



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0100783
(43) 공개일자 2017년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/52 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
H01L 51/00 (2006.01) H01L 51/56 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5215 (2013.01)
H01L 21/02601 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0023062
(22) 출원일자 2016년02월26일
심사청구일자 2016년02월26일

(71) 출원인
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
김일두
대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원 신
소재공학과
루옌하오
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학
기술원)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양성보

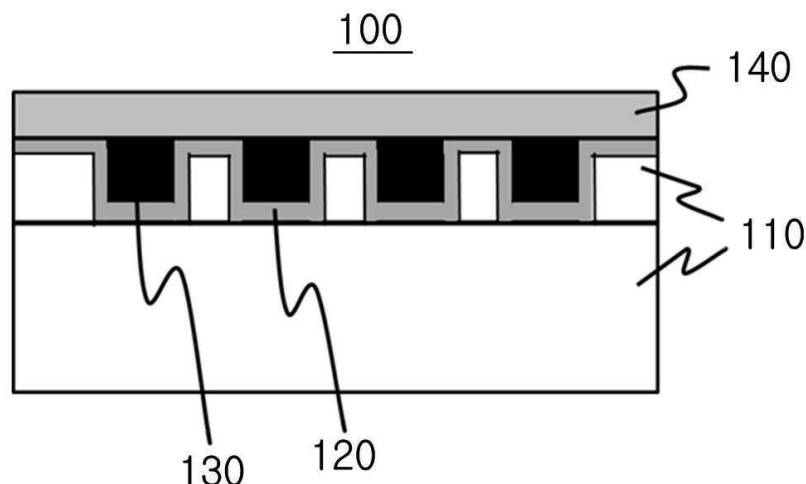
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 벨트 형상의 금속 전극선이 내장된 플렉서블 OLED 디스플레이용 폴리이미드 투명전극 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 무작위한 배열을 이루거나 특정한 방향으로 정렬된 금속 나노 벨트 내지는 마이크로 벨트 또는 그리드 형태의 금속 메쉬 전극이 무색, 투명한 유연 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 유연 투명전극 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 상기 금속 나노 벨트 내지는 마이크로 벨트 또는 그리드 형상의 금속선은 전기방사 또는 전기수력학적 프린팅 장치를 이용하여 제조된 고분자 나노섬유를 식각 마스크로 사용하여 제조됨으로써, 고가의 포토리소그래피(Photo lithography) 공정 없이 제조가 가능한 장점이 있다. 특히 금속 전극선이 완벽하게 투명 폴리이미드 기판의 한쪽 면에 내장됨에 따라 매끄러운 표면 평탄도를 가져, 플렉서블 OLED 디스플레이 기판으로 적용이 가능하다. 또한 폴리이미드 기판의 기판이기 때문에 고온 공정이 요구되는 태양전지, 디스플레이용 기판으로도 활용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/0002 (2013.01)

H01L 51/0011 (2013.01)

H01L 51/0017 (2013.01)

H01L 51/0097 (2013.01)

H01L 51/56 (2013.01)

H01L 2227/32 (2013.01)

(72) 발명자

윤두영

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)

이지현

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)

명세서

청구범위

청구항 1

무작위한 배열을 이루거나 특정한 방향으로 정렬된 금속선 형상 내지는 그리드 형상을 갖는 금속 전극층; 및
상기 금속 전극층이 내장된 투명기판

을 포함하고,

상기 금속 전극층이 상기 투명기판의 한쪽 면에 내장되어 일체화됨에 따라 평탄한 표면을 갖는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속 전극층을 구성하는 금속이 구리인 경우, 상기 투명기판의 제조에 이용된 투명 폴리이미드 전구체 용액인 폴리아믹산 용액에 의한 구리 식각을 방지하기 위해, 상기 금속 전극층과 상기 투명기판이 서로 맞닿아 있는 계면부에 형성된 보호층

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 보호층은 10 나노미터(nm) 내지 100 나노미터(nm)의 두께 범위를 갖는 금속, 고분자 및 세라믹 중에서 선택된 하나 또는 둘 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 보호층은 내산화성을 갖는 금, 은, 니켈, 플라티늄 및 티타늄 중에서 선택된 하나 또는 둘 이상의 금속을 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 보호층은 내산화성을 갖는 SiO_2 , SiN , MgO , ZnO , SnO_2 , WO_3 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , NiO , TiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , Cr_3O_4 , Cr_2O_3 , CeO_2 , Nd_2O_3 , Sm_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 , Tb_4O_7 , Dy_2O_3 , Er_2O_3 , Yb_2O_3 및 Lu_2O_3 중에서 적어도 하나 세라믹을 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 보호층은 내산화성을 갖는 폴리아릴아민하이드로클로라이드(Poly allyamine hydrochloride)의 분자량이 10,000에서 450,000의 범위에 포함되는 고분자를 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 금속선 형상 내지는 상기 그리드 형상을 형성하는 금속 전극선은 배선두께와 배선간격에 따라서 전도도와 투과도를 조절하기 위해, 전극 배선 간의 간격이 5 마이크로미터(μm)에서 10 밀리미터(mm)의 범위에 포함되도

록 조절되어 형성되는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 투명기판은 무색 폴리이미드 투명기판을 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 투명기판은 폴리이미드 전구체인 폴리아믹산 용액으로부터 이미드화 열처리를 거쳐 550 나노미터(nm) 가시광선 영역의 파장에서 투과도가 80 내지 95%의 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 투명기판의 기판 두께는 5 마이크로미터(μm) 내지 100 마이크로미터(μm)의 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항의 고내열성 유연 투명전극을 포함하고,

투과도가 80 내지 90 %의 범위에 포함되고,

저항이 0.1 내지 200 W/sq의 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이.

청구항 12

고내열성 유연 투명전극의 제조방법에 있어서,

- (a) 금속 박막층을 기판에 증착하는 단계;
- (b) 상기 금속 박막층 위에 고분자 나노섬유 전극 마스크를 형성하는 단계;
- (c) 상기 고분자 나노섬유 전극 마스크로 보호되지 않은 금속 박막 부분을 식각하는 단계;
- (d) 상기 식각을 통해 얻어진 금속 전극층 위에 전구체 용액을 코팅하는 단계; 및
- (e) 상기 전구체 용액을 열처리하여, 상기 금속 전극층이 필름의 한쪽 표면에 내장되어 평탄한 표면을 갖는 고내열성 유연 투명전극을 제조하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 기판의 상단에 10 나노미터(nm) 내지 1 마이크로미터(μm)의 두께 범위를 갖는 금속 박막층을 DC 또는 RF 스퍼터링 방법, PLD(Pulsed Laser Deposition), 열 증발법(Thermal Evaporation), 전자빔 증발법(E-beam Evaporation), 기상화학 증착법(Chemical Vapor Deposition) 및 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition) 중 어느 하나를 이용하여 면저항이 0.001 내지 10 Ω/sq 의 범위에 포함되도록 증착하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 금속 박막층을 증착하기 전에 상기 기판과 상기 금속 박막층 간의 접착 특성을 증가시키기 위해, 티타늄(Titanium), 크롬(Chromium), 플라티늄(Platinum) 및 니켈(Nickel) 중 적어도 하나로 형성된 접착층을 상기 기판과 상기 금속 박막층 사이에 증착하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

상기 금속 박막층을 증착하기 전에 상기 기판과 상기 금속 박막층간의 접착 특성을 증가시키기 위해, 산소 플라즈마 처리 및 오존 자외선 처리 중 적어도 하나를 처리하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크는 전기 방사법을 이용하여 무작위한 배열을 갖는 벨트 마스크, 한 방향으로 정렬된 배열을 갖는 벨트 마스크 및 그리드 형태로 정렬된 배열을 갖는 벨트 마스크 중 하나의 형태로 상기 금속 박막층 위에 직접 그려지는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크는 전기수력학적 젯 프린팅(Electrohydrodynamic jet deposition) 공정을 이용하여 상기 금속 박막층 위에 직접 그리드 형태로 그려지는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크는 롤투롤 공정(Roll-to-roll processing), 그라비어 프린팅(Gravure printing) 및 포토리소그래피(Photo lithography) 중 어느 하나를 통해 형성된 고분자 섬유 마스크를 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크의 배선의 두께가 500 나노미터(nm) 내지 10 마이크로미터(μm)의 범위에 포함되고,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크의 배선간의 간격이 5 마이크로미터(μm) 내지 10 밀리미터(mm)의 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 20

제12항에 있어서,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크는 물에는 녹지 않는 것을 특징으로 하는 폴리아크릴나이트릴(PAN, Polyacrilonitrile), 폴리비닐아세테이트(PVAc, Polyvinylacetate), 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA, Polymethylmethacrylate, 폴리스티렌(PS, Polystyrene), 폴리비닐클로라이드(PVC, Polyvinylchloride) 및 폴리카보네이트(PC, Polycarbonate) 중 적어도 하나의 고분자를 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 21

제12항에 있어서,

상기 (c) 단계 이전에,

상기 금속 박막층과 상기 고분자 나노섬유 전극 마스크간의 접착성 향상을 위해, 상기 고분자 나노섬유 전극 마스크를 팽윤(Swelling) 가능한 용매인 아세톤(Acetone), 에탄올(Ethanol), N,N-디메틸포름아마이드(DMF, Dimethylformamide), N-메틸-2-피롤리돈(NMP, N-Methyl-2-Pyrrolidone), 디메틸아세트아마이드(DMAc, Dimethylacetamide) 및 테트라하이드로퓨란(THF, Tetrahydrofuran) 중 하나 이상을 선택하여 용매가 증발 가능한 온도에서 용매 어닐링(annealing)을 30초에서 5분 이내로 실시하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 22

제12항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크의 배선 간의 간격 및 배선 두께가 100 나노미터(nm) 내지 1 마이크로미터(μm)의 범위에 포함되는 경우 이온빔 식각, 서브트랙티브 플라즈마 식각 및 고온 염소(chlorin) 가스 식각 중 적어도 하나의 건식법을 이용하여 상기 금속 박막을 식각하고,

상기 고분자 나노섬유 전극 마스크의 배선 간의 간격 및 배선 두께가 1 마이크로미터(μm) 이상일 경우 증류수-염화제이철(FeCl_3), 증류수-염산(HCl)-염화제이철(FeCl_3), 증류수-질산(HNO_3), 증류수-질산(HNO_3)-질산은(AgNO_3), 증류수-과황산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) 및 증류수-염화암모늄(NH_4Cl)-암모니아수 중 적어도 하나의 용액을 이용한 습식법을 이용하여 상기 금속 박막을 식각하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 23

제12항에 있어서,

상기 (c) 단계 이후에,

(f) 상기 식각을 통해 얻어진 금속 나노 및 마이크로 벨트 형상 내지는 금속 메쉬 형상의 금속 전극층 위에 전구체 용액에 대한 보호층을 코팅하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 (f) 단계는,

상기 보호층이 금속 또는 세라믹인 경우 DC 또는 RF 스퍼터링 방법, PLD(Pulsed Laser Deposition), 열 증발법(Thermal Evaporation), 전자빔 증발법 (E-beam Evaporation), 기상화학 증착법 (Chemical Vapor Deposition) 및 원자층 증착법 (Atomic Layer Deposition) 중 어느 하나를 이용하여 상기 보호층을 치밀한 박막 형태로 코팅하고,

상기 보호층이 고분자인 경우 상온에서 1 내지 10 wt%의 농도 범위를 갖는 폴리아릴아민하이드로클로라이드(PAH, Polyallylamine hydrochloride) 용액을 스핀코팅 방법, 프린팅 방법, 디핑코팅 방법 및 스프레이 방법 중 어느 하나의 방법을 이용하여 상기 보호층을 코팅하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 25

제12항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

상기 금속 전극층이 형성된 기판 위에 상기 전구체 용액으로서 폴리아민산 용액을 코팅하여 생성된 폴리아민산 막을, 수소가 포함된 기체에서 150 내지 250 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 열처리하여 무색 투명하며 유연한 폴리아미드 기판을 제조하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 26

제12항에 있어서,

(g) 상기 금속 전극층이 상기 필름의 한쪽 표면에 내장되어 일체화된 상기 고내열성 유연 투명전극을 상기 기관에서 분리하는 단계; 및

(h) 상기 기관으로부터 분리된 상기 고내열성 유연 투명전극의 표면에 추가의 전도성 막을 코팅하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 (g) 단계는,

상기 금속 전극층이 내장된 상기 필름을 증류수에 1 내지 30분 동안 담그는 과정을 통해 상기 고내열성 유연 투명전극을 상기 기관에서 분리하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

청구항 28

제26항에 있어서,

상기 (h) 단계는,

상기 필름에 내장된 금속 전극층의 내산화성과 외부의 물리적 및 화학적 자극으로부터의 저항성을 높이기 위해, 상기 금속 전극층 상단에 10 나노미터(nm) 내지 200 나노미터(nm)의 두께 범위를 갖는 무기물 박막층을 상기 추가의 전도성 막으로서, RF 스퍼터링 방법, PLD(Pulsed Laser Deposition), 열 증발법(Thermal Evaporation), 전자빔 증발법(E-beam Evaporation), 기상화학 증착법(Cheical Vapor Deposition) 및 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition) 중 어느 하나를 이용하여 증착하는 것을 특징으로 하는 고내열성 유연 투명전극의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 투명전극을 구성하는 벨트 형상의 금속 전극선(나노 벨트 또는 마이크로 벨트)을 무색 투명한 유연 폴리이미드 기관에 내장하여 평탄한 표면 구조를 갖는 고내열성 유연 폴리이미드 기반 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 유리 기관 위에 금속 박막층을 형성하고, 고분자 섬유를 금속 박막층 위에 선택적으로 코팅하여 식각 보호 패턴으로 사용하고, 식각 과정과 고분자 섬유 제거 과정을 거쳐 얻어진 벨트 형상의 금속 전극선을 투명 폴리이미드 필름의 한쪽 표면에 내장하여 높은 열적, 기계적, 화학적 안정성과 함께 균일한 표면 평탄도를 가지는 것을 특징으로 하는 고내열성, 고전도성, 고굴절율 유연 폴리이미드 투명전극을 제공한다.

배경 기술

[0003] 2010년부터 LCD(Liquid Crystal Display) TV시장이 성숙단계에 접어들면서 차세대 디스플레이로서 OLED(Organic Light Emitting Diode)가 큰 주목을 받고 있다. 특히 AMOLED(Active Matrix OLED) 방식은 유기물을 이용하여 직접 발광하는 메커니즘을 가지고 있어 향후 유연하며 휘어지는(flexible) 디스플레이 시장에 적합한 기술로 여겨지고 있다.

[0004] 따라서 최근 전자기기 산업에서는 기관기술, 트랜지스터 기술, 디스플레이 모드기술, 공정기술, 소재기술을 접목시켜 유연한 디스플레이를 구현하려는 노력이 이어지고 있다. 현재 투명전극은 태양전지, 터치패널, 디스플레이 등의 전극재료나 CRT(Cathode Ray Tube), PDP(Plasma Display Panel)의 전자과 차폐막 및 정전기 발생 억제 등의 용도로 사용되고 있으나 주로 유리기관 위에 전극을 형성시켜 유연소자로서 응용에 큰 제한을 겪고 있다. 따라서 차세대 투명전극으로써의 응용을 위해서는 전극 및 기관의 유연성이 확보되어야 한다. 이를 구현하기 위해 전극의 경우 그래핀, 탄소나노튜브, 금속 나노와이어, 금속 메쉬(mesh)가 유망한 재료로써 제시되고 있

으며, 기관의 경우에는 플라스틱 같은 유연하고 휘어지는 유기물 재료가 주로 사용되고 있다.

