



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월13일
(11) 등록번호 10-1977902
(24) 등록일자 2019년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2017.01) H01B 13/00 (2006.01)
B82Y 30/00 (2017.01) B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B82B 3/0076 (2013.01)
H01B 13/0026 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0057592
(22) 출원일자 2017년05월08일
심사청구일자 2017년05월08일
(65) 공개번호 10-2017-0126413
(43) 공개일자 2017년11월17일
(30) 우선권주장
1020160056260 2016년05월09일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150107262 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
주영창
서울특별시 강남구 선릉로 120, 15동 505호
이재찬
경기도 용인시 기흥구 어정로 62-28, 105동 1801호
남대현
서울특별시 관악구 신림로 77-7, 703호
(74) 대리인
이인행, 김한, 김남식

전체 청구항 수 : 총 5 항

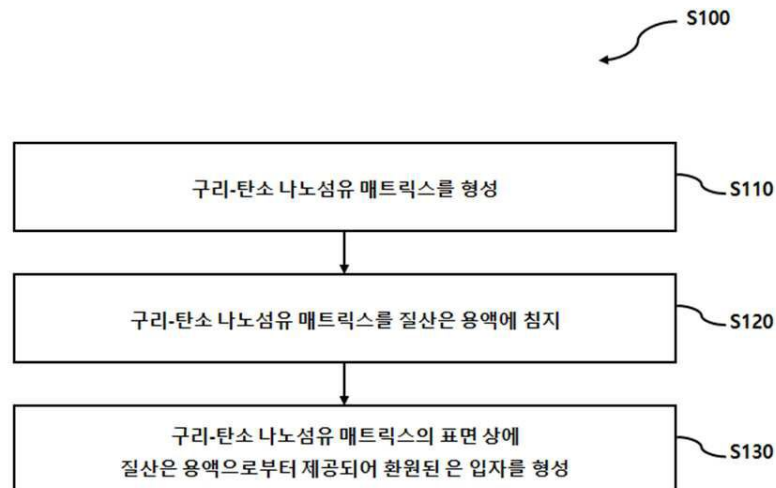
심사관 : 최문정

(54) 발명의 명칭 은 입자를 포함하는 구리-탄소 나노섬유, 그 제조 방법 및 그를 포함하는 투명전극

(57) 요약

본 발명은, 내산화성이 증가된 구리-탄소 나노섬유 및 그 제조 방법을 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법은, 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 형성하는 단계; 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 질산은(AgNO₃) 용액에 침지하는 단계; 및 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 상기 질산은 용액으로부터 제공되어 환원된 은 입자를 형성하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B82Y 30/00 (2013.01)

B82Y 40/00 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130142852 A

KR1020090099456 A

KR1020150145892 A

KR1020100123205 A

KR1020140034513 A*

KR1020140127541 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10051601

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업핵심기술개발사업

연구과제명 내산화성 금속/탄소 하이브리드 나노섬유를 활용한 고신뢰성 유연 투명전극 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서울대학교

연구기간 2015.06.01 ~ 2020.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 형성하는 단계;
- (b) 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 질산은 용액에 침지하는 단계; 및
- (c) 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 상기 질산은 용액으로부터 제공되어 환원된 은 입자를 형성하는 단계;
- 를 포함하고,
- (c) 단계는 아스코르브산을 상기 질산은 용액에 첨가하여 상기 아스코르브산을 상기 질산은 용액의 은을 환원시키는 환원제로서 사용함으로써 수행되는, 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 질산은 용액의 농도는 0.1 M 내지 0.3 M의 범위인, 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 은 입자를 형성하는 단계는 상기 아스코르브산을 첨가한 직후 45℃ 내지 55℃의 범위의 온도에서 200 rpm 내지 400 rpm으로 교반하여 수행되는, 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법.

