- [0025] 복수개의 기공(12)이 형성된 양극 산화 알루미늄 나노틀(10)은 다음과 같이 제조될 수 있다.
- [0026] 우선 순도 99.999%의 알루미늄을 전기화학적 에칭(etching) 공정을 수행하여 표면을 평탄화시키고 에칭된 알루미늄을 전압 40 V 및 온도 4℃의 조건에서 옥살산(oxalic acid)을 이용하여 양극 산화시킨다.

- [0027] 한편 1회의 양극 산화가 이루어졌을 때는 기공의 균일성이 낮으므로 기공의 균일성을 향상시키기 위하여 2회의 양극 산화를 수행하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 최초로 형성된 양극 산화 알루미늄층을 온도 65℃에서 크롬산을 이용하여 제거하고 처음과 동일 조건에서 2번째 양극 산화를 진행한다.
- [0028] 다음으로 상기 2번의 양극 산화로 형성된 양극 산화 알루미늄 층만을 남기기 위하여 질산은 수용액을 이용하여 알루미늄을 제거한다.
- [0029] 끝으로 인산 수용액을 이용하여 기공의 확장을 진행함으로써 양극 산화 알루미늄 나노튜브의 장벽층과 기공의 균일성 향상을 이루어 최종적으로 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)의 준비가 완료된다(도 1의 a 참조).
- [0030] 상기의 과정에서 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)에 형성되는 기공의 직경은 수십 내지 수백 nm인 것이 바람직하다.
- [0031] 다음으로 전극층(20)을 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)의 일측면 상에 형성시킨다.
- [0032] 전극층(20)은 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)의 형성이 완료된 후 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)의 일측면 상에 전자빔 증착법(E-Beam Evaporation)을 사용하여 300~400nm 두께로 형성하는 것이 바람직하다(도 1의 b 참조). 이때 전극층(20)의 재질은 금(Au)을 포함할 수 있다.
- [0033] 이어서 전기도금 방식을 이용하여 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)의 기공(12)을 통하여 다원계 나노선(30)을 성장시킨다(도 1의 c 참조).
- [0034] 즉, 복수개의 기공(12)을 갖는 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)를 다원계 용액에 주입시킨 후 갖는 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)를 음극(cathode)으로 하여 전기도금을 실시한다.
- [0035] 이때 사용되는 다원계 용액은 PRAM의 메모리층을 이루는 Ag-Se계 나노선 및 Ge-Sb-Te계 나노선을 성장시키기 위한 Ag-Se계 용액 및 Ge-Sb-Te계 용액일 수 있다.
- [0036] 음극으로 사용되는 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)의 반대 전극, 즉 양극(anode)으로는 백금 전극을 사용할 수 있으며, 이때, 백금의 순도는 99.99% 인 것이 바람직하다.
- [0037] 다원계 용액이 Ag-Se계 용액인 경우 전구체(precursor)로는 Ag 및 Se를 포함할 수 있고 용매로는 질산 및 에틸글리세롤을 포함할 수 있다. 본 실시예에서 총 500ml의 Ag-Se계 용액을 제조하는 경우 Ag는 0.1 몰, Se는 0.05 몰, 질산 10ml 및 에틸글리세롤 100ml를 사용하였다.
- [0038] 다원계 용액이 Ge-Sb-Te계 용액인 경우 전구체로는 GeO_2 , SbO_2 및 TeO_2 를 포함할 수 있고 용매로는 염산 및 에틸글리세롤을 포함할 수 있다. 본 실시예에서 총 500ml의 Ge-Sb-Te계 용액을 제조하는 경우 GeO_2 0.0428 몰, SbO_2 0.0028 몰, TeO_2 0.007 몰, 염산 10ml 및 에틸글리세롤 100ml를 사용하였다.
- [0039] 한편 다원계 나노선 성장을 위한 전기도금 과정에서 다원계 용액 내의 전구체의 혼합 비율 및 인가되는 전류밀도값 중 적어도 하나의 변화에 따라 다원계 나노선의 조성이 결정될 수 있다.
- [0040] 본 실시예에서 다원계 용액이 Ag-Se계 용액인 경우 전류밀도값은 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 인, 다원계 용액이 Ge-Sb-Te계 용액인 경우 전류밀도값은 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 인 것이 바람직하다.
- [0041] 끝으로 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)를 제거하여 최종적으로 다원계 나노선(30)을 얻을 수 있다(도 1의 d 참조). 이때, 양극 산화 알루미늄 나노튜브(10)는 NaOH 용액을 사용하여 제거하는 것이 바람직하다. 이후 바람직하게는 다원계 나노선(30)은 초순수와 에탄올로 수세 공정을 진행할 수 있다.
- [0042] 도 2의 (a)는 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy; SEM)으로 실버 셀레나이드 나노선을 촬영한 사진으로서, 실버 셀레나이드 나노선이 양극 산화 알루미늄 나노튜브 안에 균일하게 성장되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0043] 도 2의 (b)는 투과 전자 현미경(Transmission Electron Microscopy; TEM)으로 실버 셀레나이드 나노선을 촬영한 사진으로서, 이 역시 실버 셀레나이드 나노선이 양극 산화 알루미늄 나노튜브 안에 균일하게 성장되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0044] 도 2의 (c)는 실버 셀레나이드 나노선의 에너지 분산 X선 분광(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; EDS) 분석 결과를 나타내는 그래프로서, 다원계 용액 내의 전구체의 혼합 비율과 동일하게 최종적으로 성장시킨 실버