- [0005] 금속 나노와이어의 경우에는 주로 용액공정을 통해 만들어지며, 쉽게 높은 중형비를 가지는 와이어를 만들 수 있어 다양하게 응용되고 있다. 또한, 금속 메쉬의 경우에는 진공 증착, 스퍼터링, 이온 플레이팅, 화학기상 증착, 잉크젯 프린팅, 스크린프린팅 등과 같은 공정을 사용하여 필요에 맞게 설계하여 형성할 수 있다. 대한민국 등록특허공보 제10-1266985호에서는 전기수력학적 잉크 분사방식으로 한 터치스크린 패널 투명전극을 제조하는 기술을 개시하고 있다. 상기 전기수력학적 패터닝(patterning) 방식은 비교적 저가의 장비를 사용하여 마이크로 수준의 금속 메쉬를 제조하는 기술로 알려져 있어 신개념 금속 메쉬 제작 기술로 널리 사용될 것으로 기대되고 있다.
- [0006] 포토레지스트(PR, Photoresist)를 마스크로 이용한 리소그래피(Lithography) 공정은 미세한 패턴형성에 있어서 높은 기술력을 가지고 있어 현재 반도체 산업 및 각종 미세 패터닝 기술이 필요한 분야에서 사용되고 있다. 그렇지만 상기 공정의 경우 장비 및 마스크 제작비용 등이 비싸며 공정이 복잡하다는 단점이 있다.
- [0007] 이러한 이유로 터치패널 같은 반도체산업에 비해 비교적 낮은 미세 패터닝 기술이 필요한 산업에서는 볼투볼, 그라비아, 잉크젯 프린팅 공정을 이용해 전극을 제조하는 것이 가능하다. 하지만 대부분의 패터닝 공정들은 여전히 낮은 가격경쟁력과 복잡한 공정 과정의 한계를 겪고 있다. 따라서 최근에는 결정립계를 이용한 패터닝, 전기방사법을 이용한 패터닝, 전기수력학적 젯 프린팅 기법을 이용한 패터닝 등과 같이, 저가격의 재료나 공정을 이용한 패터닝 기술이 연구되고 있다.
- [0008] 전기방사(Electrospinning)는 전기적으로 하전된 고분자 용액 및 용융물의 젯(jet)을 통해 나노섬유를 제조할 수 있는 공정이다. 이러한 전기방사 기술은 저가의 장비이며 용매에 용융 및 혼합이 가능한 모든 고분자 재료를 사용하여 나노섬유를 쉽게 제조할 수 있고 나노섬유의 형상 및 크기의 조절이 용이하여 다양한 응용 분야에 적용이 가능한 기술이다. 하지만 전기방사 공정으로는 무작위한 배열의 섬유는 쉽게 제조할 수 있으나 원하는 모양으로 패터닝된 섬유는 얻기 어렵다는 단점을 가지고 있다.
- [0009] 전기수력학 프린팅은 그 원리는 전기방사와 비슷하며 전기장을 이용하여 미세 액적을 토출하는 방식이다. 노즐과 기관 사이에 균일한 전기장이 생성되면 대전된 잉크가 정전기력에 의해 노즐 끝단에서 기관으로 이동하는데, 이때 노즐 끝단에서는 메니스커스가 원뿔모양의 테일러 콘(Taylor Cone) 형상으로 유지되며, 인가된 정전기력 크기에 따라 다양한 형태의 토출이 이루어지게 된다. 전기수력학 프린팅의 액적은 테일러 콘의 끝 단에서 나노, 마이크로 크기로 형성이 가능하여 나노 크기의 고해상도 패턴 구현이 가능하고 전기방사와는 달리 원하는 모양으로 패터닝이 가능하기 때문에 많은 응용분야에 사용되고 있는 기술이다.
- [0010] 무색 투명한 유연 폴리이미드 필름은 폴리이미드의 전구체 용액인 폴리아민산 용액을 제조하고 이를 코팅한 후 200 ℃ 부근의 온도에서 이미드화를 위한 열처리를 거침으로써 내화학적, 내열성, 전기절연성이 확보된 고분자 필름으로 제조된다. 이때 폴리아민산 용액은 방향족 디아민(Aromatic diamine) 또는 방향족 디이소시아네이트(Aromatic diisocyanate) 용액을 방향족 디안하이드라이드(Aromatic dianhydride)와 중합하여 제조할 수 있다. 현재 폴리이미드 필름은 유연하고 휘어질 수 있으며, 뛰어난 절연 특성 및 300 ℃ 부근의 온도에서 견디는 내열적 특성 덕분에 절연막, 전극보호막, 유연소자 배선기관 등의 분야에서 광범위하게 사용되고 있다.
- [0011] 하지만 폴리이미드 필름은 이미드 사슬 내에 존재하는 방향족 고리 분자에서 일어나는 $\pi-\pi$ 전자 전이에 의해 갈색 및 황색 빛깔을 띄게 되어 광투과도의 황색지수가 높다는 큰 단점을 가지고 있다. 이런 문제점을 해결 하기 위해 대한민국 공개특허공보 제10-2003-0009437호 및 제10-2013-0110589호 등에서는 폴리이미드 단량체인 디아민(Diamine) 및 디안하이드라이드(Dianhydride)의 분자구조를 바꿈으로써 $\pi-\pi$ 전자 전이를 감소시켜 무색, 투명한 유연 폴리이미드를 제조하는 기술을 공개하였다.
- [0012] 다양한 재료를 이용하여 만들어진 유연 투명전극이 디스플레이, 태양전지, 터치스크린 등과 같은 소자에 이용되기 위해서는 표면의 거칠기가 매우 중요하다. 표면이 균일하지 않은 경우 그 단차에서 전기적 단락이 일어날 수 있으며 재료간 계면특성이 크게 저하되는데 이는 소자에 막대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 플라스틱 기관 위에 제조된 투명전극이 유연하면서도, 표면이 매끄럽고, 고온공정에서도 견딜 수 있는 우수한 내열 특성 및 고굴절율 특성을 동시에 갖는 투명전극의 개발이 플렉서블 태양전지 및 OLED 디스플레이 적용을 위해 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 목적은, 저가의 고속 제조 공정을 적용하여 벨트 형상의 금속선을 고온에서 견딜 수 있는 무색 투명한 유연 폴리이미드 기판에 내장함으로써 우수한 표면 평탄도, 유연성, 내산화성, 내열성이 확보된 투명전극 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0015] 본 발명의 다른 목적은, 고가의 공정인 포토 리소그래피에서 필요로 하는 포토레지스트 도포, 노광, 디벨로핑(developing)과 같은 복잡한 공정 단계 없이 전기방사법(Electrospinning) 또는 전기수력학적 프린팅(Electrohydrodynamic Deposition, EHD Printing) 방법을 이용하여 저가의 고분자 섬유를 에칭용 마스크로 적용하기 위해, 고속으로 금속 박막층 위에 직접 패터닝한 후, 고분자 섬유에 덮이지 않은 금속 박막을 에칭하고, 고분자 섬유를 제거하는 간단한 공정을 통해 벨트 형상의 금속선이 내장된 투명 폴리이미드 전극을 고속, 대면적으로 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0016] 본 발명의 다른 목적은, 상기 투명 폴리이미드 기판에 내장되는 벨트 형상의 금속선의 종류가 구리인 경우 폴리이미드 기판에 구리선 전극이 내장되는 과정에서 발생할 수 있는 구리 식각 문제를 해결하기 위해 투명 폴리이미드 기판과 구리선 전극 사이의 계면에 보호층을 도입함으로써 구리 식각을 막아주어 전극의 전기적 안정성을 향상시키는 공정을 제공하는 것이다.
- [0017] 본 발명의 다른 목적은, 유연 폴리이미드 기판 표면에 내장되어 한쪽 면만이 노출된 벨트 형상의 금속선 전극(랜덤 형상 내지는 메쉬 형상)의 상층부에 전도성 박막을 더 증착하여 전도성 특성과 내산화성이 더욱 개선된 고내열성 투명전극 제조공정을 제공하는 것이다.
- [0018] 본 발명의 다른 목적은, 벨트 형상의 금속선 전극의 폭과 간격을 전기방사법(Electrospinning) 또는 전기수력학적 프린팅(Electrohydrodynamic Deposition, EHD Printing) 방법으로 얻어진 고분자 섬유의 직경을 조절함으로써, 손쉽게 제어할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명의 일 관점인 투명전극을 구성하는 전극층이 유연 투명기판의 한쪽 면에 내장되어 균일한 표면을 가지는 고내열성 유연 투명전극에서 전극층은 무작위적으로 산포된(randomly oriented) 금속선이거나 그리드 형태의 메쉬 전극이며, 유연 투명기판으로는 무색 투명한 폴리이미드를 사용하며, 전극층이 기판안에 내장될 때 전극과 기판과의 계면부에 보호층을 포함함으로써 투명 폴리이미드 전구체 용액에 의한 금속 전극의 식각을 막아 전극의 전도도를 높게 유지하는 것을 특징으로 하는 금속선이 내장되어 균일한 평탄도를 갖는 투명 폴리이미드 기판을 제공한다.
- [0021] 본 발명의 다른 관점인 벨트 형상의 금속선이 내장된 투명 폴리이미드 기판의 제조방법은 (a) 금속 박막층을 유리기판 위에 증착하는 단계; (b) 금속 박막층 위에 무질서하게 배열되거나 그리드 형상의 고분자 섬유 마스크를 전기방사 내지는 전기수력학적 프린팅 공정을 이용하여 형성하는 단계; (c) 상기 고분자 섬유 마스크와 금속 박막층 간의 접촉특성을 증가시키기 위해 고분자 나노섬유 마스크를 스웰링하는 단계; (d) 상기 금속 박막층을 식각하고 상기 고분자 섬유 마스크를 제거하는 단계; (e) 상기 식각을 통해 얻어진 무질서하게 배열된 벨트 형상의 금속선 내지는 그리드 형상의 금속선 전극 위에 보호층을 코팅하는 단계; (f) 상기 유리기판 위에 형성된 보호층을 포함하는 금속 전극 층 위에 폴리이미드의 전구체 용액인 폴리아믹산 용액을 코팅하는 단계; (g) 상기 폴리아믹산 용액을 열처리하여 보호층을 포함하는 금속 전극층이 투명 폴리이미드 기판 한쪽 표면에 내장된 유연 투명전극을 제조하는 단계; (h) 상기 무질서하게 배열된 벨트 형상의 금속선 내지는 그리드 형상의 금속선 전극이 내장된 투명 폴리이미드 기판을 유리기판에서 분리하는 단계; (i) 상기 유리 기판으로부터 분리된 벨트 형상의 금속선이 내장된 투명 폴리이미드 기판위에 금속 나노, 마이크로 벨트 추가의 전도성 막을 코팅하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 (a) 단계에서, 금속 박막층을 유리기판 상단에 증착하는 방법은 DC 또는 RF 스퍼터링 방법, PLD(Pulsed Laser Deposition), 열 증발법(Thermal Evaporation), 전자빔 증발법(E-beam Evaporation), 기상화학 증착법(Cheical Vapor Deposition), 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition) 중 어느 하나를 이용할 수 있다. 금속 박막층을 구성하는 금속 전극은 전도성이 높은 금속이면 특정 금속에 제약을 두지 않으며, 바람직하게는 Ag,

Cu, Ni 등이 사용될 수 있다.

- [0023] 상기 (a) 단계에서, 상기 금속 박막을 증착하기 전에 유리화 금속 박막 층간의 접착 특성을 향상시키기 위해서 접착층으로써 금, 은, 티타늄(Titanium), 크롬(Chromium), 니켈(Nickel), 플래티늄(Platinum) 중 하나를 포함하거나, 플라즈마, 오존 자외선 처리 중 하나를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 (b) 단계에서, 상기 고분자 섬유 마스크를 형성하는 고분자는 물에 녹지 않는 것을 특징으로 하는 폴리아크릴나이트릴(PAN, Polyacrylonitrile), 폴리비닐아세테이트(PVAc, Polyvinylacetate), 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA, Polymethylmethacrylate, 폴리스티렌(PS, Polystyrene), 폴리비닐클로라이드(PVC, Polyvinylchloride), 폴리카보네이트(PC, Polycarbonate) 중에서 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 고분자 나노섬유 마스크는 전기방사 방법 내지는 전기수력학적 프린팅 방법을 이용하여, 무질서한 배열 내지는 정렬된 그리드 형상의 나노섬유를 형성할 수 있다.
- [0025] 상기 (c) 단계에서, 상기 고분자 나노섬유 마스크와 금속 박막층 간의 접착성을 향상시키기 위해 고분자 마스크를 스웰링(Swelling)할 수 있는 용매인 아세톤(Acetone), 에탄올(Ethanol), N,N-디메틸포름아마이드(DMF, Dimethylformamide), N-메틸-2-피롤리돈(NMP, N-Methyl-2-Pyrrolidone), 디메틸아세트아마이드(DMAc, Dimethylacetamide), 테트라하이드로퓨란(THF, Tetrahydrofuran) 중 하나 이상을 선택할 수 있다.
- [0026] 상기 (d) 단계에서, 고분자 나노섬유 마스크에 의해 보호되지 않은 금속 박막 부분을 식각하기 위해 건식 식각법과 습식 식각법 중 하나를 선택하여, 식각하는 단계로, 건식 식각법은 이온빔 식각, 서브트랙티브 플라즈마 식각, 고온클로린가스 식각 중에서 선택된 하나인 것을 특징으로 하고, 습식 식각법은 고분자 나노섬유 마스크 배선 간격이 5 μm 이상으로 넓고, 고분자 나노섬유의 두께가 1 μm 이상일 경우, 증류수- FeCl_3 , 증류수-염산- FeCl_3 , 증류수-질산, 증류수-질산-실버니트레이트, 증류수-암모늄퍼설페이트-염산, 증류수-구리암모늄클로라이드-암모니아수 용액 중에서 하나 이상을 선택할 수 있다.
- [0027] 상기 (e) 단계에서, 식각을 통해 얻어진 무질서하게 배열된 벨트 형상의 금속선 내지는 그리드 형상의 금속선 전극 층을 투명 폴리이미드 기판의 전구체 용액인 폴리아믹산 용액으로부터 보호하기 위해 금속, 세라믹, 고분자 보호층을 선택적으로 형성하는 단계로;
- [0028] 금속과 세라믹 보호층은 DC 또는 RF 스퍼터링 방법, Pulsed Laser Deposition (PLD), 열 증발법 (Thermal Evaporation), 전자빔 증발법 (E-beam Evaporation), 기상화학 증착법 (Chemical Vapor Deposition) 및 원자층 증착법 (Atomic Layer Deposition) 중 어느 하나를 사용하거나;
- [0029] 고분자 보호층은 상온에서 1 wt% 에서 10 wt% 의 농도를 가지는 폴리아릴아민 하이드로클로라이드 용액을 스핀 코팅 방법, 프린팅(Printing) 방법, 디핑(Dipping) 코팅방법, 스프레이(Spray) 방법 중 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0030] 상기 (f) 단계에서, 기존의 노란색을 띄는 폴리이미드가 아닌 무색 투명한 폴리이미드를 만들기 위한 전구체 용액(폴리아믹산)을 합성하기 위해서는 아민 단량체와 무수물 단량체가 필요하다. 이때 아민 단량체는 M-BAPB(3,3'-bis(4-aminophenoxy)biphenyl), p-BAPB(1,3-Bis(3-aminophenoxy)benzene), BAHPF(2,2-bis(4-aminophenyl) hexafluoropropane), m-BAPS(meta-amino-bis metabisaminophenoxy diphenyl sulfone), APS(ammonium persulfate), BAPF((9-Fluorenylidene)dianiline), p-BAPS(para-amino-bis metabisaminophenoxy diphenyl sulfone), BAMF(2,2'-bis(3-amino-4-methylphenyl)hexafluoropropane) 및 TFB(2,2'-bis(trifluoromethyl)benzidine) 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있고;
- [0031] 무수물 단량체는, ODP(4,4'-Oxydiphthalic Dianhydride), PMDA(pyromellitic dianhydride), DSDA(3,3',4,4'-diphenylsulfonetetracarboxylic dianhydride), BPDA(4'-biphenyl tetracarboxylic acid dianhydride), BPADA(4,4'-(4,4'-isopropylidenediphenoxy) bis(phthalic anhydride)), 6FDA(4,4'-(hexafluoroisopropylidene)diphthalic anhydride), BTDA(4,4'-Benzophenonetetracarboxylic Dianhydride), CBDA(1,2,3,4-cyclobutanetetracarboxylic dianhydride), CHDA(1,4-cyclohexanedicarboxylic acid) 중 하나를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 (g) 단계에서, 상기 폴리아믹산 용액을 200 ~ 300 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 열처리하여 보호층을 포함하는 금속 전극 층이 내장된 투명 폴리이미드 기판을 제조할 수 있다.
- [0033] 상기 (h) 단계에서, 상기 무질서하게 배열된 벨트 형상의 금속선 내지는 그리드 형상의 금속선 전극이 내장된 투명 폴리이미드 기판을 유리기판으로부터 분리하기 위해, 물속에 담그거나 레이저 가공을 통해 유리기판과 투

명 폴리이미드 기판을 분리할 수 있다.

