

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 6월 15일 (15.06.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/099345 A1

(51) 국제특허분류:

H01B 13/00 (2006.01) *H01B 1/02* (2006.01)
H01B 5/14 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01B 7/00 (2006.01) *G06F 3/041* (2006.01)
H01B 1/22 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2016/011628

(22) 국제출원일: 2016년 10월 17일 (17.10.2016)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2015-0173336 2015년 12월 7일 (07.12.2015) KR

(71) 출원인: 울산과학기술원 (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY))
[KR/KR]; 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR).

(72) 발명자: 박형욱 (PARK, Hyung Wook); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR). 김지수 (KIM, Ji Soo); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트

길 50, Ulsan (KR). 송명훈 (SONG, Myoung Hoon); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR). 남윤석 (NAM, Yun Seok); 44919 울산시 울주군 언양읍 유니스트길 50, Ulsan (KR).

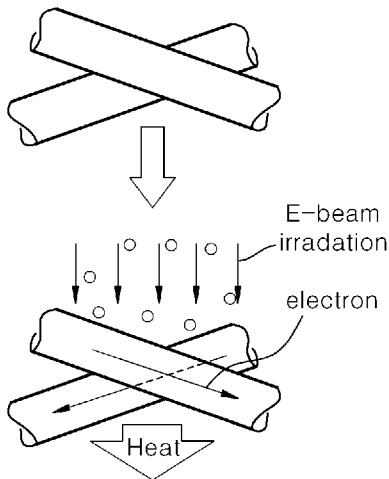
(74) 대리인: 전용준 (JEON, Yong Joon); 08506 서울시 금천구 가산디지털 2로 98, 롯데 IT 캐슬 1동 204호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

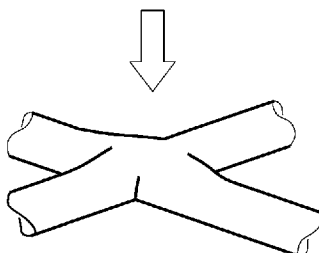
(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING CONDUCTIVE NANOWIRE NETWORK USING ELECTRON BEAM, AND TRANSPARENT ELECTRODE AND ELECTRONIC DEVICE EMPLOYING SAME

(54) 발명의 명칭: 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법, 이를 적용한 투명 전극 및 전자 장치



(57) Abstract: The present invention allows nanowires of a conductive nanowire network to be welded at only the intersections thereof, using resistance heat generated at the intersections, by irradiating an electron beam to the conductive nanowire network. Accordingly, it is possible to prevent the effect that portions other than the intersections are also heated, and thus prevent deterioration in electric conductivity. Further, the present invention can maintain the transparency of a silver nanowire network even after welding and can also ensure mechanical flexibility without an increase in sheet resistance.

(57) 요약서: 본 발명은, 도전성 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사함으로써, 나노 와이어들의 교차점에서 발생하는 저항에 의한 열을 이용하여 교차점만을 접합시킬 수 있으므로, 교차점 이외의 부분까지 가열되는 현상이 방지되어 전기 전도성의 저하를 방지할 수 있다. 또한, 접합 이후에도 은 나노 와이어 네트워크의 투명성을 유지할 수 있으며 시트 저항의 증가 없이 기계적 유연성도 확보할 수 있는 이점이 있다.



WO 2017/099345 A1



(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법, 이를 적용한 투명 전극 및 전자 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법, 이를 적용한 투명 전극 및 전자 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전자 빔을 조사하여 은 나노와이어의 네트워크를 형성할 수 있는 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법, 이를 적용한 투명 전극 및 전자 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 터치 스크린, 조명 기기, 태양 전지 및 센서 등과 같은 반도체 장치 등에는 투명 전극이 사용되고 있다. 투명 전극으로는 주로 인듐-주석 산화물(Indium Tin Oxide, ITO)이 많이 사용되고 있다. 그러나, 인듐-주석 산화물은, 인듐이 희소 금속이므로 수급이 불안정하므로 단가가 매우 높은 문제점이 있다.
- [3] 최근에는 인듐-주석 산화물을 대체하는 투명 전극 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인듐-주석 산화물을 대체할 수 있는 투명 전극 재료로는 금속계 나노 와이어 등이 제안되고 있으며, 특히, 은 나노 와이어는 전기 전도성과 광투과율이 높아서 터치 패널 등의 다양한 분야에 이용 가능하다.
- [4] 나노 와이어의 네트워크를 형성하는 방법은, 분산 용액을 스핀 또는 스프레이 코팅하는 방법과, 고온 열처리나 플라즈마 용접하는 방법이 있다.
- [5] 스핀 또는 스프레이 코팅하는 방법은, 나노 와이어 네트워크의 결합이 약하여 안정성이 저하되는 문제점이 있다.
- [6] 한편, 고온 열처리 방법은, 금속 나노 와이어들의 표면을 전체적으로 균일하게 가열하기 때문에 교차점 이외에 불필요한 부분까지 가열되어 은 나노 와이어 네트워크의 전기 전도성이 오히려 낮아지는 문제점이 있다.
- [7] 플라즈마 용접하는 방법은, 결합부를 선택적으로 용접할 수 있는 이점이 있으나, 시트 저항에 매우 큰 문제점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명의 목적은, 나노 와이어의 교차점만을 가열할 수 있는 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법, 이를 적용한 투명 전극 및 전자 장치를 제공하는 데 있다.

과제 해결 수단

- [9] 본 발명에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법은, 도전성 나노 와이어들을 이용하여 나노 와이어 네트워크를 형성하는 단계와;

상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여 상기 도전성 나노 와이어들의 교차점을 접합시키는 단계를 포함한다.

[10] 본 발명에 따른 투명 전극은, 베이스 기체 상에서 도전성 나노 와이어들이 나노 와이어 네트워크를 형성하고, 상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여 상기 도전성 나노 와이어들의 교차점이 접합된다.

[11] 본 발명에 따른 전자 장치는, 베이스 기체 상에서 도전성 나노 와이어들이 나노 와이어 네트워크를 형성하고, 상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여 상기 도전성 나노 와이어들의 교차점이 접합된 투명 전극을 포함한다.

발명의 효과

[12] 본 발명은, 도전성 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사함으로써, 나노 와이어들의 교차점에서 발생하는 저항에 의한 열을 이용하여 교차점만을 접합시킬 수 있으므로, 교차점 이외의 부분까지 가열되는 현상이 방지되어 전기 전도성의 저하를 방지할 수 있다.

[13] 또한, 접합 이후에도 은 나노 와이어 네트워크의 투명성을 유지할 수 있으며 시트 저항의 증가 없이 기계적 유연성도 확보할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[14] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법이 도시된 순서도이다.

[15] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법을 나타낸 도면이다.

[16] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 제조방법에 사용된 대형 펄스 전자 빔 조사장치의 개략도이다.

[17] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법과 종래의 제조방법에 따라 각각 접합된 은 나노 네트워크의 특성을 비교하여 나타낸 그래프이다.

[18] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법과 종래의 제조방법에 따른 주기적인 밴딩 시험 결과를 나타낸 그래프이다.

[19] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 은 나노 네트워크를 나타낸 SEM 사진이다.

[20] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노 와이어 네트워크의 제조방법과 종래의 제조방법에 따른 은나노 네트워크를 비교한 SEM 사진이다.

[21] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 도전성 나노 와이어 네트워크를 적용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(FPLED)의 특성을 나타낸 도면이다.

[22] 도 9는 도 8에 도시된 플렉서블 고분자 발광 다이오드의 장치 성능을 나타낸 표이다.

[23] 도 10 본 발명의 실시예에 따른 도전성 나노 와이어 네트워크를 적용한

플렉서블 고분자 발광 다이오드(FPLED)와 다른 샘플들을 비교한 사진이다.

