(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020 년 4 월 23 일 (23.04.2020)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2020/080664 A1

(51) 국제특허분류:
G01N 25/18 (2006.01) *H01L 35/32* (2006.01)
H01L 35/14 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2019/010613

(22) 국제출원일: 2019 년 8 월 21 일 (21.08.2019)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2018-0123838 2018 년 10 월 17 일 (17.10.2018) KR

(71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (**KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION**) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).

(72) 발명자: 윤효재 (**YOON, Hyo Jae**); 02830 서울시 성북구 동소문로15길 99, 118동 402호, Seoul (KR). 박소현 (**PARK, Sohyun**); 02477 서울시 동대문구 약령시로 5-1, 201호, Seoul (KR).

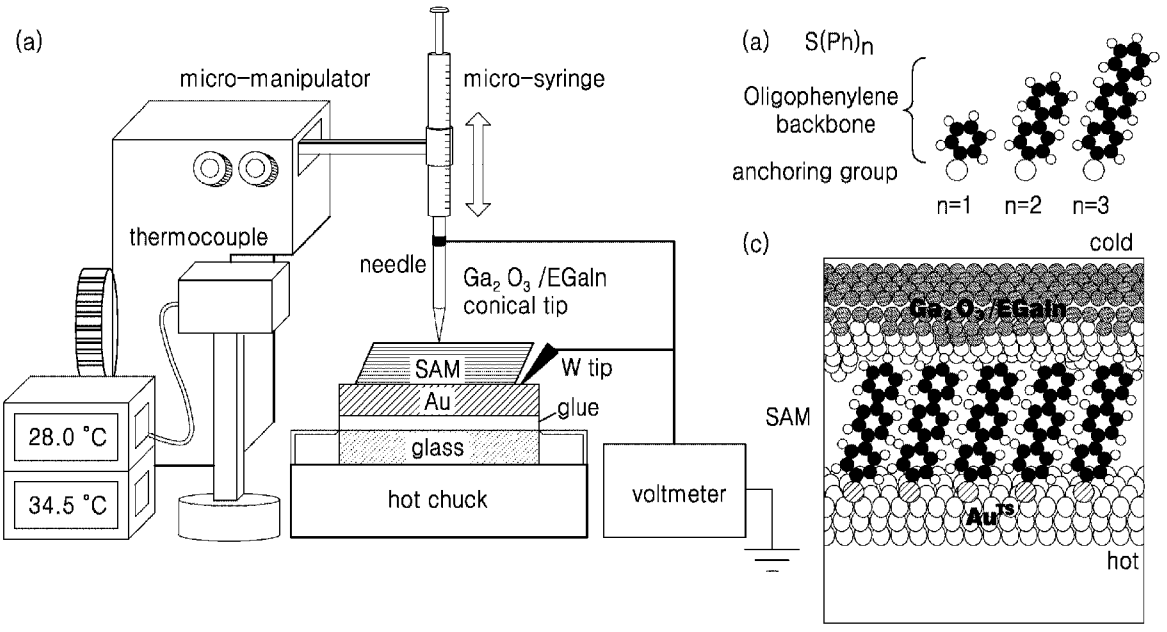
(74) 대리인: 정은열 (**JUNG, Eun Youl**); 06149 서울시 강남구 테헤란로55길 21, 402호 (정앤김 특허법률사무소), Seoul (KR).

(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, JO, JP, KE, KG, KH, 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.

WO 2020/080664 A1

(54) Title: THERMOELECTRIC MEASUREMENT SYSTEM AND THERMOELECTRIC DEVICE BASED ON LIQUID EUTECTIC GALLIUM-INDIUM ELECTRODE

(54) 발명의 명칭: 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을 기반으로 하는 열전 측정 시스템 및 열전 소자



(57) Abstract: The present invention relates to a thermoelectric measurement system based on a liquid eutectic gallium-indium electrode, whereby thermoelectric performance can be measured with excellent efficiency and high reproducibility even without construction of expensive equipment, various organic molecules as well as large-area molecular layers can be measured, and various thermoelectric materials, such as inorganic materials and inorganic-organic composite materials, can be measured. In addition, non-toxic liquid metal EGaIn is used as an upper electrode, so the damage to even a substance of measurement in the form of a nano-level thin film can be minimized, and the measurement of thermoelectric performance can be performed on even nano- to micro-level organic thermoelectric elements. Therefore, the thermoelectric measurement system is widely utilized across the thermoelectric element industry.

[다음 쪽 계속]

(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 제21조(3))

(57) 요약서: 본 발명은 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을 기반으로 하는 열전 측정 시스템에 관한 것으로서, 고가의 장비를 구축하지 않고도 우수한 효율과 높은 재현성으로 열전 성능 측정이 가능하며, 다양한 유기 분자가 그 측정 대상이 될 수 있음은 물론 대면적 분자층에 대해서도 측정이 가능하며, 무기, 유무기복합소재 등 다양한 열전 소재를 그 측정 대상으로 할 수 있다. 또한, 독성이 없는 액체금속 EGaIn을 상부 전극으로 이용하고 있어 나노 수준의 박박형태의 측정 대상 물질에 대해서도 손상을 최소화할 수 있고, 나노 내지 마이크로 수준의 유기 열전 소자에 대해서도 열전 성능 측정이 가능하여 열전 소자 산업 전반에 광범위하게 활용할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을 기반으로 하는 열전 측정 시스템 및 열전 소자

기술분야

[1] 본 발명은 열전 측정 시스템 및 열전 소자에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을 기반으로 하는 열전 측정 시스템과, 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을 기반으로 하고 전극 상에 자기조립되어 형성되는 분자층을 포함하는 열전 소자에 관한 것이다.

배경기술

[2] 유기 기반 열전 소재는 열에너지를 전기로 바꾸는 소재로서 에너지의 가장 마지막 단계인 열에너지를 재활용한다는 점에서 환경적으로나 과학적으로나 매우 흥미로운 분야이다. 온도 차이가 있는 상황에서 친환경 에너지 하베스팅을 가능하게 하고, 굽힘 (bendable) 및 신축 (stretchable) 특성, 저비용 공정 등의 이점을 갖는다. 이와 같은 유기 소재를 기반으로 열전 소자의 응용을 구현하기 위해서는 활성 유기 성분의 화학적 및 전자적 구조가 소자의 열전 성능과 어떻게 관련이 있는지를 분자 수준에서 밝혀야 한다.

[3] 그러나 많은 유기 열전 소자는 복잡한 구조를 가진 분자 및/또는 폴리머 등을 포함하고 있기 때문에 표면의 고체 상태 구조가 불확실하고 분자 간에, 그리고 분자와 전극 사이의 계면 특성이 불명확하기 때문에 이 목표를 달성하는 것이 어렵다.

[4] 특히, 마이크로, 나노 수준 소자의 열적 성능의 중요성은 날로 갈수록 중요해지고 있으나 원자 수준에서 구조적 특징과 열적 특성의 관계에 대한 이해는 아직 많이 부족한 실정이다. 현재 이 분야에서 주목하고 있는 것은 높은 효율을 가지는 열전 소재의 개발과 열전 특성의 구조적 이유를 규명하는 것이며, 이러한 목표를 달성하기 위해서는 궁극적으로 분자 단위의 연구가 필요하다.

[5] 최근에 단일 분자 또는 단일층의 열전기 특성이 조금씩 규명되면서 유기 열전기 분야에서 유기 분자의 화학 및 전자 구조, 그리고 전극과의 계면에서 어떻게 관련되는지에 대한 근본적인 이해가 이루어졌으나, 그럼에도 불구하고 분자 열전기 분야는 아직 분자 전자 공학에 비해 상대적으로 덜 연구되었다. 분자 수준의 열전기 연구를 위해서는 이상적인 열전 측정 플랫폼 시스템 장치의 작동, 장치의 높은 수율, 측정의 신뢰성 및 재현성에서 편의성과 용이성을 보장해야만 한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[6] 따라서, 본 발명에서는 상기와 같은 요구를 만족할 수 있도록 효율적이고 측정의 신뢰성 및 우수한 재현성을 갖는 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을

기반으로 하는 열전 측정 시스템을 제공하고자 한다.

[7] 또한, 본 발명은 자기조립 분자층을 포함하고 액체 금속 공융 갈륨인듐 전극을 기반으로 하는 열전 소자를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

[8] 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위하여, 액체 금속 상부 전극과 금속 하부 전극 간의 온도 차이를 생성시켜 전압값을 측정하는 열전 측정 시스템을 제공한다.

[9] 본 발명에 따른 열전 성능 측정 시스템은 자기보호 (self-passivating) 반응으로 전도성의 얇은 (약 1 nm 두께) 산화갈륨 (Ga_2O_3)은 박막층이 표면에 형성된 원뿔형 비뉴톤유체 액체 금속 전극에 기반하는 것을 특징으로 한다.

[10] 본 발명은 상부 전극, 상기 상부 전극에 대향되는 하부 전극 및 상기 상부 전극과 하부 전극에 접하고 열전 측정 대상 물질을 포함하는 접합부를 포함하고, 상기 상부 전극은 액체 금속 전극인 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템을 제공한다.

