

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 1월 26일 (26.01.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/014608 A1

- (51) 국제특허분류:
G01N 13/02 (2006.01) G01B 21/08 (2006.01)
G01B 21/16 (2006.01) G01R 27/26 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/008095
- (22) 국제출원일: 2016년 7월 25일 (25.07.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0104418 2015년 7월 23일 (23.07.2015) KR
- (71) 출원인: 서울대학교 산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR];
08826 서울시 관악구 관악로 1 (신림동), Seoul (KR).
- (72) 발명자: 이정훈 (LEE, Junghoon); 06702 서울시 서초구 남부순환로 297 나길 13, 601호, Seoul (KR). 최승열 (CHOI, Seungyul); 08776 서울시 관악구 신원로 35, 1102호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 아이스퀘어 (ISQUARE PATENT & LAW FIRM); 06174 서울시 강남구 영동대로 82길 11, 5층(대치동, 도원빌딩), 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, 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, 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.

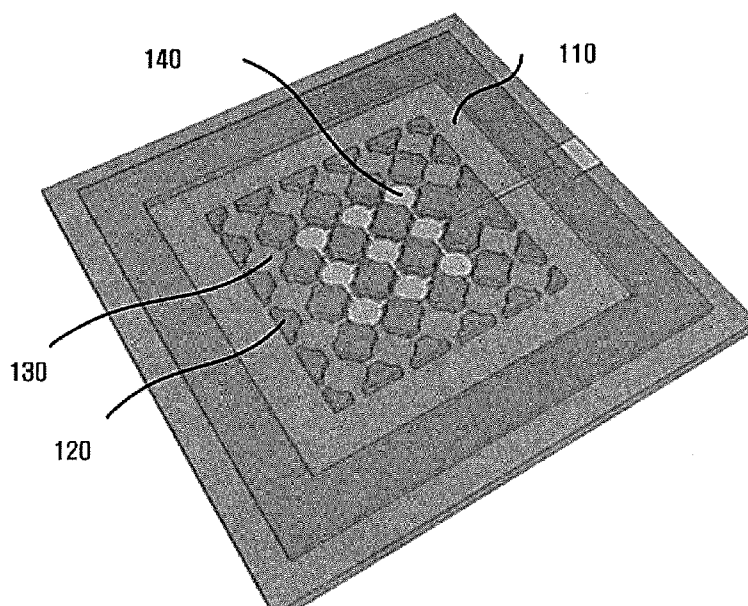
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, 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))
- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR MEASURING SURFACE TENSION

(54) 발명의 명칭 : 표면장력 측정 장치 및 측정 방법



(57) Abstract: A surface tension measurement apparatus according to an embodiment of the present invention comprises: at least one cell into which insulating liquid is embedded while covering an electrode; a power source unit for applying a voltage to the electrode; a measuring unit for measuring the bottom of a interface between the insulating liquid and non-insulating liquid, which varies with the voltage applied to the electrode; and a calculation unit for calculating the surface tension of the interface on the basis of the bottom of the interface.

(57) 요약서: 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 장치는 절연성 액체가 적극을 덮으며 실장되는 적어도 하나의 셀, 전극에 전압을 인가하는 전원부, 전극에 인가된 전압으로 변동되는 비절연성 액체와 절연성 액체의 계면의 저점을 계속하는 계측부 및 계면의 저점에 기초하여 상기 계면의 표면장력을 계산하는 계산부를 포함한다.

WO 2017/014608 A1

명세서

발명의 명칭: 표면장력 측정 장치 및 측정 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 액체 사이의 표면장력 측정 장치 및 측정 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 종래의 광학적 방법을 통해 표면장력을 측정하는 것에 비해 훨씬 간단하고 정확도가 향상된 전기적 방법을 통한 표면장력 측정 장치 및 측정 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 표면장력은 표면의 액체가 서로 끌어 당기는 힘을 말하는 것으로 액체는 분자 간의 힘에 의하여 그 표면을 최소화 하려는 특징이 있다. 액체분자 들은 서로 힘이 작용한다. 한 개의 액체 분자는 모든 방향의 주위 분자들로부터 힘을 받게 된다. 하지만, 표면에서는 위로부터 받는 힘이 존재하지 않는다. 이로 인해 표면에서는 중간에서보다 불안정한 상태이고, 이 불안정한 상태를 최소화 하기 위해 액체는 불안정한 부분인 표면을 최소화 하려고 한다.
- [3] 이러한 불안정성은 표면의 다른 입자에 힘을 작용해 줄 수도 있다. 즉, 액체의 분자간 인력의 균형이 액면 부근에서 깨지고, 액면 부근의 분자가 액체속의 분자보다 위치에너지가 크고, 이 때문에 액체가 전체표면적에 비례한 에너지를 가지게 되어 표면장력이 생기게 된다. 그래서, 표면장력은 단위면적에 작용하는 에너지에 대한식으로 표현 되기도 한다. 실제 사용되는 것은 단위길이의 선의 양쪽에 작용하는 장력에 의해 표시된다.
- [4] 그 값은 액체의 종류에 따라 결정되는 상수이지만, 온도에 따라서도 변한다.
- [5] 이렇듯 표면장력은 표면에 위치한 모든 분자들간에 작용하는 인력의 형태이며, 이는 액체의 압축에 대한 저항력과 균형을 이루게 된다.
- [6] 이러한 표면장력을 측정하기 위해, 종래에는 다양한 기술이 이용되었다. 이러한 종래의 표면장력의 측정과 관련한 특허로는 공개특허: 특1998-026170 (공개일 :1998.07.15)가 있다.
- [7] 이러한 종래의 표면장력을 측정하는 기술은 이미지 또는 형광의 세기 등의 광학적인 정보를 이용하는 것이 대부분이었다. 그러나, 이러한 방법은 복잡하고, 이러한 기술을 이용하는 표면장력 측정 장치는 설치 비용이 높아 경제성이 떨어진다는 문제점이 있었다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 장치 및 방법이 요구되고 있는 실정이다.
- [8] 한편, 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명의 일실시예는 전기적인 방법에 의해 보다 정확하고 간편하게 표면장력을 측정할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는 데에 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [10] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따르면, 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 장치는, 절연성 액체가 적극을 덮으며 실장되는 적어도 하나의 셀; 상기 전극에 전압을 인가하는 전원부; 상기 전극에 인가된 전압으로 변동되는 비절연성 액체와 상기 절연성 액체의 계면의 저점을 계측하는 계측부; 및 상기 계면의 저점에 기초하여 상기 계면의 표면장력을 계산하는 계산부를 포함한다.
- [11] 본 발명의 제 2 측면에 따르면, 절연성 액체가 적극을 덮으며 실장되는 적어도 하나의 셀을 포함하는 표면장력 측정 장치를 이용하여 표면장력을 측정하는 방법은 상기 전극에 전압을 인가하는 단계; 상기 전극에 인가된 전압으로 변동되는 비절연성 액체와 상기 절연성 액체의 계면의 저점을 계측하는 단계; 및 상기 계면의 저점에 기초하여 상기 계면의 표면장력을 계산하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [12] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 본 발명의 일 실시예는 전기적인 방법에 의해 정확하고 간편하게 표면장력을 측정할 수 있다.
- [13] 또한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 계면의 처짐 정도에 기초하여, 타겟 분자의 존재 여부 및 정도를 판단하는 표면장력 측정 장치를 제공할 수 있다.
- [14] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [15] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 표면장력 측정 장치를 설명하기 위한 구성도이다.
- [16] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 패널부의 구조를 설명하기 위한 참고도이다.
- [17] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 산출부의 블록도이다.
- [18] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 방법에 대한 흐름도이다.
- [19] 도 5는 전압이 인가되기 전 셀의 단면도이고, 도 6은 전압이 인가된 이후의 셀의 단면도이다.
- [20] 도 7는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명하기 위한 셀의 단면도이다.
- [21] 도 8은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명하기 위한 셀의 단면도이다.
- [22] 도 9는 리셉터가 배치된 상태의 셀의 단면도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [23] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [24] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [25] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [26] 다만 이를 설명하기에 앞서, 아래에서 사용되는 용어들의 의미를 먼저 정의한다.
- [27] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 표면장력 측정 장치를 설명하기 위한 구성도이다.
- [28] 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 장치는 패널부(100) 및 산출부(200)를 포함한다. 패널부(100)에는 표면장력이 측정될 절연성 액체가 실장되고, 산출부(200)는 패널부(100)에 실장되는 절연성 액체와 비절연성 액체 사이의 계면의 표면장력을 산출한다.
- [29] 다음은 도 2를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 패널부(100)의 구조에 대하여 설명한다.
- [30] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 패널부의 구조를 설명하기 위한 참고도이다.
- [31] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른, 패널부(100)의 기판(110)에는 하나 이상의 기둥(120)이 배치된다. 기판(110), 기둥(120) 및 전극(140)은 소수성 유전물질로 코팅된다. 본 발명의 실시예에 따른 소수성 유전 물질은 테프론(Teflon), 사이탐(Cytap), 또는 패릴린물질(Parylene)이 있을 수 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않고 얼마든지 다른 종류의 소수성 유전 물질이 코팅된 경우에도 적용될 수 있다.
- [32] 본 발명의 실시예에 따르면 기둥(120)의 형태는 기 설정되어 있을 수 있다. 기둥(120)은 원형일 수도 있으며, 사각 기둥일 수도 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않고, 다른 형태의 기둥(120)인 경우에도 본 발명의 적용이 가능하다.
- [33] 또한 패널부(100)에는 적어도 하나 이상의 셀(130)이 형성된다. 각각의 셀(130)은 복수의 기둥(120)에 둘러싸여 형성된다.
- [34] 도 2를 참조하여 기둥(120)이 배치와 기둥(120)의 배치로 형성되는 셀(130)에

