

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2023년 6월 15일 (15.06.2023)



(10) 국제공개번호

WO 2023/106900 A1

(51) 국제특허분류:

H01L 25/075 (2006.01)

H01L 27/12 (2006.01)

H01L 33/62 (2010.01)

H01L 33/36 (2010.01)

H01L 33/40 (2010.01)

H01L 23/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2022/020156

(22) 국제출원일:

2022년 12월 12일 (12.12.2022)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

2021-200625

2021년 12월 10일 (10.12.2021) JP

(71) 출원인: 삼성전자 주식회사 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) [KR/KR]; 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 야나기사와사토시 (YANAGISAWA, Satoshi); 〒230-0027 카나가와현 요코하마시 츠루미구 스가사와초 2-7, Kanagawa (JP). 타카기타카시 (TAKAGI, Takashi); 〒230-0027 카나가와현 요코하마시 츠루미구 스가사와초 2-7, Kanagawa (JP). 후지와라츠바사 (FUJIWARA, Tsubasa); 〒230-0027 카나가와현 요코하마시 츠루미구 스가사와초 2-7, Kanagawa (JP). 와다마사

루 (WADA, Masaru); 〒230-0027 카나가와현 요코하마시 츠루미구 스가사와초 2-7, Kanagawa (JP).

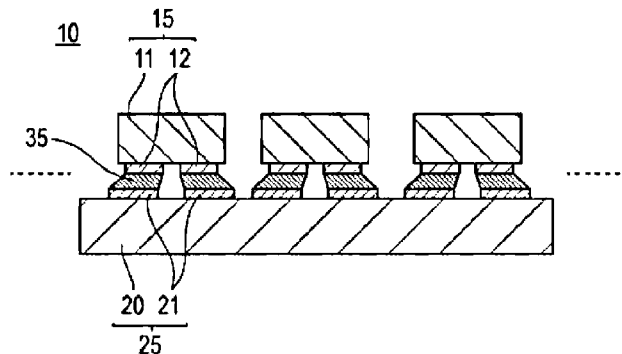
(74) 대리인: 리앤목 특허법인 (Y.P.LEE, MOCK & PARTNERS); 06292 서울특별시 강남구 언주로30길 13 대림아크로텔 12층, Seoul (KR).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

(54) Title: DISPLAY DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING DISPLAY DEVICE

(54) 발명의 명칭: 디스플레이 장치 및 디스플레이 장치의 제조 방법



(57) Abstract: A display device according to an example may include: a micro light-emitting element; at least two element-side electrodes arranged in the micro light-emitting element; a drive substrate to which the micro light-emitting device is connected; at least two drive substrate-side electrodes arranged on the drive substrate; a metal layer for connecting the element-side electrodes and the drive substrate-side electrodes; and a pore part disposed at a portion at which the element-side electrodes and the drive substrate-side electrodes are connected, wherein the pore part has a polygonal cross-sectional shape which is line-symmetric with respect to a center line passing through a center between the neighboring element-side electrodes and a center between the neighboring drive substrate-side electrodes.

(57) 요약서: 일 예시에 따른 디스플레이 장치는 마이크로 발광 소자, 상기 마이크로 발광 소자에 배치된 적어도 2개의 소자측 전극, 상기 마이크로 발광 소자가 연결되는 구동 기판, 상기 구동 기판에 배치된 적어도 2개의 구동 기판측 전극, 상기 소자측 전극과 상기 구동 기판측 전극을 연결하는 금속층 및 상기 소자측 전극과 상기 구동 기판측 전극이 연결된 부분에 배치되는 공극부를 포함하며, 상기 공극부는, 이웃하는 상기 소자측 전극 사이의 중심 및 이웃하는 상기 구동 기판측 전극 사이의 중심을 통과하는 중심선에 대해 선대칭이 되는 다각형의 단면 형상을 구비할 수 있다.

[다음 쪽 계속]



WO 2023/106900 A1

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

공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))
- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

명세서

발명의 명칭: 디스플레이 장치 및 디스플레이 장치의 제조 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 디스플레이 장치 및 디스플레이 장치의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근에 발광 소자로서 마이크로 LED(micro-light emitting diode)에 의한 디스플레이 장치가 각광을 받고 있다. 마이크로 LED를 이용한 디스플레이 장치는, 응답 속도가 빠르고, 저전력으로 고휘도 및 고화질의 영상을 표시할 수 있는 차세대 표시 장치이다.
- [3] 마이크로 LED를 이용한 디스플레이 장치는, 100 μ m 이하의 미세 마이크로 LED 칩을 구동 기판에 연결해야 한다. 마이크로 LED 칩과 구동 기판을 연결하는 종래 기술로서는, 예를 들어, 특허 문헌 1 및 특허 문헌 2가 있다. 특허 문헌 1 및 특허 문헌 2에서는, 마이크로 LED 칩과 구동 기판 중 어느 한쪽에 땀납 범프를 배치하고, 마이크로 LED를 구동 기판을 향하도록 배치한 후, 압력을 인가함과 동시에 가열함으로써 마이크로 LED를 구동 기판에 연결하는 기술을 개시하고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 마이크로 LED와 구동 기판을 연결하기 위해, 마이크로 LED를 구동 기판의 소정의 위치에 배치시켜야 한다. 마이크로 LED를 구동 기판의 소정의 위치에 배치시키는 경우, 마이크로 LED와 구동 기판 사이의 위치가 정렬되지 않을 수 있다. 마이크로 LED는 미세하기 때문에, 약간의 위치 오정렬이 발생해도 디스플레이 장치에서 화질 불량이 발생할 수 있다.
- [5] 종래 기술은, 마이크로 LED를 구동 기판을 향하도록 배치한 후, 압력을 인가함과 동시에 가열하기 때문에, 마이크로 LED가 배치된 시점에서 마이크로 LED와 구동 기판의 위치가 정렬되어 있지 않은 경우, 그대로 가압 및 가열 공정이 진행되어 마이크로 LED의 위치가 어긋난 채로 연결될 수 있다.
- [6] 일 예시에 따른 발명은, 구동 기판 상에서 발광 소자의 위치 오정렬을 감소시킬 수 있는 디스플레이 장치를 제공할 수 있다.
- [7] 또한, 일 예시에 따른 발명은, 구동 기판 상에서 발광 소자의 위치 오정렬을 감소시킬 수 있는 디스플레이 장치의 제조 방법을 제공할 수 있다.

과제 해결 수단

- [8] 일 예시에 따른 디스플레이 장치는, 적어도 2개의 소자측 전극을 포함하는 마이크로 발광 소자;
- [9] 각각의 상기 소자측 전극에 연결되는 적어도 2개의 구동 기판측 전극을 포함하는 구동 기판 및 상기 적어도 2개의 소자측 전극과 상기 적어도 2개의

구동 기관측 전극을 각각 연결하는 적어도 2개의 금속층;을 포함하며, 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 중 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 전극간 거리가 상기 적어도 2개의 소자측 전극 중 이웃하는 상기 소자측 전극의 전극간 거리를 초과하고, 상기 적어도 2개의 금속층 각각은, 상기 적어도 2개의 소자측 전극과 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극을 연결하는 과정에서 압력이 인가되지 않은 무가압 상태에서 가열되어 용융된 후 경화된 금속일 수 있다.

[10] 일 예시에 따른 디스플레이 장치는 마이크로 발광 소자, 상기 마이크로 발광 소자에 배치된 적어도 2개의 소자측 전극, 상기 마이크로 발광 소자가 연결되는 구동 기관, 상기 구동 기관에 배치된 적어도 2개의 구동 기관측 전극, 상기 적어도 2개의 소자측 전극과 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 각각을 연결하는 적어도 2개의 금속층; 및 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 중 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 사이와, 상기 이웃하는 상기 구동 기관측 전극에 각각 연결되며, 상기 적어도 2개의 소자측 전극 중 이웃하는 상기 소자측 전극 사이 영역에 배치되는 공급부;를 포함하며, 상기 공급부는, 이웃하는 상기 소자측 전극 사이의 중심 및 이웃하는 상기 구동 기관측 전극 사이의 중심을 통과하는 중심선에 대해 선대칭이 되는 다각형의 단면 형상을 구비할 수 있다.

[11] 상기 공급부는, 상기 마이크로 발광 소자의 이웃하는 상기 소자측 전극의 사이에 배치되는 상부 바닥, 상기 구동 기관의 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 사이에 배치되는 하부 바닥, 상기 상부 바닥 과 상기 하부 바닥 사이에 배치되는 측부를 포함하는 사다리꼴의 단면 형상을 구비할 수 있다.

[12] 상기 이웃하는 소자측 전극 중 소자측 전극의 크기와 상기 이웃하는 구동 기관측 전극 중 구동 기관측 전극의 크기는 하기 식 (1), 식 (2), 식 (4) 내지 식 (6)식에 따라 결정될 수 있다.

[13] (1) $d < x - (a + c - z)/2$

[14] (2) $y/2 > d$

[15] (4) $z < a + c$

[16] (5) $x < 2a + c - z$

[17] (6) $y < a + c$

[18] (단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,

[19] 상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 전극간 거리를 c로 하고,

[20] 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 전극간 거리를 z로 하고,

[21] 이웃하는 소자측 전극 간의 중심과 이웃하는 기관측 전극 간의 중심의 차이를 d로 함)

[22] 상기 소자측 전극과 상기 구동 기관측 전극 각각의 크기는 하기 식(3) 내지 식 (6)식에 따라 결정될 수 있다.

[23] (3) $\sqrt{x^2 + y^2} < a + c$

- [24] (4) $z < a + c$
- [25] (5) $x < 2a + c - z$
- [26] (6) $y < a + c$
- [27] (단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,
- [28] 상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 전극간 거리를 c로 하고,
- [29] 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 전극간 거리를 z로 함)
- [30] 상기 금속층의 부피(V)는 하기 식 (7)에 따라 결정될 수 있다.
- [31] (7) $0.059 \times a \times b^2 < V < 0.393 \times a \times b^2$
- [32] (단, 식 중, 상기 소자측 전극의 Y방향의 길이를 b로 함)
- [33] 상기 금속층은 SAC 땀납 재료를 포함할 수 있다.
- [34] 상기 소자측 전극은, 상기 마이크로 발광 소자에 인접한 측으로부터 순차적으로 배치되는 전극 금속층, 배리어 메탈층을 구비할 수 있다.
- [35] 상기 배리어 메탈층은 Ni를 포함할 수 있다.
- [36] 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극 중 상기 금속층에 접하는 일 면은 제10족, 제11족의 원소를 포함할 수 있다.
- [37] 다른 예시에 따른 마이크로 발광 소자와 구동 기관이 연결된 디스플레이 장치의 제조 방법에서, 상기 마이크로 발광 소자는 적어도 2개의 소자측 전극을 포함하고, 상기 구동 기관은 적어도 2개의 구동 기관측 전극을 포함하며, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극 중 하나 이상에 금속층을 성막하는 금속층 성막 공정, 상기 구동 기관측 전극과 상기 소자측 전극이 상호 대응되도록, 상기 구동 기관 상에 상기 마이크로 발광 소자를 전사하는 전사 공정; 및 상기 마이크로 발광 소자가 전사된 상기 구동 기관에 별도의 압력을 인가하지 않고 가열하는 무가압 가열 공정을 포함할 수 있다.
- [38] 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 전극간 거리가 이웃하는 상기 소자측 전극의 전극간 거리를 초과할 수 있다.
- [39] 상기 소자측 전극과 상기 구동 기관측 전극 각각의 크기는 하기 식 (1), 식 (2), 식 (4) 내지 식(6)에 따라 결정될 수 있다.
- [40] (1) $d < x - (a + c - z)/2$
- [41] (2) $y/2 > d$
- [42] (4) $z < a + c$
- [43] (5) $x < 2a + c - z$
- [44] (6) $y < a + c$
- [45] (단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,
- [46] 상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 전극간 거리를 c로 하고,
- [47] 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 전극간 거리를

z로 하고,

- [48] 이웃하는 소자측 전극 간의 중심과 이웃하는 기관측 전극 간의 중심의 차이를 d로 함)
- [49] 상기 소자측 전극과 상기 구동 기관측 전극 각각의 크기는 하기 식(3) 내지 식(6)에 따라 결정될 수 있다.
- [50] (3) $\sqrt{x^2 + y^2} < a + c$
- [51] (4) $z < a + c$
- [52] (5) $x < 2a + c - z$
- [53] (6) $y < a + c$
- [54] (단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,
- [55] 상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 전극간 거리를 c로 하고,
- [56] 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 전극간 거리를 z로 함)
- [57] 상기 금속층의 부피(V)는 하기 식 (7)에 따라 결정될 수 있다.
- [58] (7) $0.059 \times a \times b^2 < V < 0.393 \times a \times b^2$
- [59] (단, 식 중, 상기 소자측 전극의 Y방향의 길이를 b로 함)
- [60] 디스플레이 장치의 제조 방법.

발명의 효과

- [61] 일 예시에 따르면, 무가압 가열 공정을 이용하여 발광 소자가 구동 기관에 연결됨에 따라 구동 기관 상에서 발광 소자의 위치 오정렬을 감소시킬 수 있다.
- [62] 또한, 일 예시에 따르면, 구동 기관측 전극 사이의 거리가 소자측 전극 사이의 거리를 초과하도록 배치됨으로써, 구동 기관 상에서 발광 소자의 회전 방향의 오정렬을 감소시킬 수 있다.
- [63] 또한, 일 예시에 따르면, 무가압 방식으로 발광 소자가 구동 기관에 연결될 수 있으므로, 압력을 인가하는 과정에서 발생할 수 있는 발광 소자의 파손을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [64] 도 1은 일 예시에 따른 디스플레이 장치의 개략적인 단면도이다.
- [65] 도 2는 일 예시에 따른 마이크로 LED의 확대 단면도이다.
- [66] 도 3은 일 예시에 따른 소자측 전극 각각의 크기를 설명하기 위한 평면도이다.
- [67] 도 4는 일 예시에 따른 구동 기관측 전극 각각의 크기를 설명하기 위한 평면도이다.
- [68] 도 5는 일 예시에 따른 마이크로 LED가 구동 기관에 이상적인 위치에서 전사된 상태를 나타내는 평면도이다.
- [69] 도 6은 일 예시에 따른 마이크로 LED가 구동 기관에 정렬이 어긋나게 전사된 상태를 나타내는 평면도이다.

- [70] 도 7은 일 예시에 따른 직선적인 시프트량을 설명하기 위한 평면도이다.
- [71] 도 8은 일 예시에 따른 회전 시프트량을 설명하기 위한 평면도이다.
- [72] 도 9는 일 예시에 따른 소자측 전극과 구동 기관측 전극이 연결된 상태를 마이크로 LED 측에서 본 평면도이다.
- [73] 도 10은 일 예시에 따른 소자측 전극 상에 뿔뿔층(뿔뿔 재료)을 성막한 상태를 나타내는 단면도이다.
- [74] 도 11은 일 예시에 따른 무가압 가열(리플로우) 시의 뿔뿔층의 상태를 나타내는 단면도이다.
- [75] 도 12는 일 예시에 따른 무가압 가열(리플로우)한 상태에서 소자측 전극을 확대한 확대 단면도이다.
- [76] 도 13은 일 예시에 따라 자가 정렬 효과가 발현하는 경우, 용융된 뿔뿔층과 구동 기관측 전극의 위치 관계를 설명하기 위한 단면도이다.
- [77] 도 14는 일 예시에 따라 용융된 뿔뿔층의 표면장력을 설명하기 위한 단면도이다.
- [78] 도 15는 일 예시에 따라 소자측 전극과 구동 기관측 전극이 연결된 상태를 설명하기 위한 단면도이다.
- [79] 도 16은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [80] 도 17은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [81] 도 18은 일 예시에 따라 자가 정렬 효과가 발현되지 않을 가능성이 있는 경우, 용융된 뿔뿔층과 구동 기관측 전극의 위치 관계를 설명하기 위한 단면도이다.
- [82] 도 19는 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [83] 도 20은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [84] 도 21 내지 도 24는 일 예시에 따라 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [85] 도 25 내지 도 27은 일 예시에 따라 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [86] 도 28은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [87] 도 29는 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [88] 도 30은 일 예시에 따른 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [89] 도 31은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [90] 도 32는 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한

평면도이다.

[91] 도 33은 일 예시에 따른 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.

[92] 도 34 내지 도 44는 일 예시에 따른 디스플레이 장치의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

[93] 도 45는 일 예시에 따른 마이크로 LED를 구동 기관에 전사한 직후의 상태를 나타내는 평면도이다.

[94] 도 46은 일 예시에 따른 마이크로 LED를 구동 기관에 연결시킨 상태를 나타내는 평면도이다.

[95] 도 47은 테스트 기관을 나타내는 단면도이다.

[96] 도 48은 시프트량의 측정을 설명하기 위한 평면도이다.

[97] 도 49는 일 예시에 따라 양품이 된 마이크로 LED와 구동 기관의 연결 부분을 나타내는 SEM 사진이다.

[98] 도 50은 비교예에 따라 불량품이 된 마이크로 LED와 구동 기관의 연결 부분을 나타내는 SEM 사진이다.

발명의 실시를 위한 형태

[99] 이하, 개시하는 기술의 실시형태를 도면에 기초하여 상세하게 설명한다. 단, 이하의 설명은, 본질적으로 예시에 지나지 않으며, 본 발명, 그 적용물 혹은 그 용도를 제한하는 것은 아니다. [디스플레이 장치]

[100] 도 1은 일 예시에 따른 디스플레이 장치(10)의 개략적인 단면도이다. 도 2는 일 예시에 따른 마이크로 LED의 확대 단면도이다.

[101] 도 1 및 도 2은, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21)을 통과하는 방향을 따라 절단한 단면이다. 환언하면, 후술하는 도 9에서의 A-A선에 따른 단면이다. 후술하는 다른 단면도에서도 동일하다.

[102] 도 1을 참조하면, 일 예시에 따른 디스플레이 장치(10)는 구동 기관(25) 및 구동 기관(25) 상에 연결된 마이크로 발광 소자인 마이크로 LED(15)를 포함할 수 있다. 일 예시에 따르면 도 1에는 3개의 마이크로 LED(15)가 도시되어 있다. 일 예로서, 마이크로 LED(15)는 R(Red), G(Green), B(Blue) 등의 컬러 화소를 각각 구현할 수 있다. 예를 들어, 4K 해상도의 디스플레이 장치(10)는 약 830만 화소를 구비할 수 있으므로, 830만의 3배인 약 2400만개의 마이크로 LED(15)를 포함할 수 있다.

