



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월03일
 (11) 등록번호 10-1336321
 (24) 등록일자 2013년11월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) *G06F 3/041* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0113129
 (22) 출원일자 2011년11월02일
 심사청구일자 2011년11월02일
 (65) 공개번호 10-2013-0048333
 (43) 공개일자 2013년05월10일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020080066658 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술원
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 (72) 발명자
김일두
 서울특별시 동작구 대방동 대림아파트 107동 130
 5호
 (74) 대리인
특허법인아주양현

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 김창주

(54) 발명의 명칭 **고분자 보호막 및 은 나노 와이어 네트워크를 포함하는 투명 전극 및 그 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 은 나노 와이어 네트워크 층과 고분자 보호막을 포함하는 투명 전극과 광소결에 의하여 은 나노 와이어 네트워크를 형성하는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법에 관한 것으로서, 본 발명의 투명 전극은, 투명 기판; 상기 투명 기판 상에 형성된 은 나노 와이어 네트워크 층; 및 상기 은 나노 와이어 네트워크 층 상에 형성된 고분자 보호막;을 포함하고, 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 횡경비가 200 ~ 1000000인 은 나노 와이어들의 네트워크를 포함하고, 상기 은 나노 와이어는 적어도 한 지점 이상에서 다른 은 나노 와이어와 접합 또는 교차되어 연결되어 있는 것이다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

투명 기관;

상기 투명 기관 상에 형성된 은 나노 와이어 네트워크 층; 및

상기 은 나노 와이어 네트워크 층 상에 형성된 고분자 보호막
을 포함하고,

상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 중형비가 200 ~ 1000000인 은 나노 와이어들의 네트워크를 포함하고,

상기 은 나노 와이어는 적어도 한 지점 이상에서 다른 은 나노 와이어와 용융에 의해 집합 또는 교차되어 연결
되어 있고,

상기 은 나노 와이어는 직경이 1 ~ 10 nm인 은 나노 입자가 표면에 노출되어 있고,

상기 은 나노 와이어 간의 연결은 제논 램프의 과장 중 가시광 영역에서, 3 내지 70J/cm²의 펄스 광의 0.001 내
지 1초 동안의 광 소결에 의한 은 나노 와이어의 국부적인 용융에 의한 용접을 포함하는 것을 특징으로 하는 투
명 전극.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 은 나노 와이어의 직경은 10 ~ 100 nm이고, 길이는 2 ~ 100 μm인 것을 특징으로 하는 투
명 전극.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 은 나노 와이어는 비선형적이거나 구불구불한 형상인 것을 특징으로 하는 투명 전극.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 고분자 보호막은, 폴리우레탄, 폴리에테르우레탄, 폴리우레탄 공중합체, 셀룰로오스 아세
테이트, 셀룰로오스, 아세테이트 부틸레이트, 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트, 셀룰로오스 유도체, 폴리
메틸메타아크릴레이트, 폴리메틸아크릴레이트, 폴리아크릴 공중합체, 폴리비닐아세테이트 공중합체, 폴리비닐아
세테이트, 폴리비닐피롤리돈, 폴리비닐알콜, 폴리퍼퓨릴알콜, 폴리스티렌, 폴리스티렌 공중합체, 폴리에틸렌옥
사이드, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리에틸렌옥사이드 공중합체, 폴리프로필렌옥사이드 공중합체,
폴리카보네이트, 폴리비닐클로라이드, 폴리카프로락톤, 폴리비닐플루오라이드, 폴리비닐리덴플루오라이드 공중
합체 및 폴리아마이드로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명
전극.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 은 나노 와이어 네트워크 층의 두께는 10 ~ 500 nm이고, 상기 고분자 보호층의 두께는 1
~ 50 μm인 것을 특징으로 하는 투명 전극.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 투명 기판은 유리 기판 또는 고분자 필름 기판인 것을 특징으로 하는 투명 전극.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 투명 전극의 광투과율은 80 % 이상이고, 면저항 값은 1 ~ 300 Ω/\square 인 것을 특징으로 하는 투명 전극.

청구항 11

청구항 11은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항 내지 제2항, 제5항, 제7항 내지 제10항 중 어느 한 항의 투명 전극 및 배선부를 포함하는 터치스크린 패널.

청구항 12

(a) 투명 기판 상에 은 나노와이어 분산 용액을 코팅하여 은 나노와이어 네트워크 층을 형성하는 단계;

(b) 상기 은 나노와이어 네트워크 층 상에 고분자 보호막을 형성하는 단계; 및

(c) 상기 고분자 보호막이 형성된 은 나노와이어 네트워크 층을 광소결 처리하는 단계를 포함하고,

상기 단계 (c)의 광 소결 처리는 제논 램프의 파장 중 가시광 영역에서, 3 내지 $70\text{J}/\text{cm}^2$ 의 펄스 광의 0.001 내지 1초 동안의 광 소결에 의해 수행되고,

상기 단계 (c)의 광 소결 처리는 상기 은 나노와이어의 국부적인 용융에 의하여 상기 은 나노와이어가 다른 은 나노와이어 교차하는 점에서 용접되도록 하고,

상기 은 나노와이어 네트워크 층의 은 나노와이어는 직경이 1 ~ 10 nm인 은 나노 입자가 표면에 노출되어 있는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 단계 (a) 이전에,

(a') 용매에 은 전구체, 은 나노 와이어 성장 유도 고분자 및 분산 첨가제를 투입하고 반응시켜 은 나노 와이어를 형성하고, 상기 은 나노 와이어를 분리 및 세척하는 단계; 및

(a'') 상기 분리된 은 나노 와이어를 에탄올, 메탄올, 아세톤 및 THF (TetraHydroFuran)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나의 용매에 분산시켜 상기 은 나노 와이어 분산 용액을 형성하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 은 나노 와이어 분산 용액의 은 나노 와이어의 농도는 0.5 ~ 100 mg/ml인 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 단계 (a)의 코팅 및 상기 단계 (b)의 고분자 보호막의 형성은 각각, 정전 스프레이법, 슬릿 다이 코팅법 및 스크린프린팅법으로 이루어진 군에서 선택되는 하나의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 16

청구항 16은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제12항에 있어서, 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 10 ~ 500 nm 두께로 형성하고, 상기 고분자 보호막은 1 ~ 50 μm 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

제12항에 있어서, 상기 광소결 처리는 1 내지 10회 반복 처리하는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 20

청구항 20은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제12항에 있어서, 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 총횡비가 200 ~ 1000000인 은 나노 와이어들의 네트워크를 포함하고, 상기 은 나노 와이어는 적어도 한 지점 이상에서 다른 은 나노 와이어와 전기적으로 연결되도록 형성하는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

청구항 23은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제12항에 있어서, 상기 은 나노 와이어는 비선형적이거나 구불구불한 형상인 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법.

