(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월08일
(11) 등록번호 10-1470752
(24) 등록일자 2014년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 13/00 (2006.01) *H01B 5/14* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0094676
(22) 출원일자 2013년08월09일
심사청구일자 2013년08월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130066724 A
KR1020100027526 A
KR1020130048333 A

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
김한기
경기 수원시 영통구 봉영로 1526, 713동 1501호 (영통동, 살구골7단지아파트)
강신비
서울 서대문구 가좌로 35, B동 303호 (연희동, 연희맨션)
(74) 대리인
서재승

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 송병준

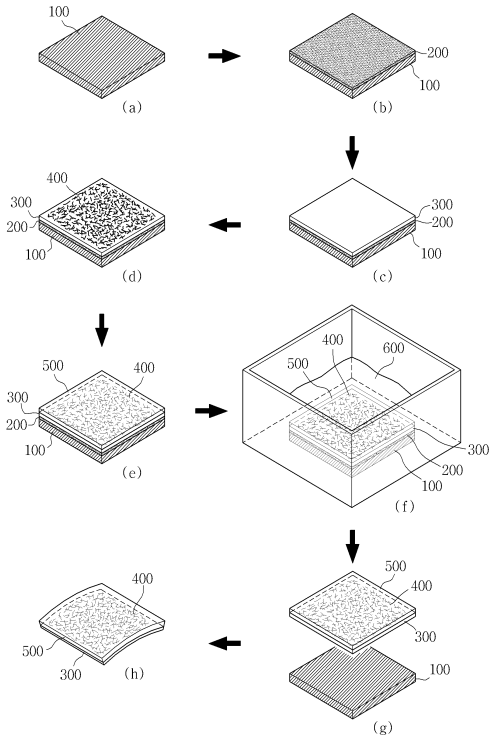
(54) 발명의 명칭 **은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 고품위 유연 투명 전극**

(57) 요 약

본 발명은 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 고품위 유연 투명 전극에 관한 것으로, 모재 기판 표면에 희생층을 형성하는 희생층 형성 단계와, 상기 희생층 표면에 투명 전극을 형성하는 투명 전극 형성 단계와, 상기 투명 전극 표면에 은 나노와이어를 도포하는 은 나노와이어 코팅 단계와,

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



상기 은 나노와이어 표면에 유연 기판 소재를 코팅한 후 건조하여 유연 기판을 형성하는 유연 기판 형성 단계 및 상기 희생층을 에칭 공정을 통해 제거하는 희생층 제거 단계를 포함하고, 상기 희생층 제거 단계를 통해 상기 희생층이 제거됨으로써, 상기 유연 기판과 은 나노와이어 및 투명 전극이 상호 결합된 상태에서 상기 모재 기판과 분리되어 유연 투명 전극이 형성되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법이 개시된다. 이에 따라서, 투명 전극과 접하게 되는 유연 기판의 계면이 우수한 평탄도를 갖게 되어 우수한 전도성을 갖는 고품질의 유연 투명 전극을 제조할 수 있을 뿐만 아니라 투명 전극에 열처리 공정을 수행할 수 있어 전기적 특성 및 투과율이 향상되는 고품위 유연 투명 전극을 제조할 수 있다.

특허청구의 범위

청구항 1

모재 기판 표면에 희생층을 형성하는 희생층 형성 단계;

상기 희생층 표면에 투명 전극을 형성하는 투명 전극 형성 단계;

상기 투명 전극 표면에 은 나노와이어를 도포하는 은 나노와이어 코팅 단계;

상기 은 나노와이어 표면에 유연 기판 소재를 코팅한 후 건조하여 유연 기판을 형성하는 유연 기판 형성 단계; 및

상기 희생층을 에칭 공정을 통해 제거하는 희생층 제거 단계;를 포함하고,

상기 희생층 제거 단계를 통해 상기 희생층이 제거됨으로써, 상기 유연 기판과 은 나노와이어 및 투명 전극이 상호 결합된 상태에서 상기 모재 기판과 분리되어 유연 투명 전극이 형성되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 투명 전극 형성 단계는,

상기 희생층 표면에 상기 투명 전극을 성막하는 성막 단계; 및

상기 성막 단계를 통해 성막된 투명 전극에 열처리 공정을 수행하는 열처리 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 모재 기판은 고온의 열처리 공정이 가능한 재질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 희생층은 금속 성분을 성막하는 방식으로 형성되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 희생층을 형성하는 금속은 상기 투명 전극과 반응하지 않는 금속 물질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 금속 물질은 은(Ag)을 포함하는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 유연 기판 소재는 수지액 형태로 상기 투명 전극에 코팅되며, CPI, PET, PEN, PES, PC, PI 중 어느 하나의 고분자 물질로 적용되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 희생층 제거 단계는