[103] 마이크로 LED(15)는 2개의 전극(소자측 전극(12)이라고 칭함)을 포함할 수 있다. 일 예시에 따른 소자측 전극(12)은, 마이크로 LED(15)에 포함되는 반도체 칩(11) 상에 소정의 간격을 사이에 두고 이격되도록 배치되될 수 있다.

[104] 구동 기관(25)은, 소자측 전극(12)에 대응하는 위치에 2개의 전극(구동 기관측 전극(21)이라고 칭함)을 포함할 수 있다. 일 예시에 따른 구동 기관측 전극(21)은, 예를 들어 유리 재료, 수지 재료, 그 밖의 재료 등을 포함하는 베이스 기관(20)

상에 배선층, 트랜지스터(TFT(Thin-Film Transistor)) 및 절연층 등을 포함할 수 있다.

- [105] 일 예로서, 소자측 전극(12)은 애노드 전극 및 캐소드 전극일 수 있다. 따라서, 1개의 마이크로 LED(15)는 2개의 전극을 구비할 수 있다. 구동 기관측 전극(21)은 2개의 소자측 전극(12)에 대응한 2개의 전극을 포함할 수 있다. 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 소자측 전극(12)은 마이크로 LED(15)의 사양이나 기능에 따라 3개 이상일 수도 있다. 이때, 구동 기관측 전극(21)도 마이크로 LED(15)의 전극에 대응하도록 증가할 수 있다.
- [106] 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)은, 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21) 사이에 개재하는 금속층(35)에 의해 연결될 수 있다. 일 예시에 따른 금속층(35)은, 땀납 재료에 별도의 압력을 인가하지 않은 채 열을 인가하여 용융시킨 후, 경화될 수 있다.
- [107] 도 2를 참조하면, 소자측 전극(12)은 전극 금속층(12a) 및 배리어 메탈층(12b)을 포함할 수 있다. 일 예시에 따른 전극 금속층(12a) 및 배리어 메탈층(12b)은, 예를 들어 제10족, 제11족의 원소를 포함할 수 있다. 예를 들어 전극 금속층(12a) 및 배리어 메탈층(12b)은 Au, Ag, Cu, Al, Pt, Ni, Cr, Ti 및 ITO로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나 이상의 금속 또는 그래핀을 포함할 수 있다. 일 예로서 배리어 메탈층(12b)은 니켈(Ni)을 포함할 수 있다. 배리어 메탈층(12b)이 니켈(Ni)을 포함하는 경우, 가열 공정에서 발생될 수 있는 금속 화합물의 형성에 의한 땀납 침식을 억제함으로써, 자가 정렬 효과(후술)를 확보할 수 있다. 또한, 무가압 가열공정에서 플럭스가 사용되는 경우, 전극과 땀납 사이의 접합성이 향상됨으로써 자가 정렬 효과를 확보할 수 있다.
- [108] 일 예시에 따른 구동 기관측 전극(21)은 상기 소자측 전극(12)과 동일한 금속 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 중 금속층(35)에 접하는 일 면은 제10족, 제11족의 원소를 포함할 수 있다.
- [109] 금속층(35)은, 구동 기관(25)의 내열성을 고려하여, 예를 들어 액화 온도가 280°C 이하인 땀납 재료를 포함할 수 있다. 일 예로서, 땀납 재료는 제10족, 제11족, 제12족, 제13족, 제14족, 제15족의 원소 중 적어도 하나 이상을 포함하는 합금일 수 있다. 예를 들어 땀납 재료는 Sn-Ag-Cu 합금(SAC), Sn-Bi 합금, Sn-Bi-Ag 합금 및 Sn-Ag-Cu-Ni 합금으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나 이상의 합금을 포함할 수 있다.
- [110] 일 예로서, 땀납 재료에 압력을 인가하지 않은 상태에서 가열함으로써, 땀납 재료가 용융되어 액화될 수 있다. 액화된 땀납 재료를 이용하여 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)을 연결할 수 있다. 이때, 액화된 땀납 재료의 표면장력에 의해 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)을 끌어당기는 힘이 작용할 수 있다. 이에 따라 마이크로 LED(15)가 허용 범위 내에서 구동 기관(25)의 정위치에 자가 정렬될 수 있다.
- [111] 이하에서는 마이크로 LED(15)가 구동 기관(25)에 연결된 상태에 대해

설명한다. 본 명세서에서는, 마이크로 LED(15)가 구동 기관측(25)에 연결된 상태의 형상을 완성 형상이라고 칭한다.

- [112] 일 예시에 따르면, 완성 형상에는, 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)이 연결된 부분에 공극부(36)가 배치될 수 있다. 공극부(36)는 서로 이웃도록 배치된 소자측 전극(12) 사이와 서로 이웃하도록 배치된 구동 기관측 전극(21) 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어 공극부(36)는, 제1 소자측 전극(12(12R)), 제1 금속층(35(35R)) 및 제1 구동 기관측 전극(21(21R))과, 제2 소자측 전극(12(12L)), 제2 금속층(35(35L)) 및 제2 구동 기관측 전극(21(21L))에 의해 둘러싸이도록 배치될 수 있다.
- [113] 일 예로서, 공극부(36)는 다각형의 단면 형상을 구비할 수 있다. 예를 들어 다각형은, 이웃하는 소자측 전극(12) 사이의 중심 및 이웃하는 구동 기관측 전극(21) 사이의 중심을 통과하는 중심선(t)을 기준으로 대칭되는 구조를 구비할 수 있다.
- [114] 일 예시에 따른 공극부(36)는, 이웃하는 소자측 전극(12)의 사이에 배치되는 상부 바닥(11a), 이웃하는 구동 기관측 전극(21)의 사이에 배치되는 하부 바닥(20a), 상부 바닥(11a)과 하부 바닥(20a) 사이에 배치되는 측부(35a)로 이루어지는 사다리꼴의 단면 형상을 구비할 수 있다. 여기서 측부(35a)로 형성되는 부분은 금속층(35)의 공극부(36) 측면일 수 있다.
- [115] 일 예시에 따른 완성 형상에서, 구동 기관측 전극(21)은 소자측 전극(12) 보다 크게 형성될 수 있다.
- [116] 도 3은 일 예시에 따른 소자측 전극(12) 각각의 크기를 설명하기 위한 평면도이다. 도 4는 일 예시에 따른 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기를 설명하기 위한 평면도이다.
- [117] 도 3 및 도 4를 참조하면, 일 예시에 따른 2개의 소자측 전극(12) 및 2개의 구동 기관측 전극(21)이 각각 나열되어 있는 일 면과 평행한 방향을 제1 방향(X방향), 제1 방향(X방향)과 직교하면서 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21)이 각각 나열되어 있는 상기 일 면과 평행한 방향을 제2 방향(Y방향)으로 정의한다.
- [118] 도 3에 도시된 바와 같이, 소자측 전극(12) 각각의 크기는, 제1 방향(X방향)의 길이를 a, 제2 방향(Y방향)의 길이를 b, 전극간 거리(X방향으로 이웃하는 소자측 전극(12) 사이의 거리)를 c로 표시할 수 있다. 또한, 마이크로 LED(15)의 칩 내에서의 전극의 위치는 마이크로 LED(15)의 단부로부터 소자측 전극(12)의 단부까지의 거리를 이용하여 표시할 수 있다. 예를 들어 마이크로 LED(15)의 단부로부터 소자측 전극(12)의 단부까지의 X방향의 거리를 L_{sx} 로 표시하고, Y방향의 거리를 L_{sy} 로 표시할 수 있다.
- [119] 도 4에 도시된 바와 같이, 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기는, 제1 방향(X방향)의 길이를 x, 제2 방향(Y방향)의 길이를 y, 전극간 거리(X방향으로 이웃하는 구동 기관측 전극(21) 사이의 거리)를 z로 표시할 수 있다.
- [120] 일 예시에 따르면, 이웃하는 소자측 전극 간의 중심과 이웃하는 기관측 전극

간의 중심의 차이를 d (도 5 및 도 6 참조)로 표시할 수 있다. 제조 공정에서 d 는, 전사 공정을 이용하여 전사된 위치로부터 마이크로 LED(15)가 설계적으로 설정된 위치(이하 "정위치"로 지칭 함)로 이동하는 거리이다. 이하에서는 d 는 시프트량(d)으로 지칭한다. 일 예시에 따라 디스플레이 장치를 완성한 경우, 즉 무가압 가열 공정의 종료 후(디스플레이 장치 완성 후)에도, 이웃하는 소자측 전극 간의 중심과 이웃하는 기판측 전극 간의 중심의 차이는 시프트량(d)을 초과할 수 없다.

[121] 여기서, 전사 공정이란 마이크로 LED(15)를 구동 기판(25) 상에 연결하기 위해 마이크로 LED(15)를 구동 기판(25) 상에 배치하는 공정이며, 무가압 가열 공정이란, 압력을 인가하지 않고 열을 인가하여 구동 기판(25) 상에 배치된 마이크로 LED(15)를 납땜(연결)하는 공정이다.

[122] 도 5는 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)가 구동 기판(25)에 이상적인 위치에서 전사된 상태를 나타내는 평면도이다. 도 6은 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)가 구동 기판(25)에 정렬이 어긋나게 전사된 상태를 나타내는 평면도이다.

[123] 본 명세서에서, 전사 공정에서 소자측 전극간 중심(LP_c)과 구동 기판측 전극간 중심(SP_c)의 거리를 전사 공정 시프트량(LP_c-SP_c)으로 정의한다. 또한, 무가압 가열 공정 이후, 소자측 전극간 중심(LP_c)과 구동 기판측 전극간 중심(SP_c)의 거리를 무가압 가열 공정 시프트량(LP_c-SP_c)으로 정의한다. 제조 공정에서 시프트량(d)은 전사 공정 시프트량(LP_c-SP_c)과 무가압 가열 공정 시프트량(LP_c-SP_c)의 차이이다. 즉, 시프트량(d)은 $d=(\text{전사 공정 시프트량}(LP_c-SP_c))-(\text{무가압 가열 공정 시프트량}(LP_c-SP_c))$ 일 수 있다.

[124] 일 예시에 따른 전사 공정에서 이상적인 정위치는, 소자측 전극간 중심(LP_c)과 구동 기판측 전극간 중심(SP_c)이 완전히 일치하는 위치이다. 따라서, 도 5에 도시된 바와 같이, 이상적인 정위치에서 시프트량 $d=LP_c-SP_c=0$ 이다.

[125] 또한, 일 예시에 따른 전사 공정 시에 마이크로 LED(15)가 정위치(정위치를 $d=0$ 으로 함)로부터 어긋나게 전사된 경우, 도 6에 도시된 바와 같이, 시프트량(d)은 $d>0$, 즉 $d=|LP_c-SP_c|>0$ 일 수 있다.

[126] 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)가 어긋나게 전사되는 경우, 마이크로 LED(15)는 무가압 가열 공정에서, 자가 정렬 효과에 의해 도 5에 도시된 정위치($d=0$)까지 이동하여 연결(납땜) 될 수 있다. 이때, 자가 정렬 효과에 의한 이동량이 시프트량(d)이다.

[127] 다만, 일 예시에 따른 무가압 가열 공정 에서, 마이크로 LED(15)의 최종 연결 위치는 자가 정렬 효과에도 불구하고 이상적인 정위치($d=0$)를 벗어날 수 있다. 따라서, 실제 제조 공정에서, 마이크로 LED(15)의 최종 위치에 허용 오차를 설정할 수 있다. 마이크로 LED(15)가 최종적으로 연결되는 위치의 허용 오차는, 마이크로 LED(15)의 자체의 크기 또는 완성된 제품에 배치되는 개개의 마이크로 LED(15)의 위치의 허용 오차 등에 따라 임의로 설정될 수 있다. 예를 들어

마이크로 LED(15)의 장변의 길이가 $100\mu\text{m}$ 인 칩의 경우, 마이크로 LED(15)의 최종 연결 위치의 허용 범위는 $\text{LPc-SPc}=\pm 1\mu\text{m}$ 미만일 수 있다.

- [128] 일 예시에 따른 시프트량(d)은, 예를 들어 이웃하는 소자측 전극(12) 사이의 중심(소자측 전극간 중심(LPc))과 이웃하는 구동 기관측 전극(21) 사이의 중심(구동 기관측 전극간 중심(SPc))의 거리를 측정함으로써 획득될 수 있다.
- [129] 도 7은 일 예시에 따른 직선적인 시프트량을 설명하기 위한 평면도이다.
- [130] 도 7을 참조하면, 일 예시에 따른 직선적인 시프트량(d)의 방향은 구동 기관측 전극간 중심(SPc)을 통과하여 제1 방향(X방향), 제2 방향(Y방향), 또는 제1 방향(X방향)과 제2 방향(Y방향) 사이의 방향인 XY방향 중 어느 하나이다.
- [131] 도 8은 일 예시에 따른 회전 시프트량을 설명하기 위한 평면도이다.
- [132] 도 8을 참조하면, 일 예시에 따라 이웃하는 구동 기관측 전극(21)의 중심(Lc) 사이를 연결하는 선(SL), 소자측 전극(12)의 중심(Lc) 사이를 연결하는 선(LL)이 표시될 수 있다. 일 예시에 따른 회전 시프트량은, 선(SL)에 대해 선(LL)이 기울어져 마이크로 LED(15)가 배치된 경우에 마이크로 LED(15)가 회전하여 정위치로 되돌아가는 회전량일 수 있다.
- [133] 일 예시에 따른 회전 시프트량 또한, 시프트량(d)과 같이 이웃하는 구동 기관측 전극(21) 사이의 중심(SPc)과 이웃하는 소자측 전극(12) 사이의 중심(LPc)의 거리(LPc-SPc)로 표시할 수 있다. 일 예로서, 회전 시프트량에서도 이상적인 정위치는 $d=0$ 일 수 있다. 또한, 회전 시프트량에서도 마이크로 LED(15)가 최종적으로 연결되는 위치의 허용 오차를 설정할 수 있다. 예를 들어 회전 시프트량에서의 최종 접속 위치의 허용 오차는 $\text{LPc-SPc}=\pm 1\mu\text{m}$ 미만일 수 있다. 또한, 일 예시에 따른 회전 시프트량은 회전 각도로 표시할 수도 있다. 일 예로서, 회전 각도는 선(LL)과 선(SL) 사이에 형성되는 각도로 측정될 수 있다.
- [134] 도 9는 일 예시에 따른 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)이 연결된 상태를 마이크로 LED(15) 측에서 본 평면도이다.
- [135] 도 9를 참조하면, 일 예시에 따른 이웃하는 구동 기관측 전극(21)의 전극간 거리(z)가 이웃하는 소자측 전극(12)의 전극간 거리(c)를 초과할 수 있다. 일 예로서 전극의 배치는 하기의 배치 조건에 따라 이루어질 수 있다. 이때, 마이크로 LED(15)의 최대 길이(w)는 $100\mu\text{m}$ 이하일 수 있다.
- [136] 전극의 배치 조건은
- [137] (a) 소자측 전극(12)의 중심(Lc)이 구동 기관측 전극(21)에 접치는 영역 내에 있을 것,
- [138] (b) 구동 기관측 전극(21)의 중심(Sc)이 소자측 전극(12)에 접치는 영역 내에 있을 것,
- [139] (c) 시프트량(d)은 소자측 전극(12)의 중심(Lc)이 구동 기관측 전극(21)에 접치는 영역 내에서 결정될 것,
- [140] (d) 한쪽의 소자측 전극(12)의 중심(Lc)이 구동 기관측 전극(21)의 y방향의 단부에 있을 때, 다른 쪽의 소자측 전극(12)의 중심(Lc)은 구동 기관측 전극(21)에

접치는 영역에 있을 것,

[141] (e) 전극 중심에서 회전이 일어날 때 다른 쪽의 전극이 이격되어 있을 것이다.

[142] 나아가, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기는 하기 식 (1) 내지 식 (6)에 따라 결정될 수 있다.

[143] (1) $d < x - (a + c - z)/2$: 시프트량(d)으로서 허용할 수 있는 제1 방향 최소 길이,

[144] (2) $y/2 > d$: 시프트량(d)으로서 허용할 수 있는 제2 방향 최소 길이,

[145] (3) $\sqrt{x^2 + y^2} < a + c$: 회전 가능각을 최대로 하는 x 및 y의 제한,

[146] (4) $z < a + c$: 최대 전극간 갭,

[147] (5) $x < 2a + c - z$: 제1 방향의 최대 길이,

[148] (6) $y < a + c$: 회전 가능각을 최대로 하는 제2 방향 최대 길이.

[149] (소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21)이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,

[150] 소자측 전극(12)의 X방향의 길이를 a, Y방향의 길이를 b, 소자측 전극(12)간 거리를 c로 하고,

[151] 구동 기관측 전극(21)의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 구동 기관측 전극(21)간 거리를 z로 하고,

[152] 이웃하는 소자측 전극(12) 간의 중심과 이웃하는 기관측 전극(21) 간의 중심의 차이를 d로 함)

[153] 상술한 식(1) 내지 식 (6)은 도 16 내지 도 33을 참조하여 후술한다.

[154] 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기는 상기 각 식의 전부를 만족할 필요는 없다. 예를 들어, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기는 적어도 식 (1), 식 (2), 식 (4), 식 (5) 및 식 (6)에 따라 결정될 수 있으며, 이에 따라 마이크로 LED(15)의 회전 방향에 따른 오정렬이 발생하는 경우, 자가 정렬 효과가 용이하게 발생됨으로써 회전 방향에 따른 오정렬에 의한 불량을 감소시킬 수 있다. 또한, 예를 들어, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기는 적어도 식 (3) 내지 식 (6)에 따라 결정될 수 있다. 이에 따라, 직선 방향에 따른 오정렬(X, Y 및 XY방향)이 발생하는 경우, 자가 정렬 효과가 용이하게 발생됨으로써 직선 방향에 따른 오정렬에 의한 불량을 감소시킬 수 있다.

[155] 또한 일 예시에 따르면, 식(1) 내지 식(6) 각각에 상황에 따른 가중치를 설정할 수도 있다. 예를 들어 식(1) 및 식(2)는 직선 방향에 따른 오정렬에 적용할 수 있다. 또한, 식 (3)은 회전 방향에 따른 오정렬에 적용할 수 있다. 일 예로서, 디스플레이 장치의 제조 공정에서, 직선 방향의 오정렬이 회전 방향의 오정렬보다 많이 발생할 수 있다. 이 경우, 가중치는 첫째 식(1) 및 식(2), 둘째 식(3), 셋째 식(4) 내지 식(6)식의 순으로 설정될 수 있다.