대하여 설명하면, 기둥(120)은 기관(110)에 전부 또는 일부가 M*N의 행렬 형태로 배치되며, 적어도 두개의 기둥(120)은 특정 공간을 둘러싸며 배치되어 하나의 셀(130)을 형성한다.

- [35] 본 발명의 실시예에 따른 셀(130) 하면의 형상은 원형일 수 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않고, 셀(130) 하면의 형상이 다른 경우에도 적용될 수 있다. 이하에서는 셀(130) 하면의 형상이 원형인 것으로 한정하여 설명하겠다.
- [36] 또한 패넬부(100)의 각 셀(130)은 적어도 하나의 인접 셀(130)간 연결될 수 있다. 즉, 각 셀(130)에는 적어도 하나의 인접 셀(130)과 연결되는 연결통로가 배치될 수 있다.
- [37] 패넬부(100)에 형성된 셀(130) 중 적어도 하나의 셀(130)에는 전극(140)이 배치된다. 또한 전극(140)은 기관(110)에 형성된다. 각각의 전극(140)은 적어도 하나의 인접 전극(140)과 연결될 수 있다.
- [38] 각각의 셀(130)에는 표면장력을 측정할 절연성 액체가 실장된다. 전극(140)이 배치된 셀(130)에서 절연성 액체는 전극(140)을 덮으며 실장되고, 전극(140)이 배치되지 않는 셀(130)에서는 기관(110)위에 실장된다.
- [39] 본 발명의 실시예에 따르면 기관(110), 기둥(120), 전극(140)은 소수성막(hydrophobic layer, 미도시)이 증착될 수 있다.
- [40] 본 발명의 실시예에 따르면, 기관(110), 기둥(120) 및 전극(140)이 소수성 유전물질로 코팅됨에 따라, 전극(140)에는 소수성막이 증착될 수 있다.
- [41] 본 발명의 실시예에 따른 셀(130)은 적어도 하나의 인접 셀(130)과 연결되어 있어, 절연성 액체의 실장시, 쉽게 각각의 셀(130)을 절연성 액체로 채울 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 절연성 액체는 기둥(120)의 높이만큼 채워질 수 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않고, 기둥(120)이 높이 이하만큼 절연성 액체가 채워지는 경우에도 본 발명의 적용이 가능하다.
- [42] 또한 절연성 액체 위에는 비절연성 액체가 배치된다.
- [43] 다음은 도 3을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 산출부(200)를 설명한다.
- [44] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 산출부(200)의 블록도이다.
- [45] 본 발명의 실시예에 따른 산출부(200)는 셀(130)에 형성된 전극(140) 중 적어도 하나의 전극(140)에 전압을 인가하는 전원부(210)를 포함한다. 본 발명의 실시예에 따른 전원부(210)는 비절연성 액체에 접지상태를 유지시킬 수도 있다.
- [46] 또한 산출부(200)는 비절연성 액체와 절연성 액체의 계면(이하 '계면'이라 함)의 저점을 측정하는 계측부(220)를 더 포함할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 계측부(220)는 계면의 저점이 얼마나 아래로 처져있는지 즉 처짐 정도를 측정할 수 있다. 계측부(220)는 기둥(120)을 기준으로 얼마나 아래로 처져있는지를 측정할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 계측부(220)는 기둥(120)의 높이에서 셀의 중심의 하면에서 계면 저점의 위치까지의 거리를 뺀 수치를 계면의 처짐 정도로 측정할 수 있다.
- [47] 본 발명의 실시예에 따른 계면의 저점은 셀의 중앙에서의 계면의 위치일 수

- 있다. 계면의 저점의 처짐에 따라, 계면의 형상은 곡률을 갖는 형상이 될 수 있다.
- [48] 또한 산출부(200)는 측정된 계면의 저점에 기초하여 계면의 표면장력을 계산하는 계산부(230)를 더 포함할 수 있다.
- [49] 본 발명의 실시예에 따른 계산부(230)는 계면의 저점에 기초하여, 계면의 전기적 파라미터를 산출하고, 산출된 전기적 파라미터에 기초하여, 표면장력을 계산할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 전기적 파라미터는 계면의 형상에 따라 측정되는 계면에서의 전류, 임피던스 또는 정전용량을 포함할 수 있다.
- [50] 이하에서는 전기적 파라미터가 계면의 정전용량인 것으로 한정하여 설명하겠으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 얼마든지 다른 파라미터 값을 이용하는 경우에도 적용이 가능하다.
- [51] 계측부(220) 및 계산부(230)의 상세한 동작에 관해서는 아래에서 설명하겠다.
- [52] 다음은 도 4 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정방법에 대하여 설명한다.
- [53] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 방법에 대한 흐름도이다.
- [54] 전원부(210)는 전극(140)에 전압을 인가한다. 이때 전원부(210)가 인가하는 전압의 크기는 기 설정되어 있을 수 있다(S401). 이때 전원부(210)는 비절연성 액체(520)의 접지상태를 유지시킬 수도 있다.
- [55] 계측부(220)는 전극(140)에 인가된 전압으로 변동되는 계면의 저점을 계측한다(S403). 이때 계측부(220)는 계면 저점이 얼마나 내려왔는지 즉 계면의 처짐 정도를 계측할 수 있다.
- [56] 도 5 및 도 6을 참조하여, 전압의 인가로 변동되는 계면의 저점 계측 방법을 설명한다.
- [57] 도 5는 전압이 인가되기 전 셀의 단면도이고, 도 6은 전압이 인가된 이후의 셀의 단면도이다.
- [58] 도 5 및 도 6을 참조하면, 도 6의 계면의 저점이 도 5의 계면의 저점보다 더 아래에 위치하는 것을 알 수 있다.
- [59] 도 5 및 도 6을 참조하여 설명하면, 전극(140)에 전압이 인가되면, 절연성 액체(510)에 전기장이 형성된다. 절연성 액체(510)에 전기장이 형성됨에 따라, 절연성 액체(510)와 비절연성 액체(520) 사이의 계면에는 전기적 압력이 작용하게 된다. 계면에 작용되는 전기적 압력으로 인해, 계면의 저점은 하방으로 낮아지게 된다. 본 명세서에서 하방은 기관(110)이 위치한 방향일 수 있다.
- [60] 절연성 액체(510)와 비절연성 액체(520)의 계면 표면장력이 작용하는 힘의 방향은 계면에 작용되는 전기적 압력의 방향과 반대방향일 수 있다. 따라서 전극(140)에 전압 인가시, 절연성 액체(510)와 비절연성 액체(520)의 계면 표면장력이 작을수록 계면의 저점의 위치는 더 낮아지게 된다.
- [61] 본 발명의 실시예에 따른 계측부(220)는 위와 같이, 전극(140)에 전압 인가로 낮아지는 계면의 처짐 정도를 계측할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 계측부(220)는 기둥(120)의 높이에서 셀 중심의 하면에서 계면 저점의

위치까지의 거리를 뺀 수치를 처짐 정도로 예측할 수 있다.