셀레나이드 나노선을 구성하는 Ag 와 Se의 비율이 2:1이 됨을 확인할 수 있다.

- [0045] 도 3은 도 2의 비교예로서 도 2의 실버 셀레나이드 나노선이 성장된 다원계 용액과 동일한 환경 하에서 전기도금 방식으로 실리콘 웨이퍼 상에 형성한 실버 셀레나이드 박막의 특성을 분석한 도면이다. 이를 위해서는 전자 빔 증착법으로 상기 실리콘 웨이퍼 상에 금(Au)을 300~400nm 두께로 증착한 후에 실버 셀레나이드 박막을 형성하였다.
- [0046] 도 3의 (a)는 주사 전자 현미경으로 실버 셀레나이드 박막을 촬영한 사진이고, 도 3의 (b)는 실버 셀레나이드 박막의 X선 회절(X-ray Diffraction) 분석 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0047] 도 3의 (b)에서 검은색 피크는 본 실시예에서 전기도금 방식으로 성장시킨 실버 셀레나이드 박막의 X선 회절 피크이며, 빨간색 피크는 통상적인 실버 셀레나이드(Ag_2Se)의 X선 회절 피크를 나타낸다. 도시한 바와 같이, 검은색 및 빨간색 피크가 일치하는 점을 볼 때, 본 실시예에서 전기도금 방식으로 성장되는 Ag-Se계 나노선의 조성은 다원계 용액 내의 전구체인 Ag와 Se의 혼합 비율인 2:1로 일치하는 것을 확인할 수 있다. 이로부터 본 발명의 다원계 나노선 제조방법에 따라 다원계 용액 내의 전구체의 혼합 비율에 따라 최종적인 다원계 나노선의 조성을 제어할 수 있다.
- [0048] 도 4의 (a)는 주사 전자 현미경으로 GST 나노선을 촬영한 사진 및 GST 나노선의 에너지 분산 X선 분광 분석 결과를 나타내는 도면으로서, Ge-Sb-Te계 나노선이 양극 산화 알루미늄 나노틀 안에 균일하게 성장되어 있음을 확인할 수 있으며, 아울러 Ge-Sb-Te계 나노선의 조성은 Ge:Sb:Te가 1:6:6.5가 됨을 알 수 있다. 이로부터 본 발명의 다원계 나노선 제조방법에 따라 다원계 용액 내의 전구체의 종류가 3가지 이상이 되는 경우에도 이를 모두 포함하는 다원계 나노선을 제조할 수 있다.
- [0049] 도 4의 (b)는 투과 전자 현미경으로 GST 나노선을 촬영한 도면으로서, 이 역시 Ge-Sb-Te계 나노선이 양극 산화 알루미늄 나노틀 안에 균일하게 성장되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0050] 도 5의 (a) 및 (b)는 실버 셀레나이드 나노선 및 박막의 전류 변화 전류 변화(I-V)를 나타내는 그래프로서, 각각 컨덕티브 모드 원자 현미경(Conductive Atomic Force Microscopy; C-AFM)과 4-침 스테이션(4-probe Station)을 사용하여 측정한 결과이다.
