



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0065476
(43) 공개일자 2020년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01B 5/14 (2006.01) C03C 17/00 (2006.01)

H01B 1/22 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01B 5/14 (2020.05)

C03C 17/002 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0151999

(22) 출원일자 2018년11월30일

심사청구일자 2018년11월30일

(71) 출원인

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

(72) 발명자

정찬문

강원도 원주시 판부면 시청로 264, 103동 801호
(원주더샵아파트)

조수행

서울특별시 송파구 잠실로 88, 102동 2101호(잠실
동, 레이크팰리스)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김보민

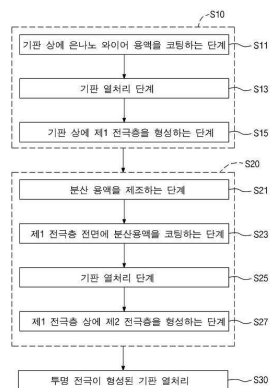
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 은나노 와이어 기반의 투명전극 및 이의 제조방법

(57) 요약

높은 광 투과율을 유지하면서 낮은 면저항과 유연한 특성을 갖는 은나노 와이어 기반의 투명전극이 제공된다. 투명전극은 기관의 일면에 은나노 와이어 용액이 코팅되어 형성된 제1전극층 및 제1전극층 상에 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 용액이 코팅되어 형성된 제2전극층을 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C03C 23/007 (2013.01)

H01B 1/22 (2013.01)

H01B 13/0016 (2013.01)

H01B 13/0026 (2013.01)

(72) 발명자

최주영

강원도 원주시 일산로 61-2 (원동)

전지현

경기도 수원시 장안구 정자천로189번길 47, 418동 1702호(정자동, 연꽃마을 품림아파트)

이정준

서울특별시 도봉구 도봉로114길 67, 2층(창동)

진승원

경기도 하남시 하남유니온로 70, 106동 1603호(신장동, 하남유니온시티에일린의뜰)

임재혁

경기도 여주시 점곡길 8, 202호(점봉동)

장준환

경기도 용인시 수지구 법조로 252, 4622동 1202호(상현동, 광고마을46단지 광고스타클래스)

남경남

강원도 원주시 명륜초교길 17-1(개운동)

박형주

경기도 과천시 별양로 180, 811동 1105호(부림동, 주공아파트)

김동민

강원도 삼척시 동해대로 4122-27, 404호(교동, 강부2차아파트)

송인호

경기도 수원시 권선구 서부로 1534, 102동 905호(교색동, 대한아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2017R1D1A3B03034709

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(교육부)(R&D)

연구과제명 폴리이미드 기반 무색투명·유연 저항 변화형 메모리 소자 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교(원주캠퍼스)

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관의 일면에 은나노 와이어 용액이 코팅되어 형성된 제1전극층; 및

상기 제1전극층 상에 분산용액이 코팅되어 형성된 제2전극층을 포함하고,

상기 분산용액은 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 용액인 것을 특징으로 하는 은나노 와이어 기반의 투명전극.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1전극층은 5~100nm의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 은나노 와이어 기반의 투명전극.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2전극층은 5~100nm의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 은나노 와이어 기반의 투명전극.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기관은,

유리, 석영, 글라스 웨이퍼, 실리콘 웨이퍼, 투명 및 불투명 플라스틱 기관, 투명 및 불투명 고분자 필름 및 금속 중 하나인 것을 특징으로 하는 은나노 와이어 기반의 투명전극.

청구항 5

은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드의 분산용액을 제조하는 단계;

기관 상에 은나노 와이어 용액을 코팅하고 열처리하여 제1전극층을 형성하는 단계;

상기 제1전극층 상에 상기 분산용액을 코팅하고 열처리하여 제2전극층을 형성하는 단계; 및

상기 제1전극층과 제2전극층으로 이루어진 투명전극이 형성된 기관을 최종 열처리하는 단계를 포함하는 투명전극의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1전극층을 형성하는 단계는,

상기 기관 상에 상기 은나노 와이어 용액을 5~100nm의 두께로 코팅하는 단계; 및

상기 은나노 와이어 용액이 코팅된 기관을 1~30분 동안 50~100℃로 열처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 은나노 와이어 용액은 0.1~1wt.%의 농도를 갖는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 제2전극층을 형성하는 단계는,