청구항 24

삭제

청구항 25

청구항 25은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제12항 내지 제16항, 제19항 내지 제20항, 제23항 중 어느 한 항의 방법으로 투명 전극을 제조하는 단계; 및 상기 투명 전극에 배선부를 형성하는 단계를 포함하는 터치스크린의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 투명 전극 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 은 나노 와이어 네트워크 층과 고분자 보호막을 포함하는 투명 전극과 광소결에 의하여 은 나노 와이어 네트워크를 형성하는 것을 특징으로 하는 투명 전극의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 투명 전극으로 사용이 되기 위해서는 면저항은 낮고 높은 전기전도성을 가져야 하며, 가시광선 영역에서 광투과율이 80 % 이상으로 높은 것이 유리하다. 은 나노 와이어들이 유리나 플라스틱과 같은 투명한 기판 위에 그물망

처럼 네트워크를 형성하면서 층을 이루어 코팅이 되는 경우, 높은 광투과율 특성과 은이 가지는 높은 전기전도도 ($1.58 \times 10^{-8} \text{ S/cm}$) 특성에 의하여 우수한 전도성을 갖는 투명 전극을 제조할 수 있다.

[0003] 그러나 은 전극의 경우 대기 중에 노출이 되면, 산소와 만나는 즉시 Ag_2O , AgO , Ag_2O_2 등의 형태로 은 산화막이 형성될 수 있다. 오랜 시간 동안 대기 중의 산소에 노출이 되면 은의 색깔이 검은색으로 변하게 되고, 전기저항이 500 배 이상 급격하게 높아지게 된다. 이러한 은의 산화는 투명 전극의 신뢰도를 크게 저하시키게 된다. 따라서 장시간의 대기 중 노출에도 전기저항의 변화가 없도록 하는 것이 필요하다. 또한 은 나노 와이어들 간의 접촉 특성을 개선시키기 위한 후속 공정 등에서 대기 중 노출에 의한 은 나노 와이어의 산화 문제를 해결하여야 한다. 또한 후속 공정은 고분자 보호막이나 하부의 플라스틱 또는 유리 기판 등 다른 구성에 변형을 주지 않아야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은, 은 나노 와이어 네트워크의 전기저항을 획기적으로 감소시키기 위하여 은 나노 와이어들의 접촉점 간에 용접이 일어나 서로 연결된 형태의 은 나노 와이어 네트워크 층을 포함하는 투명 전극을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 다른 목적은, 높은 휘경비를 갖고, 광소결 처리에 의하여 용유되어 구불구불한 비선형적 형상을 갖는 은 나노 와이어들이 서로 접촉된 네트워크 층을 포함하는 투명 전극을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명의 또 다른 목적은, 은 나노 와이어 네트워크가 대기에 노출되지 않도록 고분자 보호막을 형성하여, 은 산화에 의한 전기 저항의 증가, 전기전도성의 감소를 방지한 투명 전극을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 또 다른 목적은, 본 발명의 투명 전극을 포함하는 터치스크린 패널을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 또 다른 목적은, 은 나노 와이어 간의 용접 및 연결을 위한 광소결 처리 단계를 포함하는 투명 전극의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 또 다른 목적은, 은 나노 와이어 간의 용접 및 연결을 효과적으로 일으키는 동시에, 고분자 보호막 및 하부 기판 등의 다른 구성 요소에는 열변형 등의 영향을 최소화하는 광소결 처리 단계를 포함하는 투명 전극의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 투명 전극은, 투명 기판; 상기 투명 기판 상에 형성된 은 나노 와이어 네트워크 층; 및 상기 은 나노 와이어 네트워크 층 상에 형성된 고분자 보호막;을 포함하고, 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 휘경비가 200 ~ 1000000인 은 나노 와이어들의 네트워크를 포함하고, 상기 은 나노 와이어는 적어도 한 지점 이상에서 다른 은 나노 와이어와 접합 또는 교차되어 연결되어 있는 것이다.

[0011] 상기 은 나노 와이어의 직경은 10 ~ 100 nm이고, 길이는 2 ~ 100 μm 일 수 있다.

[0012] 상기 은 나노 와이어는, 직경이 1 ~ 10 nm인 은 나노 입자가 표면에 노출되어 있을 수 있다.

[0013] 상기 은 나노 와이어의 표면은 돌출된 은 나노 입자를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 은 나노 와이어는 비선형적이거나 구불구불한 형상일 수 있다.

[0015] 상기 은 나노 와이어 간의 전기적 연결은, 광소결에 의한 상기 은 나노 와이어의 국부적인 용융에 의하여 용접된 것일 수 있다.

[0016] 상기 고분자 보호막은, 폴리우레탄, 폴리에테르우레탄, 폴리우레탄 공중합체, 셀룰로오스 아세테이트, 셀룰로오스, 아세테이트 부틸레이트, 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트, 셀룰로오스 유도체, 폴리메틸메타아크릴레이트, 폴리메틸아크릴레이트, 폴리아크릴 공중합체, 폴리비닐아세테이트 공중합체, 폴리비닐아세테이트, 폴리비닐피롤리돈, 폴리비닐알콜, 폴리피피릴알콜, 폴리스티렌, 폴리스티렌 공중합체, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리프로