- [24] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 도전성 나노 와이어 네트워크를 적용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(FPLED)의 밝기 변화를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [25] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면, 다음과 같다.
- [26] 본 발명의 실시예에 따른 투명 전극을 포함하는 전자 장치는, PET 필름 위에 도전성 나노 와이어 네트워크가 형성되고, 도전성 나노 와이어 네트워크를 이루는 도전성 나노 와이어들의 교차점은 전자빔의 조사에 의해 접합된다.
- [27] 상기 전자 장치는, 터치 패널, LED, 솔라셀 및 다양한 센서 등을 포함한다.
- [28] 상기 PET 필름은, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate, PET) 필름이고, 투명하고 신축성을 가진다.
- [29] 상기 도전성 나노 와이어는, 은 나노 와이어가 사용되는 것으로 예를 들어 설명하나, 이외에도 다른 도전성 소재가 사용되는 것도 물론 가능하다.
- [30] 상기와 같이 구성된 투명 전극의 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법을 설명하면 다음과 같다.
- [31] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법이 도시된 순서도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법을 나타낸 도면이다.
- [32] 도 1 및 도 2를 참조하면, 먼저, 도전성 나노 와이어들을 스핀 코팅하여 나노 와이어 네트워크를 형성한다.(S1)
- [33] 상기 도전성 나노 와이어들은, 은 나노 와이어(AgNW)인 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 도전성 소재라면 이용 가능하다.
- [34] 상기 스핀 코팅은, 이소프로필 알코올(IPA) 기반 은 나노 와이어 현탁액을 사용한다. 상기 이소프로필 알코올 기반 은 나노 와이어 현탁액에 포함된 은 나노 와이어는 길이가 약 20 내지 30 μ m이고, 직경은 약 30 내지 40nm이다. 상기 이소프로필 알코올은 약 0.5wt%가 포함된다.
- [35] 상기 은 나노 네트워크는, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate, PET) 필름상에 만들어진다.
- [36] 상기와 같이 도전성 나노 와이어들을 스핀 코팅하여 나노 와이어 네트워크가 형성되면, 은 나노 와이어들의 교차점이 접합되지 않은 상태이다. 즉, 나노 와이어들간의 교차점은 물리적 접촉만을 하고 있는 상태이다.
- [37] 이후, 상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여, 상기 은 나노 와이어들의 교차점만을 접합시킨다.(S2)
- [38] 상기 전자빔은, 대형 펄스 전자 빔(Large pulsed electron beam, LPEB)를 사용한다.
- [39] 상기 전자 빔의 펄스의 파장은 0.1Hz 내지 0.2Hz 범위가 사용된다. 상기 전자빔은, 약 5kV의 가속전압이고 단 펄스로 조사한다. 상기 전자빔의 펄스

- 과장은 펄스와 펄스의 조사 시간 간격을 5 내지 10초로 조절하여 결정된다.
- [40] 상기 전자빔의 조사 횟수는 1 내지 3회이다.
- [41] 상기 전자빔의 가속 전압이 5kV를 초과하거나 조사 횟수가 1 내지 3회 범위를 벗어날 경우 나노 와이어 네트워크의 교차점이 접합되지 않고 기화되는 현상이 발생하며, 과도한 에너지 전달로 인해 금속 거품이 발생하기 때문에 전도성을 잃게 되며, 시트 저항이 크게 증가하여 도전성 네트워크의 기능을 잃게 된다.
- [42] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 제조방법에 사용된 대형 펄스 전자 빔 조사장치의 개략도이다.
- [43] 도 3을 참조하면, 상기 대형 펄스 전자 빔 장치(10)는, 캐소드(11), 솔레노이드(14) 및 진공관(16)을 포함한다. 도면부호 12는, 캐소드 플라즈마이고, 도면부호 13은 애노드 플라즈마를 나타내며, 도면부호 15는 은 나노 와이어가 스핀 코팅된 시편(Workpiece)를 나타낸다.
- [44] 상기 전자빔의 조사는 아르곤 가스로 가득찬 진공관(16)에서 행해진다. 상기 캐소드(11)와 애노드사이에서 전자가 가속화되어 시편(15)에 플라즈마를 통해 에너지를 전달한다. 상기 전자빔의 지름은 50mm 내지 80mm 범위로 조사되는 바, 본 실시예에서는 약 60mm로 고정한다. 상기 전자빔은, 약 5kV의 가속전압이고 단 펄스로 조사한다. 상기 전자빔의 가속 전압이 5kV를 초과하면, 표면 질감을 떨어뜨리고, 은 나노 와이어들의 끝단에 금속 거품(Metallic bubbles)을 초래한다.
- [45] 상기 전자빔을 상기 나노 와이어 네트워크에 조사하면, 상기 은 나노 와이어들의 교차점이 접합된다.
- [46] 도 2를 참조하면, 상기 전자빔을 상기 나노 와이어 네트워크에 조사하면, 가속화된 전자가 상기 은 나노 와이어를 타고 흐른다. 이 때, 상기 은 나노 와이어들의 교차점에서는 저항이 높아지므로 교차점에서 열이 발생된다. 따라서, 교차점에서 발생된 열에 의해 교차점에서 접합이 이루어진다.
- [47] 즉, 나노 와이어 네트워크에 상기 대형 펄스 전자빔을 조사하면, 교차점에서만 열이 발생되어 교차점만의 접합이 이루어지므로, 교차점 이외의 부분이 가열되는 현상이 방지될 수 있다. 따라서, 교차점 이외의 부분을 가열시 전기 전도성이 낮아지는 현상이 방지될 수 있다.
- [48] 또한, 상기 전자빔을 조사하는 경우, 기판에 빠른 온도 변화를 가져와서 교차점만을 보다 빠르게 용융시키고 재응고시킬 수 있다. 상기 전자빔을 조사하는 경우, 냉각율이 약 10⁷K/s이상이다. 이러한 최상의 냉각율은 금속을 결정질(crystalline) 구조로 바꿀 수 있으며, 이러한 변화는 경도(Hardness)나 탄성계수(Modulus)를 포함하는 기계적 성질을 바꿀 수 있다. 한편, 종래의 고온의 열처리 방법의 경우, 용융되고 다시 응고되는 전체 과정에 걸쳐서 지속적으로 열전달을 유지해야하기 때문에 시간이 매우 오래 걸리는 문제점이 있다.
- [49] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어

네트워크의 제조방법과 종래의 제조방법에 따라 각각 접합된 은 나노 네트워크의 특성을 비교하여 나타낸 그래프이다.

[50] 도 4a는, 은 나노 네트워크의 접합 방법에 따른 시트 저항을 나타낸다.

[51] 도 4a를 참조하면, 열처리나 전자빔의 조사가 이루어지기 전 상태(as-prepared)의 은 나노 와이어들은 서로간의 접촉 저항 때문에 시트 저항이 가장 높게 나타났다.

[52] 상기 열처리는 전체 영역에 열을 가하는 종래의 접합 방법이다. 고온의 열처리 이후에는 접합부의 접촉 저항이 줄어들기 때문에 시트 저항이 줄어든다. 고온의 열처리 이후 시트 저항은 약 $18.57\Omega/\text{sq}$ 이다.

[53] 한편, 대형 펄스 전자빔의 조사 이후 시트 저항은 약 $12.53\Omega/\text{sq}$ 이다. 따라서, 대형 펄스 전자빔의 조사 이후 시트 저항이 가장 낮게 나타나는 것을 알 수 있다.

[54] 도 4b와 도 4c는 은 나노 네트워크의 접합 방법에 따른 투과도와 헤이즈(Haze)를 나타낸다.

[55] 도 4b와 도 4c를 참조하면, 대형 펄스 전자빔의 조사 이후에도 투과도(Transmittance)와 헤이즈(Haze)가 유지되는 것을 알 수 있다.