청구항 5

구리-탄소 나노섬유 매트릭스; 및

상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 배치된 은 입자;

를 포함하며,

상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 질산은 용액에 침지하고, 아스코르브산을 상기 질산은 용액에 첨가하여 상기 아스코르브산을 상기 질산은 용액의 은을 환원시키는 환원제로서 사용함으로써, 상기 은 입자를 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 배치시킨 구리-탄소 나노섬유.

청구항 6

제 5 항의 구리-탄소 나노섬유를 포함하는 투명 전극.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 투명전극에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 투명전극용 구리 나노섬유 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 투명전극은 빛과 관련된 광전자소자에 주로 응용되는 소자로서, 일정 수준 이상의 투과도와 전기 전도도를 충족시키는 전극물질로 구성된다. 투명전극의 주 응용 분야는 크게 두 가지 분야로서, 투명 디스플레이 분야와 태양전지 등의 광전자 분야이다. 투명전극이 소자에 실제로 응용되기 위한 특성은 90% 투과도(transmittance)에서 $10\Omega/\square$ 수준 또는 그 이하의 면저항(sheet resistance)이다. 현재까지 이러한 투명전극에 가장 많이 연구되고 응용된 재료는 인듐 주석 산화물(indium tin oxide, ITO)이다. 그러나, 이러한 인듐 주석 산화물은 물질 특성적으로 그 한계에 도달되고 있고, 따라서 이후의 산업 발전에 장애가 될 우려가 있다. 예를 들어, 인듐 주석 산화물의 한계로서, 인듐(In) 자원의 고갈에 의한 가격상승과 인듐 주석 산화물의 물리적 특성으로서 유연성이 우수하지 않다는 점이 대두되고 있다. 따라서, 투명전극으로서 이러한 한계를 극복하여 내산화성과 높은 전기전도도의 소재적 장점과 간단하고 신뢰성 있는 제조 방법의 공정적 장점 및 공정과 및 경제적 장점을 함께 제공할 수 있는 새로운 물질에 대한 연구가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 투명전극용 소재로 적용될 수 있는 전기전도도 및 내산화성이 증가된 구리-탄소 나노섬유 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0004] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 전기전도도 및 내산화성이 증가된 상기 구리-탄소 나노섬유를 포함하는 투명전극을 제공하는 것이다.

[0005] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법은, 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 형성하는 단계; 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 질산은 용액에 침지하는 단계; 및 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 상기 질산은 용액으로부터 제공되어 환원된 은 입자를 형성하는 단계;를 포함한다.

[0007] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 질산은 용액의 농도는 0.1 M 내지 0.3 M의 범위일 수 있다.

[0008] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 은 입자를 형성하는 단계는 아스코르브산을 상기 질산은 용액에 첨가하여 상기 아스코르브산을 상기 질산은 용액의 은을 환원시키는 환원제로서 사용함으로써 수행될 수 있다.

[0009] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 은 입자를 형성하는 단계는 상기 아스코르브산을 첨가한 직후 45℃ 내지 55℃의 범위의 온도에서 200 rpm 내지 400 rpm으로 교반하여 수행될 수 있다.

[0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 구리-탄소 나노섬유는, 구리-탄소 나노섬유 매트릭스; 및 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 배치된 은 입자;를 포함한다.

[0011] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 투명전극은 상술한 구리-탄소 나노섬유를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 기술적 사상에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법은 열처리 단계를 산화 열처리의 하나의 단계로 감소시켜 공정 단순화와 신뢰성 증진의 효과를 제공할 수 있다. 또한, 잔존 탄소에 의한 전기전도도 감소의 문제점을 질산은 용액과 아스코르브산을 이용하여 은 입자를 표면에 형성시켜 면저항을 감소시킴으로서 전기전도도를 개선하여 해결하는 효과를 제공할 수 있다.