- [0034] 상기 (i) 단계에서 전도성을 띤 전극 산화보호막으로써 사용되는 무기물은 Al 내지는 Ga이 도핑된 ZnO, ITO 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0036] 본 발명에 따르면 그리드 형태가 아닌(무작위한 배열을 갖거나 특정방향으로 정렬된 경우) 금속 나노, 마이크로 벨트 또는 그리드 형태의 금속 메쉬 전극이 무색 투명한 유연 폴리이미드 기판에 내장되어 균일한 표면을 갖는 고내열성 투명전극은 고분자 마스크를 간단하며 낮은 가격의 공정으로 제조함으로써 시간적, 경제적 노력을 획기적으로 낮출 수 있다. 뿐만 아니라 고내열성 특성을 가지며 동시에 높은 투과도와 유연성을 가지는 폴리이미드 기판에 전극을 내장시킴으로써 태양전지, 디스플레이 산업 외에도 높은 공정온도를 거치는 많은 산업에 사용될 수 있다.

- [0037] 또한, 무색 투명한 폴리이미드의 전구체인 폴리아믹산 구조에 포함되어 있는 카르복실산은 구리와 같이 산에 쉽게 식각되는 금속 전극을 식각하여 전극의 성능을 감소시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해 PAH 또는 세라믹 박막 등과 같은 금속 전극 식각 보호층을 사용함으로써 저비용, 고성능 금속 전극 제조의 사용 가능성을 열어 주었다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 실시예에 따라 금속 전극(나노, 마이크로 금속 벨트 내지는 메쉬)가 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 단면 개념도이다.
- 도 2는 실시예에 따라 그리드 형태가 아닌 (무작위한 배열을 갖거나 일정 방향으로만 정렬되어 있는 형태) 금속 나노, 마이크로 벨트 내지는 그리드 형태를 가지는 금속 메쉬 전극이 무색 투명한 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 평면 개념도이다.
- 도 3은 실시예에 따라 금속 전극층 (그리드 형태가 아닌 금속 나노, 마이크로 벨트 내지는 그리드 형태의 금속 메쉬 전극)이 무색 투명한 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 제조 공정을 나타낸 흐름도이다.
- 도 4는 실시예에 따라 유리기판 위에 증착된 금속 박막 희생층의 주사전자현미경 단면 사진이다.
- 도 5는 실시예에 따라 전기 방사 공정에 의해 PVAc 고분자 마스크가 그리드 형태가 아닌 금속 나노, 마이크로 벨트로 형성된 광학현미경 사진이다.
- 도 6은 실시예에 따라 전기 방사 공정에 의해 PVAc 고분자 마스크가 그리드 형태가 아닌 금속 나노, 마이크로 벨트로 형성된 주사전자현미경 사진이다.
- 도 7은 실시예에 따라 전기수력학적 젯 프린팅(Electrohydrodynamic jet deposition) 공정에 의해 PAN 마스크가 그리드 형태인 메쉬 마스크로 패터닝된 광학현미경 사진이다.
- 도 8은 실시예에 따라 전기방사 공정에 의해 형성된 PVAc 고분자 마스크가 유기용매에서 어닐링(annealing)된 광학 현미경 사진이다.
- 도 9는 실시예에 따라 전기방사 공정에 의해 형성된 PVAc 고분자 마스크가 유기용매에서 어닐링(annealing)된 주사전자현미경 사진이다.
- 도 10은 실시예에 따라 전기수력학적 젯 프린팅(Electrohydrodynamic jet deposition) 공정에 의해 형성된 PAN 메쉬 마스크가 유기용매에서 어닐링(annealing)된 광학현미경 사진이다.
- 도 11은 실시예에 따라 유리기판 위에 형성된 무작위한 배열을 가진(그리드 형태가 아닌) 금속 나노, 마이크로 벨트 금속 전극의 광학 현미경 사진이다.
- 도 12는 실시예에 따라 유리기판 위에 형성된 무작위한 배열을 가진(그리드 형태가 아닌) 금속 나노, 마이크로 벨트 금속 전극의 주사전자현미경 표면 사진이다. 나노 벨트는 위쪽 사진이며, 마이크로 사진은 아래쪽 사진이

다.

도 13은 실시예에 따라 유리기관 위에 형성된 그리드 형태의 금속 메쉬 전극의 광학 현미경 사진이다.

도 14는 실시예에 따라 얇은 금속(일례로, 구리) 전극층 위에 보호층 유무에 따라서 폴리아믹산에 의한 금속 식각 정도를 나타내는 실사진이다.

도 15는 실시예에 따라 무작위의 배열을 가진 금속 나노, 마이크로 벨트 전극을 투명 폴리이미드 기관에 내재하여 일체화시킨 유연 투명전극의 주사전자현미경 표면 사진이다.

도 16은 실시예에 따라 금속 메쉬 전극을 투명 폴리이미드 기관에 내재하여 일체화시킨 유연 투명전극의 주사전자현미경 표면 사진이다.

도 17은 실시예에 따라 금속 벨트 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내재되기 전과 내재된 후의 투명전극의 틸트(tilt)된 주사전자현미경 단면 사진이다. 위쪽 사진이 투명 폴리이미드 기관에 내재되기 전 사진이며 아래쪽 사진이 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내재된 후의 사진이다.

도 18은 실시예에 따라 금속 메쉬 전극층이 투명 폴리이미드 기관에 내재되기 전과 내재된 후의 유연 투명전극의 주사전자현미경 단면 사진이다. 위쪽 사진이 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내재되기 전 사진이며 아래쪽 사진이 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내재된 후의 사진이다.

도 19는 실시예에 따라 금속 메쉬 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내재된 투명전극의 두께에 따른 주사전자현미경 사진을 나타내고 있다.

도 20은 실시예에 따라 금속 메쉬 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내재되어 일체화된 전극 배선간의 간격에 따른 광학현미경 사진을 나타내고 있다.

도 21은 실시예에 따라 금속 전극층이 투명 폴리이미드 기관에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 주사전자현미경 단면 사진이다.

도 22는 비교예에 따라 금속 메쉬 전극 비일체화 투명 폴리이미드 기관의 투명전극에 대한 주사전자현미경 사진이다.

도 23은 실시예를 바탕으로 하여 제조된 그리드 형태가 아닌 금속(구리) 나노, 마이크로 벨트 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 면저항 및 투과도를 나타낸 표이다.

도 24는 실시예를 바탕으로 하여 제조된 금속(구리) 메쉬 전극이 투명 폴리이미드 기관에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 면저항 및 투과도를 나타낸 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 본 발명은 투명전극을 구성하는 전극층과 유연 투명기관을 일체화 하여 고내열성을 가지는 그리드 형태가 아닌 금속 나노, 마이크로 벨트 내지는 그리드 형태의 금속 메쉬가 무색, 투명한 폴리이미드 기관에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것으로, 실시예 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7로부터 순차적으로 제조방법에 대해 상세히 기술하였다. 또한 비교예 1에서는 금속 메쉬 전극 비일체화 투명 폴리이미드 투명전극을 제조하여 구조적으로 본 발명과의 차이점을 부각 시켰다.

[0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 금속 전극층(금속 나노, 마이크로 벨트 또는 금속 메쉬)이 투명 폴리이미드 기관에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 단면 개념도이다. 도 1에서 나타난 바와 같이 금속 전극층 일체형 투명전극(100)은 무색, 투명한 유연 폴리이미드(110)를 기관으로 사용하였고, 금속 전극 부분(130)을 보호하기 위한 보호층(120)을 삽입함으로써 금속 전극 부분이 무색, 투명 폴리이미드의 전구체인 폴리아믹산에 의해 식각되는 것을 방지하였다. 도 1의 단면구조에서 나타나듯이 금속 전극 부분(130) 중간 간격 사이에 투명한 유연 폴리이미드(110)가 동시에 존재함으로써 완전하게 내재되어 일체화된 형상을 보이고 있다. 또한, 구리 메쉬와 같은 금속 전극 부분(130)의 내산화성 및 도전특성을 향상시키기 위해 추가의 도전층(140)을 폴리이미드에 내장된 금속 나노, 마이크로 벨트 또는 금속 메쉬 형태의 투명전극(100)의 상단에 코팅하여 치밀한 박막 구조를 갖는 전도성 보호막을 포함하는 금속 나노, 마이크로 벨트 또는 금속 메쉬가 투명 폴리이미드 기관에 내장되어 균일한 표면을 갖는 고내열성 투명전극을 제조할 수 있다. 도전층(140)은 10 나노미터(nm)에서 200 나노미터(nm)까지의 두께 범위를 갖는 무기물 박막층을 DC 또는 RF 스퍼터링 방법, PLD(Pulsed Laser Deposition)법, 열 증발법(Thermal Evaporation), 전자빔 증발법(E-beam Evaporation), 기상화학 증착법(Cheical Vapor

Deposition) 및 원자층 증착법(Atomic Layer Deposition) 중 어느 하나를 이용해 투명전극(100)의 상단에 코팅할 수 있다.

- [0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 전극층(금속 나노, 마이크로 벨트 또는 금속 메쉬)이 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 평면 개념도이다. 평면 개념도 상에서 나타난 바와 같이 전극의 형태는 금속 나노, 마이크로 벨트 또는 금속 메쉬지만 전도층면에서 유리하다면 그 형태는 특별하게 제한을 두지 않는다. 평면 도면상에서의 금속 전극층(120)은 전극 배선 두께가 100 나노미터(nm)에서 20 마이크로미터(μm)의 두께 범위를 갖는 금속이며 전극 배선 간의 간격은 5 마이크로미터(μm)에서 10 밀리미터(mm) 범위를 형성하여 배선두께와 배선간격에 따라서 전도도와 투과도를 조절할 수 있는 것을 특징으로 한다. 투명 폴리이미드(110)는 배선 전극 사이의 공간을 채우며 전극 부분의 상단을 덮는 등의 도전 특성을 저해하지 않는 형태로 표면에서 전극 부분의 높이와 상응하는 균일한 높이를 갖는 사각형태로 존재한다. 이를 통해 균일한 표면을 갖는 유연 투명전극을 손쉽게 얻을 수 있다.
- [0043] 도 3은 실시예에 따라 그리드 형태가 아닌 금속 나노, 마이크로 벨트 또는 그리드 형태로 패터닝 된 금속 메쉬가 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 제조과정을 도식화 한 것이다.
- [0044] 단계(S10)는 금속 박막층을 유리기판 위에 증착하는 단계를 나타내고 있다. 여기서 증착 방법은 DC 또는 RF 스퍼터링 방법, Pulsed Laser Deposition (PLD), 열 증발법 (Thermal Evaporation), 전자빔 증발법 (E-beam Evaporation), 기상화학 증착법 (Chemical Vapor Deposition) 및 원자층 증착법 (Atomic Layer Deposition) 중 하나가 이용될 수 있다.
- [0045] 단계(S20)는 금속 박막층 위에 고분자 마스크를 형성하는 단계를 나타내고 있다. 예를 들어, 전기 방사 공정이나 전기 수력학적 패터닝 방법을 이용하여 고분자 마스크가 금속 박막층 위에 형성될 수 있다.
- [0046] 단계(S30)는 고분자 마스크와 금속 박막층간의 접착 특성을 향상시키고 고분자 마스크 섬유간 접점에서 접합을 만드는 단계일 수 있다. 이를 위해 고분자의 스웰링 현상을 이용하거나, UV-Ozone, 산소 플라즈마 처리(Plasma Treatment) 등을 통해 접착성을 향상시킬 수 있다.
- [0047] 단계(S40)는 금속 박막층에서 고분자 마스크에 의해 가려져 있지 않은 금속 박막 부분을 식각하는 단계일 수 있다. 다시 말해, 단계(S40)은 고분자 마스크에 의해 보호받지 않는 금속 박막층의 부분을 건, 습식 방법으로 식각하여 원하는 모양의 전극을 만드는 과정일 수 있다.
- [0048] 단계(S50)는 식각을 통해 얻어진 금속 전극(금속 나노, 마이크로 벨트 내지는 금속 메쉬 전극) 위에 보호층을 코팅하는 단계일 수 있다. 예를 들어, 보호층으로서 금속, 고분자 및 산화물 층 등이 금속 전극 위에 코팅되어 금속 전극을 폴리아믹산 용액에 의한 식각으로부터 보호할 수 있다.
- [0049] 단계(S60)는 보호층으로 덮여있는 금속 전극 위에 폴리아믹산 용액을 코팅하는 단계일 수 있다. 보다 구체적인 예로 단계(S60)은 유리기판 위에 형성된, 보호층을 포함하는 그리드 형태가 아닌 금속 나노, 마이크로 벨트 또는 그리드 형태의 금속 메쉬 전극 위에 폴리아믹산 용액을 코팅하는 과정일 수 있다.
- [0050] 단계(S70)는 폴리아믹산 용액을 이미드화 열처리하는 단계일 수 있다. 예를 들어, 폴리아믹산 용액이 열처리를 통해 폴리이미드로 바뀔 수 있다.
- [0051] 단계(S80)는 금속 전극과 무색 투명한 폴리이미드가 일체화된 유연 투명전극을 유리기판에서 분리하는 단계일 수 있다. 금속 전극은 그리드 형태로 정렬되어 있지 않은 금속 나노, 마이크로 벨트 내지는 그리드 형태로 정렬되어 있는 금속 메쉬의 형태일 수 있다.
- [0052] 단계(S90)는 일체화된 유연 투명전극 면에 도전성 막을 코팅하는 단계일 수 있다.
- [0053] 하기의 구체적인 실시예를 통하여 본 발명을 보다 더 상세히 설명한다. 이는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 실시예일뿐, 본 발명이 이에 한정되지는 않는다.
- [0054] 실시예 1: 금속 희생 박막층 증착
- [0055] 구리 금속 희생 박막층 증착을 위해 3인치 구리 타겟이 장착된 RF 스퍼터링 방법을 이용하였다. 유리기판을 회전시키면서 80W, 아르곤 0.01 torr에서 20분 동안 구리 박막을 증착하였다. 이와 같은 실시예를 바탕으로 도 4는 20분 동안 유리기판 위에 증착된 구리 금속 희생층의 단면을 보여주고 있으며, 본 발명의 구리 희생층의 두께는 약 200 나노미터(nm)로써 균일한 두께로 증착하였다.