[62] 다시 도 4를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 방법을 설명한다.

[63] 계산부(230)는 예측된 계면의 저점에 기초하여 계면의 표면장력을 계산한다(S405).

[64] 도 7 및 도 8을 참조하여, 계산부(230)가 표면장력을 계산하는 구체적인 방법에 대하여 설명하겠다.

[65] 먼저 도 7을 참조하여, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명한다.

[66] 도 7는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명하기 위한 셀의 단면도이다.

[67] 계산부(230)는 전압 V가 전극에 인가됨에 따른, 계면의 정전용량을 계산한다.

[68] 이 과정을 상세히 설명하면, 계산부(230)는 계면의 저점이 처지면, 계면의 곡률 반경(R_l)을 계산한다.

[69] 계산부(230)는 수식 1에 기초하여 계면의 곡률 반경을 계산할 수 있다.

[70] [수식 1]

[71]

$$R_l(d) = \frac{r_l^2 + d^2}{2d}$$

[72] 여기서 d는 계면의 처짐 정도, r_l 은 셀의 반경이다. 수식 1을 참조하면,

계면의 곡률 반경(R_l)은 d 즉 계면의 처짐 정도에 영향을 받음을 알 수 있다.

[73] 계산부(230)는 계면의 곡률 반경(R_l)에 기초하여, 셀의 중앙에서 r만큼 떨어진 곳에 위치한 점에서의 계면의 높이(h_r)를 계산한다.

[74] 계산부(230)는 수식 2에 기초하여 셀의 중앙에서 r만큼 떨어진 곳에 위치한 점에서의 계면의 높이(h_r)를 계산할 수 있다.

[75] [수식 2]

[76]

$$h_l(r, d) = l_l + \sqrt{R_l(d)^2 - r_l^2} - \sqrt{R_l(d)^2 - r^2}$$

[77] 여기서 l_l 은 코딩 기둥(120)의 높이이다.

[78] 계산부(230)는 계산된 계면의 처짐 정도(d) 및 셀의 중앙에서 r만큼 떨어진 곳에 위치한 점에서의 계면의 높이(h_r)에 기초하여, 계면의 정전 용량(C)를

계산한다.

[79] 계산부(230)는 수식 3에 기초하여 계면의 정전 용량(C)를 계산한다.

[80] [수식 3]

[81]

$$C(d) = 2\pi\epsilon_0\epsilon_e \int_0^{r_i} \frac{r}{h_l(r, d) + d_h} dr$$

[82] 여기서 ϵ_0 는 유전율이고, ϵ_e 는 절연성 액체 및 전극(140)에 증착된 소수성막의 평균 유전상수이고, d_h 는 전극(140)에 증착된 소수성막의

두께이다.

[83] 계산부(230)는 계면의 정전 용량(C)에 기초하여 계면의 표면장력을 계산한다. 계산부(230)는 수식 4에 기초하여 표면장력을 계산할 수도 있다.

[84] [수식 4]

[85]

$$\Sigma E = E_s + E_e = \gamma A_v + \frac{1}{2} C(d_v) V^2$$

[86] 여기서 E_s 는 표면에너지이고, E_e 는 전기에너지이고, γ 는 표면장력이고, V는 전극(140)에 인가되는 전압이고, d_v 는 전압 V에서 계면의 처짐 정도, A_v 는 전압 V일 때 비절연성과 절연성 액체 사이의 계면의 면적이다. 여기서 d_v 는

위에서 설명한 d와 같다.

[87] 두 에너지(표면에너지 및 전기에너지)의 합(계면의 에너지)이 일정할 때, 표면장력 값이 작아지게 되면 표면에너지가 전체적으로 감소하게 되는데 이를 상쇄하기 위해서는 전기에너지가 증가해야 한다. 본 발명에서 전압은 일정하기 때문에 d_v 가 늘어나면 정전용량 값이 커지게 된다. 따라서, 수식 4에 따라,

계산되는 정전용량(C)을 알면 역으로 표면장력을 구할 수 있다.

[88] 본 발명의 실시예에 따른 계면의 에너지는 별도로 측정될 수도 있으며, 기 계산되어 설정될 수도 있다.

[89] 다음은 도 8을 참조하여, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명한다.

[90] 이하에서 제 2 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명함에 있어서, 제 1 실시예에 따른 표면장력 계산 방법과 동일한 부분에 대해서는 상세한 설명을 생략하도록 하겠다.

[91] 도 8은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 표면장력 계산 방법을 설명하기 위한 셀의

단면도이다.

[92] 본 발명의 제 2 실시예에 따르면, 전극(140)에 서로 다른 전압(V1, V2)이 인가될 수 있다. 이하에서는 V2가 V1보다 큰 것을 가정하여 설명하겠다.

[93] 전극(140)에 각각 다른 전압(V1, V2)이 인가될 경우, 각각의 인가전압에 따른 각각의 계면 처짐(d_{v1} , d_{v2})은 서로 다를 수 있다. 특히 더 큰 전압이

인가될수록 계면 처짐은 더 크게 발생된다. 또한 각각의 계면 처짐에 따른 계면의 정전 용량(C_{v1} , C_{v2})도 인가 전압에 따라 서로 다를 수 있다.

[94] 계산부(230)는 전극(140)에 V2가 인가되었을 때의 계면의 에너지(표면 에너지 및 전기 에너지의 합)과 전극(140)에 V1이 인가되었을 때의 계면 에너지의 차에 기초하여, 계면의 표면장력을 산출한다.

[95] 계산부(230)는 수식 5에 기초하여, 계면의 표면장력을 산출할 수 있다.

[96] [수식 5]

[97]
$$\Delta E = E_{v2} - E_{v1} = \gamma(A_{v2} - A_{v1}) + \frac{1}{2}(C_{v2}(d_{v2})V_2^2 - C_{v1}(d_{v1})V_1^2)$$

[98] 여기서 A_{v1} 은 전압 V1일 때 비절연성과 절연성 액체 사이의 계면의

면적이고, A_{v2} 은 전압 V2일 때 비절연성과 절연성 액체 사이의 계면의 면적이다.

[99] 수식 5를 참조하면, 제 1 전압이 V2이고, 제 2 전압이 V1일 때, 계산부(230)는 제 1 전압 인가시의 계면의 에너지 및 상기 제 2 전압 인가시의 계면의 에너지차에서, 제 1 전압에 기초한 계면의 처짐 정도로 산출된 전기 에너지 및 상기 전극에 인가되는 제 2 전압에 기초한 계면의 처짐 정도로 산출된 전기 에너지의 차를 제외하여 구해진 표면 에너지의 차로부터 표면장력을 산출할 수 있다.

[100] 계면의 처짐 정도는 측정되는 곳의 온도 등 측정 환경에 영향을 받을 수 있다. 본 발명의 제 2 실시예에 따른 경우, 계면 에너지 차에 기초하여 표면장력을 측정하므로, 표면장력 측정 장치가 배치된 환경에 영향 없이 정확한 표면장력을 측정할 수도 있다.