[0014] 상술한 본 발명의 효과들은 예시적으로 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아

니다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 도시하는 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 도시하는 개략도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 이용하여 형성한 구리-탄소 나노섬유의 X-선 회절 그래프이다.
- 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 이용하여 형성한 구리-탄소 나노섬유의 주사전자현미경 사진들이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 이용하여 형성한 구리-탄소 나노섬유의 면저항을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.
- [0018] 투명전극의 재료로서 통상적으로 사용된 인듐 주석 산화물을 대체하는 물질로서, 탄소나노튜브 그래핀 등 탄소계 물질이 제안되었다. 또한, 다른 대체 물질로서 나노 스케일의 금속이 투명전극 소재로서 제안되었고, 이 중에서 금속 나노와이어가 가장 활발하게 연구되고 있다. 특히, 은 나노와이어의 경우 투과성과 전도성이 우수하여 투명전극 소재로서 물질적 특성이 우수하지만, 가격적인 측면에서는 인듐 주석 산화물과 거의 비슷하여 경제성이 낮은 한계가 있다. 따라서, 은 나노와이어의 우수한 물질적 특성을 보유함과 동시에 가격 경쟁력이 좋은 물질의 개발이 필요한 상황이다.
- [0019] 이러한 요구사항을 충족하는 물질로서 구리가 제안되고 있다. 그러나, 구리 나노와이어의 경우에는 은 나노와이어에 비하여 응집성이 높아 투과도와 면저항이 각각 60% 및 $20\Omega/\square$ 으로 나타나는 한계가 있다. 이러한 구리의 물질적 특성의 한계를 극복하기 위하여, 나노섬유 구조의 적용을 고려할 수 있다. 즉, 금속 나노섬유(metal nanofiber)는 기존의 구리 나노와이어가 보이는 한계를 극복할 수 있는 해결책을 제시해줄 수 있다는 점에서 중요성을 가질 수 있다. 나노섬유는 용액에 정전기적 반발력(electrostatic repulsion)을 가해 섬유를 만드는 전기방사(electrospinning)를 통해서 제작될 수 있다. 전기방사로 형성된 나노섬유를 열처리하면 금속 나노섬유를 구현할 수 있다. 이러한 금속 나노섬유에 대하여는 본 출원인들의 한국등록특허 제10-1605155호 및 제10-1683797호를 참조할 수 있다.
- [0020] 유망한 투명전극 재료로 각광받고 있는 구리 나노섬유는 기존의 ITO와 은 나노와이어에 비견될 만큼의 전도도와 투과도 특성을 보이지만, 실제로 응용되기 위하여는 아직 극복하여야 할 한계들이 있다. 그 중에서, 구리의 고유한 재료적 특성에서 발현되는 산화성이 가장 중요한 한계이다. 구리는 산화가 상대적으로 잘 일어나지 않는 금속이지만, 벌크 구리에 비하여 박막화된 구리는 산화 발생이 촉진되고, 구리 나노섬유의 경우에는 미세화된 구조적 특성에 의하여 단위 부피당 표면적 비율이 더 커지게 되므로, 산화가 더 촉진된다. 따라서, 이러한 구리 나노섬유의 산화 방지를 위한 연구들이 최근에 활발히 진행되고 있다.
- [0021] 구리 나노섬유의 문제점으로 상술한 산화반응성과 함께 제시되는 것이 금속 나노섬유를 만드는데 필요한 산화열처리 및 환원 열처리로 구성되는 두 단계의 열처리 과정이다. 산화 열처리와 환원 열처리가 필요한 원인에 대해서 생각해 보면 다음과 같다. 상기 산화 열처리는 전기방사에 의하여 나노섬유 구조를 형성한 후 잔존하는 유기성 매트릭스를 제거하기 위하여 수행된다. 이러한 산화 열처리 과정에서, 구리가 원하지 않게 산화되어 산화 구리를 형성하게 된다. 이어서, 상기 산화 구리를 환원하여 구리를 형성하기 위하여, 환원성 가스로서 수소 가스를 일반적으로 사용한다.
- [0022] 환원 열처리를 수행하지 않고 하나의 열처리 과정으로만 구리 나노섬유를 형성하는 것이 물질 특성적인 특면이