[0056] 실시예 2: 고분자 마스크 형성

[0057] 상기 구리 박막 상부에 전기방사 설비를 이용하여 고분자 마스크를 그리드 형상이 아니라 무작위한 배열을 갖는 형태로 형성하였으며, 그리드 형상의 메쉬 마스크는 EHD 설비(ENJET사, cNP-Expert-C)를 이용하여 형성하였다. 본 실시예에서는 PVAc(Polyvinyl acetate)와 PAN(Polyacrylonitrile) 고분자를 정하여, 고분자 마스크를 형성하였지만, 특정 고분자에 제약을 두지는 않는다.

[0058] 전기 방사 공정에서는 다양한 두께의 나노, 마이크로 벨트 마스크를 만들기 위해 2.6g, 3.15g, 3.5g의 PVAc를 DMF(N,N-dimethylformamide) 용매 10ml에 넣어 상온에서 12시간 동안 500rpm의 회전수로 교반하여 용액을 제조하였다. 이렇게 제조된 용액을 실린지(ILS, 500 μ l micro-syringes)에 담아주고 실린지 펌프에 연결하여 0.5 μ l/min의 토출속도로 방사용액을 밀어내고, 방사할 때 사용되는 노즐(metal needle, 17G)과 집전체기판 사이의 전압을 15 kV 로 하여 전기 방사 공정을 진행하였다. PVAc 고분자가 전사되는 집전판으로는 상기 실시예 1 에서 제작된 200 나노미터(nm) 두께의 Cu 박막이 증착된 유리 기판을 사용하였으며, 노즐과 집전체 사이의 거리는 500 μ m로 설정하였다.

[0059] 도 5, 6은 전기 방사 이후 얻어진 PVAc 마스크가 무작위한 배열을 갖는 나노, 마이크로 단위의 벨트 형태로 만들어진 광학, 주사전자 현미경 사진이다. 1차원의 고분자 마스크가 섬유 형태로 전사되어 마스크 섬유간의 접점에서 표면에 제대로 접촉되어 있지 않는 부분이 생김을 알 수 있고 고분자 마스크의 직경은 250 nm ~ 3 μ m로 전기 방사 용액의 농도에 따라 자유롭게 조절할 수 있음을 보여주고 있다.

[0060] EHD 젯 프린팅(jet printing) 과정에서는 표면장력 조절 및 원활한 패터닝을 위해 CTAB(Cetylammonium bromide) 5 mg을 PAN(Polyacrylonitrile) 300 mg과 함께 섞어 DMF(N,N-dimethylformamide) 3.0 g 에 넣어 80 $^{\circ}$ C에서 12시간 동안 500 rpm의 회전수로 교반하여 용액을 제조하였다. 이렇게 제조된 용액을 실린지(ILS, 500 μ l micro-syringes)에 담아주고 실린지 펌프에 연결하여 0.6 μ l/min의 토출속도로 방사용액을 밀어내고, 방사할 때 사용되는 노즐(ceramic needle, 100 μ m of outer diameter)과 집전체기판 사이의 전압을 1.4 kV 로 하여 EHD 젯 프린팅을 진행하였다. PAN 고분자가 패터닝되는 집전판으로는 상기 실시예 1 에서 제작된 200 나노미터(nm) 두께의 Cu 박막이 증착된 유리 기판을 사용하였으며, 노즐과 집전체 사이의 거리는 500 μ m 로 설정하였다.

[0061] 도 7은 EHD 젯 프린팅 이후 얻어진 PAN 마스크가 메쉬 형태로 패터닝된 광학현미경 사진이다. 1차원의 고분자 메쉬가 형성된 것을 확인할 수 있고, 직경은 약 5-7 마이크로미터(μ m)의 값을 가지며, 마스크 사이의 간격은 약 400 마이크로미터(μ m) 사이의 값을 보여주고 있다.

[0062] 실시예 3: 고분자 마스크의 어닐링 공정

[0063] 실시예 2에서 얻은 금속 회생층 위에 원하는 형태로 패터닝된 고분자 마스크와 금속 박막이 코팅된 유리 기판과의 접촉 특성을 개선시키고 마스크 섬유간 접점에서 접점점을 만들어 접점에서의 접촉성도 높이기 위해 상기 패터닝된 기판을 DMF(N,N-dimethylformamide) 증기에 60 $^{\circ}$ C에서 30 초간 노출 시켜주었다. 패터닝 마스크로 사용되는 PVAc 또는 PAN 고분자와 금속 박막이 코팅된 유리 기판 사이에 공간이 생기는 경우, 식각 용액이 침투되어, 균일한 배선 직경을 갖는 전극을 제조할 수 없기 때문에, 금속 박막층과 고분자 마스크 사이의 접촉은 매우 중요하다. 이때, DMF 용매에 PVAc나 PAN 고분자가 씻겨 나가는 것을 막기 위하여 비커에 DMF 용매를 소량 넣고 DMF와 직접 접촉하지 않게 상기 기판을 넣어 온도를 60 $^{\circ}$ C에 맞춘 뒤 비커의 뚜껑을 닫아 DMF의 증기만으로 PVAc 또는 PAN 고분자가 금속 기판에 잘 결합이 되게 하였다. 원하는 형상으로 구리 박막 위에 코팅된 고분자 마스크는 하드 마스크(hard mask)의 역할을 잘 수행할 수 있으며, 건식 식각 또는 습식 식각 방법으로, 고분자 마스크로 보호되지 않은 구리 박막 부분만을 식각할 수 있다.

[0064] 도 8, 9에서는 무작위한 배열을 갖는 나노, 마이크로 벨트 고분자 마스크를 유기용매에 노출시켜 어닐링 한 후의 광학현미경, 주사전자현미경의 사진을 보여주고 있다. 유기 용매 어닐링 이후에 PVAc 마스크가 충분히 금속 박막에 접촉되었을 뿐만 아니라, 마스크 섬유간의 접점에서도 접착점이 생겨 금속 박막으로부터 떨어진 부분 없이 모든 부분에 균일하게 접촉되었음을 알 수 있다. 또한 어닐링을 통해 마스크 고분자가 팽윤(Swelling)되어 마스크 섬유의 직경이 250 nm ~ 3 μ m에서 1 μ m ~ 10 μ m까지 증가하는 현상이 나타났다.

[0065] 도 10에서는 폴리아크릴로니트릴(Polyacrylonitrile, PAN) 고분자 메쉬 마스크를 유기 용매에 노출시켜 어닐링 한 후의 광학현미경 사진을 보여주고 있다. 유기 용매 어닐링 이후에 기판과의 접촉성이 증가됨과 동시에 고분자 메쉬 마스크인 PAN 섬유 역시 직경이 7 마이크로미터(μ m)에서 10 마이크로미터(μ m)로 증가하는 현상이 나타났다.

[0066] 실시예 4: 금속 박막 희생층 식각

[0067] 본 실시예 4에서는 화학적 방법인 습식 식각을 진행하였으며, 구리 박막 희생층 식각을 위한 식각용액은 탈이온수 1L에 FeCl_3 0.486g을 넣고 상온에서 10분 동안 충분히 녹여 만들었다. 이때, 미세한 패턴의 식각을 위해 탈이온수 1L에 FeCl_3 0.243 g을 넣은 저 농도용액을 함께 준비한다. 상기 식각용액을 분별깔때기에 넣고 금속 희생층 위에 고르게 뿌려준다. 고농도의 식각액으로 기판이 투명해질 때까지 식각하고 이후 저농도 식각액으로 1분 동안 식각을 진행하였다. 그 결과, 고분자로 패터닝 되어 보호된 금속 박막 부분을 제외한 나머지 금속박막 부분은 모두 식각되었다. 식각공정이 끝난 후 전극을 흐르는 탈이온수에 수 차례 세정을 실시하였고, 구리 전극 상부에 존재하는 PVAc 또는 PAN 마스크를 제거하기 위해 60 °C, 디메틸포름아마이드(DMF, Dimethylformamide) 용매에 1분간 씻어주었다.

[0068] 도 11, 12는 유리기판 위에 형성된 무작위한 배열을 갖는 구리 나노, 마이크로 벨트 전극의 광학 현미경, 주사전자 현미경 사진이다. 도 12에서 구리 벨트 전극의 직경은 각각 800 nm(위쪽 사진), 3 μm (아래쪽 사진)으로도 8, 9 에서 나타낸 어닐링된 고분자 마스크와 비슷한 값을 가지며, 도 12의 2개의 주사 전자 현미경 사진을 통해 고분자 마스크의 직경을 조절하여 간단하고 쉽게 금속 벨트의 직경을 나노 단위에서 마이크로 단위까지 조절할 수 있음을 확인하였다.

[0069] 도 13은 유리기판 위에 형성된 구리 메쉬 전극의 광학 현미경 사진이다. 구리 메쉬 직경은 도 6에서 형성된 어닐링된 고분자 마스크와 비슷한 10 마이크로미터(μm) 사이의 값을 가지며, 전극 사이의 간격은 400 마이크로미터(μm) 값을 보여주고 있다. 이와 같은 결과를 바탕으로 하여, 고분자 마스크가 식각액으로부터 아무런 손상을 받지 않아 하드 마스크의 역할을 충분히 할 수 있으며 그 결과, 식각 후 마스크 형상과 매우 유사한 전극을 얻을 수 있음을 확인하였다.

[0070] 실시예 5: 구리 전극층에 폴리아믹산 용액으로부터의 보호층 코팅

[0071] 유기기판 위에 형성된 구리 전극이 폴리아믹산(폴리이미드의 전구체 용액)으로부터의 식각되는 것을 방지하기 위해 탈이온수에 녹아있는 2.5 wt% PAH (Polyallylamine hydrochloride) 용액을 제조하여 2단계의 스핀코팅 공정을 거쳐 보호층을 코팅하였다. 스핀코팅 조건은 1단계에서는 800 rpm, 가속속도 10, 유지시간 5 초로 하며, 2단계 3000rpm, 가속속도 10, 유지시간 30 초로 설정하였다.

[0072] 도 14에서는 얇은 구리 박막층위에 PAH 보호층 유무에 따른 폴리아믹산에 의한 구리의 식각 정도를 나타내는 실 사진이다. PAH 보호층이 각각 다른 회전속도로 코팅 되었을 경우에는 회전속도에 상관없이 PAH 보호층이 폴리아믹산에 의한 식각으로부터 구리를 충분히 보호해주어, 폴리아믹산과 접촉한 후에도 구리 빛깔이 도는 것을 확인할 수 있다. 반면에 보호층이 없는 구리 박막 시편의 경우, 폴리아믹산과 접촉 후 확연하게 구리 빛깔이 열리며 박막이 식각되는 현상이 관찰 되었다. 이를 통해, 폴리아믹산이 구리층을 식각하며 PAH와 같은 보호층 없이 폴리아믹산을 코팅할 경우 구리전극의 전도도에 치명적인 손상을 가할 수 있음을 알 수 있다.

[0073] 실시예 6: 구리 전극층과 투명 폴리이미드의 일체화

[0074] 상기 유리기판 위에 형성된 금속 전극층을 투명 폴리이미드 기판과 일체화 시키기 위해 우선 무색, 투명한 폴리이미드의 전구체인 폴리아믹산 용액을 제조해야 하며, 폴리아믹산은 무수물과 아민의 중합반응으로 만들어진다. 본 발명에서는 유기용매로 8 g의 DMF를 사용하였으며, 무수물로는 트리플루오로메틸 그룹을 갖는 6FDA(4,4'-(hexafluoroisopropylidene)diphthalic anhydride) 4.073 g과 아민으로는 설펜(Sulfone) 구조를 포함하는 APS(ammonium persulfate) 2.276 g을 넣고 약 20 °C에서 500 rpm으로 5 시간 동안 교반시켜 액상의 폴리아믹산을 합성한다. 합성한 폴리아믹산 용액을 닥터 블레이드(doctor's blade)를 이용하여 실시예 5로부터 얻어진 무작위한 배열의 구리 나노, 마이크로 벨트 또는 그리드 형상의 구리 메쉬 전극 상단에 100 마이크로미터(μm) 두께로 균일하게 도포해준다. 도포된 폴리아믹산을 분당 2°C로 승온하여 100°C, 200°C, 230 °C에서 각각 1 시간씩 열처리 하여 무색 투명한 폴리이미드로 만든 후, 상온에서 탈이온수에 30분 이상 담그면 폴리이미드 필름이 유리기판으로부터 떨어져 구리 전극이 투명 폴리이미드 필름에 내재된 유연 투명전극을 얻을 수 있다.

[0075] 도 15는 무작위한 배열을 갖는 구리 나노, 마이크로 벨트 전극이 무색 투명한 폴리이미드 기판에 내재된 투명전극의 주사현미경 사진의 표면 사진이다.

[0076] 도 16은 그리드 형상의 구리 메쉬 전극이 무색, 투명한 폴리이미드 기판에 내재된 투명전극의 주사전자현미경 사진의 표면과 단면 사진을 나타내고 있다. 도 15, 16의 사진을 통해, 전극과 투명 폴리이미드 간의 단차가 거의 존재 하지 않으며 전극부분이 폴리이미드에 막혀 있는 부분 없이 모두 표면에 노출되어있어 표면에서의 전기

적 접촉에 문제가 없음을 확인할 수 있다.