[156] 도 10은 일 예시에 따른 소자측 전극(12) 상에 땀납층(땀납 재료)을 성막한 상태를 나타내는 단면도이다. 도 11은 일 예시에 따른 무가압 가열(리플로우)

시의 땀납층의 상태를 나타내는 단면도이며, 도 12는 일 예시에 따른 무가압 가열(리플로우)한 상태에서 소자측 전극(12)을 확대한 확대 단면도이다.

- [157] 일 예시에 따른 땀납층(31)은 소자측 전극(12) 상에, 예를 들어 땀납 범프 등으로서 성막될 수 있다. 일 예로서, 땀납층(31)은, 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21) 사이에 배치되어 무가압 가열 공정에 의해 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)을 연결한 후, 경화됨으로써 금속층(35)으로 형성될 수 있다.
- [158] 도 10을 참조하면, 일 예시에 따라 소자측 전극(12) 상에 성막된 단계에서 땀납층(31)의 표면은 거의 평탄한 형상일 수 있다.
- [159] 땀납층(31)은, 무가압 가열에 의해 도 11에 도시된 바와 같이 전극 상에서 θ 의 각도를 구비하는 액적 형상으로 형성될 수 있다. 액적 형상의 땀납층(31)은, 도 12에 도시된 바와 같이 소자측 전극(12)상에서 대략 반원 형상(Cir/2)의 단면을 구비할 수 있다. 반원 형상(Cir/2)의 단면은, 소자측 전극(12)의 중심(Ec)을 중점으로 하는 원(Cir)의 일부일 수 있다. 일 예시에 따라 액적 형상의 땀납층(31)의 높이는 h로 표시할 수 있다.
- [160] 3차원 입체 형상의 경우, 소자측 전극(12)의 중심(Ec)을 중점으로 하는 구체의 일부로서, 소자측 전극(12) 상에서 거의 반구 형상일 수 있다. 도 11에 표시된 각도 θ 는, 소자측 전극(12)의 표면의 일 단부에서 액적의 표면에 접하는 접선과 소자측 전극(12)의 표면이 이루는 각이다.
- [161] 일 예시에 따른 땀납층(31)의 부피(V)는, 용융 후 경화된 상태에서 소자측 전극(12)의 제1 방향의 길이(a)와 제2 방향의 길이(b)로부터 하기 식(7)에 따라 결정될 수 있다.
- [162]
$$(7) 0.059 \times a \times b^2 < V < 0.393 \times a \times b^2$$
- [163] 일 예시에 따른 땀납 부피(V)를 획득하기 위해, 소자측 전극(12)에 성막하였을 때, 땀납층(31)의 높이(h0)(막두께라고도 함)는 하기 식(8)에 따라 결정될 수 있다. 또한, 용융 상태의 땀납층(31)의 각도 θ 는 $20^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 일 수 있다.
- [164]
$$(8) h_0 = b / 4 \times (\theta - \cos \theta \sin \theta) / (\sin \theta)^2$$
- [165] 일 예시에 따른 땀납층(31)에 포함된 물질의 성질은 무가압 가열 전후로 크게 변화하지 않는다. 따라서, 땀납층(31)의 부피(V)는, 무가압 가열 전, 즉 소자측 전극(12) 상에 성막한 시점에서의 부피 및, 무가압 가열에 의한 용융 후 경화된 상태의 부피와 동일하다고 간주할 수 있다. 용융 상태의 땀납층(31)이 이루는 각(θ)은 $20^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 일 수 있다. 이 경우 땀납층(31)의 높이(h0)는 하기 식(9)식에 따라 결정될 수 있다.
- [166]
$$(9) 0.059 \times b < h_0 < 0.393 \times b$$
- [167] 일 예시에 따라, 땀납층(31)의 부피(V)가 상기 식(7)에 따라 결정됨으로써, 마이크로 LED(15)를 연결하는 경우, 전극으로부터 땀납 재료가 밀려나와 전극끼리 단락되는 확률을 감소시킬 수 있다. 또한, 용융 상태의 땀납층(31)의 각도 θ 는 $20^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 일 수 있다. θ 가 상술한 범위 내에 유지됨으로써, 마이크로

LED(15)를 연결하는 경우, 전극으로부터 땀납 재료가 밀려나와 전극끼리 단락되는 확률을 감소시킬 수 있다.

[168] [자가 정렬 효과]

[169] 도 13은 일 예시에 따라 자가정렬 효과가 발현하는 경우, 용융된 땀납층(31)과 구동 기관측 전극(21)의 위치 관계를 설명하기 위한 단면도이다. 도 14는 일 예시에 따라 용융된 땀납층(31)의 표면장력(F)을 설명하기 위한 단면도이다. 도 15는 일 예시에 따라 소자측 전극과 구동 기관측 전극이 연결된 상태를 설명하기 위한 단면도이다.

[170] 일 예시에 따르면, 용융된 땀납층(31)은 상술한 바와 같이 반원의 단면 형상을 구비할 수 있다. 예를 들어 반원의 정점 부분은 소자측 전극(12)의 중심(Lc)의 위치와 일치할 수 있다. 도 13에 도시된 바와 같이, 소자측 전극(12)의 중심(Lc)이 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치되는 경우, 땀납층(31)의 정점 또한 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 이에 따라, 용융된 땀납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 접촉할 수 있다.

[171] 일 예시에 따라, 구동 기관측 전극(21)과 접촉한 용융된 땀납층(31)은, 도 14에 도시된 바와 같이 구동 기관측 전극(21)의 표면에 유동하여 배치될 수 있다. 이때, 용융된 땀납층(31)에는 표면장력(F)이 작용할 수 있다. 상술한 표면장력(F)은 수평 성분(Fx) 및 수직 성분(Fy)으로 나눌 수 있다.

[172] 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)가, 전사 공정에서 정위치와 정렬되지 않은 위치에 배치되는 경우, 마이크로 LED(15)는 표면장력(F)의 수평 성분(Fx)에 의해 정위치 방향으로 이동할 수 있다. 도 13 내지 도 15를 참조하면, 일 예시에 따른 소자측 전극(12)의 중심(Lc)은 구동 기관측 전극(21)의 중심(Sc) 방향으로 이동할 수 있다. 즉, 도 13에 도시된 바와 같이 정위치와 정렬되지 않은 위치에 배치된 마이크로 LED(15)는 용융된 땀납층(31)의 표면장력(F)에 의해 도 15에 도시된 바와 같이 정위치로 이동할 수 있다. 일 예시에 따라 마이크로 LED(15)가 정위치로 이동하는 경우, 표면장력(F)의 수평 성분(Fx)은 균형 상태에 도달하며, 이에 따라 마이크로 LED(15)의 위치가 고정될 수 있다. 즉, 마이크로 LED(15)는 자가 정렬될 수 있다.

[173] 일 예시에 따른 땀납층(31)의 두께가 두꺼울수록 용융되는 땀납층(31)의 양이 증가하므로, 표면장력이 커져 자가 정렬의 효과를 확보하기 용이할 수 있다. 다만, 땀납층(31)의 양이 과다한 경우, 여분의 땀납층(31)이 구동 기관측 전극(21)의 외부로 밀려나올 수 있다. 따라서, 상술한 바와 같이 땀납층(31)의 부피(V)는 식 (7)에 따라 결정하고, 땀납층(31)의 높이(h0)는 식 (8) 또는 식 (9)에 따라 결정할 수 있다.

[174] 도 16은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.

[175] 도 16을 참조하면, $d < x - (a + c - z)/2$ 을 만족하는 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (1)에 따라 결정될 수 있다. 따라서, 제1

방향(X방향)에서, 용융된 뿔납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측 전극(21)과 접촉할 수 있으며, 유동하여 배치될 수 있다. 이에 따라, 자가 정렬 효과가 발생되어 마이크로 LED(15)는 제1 방향(X방향)에서의 정위치로 이동할 수 있다.

[176] 도 17은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.

[177] 도 17을 참조하면, $y/2 > d$ 을 만족하는 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (2)에 따라 결정될 수 있다. 따라서, 제2 방향(Y방향)에서, 용융된 뿔납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측 전극(21)과 접촉할 수 있으며, 유동하여 배치될 수 있다. 이에 따라, 마이크로 LED(15)는 자가 정렬 효과가 발생되어 제2 방향(Y방향)에서의 정위치로 이동할 수 있다.

[178] 도 18은 일 예시에 따라 자가 정렬 효과가 발생되지 않을 가능성이 있는 경우, 용융된 뿔납층(31)과 구동 기관측 전극(21)의 위치 관계를 설명하기 위한 단면도이다.

[179] 일 예시에 따라 용융된 뿔납층(31)은 전술한 바와 같이 반원 형상을 구비할 수 있다. 일 예로서, 반원의 정점 부분은 소자측 전극(12)의 중심(L_c)의 위치와 일치할 수 있다. 도 18에 도시된 바와 같이, 소자측 전극(12)의 중심(L_c)이 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역의 외부 영역에 배치되는 경우, 뿔납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 중첩되지 않는 영역에 배치될 수 있다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 접촉하지 않을 수 있다. 예를 들어, 뿔납층(31)의 높이가 소정의 범위 미만인 경우, 용융된 뿔납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 접촉하지 않을 수 있다. 이 경우, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측 전극(21)으로 유동하여 배치될 수 없다. 따라서, 도 18과 같은 상태에서는 자가 정렬 효과가 발생될 수 없다.

[180] 도 19는 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.

[181] 도 19를 참조하면, $d > x - (a + c - z)/2$ 를 만족하는 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (1)에 따라 결정될 수 없다. 따라서, 제1 방향(X방향)에서, 용융된 뿔납층(31)의 정점은 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 없다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측 전극(21)과 접촉하지 않으므로, 유동하여 배치될 수 없다. 이에 따라, 도 19와 같은 상태에서 자가 정렬 효과가 발생되지 않기 때문에, 마이크로 LED(15)는 제1 방향(X방향)에서의 정위치로 이동할 수 없다. 일 예로서 상술한 상태는, 예를 들어 전사 공정에서 마이크로 LED의 전사 위치의 오정렬이 소정의 범위를 벗어난 경우 발생할 수 있다.

[182] 도 20은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬을 설명하기 위한 평면도이다.

[183] 도 20을 참조하면, $y/2 < d$ 를 만족하는 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측

전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (2)에 따라 결정될 수 없다. 따라서, 제2 방향(Y방향)에서, 용융된 뿔납층(31)의 정점이 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 없다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측 전극(21)과 접촉하지 않으므로, 유동하여 배치될 수 없다. 이에 따라, 도 20과 같은 상태에서 자가 정렬 효과가 발현되지 않기 때문에, 마이크로 LED(15)는 제2 방향(Y방향)에서의 정위치로 이동할 수 없다. 일 예로서 상술한 상태는, 예를 들어 전사 공정에서 마이크로 LED의 전사 위치의 오정렬이 소정의 범위를 벗어난 경우 발생할 수 있다.

- [184] 도 21 내지 도 24는 일 예시에 따라 회전 오정렬 상태에서 자가정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [185] 도 21 내지 도 24를 참조하면, 화살표 F는 마이크로 LED(15)에 작용하는 힘의 방향을 나타내며, 화살표 F_s 는 뿔납층(31)이 유동하여 배치됨에 따라 작용하는 힘의 방향을 나타내며, 화살표 F_r 은 회전하는 힘의 방향을 표시한다.
- [186] 일 예시에 따른 전사 공정에서, 마이크로 LED(15)는, 도 21에 도시된 바와 같이 구동 기관(25)에 대해 비스듬하게 오정렬 상태로 전사될 수 있다.
- [187] 일 예시에 따라, 구동 기관측 전극(21)의 제1 방향(X방향)의 길이 x 와 제2 방향(Y방향)의 길이 y 가 $\sqrt{x^2 + y^2} < a + c$ (단, $y > x$ 를 전제로 함)를 만족하는 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 식 (3)에 따라 결정될 수 있다.
- [188] 일 예로서, 마이크로 LED(15)에는, 뿔납층(31)이 유동하여 배치됨에 따라 생성되는 F_s 방향의 힘과 용융된 뿔납층(31)의 표면장력에 의해 생성되는 F방향의 힘이 작용한다. 이에 따라, 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)는, 도 21에 도시된 바와 같이, 뿔납층(31)이 접촉하고 있는 구동 기관측 전극(21L)의 중심(L_c)을 향하여 이동할 수 있다.
- [189] 다음으로, 마이크로 LED(15)에는 F_r 방향의 힘이 작용하여 도 22에 도시된 바와 같이 시계방향으로 회전할 수 있다.
- [190] 마이크로 LED(15)가 회전함에 따라, 도 23에 도시된 바와 같이, 이웃하는 소자측 전극(12)이 나열되는 방향은 이웃하는 구동 기관측 전극(21)이 나열되는 방향과 평행하게 배열될 수 있다.
- [191] 다음으로, 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)는, 도 24에 도시된 바와 같이 2개의 구동 기관측 전극(21)에 대응하는 2개의 소자측 전극(12)이 중첩되는 정위치까지 이동할 수 있다. 이때, 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)의 사이에는, 유동하도록 배치된 뿔납층(31)에 의해 도 24에 도시된 바와 같이 서로 반대방향 F_s 의 힘이 작용한다. 이에 따라, 마이크로 LED(15)의 회전이 정지될 수 있으며, 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)은 정위치에서 연결될 수 있다.
- [192] 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 실제 제조 공정에서, F방향, F_s 방향 및 F_r 방향 등의 힘은 복합적으로 작용하는 것으로서, 상술한 순서로 작용하지

않을 수 있다. 일 예로서, 실제 제조 공정이 진행되는 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이가 식 (3)식을 만족함으로써 자가 정렬 효과가 발현될 수 있으며, 이에 따라 마이크로 LED(15)는 도 24에 도시된 위치로 정렬될 수 있다.

- [193] 도 25 내지 도 27은 일 예시에 따라 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [194] 도 25 내지 도 27를 참조하면, 화살표 F는 마이크로 LED(15)에 작용하는 힘의 방향을 나타내며, 화살표 F_s 는 뿔납층(31)이 유동하여 배치됨에 따라 작용하는 힘의 방향을 나타내며, 화살표 F_r 은 회전하는 힘의 방향을 표시한다.
- [195] 일 예시에 따른 전사 공정에서, 마이크로 LED(15)는, 도 25에 도시된 바와 같이 구동 기관(25)에 대해 비스듬하게 오정렬 상태로 전사될 수 있다. 이 경우, 마이크로 LED(15)에는 F방향의 힘이 작용한다. 또한, 마이크로 LED(15)에는 뿔납층(31)이 유동하여 배치됨으로써 F_s 방향의 힘도 작용할 수 있다.
- [196] 이 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 구동 기관측 전극(21)의 제1 방향(X방향)의 길이 x 와 제2 방향(Y방향)의 길이 y 가 $x > y$ 상태이며, 이에 따라 식 (3)을 만족하지 않는다. 이에 따라, 마이크로 LED(15)는, 도 25 및 도 26에 도시된 바와 같이 회전 방향 F_r 의 힘이 작용하여 반시계방향으로 회전할 수 있다.
- [197] 마이크로 LED(15)이 반시계 방향으로 회전함에 따라, 도 27에 도시된 바와 같이, 이웃하는 소자측 전극(12)이 나열되는 방향은 제2 방향(y 방향)에 평행하도록 정렬 되고, 이웃하는 구동 기관측 전극(21)에 연결될 수 없다.
- [198] 도 28은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [199] 도 28를 참조하면, $z < a+c$ 의 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (4)에 따라 결정될 수 있다. 이때, 소자측 전극(12)의 중심(L_c)은 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 이에 따라, 제1 방향(X방향)에서, 용융된 뿔납층(31)의 정점이 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측 전극(21)과 접촉할 수 있으며, 이에 따라 유동함으로써 배치될 수 있다. 이에 따라, 자가 정렬 효과가 발현될 수 있으며, 마이크로 LED(15)는 제1 방향(X방향)에서의 정위치로 이동할 수 있다.
- [200] 도 29는 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [201] 도 29를 참조하면, $x < 2a+c-z$ 의 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (5)에 따라 결정될 수 있다. 이때, 구동 기관측 전극(21)의 중심(S_c)은 소자측 전극(12)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 이에 따라, 제1 방향(X방향)에서, 용융된 뿔납층(31)의 정점이 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 따라서, 용융된 뿔납층(31)은 구동 기관측

전극(21)과 접촉할 수 있으며, 이에 따라 유동함으로써 배치될 수 있다. 이에 따라, 자가 정렬 효과가 발현될 수 있으며, 마이크로 LED(15)는 제1 방향(X방향)에서의 정위치로 이동할 수 있다.

- [202] 도 30은 일 예시에 따른 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [203] 도 30을 참조하면, $y < a+c$ 의 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (6)에 따라 결정될 수 있다. 이때, 소자측 전극(12)의 한쪽의 전극 중심(LcR)은 구동 기관측 전극(21)와 중첩되지 않는 영역에 배치될 수 있다. 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이가 식 (6)에 따라 결정됨에 따라, 자가 정렬 효과가 발현됨으로써 마이크로 LED(15)는 회전하여 정위치로 이동할 수 있다.
- [204] 도 31은 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [205] 도 31을 참조하면, $z > a+c$ 의 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (4)에 따라 결정되지 않을 수 있다. 이때, 소자측 전극(12)의 중심(Lc)은 구동 기관측 전극(21)과 중첩되지 않는 영역에 배치될 수 있다. 따라서, 자가 정렬 효과가 발현되지 않을 수 있으며, 마이크로 LED(15)는 제1 방향(X방향)의 정위치로 이동하지 않을 수 있다.
- [206] 도 32는 일 예시에 따른 직선적인 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [207] 도 32를 참조하면, $z+x > 2a+c$ 의 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (5)에 따라 결정되지 않을 수 있다. 이때, 구동 기관측 전극(21)의 중심(Sc)은 소자측 전극(12)과 중첩되지 않는 영역에 배치될 수 있다. 이에 따라, 자가 정렬 효과가 발현되지 않을 수 있으며, 마이크로 LED(15)는 제1 방향(X방향)의 정위치로 이동하지 않을 수 있다.
- [208] 도 33은 일 예시에 따른 회전 오정렬 상태에서 자가 정렬을 설명하기 위한 평면도이다.
- [209] 도 33을 참조하면, $y > a+c$ 의 경우, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 각각의 길이는 상술한 식 (6)에 따라 결정되지 않을 수 있다. 이때, 소자측 전극(12)의 양쪽의 전극 중심(Lc)이 대응하는 양쪽의 구동 기관측 전극(21)과 중첩되는 영역에 배치될 수 있다. 이에 따라, 회전에 의한 자기정렬 효과가 발현되지 않을 수 있으며, 마이크로 LED(15)는 정위치로 이동하지 않을 수 있다.
- [210] 일 예시에 따르면, 마이크로 LED(15)는 자가 정렬 효과에 의해 구동 기관(25) 상에 효율적으로 정렬될 수 있다. 더불어, 일 예시에 따르면, 마이크로 LED(15)의 소자측 전극(12)의 배치 및, 소자측 전극(12)의 크기를 고려하여 구동 기관측 전극(21)을 설계함으로써, 마이크로 LED(15)가 구동 기관(25)에 연결되는 경우 발생할 수 있는 오정렬 상태에서도 자가 정렬 효과에 의해 소정의 위치에 정렬시킬 수 있다(또는 소정의 위치에 대한 소정의 범위 내에 정렬시킨 마이크로

LED(15)의 수를 증가시킬 수 있다).