나 경제적인 측면에서 장점이 있을 수 있다. 따라서, 산화 열처리 과정에서 산소분압을 매우 낮추어서 구리의 산화를 방지함에 의한 자가환원(Auto-reduction)을 고려할 수 있다. 이러한 자기 환원을 수행하기 위하여, CuAc(copper acetate)와 같은 아세테이트 작용기가 붙은 전구체를 이용하여 구리 나노입자(nanoparticle)를 바로 구리로 환원시킬 수 있다. 상기 자가환원은 기존에 나노입자를 만드는 방법으로 주로 사용되어 왔는데, 금속 전구체를 이용해서 용액을 만드는 전기방사 법에도 적용이 가능하기에 이를 실제 응용한 연구가 진행되었다. 자가환원이 가능한 금속은 탄소보다 산화반응성이 작아야 하는 조건을 만족해야 하는데, 이러한 금속 중에서 선행연구로 나노섬유에 적용된 것으로는 코발트(Co), 니켈(Ni), 철(Fe) 등이 있다. 아직 구리(Cu) 나노섬유에 이를 적용하여 연구가 활발히 되진 않은 상태이다.

[0023] 그러므로 본 발명에서는 구리 전구체(CuAc)를 자가환원하여 나노섬유의 제작 과정에 적용한 기초 실험을 진행하였다. 아르곤(Ar) 가스를 이용해 산소 분압을 구리와 탄소가 산화될 수 있는 기준 이하로 낮춘 상태에서 열처리를 하면 탄소는 열분해(pyrolysis) 반응을 하고, 구리는 자가환원에 의해 산화물로 되지 않고 바로 구리가 된다. 이를 통해 만든 나노섬유는 일반 전도체와 마찬가지로 저항이 일정한 옴릭콘택터동(ohmic contact behavior)을 나타낸다.

[0024] 그러나, 상술한 산화 및 환원의 두 단계의 열처리 과정을 통해 만들어진 구리 나노섬유에 비해, 자가환원에 의해 만들어진 나노섬유는 탄소가 완전히 분해되지 않아, 잔류탄소(residual carbon)의 영향력으로 접촉저항이 증가되고 이에 따라 전기 전도성이 떨어지는 단점을 가지는 우려가 있다. 그러므로 산화 안정성과 열처리 과정을 줄이는 특성과 공정상의 문제점을 해결할 수 있는 방안이 구리 나노섬유를 투명전극으로 응용하는 과정에서 잔류탄소의 제거는 꼭 필요한 상황이라 할 수 있다. 이러한 과제를 본 발명에서 개발한 기술을 통해 해결할 수 있다.

[0025] 본 발명은 구리/탄소 나노섬유에 이중금속을 효율적으로 형성할 수 있는 기술을 통해, 나노섬유 간 접촉 저항을 감소시키는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 빛 투과도와 전기 전도도 특성을 모두 지니는 투명전극에 응용되는 기술로서, 기존 투명전극 물질인 ITO를 대체하기 위한 기술 중 구리 나노섬유의 공정상, 신뢰성 문제를 해결하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 상기의 목적은, Cu/C core-shell 나노섬유를 제조하는 단계; 상기 나노섬유를 AgNO₃ 용액에 디핑하는 단계; 및 상기 나노섬유 사이에 은 입자 생성을 유도하는 단계를 포함하는, 구리/탄소 나노섬유의 이중금속 제조 방법에 의해 달성된다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법(S100)을 도시하는 흐름도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법(S100)을 도시하는 개략도이다.

[0028] 도 1 및 도 2를 참조하면, 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법(S100)은, 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 형성하는 단계(S110); 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 질산은(AgNO₃) 용액에 침지하는 단계(S120); 및 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 상기 질산은 용액으로부터 제공되어 환원된 은 입자를 형성하는 단계(S130);를 포함한다.