- [0051] 도시한 바와 같이, 실버 셀레나이드 나노선 및 박막 모두 일정 전압에서 급격한 저항 변화가 일어남으로써 본 실시예에서 전기도금 방식으로 성장된 실버 셀레나이드 나노선은 나노선 기반의 PRAM 소자에 충분히 적용할 수 있음을 보여주고 있다.
- [0052] 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 다원계 나노선 제조방법은 다원계 용액을 사용하여 복수개의 기공을 갖는 나노틀에 전기도금 방식을 이용하여 다원계 나노선을 제조할 수 있도록 함으로써 나노선 제조 공정을 간소화할 수 있고 이로 인해 제작 원가가 절감되는 장점이 있다.
- [0053] 한편 본 발명에 따른 다원계 나노선 제조방법은 PRAM 소자에 적용 가능한 Ag-Se계 나노선 및 Ge-Sb-Te계 나노선에 대하여 설명하였지만 반드시 이에 한정되는 것은 아니고 In-Se계 나노선, Te-Se계 나노선 및 In-Ag-Se계 나노선 기반의 PRAM 소자의 경우에도 적용할 수 있다.
- [0054] 또한, 본 발명에 따른 다원계 나노선 제조방법은 PRAM을 포함하는 메모리 소자 이외에도 나노 바이오 센서, 연료 전지 및 생체 세포 분리 등의 분야에도 활용될 수 있다.
- [0055] 본 발명은 상술한 바와 같이 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형과 변경이 가능하다. 그러한 변형예 및 변경예는 본 발명과 첨부된 특허청구범위의 범위 내에 속하는 것으로 보아야 한다.

도면의 간단한 설명

- [0056] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다원계 나노선 제조방법의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0057] 도 2의 (a)는 주사 전자 현미경으로 실버 셀레나이드 나노선을 촬영한 사진이고, 도 2의 (b)는 투과 전자 현미경으로 실버 셀레나이드 나노선을 촬영한 사진이며, 도 2의 (c)는 실버 셀레나이드 나노선의 에너지 분산 X선 분광 분석 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0058] 도 3의 (a)는 주사 전자 현미경으로 실버 셀레나이드 박막을 촬영한 사진이고, 도 3의 (b)는 실버 셀레나이드

박막의 X선 회절 분석 결과를 나타내는 그래프이다.

[0059] 도 4의 (a)는 주사 전자 현미경으로 GST 나노선을 촬영한 사진 및 GST 나노선의 에너지 분산 X선 분광 분석 결과를 나타내는 도면이고, 도 4의 (b)는 투과 전자 현미경으로 GST 나노선을 촬영한 도면이다.

[0060] 도 5의 (a) 및 (b)는 실버 셀레나이드 나노선 및 박막의 전류 변화 전류 변화(I-V)를 나타내는 그래프이다.