[11] 상기 상부 전극은 액체 금속을 기반으로 하는 것으로서 낮은 용융 온도를 가지면서 유동적 거동을 보이고, 높은 표면장력 등의 유체의 고유한 성질을 가지는 액체 금속이면 적용이 가능하며, 유해성이나 안정성 측면에서 보다 안정적인 공융 갈륨인듐 (EGaIn) 및 공융 갈륨인듐주석 (EGaInSn)과 같은 공융 합금 등이 바람직하다.

[12] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상부 전극은 공융 갈륨인듐 (Eutectic Gallium-Indium, EGaIn) 합금 기반의 전극일 수 있다.

[13] 상기 상부 전극은 원뿔형 팁 (conical tip) 형태이고, 전도성 산화갈륨 (Ga_2O_3) 층이 표면에 자기보호 (self-passivating) 반응으로 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[14] 또한, 상기 상부 전극이나 또는 하부 전극에는 제백 효과 (seeback effect)를 이용하여 온도변화를 측정하는 열전대 (thermocouple)가 구비될 수 있다.

[15] 또한, 접합부에서의 열전기 전압 (ΔV)을 측정하는 나노 전압계 (nanovoltmeter)를 더 포함할 수 있다.

[16] 또한, 하부 전극의 온도를 제어하고 접합부에서 온도차 (ΔT)를 생성하는 핫 척 (hot chuck)을 더 포함할 수 있다.

[17] 또한, 접지 전극을 더 포함할 수 있고, 상기 접지 전극은 텅스텐 (W) 팁으로 형성된 것일 수 있다.

[18] 본 발명에 따른 열전 측정 시스템은 액체 금속 EGaIn 상부 전극과 금속 하부 전극 간의 온도 차이를 생성시켜서 전압값을 측정하는 것을 특징으로 하는 것인 바, 측정 대상 물질은 열전 소재이면 그 범위가 한정되지 않으며, 무기 반도체, 유기 단분자 화합물, 전도성 고분자, 전도성 고분자와 나노탄소의 복합체, 전도성 고분자와 무기 반도체의 하이브리드 복합체 등일 수 있다.

[19] 본 발명의 구체적인 일 실시예에 의하면, 열전 측정 대상 물질은 하부 전극

표면에 결합되어 형성되는 자기조립분자층일 수 있다.

[20]

[21] 또한, 본 발명은 상부 전극, 상기 상부 전극에 대향하는 하부 전극 및 상기 하부 전극 상에 형성되는 분자층을 포함하고, 상기 분자층은 $S(Ph)_n$ (Ph는 페닐기이고, n은 1 내지 10의 정수임) 표시되는 올리고페닐렌티올이 자기조립되어 형성된 것이며, 상기 상부 전극은 액체 금속 공융 갈륨인듐 (Eutectic Gallium-Indium, EGaIn) 합금 기반의 전극인 것을 특징으로 하는 열전 소자를 제공한다.

[22] 본 발명에 따른 상기 열전 소자는 n이 증가할수록 열전 성능 (Seebeck 계수)이 증대되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[23] 본 발명에 따른 열전 성능 측정 시스템은 고가의 장비를 구축하지 않고도 우수한 효율과 높은 재현성으로 열전 성능 측정이 가능하며, 다양한 유기 분자가 그 측정 대상이 될 수 있음은 물론 대면적 분자층에 대해서도 측정이 가능하며, 무기, 유무기복합소재 등 다양한 열전 소재를 그 측정 대상으로 할 수 있다.

[24] 또한, 독성이 없는 액체금속 EGaIn을 상부 전극으로 이용하고 있어 나노 수준의 박박 형태의 측정 대상 물질에 대해서도 손상을 최소화할 수 있고, 나노 내지 마이크로 수준의 유기 열전 소자에 대해서도 열전 성능 측정이 가능하여 열전 소자 산업 전반에 광범위하게 활용할 수 있다.

[25] 또한, 본 발명에 따른 열전 측정 시스템을 통하여 다양한 유기 분자의 열전 특성 및 전기적 특성을 규명할 수 있고, 이를 이용하여 다양한 유기 열전 소자를 개발할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[26] 도 1은 (a) 본 발명에 따른 액체금속 EGaIn 기반의 열전 측정 시스템의 개략도이고, (b) 본 발명의 일 실시예에서 사용한 분자이며, (c) 대면적 열전 접합 구조를 설명하는 개략도이다.

[27] 도 2는 (a) Au^{TS}와 EGain 원뿔형 팁의 접합(Junction) 구조 (Au^{TS}/EGaIn)와 HOPG (highly ordered pyrolytic graphite, 고정렬 열분해 흑연)와 EGain 원뿔형 팁의 접합 구조 (HOPG//Ga_2O_3/EGaIn)를 나타낸 도식도이고, (b) Au^{TS} 및 HOPG 접합부에 대한 온도차 (ΔV, K)의 함수로서 열전기 전압 (ΔV, μV)의 플롯이다.

[28] 도 3은 Au^{TS}/EGaIn 접합부의 열전력 분석을 나타낸 다이어그램이다.

[29] 도 4는 HOPG//Ga_2O_3/EGaIn 접합부의 열전력 분석을 나타낸 다이어그램이다.

[30] 도 5는 Au^{TS}/SAM//Ga_2O_3/EGaIn 접합부의 열전력 분석을 나타낸 다이어그램이다.

[31] 도 6은 (a) EGaIn 구형 드롭형 (방울형)과 원뿔형 팁 각각에 대한 HOPG//Ga_2O_3/EGaIn 접합부의 제벡 계수를 나타낸 그래프이고, (b) $\Delta T = 5K$에서 Au^{TS}/$S(Ph)_n$//Ga_2O_3/EGaIn 접합부의 기하학적 접촉 영역의 함수로서의 열전기 전압 플롯이다.

[32] 도 7은 (a) 본 발명의 실시예에 따라 반복측정, 접합부, 전극 팁 및 샘플을 다양하게 달리하여 측정한 열전 데이터를 보여주는 그래프이고, (b) $S(Ph)_3$ SAM에 대한 ΔV의 예시적인 히스토그램이며, (c) ΔT의 함수로서의 ΔV_{mean}의 플롯이고, (d) 분자 길이의 함수로서 S_{SAM}의 플롯이다 ($S(Ph)_n$에서 n).

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[33] 이하, 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

[34] 본 발명은 대면적 접합 구조를 기반으로 하는 효율적인 열전 소자 및 이를 포함하는 열전 측정 시스템 플랫폼에 관한 것이며, 이는 자기보호 (self-passivating) 반응으로 전도성의 얇은 (약 1 nm 두께) 산화갈륨 (Ga_2O_3)은 박막층이 표면에 형성된 원뿔형 비뉴톤유체 액체 금속인 공융 갈륨인듐 합금 전극에 기반하는 것을 특징으로 한다.

[35] 본 발명에 따르면 액체 금속 EGaIn 상부 전극과 금속 하부 전극 간의 온도 차이를 생성시켜서 전압값을 측정하여 열전 측정을 수행할 수 있는 시스템을 구현할 수 있다.

[36]

[37] 본 발명에 따른 액체금속 EGaIn 기반의 열전 측정 시스템의 주요 구성을 하기 도 1의 (a)에 도시한다.

[38] 본 발명에 따른 열전 측정 시스템은 하기 구성을 주요 구성으로 포함하는 것을 특징으로 한다.

[39] (i) Ga_2O_3/EGaIn 원뿔형 팁의 상부 전극을 형성하고 접합부를 형성하는 마이크로 조작부 (micromanipulator)

[40] (ii) 하부 전극에서 제백 효과 (seeback effect)를 이용하여 온도변화를 측정하는 열전대 (thermocouple)

[41] (iii) 접합부에서 열전기 전압 (ΔV)을 측정하는 나노 전압계 (nanovoltmeter)

[42] (iv) 하부 전극의 온도를 제어하고 접합부에서 온도차 (ΔT)를 생성하는 핫 척 (hot chuck)

[43] (v) 접지 전극으로서 텅스텐 (W) 팁

[44]

[45] 이하에서는 구체적인 실시예를 통하여 본 발명에 따른 열전 측정 시스템에 대해서 설명하기로 한다.

[46] 하기 도 1의 (a)에서 확인할 수 있는 바와 같이, 원뿔형 비뉴톤유체 액체 금속인 공융 갈륨인듐 합금 전극인 EGaIn 원뿔형 팁은 일반 대기 조건에서 자기조립단분자막 (SAMs) 등과 같은 유기 박막의 상부 표면에 가역적으로 비침습적으로 열전 접촉을 가능하게 한다.

[47] 이와 같이 EGaIn 상부 전극이 갖는 유리한 특징으로 인하여 열전 시스템에서 구조 특성 관계에 대해서 통계적으로 견고한 추론을 이끌어 내기에 충분히 많은 양의 열전기 데이터를 신뢰성 있고 재현성 있게 구현할 수 있게 한다.

[48] 또한, 본 발명의 구체적인 실시예에서는 본 발명에 따른 열전소자 및 이를 포함하는 열전 측정 시스템 플랫폼에 대해서, 열전분야에서 널리 연구되고 올리고페닐렌티올레이트 (oligophenylenethiolates, $S(Ph)_n$; n은 1 내지 3의 정수임, 도 1의 (b))을 이용하고 대면적 접합부 ($Au^{TS}/S(Ph)_n//Ga_2O_3/EGaIn$, Au^{TS}는 TS (template-stripping)로 만들어진 초박형 템플리트 금 (Au) 전극임)로 형성하여 열전력 (thermopower) 측정하여 검증을 한다 (도 1의 (c)).