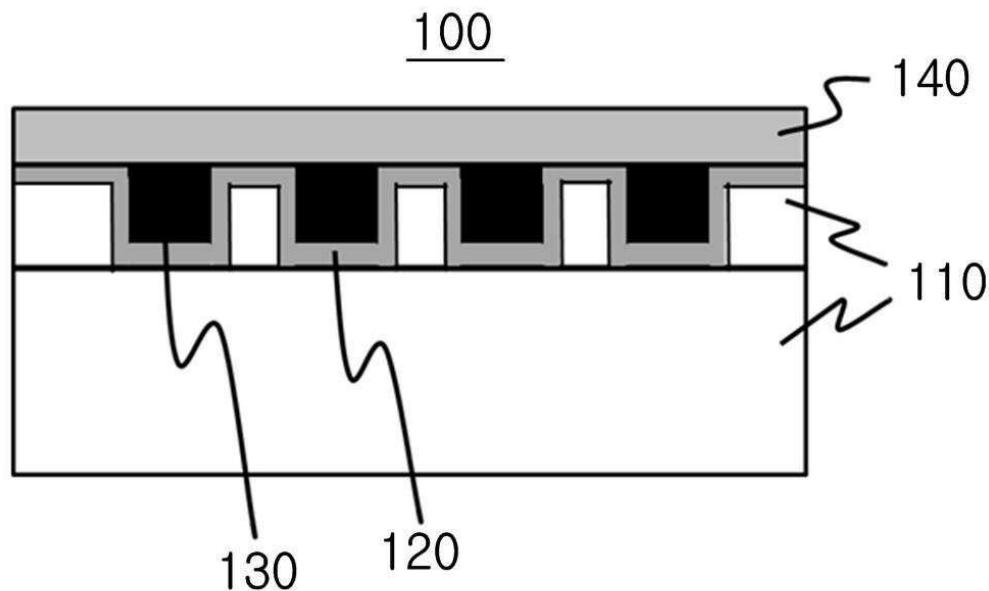
- [0077] 도 17은 무작위한 배열을 갖는 금속 마이크로 벨트 전극이 투명 폴리이미드 기판에 내재되기 전과 후의 주사전자현미경 단면 사진이고, 도18은 그리드 형상을 갖는 금속 메쉬 전극이 투명 폴리이미드 기판에 내재되기 전과 후의 주사전자현미경 단면 사진이다.
- [0078] 도 17의 위쪽 사진과 도 18의 위쪽 사진은 폴리이미드 기판에 내재되기 전 사진이며, 도 17의 아래쪽 사진과 도 18의 아래쪽 사진이 폴리이미드 기판에 내재된 후의 사진이다. 투명 폴리이미드 기판에 전극층이 내재되기 전에는 실시예 1에서 증착한 금속 박막층 두께만큼의 단차가 존재하나, 금속 전극층을 폴리이미드에 완전히 내재시킨 후에는 표면에 단차가 없이 매우 균일한 표면을 가짐을 알 수 있다. 이러한 표면의 매끄러운 정도는 투명전극을 이용하여 소자를 만들 때 계면특성을 향상시켜 많은 소자로의 응용 가능성을 나타낸다.
- [0079] 도 19는 구리 메쉬가 투명 폴리이미드 기판에 내재된 투명전극의 메쉬 직경에 따른 광학현미경 사진이다. 도 19의 사진 a)에서의 전극 두께는 약 3 마이크로미터(μm) 이지만 도 19의 사진 b)에서는 약 5 마이크로미터(μm)를 나타내고 있다. 전극 두께가 얇아질 경우에는 도전특성이 좋아지지만 투과특성이 나빠지고 얇아질 경우에는 반대의 특성이 나타났다.
- [0080] 도 20는 구리 메쉬가 투명 폴리이미드 기판에 내재된 투명전극의 메쉬 배선간의 간격에 따른 광학현미경 사진을 나타내고 있다. 도 20의 사진 a)에서의 전극 간격은 약 100 마이크로미터(μm)이고, 도 20의 사진 b)에서의 전극 간격은 약 200 마이크로미터(μm)이며, 도 20의 사진 c)에서의 전극 간격은 약 400 마이크로미터(μm)로 각각 나타나 있다. 전극 간격이 넓어지면 도전특성이 나빠지고 투과특성이 좋아지고, 전극 간격이 줄어들면 도전특성은 좋아지고 투과특성이 나빠지는 것으로 나타났다.
- [0081] 실시예 7: 투명 폴리이미드에 금속 전극층이 내재된 투명전극 위에 도전층 코팅
- [0082] 상기 금속 전극 층이 내재된 투명 폴리이미드 필름의 전극 부분 표면 위에 전극의 내산화성을 높이기 위한 도전층의 증착을 위해 2인치 ZnO 타겟이 장착된 스퍼터링 방법을 이용하였다. 유리기판을 회전시키면서 40W, 아르곤 0.01 torr에서 10분 동안 ZnO 박막을 증착하였다. 이와 같은 실시예를 바탕으로 최종적으로 구리 메쉬가 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극을 제조할 수 있었다.
- [0083] 도 21은 실시예 7을 바탕으로 하여 구리 전극층이 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극의 단면의 주사전자현미경 사진이다. ZnO 박막층이 약 200 나노미터(nm) 두께로 완벽하게 전극 표면을 덮고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 도전층은 전도도 측면에서 안정성을 부여할 수 있을 뿐만 아니라 내열, 내부식성, 내산화성 측면에서도 유리하게 작용할 수 있다.
- [0084] 비교예 1: 구리 메쉬 비일체화 투명 폴리이미드 투명전극
- [0085] 투명 폴리이미드 필름을 얻기 위해 유기용매로 8 g의 DMF에 무수물로는 트리플루오로메틸 그룹을 갖는 6FDA(4,4'-(hexafluoroisopropylidene)diphthalic anhydride) 4.073 g과 아민으로는 설펜 구조를 포함하는 APS(ammonium persulfate) 2.276 g을 넣고 약 20 °C에서 500 rpm으로 5 시간 동안 교반시켜 액상의 폴리아미산을 형성한다. 닥터 블레이드(doctor's blade)를 이용하여 액상의 폴리아미산을 유리기판 표면에 100 μm 두께로 균일하게 도포해준다. 도포된 폴리아미산을 분당 2 °로 승온해 100 °C, 200 °C, 230 °C에서 각각 1 시간씩 열처리 하고 상온 탈이온수에 30 분 이상 담그어 투명 폴리이미드 필름을 얻어낸다. 상기 투명 폴리이미드 필름으로부터 실시예 1, 2, 3 단계를 순차적으로 거쳐 투명 폴리이미드 상단에 폴리이미드에 내재되지 않은 구리 메쉬 투명전극을 얻어낼 수 있다.
- [0086] 도 22는 상기 비교예 1을 바탕으로 하여 제조된 구리 메쉬 비일체화 투명 폴리이미드 투명전극의 주사전자현미경 사진이다. 구리 메쉬 형태를 유지하고 전극의 간격은 200 μm , 폭은 3 μm 수준으로 나타나고 있다. 도 14의 우측의 확대된 사진에서 알 수 있듯이 실시예로부터 만들어진 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명전극과는 달리 구리 메쉬 비일체화 투명 폴리이미드 투명전극은 투명 폴리이미드 기판과 구리 메쉬 전극 사이의 높이 차이가 약 200 나노미터(nm) 수준으로 존재하여 평탄하지 않은 표면상태를 보여주고 있다. 이와 같은 전극의 경우 기판에 내장되어 있지 않아 구리 메쉬가 기판으로부터 쉽게 탈리(脫離)될 수 있을 뿐만 아니라 단차로 인해 전기적으로 단락이 일어날 수 있다.
- [0087] 도 23은 실시예를 바탕으로 제조된 무작위한 배열을 갖는 구리 나노, 마이크로 벨트가 투명 폴리이미드 기판에 내장된 고내열성 투명전극의 면저항 및 투과도를 나타낸 표이다. 전극 직경은 1 ~ 10 μm 에서의 면저항은 각각 2.13, 3.29 ohm/sq로 나타났고 그에 따른 투과도는 75.1 %, 83.6 %로 나타났다.

[0088] 도 24은 실시예를 바탕으로 하여 제조된 구리 메쉬가 투명 폴리이미드 기판에 내장되어 일체화된 고내열성 투명 전극의 면저항 및 투과도를 나타낸 표이다. 전극 배선간 간격이 100, 200, 400 마이크로미터(μm)에서의 면저항이 각각 25, 205, 280 ohm/sq가 나타났고 그에 따른 투과도는 75.64, 86.53, 85.96%로 나타났다. 전극간격이 커질수록 투과도는 증가하였고 면저항은 줄어들었다.

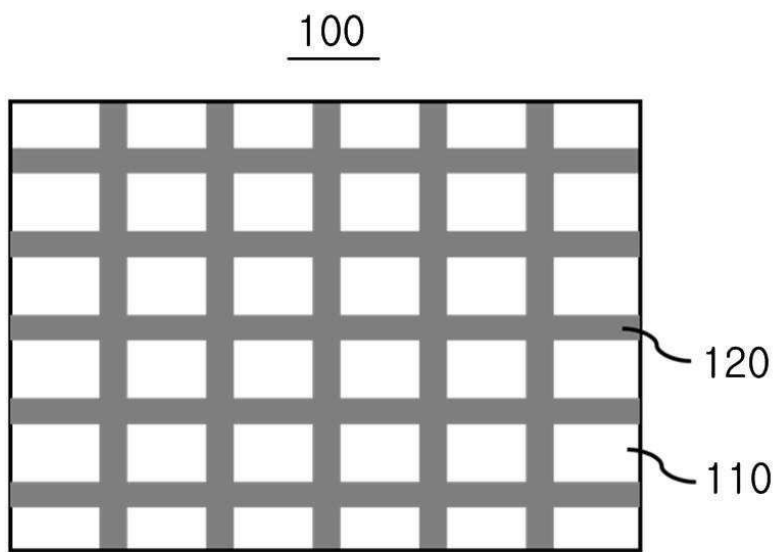
[0090] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에 서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