[56] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법과 종래의 제조방법에 따른 주기적인 벤딩 시험 결과를 나타낸 그래프이다. 도 5a는 반복되는 주기적 벤딩에 따른 시트 저항의 상대변화를 추세선(Trend line)으로 나타낸 것이고, 도 5b는 주기적 벤딩에 따른 시트 저항의 상대변화를 나타낸 것이다.

[57] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 열처리나 전자빔의 조사가 이루어지기 전 상태(as-prepared)의 은 나노 와이어들의 시트 저항은 벤딩(bending)을 시작하자마자 초기값보다 35%까지 증가하였고, 반복되는 벤딩 주기에 따라 계속적으로 증가하여, 1000번째 주기 이후에는 초기값보다 약 2.3배의 시트 저항에 이르렀다.

[58] 열처리된 은 나노 와이어들은 벤딩 주기가 반복될수록 시트저항이 계속적으로 증가하여 1000번째 주기 이후에는 초기값보다 약 1.9배의 시트 저항에 이르렀다.

[59] 대형 펄스 전자빔의 조사가 이루어진 은 나노 와이어 네트워크의 시트 저항은 초기와 비슷한 수준을 유지하다가 1200번째 벤딩 주기후에 약 30%정도의 시트저항의 증가만이 나타났다.

[60] 따라서, 대형 펄스 전자빔의 조사를 이용해 접합된 은 나노 와이어 네트워크는, 반복적인 벤딩 시험 이후에도 시트 저항의 변화가 가장 적게 나타나기 때문에, 투명하면서도 신축성 있는 전극으로의 이용이 가능하다.

[61] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 은 나노 네트워크를 나타낸 SEM 사진이다.

[62] 도 6a는 상기 전자빔의 가속 전압이 5kV이하일 때 교차점의 접합 상태를 나타낸 SEM사진이고, 도 6b는 상기 전자빔의 가속 전압이 5kV를 초과할 때 은 나노 와이어들의 끝단에 금속 거품이 나타난 상태를 나타낸 SEM사진이다.

[63] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 전자 빔을 이용한 도전성 나노 와이어

네트워크의 제조방법과 종래의 제조방법에 따른 은나노 네트워크를 비교한 SEM 사진이다.

- [64] 도 7a는 열처리에 의해 교차점이 접합된 은 나노 네트워크를 나타내는 SEM 사진이다. 도 7a를 참조하면, 열처리를 하는 경우, 은 나노 네트워크의 전체 영역은 동일한 양의 열을 받기 때문에, 은 나노 와이어들이 교차하지 않거나 은 나노 와이어들의 밀도가 상대적으로 낮은 부분에는 불필요하게 과도한 양의 열이 공급되기 때문에 과도한 열에 의해 증발되는 현상이 발생된다.
- [65] 도 7b는 전자빔의 조사에 의해 교차점이 접합된 은 나노 네트워크를 나타내는 SEM 사진이다. 도 7b를 참조하면, 전자빔을 조사하는 경우, 은 나노 와이어들은 스스로 열원으로 작용하며, 은 나노 와이어들의 밀도에 따라 접합을 위한 적당한 양의 에너지를 받을 수 있다. 따라서, 은 나노 와이어들의 밀도가 높은 교차점에서는 그 외 영역보다 높은 열이 발생되어 접합이 이루어질 수 있다.
- [66] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 도전성 나노 와이어 네트워크를 적용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(FPLED)의 특성을 나타낸 도면이다. 도 9는 도 8에 도시된 플렉서블 고분자 발광 다이오드의 장치 성능을 나타낸 표이다.
- [67] 도 8a와 도 8b는, 대형 펄스 전자빔(LPEB)으로 접합된 은나노와이어 전극을 이용하여 제조된 FPLED(Flexible Polymer Light-emitting Diodes)의 구조를 나타낸다.
- [68] 도 8c, 도 8d 및 도 9를 참조하면, 상기 플렉서블 고분자 발광 다이오드의 밝기(Lmax)는 10V에서 최대 25600cd/m²이고, 밝기 효율(Luminous efficiency, LEmax)은 5V에서 7.37cd/A이고, ITO 전극의 경우에 비해 매우 조금 낮은 값이다. 왜냐하면, 나노 와이어 사이에 전기적으로 공극이 존재하기 때문이다.
- [69] 도 10 본 발명의 실시예에 따른 도전성 나노 와이어 네트워크를 적용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(FPLED)와 다른 샘플들을 비교한 사진이다.
- [70] 도 10a는 접합 공정 없이 제작된 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 1), 도 10b는 열 어닐링된 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 2), 도 10c는 LPEB 접합을 이용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 3)을 나타낸다.
- [71] 도 10a를 참조하면, 나노와이어들의 접합은 곡률 반경(rb)가 10mm인 밴딩 응력에서 쉽게 깨지는 것을 알 수 있다. 도 10b를 참조하면, 열 어닐링된 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 2)는 곡률반경(rb)가 5mm이하의 밴딩에서 EL (electroluminescence)강도가 매우 약해지는 것을 알 수 있다. 도 10c를 참조하면, LPEB 접합을 이용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 3)는 매우 플렉서블하기 때문에, 큰 변형에서도 안정된 EL 방출하는 것을 확인할 수 있다.
- [72] 도 11a는 rb가 2.5mm일 때, 플렉서블 고분자 발광 다이오드(FPLED)의 밝기 변화를 비교 도시한 것이고, 도 11b는 rb가 0.5mm인 밴딩 전,후의 J-V 특성을 점선과 실선으로 구분하여 나타내고, 도 11c는 주어진 rb를 갖는 밴딩시험을 위한 원통형 물체를 나타낸다.
- [73] 또한, 도 11a를 참조하면, LPEB 접합을 이용한 플렉서블 고분자 발광

다이오드는 다른 것들에 비해 밝기 변화의 감소가 느린 것을 알 수 있다.

- [74] 도 11b를 참조하면, 용접 공정 없이 제작된 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 1)는, 낮은 전압 영역에서 불규칙적인 노이즈를 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 용접되지 않은 접합부의 높은 접촉 저항은 전류 누설(leakage current)을 일으키고 내구성이 약하다. 열어닐링이 수행된 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 2)는 샘플 1에 비해 전류 누설은 줄어들지만, 샘플 3보다는 높다. LPEB 접합을 이용한 플렉서블 고분자 발광 다이오드(샘플 3)는 전류 누설이 거의 발생하지 않았다. 이것은 최소화된 접합 결함이 낮은 전압 영역에서 전류 누설을 줄이는 것을 의미한다.

산업상 이용가능성

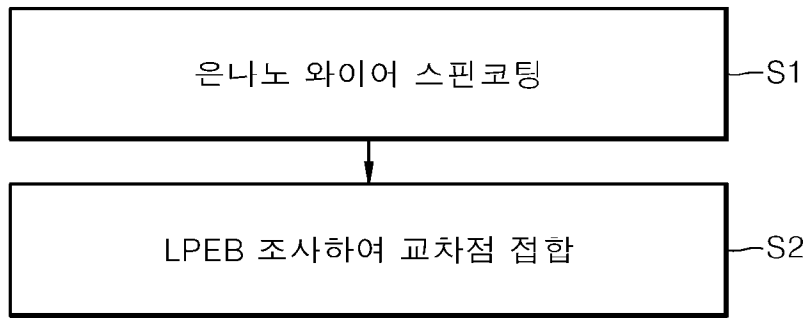
- [75] 본 발명에 따르면 도전성 나노 와이어들의 교차점만을 접합시킴으로써 접합시 전기 전도성의 저하가 방지되어 투명 전극 및 전자 장치에 이용할 수 있다.