[211] [디스플레이 장치(10)의 제조 방법]

[212] 이하에서는, 디스플레이 장치(10)의 제조 방법에 대해 설명한다.

[213] 도 34 내지 도 44는 일 예시에 따른 디스플레이 장치(10)의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

[214] (마이크로 LED 제조 공정)

[215] 도 34를 참조하면, 일 예시에 따른 디스플레이 장치(10)의 제조 방법은, 사파이어 기판(101)상에 마이크로 LED(15)(발광 소자)가 되는 반도체층(102)이 형성되는 단계를 포함할 수 있다. 일 예로서, 반도체층(102)은 LED로서 소정 파장의 광을 발광할 수 있다. 반도체층(102)은 사파이어 기판(101)에 성장시킨 GaN계 반도체 등일 수 있다. 일 예로서, 현 단계에서, 반도체층(102)은 개별적인 마이크로 LED(15)의 형태로 분할되어 있지 않다. 일 예시에 따르면, 사파이어 기판(101)과 반도체층(102)을 합하여 초기 기판(100)으로 칭할 수 있다. 사파이어 기판(101)은, 예를 들어 4인치 크기의 웨이퍼일 수 있다. 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 사파이어 기판(101)의 웨이퍼 사이즈는 4인치에 한정되지 않는다.

[216] 반도체층(102) 상에는, 분할 후의 각 마이크로 LED(15)에 대응하는 위치에 전극이 배치될 수 있다.

[217] 다음으로, 도 35를 참조하면, 초기 기판(100)의 소자측 전극(12)이 형성된 면에 전사용 수지층(111)을 이용하여 중계 기판(112)이 배치될 수 있다. 일 예로서, 중계 기판(112)의 일 면에 전사용 수지층(111)이 스핀 코팅 등으로 형성될 수 있다. 이때, 중계 기판(112)의 일 면은 초기 기판(100)과 대향하는 면일 수 있다. 다음으로, 초기 기판(100)과 중계 기판(112)이 접합될 수 있다. 다음으로, 가열 처리에 의해 전사용 수지층(111)이 경화되어 초기 기판(100)과 중계 기판(112)이 고정되도록 결합될 수 있다.

[218] 일 예시에 따른 중계 기판(112)은 예를 들어 석영 유리 기판을 포함할 수 있다. 전사용 수지층(111)은 예를 들어 폴리아미드 수지, 아크릴 수지(예를 들어 PMMA(Polymethyl methacrylate)), 에폭시 수지, PP(Polypropylene) 수지, 폴리카보네이트 수지, ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 수지 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, 전사용 수지층(111)은 예시한 수지 재료와 함께 열경화제를 포함할 수 있다. 다만 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 전사용 수지층(111)은 그 밖의 열경화성 수지를 포함할 수도 있다. 일 예로서 전사용 수지층(111)은, 후술하는 레이저 리프트 오프에서 사용되는 레이저광의 파장에 대한 흡수율이 80% 이상일 수 있다.

[219] 다음으로, 도 36을 참조하면, 사파이어 기판(101)이 반도체층(102)으로부터 분리될 수 있다. 일 예로서, 사파이어 기판(101)은 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 반도체층(102)으로부터 분리될 수 있다. 예를 들어, 자외선 파장의 레이저광이 사파이어 기판(101) 측으로부터 그 전면을 향하여 조사될 수 있다.

레이저광 조사에 의해 사파이어 기판(101)이 반도체층(102)으로부터 분리될 수 있다. 예를 들어 레이저광은 248nm 파장의 KrF 엑시머 레이저가 사용될 수 있다. 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 사파이어 기판(101)을 반도체층(102)으로부터 분리할 수 있는 임의의 파장을 구비하는 레이저가 사용될 수도 있다.

[220] 다음으로, 도 37을 참조하면, 반도체층(102) 측에 릴리스층(113)을 개재하여 소스 기판(114)을 접합시킬 수 있다. 릴리스층(113)은 다이내믹 릴리스층(DRL(Dynamic Release Layer))이라고도 칭한다. 일 예시에 따르면, 반도체층(102) 상에 릴리스층(113)으로 형성되는 수지 재료가 스핀 코팅 방식으로 배치될 수 있다. 다음으로, 반도체층(102) 상에 배치된 수지 재료에 소스 기판(114)이 접합될 수 있다. 다음으로, 가열 처리에 의해 수지 재료가 경화되어 릴리스층(113)이 형성되고, 소스 기판(114)이 고정되도록 결합될 수 있다.

[221] 일 예시에 따르면 소스 기판(114)은, 후술하는 전사 공정에 사용하는 레이저광의 파장을 투과시킬 수 있다. 예를 들어 소스 기판(114)에는 석영 유리 기판을 포함할 수 있다. 석영 유리 기판은, 예를 들어 전술한 사파이어 기판(101)과 동일한 사이즈이거나 초과할 수도 있다. 예를 들어 사파이어 기판(101)이 4인치 웨이퍼인 경우, 소스 기판(114)(석영 유리 기판) 또한 4인치 웨이퍼 사이즈가 이용될 수 있다.

[222] 일 예로서, 릴리스층(113)에 포함되는 수지 재료는, 폴리에미드 수지, 아크릴 수지(예를 들어 PMMA(Polymethyl methacrylate)), 에폭시 수지, PP(Polypropylene) 수지, 폴리카보네이트 수지, ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 수지 중 하나 이상을 포함할 수 있으며, 상기 수지 재료에 열경화제가 배합될 수 있다. 다만 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 수지 재료는 임의의 열경화성 수지가 사용될 수도 있다. 릴리스층(113)이 되는 수지 재료는, 후술하는 전사 공정에서 사용하는 레이저광의 소정 파장의 흡수율이 80% 이상일 수 있다. 흡수율이 80% 이상인 수지 재료를 이용함으로써, 후술하는 전사 공정에서, 레이저 어블레이션에 의한 마이크로 LED(15)의 분리가 용이하게 이루어질 수 있다.

[223] 일 예시에 따른 릴리스층(113)의 두께는, 경화 후에 0.1 μ m 이상 2 μ m 이하가 되도록 수지 재료의 도포 시에 도포량이 조정될 수 있다.

[224] 다음으로, 도 38을 참조하면, 반도체층(102)으로부터 중계 기판(112)이 제거된다. 일 예로서, 중계 기판(112)은 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 제거될 수 있다. 예를 들어, 자외선 파장의 레이저광이 중계 기판(112)의 전면을 주사하도록 조사될 수 있다. 이에 따라, 전사용 수지층(111)이 용융될 수 있으며, 중계 기판(112)이 소자측 전극(12)의 일 면으로부터 분리되어 제거될 수 있다. 소자측 전극(12)의 일 면에 잔존하는 전사용 수지층(111)은 세정 처리에 의해 제거된다. 여기서 사용하는 레이저광은 248nm 파장의 KrF 엑시머 레이저일 수 있다. 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 전사용 수지층(111)으로서

사용하는 수지 재료에 따라 레이저 광의 파장은 적절히 결정될 수도 있다.

- [225] 다음으로, 도 39을 참조하면, 일 예시에 따른 반도체층(102)이 복수의 마이크로 LED(15)로 분할될 수 있다. 예를 들어 반도체층(102)을 복수의 마이크로 LED(15)로 분할하기 위해, 반도체층(102) 상에 포토레지스트를 형성하고, 포토리소그래피를 이용하여 패터닝하고, 패터닝된 포토레지스트를 마스크로 하여 건식 에칭에 의해 마이크로 LED(15)가 개별적으로 분할될 수 있다.
- [226] 다음으로, 분할된 마이크로 LED(15)를 마스크로 하여 릴리스층(113) 또한, 마이크로 LED(15)와 동일한 형상이 되도록 패터닝될 수 있다. 일 예로서, 건식 에칭 공정은 이방성 에칭인 RIE(Reactive Ion Etching) 공정이 사용될 수 있다. 마이크로 LED(15)의 칩 형상은, 소자측 전극(12)이 형성되어 있는 면을 평면으로서 보았을 때 직사각형 형상을 구비할 수 있다.
- [227] 일 예로서 마이크로 LED(15)는, 직사각형의 각 변 중 가장 긴 변의 길이가 예를 들어 100 μm 이하일 수 있다. 또한, 마이크로 LED(15)의 높이, 즉 반도체층(102)의 두께는 예를 들어 500 μm 이하일 수 있다. 따라서, 마이크로 LED(15) 전체의 형상으로서, 세로 $\times$ 가로 $\times$ 높이는 100 μm 이하 $\times$ 100 μm 이하 $\times$ 500 μm 이하일 수 있다. 이때, 세로, 가로 및 높이 각각의 하한값은 특별히 한정되지 않으며, 제조 가능한 크기일 경우 무방하다.
- [228] 또한, 소스 기관(114) 상에 배열된 마이크로 LED(15)에서, 마이크로 LED(15)사이의 이격 간격은 제조 가능한 최소값으로 설정될 수 있다. 일 예로서, 마이크로 LED(15) 사이의 배열 피치는 마이크로 LED(15)의 크기에 따라 결정될 수 있다. 예를 들어 마이크로 LED(15) 사이의 배열 피치는 200 μm 이하일 수 있다. 여기서 배열 피치는, 예를 들어 이웃하는 마이크로 LED(15) 사이의 중심간 거리 또는 이웃하는 마이크로 LED(15) 사이의 동일한 측의 엣지간 거리일 수 있다.
- [229] (금속층 성막 공정)
- [230] 다음으로, 도 40을 참조하면, 일 예시에 따른 소자측 전극(12)의 각각에 뿔납층(31)이 성막될 수 있다. 뿔납층(31)의 성막공정은 주지의 공정이 사용될 수 있다. 예를 들어 볼범프법, 솔더페이스트법, 프레스법, 도금법 중 하나 이상의 공정이 사용될 수 있다. 또한, 일 예로서 이방성 도전성 페이스트 중 하나인 SAP(Self Assembly Anisotropic Conductive Paste)가 이용될 수도 있다.
- [231] 일 예시에 따르면, 상술한 공정을 이용하여 마이크로 LED(15)가 릴리스층(113)을 이용하여 소스 기관(114) 상에 지지된 소스 기관 구조체가 제공될 수 있다.
- [232] (구동 기관 제조 공정)
- [233] 다음으로, 도 41을 참조하면, 일 예시에 따른 구동 기관(25)이 제조될 수 있다. 일 예로서, 구동 기관(25)은 제조하는 디스플레이 장치(10)의 사이즈에 대응한 크기를 구비할 수 있다.
- [234] 구동 기관(25)은, 마이크로 LED(15)에 전력을 공급하기 위해 필요한 배선이나 TFT(thin-film-transistor) 등과 함께 소자측 전극(12)과 접속하기 위한 전극을

포함할 수 있다. 구동 기관측 전극(21)은, 구동 기관(25) 상에 형성되어 있는 금속 배선의 일부가 그대로 이용되거나, 배선과 연결된 금속 패드의 형태로 형성될 수도 있다.

- [235] 다음으로, 구동 기관(25)의 구동 기관측 전극(21)이 형성된 일 면에 플럭스(32)가 도포될 수 있다.
- [236] 일 예시에 따른 플럭스는, 라미네이트 공법이나 인쇄 공법 등에 의해 구동 기관(25)의 일 면, 예를 들어 구동 기관측 전극(21)이 형성된 일 면의 전면에 도포될 수 있다. 플럭스의 두께는 예를 들어 1 μ m 이상 50 μ m 이하일 수 있다. 마이크로 LED(15)와 구동 기관(25)을 연결시키기 위해 가열 공정이 이용될 수 있다. 일 예로서, 플럭스(32)가 1 μ m 이상 50 μ m 이하의 두께를 구비함에 따라, 후술하는 무가압 가열 공정에서 소자측 전극(12)에 형성된 땀납층(31)이 구동 기관측 전극(21)까지 도달할 수 있다. 이에 따라, 일 예시에 따른 구동 기관(25)이 제공될 수 있다.
- [237] (전사 공정)
- [238] 다음으로, 도 42를 참조하면, 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)가 구동 기관(25)의 소정의 위치에 전사될 수 있다.
- [239] 일 예시에 따르면, 레이저 어블레이션 기술을 이용하여 마이크로 LED(15)가 전사될 수 있다. 예를 들어, 1개의 마이크로 LED(15)가 구동 기관(25)에 연결되는 위치가 정렬 되도록 소스 기관(114) 전체의 위치를 결정할 수 있다. 이때, 1개의 마이크로 LED(15)의 소자측 전극(12)이 이를 구동하기 위해 대응하는 구동 기관측 전극(21)과 연결할 수 있는 위치에 따라, 소스 기관(114) 전체의 위치를 결정될 수 있다.
- [240] 다음으로, 소스 기관(114) 측으로부터 1개의 마이크로 LED(15)를 향해 소정의 파장(자외선(UV))을 구비하는 레이저광(16)이 조사된다. 레이저광(16)의 조사에 의해, 1개의 마이크로 LED(15)를 소스 기관(114)에 접착시켰던 릴리스층(113)이 용해되어 마이크로 LED(15)가 구동 기관(25) 측으로 이탈될 수 있다. 이탈된 마이크로 LED(15)는 구동 기관(25) 측의 플럭스(32)에 의해 캐치(catch)될 수 있다.
- [241] 일 예로서 레이저광(16)은 소정의 파장, 예를 들어 파장 248nm 파장의 KrF 엑시머 레이저일 수 있다. 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며 266nm 파장의 YAG(FHG), 355nm 파장의 YAG(THG)을 구비하는 레이저 광(16)이 이용될 수도 있다. 예를 들어 355nm 파장을 구비하는 레이저는, 석영 유리 기관 대신에 유리 기관을 포함할 수 있으므로, 비용을 저감시킬 수 있다. 다만, 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 그 밖의 파장의 레이저광을 이용할 수도 있다.
- [242] 일 예시에 따른 레이저 광(16)의 빔 지름은 1개의 마이크로 LED(15)의 칩 사이즈와 동일하거나 이를 초과할 수도 있다. 다만, 레이저광(16)의 빔 지름은 소스 기관(114) 상에서 인접하도록 배치되는 마이크로 LED(15)에 영향을 주지

않는 정도의 크기를 구비해야 한다. 이에 따라, 소스 기판(114) 상에서 나열되어 있는 마이크로 LED(15)를 개별적으로 구동 기판(25) 측에 전사시킬 수 있다.

[243] 레이저광(16)의 빔은 하나로도 되지만, 마스크 등을 이용하여 레이저 광원을 복수 개로 준비하여 원하는 피치로 복수의 빔을 동시에 조사할 수도 있다. 이에 따라, 다수의 마이크로 LED(15)를 동시에 전사시킬 수도 있다.

[244] 또한, 일 예시에 따른 레이저 어블레이션을 수행하는 경우, 마이크로 LED(15)와 구동 기판(25)의 간극(갭) 간격은 $1\mu\text{m}$ 이상 $200\mu\text{m}$ 이하일 수 있다. 간극 간격이 $1\mu\text{m}$ 이상 $200\mu\text{m}$ 이하인 경우, 레이저 어블레이션에 의해 분리된 마이크로 LED(15)가 구동 기판(25) 상에서 목표 위치(또는 목표에 가까운 위치)에 배치될 수 있다. 도 43은 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)가 전사된 상태의 구동 기판(25)을 도시한다.

[245] (무가압 가열 공정)

[246] 다음으로, 일 예시에 따른 전사된 마이크로 LED(15)가 구동 기판(25)에 연결될 수 있다. 마이크로 LED(15)가 전사된 구동 기판(25) 전체를 무가압으로 가열함으로써 마이크로 LED(15)와 구동 기판(25)이 연결될 수 있다. 상술한 공정은 리플로우 공정으로 칭할 수 있다.

[247] 일 예시에 따르면, 리플로우는 2단계로 수행될 수 있다. 일 예로서, 전 가열 공정으로서, 마이크로 LED(15)가 전사된 구동 기판(25) 전체를 무가압으로 가열될 수 있다. 도 44를 참조하면, 일 예시에 따른 플럭스(32)는 상술한 전 가열 공정에 의해 일부가 증발함으로써 부피가 감소할 수 있다. 전 가열 공정에 의해 플럭스(32)의 두께가 줄어들 수 있으며, 이에 따라 소자측 전극(12) 상의 땀납층(31)과 구동 기판측 전극(21)이 거의 접하도록 배치될 수 있다. 전 가열 공정의 온도는 예를 들어 땀납층(31)이 용융 개시하는 온도보다 낮은 온도일 수 있다. 전 가열 공정의 온도는 예를 들어 40°C 내지 120°C 일 수 있다. 전 가열 공정에 의해, 구동 기판측 전극(21)과 소자측 전극(12)이 보다 인접하게 배치될 수 있다. 다만 본 개시가 이에 제한되는 것은 아니며, 전 가열 공정은 생략될 수도 있다.

[248] 일 예시에 따른 무가압 가열 공정은, 외부로부터 압력이 인가되지 않은 무가압 상태에서, 마이크로 LED(15)가 전사된 구동 기판(25) 전체에 열을 인가하도록 수행될 수 있다. 무가압 가열 공정의 온도는 땀납층(31)이 용융될 수 있는 온도일 수 있다. 예를 들어 무가압 가열 공정의 가열 온도는 200°C ~ 300°C 일 수 있다.