[0061] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0062] 10: 양극 산화 알루미늄 나노틀

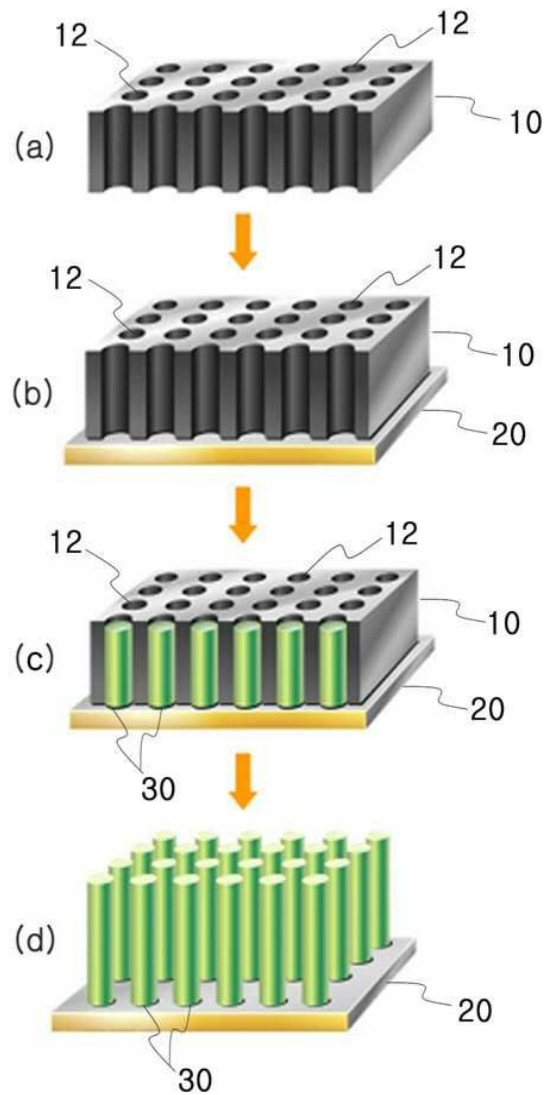
[0063] 12: 기공

[0064] 20: 전극층

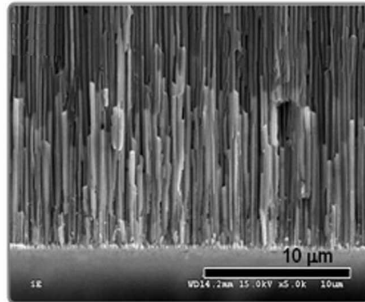
[0065] 30: 나노선

도면

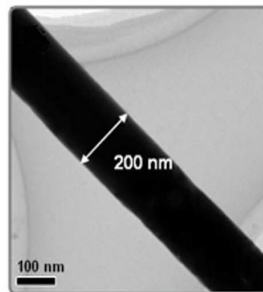
도면1



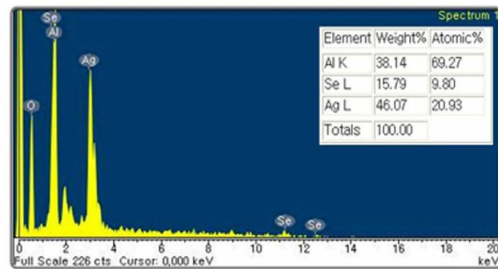
도면2



(a)