필렌옥사이드, 폴리에틸렌옥사이드 공중합체, 폴리프로필렌옥사이드 공중합체, 폴리카보네이트, 폴리비닐클로라이드, 폴리카프로락톤, 폴리비닐플루오라이드, 폴리비닐리덴플루오라이드 공중합체 및 폴리아마이드로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0017] 상기 은 나노 와이어 네트워크 층의 두께는 10 ~ 500 nm이고, 상기 고분자 보호층의 두께는 1 ~ 50 μm일 수 있다.
- [0018] 상기 투명 기관은 유리 기관 또는 고분자 필름 기관일 수 있다.
- [0019] 상기 투명 전극의 광투과율은 80 % 이상이고, 면저항 값은 1 ~ 300 Ω/□일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 터치스크린 패널은 상기 투명 전극 및 배선부를 포함하는 것이다.
- [0021] 본 발명의 투명 전극 제조방법은, (a) 투명 기관 상에 은 나노 와이어 분산 용액을 코팅하여 은 나노 와이어 네트워크 층을 형성하는 단계; (b) 상기 은 나노 와이어 네트워크 층 상에 고분자 보호막을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 고분자 보호막이 형성된 은 나노 와이어 네트워크 층을 광소결 처리하는 단계;를 포함하는 것이다.
- [0022] 본 발명의 투명 전극 제조방법은, 단계 (a) 이전에, (a') 용매에 은 전구체, 은 나노 와이어 성장 유도 고분자 및 분산 첨가제를 투입하고 반응시켜 은 나노 와이어를 형성하고, 상기 은 나노 와이어를 분리 및 세척하는 단계; 및 (a'') 상기 분리된 은 나노 와이어를 에탄올, 메탄올, 아세톤 및 THF (TetraHydroFuran)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나의 용매에 분산시켜 은 나노 와이어 분산 용액을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 은 나노 와이어 분산 용액의 은 나노 와이어의 농도는 0.5 ~ 100 mg/ml일 수 있다.
- [0024] 상기 단계 (a)의 코팅 및 상기 단계 (b)의 고분자 보호막의 형성은 각각, 정전 스프레이법, 슬릿 다이 코팅법 및 스크린프린팅법으로 이루어진 군에서 선택되는 하나의 방법으로 수행되는 것일 수 있다.
- [0025] 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 10 ~ 500 nm 두께로 형성하고, 상기 고분자 보호막은 1 ~ 50 μm 두께로 형성하는 것일 수 있다.
- [0026] 상기 광소결 처리는 3 내지 70 J/cm²의 광을 사용하여 0.001 내지 10 초간 수행하는 것일 수 있다.
- [0027] 상기 광소결 처리는 420 ~ 1200 nm 파장을 갖는 제논 램프를 사용하여 수행하는 것일 수 있다.
- [0028] 상기 광소결 처리는 1 내지 10회 반복 처리하는 것일 수 있다.
- [0029] 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 횡경비가 200 ~ 1000000인 은 나노 와이어들의 네트워크를 포함하고, 상기 은 나노 와이어는 적어도 한 지점 이상에서 다른 은 나노 와이어와 전기적으로 연결되도록 형성하는 것일 수 있다.
- [0030] 상기 은 나노 와이어는 직경이 1 ~ 10 nm인 은 나노 입자가 표면에 노출되어 있는 것일 수 있다.
- [0031] 상기 은 나노 와이어의 표면은 돌출된 은 나노 입자를 포함하는 것일 수 있다.
- [0032] 상기 은 나노 와이어는 비선형적이거나 구불구불한 형상인 것일 수 있다.
- [0033] 상기 단계 (c)의 광소결 처리는, 상기 은 나노 와이어의 국부적인 용융에 의하여 상기 은 나노 와이어가 다른 은 나노 와이어와 교차하는 점에서 용접되도록 하는 것일 수 있다.
- [0034] 본 발명의 터치스크린 패널의 제조방법은, 상기의 방법으로 투명 전극을 제조하는 단계; 및 상기 투명 전극에 배선부를 형성하는 단계;를 포함하는 것이다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명에 의하면, 고분자 보호막과 하부 투명 기관 사이에 은 나노 와이어 네트워크가 분포되어 외부의 수분이나 산소의 영향을 받지 않아, 시간에 따른 전기 저항의 변화가 없으며, 특히 투명한 고분자 보호막 속에 내장된 복수의 은 나노 와이어들이 광소결 (light sintering)에 의하여 비선형적인 형상을 갖게 되고, 효과적으로 은 나노 와이어들 간의 접촉 부분이 서로 용접이 되어, 전자의 이동이 접촉 저항의 증대 없이 원활하게 이루어질 수 있어 높은 전기전도도 특성을 갖는다. 이러한 광소결 과정은 수십 ms 의 매우 짧은 시간에 이루어지기 때문에, 소결 과정에서 발생할 수 있는 산화은의 형성을 차단하여 공정 과정에서의 산화은의 형성을 방지할 수 있다.

며, 광투과도가 매우 높은 은 나노 와이어 투명 전극을 제조하여, 이를 터치스크린에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 본 발명의 은 나노 와이어의 주사전자현미경 (SEM) 사진이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예 1에 따라 20 J/cm²에서 광소결된 은 나노 와이어의 주사전자현미경 (SEM) 사진이다.
- 도 3은 도 2의 확대된 주사전자현미경 (SEM) 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 2에 따라 40 J/cm²에서 광소결된 은 나노 와이어의 주사전자현미경 (SEM) 사진이다.
- 도 5는 도 4의 확대된 주사전자현미경 (SEM) 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 본 발명의 투명 전극은, 투명 기판; 상기 투명 기판 상에 형성된 은 나노 와이어 네트워크 층; 및 상기 은 나노 와이어 네트워크 층 상에 형성된 고분자 보호막;을 포함하고, 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 횡경비가 200 ~ 1000000인 은 나노 와이어들의 네트워크를 포함하고, 상기 은 나노 와이어는 적어도 한 지점 이상에서 다른 은 나노 와이어와 접합 또는 교차되어 연결되어 있는 것이다. 은 나노 와이어 네트워크 층 내의 은 나노 와이어가 구불구불한 형상을 갖고 은 나노 와이어 간 서로 접점에서 용접에 의하여 용융 연결되어 있으므로, 낮은 저항 및 높은 전기전도도를 갖는다. 또한, 이러한 은 나노 와이어 네트워크 층은 투명 기판과 고분자 보호막 사이에 형성되어 있기 때문에 대기 중의 산소 및 수분과의 접촉이 최소화되어 은의 산화에 의한 저항의 증가 및 전기전도도의 감소가 방지되는 특성을 갖는 것이다.
- [0038] 상기 은 나노 와이어의 직경은 10 ~ 100 nm이고, 길이는 2 ~ 100 μm일 수 있다. 직경이 10 nm 보다 작은 경우에는 기계적인 안정성이 매우 약해 잘 끊어질 수 있어, 안정적인 네트워크 형상을 유지하기 힘든 문제가 있을 수 있고, 100 nm를 초과하는 경우에는 투명도 (광투과율)가 70 % 이하로 급격히 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 길이가 2 μm 보다 작은 경우에는 네트워크를 구성하는 은 나노 와이어의 길이가 너무 짧아져서, 많은 수의 은 나노 와이어가 필요하게 되며, 투명도가 낮아지고, 많은 접촉점에 의한 전기전도 특성의 저하의 문제가 있을 수 있고, 100 μm보다 긴 경우에는, 은 나노 와이어의 제조가 곤란해지는 문제와 은 나노 와이어가 너무 길어서 코팅시에 잘 끊어지는 문제가 발생할 수 있다.
- [0039] 상기 은 나노 와이어는, 직경이 1 ~ 10 nm인 은 나노 입자가 표면에 노출되어 있을 수 있다. 은 나노 와이어 표면에 노출된 나노 입자가 1 nm보다 작은 경우에는 은 나노 와이어의 직경의 감소가 매우 미비하며, 은 나노 입자의 크기가 10 nm를 초과하는 경우에는 과도한 은 나노 와이어의 직경 감소로 인하여 나노 와이어가 끊어지는 현상이 관찰될 수 있다.
- [0040] 상기 은 나노 와이어의 표면은 돌출된 은 나노 입자를 포함할 수 있다. 은 나노 입자가 은 나노 와이어의 표면에 돌출되어 있으므로 나노 와이어의 직경은 줄어들 수 있다. 나노 와이어가 광소결에 의하여 변형이 되는 과정에서 직진성을 가지는 매끄러운 은 나노 와이어 표면에서 은 나노 와이어가 국부적으로 녹고, 빠르게 재결정화되면서 은 나노 와이어의 표면에 구 형상에 가까운 나노 입자가 형성이 되는 것이다. 따라서 표면에서부터 용융과 확산, 재결정 과정을 거쳐 1 ~ 10 nm 크기의 나노 입자가 형성이 되는 것이기 때문에, 은 나노 와이어의 직경은 줄어들게 되는 것이다. 은 나노 와이어의 직경이 줄어들게 되면, 투명도는 더욱 증가되게 되며, 탁도 (Haze) 현상도 없어질 수 있다.
- [0041] 상기 은 나노 와이어는 비선형적이거나 구불구불한 형상일 수 있다. 은 나노 와이어가 비선형적인 구불구불한 형상이므로, 은 나노 와이어의 광소결 과정에서 접점이 다수 형성되고, 효과적인 용접에 의한 용융 연결이 가능해진다.
- [0042] 상기 은 나노 와이어 간의 전기적 연결은, 광소결에 의한 상기 은 나노 와이어의 국부적인 용융에 의하여 용접된 것일 수 있다. 광소결에 의하는 경우, 짧은 순간에 용접에 의한 용융 연결이 가능하기 때문에, 고분자 보호막 및 투명 기판 등 다른 구성 요소에 열적 변형과 같은 영향을 미치지 않고, 효과적으로 은 나노 와이어만의 용접이 가능하다.
- [0043] 상기 고분자 보호막은, 폴리우레탄, 폴리에테르우레탄, 폴리우레탄 공중합체, 셀룰로오스 아세테이트, 셀룰로오스, 아세테이트 부틸레이트, 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트, 셀룰로오스 유도체, 폴리메틸메타아크릴레