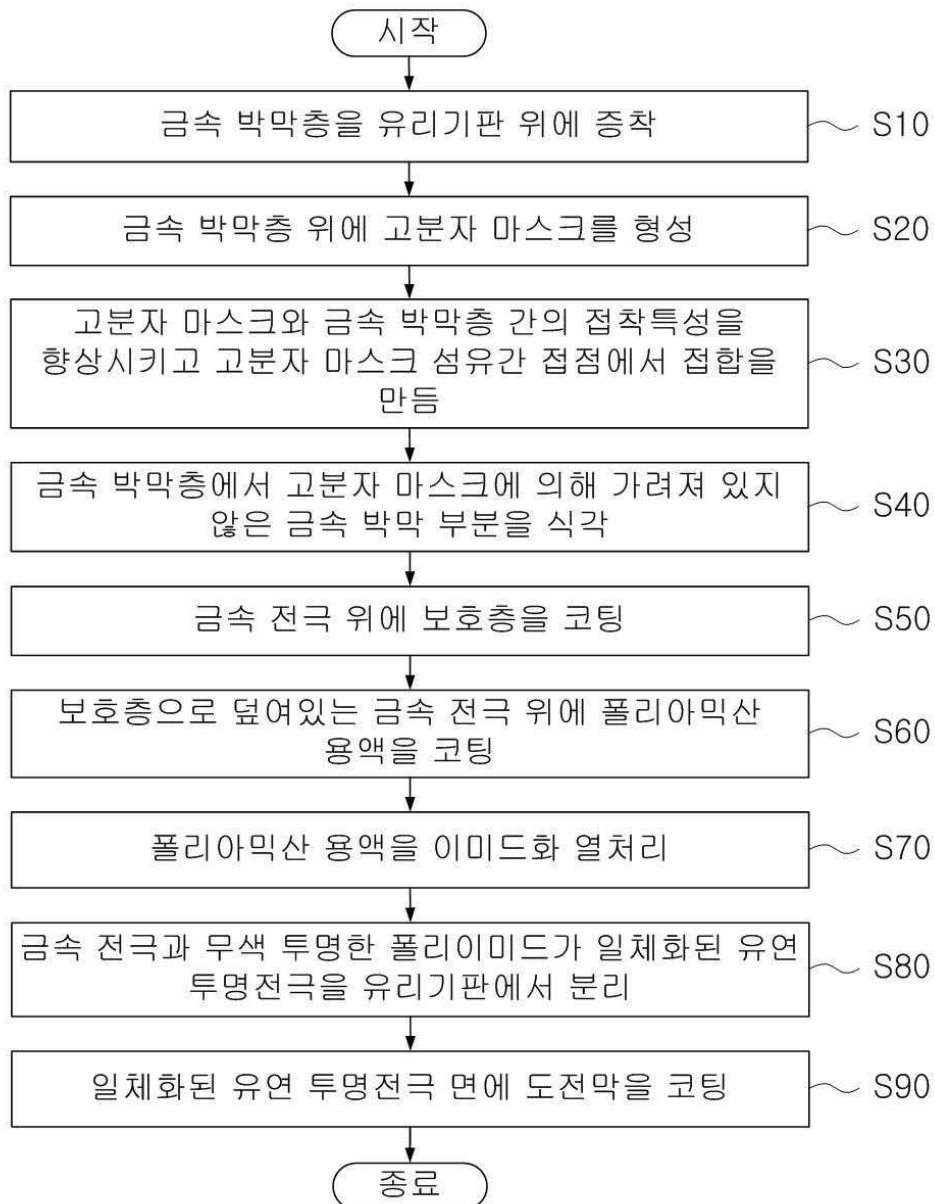
도면1



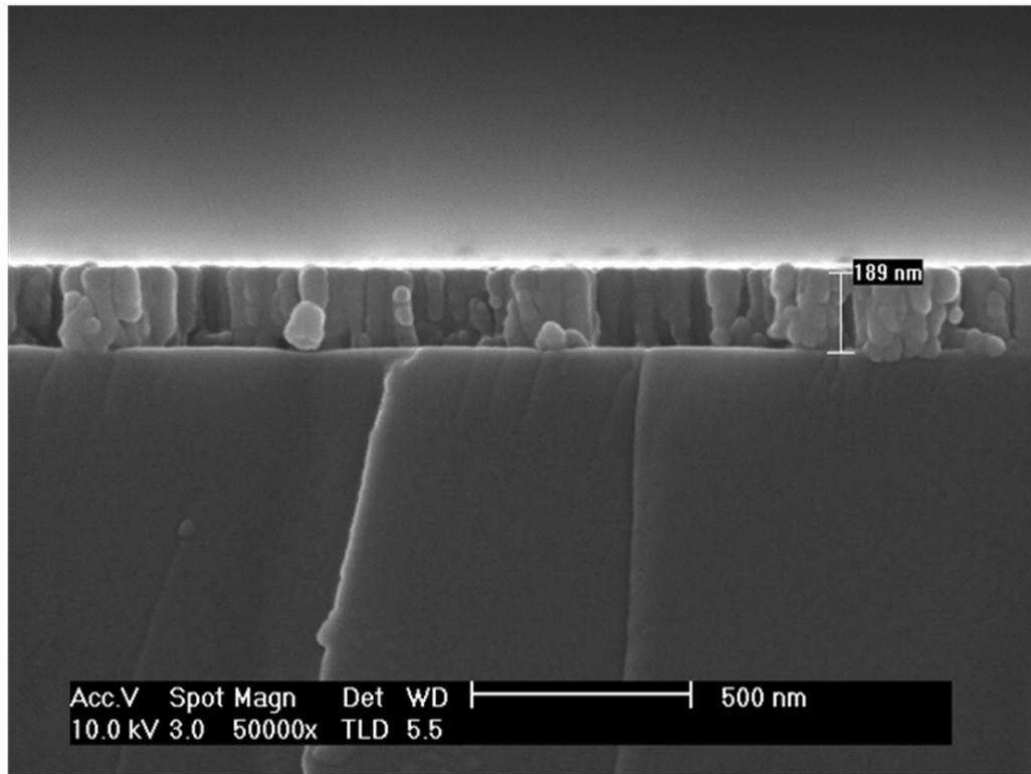
도면2



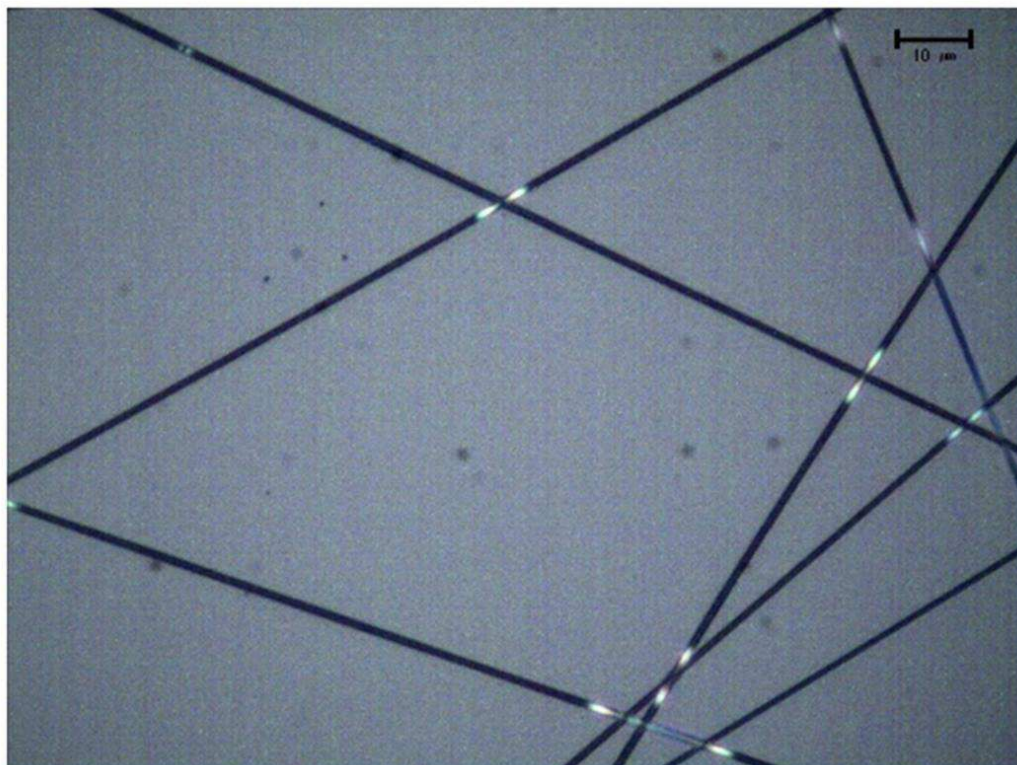
도면3



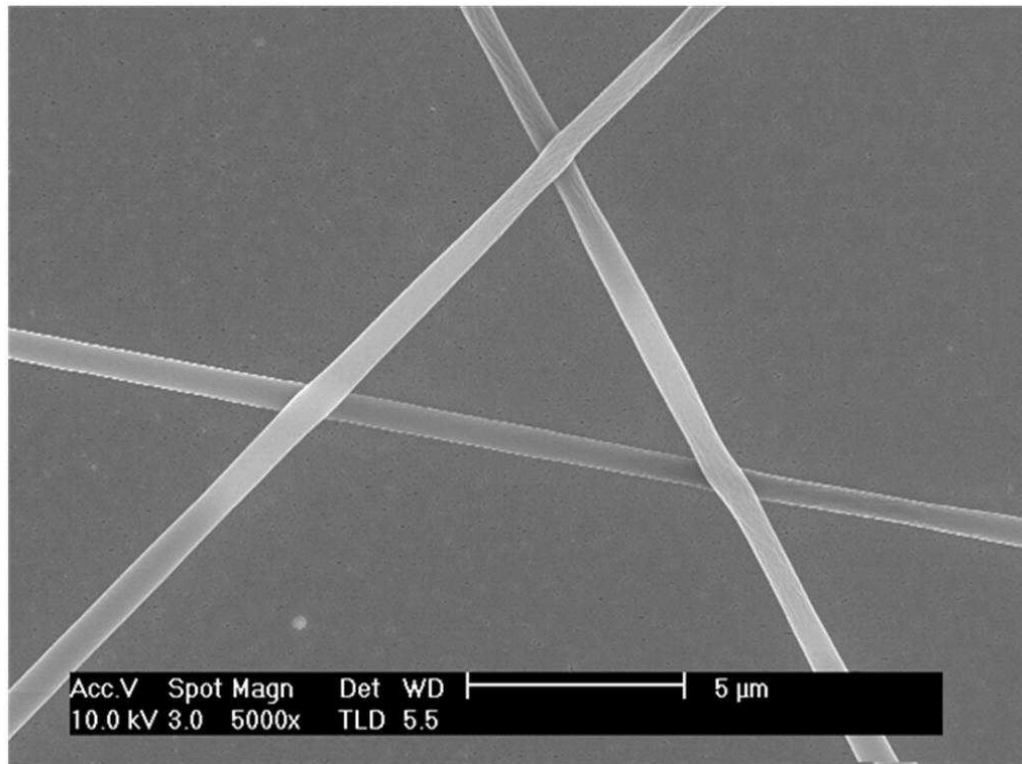
도면4



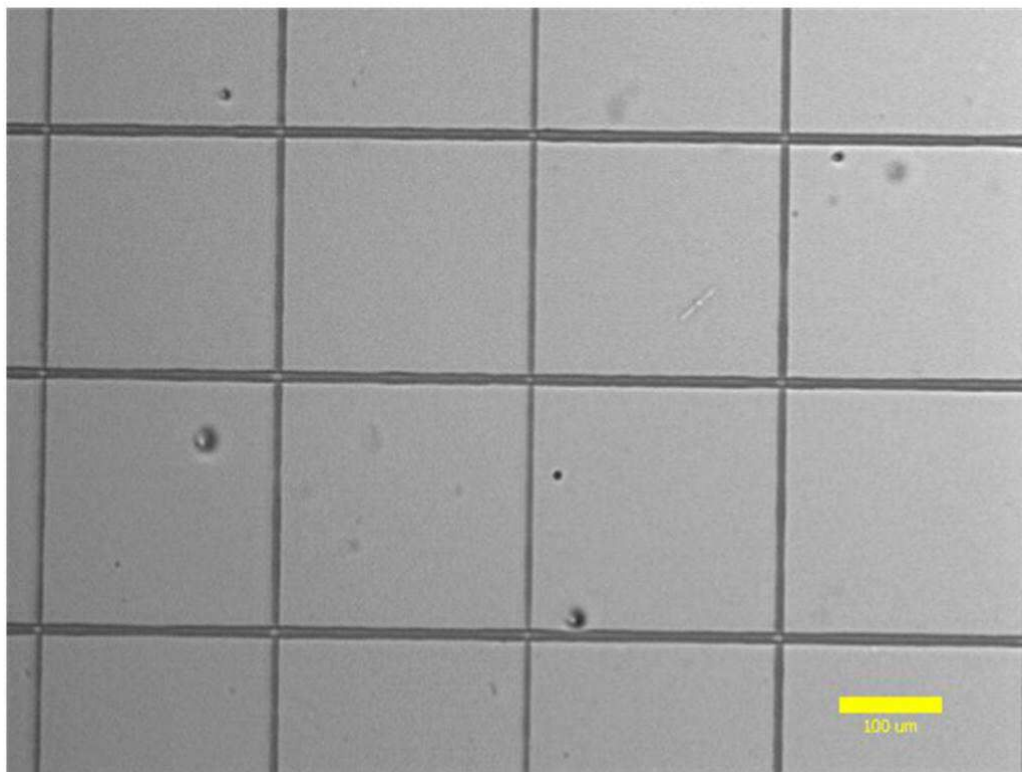
도면5



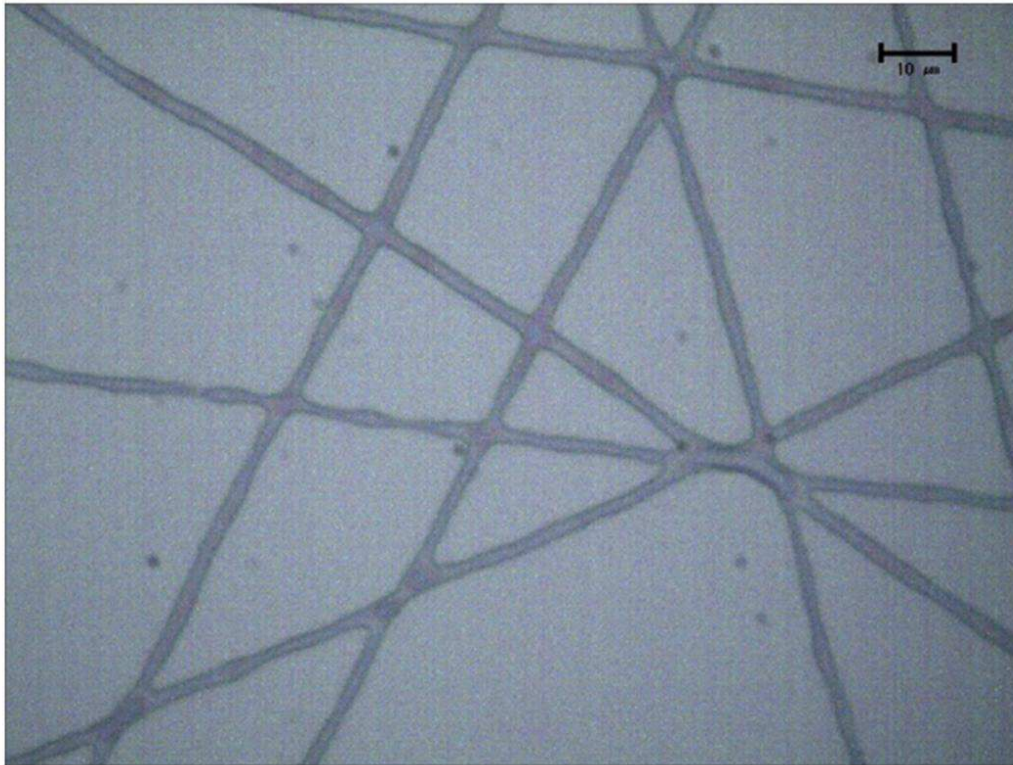
도면6



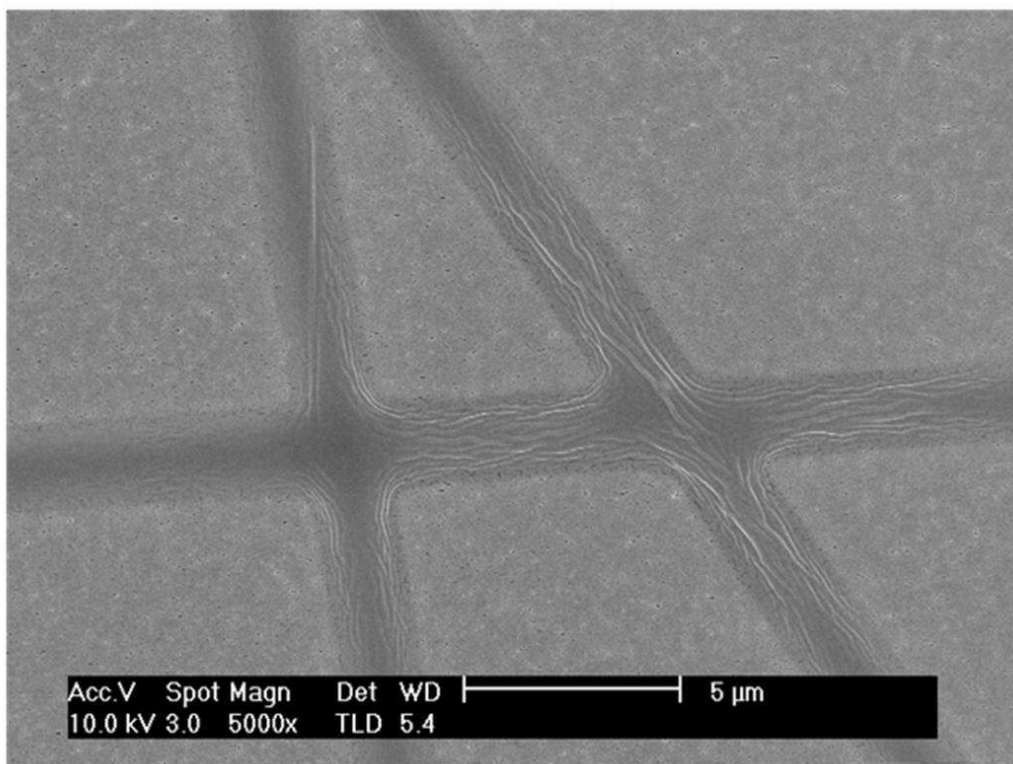
도면7



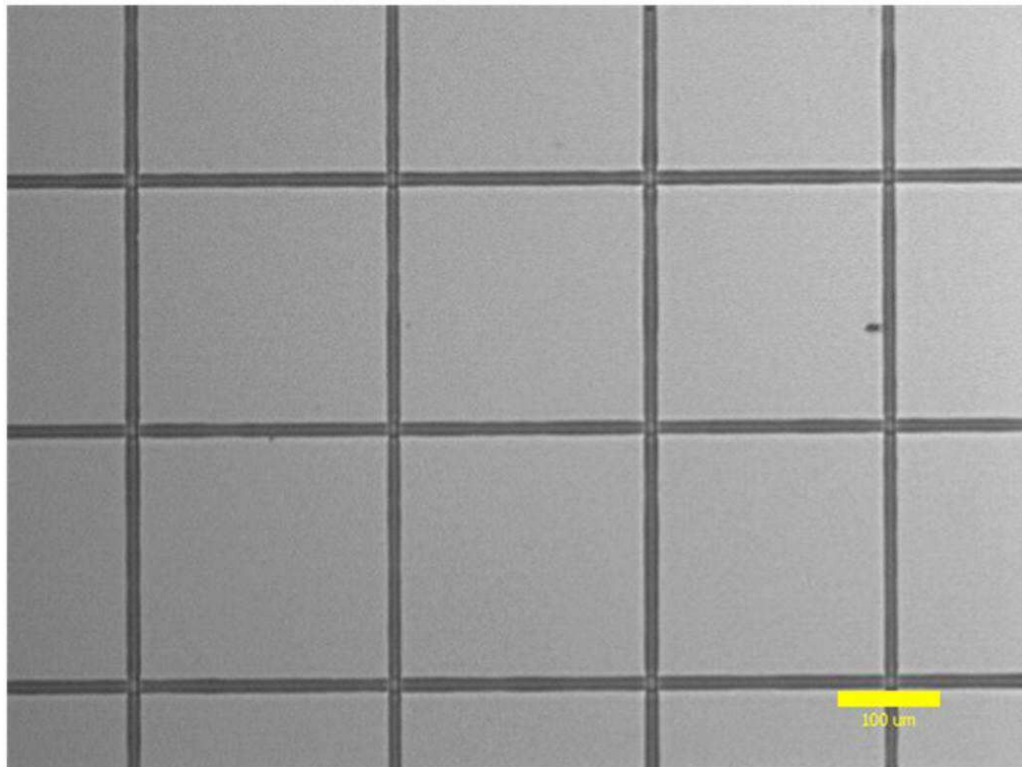
도면8



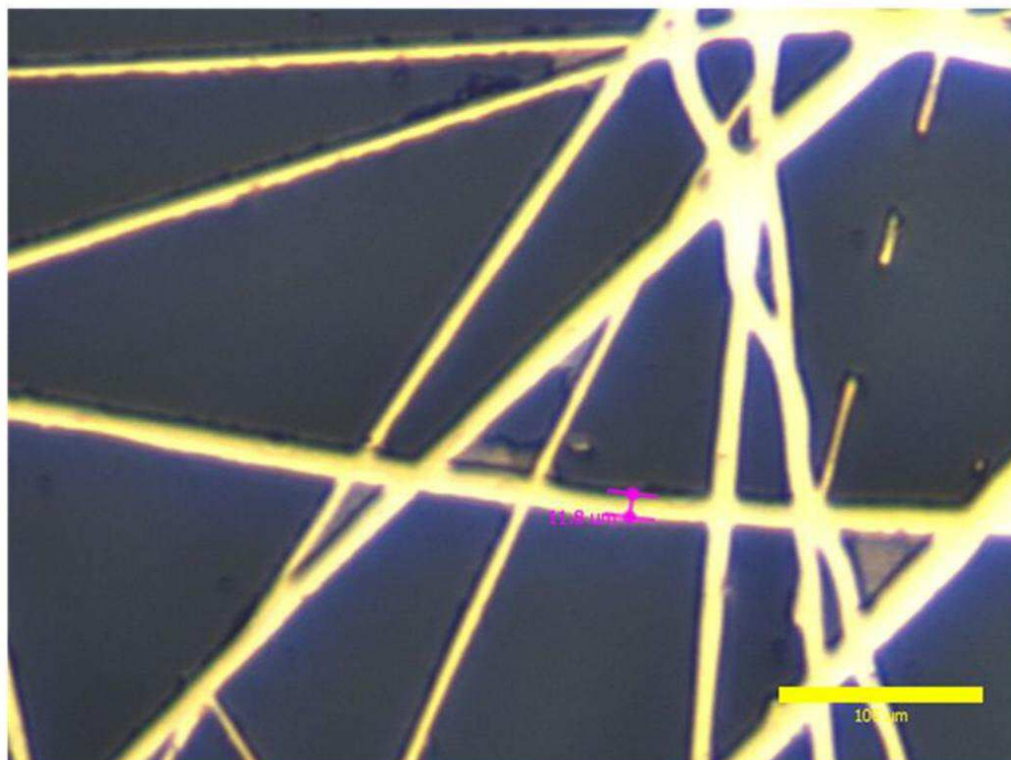
도면9



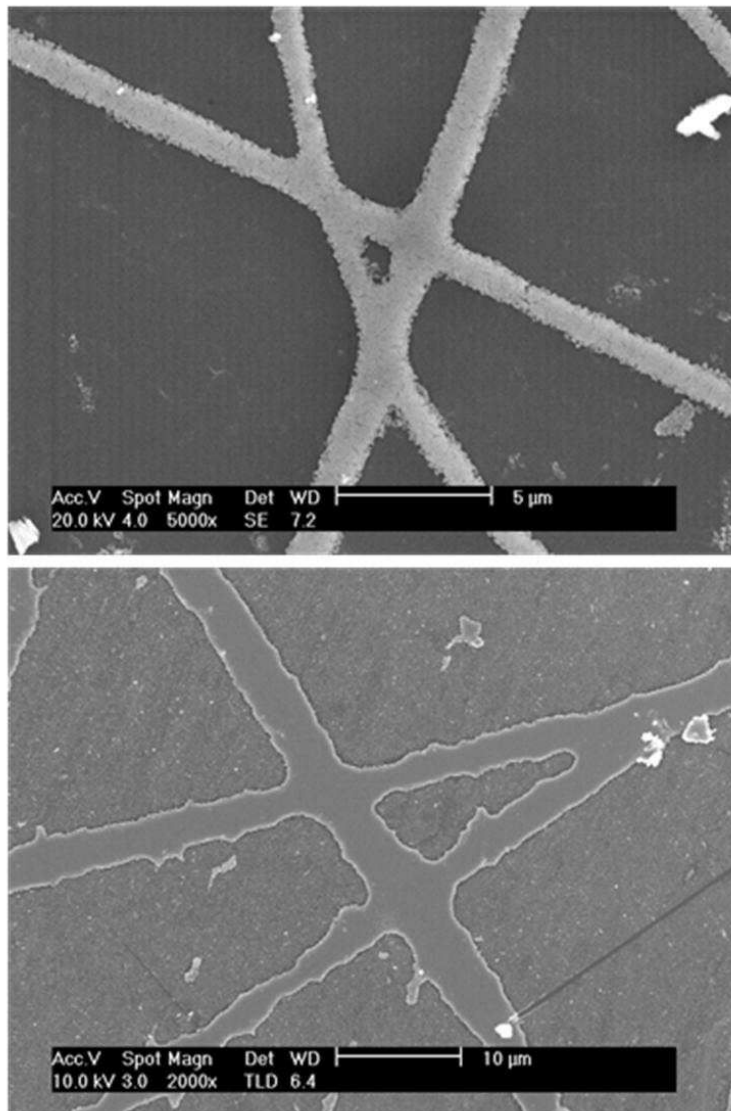
도면10



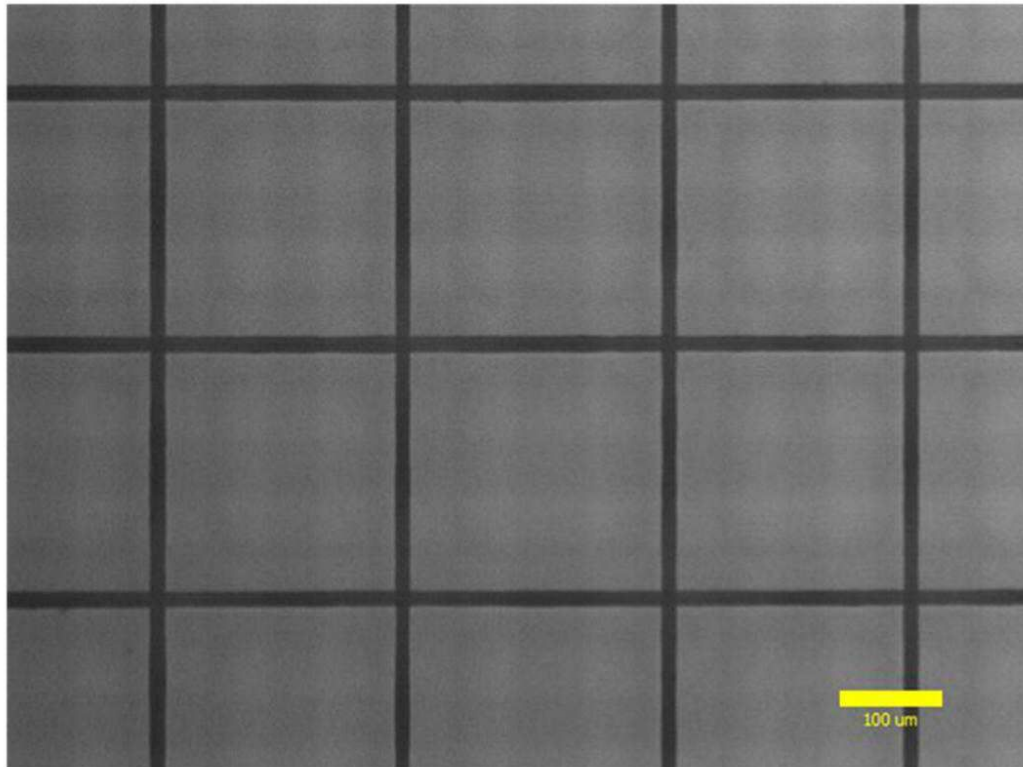
도면11



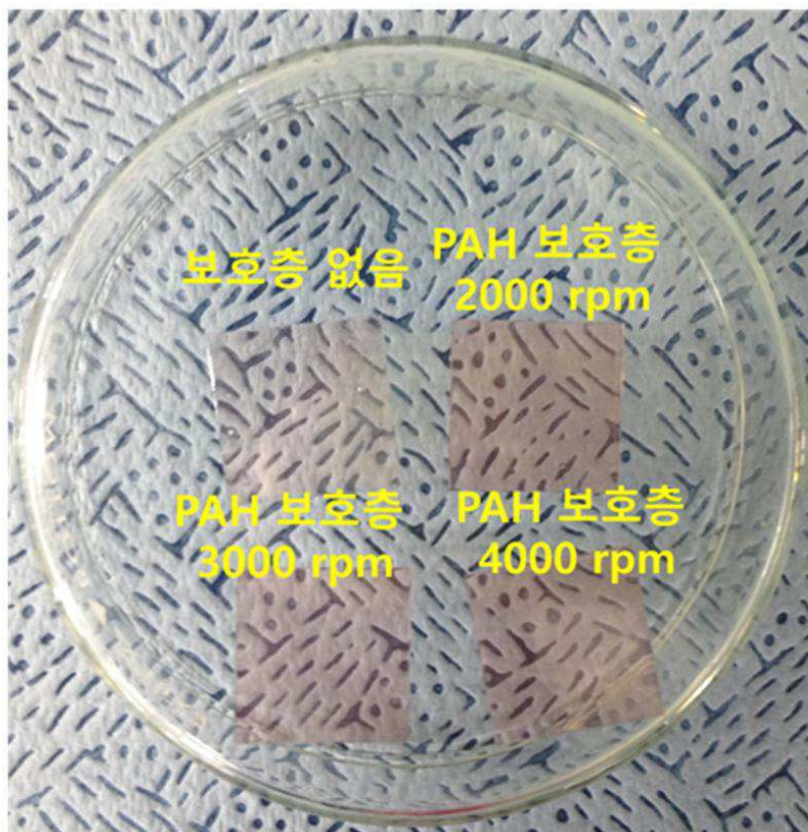
도면12



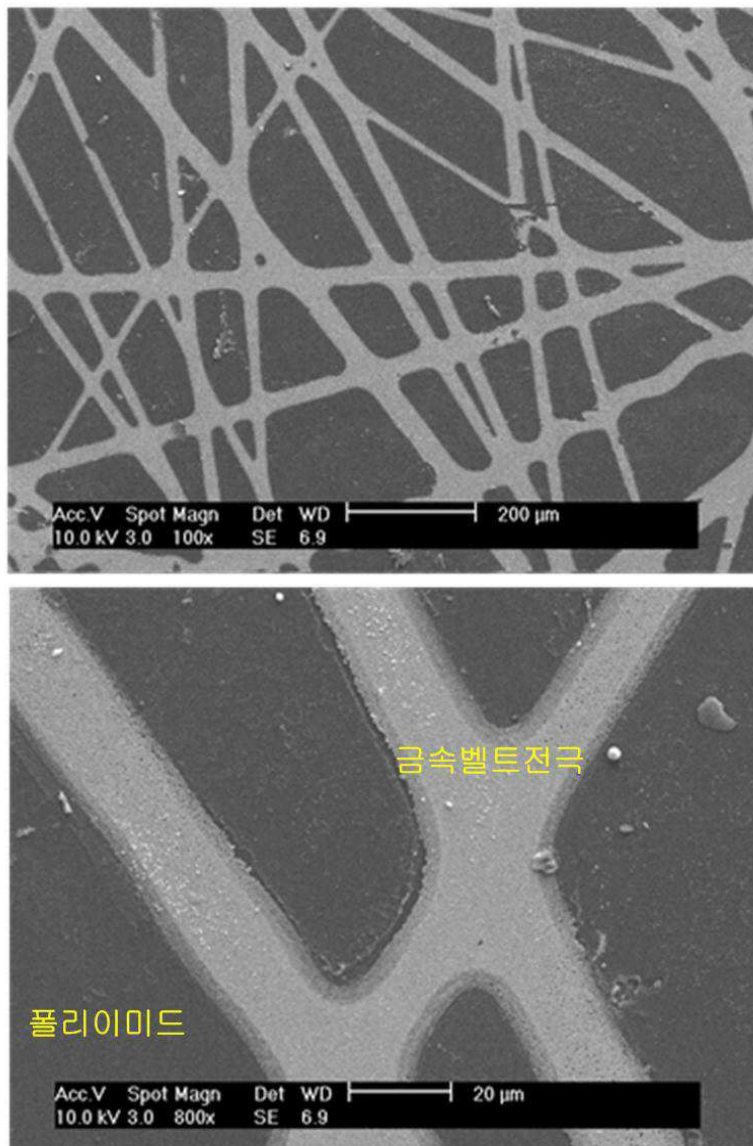
도면13



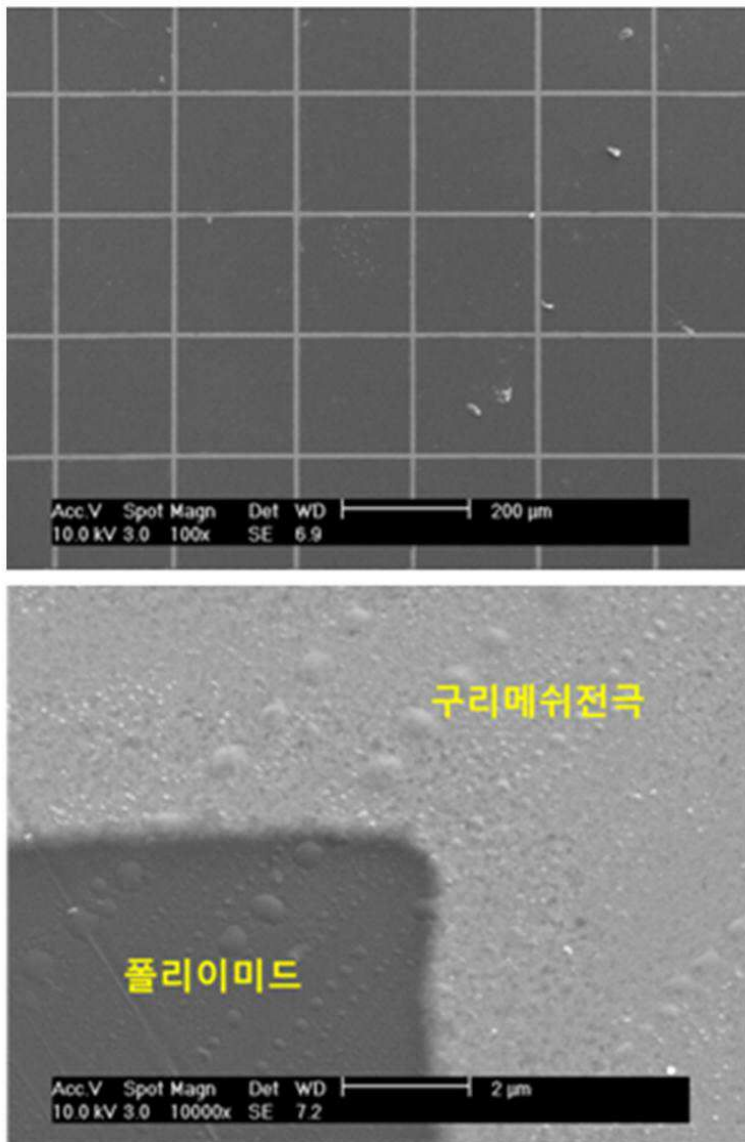