상기 제1전극층 상에 상기 분산용액을 5~100nm의 두께로 코팅하는 단계; 및

상기 분산용액이 코팅된 기판을 1~30분 동안 50~100℃로 열처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 기판을 최종 열처리하는 단계는,

상기 기판을 1~30분 동안 50~200℃로 열처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 10

제5항에 있어서,

상기 분산용액을 제조하는 단계는,

질산은 수용액과 시스테아민 수용액이 혼합된 제1용액과 수소화붕소나트륨 수용액과 수산화칼륨 수용액을 혼합하여 제2용액을 혼합하여 제1혼합용액을 제조하는 단계;

상기 제1혼합용액을 그래핀 옥사이드가 분산된 용액과 혼합하여 제2혼합용액을 제조하는 단계;

상기 제2혼합용액을 열처리하여 상기 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 입자를 생성하는 단계;

상기 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 입자를 원심분리하여 분리한 후 세정하는 단계;

상기 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 입자를 건조하여 상기 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드를 수득하는 단계; 및

상기 수득된 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드를 혼합용매에 분산시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1혼합용액을 제조하는 단계는,

각각이 0.1~5wt.%의 농도를 갖는 상기 질산은 수용액과 상기 시스테아민 수용액을 혼합하여 상기 제1용액을 제조하는 단계;

0.1 mmol/L의 상기 수소화붕소나트륨 수용액과 20 mol/L의 상기 수산화칼륨 수용액을 혼합하여 상기 제2용액을 제조하는 단계; 및

상기 제1용액과 상기 제2용액을 혼합하여 반응시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 제2혼합용액을 제조하는 단계에서,

상기 그래핀 옥사이드가 분산된 용액은 0.1~5wt.%의 농도를 갖는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드를 생성하는 단계는,

상기 제2혼합용액을 6~36시간 동안 40~100℃로 가열하는 단계인 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 혼합용매는 증류수, 아세톤, 프로판올, 아이소프로필 알코올, 메탄올 및 에탄올로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 2종 이상의 혼합용매인 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 15

제5항에 있어서,

상기 분산용액은 0.1~5wt.%의 농도를 갖는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 16

제5항에 있어서,

상기 은나노 와이어 용액 및 상기 분산용액은 딥 코팅, 스프레이 코팅, 스핀 코팅, 솔루션 캐스팅, 드롭핑, 롤 코팅, 그라비아 코팅, 바 코팅 중 어느 하나의 방법으로 코팅되는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 높은 광 투과율을 유지하면서 낮은 면저항과 유연한 특성을 갖는 은나노 와이어 기반의 투명전극 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 투명 전극은 터치 스크린, 유기 발광 다이오드, 평판디스플레이, 태양 전지 등 투명전자소자 및 투명디스플레이 분야에서 널리 사용되고 있다.

[0003] 일반적으로 투명전극으로 인듐 주석 산화물(ITO)을 주로 사용하고 있는데, ITO 전극은 가시광선 영역 전체에서 우수한 투명성을 가지며, 상대적으로 면저항이 낮고, 유기반도체에서 전하 운반체가 주입되고 모아지는데 적절한 일함수를 가지고 있기 때문이다.

[0004] 그러나, ITO 전극은 대부분 스퍼터링과 같은 박막 증착 공정을 통해서 증착이 이루어져서 공정 가격이 비싸 뿐만 아니라, 플라스틱 기판에서는 사용될 수 없다. 또한, ITO 전극은 결정질 구조를 갖는 치밀한 박막이 형성되기 때문에 반복적인 휘어짐 과정에서 크랙이 발생하거나 ITO 전극이 하부 기판에서부터 박리되는 문제점이 발생하므로 유연한 성능을 갖는 플렉서블용 투명전극으로는 적합하지 않는 단점이 있다. 더욱이, 인듐의 고갈 문제 및 인듐의 매장량이 특정국가에 집중되어 있다는 문제로 인해 가격상승에 대한 부담감이 내재되어 있다.

[0005] 이러한 ITO 전극의 문제점을 극복하기 위한 대체 소재로 탄소나노튜브(CNTs: Carbon nanotube)를 이용하는 방법이 제시되었다. 탄소나노튜브는 우수한 전기전도도와 높은 투과도를 나타낸다는 장점이 있지만 ITO 특성에 비해서는 성능이 낮으며, 탄소나노튜브의 함량이 소정의 임계량을 넘어서게 되면 투명전극이 탁한 검은색을 띄는 문제점이 있어 상업적인 응용에서는 한계가 있다.