청구범위

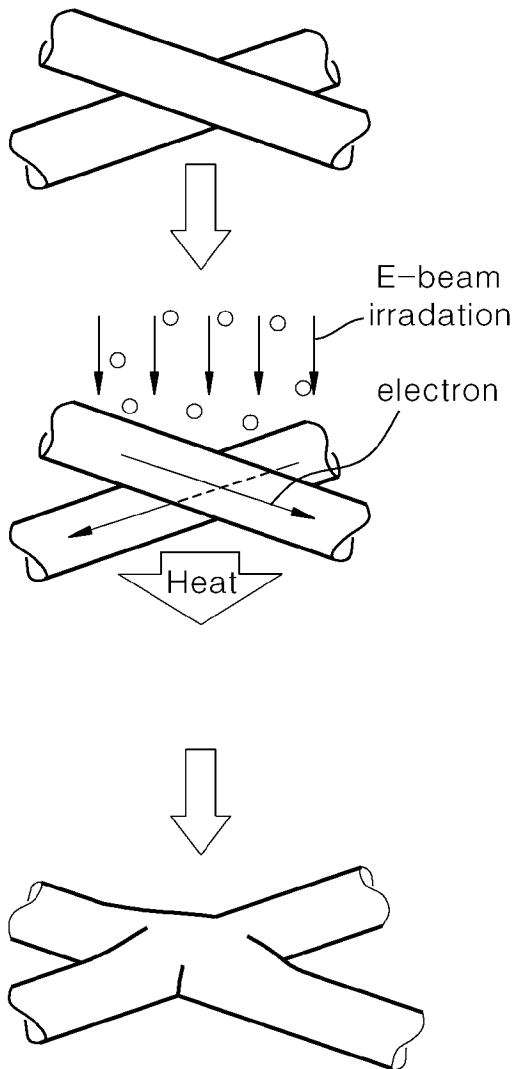
- [청구항 1] 도전성 나노 와이어들을 이용하여 나노 와이어 네트워크를 형성하는 단계와;
상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여 상기 도전성 나노 와이어들의 교차점을 접합시키는 단계를 포함하는 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 전자빔은 대형 펄스 전자 빔(Large pulsed electron beam)을 사용하는 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 3] 청구항 2에 있어서,
상기 대형 펄스 전자빔의 가속 전압은 5kV이하로 설정하는 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 4] 청구항 2에 있어서,
상기 대형 펄스 전자빔의 펄스의 파장은 0.1 Hz 내지 0.2 Hz 범위인 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 전자빔의 지름은 50 mm 내지 80 mm 범위인 도전성 나노 와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서,
상기 도전성 나노 와이어는, 은 나노 와이어를 포함하는 전자 빔을 이용한 도전성 나노와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 7] 청구항 6에 있어서,
상기 나노 와이어 네트워크를 형성하는 단계는,
이소프로필 알코올(IPA)과 상기 은 나노 와이어가 혼합된 현탁액을 스핀 코팅하여 형성하는 도전성 나노 와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 8] 청구항 7에 있어서,
상기 은 나노 와이어의 길이는 20 내지 30 μ m이고, 직경은 30 내지 40nm인 도전성 나노 와이어 네트워크의 제조방법.
- [청구항 9] 베이스 기재 상에서 도전성 나노 와이어들이 나노 와이어 네트워크를 형성하고, 상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여 상기 도전성 나노 와이어들의 교차점이 접합된 투명 전극.
- [청구항 10] 청구항 9에 있어서,
상기 도전성 나노 와이어들은, 대형 펄스 전자 빔(Large pulsed electron beam)을 사용하여 접합된 투명 전극.
- [청구항 11] 청구항 10에 있어서,
상기 도전성 나노 와이어들은, 상기 대형 펄스 전자 빔의 가속 전압이 5kV이하로 조사되어 접합된 투명전극.

- [청구항 12] 청구항 11에 있어서,
상기 도전성 나노 와이어들은, 상기 대형 펄스 전자빔의 펄스의 파장이 0.1 Hz 내지 0.2 Hz 범위로 조사되어 접합된 투명전극.
- [청구항 13] 청구항 12에 있어서,
상기 도전성 나노 와이어들은, 상기 대형 펄스 전자빔의 지름이 50 mm 내지 80 mm 범위로 조사되어 접합된 투명전극.
- [청구항 14] 청구항 9에 있어서,
상기 도전성 나노 와이어는, 은 나노 와이어를 포함하는 투명 전극.
- [청구항 15] 베이스 기재 상에서 도전성 나노 와이어들이 나노 와이어 네트워크를 형성하고, 상기 나노 와이어 네트워크에 전자빔을 조사하여 상기 도전성 나노 와이어들의 교차점이 접합된 투명 전극을 포함하는 전자 장치.
- [청구항 16] 청구항 15에 있어서,
상기 전자 장치는, 터치 패널, LED, 솔라셀 또는 센서를 포함하는 전자 장치.

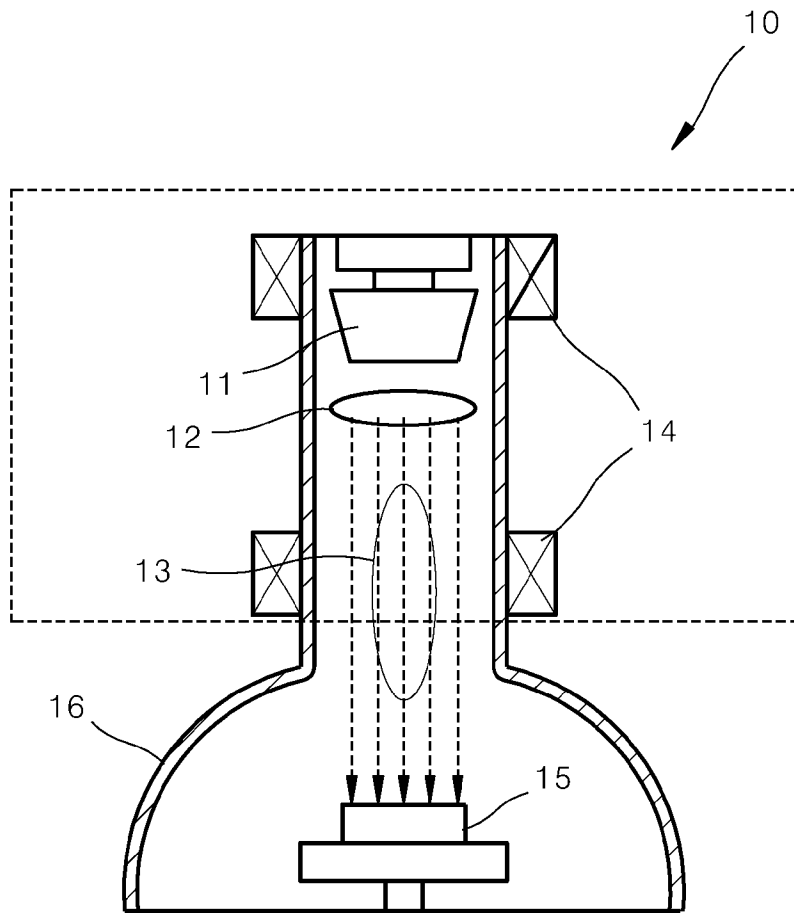
[도1]



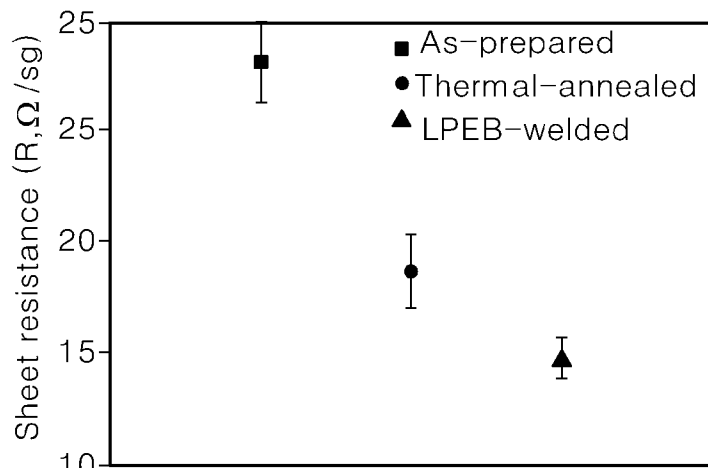
[도2]



