

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022년 1월 20일 (20.01.2022)

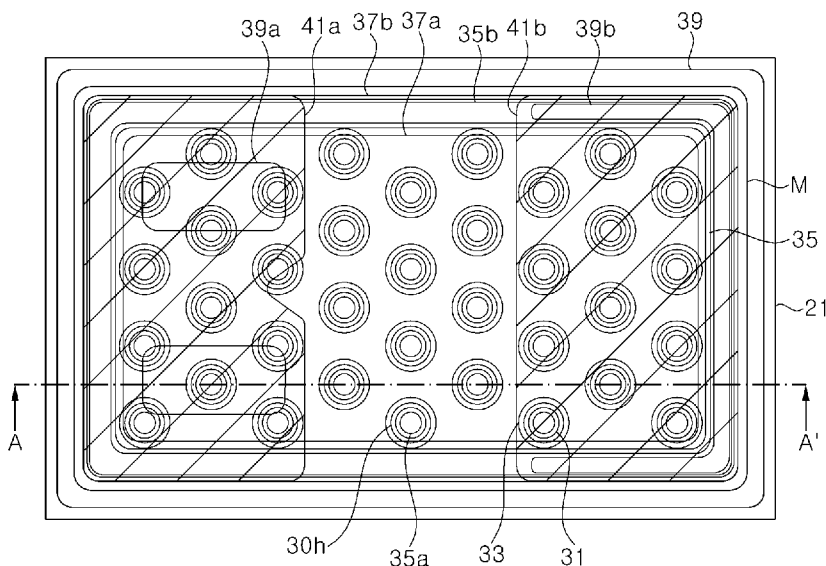


(10) 국제공개번호
WO 2022/015103 A1

- (51) 국제특허분류: *H01L 33/38* (2010.01) *H01L 33/32* (2010.01)
H01L 33/04 (2010.01) *H01L 33/40* (2010.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/009184
- (22) 국제출원일: 2021년 7월 16일 (16.07.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2020-0088594 2020년 7월 17일 (17.07.2020) KR
10-2021-0092721 2021년 7월 15일 (15.07.2021) KR
- (71) 출원인: 서울바이오시스주식회사 (SEOUL VIOSYS CO., LTD.) [KR/KR]; 15429 경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 김태균 (KIM, Tae Gyun); 15429 경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16, Gyeonggi-do (KR). **곽준식 (KWAK, June Sik)**; 15429 경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16, Gyeonggi-do (KR). 이규호 (LEE, Kyu Ho); 15429 경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인에이아이피 (AIP PATENT & LAW FIRM); 06239 서울시 강남구 테헤란로 14길 30-1, 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, IT, 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, 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, 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,

(54) Title: DEEP ULTRAVIOLET LIGHT-EMITTING DIODE

(54) 발명의 명칭: 심자의선 발광 다이오드



(57) Abstract: A deep ultraviolet light-emitting diode is provided. A deep ultraviolet light-emitting diode according to one embodiment comprises: a substrate; an n-type semiconductor layer positioned on the substrate; a mesa which is disposed on the n-type semiconductor layer, comprises an active layer and a p-type semiconductor layer, and has a plurality of via-holes exposing the n-type semiconductor layer; n-ohmic contact layers contacting the n-type semiconductor layer in the via-holes; a p-ohmic contact layer contacting the p-type semiconductor layer; an n-pad metal layer electrically connected to the n-ohmic contact layers; a p-pad metal layer electrically connected to the p-ohmic contact layer; an n-bump electrically connected to the n-pad metal layer; and a p-bump electrically connected to the p-pad metal layer, wherein the p-pad metal layer is formed so as to surround the n-pad metal layer.



WO 2022/015103 A1

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: 심자외선 발광 다이오드가 제공된다. 일 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메사; 상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 접촉하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 접촉하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층; 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층; 상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고, 상기 p 패드 금속층은 상기 n 패드 금속층을 둘러싸도록 형성된다.

명세서

발명의 명칭: 심자외선 발광 다이오드

기술분야

- [1] 본 발명은 무기물 반도체 발광 다이오드에 관한 것으로, 특히 300nm 이하의 심자외선을 방출하는 발광 다이오드에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 200 내지 300nm 범위 내의 자외선을 방출하는 발광 다이오드는 살균 장치, 물 또는 공기 정화 장치, 고밀도 광 기록 장치, 바이오 에어로졸 형광 검출 시스템의 여기원을 포함하여 다양한 용도에 사용될 수 있다.
- [3] 근자외선 또는 청색 발광 다이오드와 달리, 상대적으로 심자외선을 방출하는 발광 다이오드는 AlGaIn과 같이 Al을 함유하는 웰층을 포함한다. 이러한 질화갈륨계 반도체층의 조성에 기인하여 심자외선 발광 다이오드는 청색 발광 다이오드나 근자외선 발광 다이오드와는 상당히 다른 구조를 갖는다.
- [4] 특히, 종래 기술에 따른 심자외선 발광 다이오드는 n형 반도체층 상에 배치되는 메사의 형상 및 위치가 일반적인 청색 발광 다이오드나 근자외선 발광 다이오드와 다른 구조를 갖는다. 즉, 메사는 n형 반도체층의 중심으로부터 일측으로 치우쳐 형성되며, 메사 상에 p 범프가 배치되고, 상기 일측에 대향하는 타측 근처에 메사로부터 이격되어 n 범프가 배치된다.
- [5] 이러한 종래의 자외선 발광 다이오드는 대체로 광 출력이 낮고 순방향 전압이 높은 단점을 갖는다. 특히, 심자외선 발광 다이오드는 반도체층의 결정 품질의 개선에 따라 양호한 내부 양자 효율을 달성하지만, 광 추출 효율이 대단히 낮다. 광 추출 효율은 내부 전반사나 내부에서의 광 손실에 의해 감소된다. 예를 들어, 오믹 콘택을 위해 포함되는 p형 GaN층은 활성층에서 생성된 자외선을 흡수하며, n형 반도체층에 접합하는 n 오믹 콘택층 또한 자외선을 흡수한다.
- [6] 나아가, 종래의 자외선 발광 다이오드는 메사의 측면으로 방출된 광을 활용하기 어렵기 때문에, 메사 측면의 전체 면적을 될 수 있는 한 감소시키려는 경향을 갖는다. 즉, 메사의 폭이 상대적으로 넓게 형성된다. 그러나 메사 폭이 클수록 n 오믹 콘택층으로부터 메사 중앙 영역까지의 거리가 커져 전류 분산에 좋지 않으며, 따라서 순방향 전압이 높아진다. 더욱이, 열악한 전류 분산 성능은 전류 밀도 증가를 제한하며, 이에 따라, 개별 발광 다이오드로 구현할 수 있는 광도가 제한된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 전기적 특성 및/또는 광 출력을 개선할 수 있는 새로운 구조의 심자외선 발광 다이오드를 제공하는 것이다.
- [8] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 전류 분산 성능을 향상시킬 수 있는

심자외선 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [9] 본 발명의 일 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 일 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메사; 상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층; 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층; 상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고, 상기 p 패드 금속층은 상기 n 패드 금속층을 둘러싸도록 형성된다.
- [10] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메사; 상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고, 상기 p 오믹 콘택층은 Ni/Rh을 포함한다.
- [11] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 그루브를 포함하는 메사; 상기 그루브 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층; 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층; 상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함한다.

발명의 효과

- [12] 본 발명의 실시예들에 따르면, 복수의 비아홀들을 채택함으로써 메사 내에 전류를 고르게 분산시킬 수 있는 심자외선 발광 다이오드를 제공할 수 있다. 더욱이, p형 오믹 콘택층으로 Ni/Rh을 채택함으로써 광 추출 효율이 향상된 심자외선 발광 다이오드가 제공될 수 있다. 또한, 발광 다이오드에 주입되는 전류 밀도를 증가시켜 개별 발광 다이오드의 광도를 증가시킬 수 있으므로, 특히, 세균이나 바이러스 등을 살균하기 위해 요구되는 발광 다이오드의 개수를 줄일 수 있으며, 살균 시간을 줄일 수 있다.
- [13] 본 발명의 장점 및 특징들에 대해서는 상세한 설명에서 자세하게 논의되거나 상세한 설명을 통해 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [14] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [15] 도 1b는 도 1a의 절취선 A-A'를 따라 취해진 개략적인 단면도이다.
- [16] 도 2a, 도 3a, 도 4a, 도 5a, 도 6a, 도 7a, 및 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이다.
- [17] 도 2b, 도 3b, 도 4b, 도 5b, 도 6b, 도 7b, 및 도 8b는 각각 도 2a, 도 3a, 도 4a, 도 5a, 도 6a, 도 7a, 및 도 8a의 절취선 A-A'를 따라 취해진 개략적인 단면도들이다.
- [18] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 자외선 발광 다이오드의 광 출력 분포를 나타내는 도면이다.
- [19] 도 10a는 p형 콘택층 상에 Ni/Au를 증착하고 열처리한 후의 계면을 나타내는 단면 SEM 사진이다.
- [20] 도 10b는 p형 콘택층 상에 Ni/Rh를 증착하고 열처리한 후의 계면을 나타내는 단면 SEM 사진들이다.
- [21] 도 11a, 도 11b, 및 도 11c는 본 발명의 실시예들에 따른 자외선 발광 다이오드의 비아홀 형상의 변형예들을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이다.
- [22] 도 12a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [23] 도 12b는 도 12a의 절취선 B-B'를 따라 취해진 개략적인 단면도이다.
- [24] 도 13a, 도 14a, 도 15a, 도 16a, 도 17a, 도 18a, 도 19a, 및 도 20a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이다.
- [25] 도 13b, 도 14b, 도 15b, 도 16b, 도 17b, 도 18b, 도 19b, 및 도 20b는 각각 도 13a, 도 14a, 도 15a, 도 16a, 도 17a, 도 18a, 도 19a, 및 도 20a의 절취선 B-B'를 따라 취해진 개략적인 단면도들이다.
- [26] 도 21는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드의 메사의 변형예를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [27] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드의 메사의 또 다른 변형예를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [28] 도 23a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [29] 도 23b는 도 23a의 절취선 C-C'를 따라 취해진 개략적인 단면도이다.
- [30] 도 24a, 도 25a, 도 26a, 도 27a, 도 28a, 도 29a, 도 30a, 및 도 31a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이다.
- [31] 도 24b, 도 25b, 도 26b, 도 27b, 도 28b, 도 29b, 도 30b, 및 도 31b는 각각 도 24a, 도 25a, 도 26a, 도 27a, 도 28a, 도 29a, 도 30a, 및 도 31a의 절취선 C-C'를 따라 취해진 개략적인 단면도들이다.
- [32] 도 32는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드의 메사의 변형예를