[0029] 상기 질산은 용액의 농도는 예를 들어 0.1 M 내지 0.3 M의 범위일 수 있고, 예를 들어 0.22 M 일 수 있다.

[0030] 상기 은 입자를 형성하는 단계는 아스코르브산(Ascorbic acid)을 상기 질산은 용액에 첨가하여 상기 아스코르브산을 상기 질산은(AgNO₃) 용액의 은을 환원시키는 환원제로서 사용함으로써 수행될 수 있다. 즉, 상기 질산은을 은(Ag)의 공급원으로 이용하고, 상기 아스코르브산을 환원제로 이용하여 상기 은 입자를 생성할 수 있다.

[0031] 상기 은 입자를 형성하는 단계는 상기 아스코르브산을 첨가한 직후, 예를 들어 45℃ 내지 55℃의 범위의 온도에서, 예를 들어 50℃의 온도에서, 예를 들어 200 rpm 내지 400 rpm으로, 예를 들어 300 rpm으로 교반하여 수행될 수 있다.

[0032] 상기 은 입자의 형성은 하기의 반응식에 의하여 수행될 수 있다.



[0034] 따라서, 본 발명의 기술적 사상에 따른 구리-탄소 나노섬유는, 구리-탄소 나노섬유 매트릭스; 및 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면 상에 배치된 은 입자;를 포함할 수 있다.

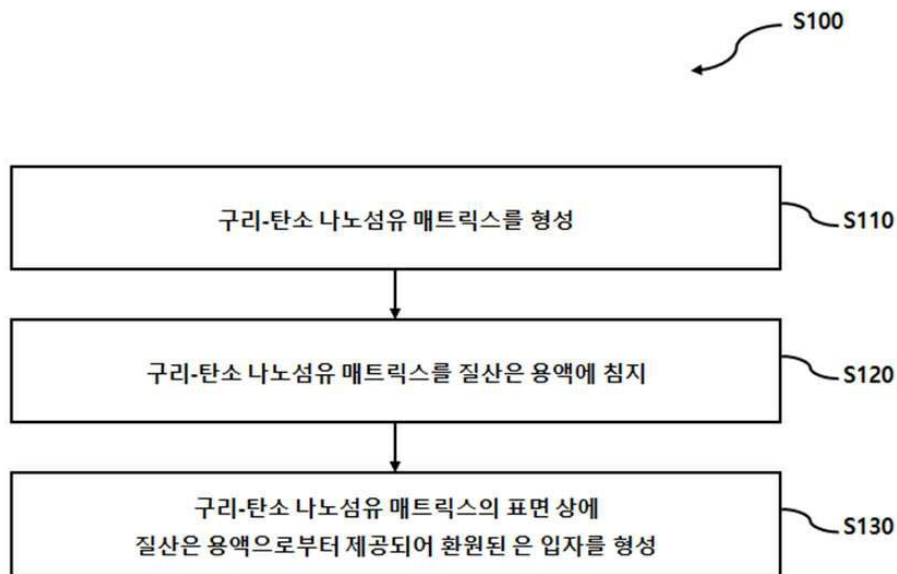
[0036] <실험예>

[0037] 이하에서는 본 발명의 기술적 사상에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법의 실험예를 설명하기로 한다.