이트, 폴리메틸아크릴레이트, 폴리아크릴 공중합체, 폴리비닐아세테이트 공중합체, 폴리비닐아세테이트, 폴리비닐피롤리돈, 폴리비닐알콜, 폴리피피릴알콜, 폴리스티렌, 폴리스티렌 공중합체, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리프로필렌옥사이드, 폴리에틸렌옥사이드 공중합체, 폴리프로필렌옥사이드 공중합체, 폴리카보네이트, 폴리비닐클로라이드, 폴리카프로락톤, 폴리비닐플루오라이드, 폴리비닐리덴플루오라이드 공중합체 및 폴리아마이드로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 다만, 본 발명의 고분자 보호막이 상기 고분자에 한정되는 것은 아니고, 은의 산화를 방지하기 위해서 효과적으로 대기 중의 산소 및 수분을 차단하면서, 광투과도를 일정 수준 이상으로 유지시켜주는 고분자의 경우에는 적용이 가능하다.

[0044] 상기 은 나노 와이어 네트워크 층의 두께는 10 ~ 500 nm이고, 상기 고분자 보호층의 두께는 1 ~ 50 μm 일 수 있다. 상기 네트워크 층의 두께가 10 nm보다 얇은 경우, 은 나노 와이어들 간의 네트워크가 원활하게 형성이 되기 어려우며, 500 nm보다 두꺼운 경우, 너무 많은 수의 은 나노 와이어들이 네트워크 형성에 관여하여 투과도 (광투과율)가 급격하게 떨어지는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 상기 고분자 보호층의 두께가 1 μm 보다 얇은 경우, 효과적인 산소 및 습도 투과 방지막 역할을 할 수 없게 되며, 고분자 보호층이 50 μm 보다 두꺼운 경우, 투과도 (광투과율)가 떨어질 수도 있다.

[0045] 상기 투명 기관은 유리 기관 또는 고분자 필름 기관일 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0046] 상기 투명 전극의 광투과율은 80 % 이상이고, 면저항 값은 1 ~ 300 Ω/\square 일 수 있다. 면저항은 낮을수록 우수한 전기전도 특성을 갖는 것이기 때문에 저항이 낮은 투명전극의 형성에 유리하지만 통상적으로 은 나노 와이어 네트워크 상에서 1 Ω/\square 보다 작게 하기는 어려우며, 300 Ω/\square 를 초과하는 경우에는 투명전극으로 사용하기엔 다소 높은 문제가 있다.

[0047] 본 발명의 터치스크린 패널은 상기 투명 전극 및 배선부를 포함하는 것이다. 터치스크린의 투명 전극을 본 발명의 투명 전극을 사용함으로써 저저항, 고전기전도도 특성을 갖는 동시에 80 % 이상의 광투과도를 갖는 터치스크린 패널을 제공할 수 있다.

[0048] 본 발명의 투명 전극 제조방법은, (a) 투명 기관 상에 은 나노 와이어 분산 용액을 코팅하여 은 나노 와이어 네트워크 층을 형성하는 단계; (b) 상기 은 나노 와이어 네트워크 층 상에 고분자 보호막을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 고분자 보호막이 형성된 은 나노 와이어 네트워크 층을 광소결 처리하는 단계;를 포함하는 것이다. 상기 은 나노 와이어 분산용액은 (a') 용매에 은 전구체, 은 나노 와이어 성장 유도 고분자 및 분산 첨가제를 투입하고 반응시켜 은 나노 와이어를 형성하고, 상기 은 나노 와이어를 분리 및 세척하는 단계; 및 (a'') 상기 분리된 은 나노 와이어를 에탄올, 메탄올, 아세톤 및 THF (TetraHydroFuran)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나의 용매에 분산시켜 은 나노 와이어 분산 용액을 형성하는 것일 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0049] 상기 은 나노 와이어 분산 용액의 은 나노 와이어의 농도는 0.5 ~ 100 mg/ml일 수 있다. 은 나노와이어의 농도가 0.5 mg/ml보다 낮은 경우, 한 번 코팅으로 전기전도도 값이 우수한 네트워크 층을 형성하기 어렵게 되며, 100 mg/ml를 초과하여 지나치게 높은 경우에는 너무나 많은 은 나노 와이어들이 코팅됨에 따라 투명도 (광투과율)가 80 % 이하로 떨어지는 문제가 생길 수 있다.