[49] 본 발명에 따른 열전 측정 시스템은, 자기조립 단분자층 (SAM)은 Au^{TS} 기판 상에 형성되어 기판의 거칠기로 인한 구조적 결함 정도를 최소화하고, 온도 차이가 생성되면 ΔV 값을 μV 단위로 측정하고 Seebeck 계수 (S, μV/K; $S = -\Delta V/\Delta T$)를 추정한다.

[50]

[51] 먼저, 본 발명에 따른 열전 측정 시스템에서는 내부의 모든 구성 요소의 열전력을 확인하고, 이에 따라 본 발명의 일 실시예에서는 하기 도 2의 (a)에서 확인할 수 있는 바와 같이 Au^{TS}에 단락 접합부를 형성하여 EGaIn의 열전력을 측정한다. 단락시 EGaIn과 금 (Au)의 직접 접촉이 발생한다. EGaIn, Ga_2O_3층, SAM과 같은 다른 구성요소에 대해서도 열전력을 측정하고, 이에 대해서는 후술하는 실시예에서 구체적으로 설명한다.

[52] 즉, 시스템 회로의 모든 구성 요소에 대해서 Segalman 및 Majumdar 연구 그룹에 의해서 보고된 이전의 방법을 따라 열전력과 온도 프로파일을 측정하고 측정된 출력전압을 확인한다.

[53] 도 2의 (b)에서 확인할 수 있는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에서, 접합부의 측정된 $\Delta V/\Delta T$는 -2.4 ± 0.1 μV/K이고, 하기 도 3의 회로에서 열전력 분석 측정된 $\Delta V = -(S_{EGaIn}-S_{Wtip})\Delta T$이다 (여기서, S_{EGaIn}과 S_{Wtip}은 각각 EGaIn과 W tip의 열전력이고, $S_{Wtip} = 1.0$ μV/K, $S_{EGaIn} = 3.4 \pm 0.1$ μV/K임, 하기 [표 1] 참고).

[54] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, Ga_2O_3층을 유지하면서 반데르발스 (van der Waals) 접촉이 형성된 $HOPG//Ga_2O_3/EGaIn$ 접합부를 형성하여 EGaIn 원뿔형 팁 상의 Ga_2O_3 층의 열전력을 측정한다 (도 2의 (a)). 측정된 HOPG 접합부의 $\Delta V/\Delta T$는 -5.8 ± 0.2 μV/K (도 2의 (b))이고, 하기 도 4에 도시된 바와 같이, $\Delta V = -(S_{Top\ electrode} - S_{Wtip})\Delta T$이고, 여기서 $S_{Top\ electrode} = S_{EGaIn} + S_{Ga2O3}$이다. 따라서 $S_{Top\ electrode}$과 S_{Ga2O3}의 값은 각각 6.8 ± 0.2 μV/K, 3.4 ± 0.2 μV/K이며, 이는 종래의 금속 (하기 [표 1]의 금, 은 및 구리 등과 같이 ~ 1.4 내지 1.8 μV/K)의 값과 유사하다.

[55]

[표1]

소재	S (μV/K)
Cu	1.7
Ag	1.38
Au	1.79
Pt	-4.45
Pd	-9.00
W	1.0 (300 K)

[56] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 분자적인 관점에서 EGaIn 원뿔형 팁의 표면은 거칠 것으로 예상되는 바, 이러한 거칠기가 열전 측정에 영향을 미치는 지 확인하기 위하여 HOPG에서 EGaIn 원뿔형 팁보다 부드러운 표면을 갖는 EGaIn 구형 드롭 (방울형)을 사용하여 S_{Ga2O3} 값을 측정하였다. 하기 도 6의 (a)에서 확인할 수 있는 바와 같이, EGaIn 구형 드롭 (방울형)/HOPG 접합부의 열전압은 5.5 ± 1.4 μV/K로 EGaIn 원뿔형 팁으로 형성된 접합부와 구별할 수 없었으며, 이로부터 EGaIn 원뿔형 팁의 표면 거칠기가 열전 측정에 영향에 미치지 않음을 알 수 있다. 또한, 접합부가 단락될 때까지 마이크로조작시를 이용하여 원뿔형 팁의 접촉 압력을 증가시키면서 접촉 면적으로 다양하게 한 결과, 하기 도 6의 (b)에서 확인할 수 있는 바와 같이 ΔV의 값은 접촉 면적과 상관관계가 없으므로 EGaIn 원뿔형 팁을 사용한 열전 전압 측정이 접촉 면적과 압력에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과는 열전 분자의 본질적인 특성이며, 접합부의 분자 수에 민감하다는 점을 고려하면 더욱 당연한 결과이다. 본 발명의 일 실시예에서는 기하학적 접촉 면적을 3.0×10^3 μm^2 이하로 유지하였다.

[57] 상술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예를 통하여 본 발명에 따른 열전소자 및 이를 포함하는 열전 측정 시스템 플랫폼에 대해서 검증하였으며, 올리고페닐렌티올레이트 (oligophenylenethiolates, $S(Ph)_n$)으로 검증하였다.

[58] 다음과 같은 표준 프로토콜을 도입하여 $Au^{TS}/S(Ph)_n//Ga_2O_3$/EGaIn 대면적 접합부에 대해서 통계적으로 유의미한 ΔV 값을 확인하였다.

[59] 먼저, 특정 온도 차이 (ΔT)에서 샘플당 서로 다른 위치에서 접합부당 약 100개의 데이터 포인트 (단분자의 SAM에 대해서는 약 50개의 데이터 포인트, SPh)와 적어도 10개의 교차점을 확인하였고, EGaIn 원뿔형 팁을 사용하여 3-10개의 접합부를 측정한 후에는 팁 표면의 오염에 의한 영향을 최소화하기 위하여 새로이 팁을 형성하였으며, 반복 측정, 접합부, 팁, 샘플을 각각 달리하여 모든 유형을 반영하는 통계를 확인하였다.

[60] 하기 [표 2]는 본 발명의 실시예에 따라 접합부에 대한 열전 측정 데이터를 요약한 것이다.

[61] [표2]

$S(Ph)_n$	T (K)	샘플 수	팁수	접합부 수	counts	$\Delta V_{mean} \pm \sigma_{\Delta V}$	ΔV_{median}	yield (%)
n=1	5	5	17	43	3744	-25±7	-23	81
	9	5	14	55	4869	-55±14	-55	69
	13	3	8	51	3227	-78±14	-79	51
n=2	5	3	9	55	4960	-41±10	-39	97
	9	4	11	68	6697	-77±19	-76	95
	13	4	12	77	6415	-111±25	-111	93
n=3	5	4	12	73	6533	-91±30	-91	96
	9	4	11	71	6644	-132±30	-133	92
	13	4	13	59	5403	-192±54	-195	90

[62] 작용 접합부의 수율은 단분자 SPh의 경우 51-81 %이고, $S(Ph)_2$ 및 $S(Ph)_3$의 경우에는 90-97 %였다. 하기 도 7의 (a)에서 제시된 바와 같이, 데이터의 독립성을 확인할 수 있다. ΔV의 히스토그램은 평균값 (ΔV_{mean})과 표준 편차 (σΔV)를 추출한 단일 가우스 곡선 (도 7의 (b))에 맞춰져 있다. 상기 [표 2]에 나와 있는 바와 같이, 모든 데이터는 데이터의 통계적 중요성을 나타내는 평균 및 중간값을 나타내었다. σΔV의 값은 ΔV의 값이 증가함에 따라 증가하였으며, 이는 고온에서의 분자 구조 변화에 기인한다. 도 7의 (c)는 오차 막대가 ±σΔV에 해당하는 온도차 (ΔT)에 대한 ΔV_{mean}의 플롯을 보여준다. 도 5의 SAM 기반 접합에 대한 회로 분석을 수행한 결과 ΔV의 값은 다음과 같이 나타났다.

[63] $\Delta V = -(S_{SAM} - S_{Wtip})\Delta T$ (1)

[64] 상기 방정식을 통하여 n이 1, 2, 3 각각의 경우에 $S(Ph)_n$ SAM의 Seebeck 계수 (S_{SAM})가 7.8±0.4, 9.8±0.2, 12.9±1.5 μV/K로 추정한다. S_{SAM} 값의 양의 극성은 페르미 수준의 Ga_2O_3/EGaIn (-4.3 eV)에 가장 가까운 분자 궤도가 최고점유 분자궤도 (HOMO)인 것을 암시한다. S_{SAM} 값의 크기와 극성은 단일 분자 및 소면적 (10^1-10^2 분자) 접합에서 측정한 이전 결과와 일치한다.

[65] 도 7의 (d)는 분자 길이 ($S(Ph)_n$에서의 n)의 함수로서 S_{SAM}의 플롯을 도시한 것으로서, 페닐렌 잔기의 수 (aromatic ring의 개수)가 늘어남에 따라 증가시킴에 따라 Seebeck 계수 (열전 성능)가 선형적으로 증가함을 확인할 수 있다. 올리고페닐렌에 대한 Seebeck 계수의 선형적인 추세는 접합과 Landauer formulism을 통한 전달 함수로부터 유도된 하기 방정식 (2)에 의해 분석될 수 있음을 보여준다.