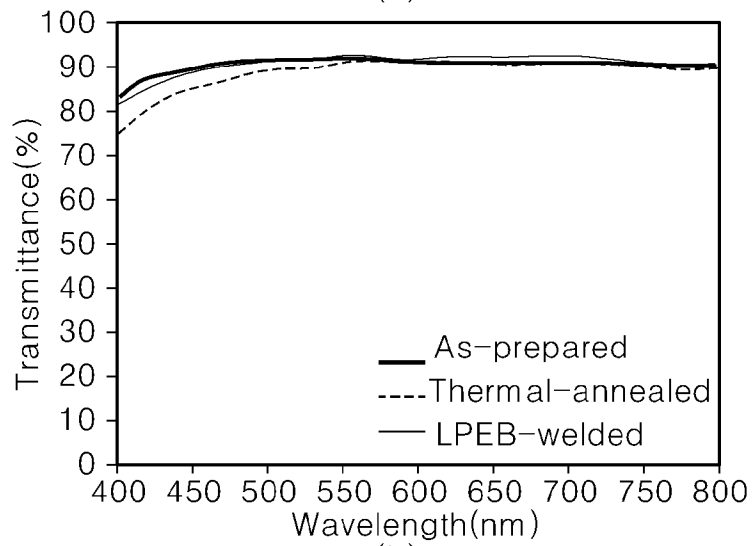
[도3]



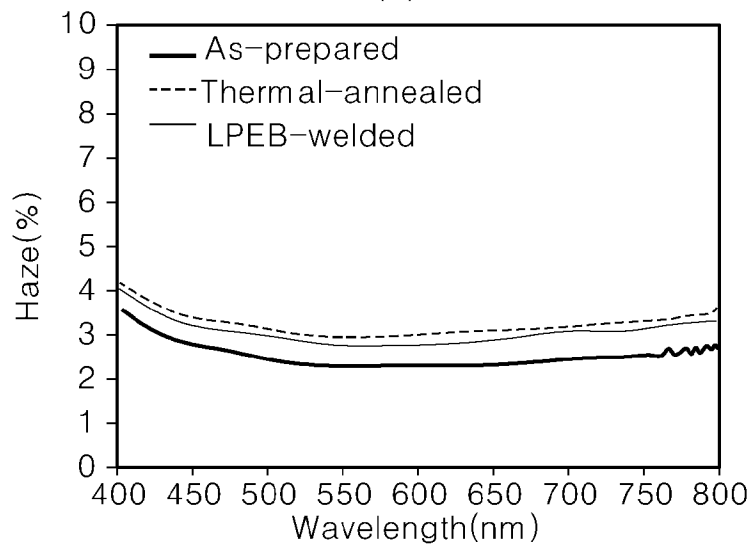
[도4]



Welding method of AgNWs percolation network
(a)

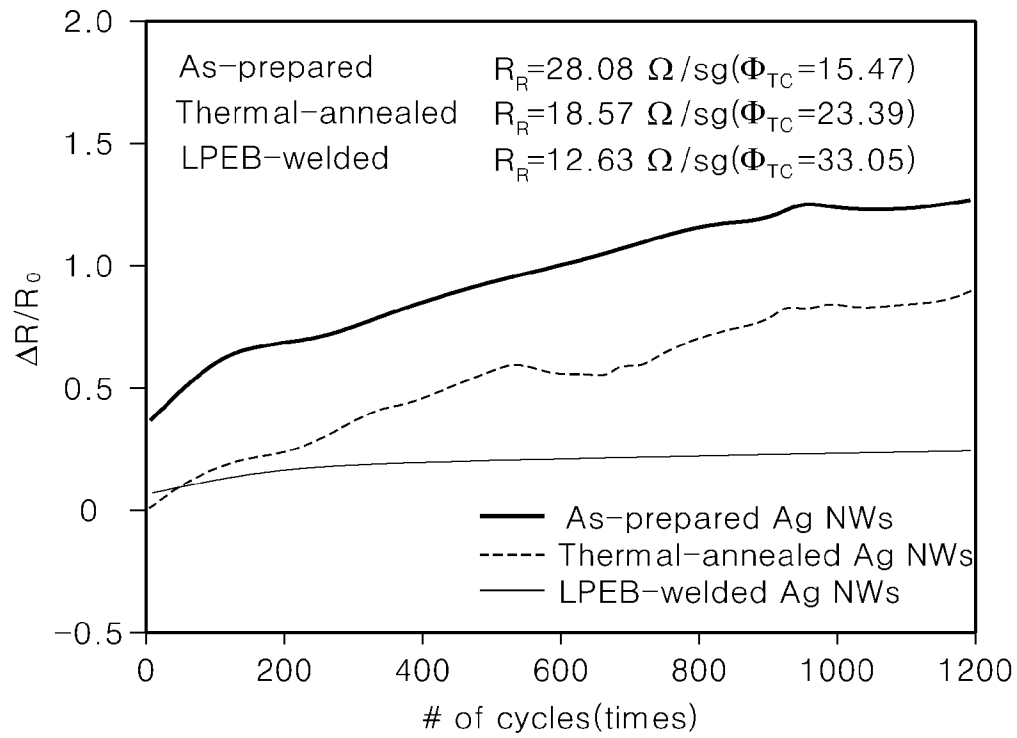


(b)

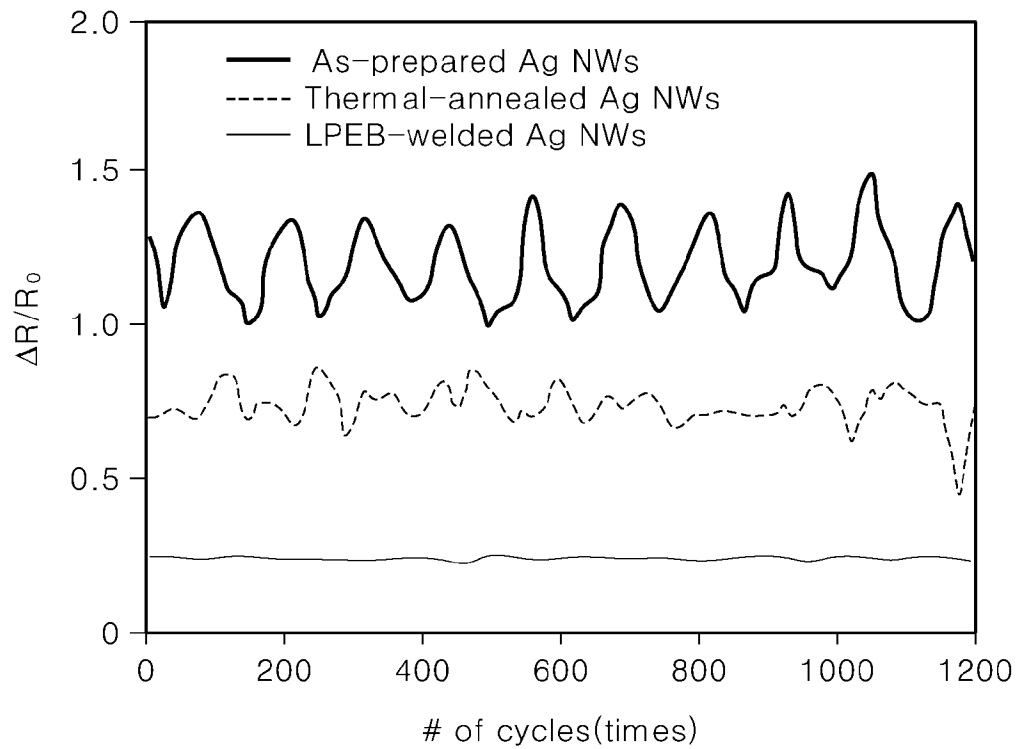


(c)