도면14



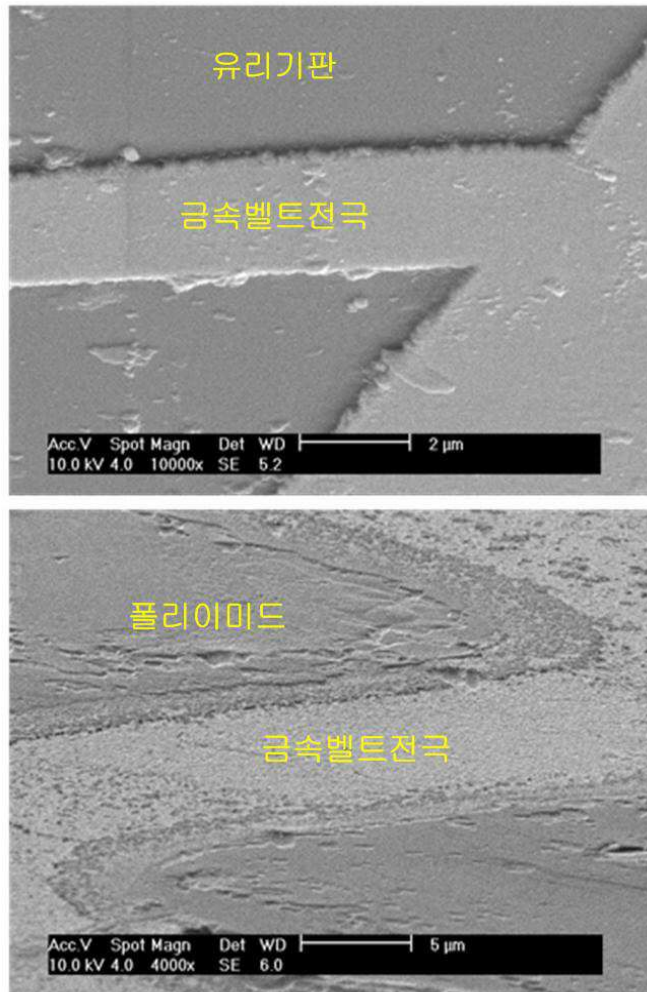
도면15



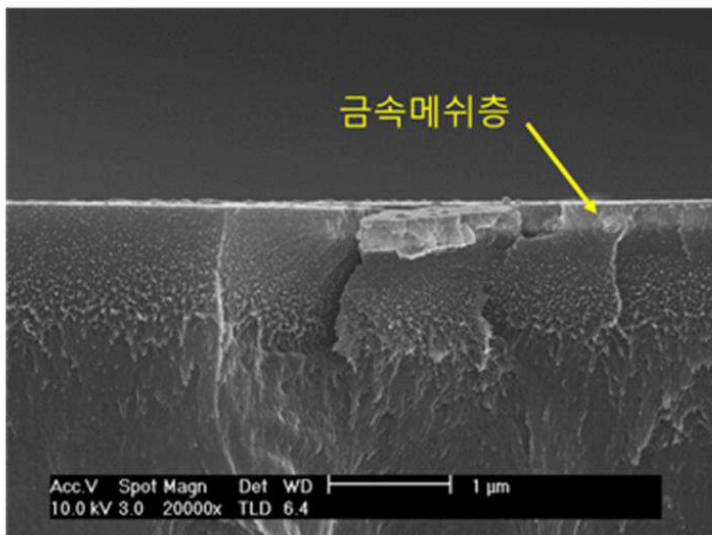
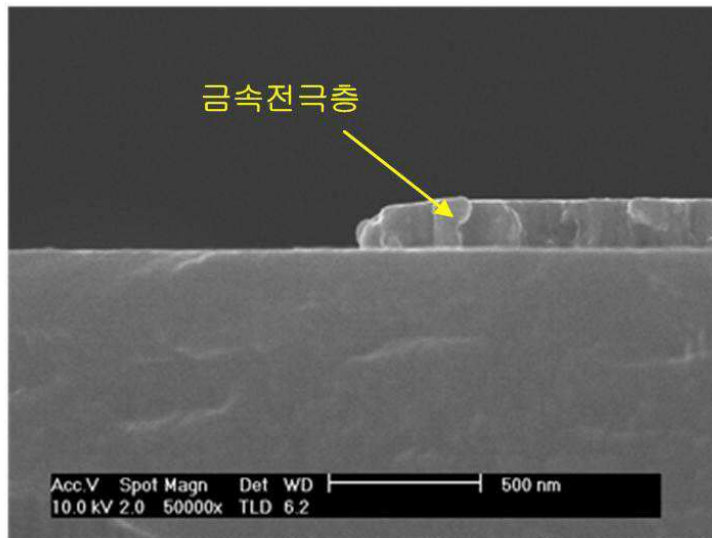
도면16



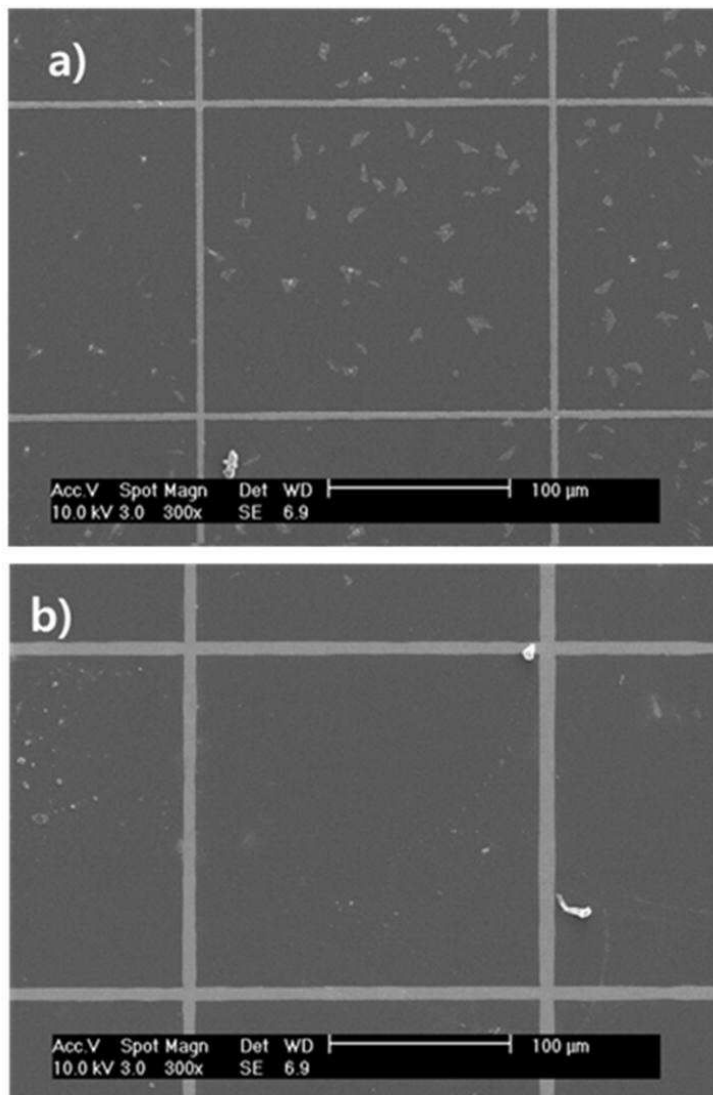
도면17



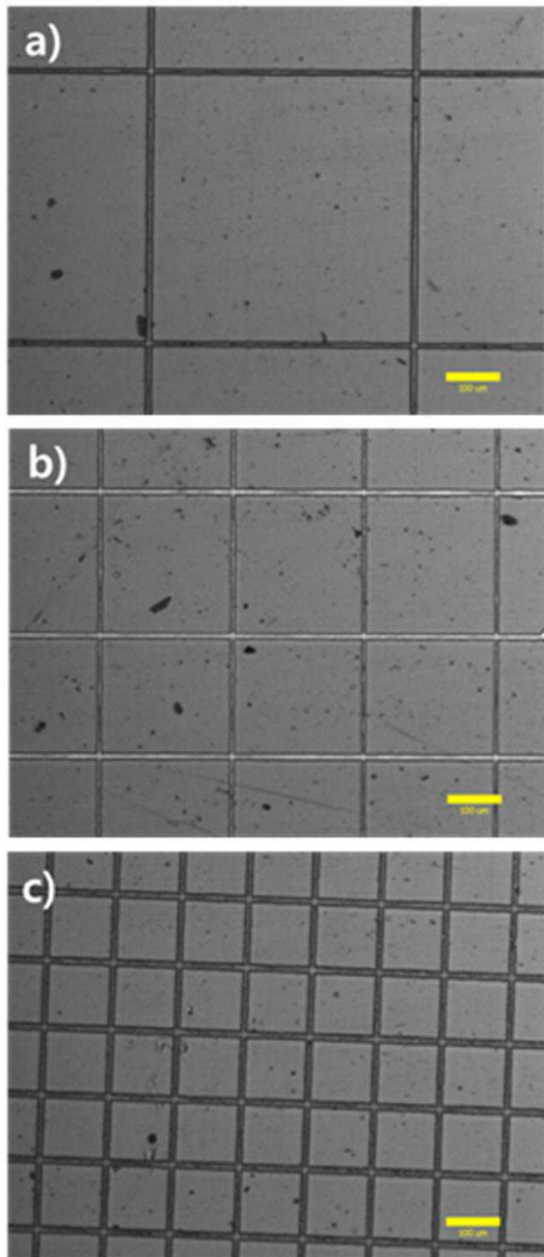
도면18



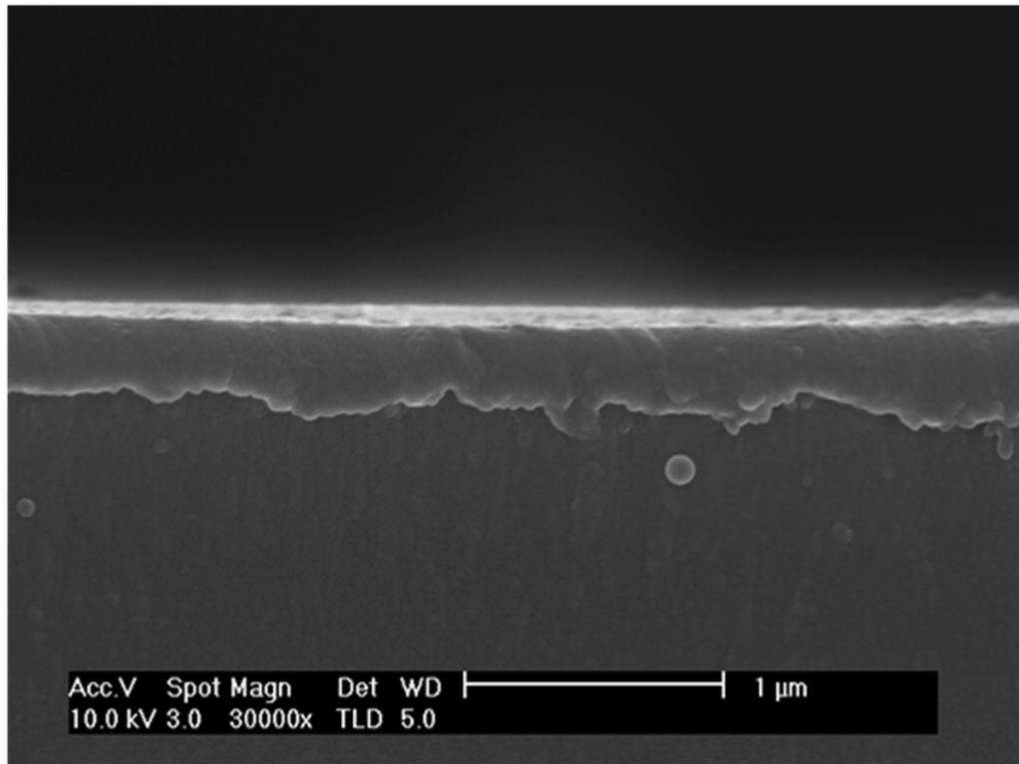
도면19



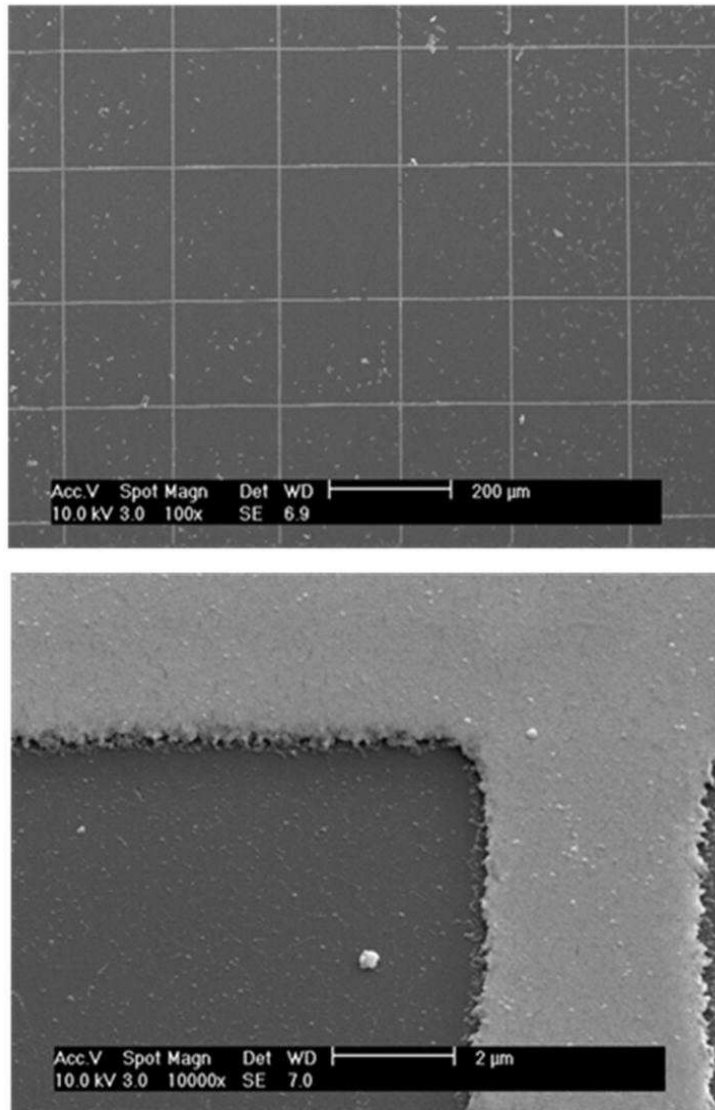
도면20



도면21



도면22



도면23

면저항 (Ohm/sq)	투과도 (%)
2.13	75.1
3.29	83.6

도면24

전극간격 (μm)	면저항 (Ohm/sq)	투과도 (%)
100	25	84.04
200	205	96.14
400	280	96.62

专利名称(译)	用于柔性OLED显示器的聚酰亚胺透明电极具有带状金属电极线及其制造方法		
公开(公告)号	KR1020170100783A	公开(公告)日	2017-09-05
申请号	KR1020160023062	申请日	2016-02-26
[标]申请(专利权)人(译)	韩国科学技术院		