[0050] 상기 단계 (a)의 코팅 및 상기 단계 (b)의 고분자 보호막의 형성은 각각, 정전 스프레이법, 슬릿 다이 코팅법 및 스크린프린팅법으로 이루어진 군에서 선택되는 하나의 방법으로 수행되는 것일 수 있다.

[0051] 상기 은 나노 와이어 네트워크 층은 10 ~ 500 nm 두께로 형성하고, 상기 고분자 보호막은 1 ~ 50 μm 두께로 형성하는 것일 수 있다. 상기 네트워크 층의 두께가 10 nm보다 얇은 경우, 은 나노 와이어들 간의 네트워크가 원활하게 형성이 되기 어려우며, 500 nm보다 두꺼운 경우, 너무 많은 수의 은 나노 와이어들이 네트워크 형성에 관여하여 투과도 (광투과율)가 급격하게 떨어지는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 상기 고분자 보호층의 두께가 1 μm 보다 얇은 경우, 효과적인 산소 및 습도 투과 방지막 역할을 할 수 없게 되며, 고분자 보호층이 50 μm 보다 두꺼운 경우, 투과도 (광투과율)가 떨어질 수도 있다.

[0052] 상기 광소결 처리는 3 내지 70 J/cm²의 광을 사용하여 0.001 내지 10 초간 수행하는 것일 수 있다. 3 J/cm²보다 작은 광조사 에너지는 은 나노 와이어를 부분적으로 용융시키기에 부족할 수 있고, 70 J/cm²을 넘는 경우에는 지나치게 에너지 밀도가 높아져 한 번 조사에도 은 나노 와이어가 크게 변형될 수 있다.

[0053] 상기 광소결 처리는 420 ~ 1200 nm 파장을 갖는 제논 램프를 사용하여 수행하는 것일 수 있다. 가시광선 영역이 포함되는 420 ~ 1200 nm의 파장 범위를 벗어나게 되는 경우, 투명한 기관에 열적 손상을 주게 되어, 투명한 플라스틱 기관이 변형될 수도 있다. 420 ~ 1200 nm의 가시광 영역이 포함된 제논 램프를 이용하는 경우, 투명한

기관은 통과가 되고, 불투명한 은 나노 와이어에만 빛 에너지가 전달이 되어, 매우 짧은 펄스 (pulse) 형태의 광조사만으로도 순간적으로 은 나노 와이어의 표면 온도가 1000 ~ 1500 °C까지 올라가게 된다. 경우에 따라서는 420 ~ 1200 nm 사이의 파장 범위에서 필터를 사용하여 일부 파장 영역을 추가적으로 제거하는 것도 가능하다.

[0054] 상기 광소결 처리는 1 내지 10회 반복 처리하는 것일 수 있다. 기본적으로 광소결은 최소 1회는 진행이 되어야 빛 에너지를 전달할 수 있으며, 10 회를 넘겨 너무 많은 펄스 형태의 빛 에너지가 조사되는 경우, 은 나노 와이어가 과도한 에너지를 받아서 끊어지는 현상이 발생할 수 있다.

[0055] 상기 단계 (c)의 광소결 처리는, 상기 은 나노 와이어의 국부적인 용융에 의하여 상기 은 나노 와이어가 다른 은 나노 와이어와 교차하는 점에서 용접되도록 하는 것일 수 있다. 광소결 처리의 경우, 수 초내 은 나노 와이어 간의 용융 및 용접에 의한 연결이 완료되기 때문에, 은 나노 와이어 이외의 구성 요소, 즉 고분자 보호막 및 투명 기관에 영향을 미치지 않는 장점이 있다.

[0056] 한편, 본 발명의 터치스크린 패널의 제조방법은, 상기의 방법으로 투명 전극을 제조하는 단계; 및 상기 투명 전극에 배선부를 형성하는 단계;를 포함하는 것이다.

[0057] 이하, 본 발명의 투명 전극의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0058] 본 발명의 은 나노 와이어들 간의 접촉 부분이 서로 용접되어 형성된 투명 전극을 제조하기 위하여 습식화학합성 방법을 이용하여 용액 상에서 은 나노 와이어를 합성하고 성장시키고, 이를 용매에 분산시켜 은 나노 와이어 분산 용액을 제조할 수 있다. 잘 분산된 은 나노 와이어 분산 용액을 스크린프린팅 방법으로 투명 유리 또는 투명 플라스틱 기관 위에 코팅하여 은 나노 와이어가 서로 연결된 네트워크 층을 포함하는 투명 전극을 형성한다. 이렇게 형성된 은 나노 와이어는 대기 중의 산소 및 수분과 만나면 산화층을 형성하기 때문에, 산소 및 수분을 차단하기 위하여, 고분자 보호막을 은 나노 와이어 네트워크 층 위에 형성한다. 이로써 은 나노 와이어 네트워크가 고분자 보호막과 투명 기관 사이에 내장된 투명 전극이 만들어진다.

[0059] 은 나노 와이어 네트워크의 접촉 저항을 최소화하고, 상부 고분자 보호막과 하부 투명 기관에 변형을 주지 않는 공정 적용을 위하여 제논 램프를 이용한 광소결을 실시하여, 은 나노 와이어들 간의 접촉 부분이 서로 용접되어 이루어진 투명 전극을 형성한다. 상기의 접촉 부분이 용접된 투명 전극은 접촉 저항이 최소화 되어 투명 전극의 전기전도도 특성이 크게 개선된다.

[0060] 본 발명의 고분자 보호막과 투명 기관 사이에 내장된 은 나노 와이어들이 서로 광소결 과정에 의하여 접촉점들이 용접이 되어 전기전도도가 개선된 투명 전극 및 이를 이용한 터치스크린의 제조방법을 공정 단계별로 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0061] 은 나노 와이어 제조 단계

[0062] 먼저, 100 ~ 200 °C의 고온에서도 끓지 않고 용액 상 반응이 가능한 용매 (예, Ethylene Glycol), 은의 특정 결정면에 대하여 선택적으로 성장을 방해할 수 있는 고분자 물질(예, polyvinylpyrrolidone, (C₆H₉NO)_x) 및 용액 상에 Ag⁺ 이온의 농도를 일정하게 유지시킬 수 있는 첨가제 (예, KBr)를 일정 비율로 용액에 녹여 170 °C의 고온에서 안정화한다.