[도5]

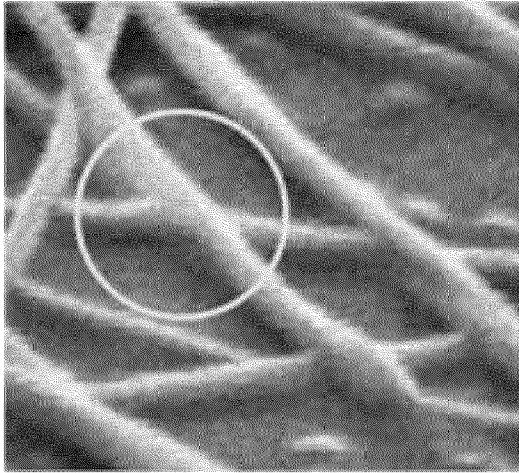


(a)

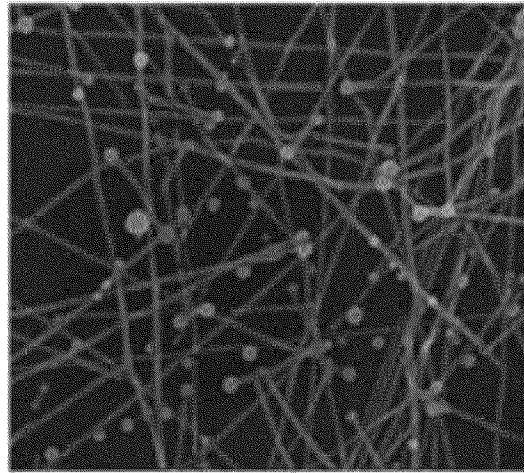


(b)

[도6]



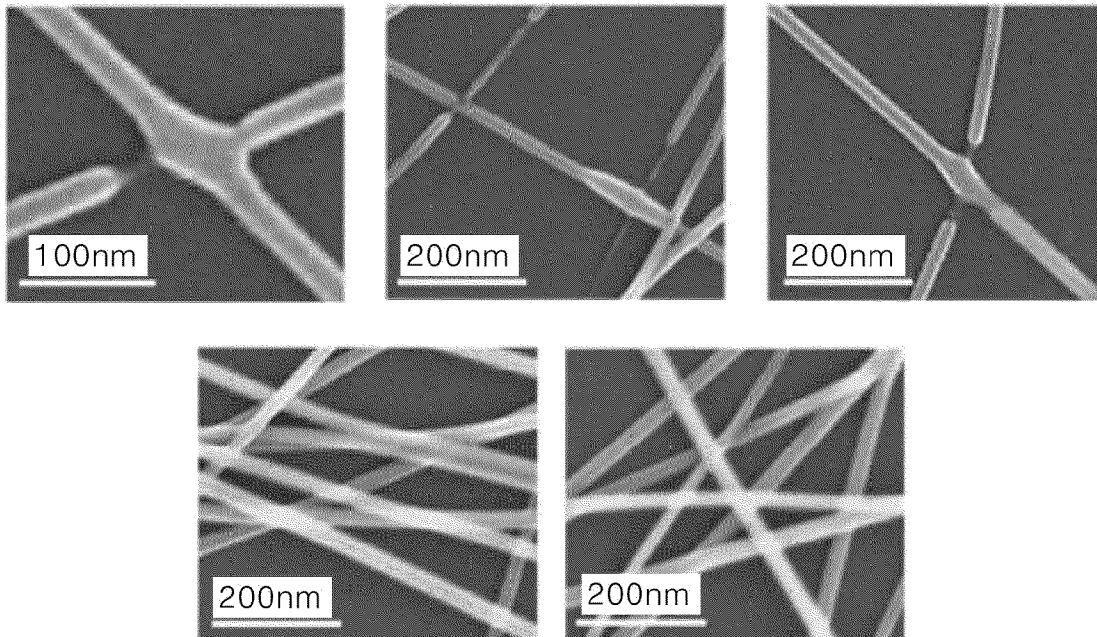
(a)



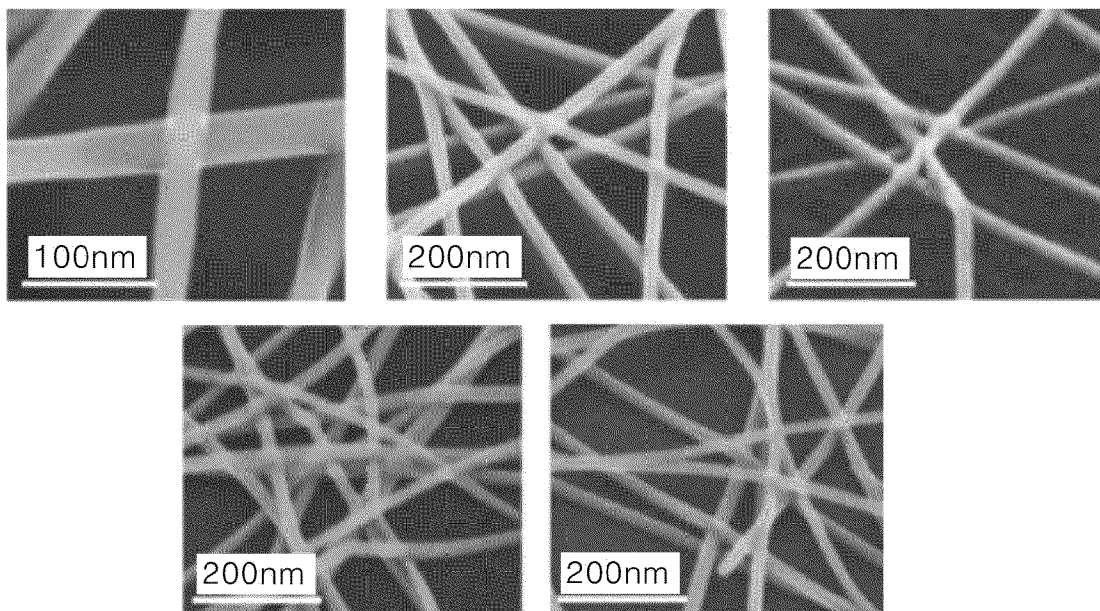
(b)

[도7]