설명하기 위한 개략적인 평면도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [33] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예들은 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고, 도면들에 있어서, 구성요소의 폭, 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다. 또한, 하나의 구성요소가 다른 구성요소의 "상부에" 또는 "상에" 있다고 기재된 경우 각 부분이 다른 부분의 "바로 상부" 또는 "바로 상에" 있는 경우뿐만 아니라 각 구성요소와 다른 구성요소 사이에 또 다른 구성요소가 개재된 경우도 포함한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [34] 이하 설명되는 질화물계 반도체층들은 일반적으로 알려진 다양한 방법을 이용하여 성장될 수 있으며, 예를 들어, MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), MBE(Molecular Beam Epitaxy) 또는 HVPE(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 등의 기술을 이용하여 성장될 수 있다. 다만, 이하 설명되는 실시예들에서는, 반도체층들이 MOCVD를 이용하여 성장 챔버 내에서 성장된 것으로 설명된다. 질화물계 반도체층들의 성장 과정에서, 성장 챔버 내에 유입되는 소스들은 일반적으로 알려진 소스를 이용할 수 있으며, 예를 들어, Ga 소스로 TMGa, TEGa 등을 이용할 수 있고, Al 소스로 TMAI, TEAI 등을 이용할 수 있으며, In 소스로 TMIIn, TEIn 등을 이용할 수 있으며, N 소스로 NH₃를 이용할 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [35] 본 발명의 일 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 일 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메사; 상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층; 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층; 상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고, 상기 p 패드 금속층은 상기 n 패드 금속층을 둘러싸도록 형성된다.
- [36] 메사 내부에 복수의 비아홀들을 형성함으로써 전류를 균일하게 분산시킬 수 있으며, 나아가, 메사 내부에 비발광 영역이 형성되는 것을 방지할 수 있다. 종래에는 메사의 폭이 넓은 경우, n 오믹 콘택층으로부터 메사 내부까지의 거리가 커져 비발광 면적이 형성된다. 이에 반해, 본원에서는 메사 내부에 복수의 비아홀들을 배치하고, 비아홀들 내에 n 오믹 콘택층을 형성함으로써 메사 내부에 전류를 고르게 분산시킬 수 있다.

- [37] 일 실시예에 있어서, 상기 비아홀들은 별집 모양으로 배열될 수 있다. 따라서, 비아홀들이 서로 동일한 간격으로 이격될 수 있어 전류를 고르게 분산시킬 수 있다.
- [38] 한편, 상기 비아홀들은 상기 메시의 가장자리로부터 상기 비아홀들 사이의 간격 이상으로 이격될 수 있다.
- [39] 상기 n 패드 금속층은 상기 비아홀들을 덮을 수 있다.
- [40] 상기 p 패드 금속층은 상기 비아홀들과 상기 메시의 가장자리 사이에 위치할 수 있다.
- [41] 상기 n 범프 및 p 범프는 상기 메시의 상부 영역 내에 위치할 수 있다. 이에 따라, 상기 메시의 측면을 통해 광이 방출될 수 있다.
- [42] 상기 심자외선 발광 다이오드는, 상기 p 오믹 콘택층 및 n 오믹 콘택층을 덮는 하부 절연층을 더 포함할 수 있으며, 상기 하부 절연층은 상기 p 오믹 콘택층 및 n 오믹 콘택층들을 노출시키는 개구부들을 갖고, 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층은 각각 상기 하부 절연층의 개구부들을 통해 상기 n 오믹 콘택층 및 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속할 수 있다.
- [43] 상기 n 및 p 패드 금속층들을 덮는 상부 절연층을 더 포함할 수 있으며, 상기 상부 절연층은 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부들을 갖고, 상기 n 범프 및 p 범프는 상기 상부 절연층 상에 배치되며, 상기 상부 절연층의 개구부들을 통해 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층에 전기적으로 접속할 수 있다.
- [44] 일 실시예에 있어서, 상기 n 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메시의 일측 가장자리 근처에 배치되고, 상기 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메시의 반대측 가장자리 근처에 배치된다.
- [45] 일 실시예에 있어서, 상기 p형 반도체층은 p형 GaN층을 포함할 수 있으며, 상기 p형 GaN층은 200nm 이하의 두께를 가질 수 있다. 나아가, 상기 p 오믹 콘택층은 Ni/Rh을 포함할 수 있다.
- [46] 일 실시예에 있어서, 상기 n 패드 금속층은 Al층을 포함할 수 있다.
- [47] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메시; 상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고, 상기 p 오믹 콘택층은 Ni/Rh을 포함한다.
- [48] 상기 복수의 비아홀들은 서로 동일한 간격으로 이격될 수 있으며, 별집 모양으로 배열될 수 있다.
- [49] 나아가, 상기 심자외선 발광 다이오드는, 상기 n 오믹 콘택층들 및 p 오믹 콘택층을 덮는 하부 절연층; 상기 하부 절연층 상에 배치된 n 패드 금속층 및 p

패드 금속층을 더 포함할 수 있으며, 상기 하부 절연층은 상기 n 오믹 콘택층들 및 상기 p 오믹 콘택층을 각각 노출시키는 개구부들을 갖고, 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층은 각각 상기 개구부들을 통해 상기 n 오믹 콘택층들 및 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속하고, 상기 n 범프 및 p 범프는 각각 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층에 전기적으로 접속할 수 있다.

- [50] 상기 p 패드 금속층은 상기 n 패드 금속층을 둘러쌀 수 있다.
- [51] 또한, 상기 p 오믹 콘택층을 노출시키는 개구부는 상기 비아홀들을 둘러싸는 링 형상일 수 있다.
- [52] 일 실시예에 있어서, 상기 p 패드 금속층은 상기 비아홀들과 상기 메사의 가장자리 사이의 영역 상부 내에 위치할 수 있다. 이에 따라, 상기 p 패드 금속층은 메사의 측면을 덮지 않는다.
- [53] 상기 심자외선 발광 다이오드는, 상기 n 패드 금속층 및 상기 p 패드 금속층을 포함하는 상부 절연층을 더 포함할 수 있으며, 상기 상부 절연층은 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부들을 갖고, 상기 n 범프 및 p 범프는 각각 상기 상부 절연층의 개구부들을 통해 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층에 전기적으로 접속될 수 있다.
- [54] 상기 하부 절연층 및 상부 절연층은 상기 메사의 측면을 덮을 수 있다.
- [55] 한편, 상기 n 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메사의 일측 가장자리 근처에 배치되고, 상기 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메사의 반대측 가장자리 근처에 배치될 수 있다.
- [56] 상기 p형 반도체층은 p형 GaN층을 포함할 수 있으며, 상기 p형 GaN층은 200nm 이하의 두께를 갖고, 상기 Ni/Rh는 상기 p형 GaN층에 오믹 콘택할 수 있다.
- [57] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 심자외선 발광 다이오드는, 기판; 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층; 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며, 상기 n형 반도체층을 노출시키는 그루브를 포함하는 메사; 상기 그루브 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들; 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층; 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층; 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층; 상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및 상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함한다.
- [58] 상기 심자외선 발광 다이오드는 상기 n 오믹 콘택층들을 덮는 n 캐핑층; 및 상기 p 오믹 콘택층을 덮는 p 캐핑층을 더 포함할 수 있다.
- [59] 상기 그루브는 메사의 길이 방향으로 연장하되, 길이 방향의 메사의 길이와 그루브의 길이의 차이는 상기 그루브의 양측에 위치하는 메사 영역 각각의 폭보다 작거나 같을 수 있다.
- [60] 상기 그루브의 양측에 위치하는 메사 영역의 면적의 합은 메사 전체 면적의 1/2을 초과할 수 있다.
- [61] 상기 그루브의 양측에 위치하는 메사 영역의 일단의 모서리들은 굴곡진 형상을