[0063] Ag 전구체 화합물 (AgCl)을 먼저 녹인 후, 주 반응 물질 (예, AgNO₃)을 일정하게 반응하여 은 나노 와이어가 형성될 수 있도록 적정하고, 은 나노 와이어가 충분히 성장하여 반응이 완료될 수 있도록 일정 시간 유지시켜 준다. 이때, 반응에 사용되는 반응물질의 대부분이 반응에 참여하여 한번에 다량의 은 나노 와이어를 제조할 수 있다.

[0064] 은 나노 와이어 분산용액의 제조 및 투명 전극의 제조 단계

[0065] 다음으로, 스크린프린팅이 가능하도록 은 나노 와이어 분산 용액을 제조한다. 성장된 은 나노 와이어 합성에 사용된 고분자 물질 및 첨가제 등을 세척해 내고, 순수한 은 나노 와이어만 추출해 내기 위하여, 용매, 고분자 물질 및 첨가제와 섞일 수 있는 용액에 일정 비율로 희석, 원심 분리 등의 방법을 활용하여 세척한다. 상기의 세척 단계는 불순물 제거 및 효과적인 은 나노 와이어 분리를 위하여 여러 번 반복 할 수 있다. 분리된 은 나노 와이어를 스크린프린팅을 위하여 에탄올, 메탄올 등의 용액에 은 나노 와이어를 다시 분산시켜 분산 용액을 제

조한다. 이때 분산제 또는 전극 형성에 영향을 미치지 않는 다른 첨가제를 추가적으로 첨가할 수 있다. 코팅에 방해가 되지 않는다면 특정 첨가제에 제약을 두지는 않는다. 한편, 은 나노 와이어 분산 용액의 농도를 높여 줌으로써, 투명 전극의 저항을 크게 낮출 수 있다.

[0066] 상기에서 얻어진 은 나노 와이어 분산 용액을 투명 유리 내지는 투명 플라스틱 기관 (예를 들어, PET) 위에 코팅 및 건조시켜, 은 나노 와이어들이 네트워크 층을 형성한 투명 전극을 제조한다.

[0067] 고분자 보호막의 코팅 단계

[0068] 스크린프린팅 과정을 거쳐 은 나노 와이어가 그물망처럼 네트워크를 형성한 투명 전극을 제조하고, 대기 중의 산소 및 수분과 은 나노 와이어 네트워크 간의 접촉을 차단하기 위하여 고분자 보호막을 코팅한다. 고분자 보호막의 코팅은 고분자가 용해되어 있는 용액을 스핀코팅, 정전 스프레이, 압축 스프레이, 스크린프린팅 등의 방법을 이용하여 진행할 수 있다. 이때 사용된 고분자는 폴리우레탄 (polyuretan), 폴리에테르우레탄 (polyether uretan) 등의 폴리우레탄 공중합체, 셀룰로오스 아세테이트 (cellulose acetate), 셀룰로오스 (cellulose), 아세테이트 부틸레이트 (acetate butylate), 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트 (cellulose acetate propionate) 등의 셀룰로오스 유도체, 폴리메틸메타아크릴레이트 (polymethyl methacrylate, PMMA), 폴리메틸아크릴레이트 (polymethyl acrylate, PMA), 폴리아크릴 공중합체, 폴리비닐아세테이트 공중합체, 폴리비닐아세테이트 (polyvinylacetate, PVAc), 폴리비닐피롤리돈 (polyvinylpyrrolidone, PVP), 폴리비닐알콜 (polymethyl alcohol, PVA), 폴리퍼플루알콜 (PPFA), 폴리스티렌 (PS), 폴리스티렌 공중합체, 폴리에틸렌 옥사이드 (PEO), 폴리프로필렌옥사이드 (PPO), 폴리에틸렌 옥사이드 공중합체, 폴리프로필렌옥사이드 공중합체, 폴리카보네이트 (PC), 폴리비닐클로라이드 (PVC), 폴리카프로락톤, 폴리비닐플루오라이드, 폴리비닐리덴플루오라이드 공중합체, 폴리아마이드로 등을 독립적으로 또는 혼합하여 사용할 수 있다.

[0069] 상기의 고분자가 용해된 용액을 은 나노 와이어 네트워크가 형성된 기관 위에 코팅 및 건조하여, 고분자 보호막과 투명 기관 사이에 내장된 은 나노 와이어 네트워크를 형성한다.

[0070] 광소결 (Intense Pulsed Light sintering)에 의한

[0071] 은 나노 와이어들 간의 광용접 단계

[0072] 은의 녹는점은 961 °C 정도로, 은 나노 와이어 간의 접촉점을 녹여서 붙이기 위해서는 고온에서의 열처리가 불가피하다. 그러나 이와 같은 고온 열처리는 은 나노 와이어의 형상에도 영향을 미칠 뿐만 아니라, 네트워크의 상층에 코팅된 고분자 보호막 및 하부 투명 기관에도 열적인 악영향을 미쳐서, 기관 및 고분자 보호막에 치명적인 손상을 일으킬 수 있다. 따라서 상층의 고분자 보호막과 하부의 투명 기관에는 영향을 미치지 않으면서, 은 나노 와이어 간의 용융에 의한 용접 연결을 통하여 접촉 저항을 낮추어 주고, 은 나노 와이어들이 약간의 용융 과정에서 구불구불한 형태가 되어 접촉 점에 더욱 많이 형성되도록 하는 것이 중요하다. 또한 부분적인 용융 과정을 거쳐서, 은 나노 와이어의 단면의 형상이 원통형에서 일부 납작한 팬케익과 같은 형상을 가지게 되어, 광산란에 대한 영향을 최소화시키는 효과도 얻을 수 있다.

[0073] 단색광을 이용하는 레이저와는 달리 420 ~ 1200 nm의 넓은 파장의 빛 에너지를 이용하는 광소결 (Intense Pulsed Light sintering) 공정은 20 ms의 매우 짧은 시간에 순간적으로 1500 °C 정도의 높은 빛 에너지를 전달하는 것이 가능하다. 또한 투명한 가시광선의 빛을 이용하기 때문에, 투명 기관에는 전혀 손상을 주지 않아서, 은 나노 와이어의 상층에 코팅된 고분자와 하부에 위치한 투명 기관에는 영향을 미치지 않을 수 있다.