상기 모재 기판에 상기 희생층, 투명 전극 및 유연 기판이 형성된 상태에서 상기 모재 기판을 별도의 에칭 용액에 함침시켜 상기 희생층을 제거하는 방식으로 수행되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 희생층은 은(Ag)을 포함하는 금속층으로 형성되고, 상기 에칭 용액은 상기 금속층을 에칭할 수 있는 요오드 용액으로 적용되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 하나의 제조방법에 의해 제조된 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모재 기판에 순차적으로 희생층, 투명 전극, 은 나노와이어를 형성한 후 액상의 유연 기판 소재를 투명 전극에 코팅하고 건조시켜 은 나노와이어가 유연 기판에 매립된 상태를 갖게 하고 이후 희생층을 제거하여 투명 전극과 접하게 되는 유연 기판의 계면이 들뜨지 않고 평탄하게 형성되고, 우수한 전도성을 갖으며 투명 전극과 유연 기판의 결합을 안정적으로 유지시키는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 고품위 유연 투명 전극에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 급속도로 발전해 가는 나노 기술, 정보 기술 및 디스플레이 기술로 인하여 언제 어디서나 정보를 접할 수 있는 유비쿼터스 시대로 접어 들고 있으며, 이에 따라 휴대가 간편하고 이동성을 가진 모바일 정보 전자 기기에 대한 필요성이 증가되고 있다. 이러한 유비쿼터스 시대를 실현하는 정보화 기기로써 변형이 자유롭고 유연하며 가벼워 휴대가 간편한 유연 정보전자 기기의 필요성이 날로 커지고 있다.

[0003] 유연 디스플레이, 유연 트랜지스터, 유연 터치패널, 유연 태양 전지로 대표되는 유연 정보전자 기기는 모두 인

듐주석산화물(ITO:Indium Tin Oxide)로 대표되는 유연 투명 전극을 전극으로 사용하여 전류 또는 빛을 제어하게 된다.

[0004] 유연 투명 전극이란 PET, PES, PEN과 같은 유연 기판 상에 성막시킨 전극으로 높은 전도도와 가시광 영역(400nm 내지 700nm)에서 80% 이상의 높은 투과도를 가지며, 높은 유연성을 갖기 때문에 유연 정보전자 기기의 전극으로 응용이 가능하다.

[0005] 유연 투명 전극으로 응용이 가능한 소재로는 여러 가지 투명 전도 산화물(Transparent conducting oxide), 탄소나노튜브, 그래핀, 고분자 전도체가 알려져 있으며, 인듐주석산화물(ITO) 박막이 대표적으로 사용되고 있다. 이러한 유연 투명 전극은 유연 광전소자의 크기가 커짐에 따라 기존의 투명 전극보다 훨씬 낮은 면저항(10 Ohm/square 이하)을 요구하고 있다.

[0006] 그러나 ITO 등과 같은 투명 전극의 경우, 투과율 및 전기적 특성을 향상시키기 위해 200도 이상의 고온에서 투명 전극을 열처리하는 공정이 필수적으로 요구되는데, 일반적인 투명 전극의 경우 유리 기판에 성막되기 때문에 공정 온도의 제한을 받지 않지만, 유연 기판에 형성되는 유연 투명 전극의 경우에는 유연 기판이 200도 이상의 공정 온도에서 쉽게 열화가 일어나기 때문에, 고품위의 유연 투명 전극 제작이 불가능하다.

[0007] 따라서 현재 대부분의 유연 투명 전극은 유연 기판상에 스퍼터 공정을 통해 ITO를 증착하여 30-50 Ohm/square 수준의 높은 면저항을 갖는 투명 전극을 형성하는 방식으로 제조되는데, 이러한 투명 전극은 그 면저항이 높아 고품위 유연 디스플레이나 유연 태양전지, 터치패널 제작에 적합하지 않다.

[0008] 유연 투명 전극의 면저항을 요구 수준인 10 Ohm/square로 낮추기 위하여 유연 기판에 100nm 이상의 두께로 투명 전극을 증착하여 유연 투명 전극을 제조하기도 한다. 그러나 이렇게 투명 전극을 두껍게 증착하는 경우 유연 투명 기판의 벤딩 과정에서 투명 전극에 크랩(crack)이 발생하여 성능이 저하되거나 불량품이 발생하는 문제점을 가진다.

[0009] 이러한 종래 유연 투명 전극이 가지는 문제점을 해결하기 위한 수단으로 최근에는 은(Ag) 나노와이어를 이용한 투명 전극 제조에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있는 추세이다. 은 나노와이어는 단면 지름이 나노미터 단위인 극미세선으로 필름으로 제조하는 공정이 쉽고 대량생산이 가능할 뿐만 아니라 ITO에 비해 상대적으로 가격이 저렴하고 가늘고 긴 형태로 인해 투명하고 휘어져도 깨어지지 않는 장점이 있다.

[0010] 그러나, 유연 기판의 표면에 은 나노와이어를 적층하여 은 나노와이어로 이루어지는 투명 전극을 형성하는 경우 다수의 은 나노와이어가 무질서하게 교차하여 적층되기 때문에 유연 기판과 접촉하는 면이 평탄하지 못하고 들뜸이 형성된다.