申请(专利权)人(译)	科学与韩国高等科技研究院		
[标]发明人	KIM IL DOO 김일두 LUO ZHENHAO 루옌하오 YOON DOO YOUNG 윤두영 LEE JI HYUN 이지현		
发明人	김일두 루옌하오 윤두영 이지현		
IPC分类号	H01L51/52 H01L21/02 H01L51/00 H01L51/56		
CPC分类号	H01L51/5215 H01L51/0097 H01L2227/32 H01L51/56 H01L51/0002 H01L51/0017 H01L51/0011 H01L21/02601		
代理人(译)	培训.		
其他公开文献	KR101995096B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

在本发明实现的随机排列，或金属纳米带naejineun微带或电网的金属网状电极形成在特定方向上对准的无色，被嵌入在集成高度耐热，柔性透明电极的透明柔性聚酰亚胺基板，以及制造的方法它涉及。由此金属纳米带naejineun在栅格状方式的微带或金属线是通过使用通过电纺丝或电解印刷装置作为蚀刻掩模，而不光刻制造昂贵图片（照片光刻）工艺中制备的聚合物纳米纤维制备的有优势。特别地，由于金属电极线嵌入在完全透明的聚酰亚胺基板的一侧，因此它们具有光滑的表面平坦度并且可以应用于柔性OLED显示器基板。另外，由于它是聚酰亚胺基底，它可以用作需要高温处理的太阳能电池和显示器容器板。