[101] 다음은 도 9를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 장치의 활용예를 설명한다.

[102] 도 9는 리셉터가 배치된 상태의 셀의 단면도이다.

[103] 본 발명의 실시예에 따른 표면장력 측정 장치는 바이오 센서로 활용될 수 있다.

[104] 구체적으로 설명하면, 표면장력 측정 장치의 셀 중 어느 하나에 적어도 하나 이상의 리셉터(receptor)가 배치된다. 보다 상세하게는 리셉터는 계면에 배치된다. 리셉터는 친수성 부분 및 소수성 부분을 포함하는데 본 발명의 실시예에 따르면, 리셉터의 소수성 부분은 절연성 액체 방향을 향하고 친수성

부분은 비절연성 액체 방향을 향하도록 배치된다.

- [105] 이후, 전극(140)에 전압이 인가되면, 리셉터의 친수성 부분에는 타겟 분자(target molecule)가 결합될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 타겟 분자는 단백질 분자 또는 DNA 일 수 있다.
- [106] 이때 계면은 리셉터와 결합하는 타겟 분자의 양에 기초하여 변동할 수 있다. 즉 계면의 저점은 리셉터와 결합하는 타겟 분자의 양이 많을수록 더 낮아지게 된다. 즉 계면의 저점은 리셉터와 결합하는 타겟 분자의 양이 많을수록 결합된 타겟 분자의 무게에 의해 더 아래로 처진다.
- [107] 본 발명의 실시예에 따른 계산부(230)는 계면의 처짐 정도에 기초하여, 비절연성 액체 내의 타겟 분자의 존재 여부 또는 정도를 판단 할 수 있다.
- [108] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표면장력 측정 장치는 리셉터(receptor)가 배치되지 않은 셀을 포함하는 별도의 패널부(100)를 더 포함할 수 있다. 즉 표면장력 측정 장치는 셀에 리셉터가 배치된 패널부(100) 및 셀에 리셉터가 배치되지 않은 패널부(100)를 포함할 수 있다. 따라서 리셉터가 배치된 셀과 리셉터가 배치되지 않은 셀은 상호간 구분되어 상호간 영향을 미치지 않는다. 또한 이때 추가되는 별도의 패널부(100)와 종래의 패널부(100)는 리셉터 포함여부를 제외하고 구조가 동일 할 수도 있다.
- [109] 이중 리셉터가 배치되지 않은 셀의 전극(140)에 리셉터가 배치된 셀의 전극에 인가된 전압과 동일한 크기의 전압이 인가되면, 계면의 저점은 어느 정도 아래로 내려간다.
- [110] 계산부(230)는 리셉터가 배치되지 않은 셀의 계면의 변화량(저점의 처짐 정도)에 기초하여, 비절연성 액체 내에 타겟 분자가 없을 경우의 계면 저점의 이동 정도를 파악할 수 있다.
- [111] 계산부(230)는 사용자는 리셉터가 배치되지 않은 셀의 계면의 변화량과 리셉터가 배치된 셀의 계면의 변화량을 비교하여, 리셉터와 결합하는 타겟 분자의 존재 여부 또는 정도를 판단할 수도 있다.
- [112] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [113] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

산업상 이용가능성

- [114] 본 발명은 전기적인 방법에 의해 정확하고 간편하게 표면장력을 측정하는 것으로 액체 사이의 표면장력측정장치 및 측정방법에 관한 것에 대하여 산업상 이용가능성이 있다.

청구범위

- [청구항 1] 절연성 액체가 적극을 덮으며 실장되는 적어도 하나의 셀;
 상기 전극에 전압을 인가하는 전원부;
 상기 전극에 인가된 전압으로 변동되는 비절연성 액체와 상기 절연성 액체의 계면의 지점을 계측하는 계측부; 및
 상기 계면의 지점에 기초하여 상기 계면의 표면장력을 계산하는 계산부를 포함하는 표면장력 측정 장치.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서,
 상기 비절연성 액체는 상기 절연성 액체의 위에 배치되는, 표면장력 측정 장치.
- [청구항 3] 제 1항에 있어서,
 상기 셀은 소정의 형태의 기둥에 둘러싸여 형성되는, 표면장력 측정 장치.
- [청구항 4] 제 1항에 있어서,
 상기 계산부는,
 상기 전극에 인가되는 전압에 의해 낮아지는 상기 계면의 처짐 정도에 기초하여, 상기 계면의 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 장치.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
 상기 계산부는,
 상기 계면의 처짐 정도에 기초하여 상기 계면의 전기적 파라미터를 계산하고, 상기 전기적 파라미터에 기초하여 상기 계면의 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 장치.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
 상기 전기적 파라미터는,
 상기 계면의 정전용량인, 표면장력 측정 장치.
- [청구항 7] 제 1항에 있어서,
 상기 계산부는,
 상기 계면의 처짐 정도에 기초하여 상기 계면의 곡률 반경을 계산하고,
 상기 계면의 곡률 반경에 기초하여 상기 셀의 중앙에서 소정의 거리만큼 이동된 지점에서의 계면의 높이를 계산하고, 상기 처짐 정도 및 상기 셀의 중앙에서 소정의 거리만큼 이동된 지점에서의 계면의 높이에 기초하여
 상기 계면의 정전 용량을 계산하고, 상기 계면의 에너지에서 상기 정전 용량으로 산출된 전기 에너지를 제외하여 구해진 표면 에너지로부터
 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 장치.
- [청구항 8] 제 1항에 있어서,
 상기 계산부는,
 상기 전극에 인가되는 제 1 전압에 기초한 계면의 처짐 정도, 상기 전극에 인가되는 제 2 전압에 기초한 계면의 처짐 정도 및 상기 제 1

전압인가시의 계면의 에너지 및 상기 제 2 전압인가시의 계면의 에너지의 차에 기초하여 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 장치.

[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 계산부는,
상기 제 1 전압인가시의 계면의 에너지 및 상기 제 2 전압인가시의 계면의 에너지차에서, 제 1 전압에 기초한 계면의 처짐 정도로 산출된 전기 에너지 및 상기 전극에 인가되는 제 2 전압에 기초한 계면의 처짐 정도로 산출된 전기 에너지의 차를 제외하여 구해진 표면 에너지의 차로부터 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 장치.

[청구항 10] 제 1항에 있어서,
상기 셀에는 리셉터가 상기 계면에 배치되며,
상기 계산부는,
상기 전극에 전압 인가시, 상기 리셉터가 배치된 셀의 계면의 처짐 정도에 기초하여, 상기 리셉터에 결합하는 타겟 분자의 존재 여부 및 정도를 판단하는, 표면장력 측정 장치.

[청구항 11] 제 10항에 있어서,
상기 셀과 구분되며 상기 리셉터가 배치되지 않은 셀을 더 포함하고,
상기 계산부는,
상기 리셉터가 배치되지 않은 셀의 전극에 전압 인가시의 상기 리셉터가 배치되지 않은 셀의 계면의 처짐 정도와, 상기 리셉터가 배치된 셀의 계면의 처짐 정도를 비교하여, 상기 리셉터에 결합하는 타겟 분자의 존재 여부 및 정도를 판단하는, 표면장력 측정 장치.

[청구항 12] 제 1항에 있어서,
각각의 셀은 적어도 하나의 셀과 연결되는, 표면장력 측정 장치.

[청구항 13] 절연성 액체가 적극을 덮으며 실장되는 적어도 하나의 셀을 포함하는 표면장력 측정 장치를 이용하여 표면장력을 측정하는 방법에 있어서,
상기 전극에 전압을 인가하는 단계;
상기 전극에 인가된 전압으로 변동되는 비절연성 액체와 상기 절연성 액체의 계면의 저점을 측정하는 단계; 및
상기 계면의 저점에 기초하여 상기 계면의 표면장력을 계산하는 단계를 포함하는 표면장력 측정 방법.