[0011] 이러한 들뜸은 결국 유연 기판과 투명 전극 간에 공극을 형성하게 됨으로써 투명 전극과 유연 기판의 상호 결합을 불안정하게 하여 제품화에 어려움이 있을 뿐만 아니라 제품 성능이 저하되거나 불량이 발생하는 문제점을 가진다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2010-0124016호(2010.11.26)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 모재 기판과 희생층을 이용하여 은 나노와이어가 형성된 투명 전극에 유연 기판을 형성하고 희생층을 제거하는 방식으로 투명 전극에 대해 열처리 공정을 수행할 수 있어 우수한 전기적 특성 및 투과율을 갖는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 고품위 유연 투명 전극을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 또한, 은 나노와이어의 상면에 투명 전극이 평탄하게 형성되어 은 나노와이어와 투명 전극에 들뜸이 발생하지

않아 투명 전극과 유연 기판이 안정적으로 결합될 수 있는 고품위 유연 투명 전극 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 고품위 유연 투명 전극을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 또한, 은 나노와이어를 브러시에 묻혀 투명 전극의 표면에 발라주는 방식으로 은 나노와이어의 대면적 코팅이 가능한 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법 및 이를 이용하여 제조된 고품위 유연 투명 전극을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상으로는, 모재 기판 표면에 희생층을 형성하는 희생층 형성 단계와, 상기 희생층 표면에 투명 전극을 형성하는 투명 전극 형성 단계와, 상기 투명 전극 표면에 은 나노와이어를 도포하는 은 나노와이어 코팅 단계와, 상기 은 나노와이어 표면에 유연 기판 소재를 코팅한 후 건조하여 유연 기판을 형성하는 유연 기판 형성 단계 및 상기 희생층을 에칭 공정을 통해 제거하는 희생층 제거 단계를 포함하고, 상기 희생층 제거 단계를 통해 상기 희생층이 제거됨으로써, 상기 유연 기판과 은 나노와이어 및 투명 전극이 상호 결합된 상태에서 상기 모재 기판과 분리되어 유연 투명 전극이 형성되는 것을 특징으로 하는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법에 의해 달성된다.

[0017] 여기서, 상기 투명 전극 형성 단계는 상기 희생층 표면에 상기 투명 전극을 성막하는 성막 단계 및 상기 성막 단계를 통해 성막된 투명 전극에 열처리 공정을 수행하는 열처리 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

[0018] 이때, 상기 모재 기판은 고온의 열처리 공정이 가능한 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 희생층은 금속 성분을 성막하는 방식으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 상기 희생층을 형성하는 금속은 상기 투명 전극과 반응하지 않는 금속 물질로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0021] 그리고, 상기 금속 물질은 은(Ag)을 포함하는 것이 바람직하다.

[0022] 또한, 상기 유연 기판 소재는 수지액 형태로 상기 투명 전극에 코팅되며, CPI, PET, PEN, PES, PC, PI 중 어느 하나의 고분자 물질로 적용되는 것이 바람직하다.

[0023] 또한, 상기 희생층 제거 단계는 상기 모재 기판에 상기 희생층, 투명 전극 및 유연 기판이 형성된 상태에서 상기 모재 기판을 별도의 에칭 용액에 함침시켜 상기 희생층을 제거하는 방식으로 수행되는 것이 바람직하다.

[0024] 또한, 상기 희생층은 은(Ag)을 포함하는 금속층으로 형성되고, 상기 에칭 용액은 상기 금속층을 에칭할 수 있는 요오드 용액으로 적용되는 것이 바람직하다.

[0025] 한편, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 기술적 사상으로는, 모재 기판 표면에 희생층을 형성하는 희생층 형성 단계와, 상기 희생층 표면에 투명 전극을 형성하는 투명 전극 형성 단계와, 상기 투명 전극 표면에 은 나노와이어를 도포하는 은 나노와이어 코팅 단계와, 상기 은 나노와이어 표면에 유연 기판 소재를 코팅한 후 건조하여 유연 기판을 형성하는 유연 기판 형성 단계 및 상기 희생층을 에칭 공정을 통해 제거하는 희생층 제거 단계를 통해 제조되는 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극에 의해 달성된다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 의하면, 모재 기판에 순차적으로 희생층, 투명 전극, 은 나노와이어를 형성한 후 액상의 유연 기판 소재를 투명 전극에 코팅하여 건조시켜 은 나노와이어가 유연 기판에 매립된 상태를 갖게 되고, 이후 희생층을 제거함으로써 투명 전극과 접하게 되는 유연 기판의 계면이 평탄하게 되어 유연 기판과 투명 전극의 결합이 안정되어 우수한 성능을 갖는 고품질의 유연 투명 전극을 제조할 수 있다.