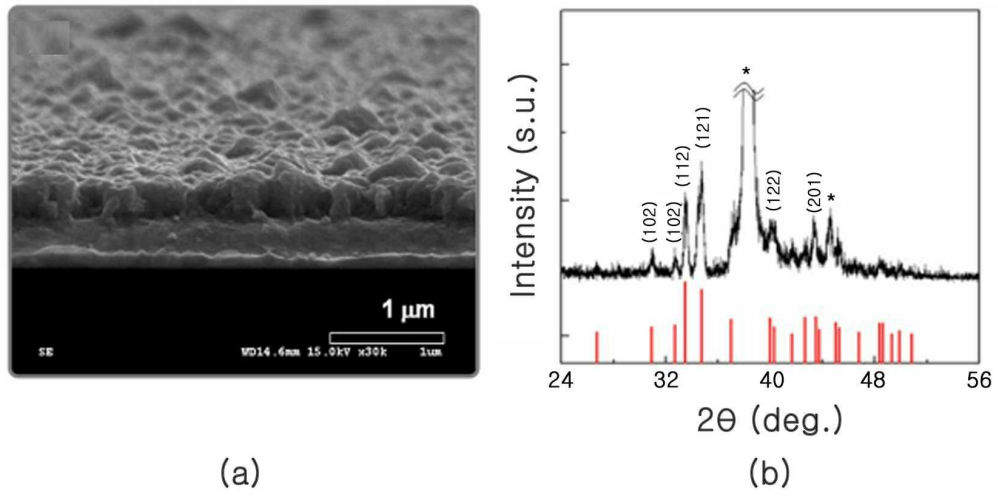


(b)

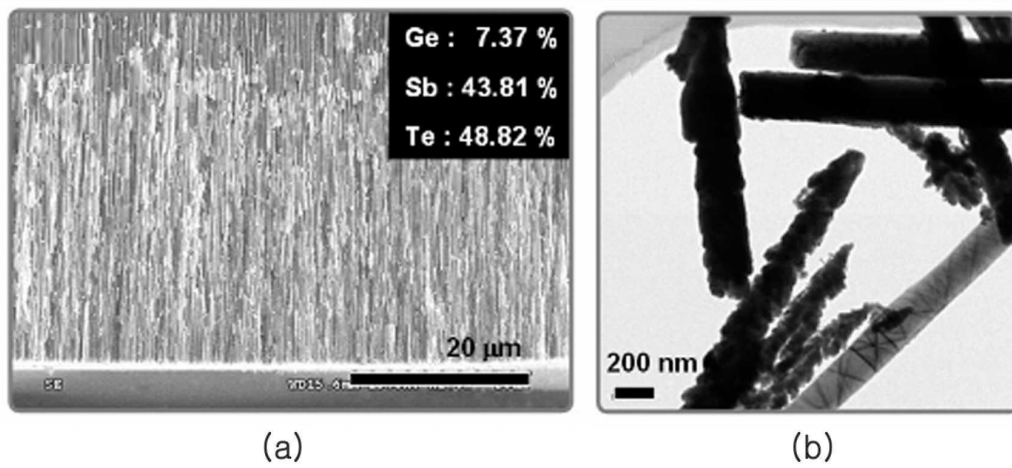


(c)

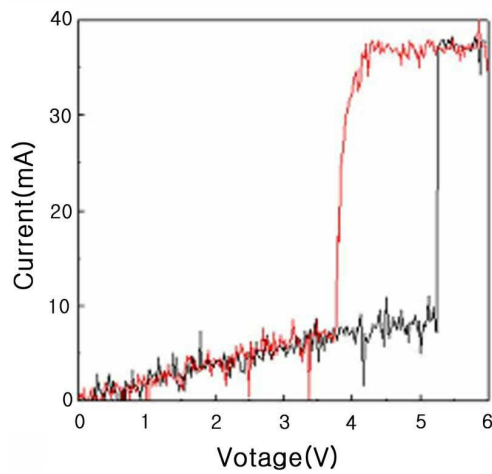
도면3



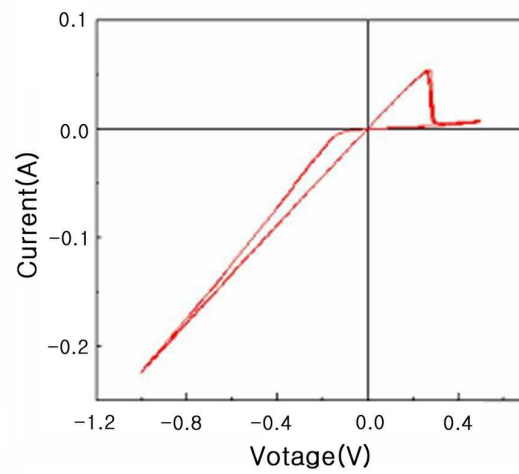
도면4



도면5



(a)



(b)