[0006] 한편, 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 최근에는 그래핀 투명전극과 금속 나노와이어 투명전극에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 그래핀은 화학증착공정으로 인한 고비용, 복잡한 공정 및 높은 전기저항 등의 문제점이 있고, 금속 나노와이어는 전기저항이 낮고, 소량으로도 높은 투명도를 가질 수 있으며, 대량합성이 가능하고 공정이 간단하다는 장점이 있지만, 대기 중에서 쉽게 산화되며, 이로 인하여 산화물이 형성되어 점진적으로 전기전도도가 떨어진다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 높은 광 투과율을 유지하면서 낮은 면저항과 유연한 특성을 갖는 은나노 와이어 기반의 투명전극 및 이의 제조방법을 제공하고자 하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 은나노 와이어 기반의 투명전극은, 기관; 상기 기관의 일면에 은나노 와이어 용액이 코팅되어 형성된 제1전극층; 및 상기 제1전극층 상에 분산용액이 코팅되어 형성된 제2전극층을 포함한다.

[0009] 상기 분산용액은 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 용액인 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 은나노 와이어를 이용한 투명전극의 제조방법은, 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드의 분산용액을 제조하는 단계; 기관 상에 은나노 와이어 용액을 코팅하고 열처리하여 제1전극층을 형성하는 단계; 상기 제1전극층 상에 상기 분산용액을 코팅하고 열처리하여 제2전극층을 형성하는 단계; 및 상기 제1전극층과 상기 제2전극층으로 이루어진 투명전극이 형성된 기관을 최종 열처리하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 은나노 와이어 기반의 투명전극은 기관 상에 은나노 와이어와 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드의 이중 층으로 형성됨으로써, 종래의 투명전극과 대비하여 광 투과율 감소를 최소화하면서 면저항을 크게 감소시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 투명전극은 종래의 투명전극과 대비하여 굽힘이나 휨 등과 같은 외부 압력에 대한 유연성이 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 은나노 와이어 기반의 투명전극이 형성된 기관을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 은나노 와이어 기반의 투명전극의 제조방법을 나타내는 도면이다.

도 3 내지 도 5는 도 2의 각 단계의 구체적인 방법을 나타내는 도면들이다.

도 6은 본 발명의 투명전극에 대한 벤딩 테스트를 나타내는 도면이다.

도 7은 종래의 투명전극과 본 발명의 투명전극의 벤딩 테스트 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하 본 발명의 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참고로 그 구성 및 작용을 설명하기로 한다.

[0014] 도면들 중 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호 및 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0015] 또한 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자들은 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있으며 본 발명의 범위가 다음에 기술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 은나노 와이어 기반의 투명전극이 형성된 기관을 나타내는 도면이다.

[0017] 도 1을 참조하면, 본 실시예의 투명전극(120)은 기관(110)의 일면에 순차적으로 형성된 은나노 와이어 기반의 두 개의 전극층, 예컨대 제1전극층(121) 및 제2전극층(123)을 포함할 수 있다.

[0018] 기관(110)은 유리, 석영(quartz), 글라스 웨이퍼, 실리콘 웨이퍼, 투명 및 불투명 플라스틱 기관, 투명 및 불투명 고분자 필름, 금속 중 어느 하나가 사용될 수 있다. 다만, 본 실시예의 투명전극(120)이 광 투과율이 높으면

서 유연한 특성이 있으므로, 투명한 플라스틱 소재의 기판(110)이 사용되는 것이 바람직할 것이다. 플라스틱 소재로는 PET, PC, PEN, PES, PMMA, PI, PEEK 등이 사용될 수 있으며, 이것에 한정되는 것은 아니다. 이러한 기판(110)은 10~ 10,000 μ m의 두께를 가질 수 있다. 또한, 기판(110)은 선택적으로 피라나(piranha) 용액 처리, 산 처리, 염기 처리, 플라즈마 처리, 상압 플라즈마 처리, 오존 처리, UV 처리, SAM (self-assembled monolayer) 처리 및 고분자 또는 단분자 코팅 방법 중 적어도 하나의 방법을 이용하여 표면 처리를 수행할 수 있다.

[0019] 제1전극층(121)은 은나노 와이어 용액(미도시)이 기판(110) 상에 코팅되고, 은나노 와이어 용액이 코팅된 기판(110)을 열처리하여 형성될 수 있다. 제1전극층(121)은 5~100nm의 두께로 형성될 수 있다.