[0027] 또한, 별도의 모재 기판과 희생층을 이용하여 투명 전극을 형성한 후, 투명 전극에 유연 기판을 형성하고 희생층을 제거하는 방식으로 유연 투명 전극을 제조하기 때문에 투명 전극에 대한 고온의 열처리 공정을 수행할 수 있어 전기적 특성 및 투과율이 향상되는 고품위 유연 투명 전극을 제조할 수 있다.

[0028] 그리고, 희생층을 제거하는 과정에서 에칭 용액에 함침시켜 희생층을 제거하도록 함으로써, 별도의 가공 장치

없이도 간단하고 편리하게 희생층을 제거할 수 있고, 이를 통해 제조 비용을 낮출 수 있고 제조 시설을 소규모화할 수 있으며 신속하고 편리하게 공정을 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0029] 또한, 브러시에 은 나노와이어를 묻혀 투명 전극에 코팅하게 되어 대면적 코팅이 가능하여 다양한 소자의 양산 공정을 가능하게 하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 제조방법을 나타낸 블록도이다.

도 2는 본 발명의 제조방법을 흐름에 따라 나타낸 개략도이다.

도 3은 본 발명에 따라 유연 기판 형성 단계를 거친 후 제조된 반제품 상태의 유연 투명 전극을 나타낸 단면도이다.

도 4는 본 발명에 따라 희생층 제거 단계를 거친 유연 투명 전극을 나타낸 단면도이다.

도 5는 본 발명에 따라 투명 전극에 은 나노와이어가 형성된 상태를 전자현미경으로 촬영한 사진이다.

도 6은 본 발명에 따라 유연 기판과 투명 전극 사이에 은 나노와이어가 매립된 상태를 전자현미경으로 촬영한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0032] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0033] 도 1은 본 발명의 제조방법을 나타낸 블록도이고, 도 2는 본 발명의 제조방법을 흐름에 따라 나타낸 개략도이다.

[0034] 도면을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극 제조방법은 모재 기판(100)에 순차적으로 희생층(200), 투명 전극(300), 은 나노와이어(400), 유연 기판(500)을 형성한 후 희생층(200)을 제거하는 방식으로 이루어진다.

[0035] 이러한 유연 투명 전극 제조방법은 희생층 형성 단계(S100), 투명 전극 형성 단계(S200), 은 나노와이어 코팅 단계(S300), 유연 기판 형성 단계(S400), 희생층 제거 단계(S500)를 포함하여 구성된다.

[0036] 모재 기판(100)은 투명 전극(300)을 형성하기 위한 임시 기판의 기능을 수행하므로, 다양한 종류가 적용될 수 있다. 예를 들어, 모재 기판(100)은 실리콘 웨이퍼 형태로 적용될 수도 있고, 또는 유리 기판 형태의 모재 기판이 적용될 수 있으며, 단지 아래에서 설명하는 희생층 제거 단계(S500)에서 에칭 용액(600)에 반응하지 않는 재질로 이루어지면 충분하다.

[0037] 그리고, 모재 기판(100)에 희생층(200)과 투명 전극(300)이 형성된 이후 고온의 열처리 공정이 수행될 수 있으므로, 모재 기판(100)은 이러한 열처리 공정 시 변형이 발생하지 않는 재질, 즉 내열성을 갖는 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0038] 희생층 형성 단계(S100)는 모재 기판(100)의 표면에 희생층(200)을 형성하는 과정으로, 이러한 희생층(200)은 화학기상성장법(chemical vapor deposition, CVD) 또는 물리적기상성장법(PVD:Physical vapor deposition)에 의해 모재 기판(100)의 표면에 증착되는 방식으로 형성될 수 있으며, 특히 물리적기상성장법 중 반응성 스퍼터링 방식에 의해 형성될 수 있다.

[0039] 이러한 희생층(200)은 희생층 제거 단계(S500)에서 별도의 에칭 공정을 통해 제거되는 구성으로, 앞서 설명한 모재 기판(100)과 마찬가지로 고온의 열처리 공정 시 변형되지 않는 특성을 갖도록 형성되는 것이 바람직하다.

[0040] 또한, 희생층(200)의 표면에 투명 전극(300)이 형성되므로, 제작 과정 중에 투명 전극(300)과 반응하지 않는 재

질로 형성되는 것이 바람직하며, 이를 통해 투명 전극(300)의 고품위 특성 발현을 유지시킬 수 있다.

[0041] 예를 들어, 희생층(200)은 모재 기판(100)의 표면에 금속 성분을 증착하여 성막시키는 방식으로 형성될 수 있으며, 이때, 금속 성분은 대표적으로 은(Ag)이 적용될 수 있다.

[0042] 투명 전극 형성 단계(S200)는 희생층(200) 표면에 투명 전극(300)을 형성하는 과정으로, 이때, 투명 전극(300)은 종래 기술에서 설명한 바와 같이 여러 가지 투명 전도 산화물(Transparent conducting oxide), 탄소나노튜브, 그래핀, 고분자 전도체 등이 적용될 수 있며, 인듐주석산화물(ITO) 박막이 대표적으로 사용될 수 있다.