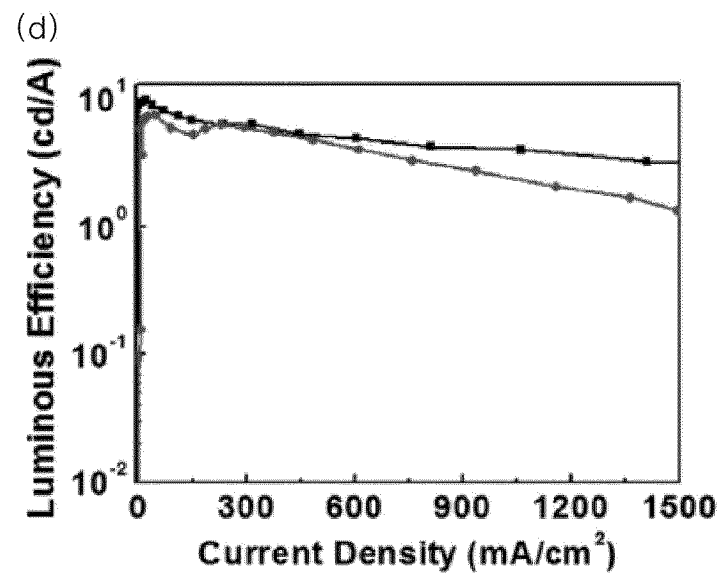
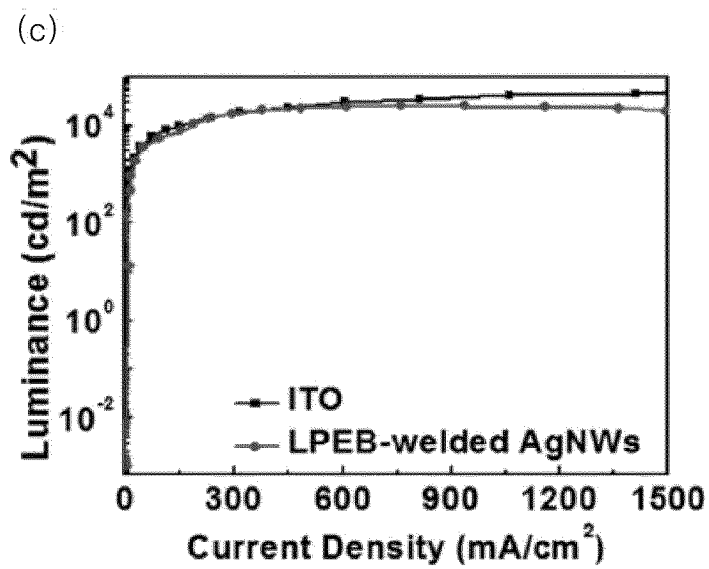
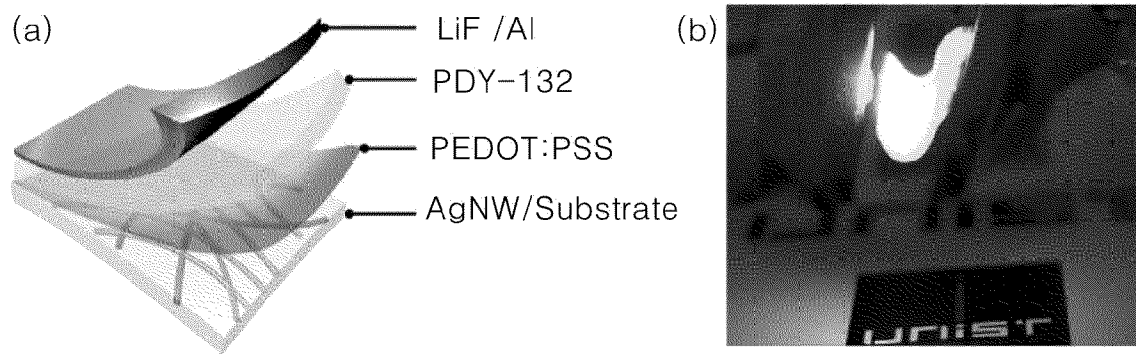
(a) Thermal-annealed AgNWs at 5 different points



(b) LPEB-welded AgNWs at 5 different points



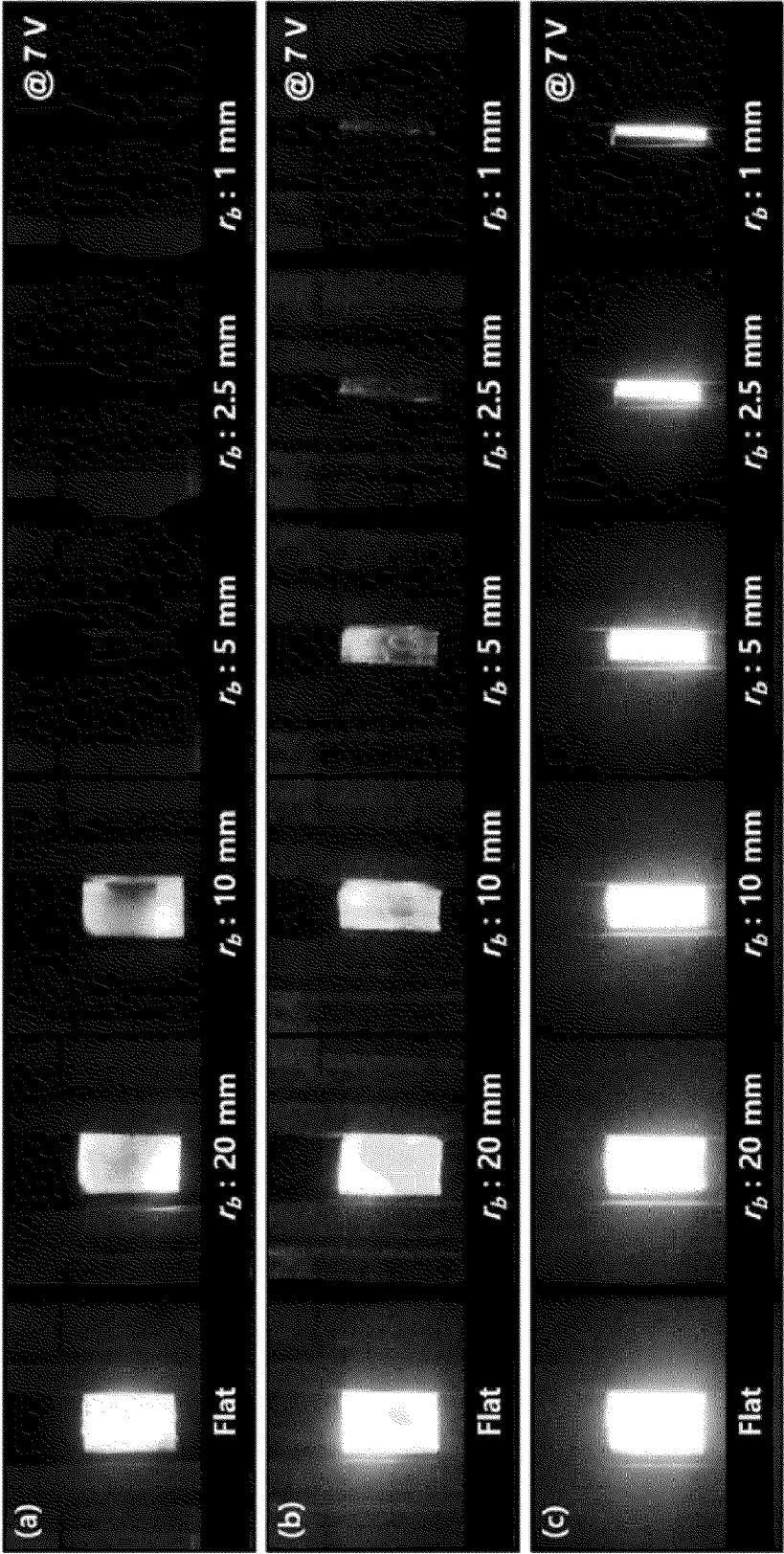
[도8]