- 가질 수 있다.
- [62] 상기 그루브의 양측에 위치하는 메사 영역의 일단의 모서리들 중 바깥쪽 모서리들에 각각 함몰부들이 형성될 수 있다.
- [63] 상기 그루브는 메사의 길이 방향으로 연장하는 메인 그루브; 및 상기 메인 그루브에 수직인 방향으로 연장하는 복수의 서브 그루브들을 가질 수 있다.
- [64] 상기 복수의 서브 그루브들은 길이 및 폭이 서로 다른 그루브들을 포함할 수 있다.
- [65] 상기 심자외선 발광 다이오드는 중심을 지나며 상기 서브 그루브에 평행한 직선에 대해 대칭 구조를 가질 수 있다.
- [66] 상기 심자외선 발광 다이오드는 중심을 지나며 상기 메인 그루브에 평행한 직선에 대해 비대칭 구조를 가질 수 있다.
- [67] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다.
- [68] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 평면도이고, 도 1b는 도 1의 절취선 A-A'를 따라 취해진 개략적인 단면도이다.
- [69] 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 본 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드는, 기판(21), n형 반도체층(23), 활성층(25), p형 반도체층(27), n 오믹 콘택층(31), p 오믹 콘택층(33), 하부 절연층(35), n 패드 금속층(37a), p 패드 금속층(37b), 상부 절연층(39), n 범프(41a), 및 p 범프(41b)를 포함할 수 있다.
- [70] 기판(21)은 질화물계 반도체를 성장시킬 수 있는 기판이면 특별히 한정되지 않으며, 예를 들어, 사파이어 기판, 실리콘 기판, 실리콘 카바이드 기판, 또는 스피넬 기판과 같은 이종 기판을 포함할 수 있고, 또한, 질화갈륨 기판, 질화알루미늄 기판 등과 같은 동종 기판을 포함할 수 있다.
- [71] n형 반도체층(23)은 기판(21) 상에 위치한다. n형 반도체층(23)은 예를 들어 AlN 버퍼층(약 $3.79\mu\text{m}$) 및 n형 AlGaN층을 포함할 수 있다. n형 AlGaN층은 Al 몰비가 0.8 이상인 하부 n형 AlGaN층(약 $2.15\mu\text{m}$), Al 몰비가 0.7 내지 0.8인 중간 AlGaN층(1.7nm) 및 약 66.5nm 두께의 상부 n형 AlGaN층을 포함할 수 있다. n형 반도체층(23)은 활성층에서 생성된 광이 투과할 수 있도록 활성층보다 높은 밴드갭을 갖는 질화물계 반도체로 형성된다. 사파이어 기판(21) 상에 질화갈륨계 반도체층을 성장시키는 경우, n형 반도체층(23)은 통상 결정 품질을 개선하기 위해 복수의 층들을 포함할 수 있다.
- [72] 메사(M)는 n형 반도체층(23)의 일부 영역 상에 배치된다. 메사(M)는 활성층(25) 및 p형 반도체층(27)을 포함한다. 일반적으로 n형 반도체층(23), 활성층(25) 및 p형 반도체층(27)을 순차로 성장한 후, p형 반도체층(27) 및 활성층(25)을 메사 식각 공정을 통해 패터닝함으로써 메사(M)가 형성된다.
- [73] 활성층(25)은 웰층 및 장벽층을 포함하는 단일 양자우물구조 또는 다중양자우물 구조일 수 있다. 웰층은 AlGaN 또는 AlInGaN로 형성될 수 있으며, 장벽층은 웰층보다 밴드갭이 넓은 AlGaN 또는 AlInGaN으로 형성될 수 있다.

예컨대, 각 웰층은 Al 몰비가 약 0.5인 AlGaIn으로 두께 약 3.1nm로 형성되고, 각 장벽층은 Al의 몰비가 0.7 이상인 AlGaIn으로 두께는 약 9nm 이상으로 형성될 수 있다. 특히, 첫 번째 장벽층은 12nm 이상의 두께로 다른 장벽층에 비해 더 두껍게 형성될 수 있다. 한편, 각 웰층의 상하에 접하여 Al 몰비가 0.7 내지 0.8인 AlGaIn층들이 각각 약 1nm의 두께로 배치될 수 있다. 다만, 마지막 웰층 상에 접하는 AlGaIn층의 Al 몰비는 전자블록층과 접하는 것을 고려하여 0.8 이상일 수 있다.

- [74] 한편, p형 반도체층(27)은 전자블록층 및 p형 GaN 콘택층을 포함할 수 있다. 전자 블록층은 활성층으로부터 전자가 p형 반도체층으로 오버플로우하는 것을 방지하여 전자와 정공의 재결합율을 향상시킨다. 전자 블록층은 예를 들어 Al 몰비가 약 0.8인 p형 AlGaIn으로 형성될 수 있으며, 예를 들어 55nm의 두께로 형성될 수 있다. 한편, p형 GaN 콘택층은 약 300nm의 두께로 형성될 수 있다. 전자 블록층은 생략될 수도 있다.
- [75] 한편, p형 GaN 콘택층은 오믹 콘택을 위해 사용된다. p형 GaN 콘택층은 활성층(25)에서 생성된 광을 흡수할 수 있다. 종래 기술은 p형 GaN 콘택층에 의한 자외선 흡수를 해결하지 못한다. 본 발명은 p형 GaN 콘택층의 두께를 줄임으로써 p형 GaN 콘택층에 의한 광 흡수를 줄인다. 종래 p형 GaN 콘택층은 일반적으로 300nm를 초과하는 두께로 형성되는 것이 일반적이지만, 본 실시예에서는 200nm 이하, 나아가 150nm 이하의 두께로 형성된다. 이에 따라, p형 GaN 콘택층에 의한 광 흡수를 줄여 광 추출 효율을 개선할 수 있다.
- [76] 상기 메사(M)는 일 방향으로 기다란 직사각형 외형을 가질 수 있으며, n형 반도체층(23)을 노출시키는 복수의 비아홀들(30h)을 포함한다. 비아홀들(30h)은 각각 e동심원 형상을 가질 수 있으며, 메사(M) 영역 내에서 서로 대체로 동일한 간격으로 배열될 수 있다. 도 2a에 잘 도시된 바와 같이, 비아홀들(30h)은 벌집 모양으로 배열될 수 있으며, 따라서, 비아홀들(30h) 사이의 간격을 균일하게 할 수 있다.
- [77] 비아홀들(30h)은 메사(M)의 단축 방향을 지나는 면에 대해 거울면 대칭 구조를 가질 수 있다. 이러한 거울면 대칭 구조는 메사(M) 내 전류 분산을 도와 발광 효율을 개선한다.
- [78] 한편, 비아홀들(27a)에 노출된 n형 반도체층(23) 상에 n 오믹 콘택층(31)이 배치된다. n 오믹 콘택층(31)은 복수의 금속층들을 증착한 후, 이 금속층들을 급속 열로잉 공정(rapid thermal alloy: RTA)을 통해 합금화함으로써 형성될 수 있다. 예를 들어, n 오믹 콘택층(31)은 Cr/Ti/Al/Ti/Au를 순차적으로 증착한 후, RTA 공정으로 합금화처리할 수 있다. 따라서, n 오믹 콘택층(31)은 Cr, Ti, Al, Au를 함유하는 열로이층이 된다.
- [79] n 오믹 콘택층(31)은 비아홀들(27a) 내에 배치된다. n 오믹 콘택층(31)은 비아홀들(30h) 내에서 활성층(25) 및 p형 반도체층(27)으로부터 이격된다. 종래의 심자외선 발광 다이오드는 일반적으로 메사(M) 둘레를 따라 메사(M)를

둘러싸는 n 오믹 콘택층을 형성하지만, 본 실시예는 메사(M) 둘레에 n 오믹 콘택층을 배치하지 않는다. 따라서, 메사(M)의 측면을 통해 방출되는 광이 n 오믹 콘택층(31) 등에 의해 차단되는 것을 방지할 수 있다.

- [80] p 오믹 콘택층(33)은 p형 반도체층(27) 상에 배치되어 p형 반도체층(27)에 오믹 콘택한다. p 오믹 콘택층(33)은 예를 들어, Ni/Rh를 증착한 후 RTA 공정을 통해 형성될 수 있다. p 오믹 콘택층(33)은 p형 반도체층(27)에 오믹 콘택하며, 메사(M) 상부 영역의 대부분, 예컨대 80% 이상을 덮는다. Rh은 Au에 비해 자외선에 대한 반사율이 높아 광 추출 효율을 개선하는데 유리하다. 본 명세서에서는, p형 GaN 콘택층의 두께를 줄여 p형 GaN 콘택층에 의한 광 흡수를 감소시키기 때문에, p형 반도체층(27)을 투과하는 광을 반사시키기 위해 p 오믹 콘택층(33)의 양호한 반사 성능이 요구된다.
- [81] 하부 절연층(35)은 메사(M)를 덮으며, p 오믹 콘택층(33) 및 n 오믹 콘택층(31)을 덮는다. 하부 절연층(35)은 또한, 메사(M) 주위 및 비아홀들(27a) 내에 노출된 n형 반도체층(23)을 덮는다. 한편, 하부 절연층(35)은 n 오믹 콘택층(31)에 전기적 접속을 허용하기 위한 개구부들(35a) 및 p 오믹 콘택층(33)에 전기적 접속을 허용하기 위한 개구부(35b)를 갖는다. 개구부(35b)는 링 형상으로 비아홀들(30h) 전체를 둘러싸도록 형성될 수 있다.
- [82] 하부 절연층(35)은 예를 들어 SiO₂로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 분포 브래그 반사기로 형성될 수도 있다.
- [83] 한편, n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b)이 하부 절연층(35) 상에 배치된다. n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b)은 동일한 금속층으로 동일 공정에서 함께 형성되어 동일 레벨, 즉, 하부 절연층(35) 상에 배치될 수 있다. n 및 p 패드 금속층(37a, 37b)은 예를 들어 Al층을 포함할 수 있다.
- [84] n 패드 금속층(37a)은 하부 절연층(35)의 개구부들(35a)을 통해 n 오믹 콘택층들(31)에 전기적으로 접속한다. n 오믹 콘택층들(31)은 n 패드 금속층(37a)에 의해 서로 전기적으로 연결된다. n 패드 금속층(37a)은 메사(M) 영역 내에 한정되어 배치될 수 있다. n 패드 금속층(37a)은 비아홀(30h) 내에서 메사(M)의 측면을 통해 방출된 광을 반사시키는 반사층(제2 반사층)으로 기능할 수 있으며, 이에 따라, 발광 다이오드의 광 효율을 향상시킨다.
- [85] 한편, p 패드 금속층(37b)은 하부 절연층(35)의 개구부(35b)를 통해 p 오믹 콘택층(33)에 전기적으로 연결될 수 있다. p 패드 금속층(37b)은 개구부(35b)를 덮을 수 있으며, 링 형상으로 n 패드 금속층(37a)을 둘러쌀 수 있다. p 패드 금속층(37b)은 메사(M)의 측면을 가지지 않도록 메사(M) 상부 영역 내에 한정될 수 있다.
- [86] 상부 절연층(39)은 n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b)을 덮는다. 다만, 상부 절연층(39)은 n 패드 금속층(37a)을 노출시키는 개구부들(39a) 및 메사(M) 상부에 p 패드 금속층(37b)을 노출시키는 개구부(39b)를 갖는다. 개구부(39a)는 메사(M)의 일측 가장자리 근처에서 n 패드 금속층(37a)을 노출시키며,