- [0038] 구리 아세테이트(copper acetate, CuAc) 0.777g을 탈이온수 7g에 투입하고 60℃에서 1 시간 동안 가열하여 제1 용액을 형성하였다. 15 wt%의 폴리비닐알콜(poly vinyl alcohol, PVA) 1.235g과 에탄올(EtOH) 2.1g을 탈이온수 4.9g에 투입하고 120℃에서 1 시간 동안 가열하여 제2 용액을 형성하였다. 상기 제1 용액과 상기 제2 용액을 혼합하고 상온(25℃에서) 24시간 동안 교반하여 혼합용액을 형성하였다.
- [0039] 상기 혼합용액을 전기 방사(electrospinning)를 이용하여 나노섬유 매트릭스를 형성하였다. 상기 전기 방사의 조건으로서, 방사용 주사기의 지름은 9.55 mm, 회전 속도는 0.2 ml/h, 용액 부피는 1 ml, 인가 전압은 20 kV 이었다.
- [0040] 상기 나노섬유 매트릭스를 0.075 torr의 산소 분압하에서 하기와 같은 열처리를 수행하였다. 상기 열처리에서, 온도 상승 구간으로서, 상온(25℃)에서 700℃까지 온도 상승속도 3℃/분으로 온도를 증가시켜 3시간 45분 후에 700℃에 도달시켰다. 이어서, 온도 유지 구간으로서, 700℃에서 5시간 동안 유지시켰다. 이어서, 온도 하강 구간으로서, 700℃에서 상온으로 온도 하강속도 3.75℃/분으로 온도를 감소시켜 3시간 후에 상온에 도달시켰다. 상기 온도 상승 구간, 상기 온도 유지 구간 및 상기 온도 하강 구간을 포함한 총 열처리 시간은 11시간 45분이었다. 이러한 열처리에 의하여 탄소는 열분해가 되고, 구리 아세테이트로부터 구리가 형성되고, 다른 첨가된 유기물은 제거될 수 있고, 이에 따라 구리-탄소 나노섬유 매트릭스가 형성되었다.
- [0041] 열처리에 의하여 형성된 상기 구리-탄소 나노섬유 매트릭스를 0.22 M의 질산은(AgNO₃)과 탈이온수를 포함하는 250ml 질산은 용액에 침지시켰다. 이어서, 아스코르브산 0.01g을 투입하고, 즉시 300 rpm으로 50° C 온도에서 1분간 교반하였다. 이후에, 50° C 온도에서 건조시켜 구리-탄소 나노섬유를 형성하였다.
- [0042] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 이용하여 형성한 구리-탄소 나노섬유의 X-선 회절 그래프이다.
- [0043] 도 3을 참조하면, 구리 및 은에 해당하는 X-선 패턴이 관찰되었다. 그러므로, 상기 구리-탄소 나노섬유는 구리와 은을 포함하는 것으로 분석된다.
- [0044] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 이용하여 형성한 구리-탄소 나노섬유의 주사전자현미경 사진들이다. 도 4는 열처리 직후 질산은 용액에 침지하기 전의 구리-탄소 나노섬유의 경우이고, 도 5는 질산은 용액에 침지한 후의 구리-탄소 나노섬유의 경우이다.
- [0045] 도 4를 참조하면, 질산은 용액에 침지하기 전에는 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면에 형성된 입자가 거의 발견되지 않았다. 반면, 도 5를 참조하면, 질산은 용액에 침지한 후에는 구리-탄소 나노섬유는 구리-탄소 나노섬유 매트릭스의 표면에 무수히 많은 은 입자들이 형성되어 있음을 알 수 있다.
- [0046] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 제조 방법을 이용하여 형성한 구리-탄소 나노섬유의 면저항을 나타내는 그래프이다.
- [0047] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 구리-탄소 나노섬유의 면저항은 은 입자가 형성되지 않는 경우(Cu/C Nanofiber로 도시된 녹색 점선)에 비하여 적어도 1/10 이하로 저하됨을 확인할 수 있다.
- [0048] 방법 1과 방법 2는 질산은 용액에 아스코르브산을 미리 첨가하여 은 입자를 형성한 후에 열처리된 구리-탄소 나노섬유를 침지한 것이다. 방법 3은 질산은 용액에 열처리된 구리-탄소 나노섬유를 침지한 상태에서 아스코르브산을 첨가하여 침지된 상태에서 은 입자를 형성한 경우이다. 질산은의 농도는 방법1과 방법3은 0.1M이고, 방법2는 0.22M이었다. 방법2의 면저항이 가장 낮은 수치를 가지며, 따라서 면저항의 감소 효과는 질산은의 농도차이에 의한 효과가 더 큼을 확인하였다.
- [0049] 본 발명의 기술적 사상에 따른 구리-탄소 나노섬유는 유기물을 선택하여 산화하는 선택적 산화 열처리에 의해 형성되며, 이는 기존 2단계 열처리가 아닌 1단계 열처리 방법이다. 즉 이러한 선택적 산화열처리를 통해 기존 구리 나노섬유의 문제점이었던 2단계 공정과 신뢰성 문제를 해결할 수 있다.
- [0050] 또한, 본 발명은 구리 뿐만 아니라 다른 금속에 대해서도 활용할 수 있는 가능성이 있으며, 응용처 또한 투명전극 뿐만 아니라 배터리를 비롯한 에너지 소자의 애노드, 촉매 물질 등과 같이 매우 다양하다.
- [0051] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