[66] $S_{SAM} = S_C + n*\beta^S$ (2)

[67] 여기서 n은 분자의 길이 (페닐렌 단위의 수)이고, β^S는 n을 갖는 열 전력의

변화율이며, S_C는 n이 0인 가상 접합의 열전력이다 (즉, SAM이 없는 비단락 접합). 도 7 (d)의 플롯에서 기울기 (β_S)와 y-절편 (S_C)는 각각 2.1±0.3과 5.6±0.5이고, $S_{SAM} = S_{(Ph)n}+S_{S-Au}$(금-티올레이트 부분의 열전력)가 제공된 경우 S_C의 값은 아마도 S_{S-Au}의 값 (5.6±0.5 μV/K)에 해당한다.

[68]

[69] 상기에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 액체 금속인 공융 갈륨인듐 합금 마이크로전극의 대면적 접합을 포함하는 열전측정 플랫폼 시스템은 매우 효율적이고 높은 재현성을 가짐을 알 수 있다.

[70] 본 발명에 따라 액체 금속 EGaIn 상부 전극과 금속 하부 전극 간의 온도 차이를 생성시켜서 전압값을 측정하여 열전 측정을 수행할 수 있는 시스템을 높은 신뢰성과 재현성으로 구현할 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[71] 이하에서는 상술한 구체적인 실시예 방법을 보다 구체적으로 설명하고, 이에 의하여 본 발명의 범위가 제한되는 것은 아니다.

[72]

[73] 먼저, 모든 유기 용제는 Sigma-Aldrich 및 Daejung에서 구입하여 그대로 사용하였으며, 모든 oligophenylenethiols ($HS(Ph)_n$; n은 1 내지 3의 정수임)는 Sigma-Aldrich (순도 97%)에서 구입하여 그대로 사용하였고, 고순도 공융 갈륨-인듐 (EGaIn; 99.99%) 역시 Sigma-Aldrich에서 구입하여 그대로 사용하였다. 모든 티올 유도체는 질소 분위기 및 4 ℃ 이하에서 보관하였다. 전자빔증발기 (ULVAC)를 이용하여 실리콘 박막 (직경 100 mm, 1-10 Ωcm, 525 ± 50 micron 두께) 위에 금 박막 (300 nm)을 증착시켰다. 광경화성 접착제는 Norland (NOA81)에서 구입하여 그대로 사용하였다.

[74]

[75] 실시예 1 : 자기조립 단분자층 (SAM)의 제조

[76] ($HS(Ph)_n$)을 함유한 톨루엔 (무수 99.9%) 용액 (총 농도 3 mM)을 바이알에 넣고, 용액을 밀봉하고 약 10분 동안 N_2를 용액에 버블링시킴으로써 탈기시켰다. template-stripped gold (Au^{TS}) 칩을 순수한 톨루엔으로 헹구고 노출된 금속면을 위로하여 용액에 두었다. 그 다음 바이알을 N_2로 채우고, 실온에서 3 시간 동안 인큐베이션 후, SAM-결합 Au^{TS} 칩을 용액으로부터 제거하고 칩을 깨끗한 톨루엔 (3 × 1 mL)에 반복적으로 침지시킴으로써 헹구었다. 그 다음 SAM 상의 용매를 공기 중에서 수초 동안 증발시켰다.

[77] 종래에 보고된 절차에 따라 접촉각 측정을 통하여 SAM 특성을 확인하고, X 선 광전자 분광법 (XPS)으로 SAM 특성을 확인하였다.

[78]

[79] 실시예 2 : 접합 구조의 형성 및 열전기 측정

[80] (1) 종래에 보고된 절차에 따라 상부전극 및 접합부를 형성하였으며, 상부

전극은 원뿔 팁 형태의 EGain 액체 금속 기반으로 상부 전극을 형성하였다. 간단히 설명하면 10 μL의 주사기 (gas-tight syringe)를 EGaIn (≥99.99 %, Aldrich)을 채우고, EGaIn을 주사기 바늘 끝에 밀어 넣고 방울을 형성한 후에, 매달린 방울을 EGaIn이 붙을 수 있도록 예를들면 산화된 Ag 표면에 닿게 한 후에 부드럽게 주사기를 들어올려 원뿔형 팁을 생성시킨다.

[81]

[82] (2) 열적 측정은 일반적인 대기 조건에서 수행되었으며, 하기 도 1의 (a)에 표시한 본 발명에 따른 액체금속 EGaIn 기반의 열전 측정 시스템의 개략도에서 확인할 수 있는 바와 같이, 핫 척 (hot chuck) 위에 SAM을 놓고 나머지 부분을 유리로 덮어 EGaIn 팁으로의 열전달을 차단 또는 최소화하였다. 이어서 SAM을 텅스텐 접지 전극과 접촉시켰으며, 하부 전극의 온도를 측정하기 위해 열전대 (thermocouple)을 전극 위에 고정시켰다. 본 발명의 일 실시예에 따른 기판은 유리 및 광학 접착제 (유기 폴리머)를 포함하고, 이의 열전도도는 각각 약 1 내지 0.2 W/m-K이며, 이는 공기의 열전도도보다 약 10 배 이상이다 (하기 [표 3] 참조, 273 K에서 일반금속을 포함한 다양한 소재에 대한 열전도도). 열전대에 의해서 기판의 온도가 모니터링되면, 핫 척으로부터 Au에 대한 SAM으로의 열전달이 열전기 측정이 충분히 가능함을 확인할 수 있다. 온도 차이를 생성하기 위해 핫 척의 온도는 301 K에서 309 K까지 다양하게 하였으며, 각 온도에서 하부 전극 열전쌍에서 측정된 온도가 안정화될 때까지 기다렸다.

[83] [표3]

소재	κ(W/m-K)
Ag	436
Au	318
Si	~ 150
Ga	30.54
EGaIn(75%Ga, 25%In)	26.43
β-Ga_2O_3	~ 20 (300 K)
Soda-lime glass	1.4
Pristine epoxy adhesive	0.2
Air	~ 0.024

[84] 그런 다음에 마이크로 조작부 (micromanipulator)를 사용하여 원뿔 형태의 EGain 팁을 SAM 표면에 부드럽게 접촉시켜 출력전압을 측정하였다. 접합부마다 50-100 번 측정하고, 각 온도에서 최소 3개의 샘플을 준비하고 샘플마다 3-10개의 접합부를 측정하였다. 원뿔 형태의 EGain 팁은 9-10개의 접합부에 대해서 측정한 후에 새로이 준비하였다. 작동 접합부의 수율은 모든

단락 접합부에 대한 비-단락 접합부의 비율에 의해 계산되었으며, 단락 접합부는 S_{EGaIn} (3.4 μV/K)의 값을 보여주는 접합으로 정의되었으며, 이는 Au^{TS}만으로 된 원뿔형 EGaIn 팁의 단락 접합에서 측정되었다.실시예 3 : HOPG 접합부 실험EGaIn 원뿔형 팁 위의 Ga_2O_3 층의 열전력을 측정하기 위하여, 동일한 절차에 따라 HOPG (highly ordered pyrolytic graphite, 고정렬 열분해 흑연, 1 cm × 1 cm)에 접합부를 형성하였다. 마찬가지로, EGaIn 원뿔형 팁과 EGaIn 구형 드롭 형태의 Ga_2O_3 층의 열전력을 비교하였다. 측정된 출력 전압이 접촉 면적에 의존하는지를 확인하기 위하여, 광학 현미경으로 기하학적 접촉 면적을 추정하였고, 접합부 형성 후, 기하학적 접촉 영역의 직경을 고배율에서 측정하였다. 원형 접촉을 가정하면 면적은 측정된 지름에서 파생되었다.

[85]

[86] 실시예 4 : 접합부의 열전력 분석

[87] 접합부의 열전 성능을 분석하기 위해 Segalman 및 Majumdar 연구 그룹에 의해서 보고된 이전의 방법으로 수행하였다. 측정한 열전기 전압은 EGaIn 팁과 노출된 기판 (Au^{TS} 또는 HOPG), 또는 SAM-결합 기판 사이의 접합부의 열전력에 기인한다. 열전력은 ΔV 대 ΔT의 기울기를 반영하고 ΔT는 접합부에서 발생한다. SAM이 없으면 EGaIn 팁과 텅스텐 (W) 접지 전극 사이에 ΔT가 발생한다 (하기 도 3 내지 도 4 참조). SAM이 존재하면 분자와 W 전극에 ΔT가 발생한다. (하기 도 5 참조). 도 3 내지 도 5의 다이어그램에서의 방정식을 사용하여 EGaIn, Ga_2O_3 층 및 SAM의 열전력을 추정할 수 있다.

산업상 이용가능성

[88] 본 발명에 따른 열전 성능 측정 시스템은 고가의 장비를 구축하지 않고도 우수한 효율과 높은 재현성으로 열전 성능 측정이 가능하며, 다양한 유기 분자가 그 측정 대상이 될 수 있음은 물론 대면적 분자층에 대해서도 측정이 가능하며, 무기, 유무기복합소재 등 다양한 열전 소재를 그 측정 대상으로 할 수 있다.