- 개구부(39b)는 메사(M)의 반대측 가장자리 근처에서 p 패드 금속층(37b)을 노출시킬 수 있다.
- [87] 복수의 개구부들(39a)이 배치될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 하나의 개구부(39a)가 배치될 수도 있다. 또한, 도면에서 개구부(39b)는 C 형상으로 연속적으로 형성된 것으로 나타내지만, 복수의 개구부들(39b)이 서로 이격되어 배치될 수도 있다. 상부 절연층(39)은 예를 들어, 실리콘 질화물 또는 실리콘 산화물로 형성될 수 있다.
- [88] n 범프(41a) 및 p 범프(41b)는 상부 절연층(39) 상에 위치한다. n 범프(41a)는 개구부들(39a)을 덮고 개구부들(39a)을 통해 노출된 n 패드 금속층(37a)에 접촉한다. n 범프(41a)는 n 패드 금속층(37a) 및 n 오믹 콘택층(31)을 통해 n형 반도체층(23)에 전기적으로 접촉된다. n 범프(41a) 및 p 범프(41b)의 바깥쪽 가장자리는 메사(M)의 측면을 가리지 않도록 메사(M) 상부에 배치될 수 있다.
- [89] p 범프(41b)는 개구부(39b)를 덮고 개구부(39b)을 통해 노출된 p 패드 금속층(37b)에 접촉한다. p 범프(41b)는 p 패드 금속층(37b) 및 p 오믹 콘택층(33)을 통해 p형 반도체층(27)에 전기적으로 접촉된다.
- [90] n 범프(41a) 및 p 범프(41b)는 예를 들어 Ti/Au/Cr/Au로 형성될 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, n 범프(41a)와 p 범프(41b)는 서로 대향하여 배치될 수 있으며, 각각 메사(M) 면적의 약 1/3을 점유할 수 있다. n 범프(41a) 및 p 범프(41b)의 면적을 상대적으로 넓게 함으로써, 발광 다이오드에서 생성된 열을 쉽게 방출할 수 있어 발광 다이오드의 성능을 향상시킬 수 있다.
- [91] 나아가, 상기 개구부들(39a, 39b)은 n 범프(41a) 및 p 범프(41b)로 가려지며, 따라서 외부로부터 수분이나 솔더 등이 개구부들(39a, 39b)을 통해 침투하는 것이 방지될 수 있어 신뢰성이 향상된다.
- [92] 한편, 도시하지는 않았지만, 기관(21)의 광 방출면 측에 반사 방지층이 배치될 수 있다. 반사 방지층은 SiO₂와 같은 투명 절연층을 예를 들어 자외선 파장의 1/4의 정수배 두께로 형성될 수 있다. 이와 달리, 반사 방지층으로 굴절률이 서로 다른 층들을 반복 적층한 밴드패스 필터가 사용될 수도 있다.
- [93] 도 2a, 도 3a, 도 4a, 도 5a, 도 6a, 도 7a, 및 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이고, 도 2b, 도 3b, 도 4b, 도 5b, 도 6b, 도 7b, 및 도 8b는 각각 도 2a, 도 3a, 도 4a, 도 5a, 도 6a, 도 7a, 및 도 8a의 절취선 A-A'를 따라 취해진 개략적인 단면도들이다.
- [94] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 우선, 기관(21) 상에 n형 반도체층(23), 활성층(25), 및 p형 반도체층(27)이 성장된다.
- [95] 기관(21), n형 반도체층(23), 활성층(25), 및 p형 반도체층(27)은 앞서 설명한 바와 동일하므로 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다. 다만, p형 반도체층(27)은 활성층(25)의 우물층보다 밴드갭이 작은 반도체층, 예컨대 GaN층을 포함할 수 있다. 특히, p형 GaN층은 오믹 콘택을 위해 사용될 수 있다. 우물층보다 밴드갭이 작은 반도체층은 그 두께가 200nm 이하, 나아가 150nm

이하의 두께로 제어된다.

- [96] 한편, p형 반도체층(27) 및 활성층(25)을 패터닝하여 메사(M)가 형성된다. 메사(M)는 대체로 기다란 형상의 직사각형일 수 있으나, 특정 형상에 한정되는 것은 아니다. 메사(M)를 형성함에 따라 메사(M) 둘레를 따라 n형 반도체층(23)이 노출될 수 있다. 또한, 메사(M) 영역 내부에 복수의 비아홀들(30h)이 형성된다. 비아홀들(30h)은 n형 반도체층(23)을 노출시킨다. 비아홀들(30h)은 서로 대체로 동일한 간격으로 이격될 수 있으며, 예를 들어, 벌집 모양 구조로 배열될 수 있다. 나아가, 비아홀들(30h)은 메사(M)의 가장자리로부터 비아홀들(30h) 사이의 간격 이상으로 이격될 수 있다.
- [97] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 비아홀들(30h)의 바닥면에 n 오믹 콘택층들(31)이 형성된다. n 오믹 콘택층들(31)은 예를 들어 Cr/Ti/Al/Ti/Au를 순차적으로 증착한 후, RTA 공정으로 합금화처리할 수 있다. 예를 들어, n 오믹 콘택층(31)은 약 965°C에서 30초 동안 RTA 공정으로 합금화처리될 수 있다.
- [98] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, n 오믹 콘택층(31)이 형성된 후, 메사(M) 상에 p 오믹 콘택층(33)이 형성된다. p 오믹 콘택층(33)은 p형 반도체층(27)에 오믹 콘택한다. 특히, p 오믹 콘택층(33)은 p형 GaN층에 오믹 콘택할 수 있다.
- [99] p 오믹 콘택층(33)은 Au 또는 Rh과 같은 반사 금속층을 포함할 수 있다. 예를 들어, Ni/Au 또는 Ni/Rh를 증착한 후, RTA 공정으로 합금화처리될 수 있다. Ni/Au는 예를 들어, 590°C에서 80초 동안 열처리 될 수 있다. 이에 반해, Ni/Rh는 상대적으로 더 낮은 온도에서 장시간 동안 열처리될 수 있으며, 예를 들어, 500°C에서 5분 동안 열처리 될 수 있다. Rh는 Au에 비해 자외선에 대한 반사율이 높아 광 추출 효율을 더 높일 수 있다.
- [100] 나아가, Ni/Rh는 Ni/Au에 비해 p형 콘택층(27)과 p 오믹 콘택층(33)의 계면이 매끄럽게 형성되어 안정한 오믹 저항 특성을 나타낼 수 있어 유리하다. 또한, 본 발명은 p형 GaN 콘택층의 두께를 작게 하여 p형 콘택층(27)에 의한 광 흡수를 줄이기 때문에, p 오믹 콘택층(33)에 의해 반사되는 광량이 증가한다. 따라서, 반사율이 상대적으로 높은 Rh를 사용함으로써 광 추출 효율을 개선할 수 있다.
- [101] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 메사(M) 상에 하부 절연층(35)이 형성된다. 하부 절연층(35)은 메사(M)의 측면 및 상면을 덮는다. 하부 절연층(35)은 n 오믹 콘택층(31) 및 p 오믹 콘택층(33)을 덮는다. 한편, 하부 절연층(35)은 n 오믹 콘택층들(31)을 노출시키는 개구부들(35a) 및 p 오믹 콘택층(33)을 노출시키는 개구부(35b)를 갖는다.
- [102] 하부 절연층(35)의 개구부(35b)는 비아홀들(30h) 전체의 둘레를 따라 링 형상으로 형성될 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 복수의 개구부들이 p 오믹 콘택층(33)을 노출시키도록 형성될 수 있다. 예를 들어, 링 형상의 개구부(35b) 중 비아홀(30h)에 가까운 부분은 하부 절연층(35)으로 덮이고, 비아홀(30h)로부터 상대적으로 멀리 떨어진 부분들에 개구부들이 형성될 수도 있다.