[0020] 은나노 와이어 용액은 대략 나노미터(nm) 크기의 직경을 갖는 은 와이어(silver wire)가 용매 중에 균일하게 분산된 분산액으로 대략 0.13wt%의 농도를 가질 수 있다. 이러한 은나노 와이어 용액은 스핀(spin) 코팅 방식으로 기판(110) 상에 코팅될 수 있다. 여기서, 은나노 와이어 용액은 분당 회전수가 300 내지 3000rpm의 속도로 기판(110) 상에 스핀코팅 될 수 있다. 그러나, 본 발명은 이에 제한되지는 않으며, 은나노 와이어 용액은 딥(dip) 코팅, 스프레이(spray) 코팅, 솔루션 캐스팅(solution casting), 드롭핑(dropping), 롤(roll) 코팅, 그라비아 코팅, 바코팅(bar coating) 중 어느 하나의 방식으로 기판(110) 상에 코팅될 수도 있다.

[0021] 제2전극층(123)은 분산용액(미도시)이 제1전극층(121)의 전면에 코팅되고, 분산용액이 코팅된 기판(110)을 열처리하여 형성될 수 있다. 제2전극층(123)은 5~100nm의 두께로 형성될 수 있다.

[0022] 분산용액은 은나노 입자가 화학적으로 결합된 그래핀 옥사이드(Graphene Oxide)가 분산된 용액, 다시 말해 나노미터 크기의 직경을 갖는 은 입자(silver particle)가 결합된 그래핀 옥사이드가 용매 중에 균일하게 분산되어 있는 분산액일 수 있다. 여기서, 은나노 입자가 화학적으로 결합된다는 것은 은나노 입자가 시스테아민의 황 원자에 결합하고, 그래핀 옥사이드가 상기 시스테아민의 질소 원자에 결합함으로써 은나노 입자가 시스테아민 구조를 통하여 그래핀 옥사이드에 결합되는 것을 의미할 수 있다.

[0023] 분산용액은 분당 회전수가 300 내지 3000rpm의 속도의 스핀(spin) 코팅 방식으로 제1전극층(121)의 전면에 코팅될 수 있다. 그러나, 본 발명은 이에 제한되지는 않으며, 분산용액은 딥(dip) 코팅, 스프레이(spray) 코팅, 솔루션 캐스팅(solution casting), 드롭핑(dropping), 롤(roll) 코팅, 그라비아 코팅, 바코팅(bar coating) 중 어느 하나의 방식으로 제1전극층(121)의 전면에 코팅될 수도 있다.

[0024] 이와 같이, 본 실시예의 투명전극(120)은 기판(110) 상에 은나노 와이어 기반의 2개의 전극층, 즉 은나노 와이어 용액에 의한 제1전극층(121) 및 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드에 의한 제2전극층(123)을 적층하여 형성할 수 있다. 이에, 본 발명의 투명전극(120)은 아래 [표1]에서 나타난 바와 같이, 종래 ITO 기반의 투명전극에 대비하여 광 투과율 감소를 최소화하면서 면저항이 크게 감소되는 효과를 가질 수 있다.

표 1

| 종래 투명전극 | | 본 실시예의 투명전극 | | 투과율 감소(%) | 면저항 감소(%) |
|---------|--------------------|-------------|--------------------|-----------|-----------|
| 투과율(%) | 면저항(Ω /sq) | 투과율(%) | 면저항(Ω /sq) | | |
| 91.0 | 165 | 85.1 | 94 | 6.6 | 43 |
| 88.9 | 154 | 83.7 | 50 | 5.9 | 68 |
| 87.6 | 115 | 87.3 | 51 | 0.3 | 56 |
| 86.7 | 118 | 84.2 | 58 | 2.8 | 51 |
| 91.2 | 134 | 86.9 | 62 | 4.6 | 54 |
| 92.7 | 89 | 85.8 | 55 | 7.5 | 38 |

[0026] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 은나노 와이어 기반의 투명전극의 제조방법을 나타내는 도면이고, 도 3은 도 2의 분산용액을 제조하는 단계를 구체적으로 나타내는 도면이고, 도 4는 도 3의 제1혼합용액을 제조하는 단계를 구체적으로 나타내는 도면이고, 도 5는 도 3의 그래핀 옥사이드를 생성하는 단계를 구체적으로 나타내는 도면이다. 먼저, 도 2를 참조하면, 본 실시예의 투명전극(120) 제조방법은 크게 제1전극층(121)을 형성하는 단계(S10), 제2전극층(123)을 형성하는 단계(S20) 및 제1전극층(121)과 제2전극층(123)으로 이루어진 투명전극(120)이 형성된 기판(110)을 최종 열처리하는 단계(S30)를 포함할 수 있다.