[89] 또한, 독성이 없는 액체금속 EGaIn을 상부 전극으로 이용하고 있어 나노 수준의 박박 형태의 측정 대상 물질에 대해서도 손상을 최소화할 수 있고, 나노 내지 마이크로 수준의 유기 열전 소자에 대해서도 열전 성능 측정이 가능하여 열전 소자 산업 전반에 광범위하게 활용할 수 있다.

[90] 또한, 본 발명에 따른 열전 측정 시스템을 통하여 다양한 유기 분자의 열전 특성 및 전기적 특성을 규명할 수 있고, 이를 이용하여 다양한 유기 열전 소자를 개발할 수 있다.

청구범위

[청구항 1] 상부 전극, 상기 상부 전극에 대향되는 하부 전극 및 상기 상부 전극과 하부 전극에 접하고 열전 측정 대상 물질을 포함하는 접합부를 포함하고, 상기 상부 전극은 액체 금속 전극인 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 액체 금속은 공융 갈륨인듐 (Eutectic Gallium-Indium, EGaIn) 합금인 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 상부 전극은 원뿔형 팁 (conical tip) 형태이고, 전도성 산화갈륨 (Ga_2O_3) 층이 표면에 자기보호 (self-passivating) 반응으로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 상부 전극 및 하부 전극 중 어느 하나는 제백 효과 (seeback effect)를 이용하여 온도변화를 측정하는 열전대 (thermocouple)가 구비된 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 열전 측정 시스템은 접합부에서의 열전기 전압 (ΔV)을 측정하는 나노 전압계 (nanovoltmeter)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 열전 측정 시스템은 하부 전극의 온도를 제어하고 접합부에서 온도차 (ΔT)를 생성하는 핫 척 (hot chuck)을 더 포함한 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 열전 측정 시스템은 접지 전극을 더 포함하고, 상기 접지 전극은 텅스텐 (W) 팁으로 형성된 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 접합부에 포함되는 열전 측정 대상 물질은 열전 소재로서, 무기 반도체, 유기 단분자 화합물, 전도성 고분자, 전도성 고분자와 나노탄소의 복합체 및 전도성 고분자와 무기 반도체의 하이브리드 복합체 중에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

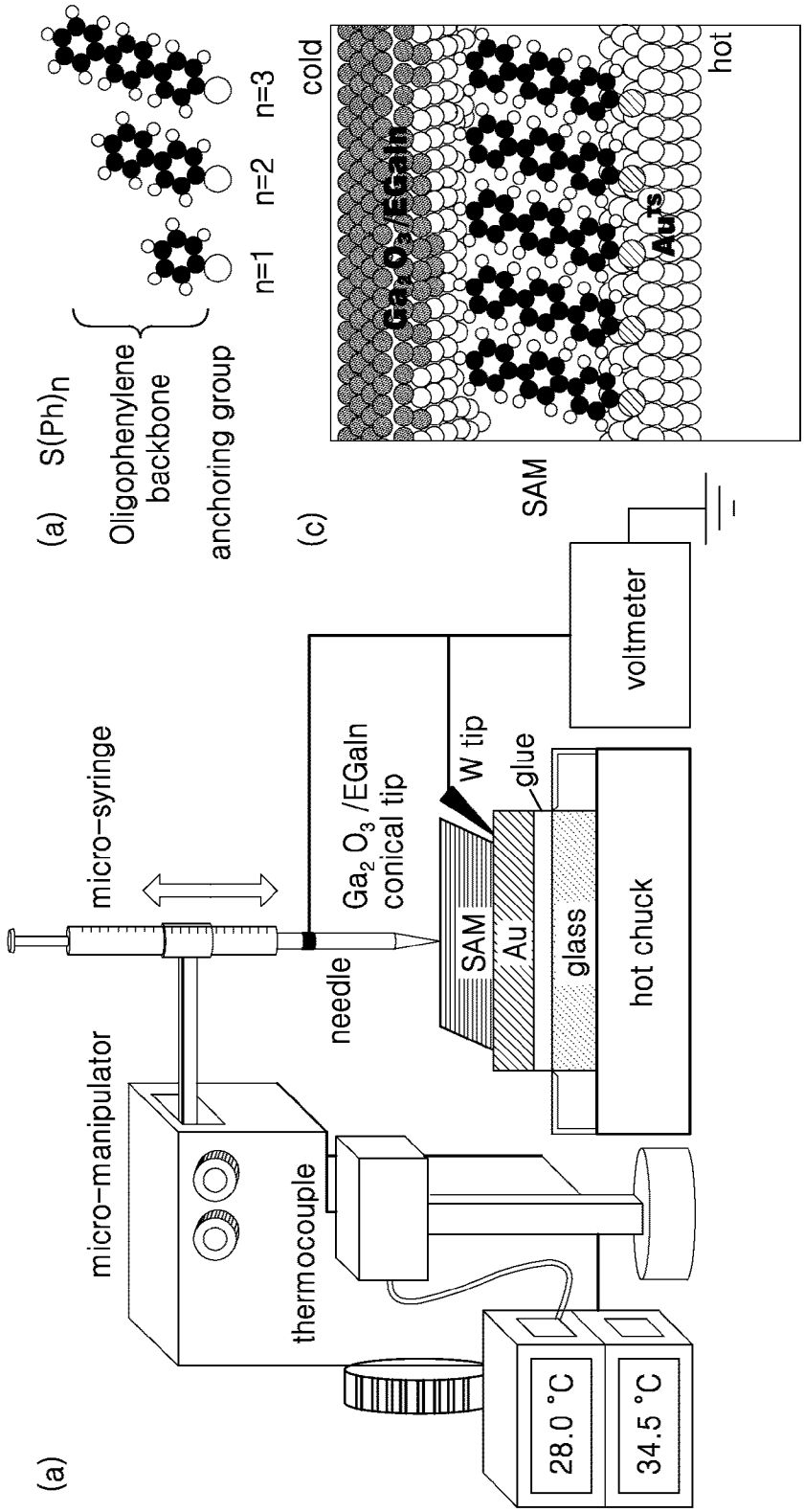
[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 열전 측정 대상 물질은 하부 전극 표면에 결합되어 형성되는 자기조립 분자층인 것을 특징으로 하는 열전 측정 시스템.

[청구항 10] 상부 전극, 상기 상부 전극에 대향하는 하부 전극 및 상기 하부 전극 상에 형성되는 분자층을 포함하고,

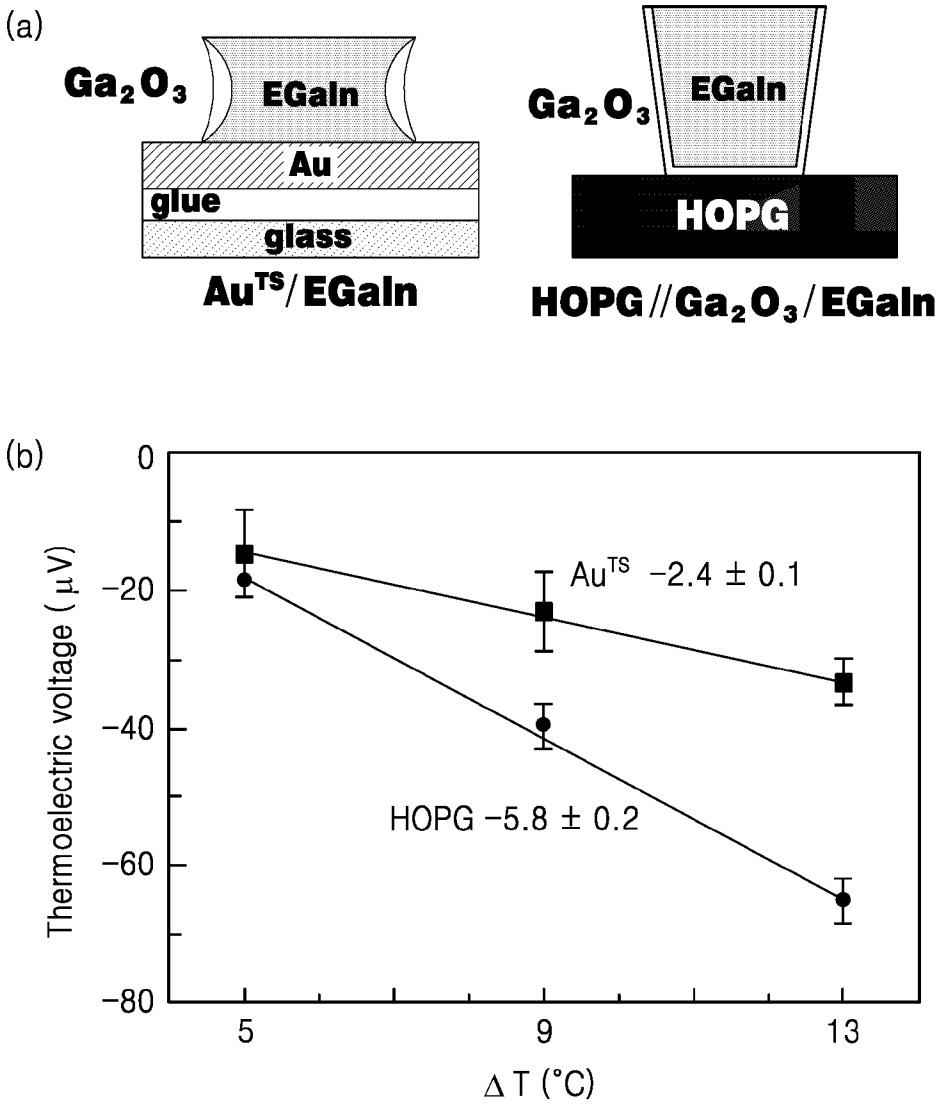
상기 분자층은 $S(Ph)_n$(Ph는 페닐기이고, n은 1 내지 10의 정수임) 표시되는 올리고페닐렌티올이 자기조립되어 형성된 것이며,
상기 상부 전극은 액체 금속 공융 갈륨인듐 (Eutectic Gallium-Indium, EGaIn) 합금 기반의 전극인 것을 특징으로 하는 열전 소자.