- [103] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 하부 절연층(35) 상에 n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b)이 형성된다. n 패드 금속층(37a)은 비아홀들(30h)을 덮도록 형성되며, 비아홀들(30h) 내의 n 오믹 콘택층들(31)에 전기적으로 접속할 수 있다. n 패드 금속층(37a)은 또한, 비아홀들(30h)의 내벽을 덮을 수 있다.
- [104] p 패드 금속층(37b)은 개구부(35b)를 덮을 수 있으며, 개구부(35b)에 노출된 p 오믹 콘택층(33)에 전기적으로 접속할 수 있다. p 패드 금속층(37b)은 n 패드 금속층(37a)을 둘러싸도록 링 형상으로 형성될 수 있다. p 패드 금속층(37b)은 메사(M)의 측면을 덮도록 형성될 수도 있으나, 메사(M)의 측면으로 방출되는 광을 가리지 않도록 메사(M) 상부에 한정되도록 형성될 수도 있다.
- [105] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 상부 절연층(39)이 n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b) 상에 형성된다. 상부 절연층(39)은 n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b)을 덮고 아울러 메사(M)의 측면을 덮을 수 있다.
- [106] 한편, 상부 절연층(39)은 n 패드 금속층(37a) 및 p 패드 금속층(37b)을 노출시키는 개구부들(39a, 39b)을 갖는다. 개구부들(39a)은 n 패드 금속층(37a)을 노출시키며, 개구부(39b)은 p 패드 금속층(37b)을 노출시킨다. 개구부들(39a)은 메사(M)의 일측 가장자리 근처에 형성될 수 있으며, 개구부(39b)은 개구부들(39a)에 대하여 메사(M)의 반대측 가장자리 근처에 형성될 수 있다.
- [107] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, n 범프(41a) 및 p 범프(41b)가 상부 절연층(39) 상에 형성된다. n 범프(41a)는 개구부들(39a)을 통해 n 패드 금속층(37a)에 전기적으로 접속하고, p 범프(41b)는 개구부(39b)를 통해 p 패드 금속층(37b)에 전기적으로 접속한다.
- [108] n 범프(41a) 및 p 범프(41b)는 각각 메사(M)의 측면을 부분적으로 덮을 수도 있지만, 메사(M)의 상부 영역에 한정되도록 형성될 수 있다.
- [109] 본 실시예에 따르면, 메사(M) 영역 내에 비아홀들(30h)을 형성하고 n 오믹 콘택층들(31)을 형성함으로써 메사(M)의 전체 영역에 전류를 균일하게 분산시킬 수 있다. 또한, 활성층(25)에서 생성된 광을 흡수하는 p형 GaN 콘택층의 두께를 작게 하고 Ni/Rh을 p 오믹 콘택층(33)으로 사용함으로써 광 추출 효율을 개선할 수 있다.
- [110] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 자외선 발광 다이오드의 광 출력 분포를 나타내는 도면이다. 여기서, 빨강색에 가까울수록 자외선을 강하게 방출하며, 파랑색에 가까울수록 광을 약하게 방출한다. 여기서, 발광 다이오드의 면적은 약 950um×600um이고, 100mA의 전류를 인가하였다.
- [111] 도 9를 참조하면, 비아홀들(30h)이 배치된 영역들을 제외하고 메사(M)의 거의 전 영역에 걸쳐서 광이 방출되는 것을 알 수 있다. 전류 분산이 양호하므로, 전류 밀도를 증가시켜 발광 다이오드의 광도를 더욱 향상시킬 수 있다.
- [112] 도 10a 및 도 10b는 각각 p형 콘택층 상에 Ni/Au 및 Ni/Rh을 증착하고 열처리 후의 계면을 나타내는 단면 SEM 사진들이다.
- [113] 도 10a에 도시되듯이, Ni/Au를 사용한 경우, 어닐링 공정 후에 다수의

보이드들이 관찰되었으며, Ni/Au층의 두께가 불균일하다. 이에 반해, 도 10b에 도시되듯이, Ni/Rh를 사용한 경우, 어닐링 공정 후에도 오믹 콘택층의 두께가 대체로 균일하며, 보이드들이 관찰되지 않는다.

- [114] 또한, 동일 구조의 발광 다이오드에서 p 오믹 콘택층으로 Ni/Rh를 사용한 발광 다이오드와 Ni/Au를 사용한 발광 다이오드를 비교한 결과, Ni/Rh를 사용한 발광 다이오드가 상대적으로 작은 순방향 전압(Vf)을 나타내었으며, 약 6%의 광 출력 향상을 보였다.
- [115] 도 11a, 도 11b, 및 도 11c는 본 발명의 실시예들에 따른 자외선 발광 다이오드의 비아홀 형상의 변형예들을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이다.
- [116] 앞의 실시예들에서 비아홀(30h)은 원형 형상을 갖는 것으로 도시 및 설명하였지만, 비아홀의 형상은 원형에 한정되는 것은 아니다. 도 11a에 도시한 바와 같이, 비아홀(30h')은 원형 형상에서 함몰부들(30hc)이 형성되어 변형된 십자 형상을 가질 수 있다. 함몰부들(30hc)은 등간격으로 4부분에 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 하나의 비아홀(30h')의 볼록한 부분이 서로 인접한 두 개의 비아홀들(30h')의 함몰부들 사이를 향하도록 비아홀들(30h')이 배치될 수 있다. 나아가, 세 개의 비아홀들(30h')이 서로 정삼각형의 꼭지점 위치에 배치될 수 있다.
- [117] 한편, 도 11b에 도시되듯이, 메사(M)의 가장자리 근처에 위치하는 비아홀(30h'')은 십자 형상에서 변형된 형상을 가질 수 있다. 즉, 비아홀(30h'')은 메사(M)의 가장자리에 평행한 직선 부분을 포함할 수 있다. 비아홀(30h'')은 도 11a에 도시된 비아홀(30h')의 1/2에 해당하는 영역일 수 있다. 따라서, 비아홀(30h'')은 2개의 함몰부들만을 가질 수 있다.
- [118] 한편, 도 11c에 도시된 바와 같이, 비아홀(30h''')은 다각형 형상을 가질 수 있다. 비아홀(30h''')은 평면 측벽을 포함할 수 있으며, 인접한 비아홀들(30h''')은 점선으로 표시한 바와 같이 평면 측벽을 마주할 수 있다.
- [119] 본 실시예에서 다양한 형상의 비아홀들을 도시 및 설명하지만, 본 발명이 이들 비아홀들(30h, 30h', 30h'', 30h''')의 형상에 한정되는 것은 아니며, 다른 다양한 형상을 가질 수 있다. 비아홀(30h)의 형상 및 크기는 오믹 콘택 영역의 크기나 발광 영역의 크기에 영향을 미친다. 따라서, 발광 강도의 크기를 조절하기 위해 비아홀(30h)의 형상을 다양하게 변형할 수 있다.
- [120] 도 12a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 평면도이고, 도 12b는 도 12a의 절취선 B-B'를 따라 취해진 개략적인 단면도이다.
- [121] 도 12a 및 도 12b를 참조하면, 본 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드는, 기판(121), n형 반도체층(123), 활성층(125), p형 반도체층(127), n 오믹 콘택층(131a, 131b), p 오믹 콘택층(133), n 캐핑층(134a), p 캐핑층(134b), 하부 절연층(135), n 패드 금속층(137a), p 패드 금속층(137b), 상부 절연층(139), n 범프(141a), 및 p 범프(141b)를 포함할 수 있다.

- [122] 기판(121)은 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 기판(21)과 유사하므로, 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다. n형 반도체층(123)은 기판(121) 상에 위치한다. n형 반도체층(123)은 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 n형 반도체층(23)과 대체로 유사하다. 다만, n형 반도체층(123)의 가장자리들은 기판(121)의 가장자리로 둘러싸인 영역 내측에 위치할 수 있으며, 따라서, n형 반도체층(123)의 가장자리들을 따라 기판(121)의 상면이 노출될 수 있다.
- [123] 메사(M)는 n형 반도체층(123)의 일부 영역 상에 배치된다. 메사(M)는 활성층(125) 및 p형 반도체층(127)을 포함한다. 일반적으로 n형 반도체층(123), 활성층(125) 및 p형 반도체층(127)을 순차로 성장한 후, p형 반도체층(127) 및 활성층(125)을 메사 식각 공정을 통해 패터닝함으로써 메사(M)가 형성된다.
- [124] 활성층(125) 및 p형 반도체층(127)의 적층 구조는 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 바와 유사하므로, 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다.
- [125] 상기 메사(M)는 일 방향으로 기다란 직사각형 외형을 가질 수 있으며, n형 반도체층(123)을 노출시키는 그루브(130g)를 포함한다. 그루브(130g)는 메사(M)의 길이 방향을 따라 연장할 수 있다. 도 12a에 도시한 바와 같이, 그루브(130g)는 메사(M)의 일측 가장자리에서 메사(M)의 길이 방향을 따라 타측 가장자리를 향해 연장할 수 있다. 그루브(130g)에 의해 그루브(130g) 양측에 메사 영역이 배치된다. 그루브(130g)의 길이는 메사(M)의 길이의 1/2을 초과한다. 달리 말해, 그루브(130g)의 길이는 그루브(130g)의 내측 단부와 메사(M)의 타측 가장자리 사이의 거리보다 크다. 나아가, 그루브(130g)의 내측 단부와 메사(M)의 타측 가장자리 사이의 거리는 그루브(130g)의 양측에 배치된 메사 영역의 폭보다 작을 수 있다.
- [126] 그루브(130g)는 직선 형상을 가질 수 있으며, 메사(M)는 발광 다이오드의 중심을 지나며 그루브(130g)에 평행한 직선에 대해 대칭 구조를 가질 수 있다.
- [127] 한편, 메사(M)의 모서리들은 굴곡진 형상을 가질 수 있다. 메사(M)의 가장자리는 직선 영역과 그 양측에 위치하는 곡선 영역들을 포함할 수 있다. 메사(M)의 모서리 부분을 굴곡지게 형성함으로써 모서리 부분에서 집광되어 광 흡수에 의해 손실이 발생하는 것을 방지할 수 있다.
- [128] 한편, n 오믹 콘택층(131a)은 그루브(130g)에 의해 노출된 n형 반도체층(123) 상에 배치된다. n 오믹 콘택층(131b)은 메사(M) 둘레를 따라 노출된 n형 반도체층(123) 상에 배치된다. n 오믹 콘택층(131a)은 n 오믹 콘택층(131b)과 연결될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. n 오믹 콘택층(131a, 131b)은 메사(M)로부터 이격되어 메사(M)를 둘러쌀 수 있다.
- [129] n 오믹 콘택층(131a, 131b)의 재료 및 형성 방법은 도 1a 및 도 1를 참조하여 설명한 n 오믹 콘택층(31)의 재료 및 형성 방법과 유사하므로 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다.
- [130] p 오믹 콘택층(133)은 p형 반도체층(127) 상에 배치되어 p형 반도체층(127)에 오믹 콘택한다. p 오믹 콘택층(133)은 예를 들어, Ni/Rh 또는 Ni/Au를 이용하여