[0074] 이러한 광소결 공정은 제논 램프를 이용하여 원하는 파장 영역 (또는 전 영역)의 빛을 일정 에너지로 0.001 초에서 수 초 동안 조사하는 소결 방식으로 빛을 이용하여 짧은 시간 동안 물질 내부를 직접 소결을 할 수 있어, 전기로에서 최소 30분 이상의 장시간 동안 열처리를 진행하는 일반 소결 공정과는 근본적인 차이가 있다. 장시간의 소결 과정은 산소의 확산 및 은 나노 와이어의 산화 과정을 동반하여 Ag₀, Ag₂O, Ag₂O₂와 같은 산화은의 형성이 가속화되는 문제가 있을 수 있다. 따라서 고분자 보호막이 코팅이 되어 있는 상태에서, 상층의 고분자 보호막에는 영향을 미치지 않으면서, 광소결을 진행하여, 은 나노 와이어들의 네트워크 간의 접촉 저항을 줄이는 것이 가능하다. 광소결 공정에서는 광펄스 (light pulse), 켜짐 시간 (on time), 꺼짐 시간 (off time), 전압 (voltage) 그리고 파장영역 등이 중요한 조절 변수들이며, 최적화 과정을 거쳐 광소결 (Intense Pulsed Light Sintering) 처리한다. 이때, 은 나노 와이어가 국부적으로 녹을 수 있도록 적절한 광에너지 범위를 선정하는 것이 중요하며, 일반적으로 에너지는 3 ~ 70 J/cm²의 범위에서 사용한다. 또한 광소결 처리는 수십 ms 내에 이루어질 수 있으므로 필요에 따라 1회에서 10회까지 수차례 반복적으로 광소결을 진행할 수도 있다. 상기의 광소결

과정을 거치면, 은 나노 와이어들 간의 접촉 부위가 서로 용접이 되면서 전기전도 특성이 크게 개선된다.

[0075] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 다만, 이는 본 발명을 보다 상세히 설명하기 위한 일 실시예일 뿐이고, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0076] 실시예 1

[0077] 횡경비가 큰 은 나노 와이어의 제조를 위하여 에탄올 글리콜 40 ml, PVP (polyvinylpyrrolidone) 고분자 0.67 g, KBr 첨가제 0.02 g을 섞어서 교반하고 170 °C까지 가열하였다. 이때 PVP는 은 나노 와이어의 특정 성장 면을 방해하여 와이어 형상으로 성장하도록 도와주는 역할을 하며, 첨가제인 KBr은 용액 속에 은 이온이 일정하게 유지될 수 있도록 도와준다. 다음으로 안정된 용액에 볼 밀링(ball-milling) 과정을 거친 미세 연마된 AgCl 가루 (0.02 g)를 넣어 초기 전구체를 형성하고, 10 분 후에 AgNO₃ (0.440 g)를 첨가하였다. 이때, AgNO₃를 에틸렌 글리콜에 먼저 녹여서 용액 상태로 넣어줄 수도 있다. 성장된 은 나노 와이어 용액에서 순수한 은 나노 와이어를 에틸렌 글리콜과 PVP로부터 분리해내기 위하여 1:3의 비율로 순수 또는 에탄올에 희석한 다음 원심 분리 후 세척과정을 진행하였다. 한번에 분리가 원활하게 이루어지지 않으므로 4 번 상기 과정을 반복하였다. 분리된 은 나노 와이어를 메탄올 용액에 용액 중 은 나노 와이어의 농도가 0.1 wt%가 되도록 분산시키고, 스크린프린팅 방법을 이용하여 투명한 PET 기판 위에 코팅하여, 은 나노 와이어 네트워크를 형성하였다. 그리고 산소 및 수분과의 반응을 차단하기 위하여, 셀룰로오스 고분자를 이용하여 고분자 보호막을 코팅하였다.

[0078] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 합성된 고분자 보호막과 하부 기판 사이에 내장된 은 나노 와이어의 주사전자현미경 사진이다. 직경이 20 ~ 60 nm이고, 길이 10 ~ 50 μm의 높은 횡경비를 가진 은 나노 와이어가 잘 합성이 되었다.

[0079] 고분자 보호막과 하부 기판 사이에 내장된 은 나노 와이어 네트워크는 4 point-probe로 측정을 한 결과 350 Ω/□의 표면저항을 나타내었다.

[0080] 은 나노 와이어 네트워크 기반 투명전극의 전기전도 특성을 개선시키기 위하여 광소결을 진행하였다. 광소결 공정은 제논 램프를 이용하여 20 J/cm²의 빛 에너지를 이용하여 광소결을 진행하였다.

[0081] 도 2는 제논 램프를 이용하여 20 J/cm²의 광소결 에너지로 1 번 조사를 실시했을 때의 투명 전극의 주사전자현미경 사진을 보여준다. 일반적인 광소결 과정은 420 ~ 1200 nm의 파장 범위를 이용하며, 필터를 사용하여 특정 파장의 에너지를 제거하는 것이 가능하다. 본 발명에서 사용한 제논 램프는 가시광선의 빛 에너지를 포함하고 있기 때문에, 투명 기판 및 투명 고분자는 광에너지가 투과가 되어 기판에 전혀 손상을 주지 않는 것을 확인할 수 있었다. 본 발명에서 사용한 PET 기판은 유리전이온도가 90 °C 정도로 매우 낮다. 도 2의 주사전자현미경 사진에서 관찰이 되듯이, 은 나노 와이어 네트워크가 내장되어 있는 기판과 고분자 보호막에 변형이 없음을 확인할 수 있다.

[0082] 도 3은 도 2의 확대된 주사전자현미경 사진으로 폴리올 공정으로 제조된 은 나노 와이어가 매끄러운 표면을 갖는 선형입에 비하여, 20 J/cm²의 광 에너지 조사 후에 국부적인 용융 과정에 의해 은 나노 와이어가 비선형적인 형상을 가짐을 확인할 수 있었다. 그리고 와이어들 간의 접촉점이 서로 용융되어 만나서, 접촉 저항이 감소하게 됨을 인지할 수 있다. 20 J/cm²의 광에너지 조사 후에 측정된 4-point probe 면저항은 220 Ω/□로 광소결 전 면저항값 350 Ω/□보다 130 Ω/□의 저항 수치가 감소했음을 확인하였다.

[0083] 실시예 1의 투명 전극의 광투과도는 90 %로 측정되었다.