이때, 마이크로 LED(15)는, 상술한 바와 같이 가열에 의해 액상화된 땀납층(31)의 표면장력에 의해 발생된 자가 정렬 효과를 이용하여 구동 기판(25) 상에서 소정의 위치에 정렬하여 연결될 수 있다. 다음으로, 소자측 전극(12)과 구동 기판측 전극(21)은 땀납층(31)이 냉각 후, 고체화된 금속층(35)에 의해 구동 기판(25)에 고정되도록 연결될 수 있다(도 1 및 도 2 참조).

[249] [작용]

[250] 도 45는 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)를 구동 기판(25)에 전사한 직후의

상태를 나타내는 평면도이다. 도 46은 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)를 구동 기관(25)에 연결시킨 상태를 나타내는 평면도이다.

- [251] 도 45를 참조하면, 일 예시에 따른 마이크로 LED(15)를 구동 기관(25)에 전사한 직후, 마이크로 LED(15)의 위치는 구동 기관측 전극(21)에 대해 오정렬이 발생된 정위치로부터 벗어난 위치에 배치될 수 있다.
- [252] 다음으로, 도 46을 참조하면, 일 예시에 따른 무가압 가열 공정에 의해 마이크로 LED(15)가 구동 기관(25) 상의 소정의 위치에 정렬하여 연결될 수 있다.
- [253] 종래기술의 경우, 도 45에 도시된 전사 직후의 상태에서, 마이크로 LED(15)를 구동 기관(25)의 방향으로 가압하면서 가열하기 때문에, 도 45에 도시된 전사 직후의 상태에서, 마이크로 LED(15)와 구동 기관(25)이 연결됨으로써 마이크로 LED(15)의 정렬 위치가 어긋날 수 있다. 마이크로 LED(15)의 정렬 위치가 어긋나는 경우, 화질 불량 등이 발생하기 때문에 추가 수정 공정 등이 필요하다. 추가 수정 공정에서는, 위치 오정렬이 발생된 마이크로 LED(15)를 1개씩 검출하고, 검출된 마이크로 LED(15)를 뿔납으로부터 이탈시키고 다시 다른 칩을 소정의 위치에 연결해야한다. 이러한 추가 수정 작업은 극히 작은 마이크로 LED(15)를 다수 구비하는 디스플레이 장치(10)에서는 장시간이 소요되며 공정의 어려움이 증가될 수 있다.
- [254] 예를 들어 4K 디스플레이 장치의 마이크로 LED(15)의 총수는 약 2400만개이다. 구동 기관(25) 상에서의 위치 오정렬에 따른 불량 발생률을 100ppm으로 가정한 경우, 불량수는 2400개가 된다. 이러한 많은 수의 마이크로 LED(15)를 추가 수정하는 공정은, 100 μ m 이하라는 마이크로 LED(15)의 크기를 고려할 경우, 장시간이 소요될 수 있다.
- [255] 일 예시에 따르면, 자가 정렬 효과에 의해 마이크로 LED(15)가 소정의 위치에 정렬할 수 있으며, 오정렬에 따른 불량 마이크로 LED(15)의 수가 감소될 수 있다. 또한, 추가 수정 공정에 따른 추가 공정 시간을 단축할 수 있다.
- [256] [실시예]
- [257] (실시예 1)
- [258] 실시예 1은, 구동 기관(25) 상에 마이크로 LED(15)를 인위적으로 다양한 위치에 배치(전사 공정에 상당)하고, 무가압 가열을 실시한 후, 마이크로 LED(15)의 위치를 측정하였다.
- [259] 실시예의 제조 공정은 이하와 같다.
- [260] (1) 구동 기관(25)의 제작: 도 47은 테스트 기관을 나타내는 단면도이다. 테스트 기관(200)에서, 유리 기관(201) 상에 IZO(Indium-Zinc-Oxide)막(202)을 성막하고, IZO막(202)에 Cu막(203)을 성막하고, 이들을 구동 기관측 전극(21)의 형상으로 형성하였다. 유리 기관(201)의 두께는 0.5mm, IZO막(202)의 두께는 0.05 μ m, Cu막(203)의 두께는 1 μ m이다. 구동 기관측 전극(21)의 크기는 후술한다.
- [261] 상술한 테스트 기관(200)은 제품에서는 구동 기관(25)에 대응될 수 있다. 따라서, 이하, 실시예의 설명에서는 테스트 기관(200)에 해당하는 구성을 구동

기관(25)으로 칭한다.

[262] 실시예 1에서는, 구동 기관(25) 상에 플렉스(32)(MCF Series(센주 금속주식회사 제품))를 스핀 코팅하였다.

[263] 스핀 코팅 순서는 하기의 3단계에 의해 실시하였다.

[264] 제1 단계: 300rpm_3sec,

[265] 제2 단계: 1700rpm_30sec,

[266] 제3 단계: Slope_5sec.

[267] (2) 전사 공정: 마이크로 LED(15)를 하기의 시프트량(d) 실험값이 되도록 (1)의 구동 기관(25) 상에 전사하였다. 전사 공정은 레이저 어블레이션에 의해 실시하였다. 또한, 소자측 전극(12)은 Cu에 의한 전극 금속층(12a)과 Ni에 의한 배리어 메탈층(12b)를 포함하는 2층 구조일 수 있다. 또한, 소자측 전극(12) 상에는 SAC305에 의한 땀납층(31)을 $h_0 \approx 5\mu\text{m}$ 가 되도록 형성하였다. 소자측 전극(12)의 크기는 후술한다.

[268] 시프트량(d) 실험값:

[269] $X = +3\mu\text{m}, 6\mu\text{m}, 9\mu\text{m}$,

[270] $Y = +3\mu\text{m}, 6\mu\text{m}, 9\mu\text{m}$,

[271] $XY = +3\mu\text{m}, 6\mu\text{m}, 9\mu\text{m}$ (또, XY는 SPc를 통과하여 X방향에서 45도 상방으로 기울어진 방향으로 하였다(도 7 참조)).

[272] (3) 무가압 가열 공정: 마이크로 LED(15)를 전사한 구동 기관(25)을 260°C의 핫플레이트 상에 놓고 질소가스 기류 하에서 60sec 가열하였다.

[273] (4) 세정 공정: 가열한 구동 기관(25)을 실온까지 냉각시킨 후, 잔사 플렉스를 세정액(클린스루 618(카오 주식회사 제품))으로 45°C, 10min 초음파 세정하고, 그 후 추가로 초순수로 린스 세정하고, 질소가스에 의한 블로우 건조시켰다.

[274] (5) 관찰 결과: 현미경 하에서 마이크로 LED(15)의 위치를 관찰하였다. 관찰 결과를 표 1에 나타낸다. 관찰에서 시프트량의 측정은 이하와 같이 실시하였다.

[275] 도 48은 시프트량의 측정을 설명하기 위한 평면도이다.

[276] 도 48을 참조하면, 시프트량의 측정에서, 이웃하는 구동 기관측 전극(21)의 외주부에 접하는 외주원(SCi)의 중심을 이웃하는 구동 기관측 전극(21) 사이의 중심(SPc)으로 가정하고, 이웃하는 소자측 전극(12)의 외주부에 접하는 외주원(LCi)의 중심을 이웃하는 소자측 전극(12) 사이의 중심(LPc)으로 가정한다. 다음으로, 시프트량(d)은 외주원(SCi)의 중심 위치와 외주원(LCi)의 중심 위치 사이의 거리를 측정하여 결정할 수 있다.

[277] 소자측 전극(12) 각각의 크기(도 3 및 4 참조)는 $a = 15\mu\text{m}$, $b = 26\mu\text{m}$, $c = 20\mu\text{m}$, $L_{sx} = L_{sy} = 3\mu\text{m}$ 로 고정 하였다.

[278] 구동 기관측 전극(21) 각각의 크기(도 4 및 4 참조)는 표 1에 나타내는 바와 같다.

[279] [표1]

No.		1	2	3	4
구동 기관측 전극	x (μm)	21	21	13	13
	y (μm)	32	32	24	32
	z (μm)	14	25	22	22
시프트량d 실험값	3 μm	O	O	O	O
	6 μm	O	O	O	O
	9 μm	O	O	X	X
계산에 의해 허용되는 시프트량 d의 최대값 (μm)		10.5	16	6.5	6.5

[280] 표 1을 참조하면, 시프트량(d)의 실험값은 전사 공정 이후,(무가압 가열 전) X방향, Y방향 및 XY방향 중 어느 하나에 있어서 3μm, 6μm, 9μm의 수치를 포함할 수 있다. 또한, 계산에 의해 허용되는 시프트량(d)의 최대값(μm)은, 식 (1) $d < x - (a + c - z)/2$ 또는 식 (2) $y/2 > d$ 를 이용하여 계산한 d 중 작은 수치로 표시할 수 있다.

[281] 또한, 표 1에서 ○는 양품인 것을 나타내고, 최종 연결 위치의 중심간 거리가 (LPc-SPc)=0±1μm 미만인 것이 양품에 선정되었다. x는 불량품인 것을 나타내고, 최종 연결 위치의 중심간 거리가 (LPc-SPc)≥1μm 또는 (LPc-SPc)≤-1μm인 것이 불량품으로 선정되었다.

[282] 표 1을 참조하면, No.1 및 No.2 중에서 시프트량(d) 실험값이 3μm, 6μm 및 9μm인 샘플은 모두 양품으로 선정 되었다. 한편, No.3 및 No.4 중에서 시프트량(d) 실험값이 3μm 및 6μm인 샘플은 양품으로 선정되었지만, 시프트량(d) 실험값이 9μm인 샘플은 불량품으로 선정되었다. No.3 및 No.4 중에서 시프트량(d) 실험값이 9μm인 샘플은 계산에 의해 허용되는 시프트량(d)의 최대값을 초과하고 있다. 즉, No.3 및 No.4의 시프트량 9μm의 샘플은 자가 정렬 효과가 충분히 발현되지 않음을 확인할 수 있다.

[283] 상술한 실험 결과로부터, 상술한 식 (1) 내지 식 (6)에 나타낸 조건을 만족함에 따른 자가 정렬 효과를 확인할 수 있다. 즉, 상술한 실험 결과로부터, 식 (1) 내지 식 (6)에 나타낸 조건을 만족함에 따라, 무가열 가압 공정에서, 소자측 전극간 중심(LPc)과 구동 기관측 전극간 중심(SPc)이 소정의 허용 범위 내의 위치로 마이크로 LED(15)가 이동하는 것을 확인할 수 있다.

[284] (실시예 2)

[285] 실시예 2는, 땀납층(31)이 되는 땀납 재료의 사용량을 바꾸고 무가압 가열공정을 이용하여 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21)을 연결하였다.

[286] 실시예 2에서 사용하는 구동 기관(25)(테스트 기관(200)) 및 마이크로

LED(15)는 실시예 1과 동일하다. 구동 기판측 전극(21)의 크기는 $x=21\mu\text{m}$, $y=32\mu\text{m}$ 및 $z=25\mu\text{m}$ 이다. 또한, 뿔층(31)의 성막 시의 높이(h_0)는 표 2에 표시된다.

[287] [표2]

No.	5	6	7	8
뿔층 높이 h_0 (μm)	7	5	3	1.5
시프트량 d 실험값 (μm)	9	9	9	9
결과	○	○	○	×

[288] 표 2에서의 시프트량(d) 실험값은, 상기 표 1과 같이 X, Y 및 XY 중 어느 하나의 방향에서 $9\mu\text{m}$ 의 수치를 포함할 수 있다. 또한, 결과의 ○ 및 ×가 나타내는 표시는 실시예 1과 동일하다.

[289] 뿔 부피(V)는, 성막 시에서의 직육면체 형상의 뿔층(31)의 높이(h_0) 및 전극 면적으로부터 확보될 수 있다.

[290] 표 2에 나타난 결과로부터, No.5~ No.7은 양품임을 확인할 수 있지만 No.8은 불량품임을 확인할 수 있다. 실험 결과로부터, 뿔층(31)의 성막 시의 높이(h_0) 및 전극 면적으로부터 얻어지는 부피(V)가 상기 식 (7) 및 식 (8)을 만족하는 경우, 자가 정렬 효과가 발휘되는 것을 확인할 수 있다.

[291] 도 49는 일 예시에 따라 양품이 된 마이크로 LED(15)와 구동 기판(25)의 연결 부분을 나타내는 SEM 사진이다.

[292] 도 49를 참조하면, 일 예시에 따라 무가압 가열 공정에 의해 마이크로 LED(15)를 구동 기판(25)에 연결하는 경우, 도 2에 도시된 바와 같이 2개의 전극 사이에 공극부(36)가 배치될 수 있다. 또한, 공극부(36)는 2개의 전극 사이를 통과하는 중심선(t)에 대해 선대칭인 다각형 형상을 구비함을 확인할 수 있다. 또한, 공극부(36)는 대략 사다리꼴 형상임을 확인할 수 있다.

[293] 도 50은 비교예에 따라 불량품이 된 마이크로 LED(15)와 구동 기판(25)의 연결 부분을 나타내는 SEM 사진이다.

[294] 비교예에서는, 가압 가열에 의해 마이크로 LED(15)를 구동 기판(25)에 연결하였다.

[295] 도 50을 참조하면, 비교예에서는 가압 가열에 의해 마이크로 LED(15)가 구동 기판(25)에 연결되어 있기 때문에, 금속층(35)(뿔층 재료)이 전극으로부터 밀려나와 있음을 확인할 수 있다(도시한 섹션 원(Sd) 부분). 또한, 비교예에서는 도 49와 비교하여 2개의 전극 사이의 공극부(36)는 사다리꼴이 아니며, 또한 중심선에 대해 선대칭인 형상을 구비하지 않음을 확인할 수 있다.

[296] [효과]

[297] 종래기술의 경우, 마이크로 LED(15)와 구동 기판(25)의 연결이 가압 가열 공정에 의해 수행될 수 있다. 가압, 가열 공정은, 전사 공정이 이루어지는

과정에서 발생한 마이크로 LED(15)과 구동 기관(25)의 오정렬이 그대로 잔존함에 따라 화상 불량 등의 부작용이 발생할 수 있다. 또한, 불량이 된 마이크로 LED(15)을 교체하기 위해 장시간이 소요될 수 있으므로, 양산화의 과제가 되었다.

- [298] 일 예시에 따르면, 무가압 가열 공정을 이용하여 마이크로 LED(15)이 구동 기관(25)에 연결될 수 있다. 이때, 무가압으로 가열된 뿔납층(31)의 액상화에 의해 표면장력이 작용할 수 있다. 뿔납층(31)의 표면장력에 의해 자가 정렬 효과가 발생할 수 있으며, 이에 따라 마이크로 LED(15)가 소정의 위치에 정렬될 수 있다. 따라서, 일 예시에 따를 경우, 마이크로 LED(15)의 위치 오정렬이나 불균일이 감소할 수 있다.
- [299] 또한, 일 예시에 따르면, 구동 기관측 전극(21) 사이의 거리(z)가 소자측 전극(12) 사이의 거리(c)를 초과하도록 배치될 수 있다. 이에 따라, 마이크로 LED(15)의 회전 방향의 오정렬도 억제할 수 있다.
- [300] 또한, 일 예시에 따르면, 무가압으로 마이크로 LED(15)와 구동 기관(25)이 연결되기 때문에, 압력을 인가하는 과정에서 발생할 수 있는 마이크로 LED(15)의 균열이나 깨짐 등의 결손도 방지할 수 있다.
- [301] 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않는다. 예를 들어, 뿔납층(31)은 소자측 전극(12)이 아니라 구동 기관측 전극(21) 상에 성막하여 마이크로 LED(15)와 구동 기관(25)을 연결할 수도 있다. 또한 소자측 전극(12)과 구동 기관측 전극(21) 양쪽에 성막될 수도 있다.
- [302] 또한, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 모두 또는 어느 한쪽은 사각형 형상으로 한정되지 않는다. 예를 들어, 소자측 전극(12) 및 구동 기관측 전극(21) 모두 또는 어느 한쪽은 예를 들어 삼각형이나 오각형 이상의 다각형, 또는 원형(타원형을 포함함) 형상을 구비하거나 임의의 형상을 포함할 수도 있다.
- [303] 그 밖에 본 발명은 특허청구범위에 기재된 구성에 기초하여 다양한 변형이 가능하며, 상술한 변형 또한 본 발명의 범주 내에 포함될 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] 적어도 2개의 소자측 전극을 포함하는 마이크로 발광 소자;
 각각의 상기 소자측 전극에 연결되는 적어도 2개의 구동 기관측 전극을 포함하는 구동 기관; 및
 상기 적어도 2개의 소자측 전극과 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극을 각각 연결하는 적어도 2개의 금속층;을 포함하며,
 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 중 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 전극간 거리가 상기 적어도 2개의 소자측 전극 중 이웃하는 상기 소자측 전극의 전극간 거리를 초과하고,
 상기 적어도 2개의 금속층 각각은, 상기 적어도 2개의 소자측 전극과 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극을 연결하는 과정에서 압력이 인가되지 않은 무가압 상태에서 가열되어 용융된 후 경화된 금속인,
 디스플레이 장치.
- [청구항 2] 마이크로 발광 소자;
 상기 마이크로 발광 소자에 배치된 적어도 2개의 소자측 전극;
 상기 마이크로 발광 소자가 연결되는 구동 기관;
 상기 구동 기관에 배치된 적어도 2개의 구동 기관측 전극;
 상기 적어도 2개의 소자측 전극과 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 각각을 연결하는 적어도 2개의 금속층; 및
 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 중 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 사이와, 상기 이웃하는 상기 구동 기관측 전극에 각각 연결되며, 상기 적어도 2개의 소자측 전극 중 이웃하는 상기 소자측 전극 사이 영역에 배치되는 공급부;를 포함하며,
 상기 공급부는, 이웃하는 상기 소자측 전극 사이의 중심 및 이웃하는 상기 구동 기관측 전극 사이의 중심을 통과하는 중심선에 대해 선대칭이 되는 다각형의 단면 형상을 구비하는,
 디스플레이 장치.
- [청구항 3] 제2 항에 있어서,
 상기 공급부는,
 상기 마이크로 발광 소자의 이웃하는 상기 소자측 전극의 사이에 배치되는 상부 바닥, 상기 구동 기관의 이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 사이에 배치되는 하부 바닥, 상기 상부 바닥 과 상기 하부 바닥 사이에 배치되는 측부를 포함하는 사다리꼴의 단면 형상을 구비하는,
 디스플레이 장치.
- [청구항 4] 제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 이웃하는 소자측 전극 중 소자측 전극의 크기와 상기 이웃하는 구동 기관측 전극 중 구동 기관측 전극의 크기는 하기 식 (1), 식 (2), 식 (4) 내지

식 (6)식에 따라 결정되는,

$$(1) d < x - (a + c - z) / 2$$

$$(2) y / 2 > d$$

$$(4) z < a + c$$

$$(5) x < 2a + c - z$$

$$(6) y < a + c$$

(단, 식 중, 상기 이웃하는 소자측 전극 및 상기 이웃하는 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,

상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 이웃하는 전극간 거리를 c로 하고, 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 이웃하는 전극간 거리를 z로 하고,

이웃하는 소자측 전극 간의 중심과 이웃하는 기관측 전극 간의 중심의 차이를 d로 함)

디스플레이 장치.