[0043] 이러한 투명 전극(300)은 희생층 형성 단계(S100)와 마찬가지로 화학기상성장법 또는 물리적기상성장법에 의해 희생층(200)의 표면에 증착되는 방식으로 성막 형성될 수 있다.

[0044] 이때, 투명 전극 형성 단계(S200)는 고품위의 투명 전극(300)이 형성될 수 있도록 투명 전극(300)을 고온에서 성막하거나 또는 상온에서 성막한 후 고온의 열처리 공정을 거치는 방식으로 진행될 수 있다.

[0045] 즉, 투명 전극 형성 단계(S200)는 본 발명의 일 실시예에 따라 희생층(200) 표면에 투명 전극(300)을 성막하는 성막 단계(S210)와, 성막 단계(S210)를 통해 성막된 투명 전극(300)에 열처리 공정을 수행하는 열처리 단계(S220)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0046] 성막 단계(S210)는 화학기상성장법 또는 물리적기상성장법을 통해 이루어질 수 있으며, 열처리 단계(S220)는 투명 전극(300)의 종류에 따라 최적의 열처리 온도가 설정될 수 있으며, ITO 박막의 경우 300도 이상의 고온에서 열처리되는 것이 바람직하다.

[0047] 이러한 ITO 박막의 경우 300도 이상의 열처리를 통해 Sn 도판트가 활성화되거나 박막의 결정화가 일어나기 때문에 투명 전극에서 낮은 면저항을 구현할 수 있다.

[0048] 투명 전극 형성 단계(S200)에서 이와 같이 고온의 열처리 단계(S220)를 거치더라도, 모재 기판(100) 및 희생층(200)이 이러한 열처리 공정이 가능한 재질로 형성되기 때문에, 모재 기판(100) 및 희생층(200)의 균열이나 손상이 발생하지 않게 된다.

[0049] 따라서, 모재 기판(100) 또는 희생층(200)의 균열 등에 의해 발생하는 투명 전극(300)의 균열이나 들뜸 등의 손상이 일어나지 않으므로, 본 발명에서는 투명 전극(300)에 대해 이와 같은 고온의 열처리 공정이 가능하고, 이를 통해 고품위의 투명 전극(300)을 형성할 수 있다.

[0050] 은 나노와이어 코팅 단계(S300)는 투명 전극 형성 단계(S200)에서 형성된 투명 전극(300)의 표면에 은 나노와이어(400)를 형성하는 것으로, 도 5에 도시된 바와 같이 투명 전극(300)의 표면에 다수의 은 나노와이어(400)가 상호 교차 배열되도록 형성하게 된다.

[0051] 이와 같은, 은 나노와이어 코팅 단계(S300)는 바람직하게 브러시 코팅이 적용될 수 있다. 브러시 코팅은 은 나노와이어를 브러시에 묻혀 투명 전극에 발라주는 방식으로 브러시의 너비를 연장하는 것에 따라 은 나노와이어의 코팅 면적을 제어할 수 있어 신속하고 간편하게 대면적 코팅을 할 수 있고 따라서 다양한 소자의 양산 공정에 적용될 수 있다.

[0052] 또한, 경우에 따라서 은 나노와이어 코팅 단계는 투명 전극(300)이 형성된 모재 기판(100)을 고속 회전시키면서 투명 전극(300)의 상부로 은 나노와이어(400)를 투하시켜 원심력으로 은 나노와이어(400)를 투명 전극(300)에 코팅하는 스핀 코팅, 또는 투명 전극(300)의 표면을 향해 은 나노와이어(400)를 분사시키는 스프레이 코팅 등이 적용될 수 있다.

[0053] 한편, 유연 기판 형성 단계(S400)는 은 나노와이어 코팅 단계(S300)에서 형성된 은 나노와이어(400)의 표면에 유연 기판 소재를 코팅한 후 건조하여 유연 기판(500)을 형성하는 방식으로 진행된다.

[0054] 유연 기판(500)은 본 발명에 따른 제작 방법을 통해 제작되는 유연 투명 전극(300)에서 유연성을 갖는 투명 기판이 되는 것으로, 이러한 유연 기판은 CPI, PET, PEN, PES, PC, PI와 같은 고분자 물질로 이루어질 수 있다.

[0055] 이때, 유연 기판 소재를 수지액 형태(점성이 있는 액체 형태)로 은 나노와이어(400)가 형성된 투명 전극(300)의 표면에 코팅하고 이를 건조하여 경화시킴으로써, 상호 교차 배열된 은 나노와이어(400)의 틈새로 액상의 유연 기판 소재가 스며들어 공극을 채우고 건조과정을 통해 액상의 유연 기판 소재가 경화되어 은 나노와이어(400)가 투명 전극(300)과 유연 기판(500) 사이에 매립된 형태로 형성된다.