[청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 열전 소자는 n이 증가할수록 열전 성능 (Seebeck 계수)이 증대되는 것을 특징으로 하는 열전 소자.

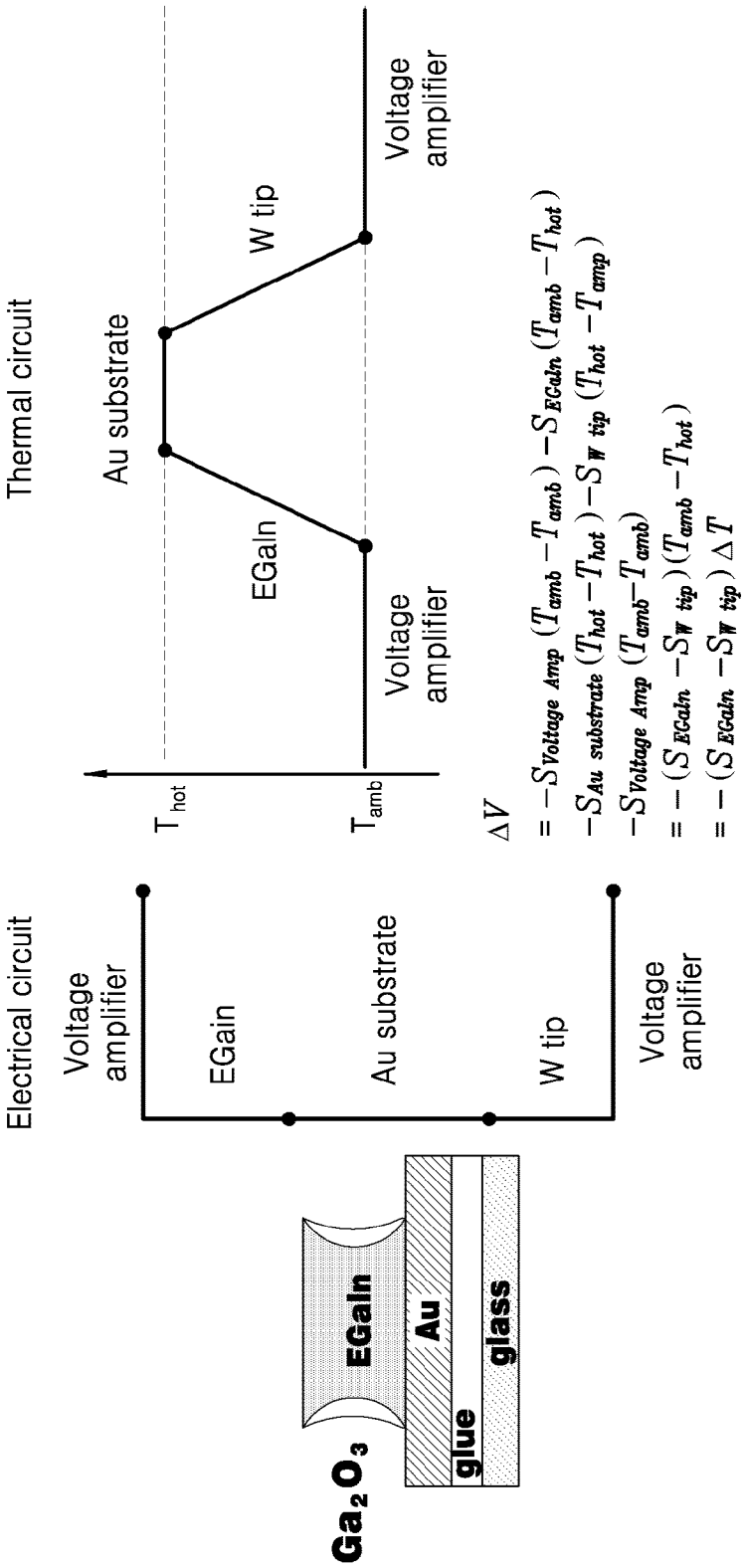
[도1]


(a)
S(Ph)n
Oligophenylene backbone
anchoring group
n=1
n=2
n=3
(c)
cold
hot
Ga_2O_3/EGaIn
Au's
SAM
micro-syringe
micro-manipulator
thermocouple
needle
Ga_2O_3 /EGaIn conical tip
W tip
glue
SAM
Au
glass
hot chuck
voltmeter
28.0 °C
34.5 °C
(a)

[도2]

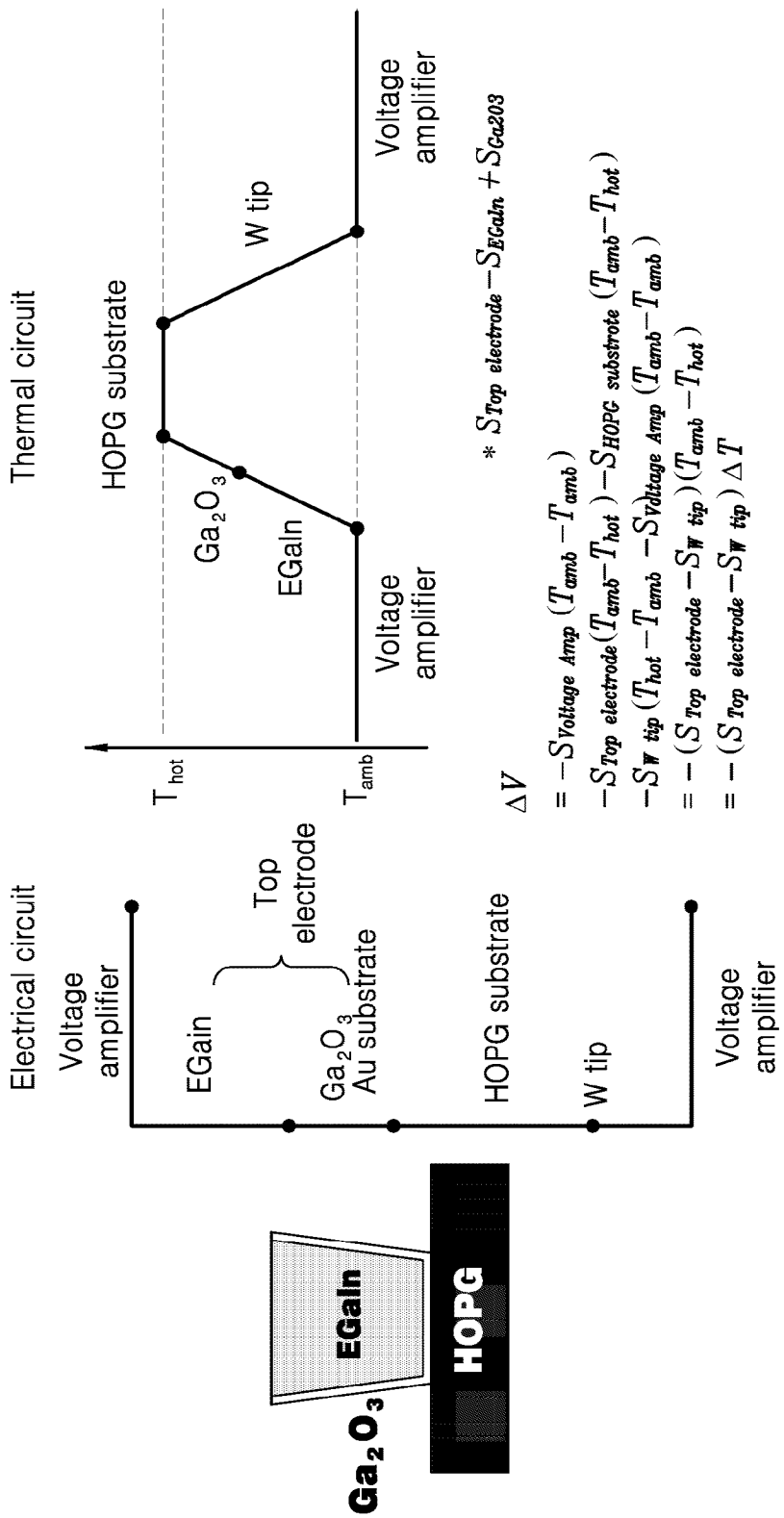

(a)
Ga2O3
EGaIn
Au
glue
glass
AuTS/EGaIn
Ga2O3
EGaIn
HOPG
HOPG//Ga2O3/EGaIn
(b)
Thermoelectric voltage (μV)
0
−20
−40
−60
−80
5
9
13
ΔT (°C)
AuTS −2.4 ± 0.1
HOPG −5.8 ± 0.2