[청구항 5]

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 2개의 소자측 전극 중 소자측 전극 각각의 크기와 상기 적어도 2개의 구동 기관측 전극 중 구동 기관측 전극 각각의 크기는 하기 식(3) 내지 식 (6)식에 따라 결정되는,

$$(3) \sqrt{x^2 + y^2} < a + c$$

$$(4) z < a + c$$

$$(5) x < 2a + c - z$$

$$(6) y < a + c$$

(단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,

상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 이웃하는 전극간 거리를 c로 하고, 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 이웃하는 전극간 거리를 z로 함)

디스플레이 장치.

[청구항 6]

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 금속층의 부피(V)는 하기 식 (7)에 따라 결정되는,

$$(7) 0.059 \times a \times b^2 < V < 0.393 \times a \times b^2$$

(단, 식 중, 상기 소자측 전극의 Y방향의 길이를 b로 함)

디스플레이 장치.

[청구항 7]

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속층은 SAC 땀납 재료를 포함하는,

- 디스플레이 장치.
- [청구항 8] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 소자측 전극은,
상기 마이크로 발광 소자에 인접한 측으로부터 순차적으로 배치되는
전극 금속층, 배리어 메탈층을 구비하는,
디스플레이 장치.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 배리어 메탈층은 Ni를 포함하는,
디스플레이 장치.
- [청구항 10] 제1항 또는 제2항에 있어서,
상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극 중 상기 금속층에 접하는 일
면은 제10족, 제11족의 원소를 포함하는,
디스플레이 장치.
- [청구항 11] 마이크로 발광 소자와 구동 기관이 연결된 디스플레이 장치의 제조
방법으로서,
상기 마이크로 발광 소자는 적어도 2개의 소자측 전극을 포함하고,
상기 구동 기관은 적어도 2개의 구동 기관측 전극을 포함하며,
상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극 중 하나 이상에 금속층을
성막하는 금속층 성막 공정;
상기 구동 기관측 전극과 상기 소자측 전극이 상호 대응되도록, 상기 구동
기관 상에 상기 마이크로 발광 소자를 전사하는 전사 공정; 및
상기 마이크로 발광 소자가 전사된 상기 구동 기관에 별도의 압력을
인가하지 않고 가열하는 무가압 가열 공정;을 포함하는,
디스플레이 장치의 제조 방법.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
이웃하는 상기 구동 기관측 전극의 전극간 거리가 이웃하는 상기 소자측
전극의 전극간 거리를 초과하는,
디스플레이 장치의 제조 방법.
- [청구항 13] 제11항에 있어서,
상기 이웃하는 소자측 전극 중 소자측 전극의 크기와 상기 이웃하는 구동
기관측 전극 중 구동 기관측 전극의 크기는 하기 식 (1), 식 (2), 식 (4) 내지
식(6)에 따라 결정되는,
(1) $d < x - (a + c - z) / 2$
(2) $y / 2 > d$
(4) $z < a + c$
(5) $x < 2a + c - z$
(6) $y < a + c$
(단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어

있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,
 상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 이웃하는 전극간 거리를 c로 하고,
 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 이웃하는 전극간 거리를 z로 하고,
 이웃하는 소자측 전극 간의 중심과 이웃하는 기관측 전극 간의 중심의 차이를 d로 함)
 디스플레이 장치의 제조 방법.

[청구항 14] 제11항에 있어서,
 상기 이웃하는 소자측 전극 중 소자측 전극의 크기와 상기 이웃하는 구동 기관측 전극 중 구동 기관측 전극의 크기는 하기 식(3) 내지 식 (6)에 따라 결정되는,

$$(3) \sqrt{x^2 + y^2} < a + c$$

$$(4) z < a + c$$

$$(5) x < 2a + c - z$$

$$(6) y < a + c$$

(단, 식 중, 상기 소자측 전극 및 상기 구동 기관측 전극이 각각 나열되어 있는 방향을 제1 방향(X), 제1 방향(X)과 직교하는 방향을 제2 방향(Y)으로 하고,
 상기 소자측 전극의 X방향의 길이를 a, 이웃하는 전극간 거리를 c로 하고,
 상기 구동 기관측 전극의 X방향의 길이를 x, Y방향의 길이를 y, 이웃하는 전극간 거리를 z로 함)

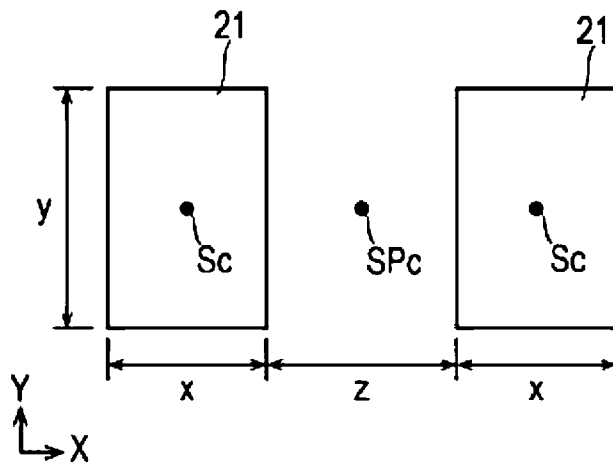
디스플레이 장치의 제조 방법.

[청구항 15] 제13항 또는 제14항에 있어서,
 상기 금속층의 부피(V)는 하기 식 (7)에 따라 결정되는,

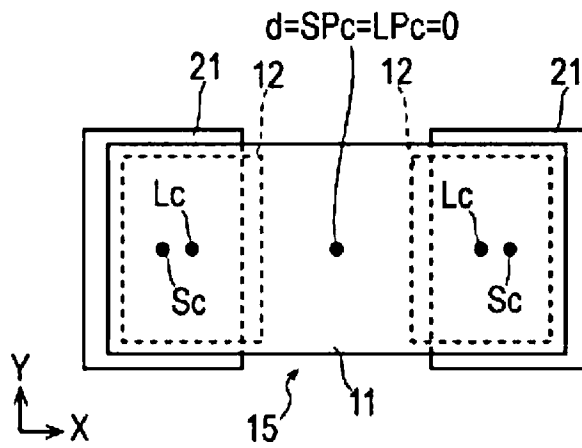
$$(7) 0.059 \times a \times b^2 < V < 0.393 \times a \times b^2$$

 (단, 식 중, 상기 소자측 전극의 Y방향의 길이를 b로 함)
 디스플레이 장치의 제조 방법.

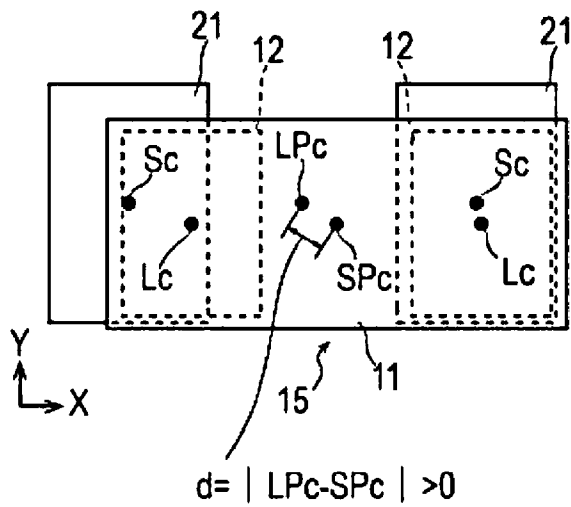
[도4]



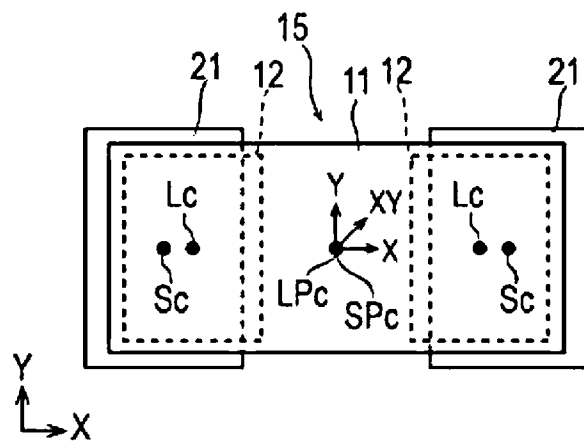
[도5]



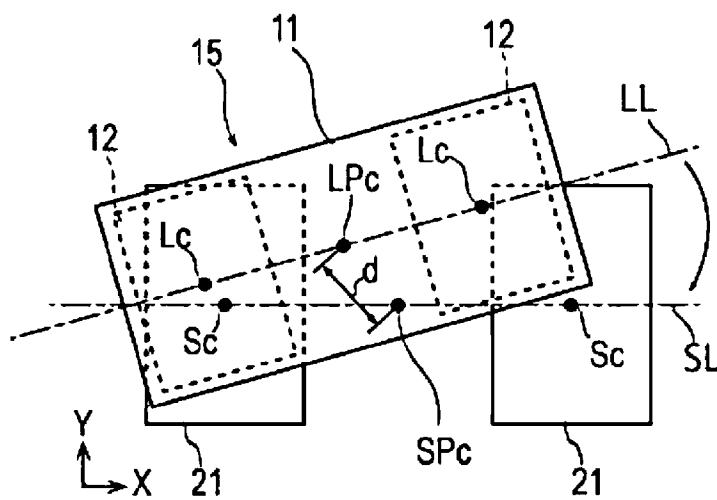
[도6]



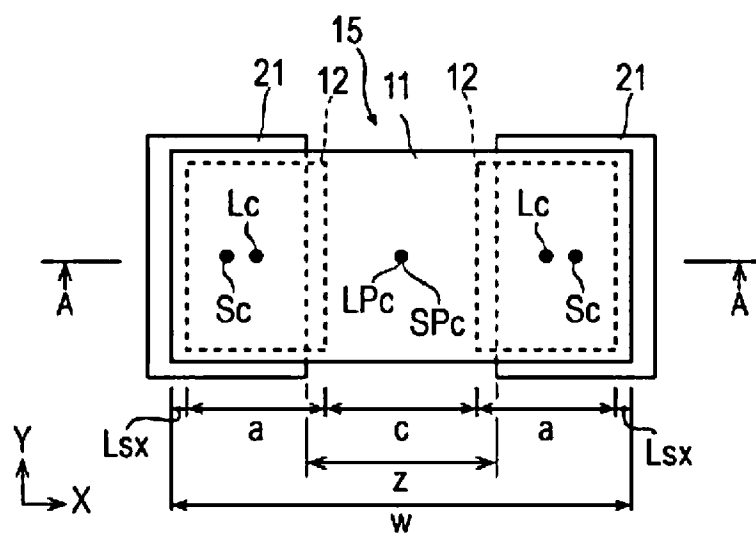
[도7]



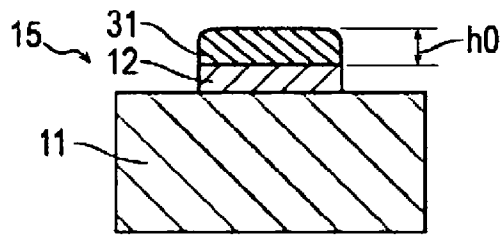
[도8]



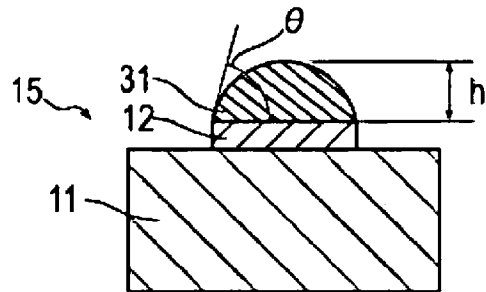
[도9]



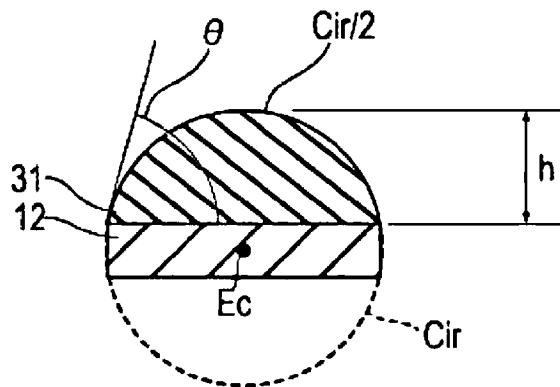
[도10]



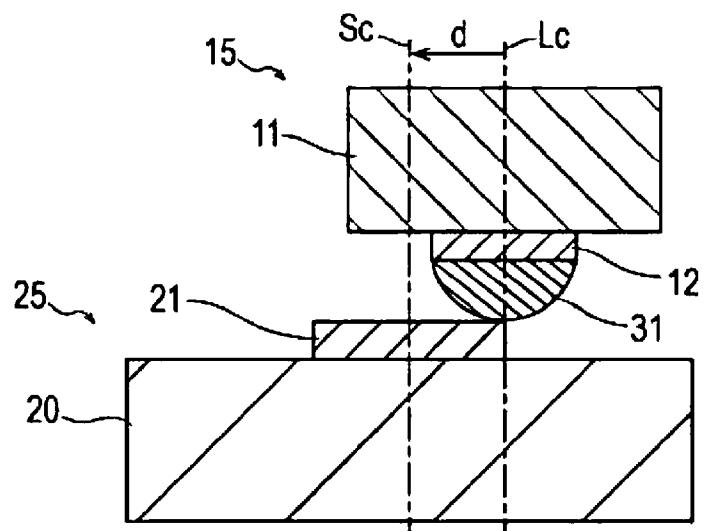
[도11]



[도12]



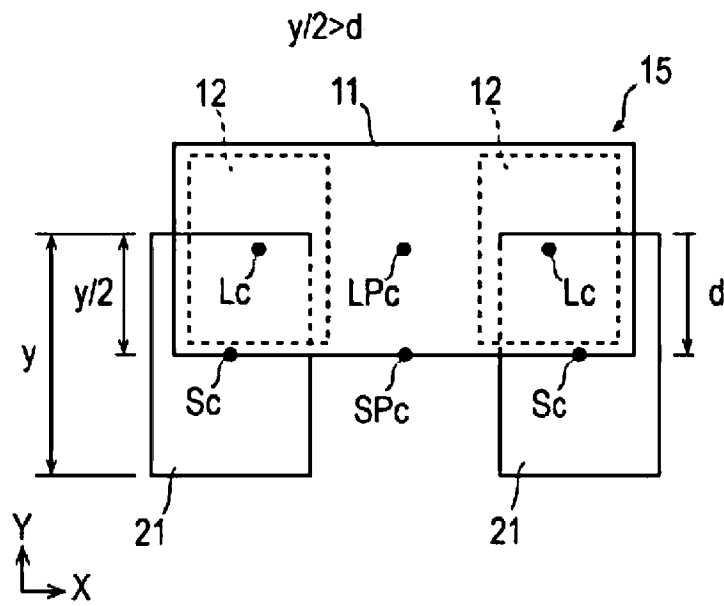
[도13]



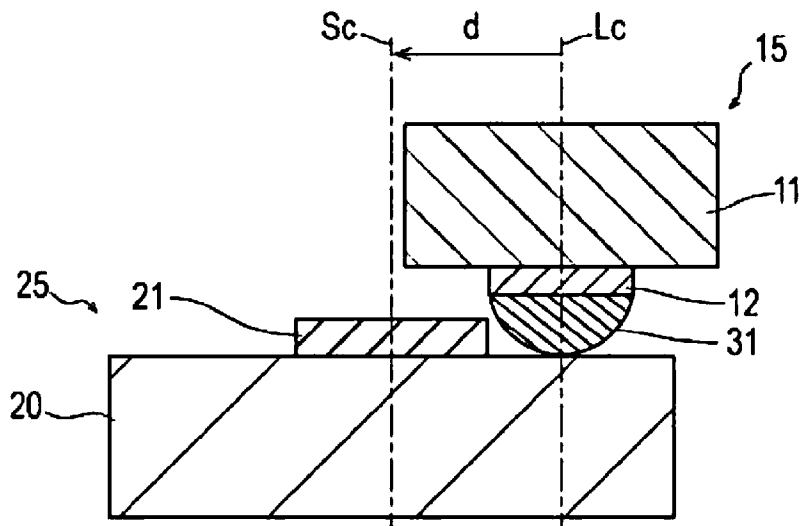
$d < x - (a + c - z) / 2$

The diagram illustrates a cross-sectional view of a device in the X-Y plane. The substrate 11 is the base layer. The top layer 15 is positioned above the substrate. The central region 12 is defined by a dashed line. Within this region, there are two rectangular areas, each also defined by a dashed line. The left area contains a layer Lc and a point SPc. The right area contains a layer Lc and a point Sc. A layer LPc is located between the two dashed areas. The dimensions are labeled as follows: d is the distance from the left edge of the central region to the start of the right dashed area; c/2 is the width of the right dashed area; a/2 is the distance from the end of the right dashed area to the right edge of the central region. A coordinate system (X, Y) is shown at the bottom left. The formula $d < x - (a + c - z) / 2$ is written at the top.