[0056] 유연 기판 소재를 은 나노와이어(400)가 형성된 투명 전극(300)의 표면에 코팅하는 방식은 평판형의 유연 기판을 제작하는 방식에 의해 구현될 수 있다.

[0057] 예를 들면, 수지액 형태의 유연 기판 소재를 투명 전극(300)의 표면에 코팅 하는 방식은 바 코팅(bar-coating), 롤 코팅(Roll-coating), 스프레이 코팅(Spray-coating), 스핀 코팅(Spin-coating) 등에 의해 다양하게 구현될 수 있다. 이러한 코팅 방식은 일반적인 유연 기판의 제작시에 널리 사용되는 공법으로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0058] 상기와 같이 유연 기판 형성 단계(S400)를 거친게 되면 은 나노와이어(400)가 도 3에 나타난 것처럼 유연 기판(500)에 매립된 것처럼 일부는 투명 전극(300)과 접촉된 상태를 갖게 되고 나머지 일부는 유연 기판의(500) 내부에 파묻힌 상태를 갖게 된다.

[0059] 그리고, 희생층 제거 단계(S500)는 투명 전극(300) 표면에 유연 기판(500)이 형성된 이후, 희생층(200)을 에칭 공정을 통해 제거하는 과정으로, 에칭 용액(600)을 이용하여 희생층(200)을 에칭하여 제거하는 방식으로 진행된다.

[0060] 즉, 앞서 설명한 희생층 형성 단계(S100), 투명 전극 형성 단계(S200), 은 나노와이어 코팅 단계(S300) 및 유연 기판 형성 단계(S400)를 거치게 되면 모재 기판(100)의 표면에 희생층(200), 투명 전극(300), 은 나노와이어(400) 및 유연 기판(500)이 순차적으로 형성되는데, 이 상태의 모재 기판(100)을 에칭 용액(600)이 저장된 용기에 함침시키는 방식으로 진행된다.

[0061] 이때, 희생층(200)은 에칭 용액(600)에 의해 에칭되며 녹아 없어지게 된다. 따라서, 에칭 용액(600)은 희생층(200)만을 에칭할 수 있는 성분의 용액으로 형성되어야 한다.

[0062] 예를 들면, 희생층(200)이 은(Ag)으로 대표되는 금속층으로 형성된 경우, 에칭 용액(600)은 이에 대응하여 은(Ag)을 녹일 수 있는 요오드가 함유된 요오드 용액으로 적용될 수 있다.

[0063] 이와 같이 에칭 공정을 통해 희생층(200)을 제거하게 되면, 모재 기판(100)과 투명 전극(300)이 서로 분리된다. 즉, 모재 기판(100)에 희생층(200), 투명 전극(300), 은 나노와이어 및 유연 기판(500)이 순차적으로 형성된 상태에서, 희생층(200)이 제거됨으로써, 도 4에 나타난 것처럼 투명 전극(300)과 은 나노와이어(400) 및 유연 기판(500)이 서로 결합한 상태에서 모재 기판(100)과 분리된다.

[0064] 이와 같이 모재 기판(100)으로부터 분리된 투명 전극(300)과 은 나노와이어(400) 및 유연 기판(500)은 앞서 설명한 유연 기판 형성 단계(S400)를 통해 코팅 방식을 통해 결합된 상태로 유지되며, 그 자체로 하나의 유연 투명 전극을 형성하게 된다.

[0065] 이상에서 설명한 과정을 통해 유연 기판(500)과 투명 전극(300) 사이에 은 나노와이어가 매립된 형태의 유연 투명 전극이 제조되며, 이때 투명 전극(300)은 앞서 설명한 열처리 단계(S220)를 통해 열처리 공정을 거친 후이므로 전기적 특성 및 투과율이 우수한 고품위 투명 전극의 특성을 나타내게 된다.

[0066] 이러한 본 발명에 따른 은 나노와이어가 매립된 고품위 유연 투명 전극의 제조방법을 도 2를 참조하여 정리하여 보면, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이 모재 기판(100)을 준비하고, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이 모재 기판(100)의 표면에 희생층(200)을 형성하게 된다.

[0067] 이후, 도 2의 (c)에 도시된 바와 같이 희생층(200)의 표면에 투명 전극(300)을 형성하고, 이 상태에서 도 2의 (d)에 도시된 바와 같이 투명 전극(300)의 표면에 은 나노와이어(400)를 형성하게 된다.

[0068] 그리고, 도 (e)에 도시된 바와 같이 은 나노와이어(400)가 코팅된 투명 전극(300)의 표면에 유연 기판 소재를 코팅하는 방식으로 유연 기판(500)을 형성한다.

[0069] 이러한 과정을 통해 모재 기판(100)의 표면에 희생층(200), 투명 전극(300), 은 나노와이어(400) 및 유연 기판(500)이 순차적으로 형성된 상태에서 이를 도 2의 (f)에 도시된 바와 같이 에칭 용액(600)에 함침시키게 된다.