[도3]



$$\Delta V$$
$$= -S_{Voltage\ Amp}\,(T_{amb}-T_{amb}) - S_{EGaIn}\,(T_{amb}-T_{hot})$$
$$-S_{Au\ substrate}\,(T_{hot}-T_{hot}) - S_{W\ tip}\,(T_{hot}-T_{amp})$$
$$-S_{Voltage\ Amp}\,(T_{amb}-T_{amb})$$
$$= -(S_{EGaIn}-S_{W\ tip})\,(T_{amb}-T_{hot})$$
$$= -(S_{EGaIn}-S_{W\ tip})\,\Delta T$$

[도4]



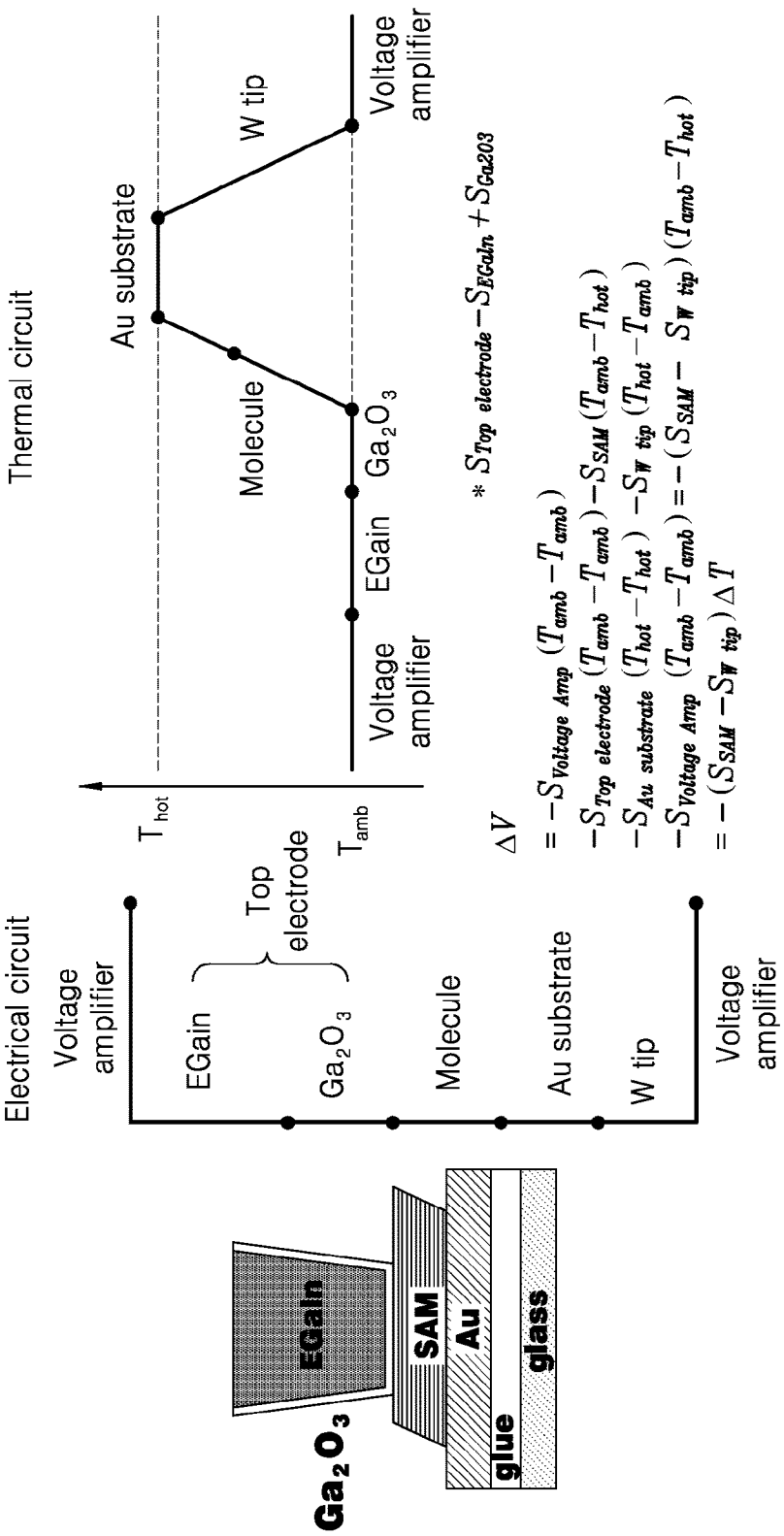
$$\Delta V = -S_{Voltage\ Amp}(T_{amb} - T_{amb}) - S_{Top\ electrode}(T_{amb} - T_{hot}) - S_{HOPG\ substrate}(T_{amb} - T_{hot}) - S_{W\ tip}(T_{hot} - T_{amb}) - S_{Voltage\ Amp}(T_{amb} - T_{amb})$$

$$= -(S_{Top\ electrode} - S_{W\ tip})(T_{amb} - T_{hot})$$

$$= -(S_{Top\ electrode} - S_{W\ tip})\Delta T$$

$$* S_{Top\ electrode} - S_{EGaIn} + S_{Ga2O3}$$

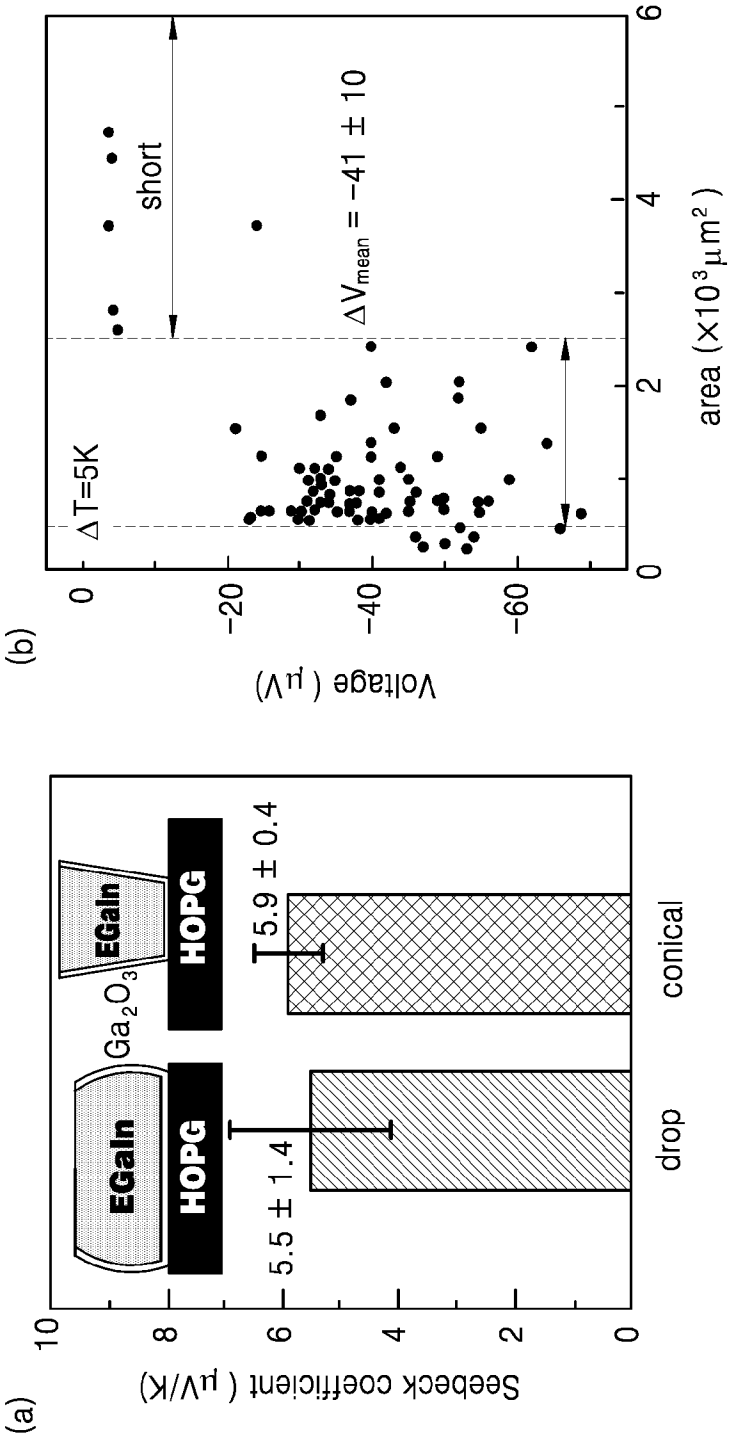
[도5]