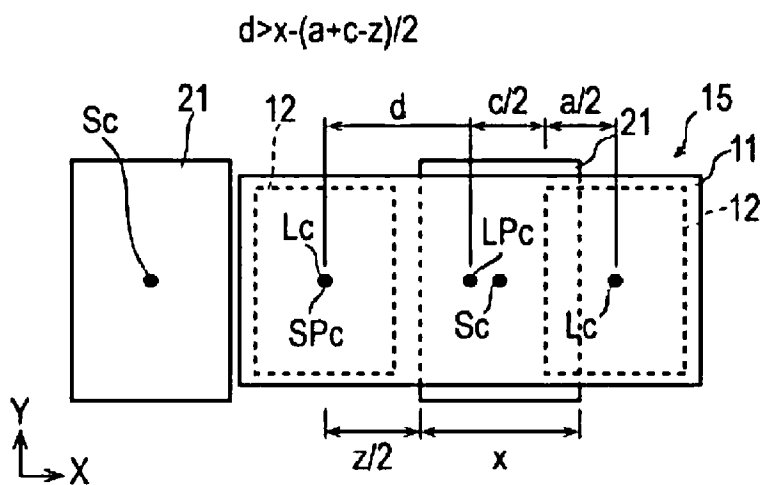
[도17]



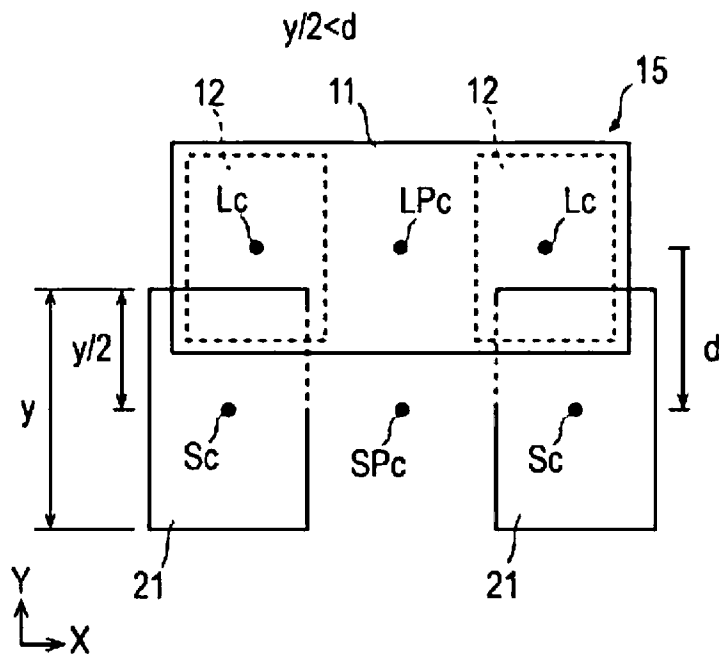
[도18]



[도19]

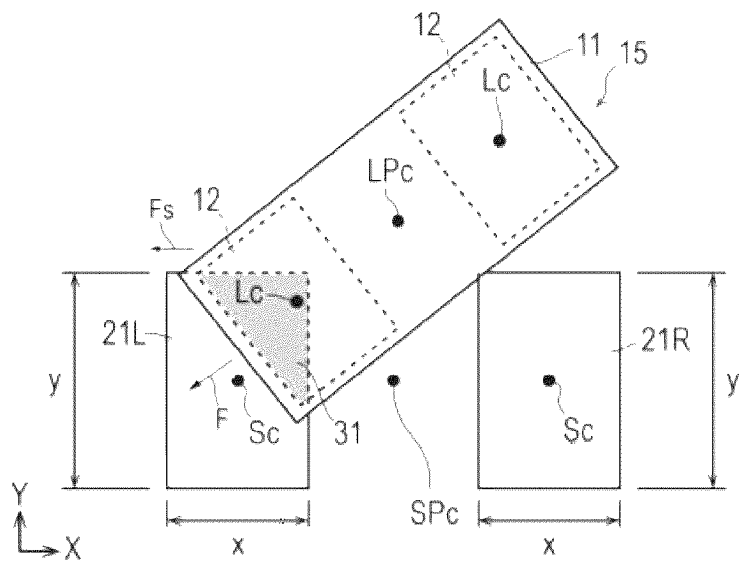


[도20]

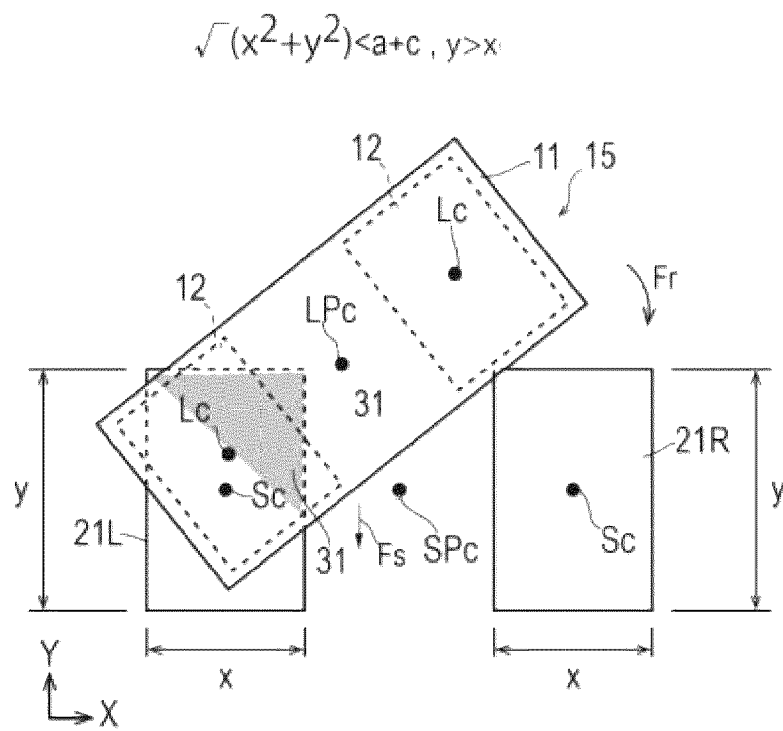


[도21]

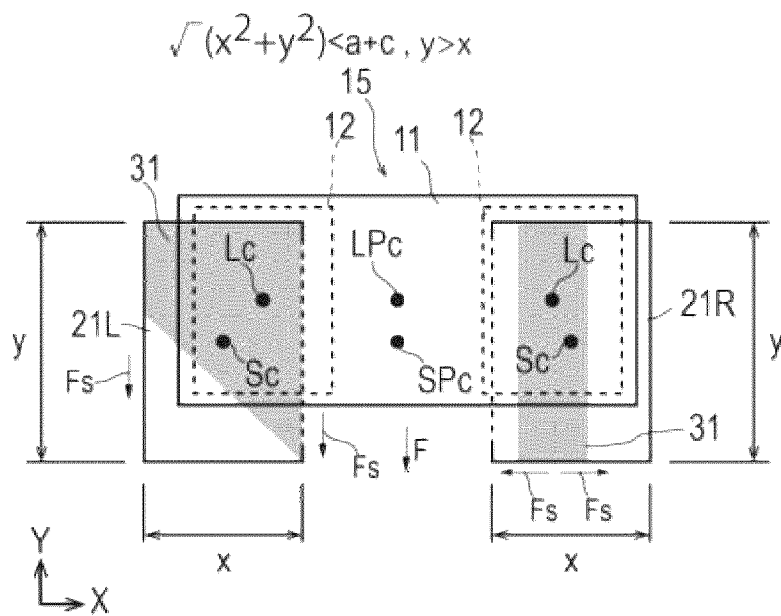
$$\sqrt{(x^2+y^2)} < a+c, y > x$$



[도22]

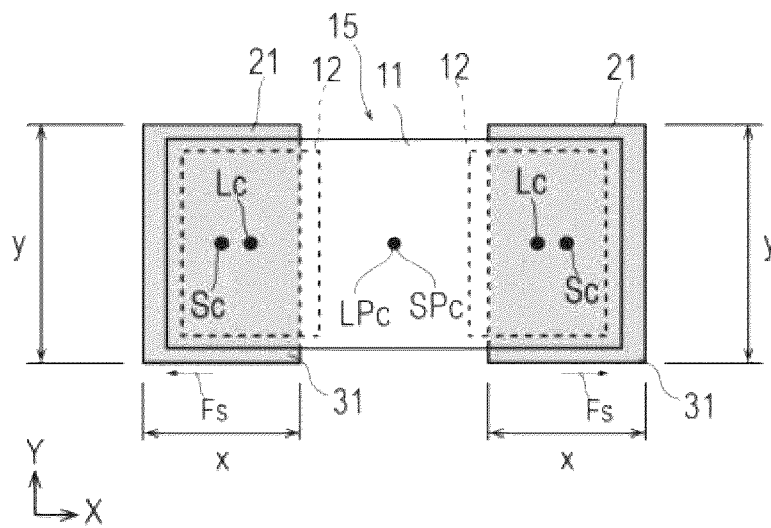


[도23]



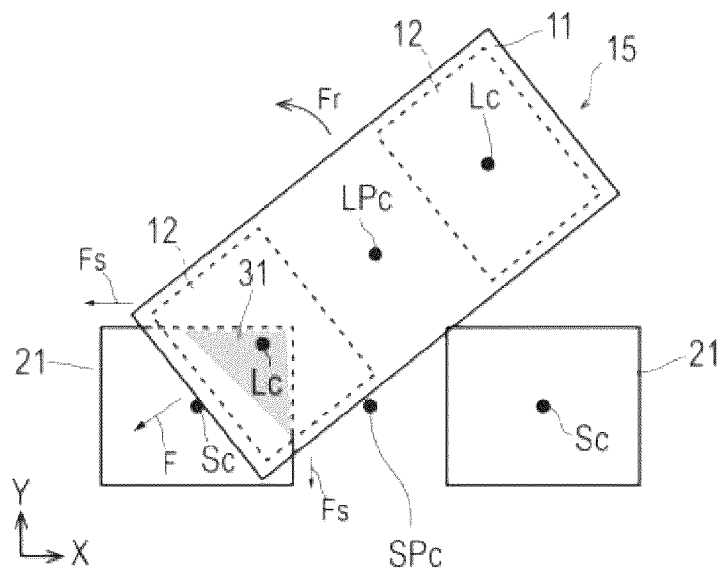
[도24]

$$\sqrt{(x^2+y^2)} < a+c, y > x$$

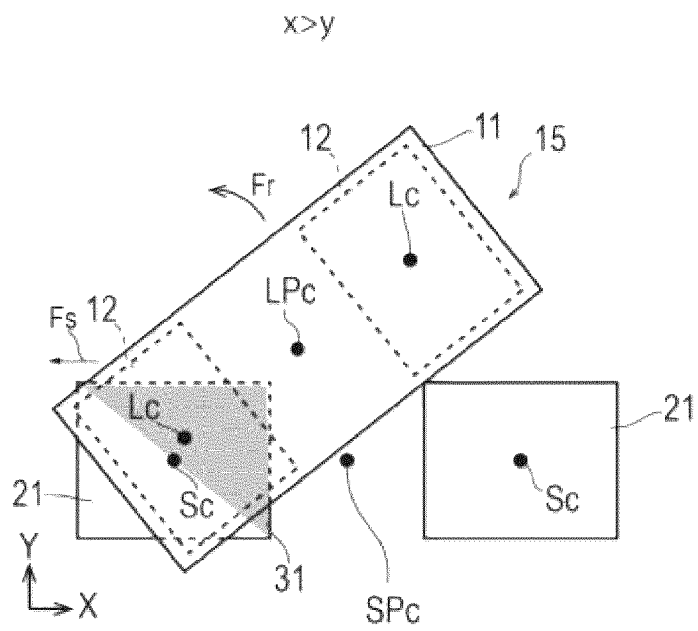


[도25]

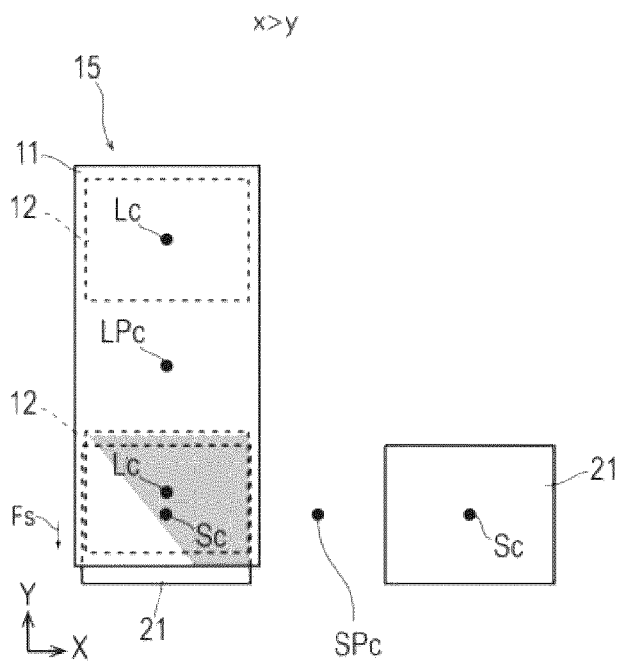
$$x > y$$



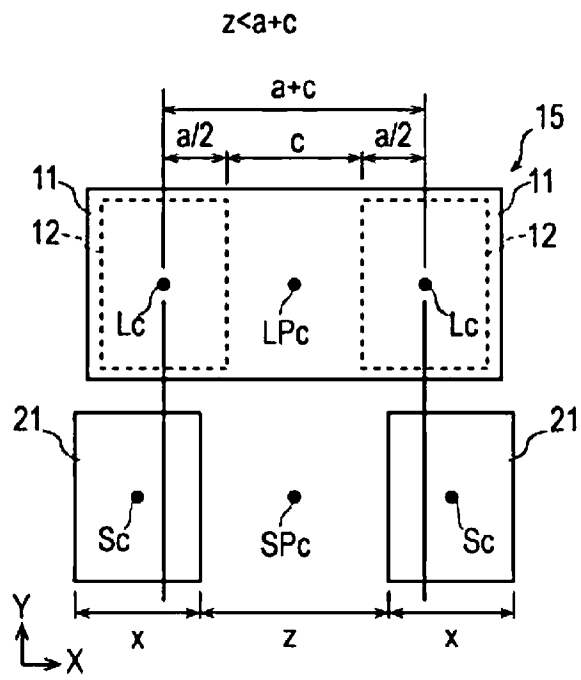
[도26]



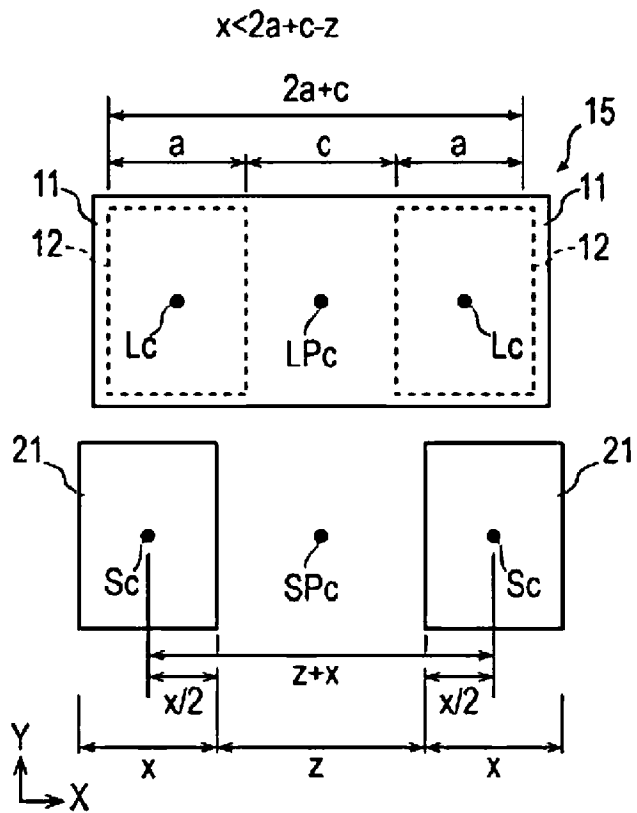
[도27]



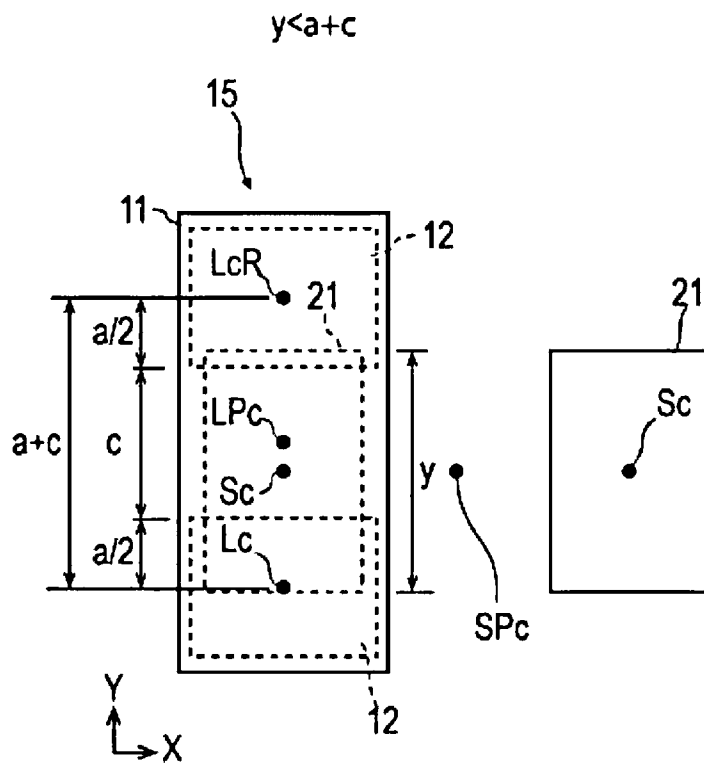
[도28]



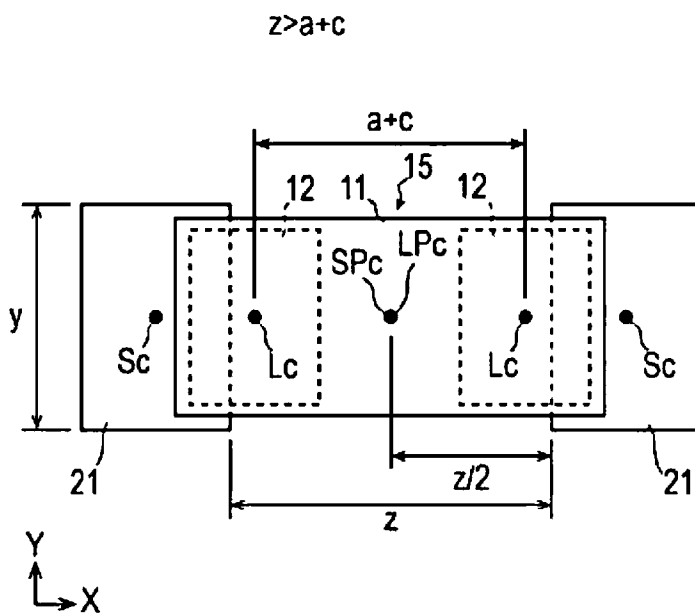
[도29]