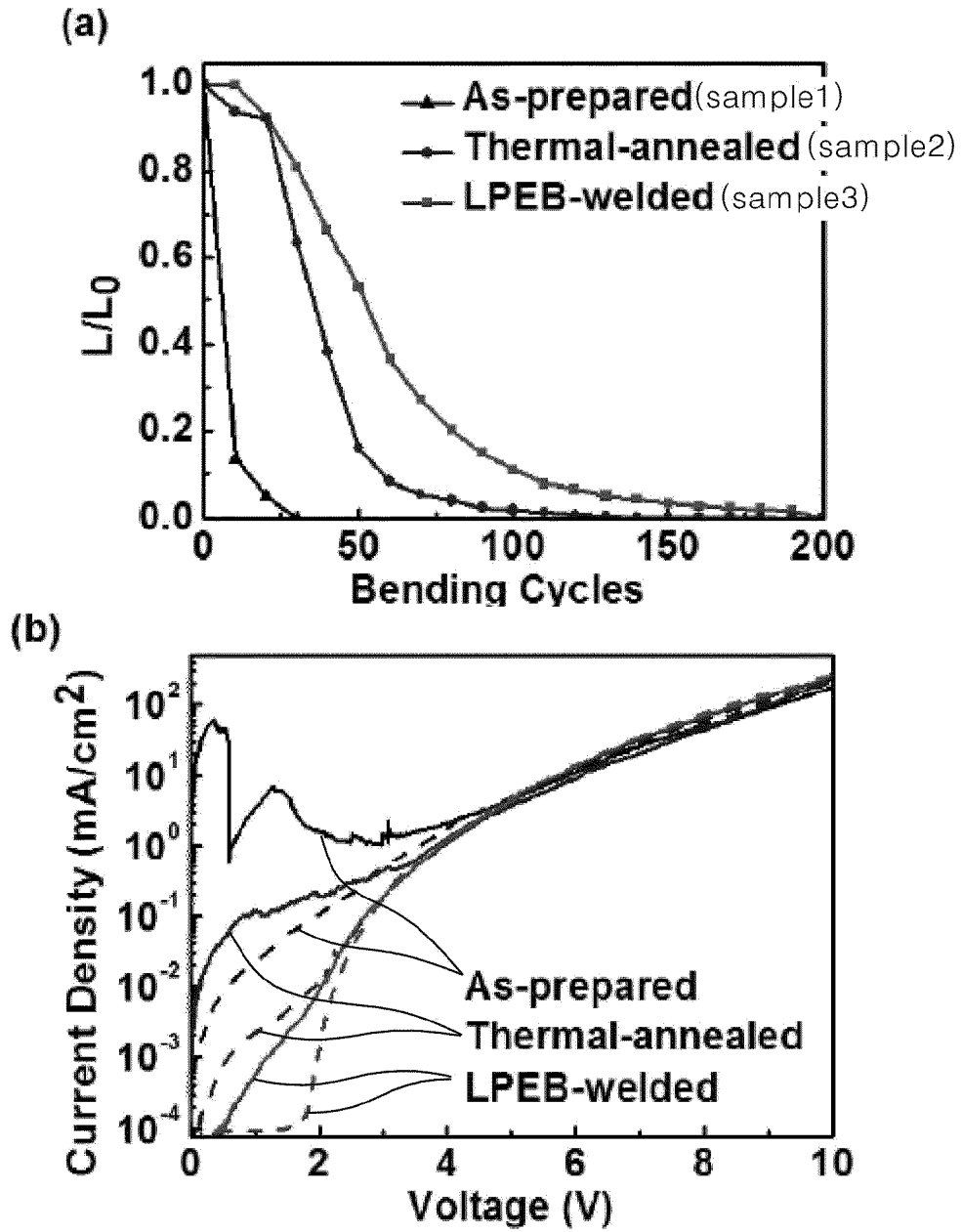
[E9]

PLEDs with electrode	$L_{\max}$ [cd/m ²] @ bias	$LE_{\max}$ [cd/A] @ bias	$PE_{\max}$ [1m/W] @ bias	$EQE_{\max}$ [%] @ bias	turn-on voltage [V] @ 0.1 cd/m ²
ITO	58, 100 (11.0V)	9.86 (4.5V)	9.43 (3.0V)	3.36 (4.5V)	3.36 (4.5V)
LPEB welded AgNWs	25, 600 (10.0 V)	7.37 (5.0 V)	6.01 (3.0V)	2.46 (5.0V)	2.46 (5.0V)

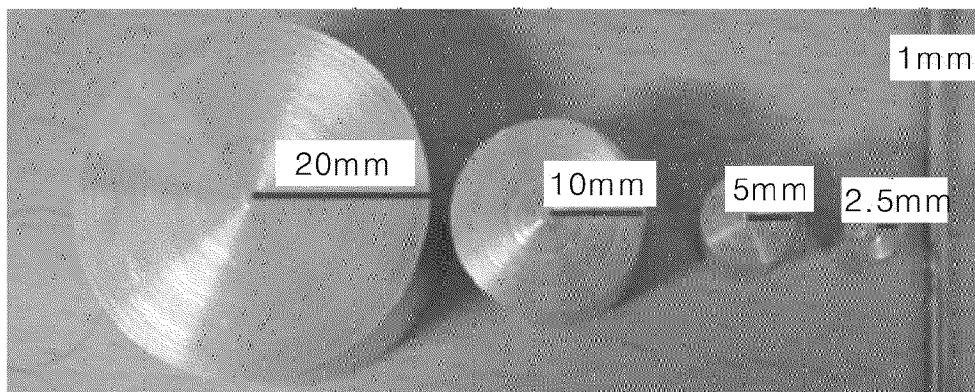
[도10]



[도11]



(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/011628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01B 13/00(2006.01)i, H01B 5/14(2006.01)i, H01B 7/00(2006.01)i, H01B 1/22(2006.01)i, H01B 1/02(2006.01)i, H01L 31/0224(2006.01)i, G06F 3/041(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01B 13/00; H01B 1/02; H01B 5/14; G06F 3/041; H01B 7/00; H01B 1/22; H01L 31/0224

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: conduction, conduction, electrode, nanowire, plasma, pulse, laser, electron beam

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-1440396 B1 (INFOVION. CO., LTD.) 18 September 2014 See abstract, paragraphs [24]-[37], claim 1 and figure 1.	1,2,5,6,9,10,13-16
Y		3,4,7,8,11-12
Y	KR 10-2012-0092294 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 21 August 2012 See abstract, paragraphs [19]-[22] and claim 7.	3,4,8,11-12
Y	KR 10-2014-0040919 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 04 April 2014 See abstract and paragraphs [44]-[47].	7,8
A	KR 10-1484771 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 January 2015 See abstract, claims 1-14 and figure 1.	1-16
A	JP 2013-109460 A (SHIN ETSU POLYMER CO., LTD.) 06 June 2013 See abstract, claims 1-7 and figures 1, 2.	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 JANUARY 2017 (20.01.2017)

Date of mailing of the international search report

20 JANUARY 2017 (20.01.2017)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/011628

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1440396 B1	18/09/2014	WO 2015-126052 A1	27/08/2015
KR 10-2012-0092294 A	21/08/2012	NONE	
KR 10-2014-0040919 A	04/04/2014	KR 10-1386362 B1	16/04/2014
KR 10-1484771 B1	22/01/2015	US 2015-0034368 A1	05/02/2015
JP 2013-109460 A	06/06/2013	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01B 13/00(2006.01)i, H01B 5/14(2006.01)i, H01B 7/00(2006.01)i, H01B 1/22(2006.01)i, H01B 1/02(2006.01)i, H01L 31/0224(2006.01)i, G06F 3/041(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01B 13/00; H01B 1/02; H01B 5/14; G06F 3/041; H01B 7/00; H01B 1/22; H01L 31/0224

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 전도, 도전, 전극, 나노와이어, 플라즈마, 펄스, 레이저, 전자빔

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-1440396 B1 (주식회사 인포비온) 2014.09.18 요약, 문단번호 [24]-[37], 청구항 1 및 도면 1 참조.	1,2,5,6,9,10,13-16
Y		3,4,7,8,11-12
Y	KR 10-2012-0092294 A (한국과학기술원) 2012.08.21 요약, 문단번호 [19]-[22] 및 청구항 7 참조.	3,4,8,11-12
Y	KR 10-2014-0040919 A (한국과학기술원) 2014.04.04 요약 및 문단번호 [44]-[47] 참조.	7,8
A	KR 10-1484771 B1 (한국과학기술원) 2015.01.22 요약, 청구항 1-14 및 도면 1 참조.	1-16
A	JP 2013-109460 A (SHIN ETSU POLYMER CO., LTD.) 2013.06.06 요약, 청구항 1-7 및 도면 1,2 참조.	1-16

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2017년 01월 20일 (20.01.2017)

국제조사보고서 발송일

2017년 01월 20일 (20.01.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김연정

전화번호 +82-42-481-3325



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1440396 B1	2014/09/18	WO 2015-126052 A1	2015/08/27
KR 10-2012-0092294 A	2012/08/21	없음	
KR 10-2014-0040919 A	2014/04/04	KR 10-1386362 B1	2014/04/16
KR 10-1484771 B1	2015/01/22	US 2015-0034368 A1	2015/02/05
JP 2013-109460 A	2013/06/06	없음	