[청구항 14] 제 13항에 있어서,
상기 비절연성 액체는 상기 절연성 액체의 위에 배치되는, 표면장력 측정 방법.

[청구항 15] 제 13항에 있어서,
상기 셀은 소정의 형태의 기둥에 둘러싸여 형성되는, 표면장력 측정 방법.

[청구항 16] 제 13항에 있어서,
상기 계산하는 단계는,

상기 전극에 인가되는 전압에 의해 낮아지는 상기 계면의 처짐 정도에 기초하여, 상기 계면의 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 방법.

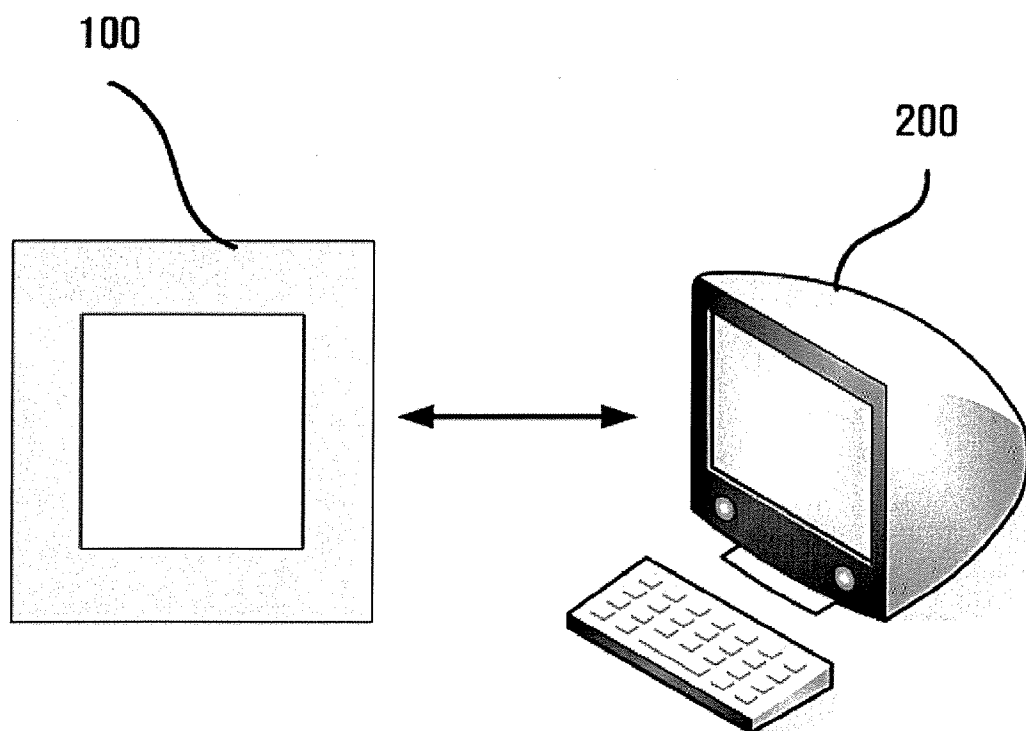
[청구항 17] 제 16항에 있어서,
상기 계산하는 단계는,
상기 계면의 처짐 정도에 기초하여 상기 계면의 전기적 파라미터를 계산하고, 상기 전기적 파라미터에 기초하여, 상기 계면의 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 방법.

[청구항 18] 제 13항에 있어서,
상기 계산하는 단계,
상기 계면의 처짐 정도에 기초하여 상기 계면의 곡률 반경을 계산하고, 상기 계면의 곡률 반경에 기초하여 상기 셀의 중앙에서 소정의 거리만큼 이동된 지점에서의 계면의 높이를 계산하고, 상기 처짐 정도 및 상기 셀의 중앙에서 소정의 거리만큼 이동된 지점에서의 계면의 높이에 기초하여 상기 계면의 정전 용량을 계산하고, 상기 계면의 에너지에서 상기 정전 용량으로 산출된 전기 에너지를 제외하여 구해진 표면 에너지로부터 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 방법.

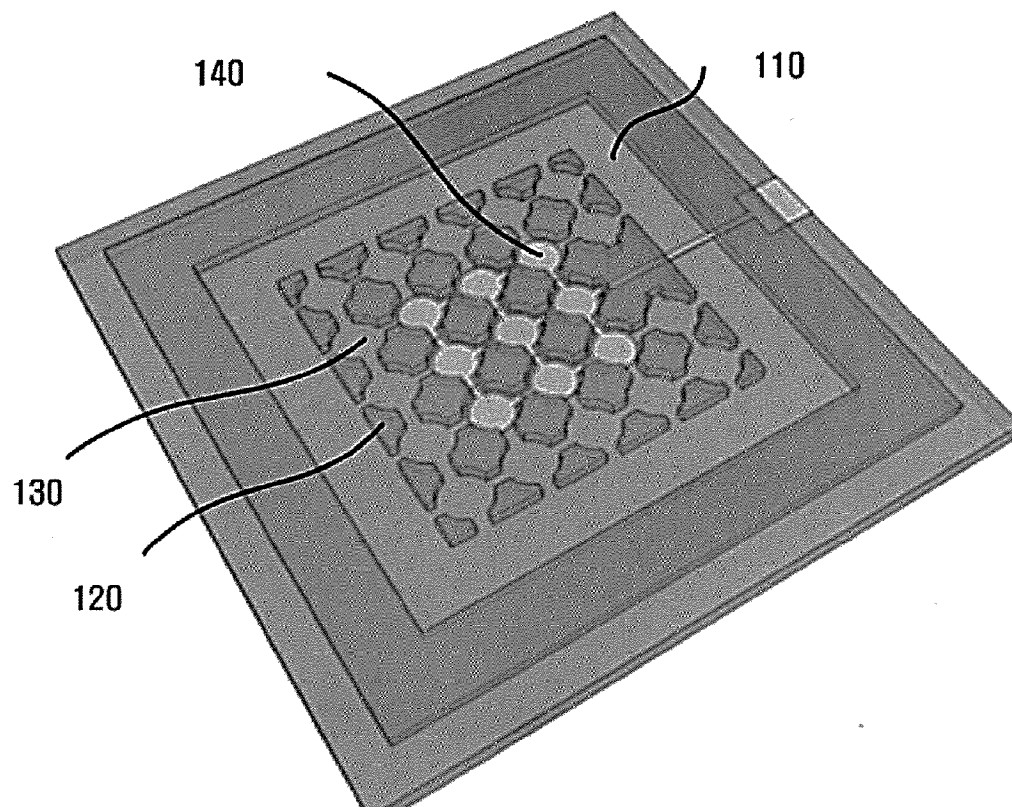
[청구항 19] 제 13항에 있어서,
상기 계산하는 단계,
상기 전극에 인가되는 제 1 전압에 기초한 계면의 처짐 정도, 상기 전극에 인가되는 제 2 전압에 기초한 계면의 처짐 정도 및 상기 제 1 전압인가시의 계면의 에너지 및 상기 제 2 전압인가시의 계면의 에너지 차에 기초하여 표면장력을 산출하는, 표면장력 측정 방법.

[청구항 20] 제 13항에 있어서,
상기 셀 중 적어도 하나의 셀에는 리셉터가 상기 계면에 배치되며,
상기 계산하는 단계는,
상기 전극에 전압 인가시, 상기 리셉터가 배치된 셀의 계면의 처짐 정도에 기초하여, 상기 리셉터에 결합하는 타겟 분자의 존재 여부 및 정도를 판단하는, 표면장력 측정 방법.