[0027] 제1전극층(121)을 형성하는 단계(S10)는, 기판(110) 상에 은나노 와이어 용액을 코팅하는 단계(S11), 기판(110)을 열처리하는 단계(S13) 및 제1전극층(121)을 형성하는 단계(S15)를 포함할 수 있다.

[0028] 여기서, 은나노 와이어 용액은 기판(110)의 일면에 5~100nm의 두께로 스핀 코팅될 수 있다. 그리고, 은나노 와

이어 용액이 코팅된 기관(110)은 1~30분 동안 50~100℃로 가열한 후 건조하는 열처리를 진행할 수 있다. 이에, 기관(110) 상에는 소정 두께를 갖는 은나노 와이어 기반의 제1전극층(121)이 형성될 수 있다.

- [0029] 제2전극층(123)을 형성하는 단계(S20)는, 분산용액을 제조하는 단계(S21), 제1전극층(121)의 전면에 분산용액을 코팅하는 단계(S23), 기관(110)을 열처리하는 단계(S25) 및 제2전극층(123)을 형성하는 단계(S27)를 포함할 수 있다.
- [0030] 분산용액은 은나노 입자가 화학적으로 결합된 그래핀 옥사이드 용액일 수 있다. 이러한 분산용액은 도 3에 도시된 바와 같이, 제1혼합용액을 제조하는 단계(S110), 제2혼합용액을 제조하는 단계(S120), 제1혼합용액 및 제2혼합용액으로부터 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드를 생성하는 단계(S130) 및 그래핀 옥사이드를 혼합용매에 분산시켜 분산용액을 제조하는 단계(S140)를 통해 제조될 수 있다.
- [0031] 도 3 및 도 4를 참조하면, 제1혼합용액은 제1용액과 제2용액을 각각 제조하고, 이들을 소정 혼합비로 혼합하여 반응시킴으로써 제조될 수 있다.
- [0032] 좀 더 구체적으로, 0.1~5wt.%의 농도의 질산은(AgNO_3) 수용액과 0.1~5wt.%의 농도의 시스테인(cysteamine) 수용액을 혼합하고(S111), 혼합된 용액을 반응시켜 제1용액을 제조할 수 있다(S112).
- [0033] 질산은 수용액은 질소(N_2) 가스로 치환된 용기에 증류수를 넣고, 이에 질산은을 대략 0.24 mmol, 예컨대 0.0407g을 넣어 상온에서 용해하여 제조할 수 있다. 시스테인 수용액은 증류수에 시스테인을 대략 0.24 mmol, 예컨대 0.0540g을 넣어 상온에서 용해하여 제조할 수 있다.
- [0034] 다음으로, 질산은 수용액과 시스테인 수용액이 혼합된 용액을 대략 10℃에서 냉각시키고, 이를 대략 15분 동안 반응시켜 제1용액을 제조할 수 있다.
- [0035] 또한, 제1용액의 제조와 함께, 다른 용기에 0.1 mmol/L의 수소화붕소나트륨(NaBH_4) 수용액과 20 mol/L의 수산화칼륨(KOH) 수용액을 혼합하여 제2용액을 제조할 수 있다(S114).
- [0036] 이어, 소정의 혼합비로 기 제조된 제1용액과 제2용액을 서로 혼합시키고(S115), 이를 반응시켜 제1혼합용액을 제조할 수 있다(S116).
- [0037] 여기서, 제2용액은 대략 0.1mL가 제1용액에 혼합될 수 있다. 또한, 제1용액과 제2용액의 혼합용액은 대략 10℃에서 대략 30분 동안 반응시키고, 이를 상온에서 대략 24시간 동안 방치하여 제1혼합용액을 제조할 수 있다.
- [0038] 다시 도 3을 참조하면, 기 제조된 제1혼합용액으로부터 제2혼합용액을 제조할 수 있다(S120). 제2혼합용액은 그래핀 옥사이드가 분산된 용액과 제1혼합용액을 혼합하여 제조할 수 있다. 여기서, 그래핀 옥사이드가 분산된 용액은 0.1~5wt.%의 농도를 가질 수 있다.
- [0039] 이어, 제2혼합용액으로부터 은나노 입자가 화학적으로 결합되어 있는 그래핀 옥사이드를 생성할 수 있다(S130).
- [0040] 도 3 및 도 5를 참조하면, 은나노 입자가 화학적으로 결합된 그래핀 옥사이드는 제2혼합용액의 열처리, 분리 및 건조를 통해 생성될 수 있다.
- [0041] 먼저, 제2혼합용액을 40~100℃에서 대략 6~36시간 동안 가열하는 열처리를 통해 그래핀 옥사이드 입자를 생성할 수 있다(S131).
- [0042] 다음으로, 생성된 그래핀 옥사이드 입자를 원심분리기 등을 통해 분리시킨 후 세정을 통해 입자를 수득할 수 있다(S133).
- [0043] 예컨대, 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드가 생성되어 분산된 용액을 원심분리하여 고형분을 원심분리용 튜브의 하부에 가라앉히고, 상층부의 용액을 제거한 후 증류수를 첨가하여 고형분을 분산시킬 수 있다. 이어, 고형분이 분산된 용액을 다시 원심분리하여 고형분을 가라앉힌 후, 증류수를 이용한 세정 과정을 3~4회 반복 수행하고, 상층부의 증류수를 제거하여 고형분, 즉 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드 입자를 수득할 수 있다.
- [0044] 이어, 분리된 입자를 오븐에서 대략 50℃로 건조하여 은나노 입자가 화학적으로 결합되어 있는 그래핀 옥사이드를 생성할 수 있다(S135).
- [0045] 그리고, 생성된 그래핀 옥사이드를 혼합용매에 분산시켜 분산용액을 제조할 수 있다(S140). 여기서, 혼합용매는 증류수, 아세톤, 프로판올, 아이소프로필 알코올, 메탄올 및 에탄올로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 2종