형성될 수 있다. p 오믹 콘택층(133)은 p형 반도체층(127)에 오믹 콘택하며, 메사(M) 상부 영역의 대부분, 예컨대 80% 이상을 덮는다.

- [131] n 캐핑층(134a)은 n 오믹 콘택층들(131a, 131b)의 상면 및 측면을 덮을 수 있다. p 캐핑층(134b)은 p 오믹 콘택층(133)의 상면 및 측면을 덮을 수 있다. n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)은 각각 n 오믹 콘택층들(131a, 131b) 및 p 오믹 콘택층(133)이 식각 또는 산화 등에 의해 손상되는 것을 방지한다. n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)은 동일 재질의 금속으로 동일 공정에서 함께 형성될 수 있다. 예를 들어, n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)은 Ti/Au/Ti로 형성될 수 있다.
- [132] 하부 절연층(135)은 메사(M)를 덮으며, n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)을 덮는다. 하부 절연층(135)은 또한, 메사(M) 주위 및 그루브(130g) 내에 노출된 n형 반도체층(123)을 덮는다. 나아가, 하부 절연층(135)은 n형 반도체층(123) 주위에 노출된 기판(121)의 일부를 덮을 수 있다. 한편, 하부 절연층(135)은 n 오믹 콘택층(131a, 131b)에 전기적 접속을 허용하기 위한 개구부들(135a) 및 p 오믹 콘택층(133)에 전기적 접속을 허용하기 위한 개구부(135b)를 갖는다. 개구부(135a)는 n 오믹 콘택층(131a, 131b) 또는 n 캐핑층(134a)의 형상과 유사한 형상을 가질 수 있다. 즉, 개구부(135a)는 메사(M)를 둘러싸며 또한 그루브(130g) 내로 연장된다. 개구부(135a)의 폭은 n 캐핑층(134a)의 폭보다 작을 수 있으며, 따라서, n형 반도체층(123)은 개구부(135a)를 통해 노출되지 않을 수 있다. 한편, 개구부(135b)는 메사(M) 상부 영역 내에 위치하며, p 캐핑층(134b)을 노출시킨다. 복수의 개구부들(135b)이 p 캐핑층(134b) 상에 배치될 수 있다. 특히, 개구부들이 그루브(130g)의 양측에 대칭적으로 배치될 수 있다.
- [133] 하부 절연층(135)은 예를 들어 SiO₂로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 분포 브래그 반사기로 형성될 수도 있다. 특히, 하부 절연층(135)은 전방향 반사기(omni-directional reflector, ODR)를 구성하도록 형성될 수 있다. 예를 들어, 하부 절연층(135)은 약 10,000Å의 SiO₂로 형성될 수 있다.
- [134] 한편, n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b)이 하부 절연층(135) 상에 배치된다. n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b)은 동일한 금속층으로 동일 공정에서 함께 형성되어 동일 레벨, 즉, 하부 절연층(135) 상에 배치될 수 있다. n 및 p 패드 금속층(137a, 137b)은 예를 들어 Al층을 포함할 수 있다.
- [135] n 패드 금속층(137a)은 하부 절연층(135)의 개구부(135a)를 통해 n 오믹 콘택층들(131a, 131b)에 전기적으로 접속한다. n 패드 금속층(137a)은 하부 절연층(135)의 개구부(135a)를 통해 n 캐핑층(134a)에 직접 접촉할 수 있다. n 패드 금속층(137a)은 메사(M)의 대부분의 영역을 덮고, 또한, 메사(M) 주위의 영역을 덮을 수 있다. n 패드 금속층(137a)은 하부 절연층(135)과 함께 ODR을 구성할 수 있다.
- [136] 한편, p 패드 금속층(137b)은 하부 절연층(135)의 개구부(135b)를 통해 p 오믹 콘택층(133)에 전기적으로 연결될 수 있다. p 패드 금속층들(137b)이

개구부들(135b) 각각을 덮을 수 있다. p 패드 금속층들(137b)은 각각 n 패드 금속층(137a)으로 둘러싸일 수 있다. p 패드 금속층들(37b)은 메사(M) 상부 영역 내에 한정될 수 있다. 본 실시예에 있어서, 메사(M)의 측면은 모두 n 패드 금속층(137a)으로 덮인다. 따라서, 메사(M) 측면에서 광 손실이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

- [137] 상부 절연층(139)은 n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b)을 덮는다. 다만, 상부 절연층(139)은 n 패드 금속층(137a)을 노출시키는 개구부들(139a) 및 p 패드 금속층(137b)을 노출시키는 개구부들(139b)을 가질 수 있다. 개구부(139a)는 메사(M)의 일측 가장자리 근처에서 n 패드 금속층(137a)을 노출시키며, 개구부들(139b)은 메사(M)의 반대측 가장자리 근처에서 p 패드 금속층(137b)을 노출시킬 수 있다. 개구부들(139a) 및 개구부들(139b)은 그루브(130g)를 지나는 선에 대해 대칭적으로 배치될 수 있으나, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [138] 상부 절연층(139)은 예를 들어, 실리콘 질화물 또는 실리콘 산화물로 형성될 수 있다.
- [139] n 범프(141a) 및 p 범프(141b)는 상부 절연층(139) 상에 위치한다. n 범프(141a)는 개구부들(139a)을 덮고 개구부들(139a)을 통해 노출된 n 패드 금속층(137a)에 접촉한다. n 범프(141a)는 n 패드 금속층(137a) 및 n 오믹 콘택층(131a, 131b)을 통해 n형 반도체층(123)에 전기적으로 접촉된다. n 범프(141a) 및 p 범프(141b)는 메사(M)의 측면을 부분적으로 덮을 수도 있다.
- [140] p 범프(141b)는 개구부들(139b)을 덮고 개구부들(139b)을 통해 노출된 p 패드 금속층(137b)에 접촉한다. p 범프(141b)는 p 패드 금속층(137b) 및 p 오믹 콘택층(133)을 통해 p형 반도체층(127)에 전기적으로 접촉된다.
- [141] n 범프(141a) 및 p 범프(141b)는 Ti/Au를 포함할 수 있으며, 예를 들어 Ti/Au/Cr/Au, 또는 Ti/Ni/Ti/Ni/TiNi/Ti/Au 등으로 형성될 수 있다. 도 12a에 도시된 바와 같이, n 범프(141a)와 p 범프(141b)는 서로 대향하여 배치될 수 있으며, 각각 메사(M) 면적의 약 1/3을 점유할 수 있다. n 범프(141a) 및 p 범프(141b)의 면적을 상대적으로 넓게 함으로써, 발광 다이오드에서 생성된 열을 쉽게 방출할 수 있어 발광 다이오드의 성능을 향상시킬 수 있다.
- [142] 나아가, 상기 개구부들(139a, 139b)은 n 범프(141a) 및 p 범프(141b)로 가려지며, 따라서 외부로부터 수분이나 솔더 등이 개구부들(139a, 139b)을 통해 침투하는 것이 방지될 수 있어 신뢰성이 향상된다.
- [143] 한편, 도시하지는 않았지만, 기관(121)의 광 방출면 측에 반사 방지층이 배치될 수 있다. 반사 방지층은 SiO₂와 같은 투명 절연층을 예를 들어 자외선 파장의 1/4의 정수배 두께로 형성될 수 있다. 이와 달리, 반사 방지층으로 굴절률이 서로 다른 층들을 반복 적층한 밴드패스 필터가 사용될 수도 있다.
- [144] 도 13a, 도 14a, 도 15a, 도 16a, 도 17a, 도 18a, 도 19a, 및 도 20a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인

평면도들이고, 도 13b, 도 14b, 도 15b, 도 16b, 도 17b, 도 18b, 도 19b, 및 도 20b는 각각 도 13a, 도 14a, 도 15a, 도 16a, 도 17a, 도 18a, 도 19a, 및 도 20a의 절취선 B-B'를 따라 취해진 개략적인 단면도들이다.