[0070] 이와 같이 에칭 용액(600)에 함침되면, 희생층(200)이 에칭 용액(600)에 녹아 제거되어 도 2의 (g)에 도시된 바와 같이 은 나노와이어(400)가 매립된 유연 기판(500)과 투명 전극(300)은 서로 결합한 상태에서 모재 기판(100)으로부터 분리된다.

[0071] 이와 같이 모재 기판(100)과 분리된 투명 전극(300)과 유연 기판(500)은 도 2의 (h)에 도시된 바와 같이 유연성을 갖는 하나의 유연 투명 전극을 형성하게 된다.

[0072] 이때, 도 2의 (c)에 도시된 투명 전극(300)을 형성하는 과정은 희생층(200) 표면에 투명 전극(300)을 성막한 후, 성막된 투명 전극(300)에 고온의 열처리 공정을 수행하는 방식으로 진행된다.

[0073] 이와 같은 열처리 공정을 수행함으로써, 투명 전극(300)의 전기적 특성 및 투과율을 향상시킬 수 있고, 이러한 열처리 공정이 완료된 이후에 도 2의 (d) 및 도 2의 (e)에 도시된 바와 같이 은 나노와이어 및 유연 기판을 형성한다.

[0074] 따라서, 투명 전극(300)의 열처리 공정은 종래 기술과 달리 유연 기판(500)이 존재하지 않는 상태로 진행되므로, 열처리 공정에 따른 유연 기판의 손상이 발생하지 않는다.

[0075] 이에 따라 종래 기술에서 발생하는 열처리 공정시 유연 기판(500)의 균열 등에 의한 투명 전극(300)의 균열이나 들뜸과 같은 손상을 원천적으로 차단할 수 있으며, 투명 전극(300)에 대한 고온의 열처리 공정을 통해 고품위의 유연 투명 전극을 형성할 수 있다.

[0076] 또한, 액상의 유연 기판 소재가 투명 전극(300)의 표면에 형성된 은 나노와이어(400)의 틈새로 스며들어 채우기 때문에 액상의 유연 기판 소재가 건조된 후에는 은 나노와이어(400)가 유연 기판(500)에 매립된 형태를 갖기 때문에 도 6과 같이 투명 전극(300)과 접하게 되는 유연 기판(500)의 계면이 우수한 평탄도를 갖게 되고 따라서, 투명 전극의 접촉면적이 증가하게 되어 우수한 결합력을 갖게 된다.

[0077] 한편, 본 발명은 앞서 설명한 실시예로 한정되는 것이 아니라 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 수정 및 변형하여 실시할 수 있고, 그러한 수정 및 변형이 가해진 것도 본 발명의 기술적 사상에 속하는 것으로 보아야 한다.

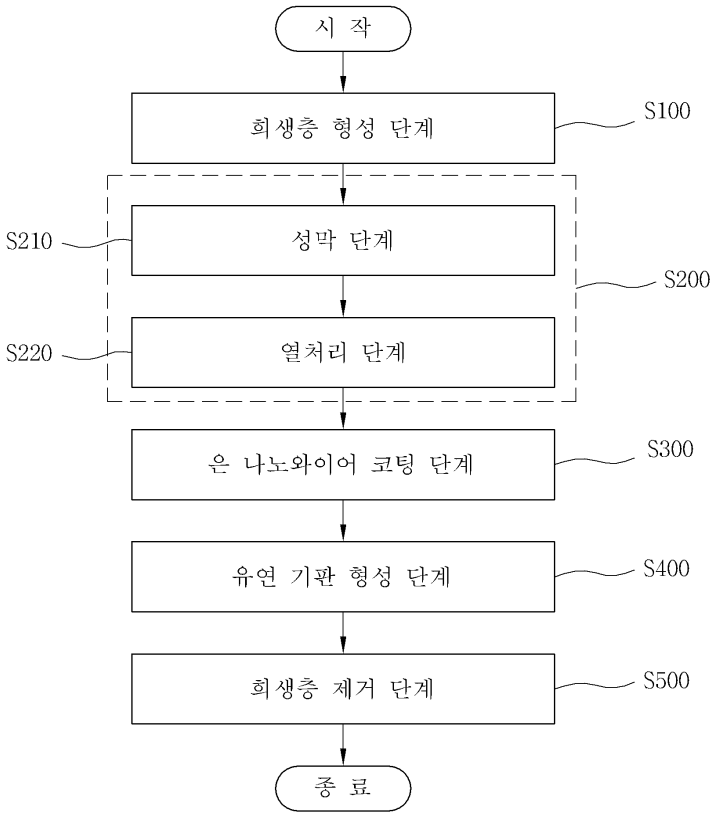
부호의 설명

[0078]