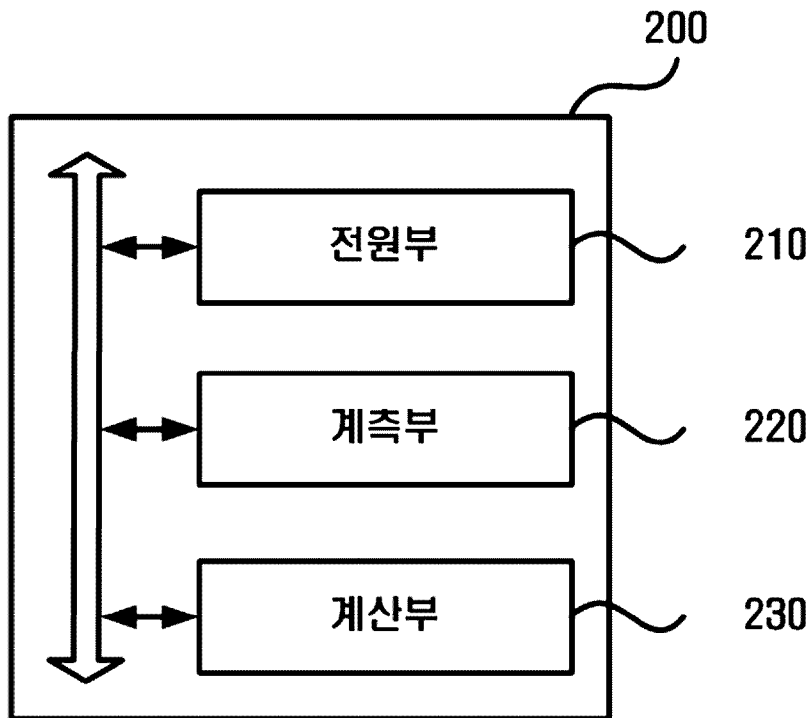
[도1]



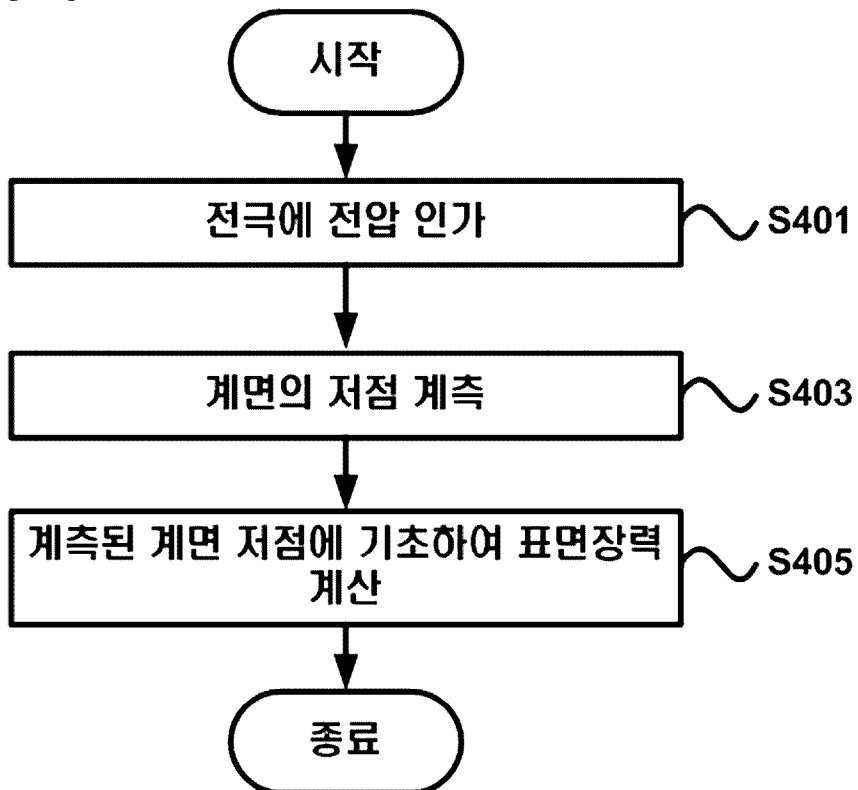
[도2]



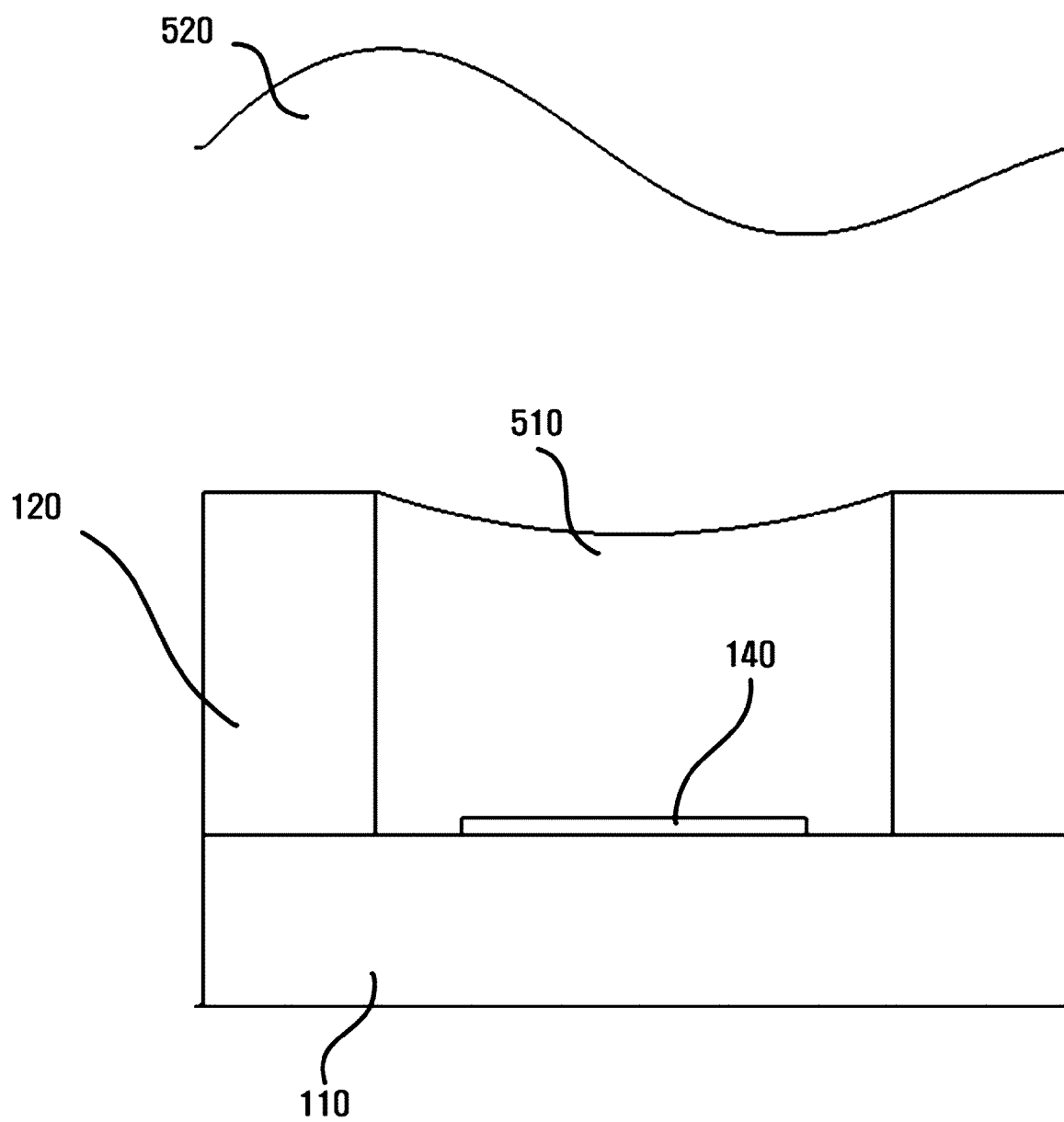
[도3]