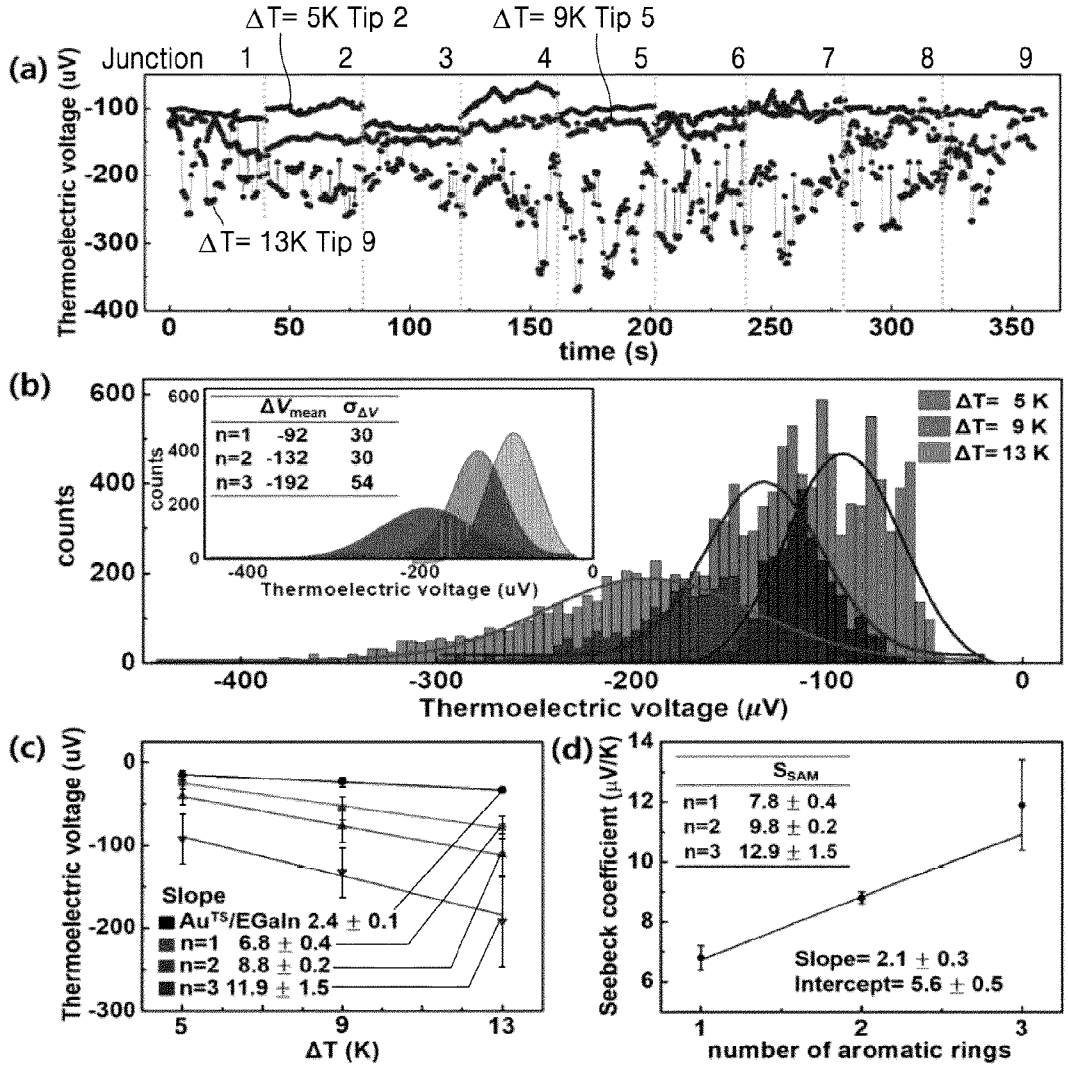
$$* S_{Top\ electrode} - S_{EGaIn} + S_{Ga2O3}$$

$$\Delta V = -S_{Voltage\ Amp}(T_{amb} - T_{amb}) - S_{Top\ electrode}(T_{amb} - T_{amb}) - S_{SAM}(T_{amb} - T_{hot}) - S_{Au\ substrate}(T_{hot} - T_{hot}) - S_{W\ tip}(T_{hot} - T_{amb}) - S_{Voltage\ Amp}(T_{amb} - T_{amb}) = -(S_{SAM} - S_{W\ tip})(T_{amb} - T_{hot}) = -(S_{SAM} - S_{W\ tip})\Delta T$$

[도6]


(a)
Seebeck coefficient (μV/K)
10
8
6
4
2
0
EGaIn
HOPG
Ga_2O_3
EGaIn
HOPG
5.5 ± 1.4
5.9 ± 0.4
drop
conical
(b)
Voltage (μV)
0
−20
−40
−60
ΔT=5K
short
ΔV_{mean} = −41 ± 10
0
2
4
6
area ($\times 10^3 \mu m^2$)

[도7]


(a)
ΔT= 5K Tip 2
ΔT= 9K Tip 5
ΔT= 13K Tip 9
Junction 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Thermoelectric voltage (uV)
time (s)
(b)
counts
ΔT= 5 K
ΔT= 9 K
ΔT= 13 K
ΔV_mean σ_ΔV
n=1 -92 30
n=2 -132 30
n=3 -192 54
Thermoelectric voltage (uV)
Thermoelectric voltage (μV)
(c)
Thermoelectric voltage (uV)
Slope
Au^TS/EGaIn 2.4 ± 0.1
n=1 6.8 ± 0.4
n=2 8.8 ± 0.2
n=3 11.9 ± 1.5
ΔT (K)
(d)
Seebeck coefficient (μV/K)
S_SAM
n=1 7.8 ± 0.4
n=2 9.8 ± 0.2
n=3 12.9 ± 1.5
Slope= 2.1 ± 0.3
Intercept= 5.6 ± 0.5
number of aromatic rings

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2019/010613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 25/18(2006.01)i, H01L 35/14(2006.01)i, H01L 35/32(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)

G01N 25/18; H01L 35/06; H01L 35/30; H01L 35/32; H01L 35/14

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: thermoelectric element, electrode, eutectic gallium-indium(EGaIn), liquid metal, seeback effect

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KONG et al. EGaIn microelectrode for electrical characterization of ITO-based van der Waals interface and airborne molecular contamination of ITO surface. Journal of The Electrochemical Society. 08 July 2015, vol. 162, no. 9 See pages H703-H712 and figures 1(a), 1(b).	1-6
A		7-11
Y	KR 10-2015-0053488 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 18 May 2015 See paragraphs [0031]-[0036] and figures 1-4.	1-6
A	US 2017-0317261 A1 (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY) 02 November 2017 See paragraphs [0017]-[0031] and figures 1-10.	1-11
A	JP 2008-305986 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 18 December 2008 See paragraphs [0017]-[0032] and figures 1-5.	1-11
A	DICKEY et al. Eutectic gallium-indium (EGaIn): a liquid metal alloy for the formation of stable structures in microchannels at room temperature. Advanced Functional Materials. 2008, vol. 18, no. 7 See pages 1097-1104.	1-11

☐ 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	Date of mailing of the international search report
13 DECEMBER 2019 (13.12.2019)	**16 DECEMBER 2019 (16.12.2019)**
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2019/010613

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2015-0053488 A	18/05/2015	US 2015-0130472 A1	14/05/2015
US 2017-0317261 A1	02/11/2017	US 10431726 B2	01/10/2019
JP 2008-305986 A	18/12/2008	CN 101689595 A	31/03/2010
		EP 2159854 A1	03/03/2010
		JP 4912964 B2	11/04/2012
		TW 200915632 A	01/04/2009
		US 2010-0170554 A1	08/07/2010
		WO 2008-150004 A1	11/12/2008

국제조사보고서

국제출원번호
PCT/KR2019/010613

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01N 25/18(2006.01)i, H01L 35/14(2006.01)i, H01L 35/32(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
G01N 25/18; H01L 35/06; H01L 35/30; H01L 35/32; H01L 35/14

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: 열전소자(thermoelectric element), 전극(electrode), 공융 갈륨인듐(Eutectic Gallium-Indium, EGaIn), 액체 금속(liquid metal), 제백 효과(seeback effect)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KONG 등, `EGaIn microelectrode for electrical characterization of ITO-based van der Waals interface and airborne molecular contamination of ITO surface`, Journal of The Electrochemical Society, 2015.07.08, 162권 9호 페이지 H703-H712 및 도면 1(a), 1(b) 참조.	1-6
A		7-11
Y	KR 10-2015-0053488 A (한국전자통신연구원) 2015.05.18 단락 [0031]-[0036] 및 도면 1-4 참조.	1-6
A	US 2017-0317261 A1 (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY) 2017.11.02 단락 [0017]-[0031] 및 도면 1-10 참조.	1-11
A	JP 2008-305986 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 2008.12.18 단락 [0017]-[0032] 및 도면 1-5 참조.	1-11
A	DICKEY 등, ` Eutectic gallium?indium (EGaIn): a liquid metal alloy for the formation of stable structures in microchannels at room temperature`, Advanced Functional Materials, 2008, 18권 7호 페이지 1097-1104 참조.	1-11

☐ 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

"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

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

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

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

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

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

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

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

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2019년 12월 13일 (13.12.2019)	2019년 12월 16일 (16.12.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관
이헌길
전화번호 +82-42-481-8525

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2019/010613

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2015-0053488 A	2015/05/18	US 2015-0130472 A1	2015/05/14
US 2017-0317261 A1	2017/11/02	US 10431726 B2	2019/10/01
JP 2008-305986 A	2008/12/18	CN 101689595 A	2010/03/31
		EP 2159854 A1	2010/03/03
		JP 4912964 B2	2012/04/11
		TW 200915632 A	2009/04/01
		US 2010-0170554 A1	2010/07/08
		WO 2008-150004 A1	2008/12/11