이상의 혼합용매일 수 있다. 또한, 분산용액은 0.1~5wt%의 농도를 가질 수 있다.

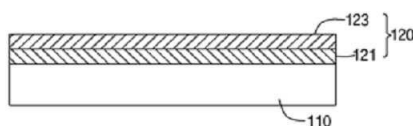
- [0046] 다시 도 2를 참조하면, 기 제조된 분산용액을 제1전극층(121)이 형성된 기판(110)의 일면, 즉 제1전극층(121) 상에 5~100nm의 두께로 코팅할 수 있다(S23). 분산용액은 제1전극층(121)의 일면에 스핀 코팅될 수 있다.
- [0047] 이어, 분산용액이 코팅된 기판(110)을 1~30분 동안 50~100℃로 가열 및 건조하는 열처리를 진행함으로써, 제1전극층(121) 상에 제2전극층(123)을 형성할 수 있다(S25, S27).
- [0048] 그리고, 기판(110) 상에 제1전극층(121)과 제2전극층(123)이 형성되면, 기판(110)을 1~30분 동안 50~200℃로 열처리하여 기판(110)에 잔류된 용매를 제거하고, 제1전극층(121)과 제2전극층(123)에 포함된 은나노 와이어를 어닐링(annealing)할 수 있다(S30).
- [0049] 이와 같이, 본 실시예에 따른 투명전극(120)은 은나노 와이어 용액을 이용하여 기판(110) 상에 제1전극층(121)을 형성하고, 은나노 입자가 화학적으로 결합된 그래핀 옥사이드 분산용액을 이용하여 제1전극층(121) 상에 제2전극층(123)을 형성함으로써 제조될 수 있다. 이에, 본 실시예의 투명전극(120)은 종래의 ITO 기반의 투명전극과 대비하여 광 투과율 감소를 최소화하면서 면저항이 크게 감소되는 효과를 가질 수 있으며, 굽힘이나 휨 등과 같은 외부 압력에 대해 유연성이 향상될 수 있다.
- [0050] 도 6은 본 발명의 투명전극에 대한 벤딩 테스트를 나타내는 도면이고, 도 7은 종래의 투명전극과 본 발명의 투명전극의 벤딩 테스트 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0051] 도 6에 도시된 바와 같이, 벤딩 테스트는 곡률반경 10mm로 투명전극(120)이 형성된 기판(110)에 대한 인 폴딩(in-folding) 및 아웃 폴딩(out-folding)을 반복하여 이루어질 수 있다. 본 실시예의 벤딩 테스트는 대략 200사이클(cycle)까지 기판(110)에 대한 인 폴딩 및 아웃 폴딩을 진행하였다.
- [0052] 이어, 도 7에 도시된 바와 같이, 종래의 ITO 기반 투명전극은 벤딩 테스트에 따라 면저항 변화율이 대략 3.03으로 나타났으며, 최초 면저항 46Ω/sq이 104 Ω/sq로 대략 204%가 증가되는 것으로 나타났다.
- [0053] 반면에, 본 실시예의 투명전극(120)은 벤딩 테스트에 따라 면저항 변화율이 대략 0.81로 나타났으며, 최초 면저항 65Ω/sq에서 53Ω/sq로 대략 18%가 감소되는 것으로 나타났다.
- [0054] 이와 같이, 본 실시예에 따른 은나노 와이어와 은나노 입자가 결합된 그래핀 옥사이드의 이중 층으로 구성된 은나노 와이어 기반의 투명전극(120)은 종래의 투명전극과 대비하여 굽힘이나 휨 등과 같은 외부 압력에 대해 유연성이 향상되고, 그에 따라 투명전극의 면저항 유지 측면에서 우수하다는 것을 알 수 있다.