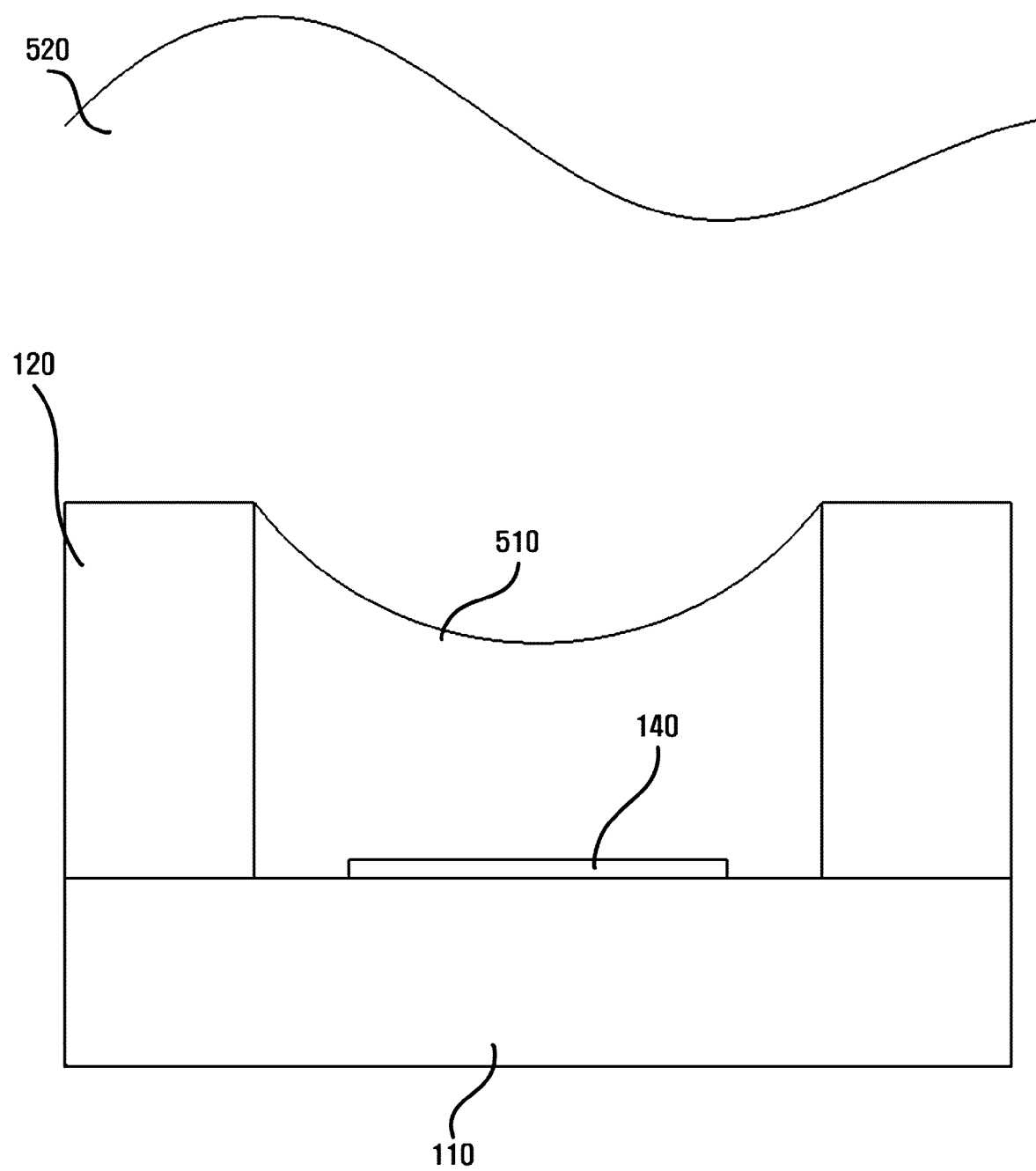
[도4]



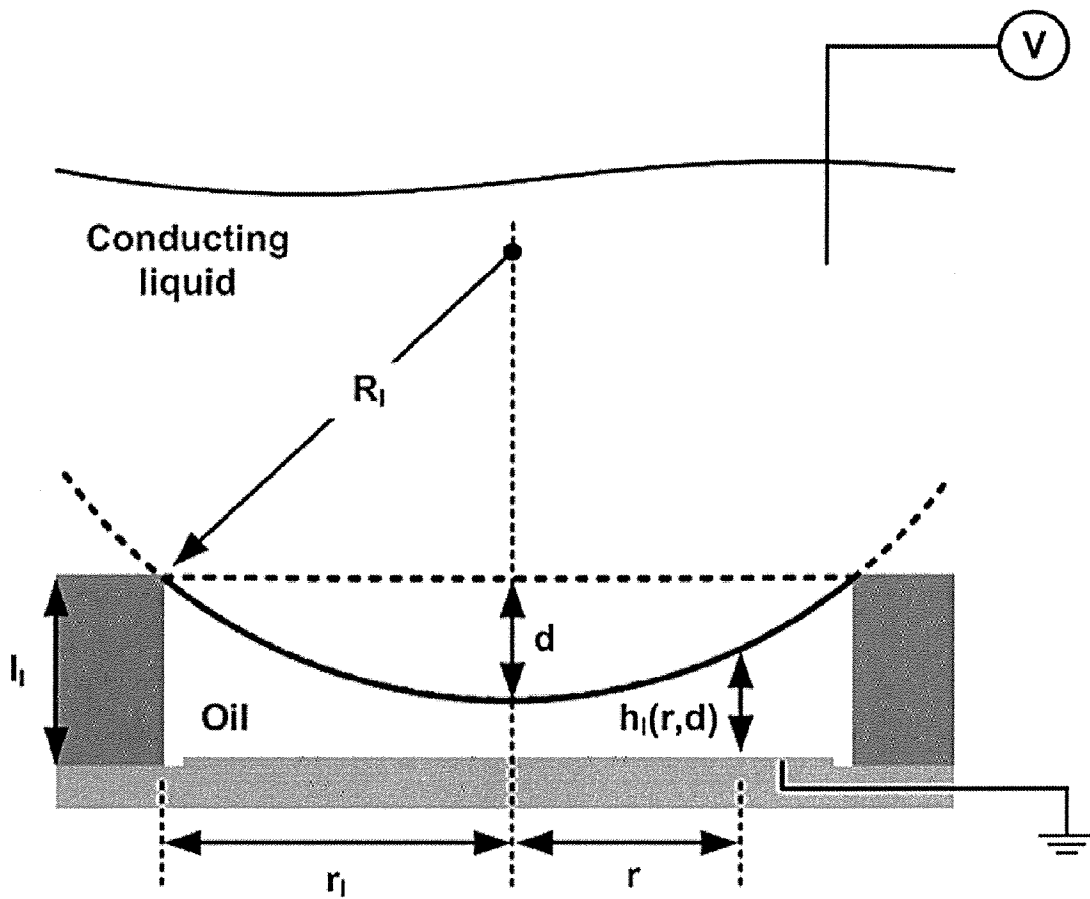
[도5]