- [145] 도 13a 및 도 13b를 참조하면, 우선, 기판(121) 상에 n형 반도체층(123), 활성층(125), 및 p형 반도체층(127)이 성장된다.
- [146] 기판(121), n형 반도체층(123), 활성층(125), 및 p형 반도체층(127)은 앞서 설명한 바와 동일하므로 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다.
- [147] 한편, p형 반도체층(127) 및 활성층(125)을 패터닝하여 메사(M)가 형성된다. 메사(M)는 대체로 기다란 형상의 직사각형일 수 있으나, 특정 형상에 한정되는 것은 아니다. 메사(M)를 형성함에 따라 메사(M) 둘레를 따라 n형 반도체층(123)이 노출될 수 있다. 또한, 메사(M) 영역 내부에 그루브(130g)가 형성된다. 그루브(130g)는 메사(M)의 길이 방향을 따라 일측 가장자리에서 타측 가장자리를 향해 연장될 수 있다. 그루브(130g)의 내측 끝단은 타측 가장자리 근처에 위치할 수 있다. 그루브(130g)의 양측에 배치된 메사 영역들은 서로 동일할 수 있으며, 각 메사 영역의 폭은 그루브(130g)의 내측 끝단과 메사(M)의 타측 가장자리 사이의 거리보다 크거나 같을 수 있다.
- [148] 도 14a 및 도 14b를 참조하면, n형 반도체층(123) 상에 n 오믹 콘택층들(131a, 131b)이 형성된다. n 오믹 콘택층들(131a, 131b)은 예를 들어 Cr/Ti/Al/Ti/Au를 순차적으로 증착한 후, RTA 공정으로 합금화처리하여 형성될 수 있다. 예를 들어, n 오믹 콘택층(31)은 약 965°C에서 30초 동안 RTA 공정으로 합금화처리될 수 있다. n 오믹 콘택층(131a)은 그루브(130g)에 의해 노출된 n형 반도체층(123) 상에 형성되고, n 오믹 콘택층(131b)은 메사(M) 주위에 노출된 n형 반도체층(123) 상에 형성된다. n 오믹 콘택층(131a)은 n 오믹 콘택층(131b)에서 연장될 수 있다. n 오믹 콘택층(131a)과 n 오믹 콘택층(131b)을 연속적으로 형성함으로써 전류 분산을 도울 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, n 오믹 콘택층(131a)은 n 오믹 콘택층(131b)으로부터 이격될 수도 있다.
- [149] 도 15a 및 도 15b를 참조하면, n 오믹 콘택층(131a, 131b)이 형성된 후, 메사(M) 상에 p 오믹 콘택층(133)이 형성된다. p 오믹 콘택층(133)은 p형 반도체층(127)에 오믹 콘택한다. 특히, p 오믹 콘택층(133)은 p형 GaN층에 오믹 콘택할 수 있다.
- [150] p 오믹 콘택층(133)은 Au 또는 Rh과 같은 반사 금속층을 포함할 수 있다. 예를 들어, Ni/Au 또는 Ni/Rh를 증착한 후, RTA 공정으로 합금화처리될 수 있다.
- [151] 도 16a 및 도 16b를 참조하면, n형 반도체층(123)을 분리하는 아이솔레이션 공정이 수행된다. 즉, 이웃하는 발광 다이오드 영역들 사이의 n형 반도체층(123)이 제거되어 기판(121) 상면이 노출된다. 아이솔레이션 공정을 추가함으로써 발광 다이오드들의 개별화를 도울 수 있다.
- [152] 도 17a 및 도 17b를 참조하면, n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)이 형성된다. n 캐핑층(134a)은 n형 오믹 콘택층들(131a, 131b)의 상면 및 측면을 덮고, p 캐핑층(134b)은 p형 오믹 콘택층(133)의 상면 및 측면을 덮는다. n 캐핑층(134a)

- 및 p 캐핑층(134b)은 예컨대 Ti/Au/Ti로 형성될 수 있다.
- [153] 도 18a 및 도 18b를 참조하면, 메사(M)를 덮는 하부 절연층(135)이 형성된다. 하부 절연층(135)은 메사(M)의 측면 및 상면을 덮는다. 하부 절연층(135)은 또한 n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)을 덮는다. 하부 절연층(135)은 n형 반도체층(223)의 측면을 덮을 수 있으며, n형 반도체층(223) 주위에 노출된 기관(221)을 부분적으로 덮을 수 있다. 한편, 하부 절연층(135)은 n 캐핑층(134a) 및 p 캐핑층(134b)을 노출시키는 개구부들(135a, 135b)을 갖는다.
- [154] 하부 절연층(135)의 개구부(135a)는 n 캐핑층(134a)을 노출시키며, 개구부(135b)는 p 캐핑층(134b)을 노출시킨다. 복수의 개구부들(135b)이 p 캐핑층(134b) 상에 형성될 수 있다. 도시한 바와 같이, 개구부들(135b)이 그루브(130g)의 양측에 대칭적으로 배치될 수 있다.
- [155] 도 19a 및 도 19b를 참조하면, 하부 절연층(135) 상에 n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b)이 형성된다. n 패드 금속층(137a)은 개구부(135a)를 통해 n 캐핑층(134a)에 전기적으로 접속할 수 있으며, p 패드 금속층(137b)은 개구부(135b)를 통해 p 캐핑층(134b)에 전기적으로 접속할 수 있다. 도시한 바와 같이, n 패드 금속층(137a)은 p 패드 금속층들(137b)을 둘러쌀 수 있다.
- [156] n 패드 금속층(137a)은 개구부(135a)를 덮을 수 있으며, p 패드 금속층(137b)은 개구부(135b)를 덮을 수 있다. 또한, n 패드 금속층(137a)은 메사(M)의 측면을 연속적으로 덮을 수 있으며, 이에 따라, 메사(M) 측면에서 광 반사율을 향상시킬 수 있다.
- [157] 도 20a 및 도 20b를 참조하면, 상부 절연층(139)이 n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b) 상에 형성된다. 상부 절연층(139)은 n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b)을 덮고 아울러 n형 반도체층(123)의 가장자리를 덮을 수 있다. 상부 절연층(139)은 또한 기관(121)의 상면 일부를 덮을 수 있다.
- [158] 상부 절연층(139)은 n 패드 금속층(137a) 및 p 패드 금속층(137b)을 노출시키는 개구부들(139a, 139b)을 갖는다. 개구부들(139a)은 n 패드 금속층(137a)을 노출시키며, 개구부들(139b)은 p 패드 금속층(137b)을 노출시킨다. 개구부들(139a)은 메사(M)의 일측 가장자리 근처에 형성될 수 있으며, 개구부들(139b)은 개구부들(139a)에 대향하여 메사(M)의 반대측 가장자리 근처에 형성될 수 있다.
- [159] 이어서, 도 12a 및 도 12b에 도시된 바와 같이, n 범프(141a) 및 p 범프(141b)가 상부 절연층(139) 상에 형성된다. n 범프(141a)는 개구부들(139a)을 통해 n 패드 금속층(137a)에 전기적으로 접속하고, p 범프(141b)는 개구부(139b)를 통해 p 패드 금속층(137b)에 전기적으로 접속한다.
- [160] n 범프(141a) 및 p 범프(141b)는 각각 메사(M)의 측면을 부분적으로 덮을 수도 있지만, 메사(M)의 상부 영역에 한정되도록 형성될 수도 있다.
- [161] 본 실시예에 따르면, 메사(M) 영역 내에 그루브(130g)를 형성하고 메사(M) 주위 및 그루브(130g) 내에 n 오믹 콘택층(131a, 131b)을 형성함으로써 메사(M)의

- 전체 영역에 전류를 균일하게 분산시킬 수 있다.
- [162] 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드의 메사의 변형예를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [163] 도 21을 참조하면, 그루브(130g)는 메사(M)의 일측 가장자리에서 길이 방향을 따라 타측 가장자리를 향해 연장한다. 그루브(130g)의 내측 끝단과 메사(M)의 타측 가장자리 사이의 거리, 즉, 메사(M)의 전체 길이와 그루브(130g)의 길이의 차(W1)는 그루브(130g)의 양측에 배치된 메사 영역 각각의 폭(W2)보다 작거나 같을 수 있다. 덧붙여, 그루브(130g)의 길이는 W1보다 크며 따라서, 메사(M) 길이의 1/2을 초과한다. 한편, 그루브(130g)와 메사(M)의 타측 가장자리 사이의 메사(M) 면적(A1)은 메사(M)의 양측에 위치하는 각 메사 영역의 면적(A2)보다 작을 수 있다. 즉, 메사(M)의 양측에 위치하는 메사 영역들의 전체 면적 2A2는 메사의 전체 면적의 1/2을 초과할 수 있다.
- [164] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드의 메사의 또 다른 변형예를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [165] 앞의 실시예들에서 메사(M)의 모서리들은 굴곡진 형상을 갖는 것으로 도시 및 설명하였지만, 본 변형예에서 메사(M)의 모서리들 중 일부 모서리들에 각각 함몰부들이 형성될 수 있다. 함몰부는 메사(M)의 모서리 근처에서 p 전류 분산을 개선한다.
- [166] 도 23a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 평면도이고, 도 23b는 도 23a의 절취선 C-C'를 따라 취해진 개략적인 단면도이다.
- [167] 도 23a 및 도 23b를 참조하면, 본 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드는 기판(221), n형 반도체층(223), 활성층(225), p형 반도체층(227), n 오믹 콘택층(231a, 231b), p 오믹 콘택층(233), n 캐핑층(234a), p 캐핑층(234b), 하부 절연층(235), n 패드 금속층(237a), p 패드 금속층(237b), 상부 절연층(239), n 범프(241a), 및 p 범프(241b)를 포함할 수 있다.
- [168] 본 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드는 도 12a 및 도 12b를 참조하여 설명한 자외선 발광 다이오드와 대체로 유사하므로 중복을 피하기 위해 동일한 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략하고, 차이점에 대해 상세하게 설명하기로 한다.
- [169] 본 실시예에서, 메사(M)는 메인 그루브(230g) 및 서브 그루브들(230s)을 포함한다. 메인 그루브(230g)는 메사(M)의 길이 방향을 따라 일측 가장자리에서 타측 가장자리로 연장한다. 메인 그루브(230g)에 의해 메사(M)는 양단될 수 있다. 그러나 본 개시가 이에 한정되는 것은 아니며, 메인 그루브(230g)의 일측 끝단은 메사(M) 내부에 위치할 수도 있다.
- [170] 한편, 서브 그루브들(230s)은 메인 그루브(230g)에서 메인 그루브(230g)에 수직한 방향으로 연장한다. 서브 그루브들(230s)은 메인 그루브(230g)에서 양측으로 연장할 수 있다. 서브 그루브들(230s)은 메인 그루브(230g)에 대해

대칭적으로 배치될 수 있다.