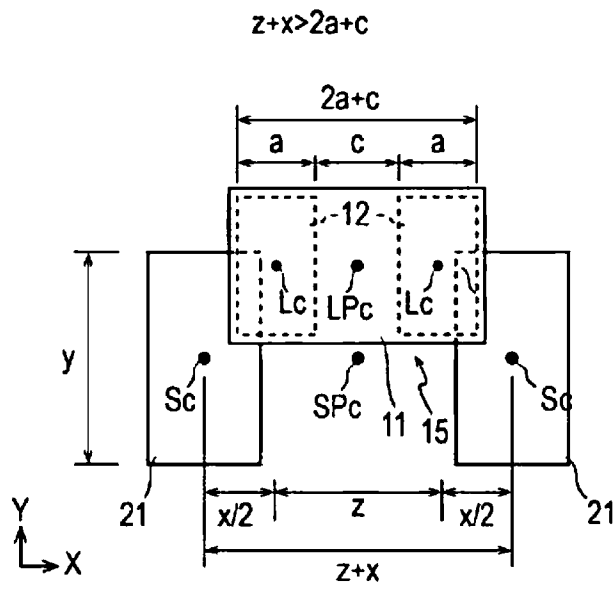
[도30]



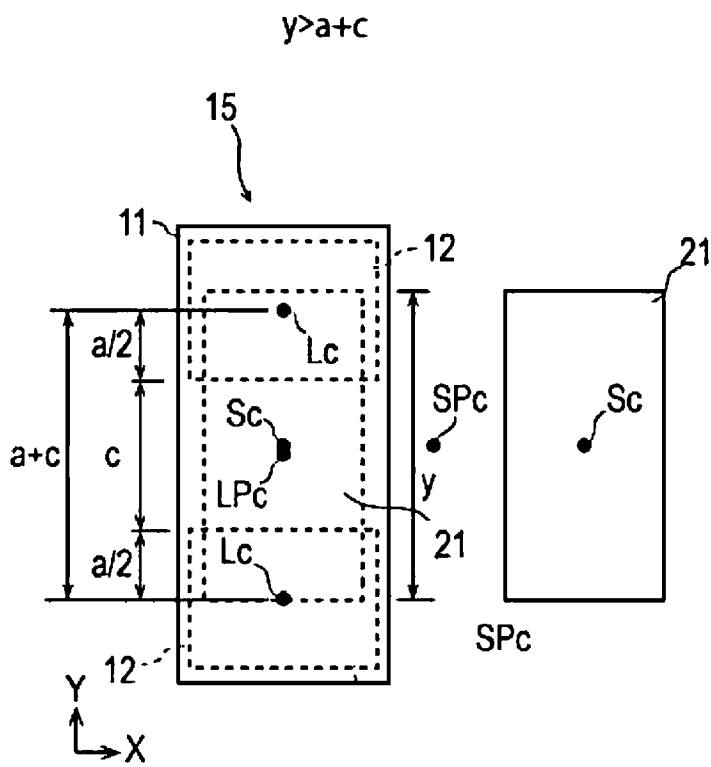
[도31]



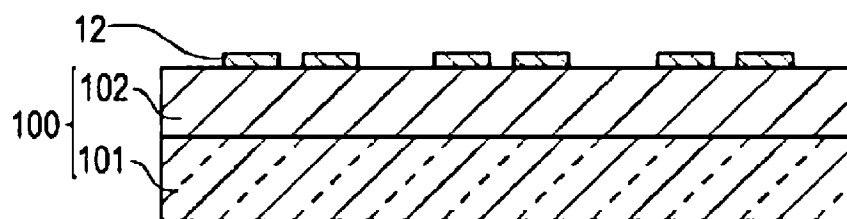
[도32]



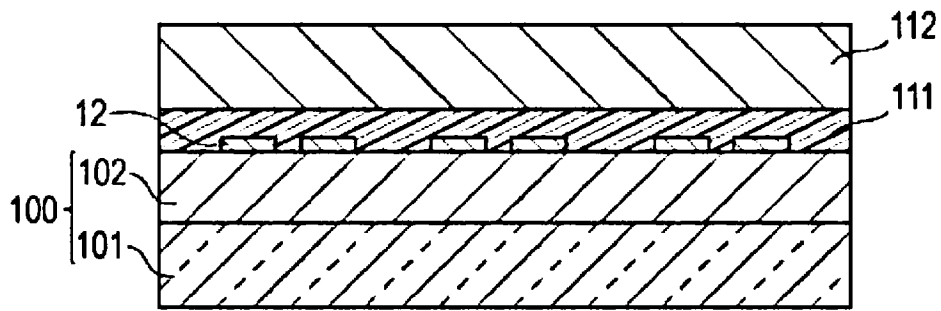
[도33]



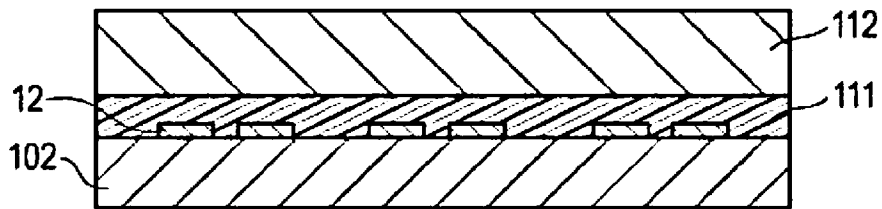
[도34]



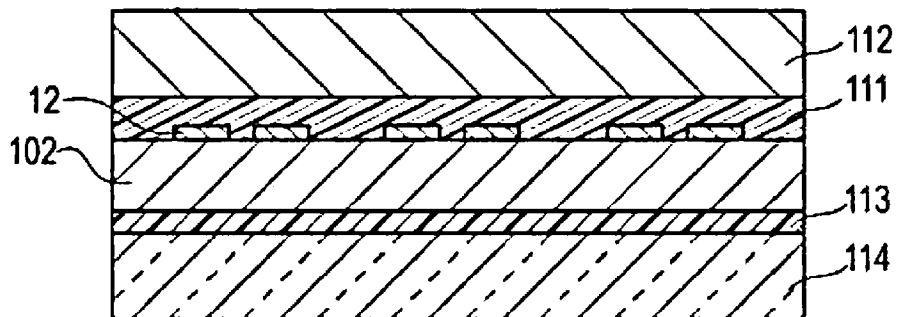
[도35]



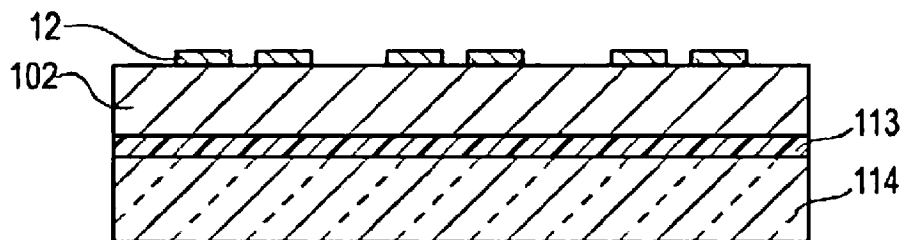
[도36]



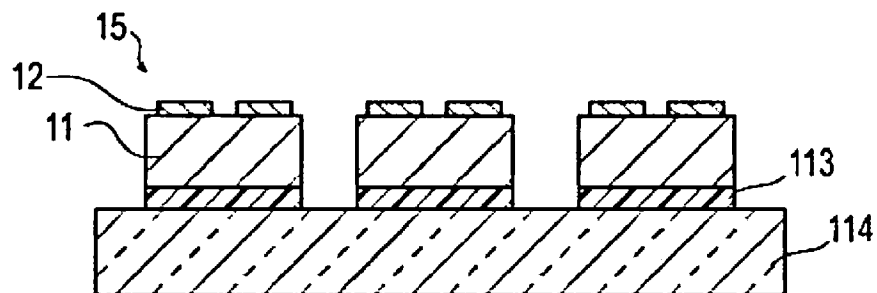
[도37]



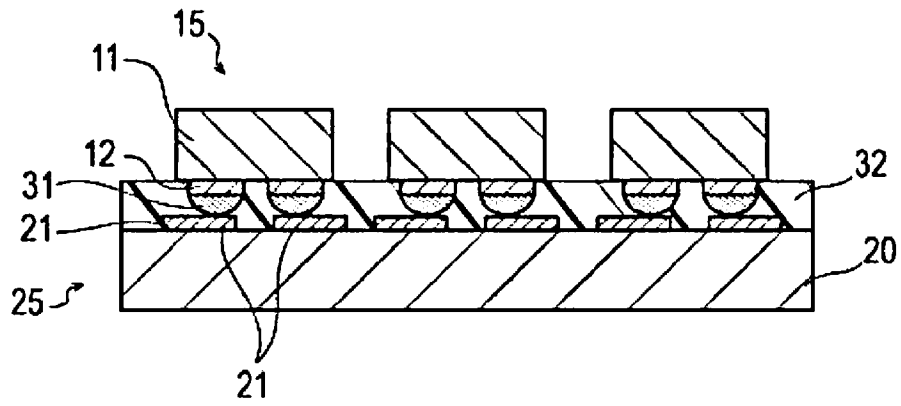
[도38]



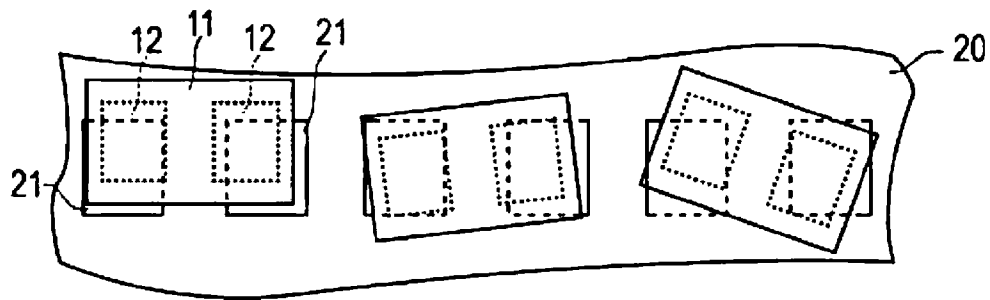
[도39]



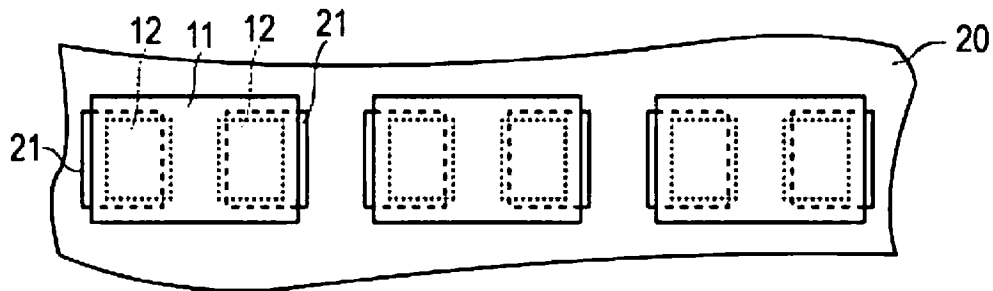
[도44]



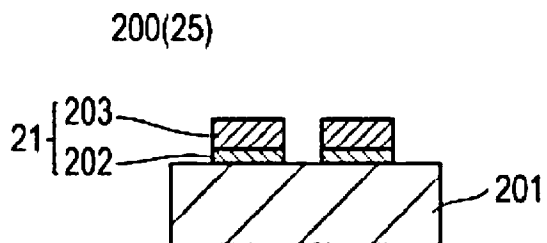
[도45]



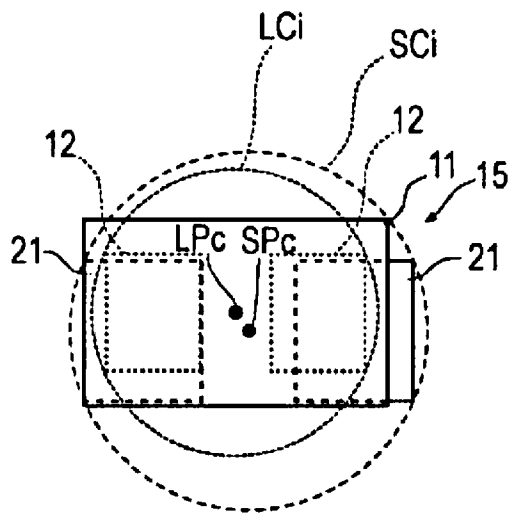
[도46]



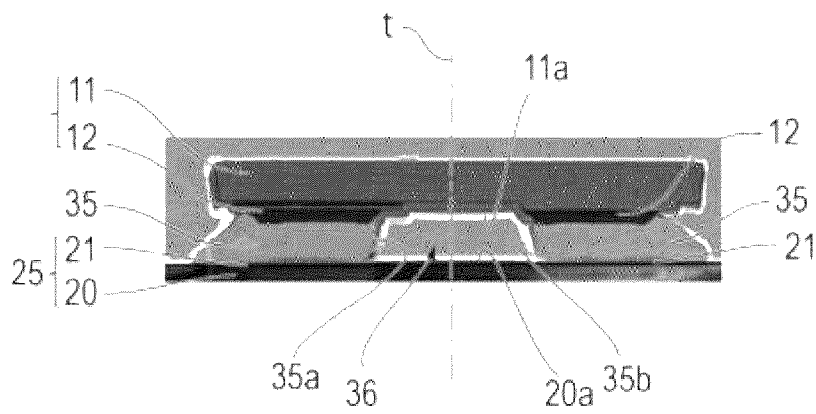
[도47]



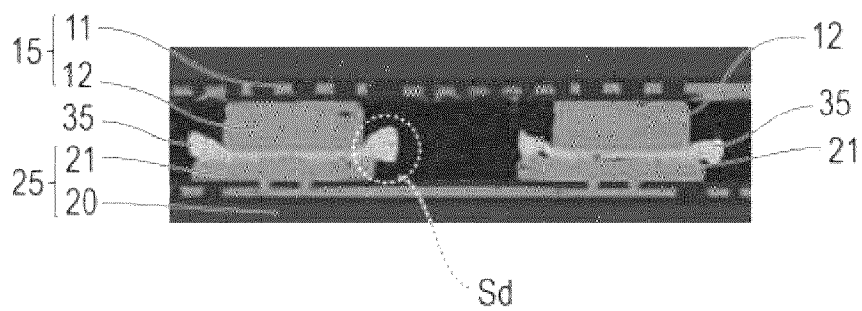
[도48]



[도49]



[도50]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/020156

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 25/075(2006.01)i; **H01L 27/12**(2006.01)i; **H01L 33/62**(2010.01)i; **H01L 33/36**(2010.01)i; **H01L 33/40**(2010.01)i;
H01L 23/00(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)

H01L 25/075(2006.01); H01L 21/60(2006.01); H01L 21/683(2006.01); H01L 23/00(2006.01); H01L 25/16(2006.01);
H01L 33/00(2010.01); H01L 33/62(2010.01); H05K 13/04(2006.01)

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: 마이크로 발광 소자(micro light emitting diode), 무가압(non-pressurized), 가열(heating), 전극(electrode), 거리(distance)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2021-0120406 A (LC SQUARE CO., LTD.) 07 October 2021 (2021-10-07) See paragraphs [0018] and [0039]-[0080] and figures 9a-12b.	2,3,7,10
Y		8,9,11
A		1,4-6,12-15
Y	KR 10-2021-0133777 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 08 November 2021 (2021-11-08) See paragraphs [0056], [0065] and [0067] and figure 4a.	8,9
Y	KR 10-2020-0137978 A (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) 09 December 2020 (2020-12-09) See paragraphs [0024] and [0041], claims 1 and 2 and figures 5 and 6.	11
A	JP 2020-167251 A (TORAY ENG CO., LTD.) 08 October 2020 (2020-10-08) See claims 1-4.	1-15



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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

28 March 2023

Date of mailing of the international search report

03 April 2023

Name and mailing address of the ISA/KR

**Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208**

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/020156

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021-0005588 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 07 January 2021 (2021-01-07) See paragraphs [0089]-[0236] and figures 4-20.	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/020156

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2021-0120406	A	07 October 2021	KR	10-2463048	B1	07 November 2022
KR	10-2021-0133777	A	08 November 2021	WO	2021-221454	A1	04 November 2021
KR	10-2020-0137978	A	09 December 2020	KR	10-2311727	B1	13 October 2021
JP	2020-167251	A	08 October 2020	None			
US	2021-0005588	A1	07 January 2021	KR	10-2021-0004324	A	13 January 2021
				US	11404403	B2	02 August 2022
				WO	2021-002610	A1	07 January 2021

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01L 25/075(2006.01)i; H01L 27/12(2006.01)i; H01L 33/62(2010.01)i; H01L 33/36(2010.01)i; H01L 33/40(2010.01)i; H01L 23/00(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01L 25/075(2006.01); H01L 21/60(2006.01); H01L 21/683(2006.01); H01L 23/00(2006.01); H01L 25/16(2006.01); H01L 33/00(2010.01); H01L 33/62(2010.01); H05K 13/04(2006.01) 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: 마이크로 발광 소자(micro light emitting diode), 무가압(non-pressurized), 가열(heating), 전극(electrode), 거리(distance)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2021-0120406 A (엘씨스퀘어(주)) 2021.10.07 단락 [0018], [0039]-[0080] 및 도면 9a-12b	2,3,7,10
Y		8,9,11
A		1,4-6,12-15
Y	KR 10-2021-0133777 A (삼성전자주식회사) 2021.11.08 단락 [0056], [0065], [0067] 및 4a	8,9
Y	KR 10-2020-0137978 A (서울대학교산학협력단) 2020.12.09 단락 [0024], [0041], 청구항 1, 2 및 도면 5, 6	11
A	JP 2020-167251 A (TORAY ENG CO., LTD.) 2020.10.08 청구항 1-4	1-15
☒ 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 2023년03월28일(28.03.2023)		국제조사보고서 발송일 2023년04월03일(03.04.2023)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 홍기완 전화번호 +82-42-481-5003

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 2021-0005588 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2021.01.07 단락 [0089]-[0236] 및 도면 4-20	1-15

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2021-0120406 A	2021/10/07	KR 10-2463048 B1	2022/11/07
KR 10-2021-0133777 A	2021/11/08	WO 2021-221454 A1	2021/11/04
KR 10-2020-0137978 A	2020/12/09	KR 10-2311727 B1	2021/10/13
JP 2020-167251 A	2020/10/08	없음	
US 2021-0005588 A1	2021/01/07	KR 10-2021-0004324 A	2021/01/13
		US 11404403 B2	2022/08/02
		WO 2021-002610 A1	2021/01/07