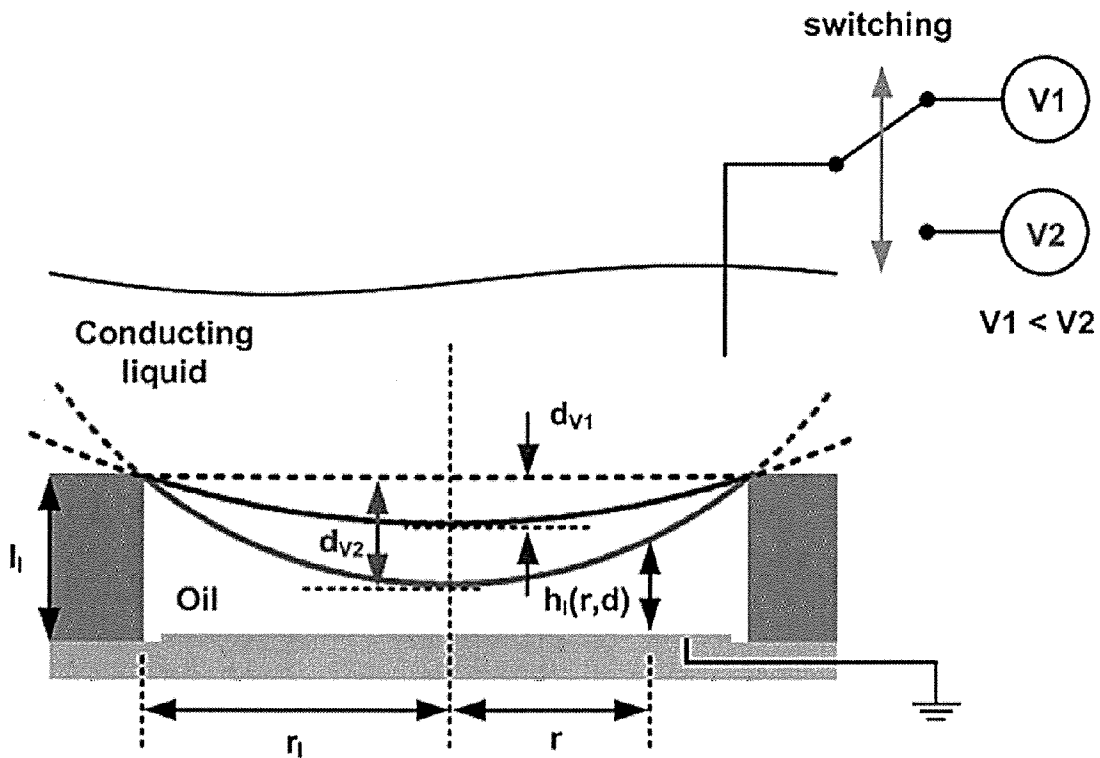
[도6]



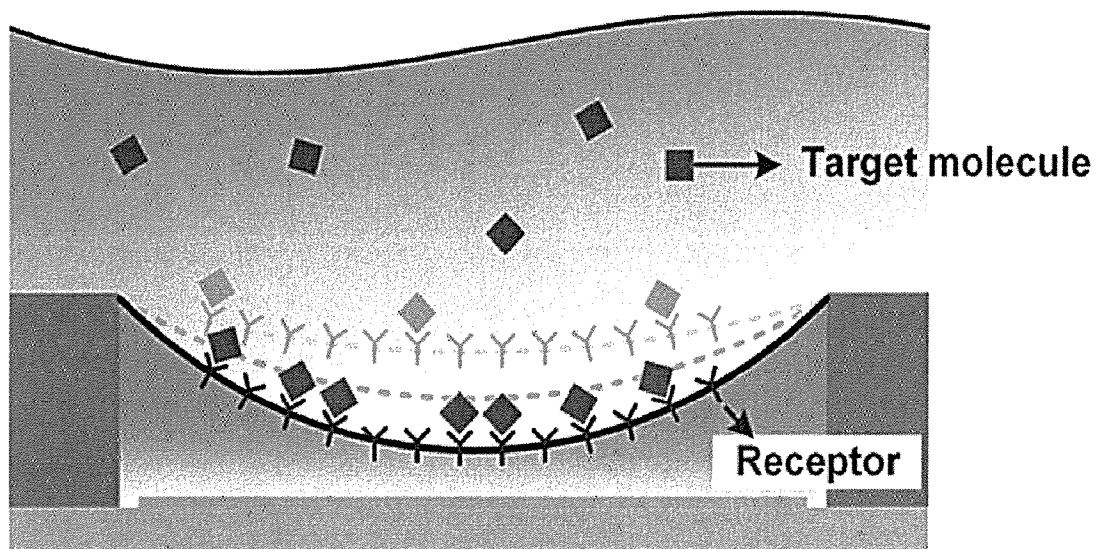
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/008095**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01N 13/02(2006.01)i, G01B 21/16(2006.01)i, G01B 21/08(2006.01)i, G01R 27/26(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 13/02; G02B 26/02; G01N 33/18; G01N 27/22; G01N 1/10; G02B 3/14; G01B 21/16; G01B 21/08; G01R 27/26

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: surface tension, contact angle, electric power source, voltage, calculation, operation and interface

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CHOI, Seungyul et al., "Surface Tension Monitoring in a 'Soft' Interface Using Electrowetting on Dielectric", MEMS, 2014 IEEE 27th, 30 January 2014 See pages 222-225 and figures 1-5.	1-6,8,10-17,19,20
A		7,9,18
Y	VAFAEI, Saeid et al., "The Effect of Nanoparticles on the Liquid-gas Surface Tension of Bi2Te3 Nanofluids", Nanotechnology, 2009, vol. 20, no. 18, 15 April 2009 See pages 1-6.	1-6,8,10-17,19,20
A	KR 10-2013-0078841 A (SNU R&DB FOUNDATION) 10 July 2013 See abstract, claim 1 and figures 1-9.	1-20
A	JP 2010-078603 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.) 08 April 2010 See abstract and claims 1-3.	1-20
A	WO 2008-110560 A1 (VARIOPTIC) 18 September 2008 See abstract, claim 1 and figure 2.	1-20



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

21 NOVEMBER 2016 (21.11.2016)

Date of mailing of the international search report

21 NOVEMBER 2016 (21.11.2016)

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/KR2016/008095

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2013-0078841 A	10/07/2013	KR 10-1312226 B1	26/09/2013
		US 2015-0233810 A1	20/08/2015
		WO 2013-100244 A1	04/07/2013
JP 2010-078603 A	08/04/2010	EP 2165753 A2	24/03/2010
		EP 2165753 A3	07/07/2010
		FR 2936167 A1	26/03/2010
		US 2010-0072078 A1	25/03/2010
WO 2008-110560 A1	18/09/2008	EP 2135119 A1	23/12/2009
		EP 2135119 B1	06/07/2016
		US 2008-0225378 A1	18/09/2008
		US 7791815 B2	07/09/2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01N 13/02(2006.01)i, G01B 21/16(2006.01)i, G01B 21/08(2006.01)i, G01R 27/26(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01N 13/02; G02B 26/02; G01N 33/18; G01N 27/22; G01N 1/10; G02B 3/14; G01B 21/16; G01B 21/08; G01R 27/26

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: 표면장력, 접촉각, 전원, 전압, 계산, 연산 및 계면

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	CHOI, SEUNGYUL et al., `Surface tension monitoring in a "soft" interface using electrowetting on dielectric`, MEMS, 2014 IEEE 27th, 2014.01.30 페이지 222-225 및 도면 1-5 참조.	1-6, 8, 10-17, 19, 20
A		7, 9, 18
Y	VAF AEI, SAEID et al., `The effect of nanoparticles on the liquid-gas surface tension of Bi2Te3 nanofluids`, Nanotechnology, 2009, 20권, 18호, 2009.04.15 페이지 1-6 참조.	1-6, 8, 10-17, 19, 20
A	KR 10-2013-0078841 A (서울대학교산학협력단) 2013.07.10 요약, 청구항 1 및 도면 1-9 참조.	1-20
A	JP 2010-078603 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.) 2010.04.08 요약 및 청구항 1-3 참조.	1-20
A	WO 2008-110560 A1 (VARIOPTIC) 2008.09.18 요약, 청구항 1 및 도면 2 참조.	1-20

☐ 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

2016년 11월 21일 (21.11.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 11월 21일 (21.11.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

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

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이현길

전화번호 +82-42-481-8525



국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

KR 10-2013-0078841 A 2013/07/10

KR 10-1312226 B1 2013/09/26
US 2015-0233810 A1 2015/08/20
WO 2013-100244 A1 2013/07/04

JP 2010-078603 A 2010/04/08

EP 2165753 A2 2010/03/24
EP 2165753 A3 2010/07/07
FR 2936167 A1 2010/03/26
US 2010-0072078 A1 2010/03/25

WO 2008-110560 A1 2008/09/18

EP 2135119 A1 2009/12/23
EP 2135119 B1 2016/07/06
US 2008-0225378 A1 2008/09/18
US 7791815 B2 2010/09/07