[0084] 실시예 2

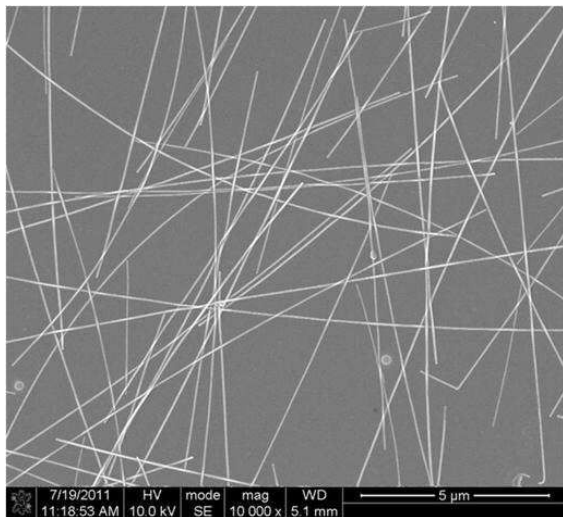
[0085] 실시예 1과 다른 조건은 모두 동일하게 투명 전극을 제조하되, 광소결 단계에서 조사하는 에너지의 값을 40 J/cm²로 올려서 수행하였다. 도 4는 40 J/cm²로 1회 광소결을 진행한 후에 얻어진 투명 전극의 주사전자현미경 사진이다. 광에너지가 올라가면서, 은 나노 와이어의 비선형적인 특성 또한 커짐을 알 수 있다. 용융과 냉각 과정에서 은 나노 와이어의 형상이 바뀌게 되는 것이며, 이러한 과정에서 은 나노 와이어의 형상 또한 원통형에서

타원형 내지는 판상으로 바뀔 수도 있다.

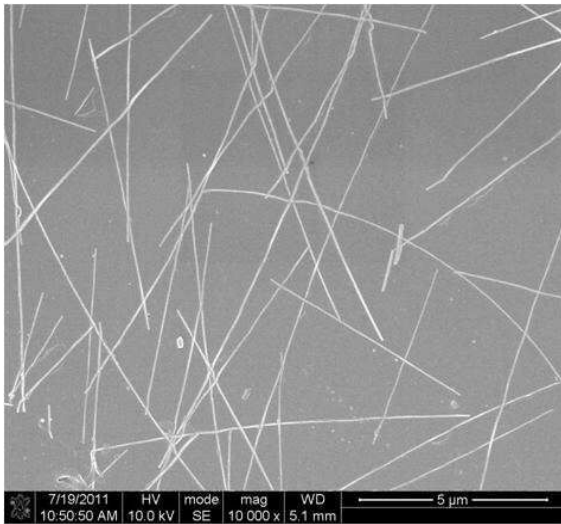
- [0086] 도 5는 도 4의 확대된 주사전자현미경 사진으로 은 나노 와이어들 간의 접촉점이 서로 용융이 되어, 하나로 연결된 모습을 확인할 수 있다. 이로 인하여, 면저항 값이 160 Ω/□로 면저항이 더욱 감소됨을 확인할 수 있었다.
- [0087] 실시예 2의 경우에도 광소결 전 후에 투과도는 90 %로 큰 변화가 일어나지 않았다.
- [0088] 본 실시예에서는 스크린프린팅을 통해 얻어진 나노 와이어 네트워크에 대한 광소결 결과를 보여주고 있지만, 특정 코팅법에 제약을 두지 않으며, 은 나노 와이어들이 서로 용접되어 이루어진 부분을 적어도 하나 이상 포함하고, 투명전극과 고분자 보호막 사이에 은 나노 와이어를 코팅할 수 있는 기술이면 특정 방법에 제약을 두지는 않는다.
- [0089] 이상의 실시예는 본 발명의 투명 기관 / 은 나노 와이어 네트워크 층 / 고분자 보호막의 연속적인 적층 구조의 투명 전극의 일 실시예를 나타낸 것으로서, 하부의 투명 기관과 상부의 고분자 보호막에 전혀 영향을 미치지 않으면서, 중간에 내장된 은 나노 와이어 네트워크 층의 국부적인 용융에 의한 용접으로 전기전도도를 개선시키는 광소결 기술에 관한 것으로, 본 실시예에서는 특정 광에너지 등 특정 조건에서의 실시예를 보여주었지만, 각 층의 두께, 성분 등에 따라서 광 에너지를 1 ~ 100 J/cm²으로 변화를 시키고, 광을 조사하는 펄스 횟수 또한 1 회부터 10 회까지 변화를 시켜가면서 최적화할 수 있다.
- [0090] 본 발명의 광소결은 고분자 보호막이 코팅된 이후에 이루어지는 것이기 때문에, 처리 과정에서 은 나노 와이어 네트워크가 투명 기관으로부터 떨어져 나간다가나, 외부 환경에 노출되어 산화되거나 습도의 영향을 받는 것을 방지할 수 있어, 은 나노 와이어의 높은 전기전도도 특성을 유지할 수 있는 장점이 있다.

도면

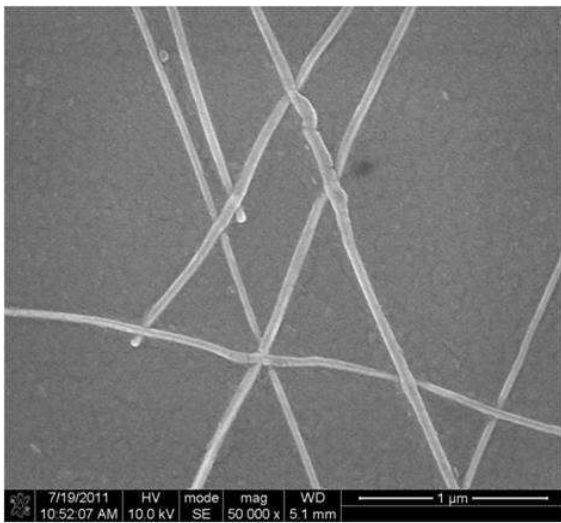
도면1



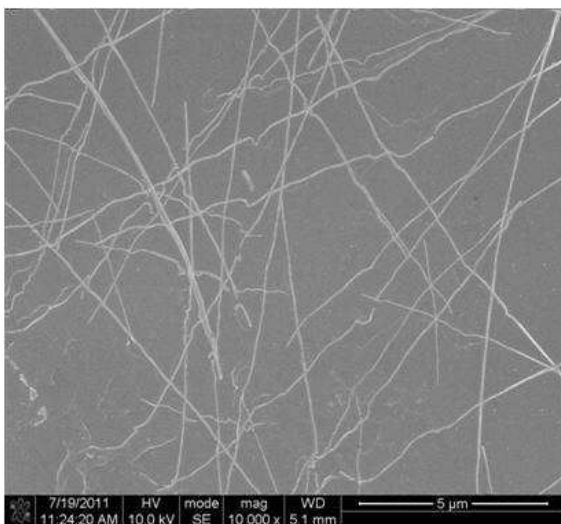
도면2



도면3



도면4



도면5