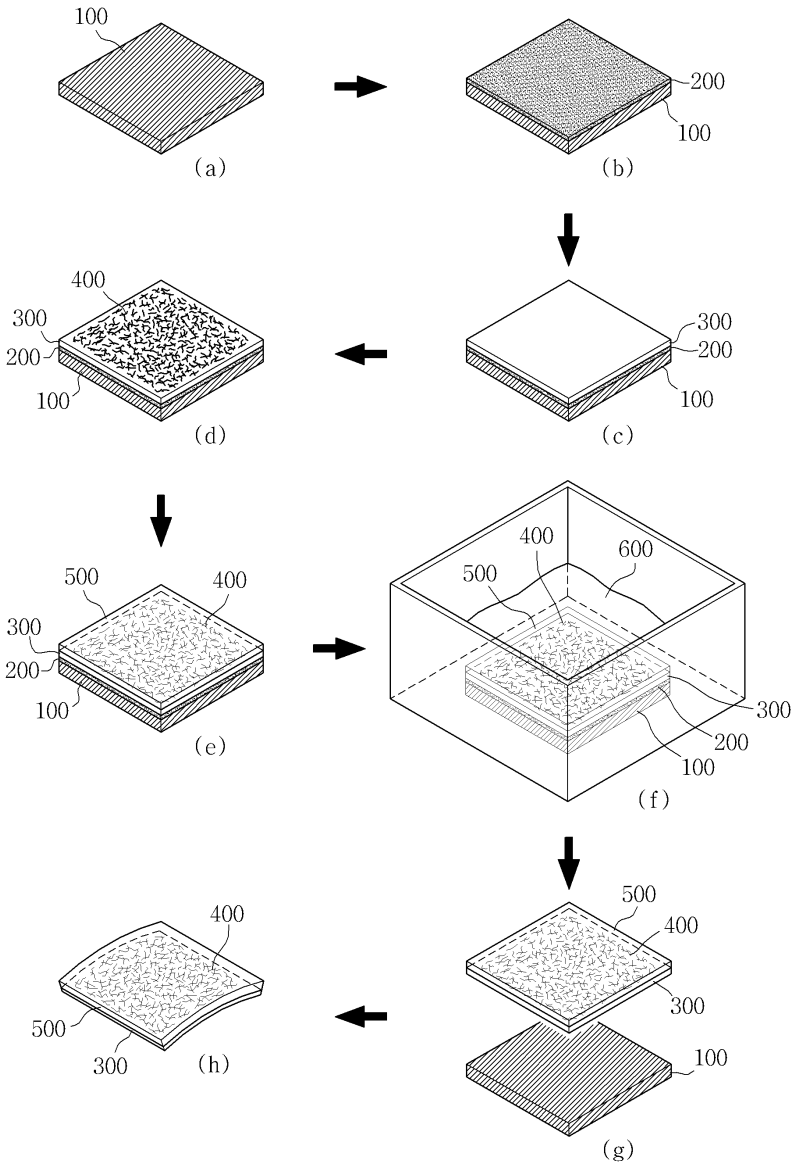
100 : 모재 기판	200 : 희생층
300 : 투명 전극	400 : 은 나노와이어
500 : 유연 기판	600 : 에칭 용액

도면

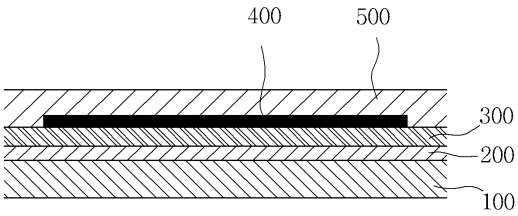
도면1


시 작
희생층 형성 단계
S100
S210
성막 단계
S200
S220
열처리 단계
은 나노와이어 코팅 단계
S300
유연 기판 형성 단계
S400
희생층 제거 단계
S500
종 료

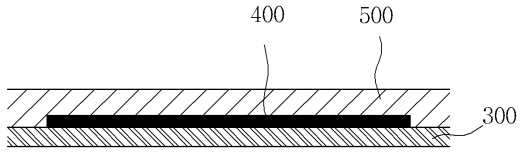
도면2


100
(a)
200
100
(b)
300
200
100
(c)
400
300
200
100
(d)
500
400
300
200
100
(e)
400
600
500
300
200
100
(f)
500
400
300
100
(g)
400
500
300
(h)

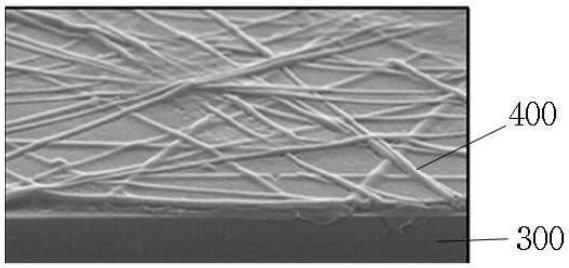
도면3


400
500
300
200
100

도면4



도면5



도면6