도면

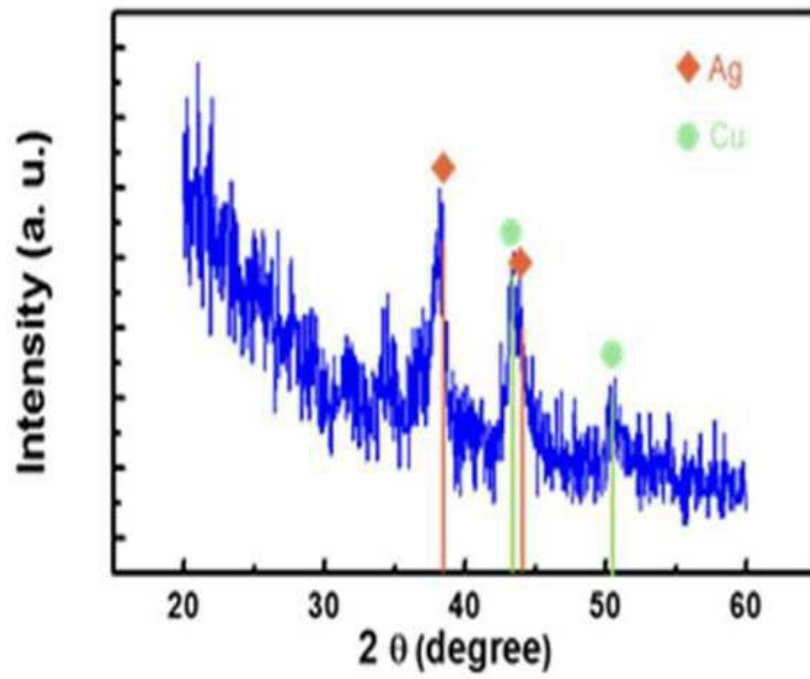
도면1



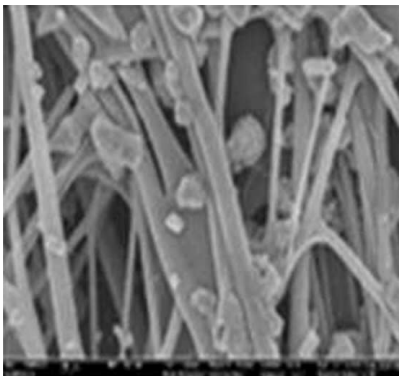
도면2



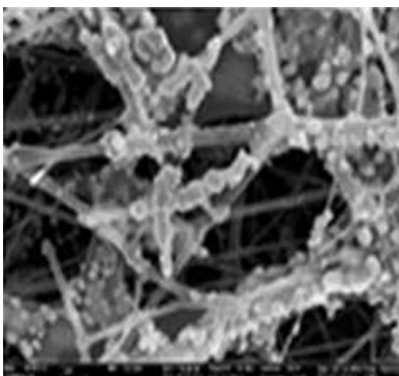
도면3



도면4



도면5



도면6