부호의 설명

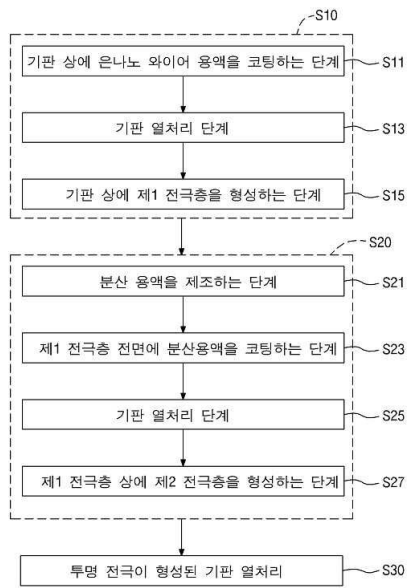
- [0055] 110: 기판 120: 투명전극
121: 제1전극층 123: 제2전극층

도면

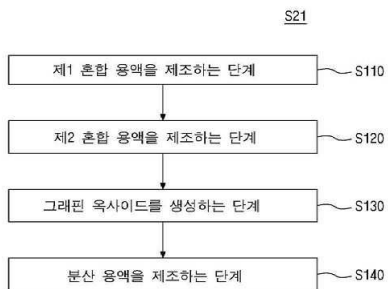
도면1



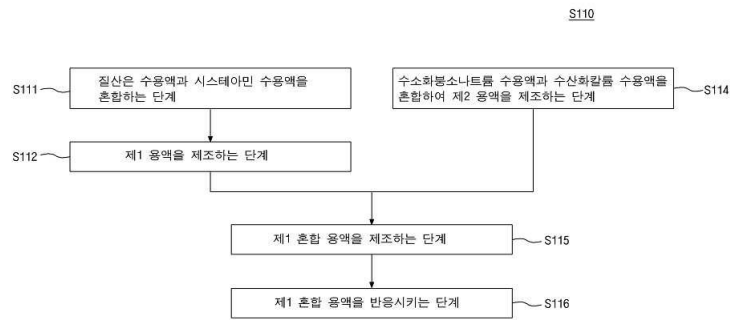
도면2



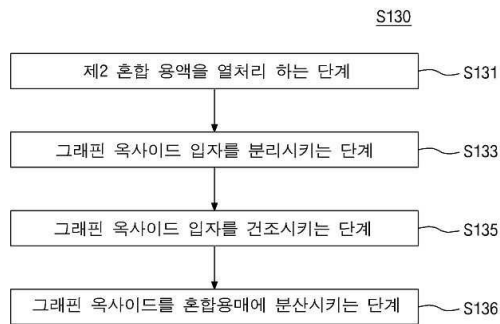
도면3



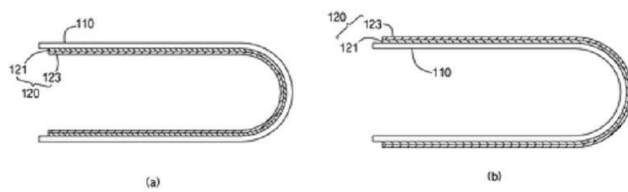
도면4



도면5



도면6



도면7