- [171] 한편, n 오믹 콘택층(231a)은 메인 그루브(230g) 및 서브 그루브들(230s)에 의해 노출된 n형 반도체층(223) 상에 배치된다. n 오믹 콘택층(231b)은 메사(M) 둘레를 따라 노출된 n형 반도체층(223) 상에 배치된다. n 오믹 콘택층(231a)은 n 오믹 콘택층(231b)과 연결될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. n 오믹 콘택층(231a, 231b)은 메사(M)로부터 이격되어 메사(M)를 둘러쌀 수 있다.
- [172] p 오믹 콘택층(233)은 p형 반도체층(227) 상에 배치되어 p형 반도체층(227)에 오믹 콘택한다. p 오믹 콘택층(233)은 메인 그루브(230g)에 의해 양단된 메사 영역들 상에 동일한 형상으로 배치될 수 있다.
- [173] n 캐핑층(234a)은 n 오믹 콘택층들(231a, 231b)의 상면 및 측면을 덮을 수 있다. p 캐핑층(234b)은 p 오믹 콘택층(233)의 상면 및 측면을 덮을 수 있다.
- [174] 하부 절연층(235)은 메사(M)를 덮으며, n 캐핑층(234a) 및 p 캐핑층(234b)을 덮는다. 하부 절연층(235)은 또한, 메사(M) 주위 및 그루브(230g, 230s) 내에 노출된 n형 반도체층(223)을 덮는다. 나아가, 하부 절연층(235)은 n형 반도체층(223) 주위에 노출된 기관(221)의 일부를 덮을 수 있다. 한편, 하부 절연층(235)은 n 오믹 콘택층(231a, 231b)에 전기적 접속을 허용하기 위한 개구부들(235a) 및 p 오믹 콘택층(233)에 전기적 접속을 허용하기 위한 개구부(235b)를 갖는다. 개구부(235a)는 n 오믹 콘택층(231a, 231b) 또는 n 캐핑층(234a)의 형상과 유사한 형상을 가질 수 있다. 즉, 개구부(235a)는 메사(M)를 둘러싸며 또한 그루브(230g, 230s) 내로 연장된다. 개구부(235a)의 폭은 n 캐핑층(234a)의 폭보다 작을 수 있으며, 따라서, n형 반도체층(223)은 개구부(235a)를 통해 노출되지 않을 수 있다. 한편, 개구부(235b)는 메사(M) 상부 영역 내에 위치하며, p 캐핑층(234b)을 노출시킨다. 복수의 개구부들(235b)이 p 캐핑층(234b) 상에 배치될 수 있다. 특히, 개구부들(235b)이 그루브(230g)의 양측에 대칭적으로 배치될 수 있다.
- [175] 한편, n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b)이 하부 절연층(135) 상에 배치된다. n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b)은 동일한 금속층으로 동일 공정에서 함께 형성되어 동일 레벨, 즉, 하부 절연층(235) 상에 배치될 수 있다.
- [176] n 패드 금속층(237a)은 하부 절연층(235)의 개구부(235a)를 통해 n 오믹 콘택층들(231a, 231b)에 전기적으로 접속한다. n 패드 금속층(237a)은 하부 절연층(235)의 개구부(235a)를 통해 n 캐핑층(234a)에 직접 접속할 수 있다. n 패드 금속층(237a)은 메사(M)의 대부분의 영역을 덮고, 또한, 메사(M) 주위의 영역을 덮을 수 있다.
- [177] 한편, p 패드 금속층(237b)은 하부 절연층(235)의 개구부(235b)를 통해 p 오믹 콘택층(233)에 전기적으로 연결될 수 있다. p 패드 금속층들(237b)이 개구부들(235b) 각각을 덮을 수 있다. p 패드 금속층들(237b)은 각각 n 패드 금속층(237a)으로 둘러싸일 수 있다. p 패드 금속층들(237b)은 메사(M) 상부 영역

내에 한정될 수 있다. p 패드 금속층들(237b)의 형상은 서브 그루브들(230s)에 의해 도 12a의 p 패드 금속층(137b)과 다른 형상을 가질 수 있다. 즉, p 패드 금속층(237b)은 서브 그루브(230s)의 형성을 위해 직사각형에서 일부가 리세스된 형상을 가질 수 있다. 본 실시예에 있어서, 메사(M)의 측면은 모두 n 패드 금속층(237a)으로 덮인다. 따라서, 메사(M) 측면에서 광 손실이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[178] 상부 절연층(239)은 n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b)을 덮으며, n 패드 금속층(137a)을 노출시키는 개구부들(139a) 및 p 패드 금속층(137b)을 노출시키는 개구부들(139b)을 가질 수 있다. 개구부(239a)는 메사(M)의 일측 가장자리 근처에서 n 패드 금속층(237a)을 노출시키며, 개구부들(239b)은 메사(M)의 반대측 가장자리 근처에서 p 패드 금속층(237b)을 노출시킬 수 있다. 개구부들(239a) 및 개구부들(239b)은 그루브(230g)를 지나는 선에 대해 대칭적으로 배치될 수 있으나, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[179] n 범프(241a) 및 p 범프(241b)는 상부 절연층(239) 상에 위치한다. n 범프(241a)는 개구부들(239a)을 덮고 개구부들(239a)을 통해 노출된 n 패드 금속층(237a)에 접촉한다. p 범프(241b)는 개구부들(239b)을 덮고 개구부들(239b)을 통해 노출된 p 패드 금속층(237b)에 접촉한다.

[180] 도 24a, 도 25a, 도 26a, 도 27a, 도 28a, 도 29a, 도 30a, 및 도 31a는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 평면도들이고, 도 24b, 도 25b, 도 26b, 도 27b, 도 28b, 도 29b, 도 30b, 및 도 31b는 각각 도 24a, 도 25a, 도 26a, 도 27a, 도 28a, 도 29a, 도 30a, 및 도 31a의 절취선 C-C'를 따라 취해진 개략적인 단면도들이다. 본 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 제조 방법은 앞서 도 13a 내지 도 20b를 참조하여 설명한 바와 대체로 유사하므로, 간략하게 설명한다.

[181] 도 24a 및 도 24b를 참조하면, 우선, 기판(221) 상에 n형 반도체층(223), 활성층(225), 및 p형 반도체층(227)이 성장된다.

[182] 한편, p형 반도체층(227) 및 활성층(225)을 패터닝하여 메사(M)가 형성된다. 메사(M)는 대체로 기다란 형상의 직사각형일 수 있으나, 특정 형상에 한정되는 것은 아니다. 메사(M)를 형성함에 따라 메사(M) 둘레를 따라 n형 반도체층(223)이 노출될 수 있다. 또한, 메사(M) 영역 내부에 메인 그루브(230g) 및 서브 그루브들(230s)이 형성된다. 메인 그루브(230g)는 메사(M)의 길이 방향을 따라 일측 가장자리에서 타측 가장자리로 연장될 수 있다. 메인 그루브(230g)의 양측에 배치된 메사 영역들은 서로 동일할 수 있으며, 메인 그루브(230g)에 대해 대칭일 수 있다.

[183] 도 25a 및 도 25b를 참조하면, n형 반도체층(123) 상에 n 오믹 콘택층들(131a, 131b)이 형성된다. n 오믹 콘택층(231a)은 메인 그루브(230g) 및 서브 그루브들(230s)에 의해 노출된 n형 반도체층(223) 상에 형성되고, n 오믹 콘택층(131b)은 메사(M) 주위에 노출된 n형 반도체층(223) 상에 형성된다. n 오믹

콘택층(231a)은 n 오믹 콘택층(231b)에서 연장될 수 있다. n 오믹 콘택층(231a)과 n 오믹 콘택층(231b)을 연속적으로 형성함으로써 전류 분산을 도울 수 있다. 그러나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, n 오믹 콘택층(131a)은 n 오믹 콘택층(131b)으로부터 이격될 수도 있다.

- [184] 도 26a 및 도 26b를 참조하면, n 오믹 콘택층(231a, 231b)이 형성된 후, 메사(M) 상에 p 오믹 콘택층(233)이 형성된다. p 오믹 콘택층(233)은 p형 반도체층(227)에 오믹 콘택한다.
- [185] 도 27a 및 도 27b를 참조하면, n형 반도체층(223)을 분리하는 아이솔레이션 공정이 수행된다. 즉, 이웃하는 발광 다이오드 영역들 사이의 n형 반도체층(223)이 제거되어 기판(221) 상면이 노출된다. 아이솔레이션 공정을 추가함으로써 발광 다이오드들의 개별화를 도울 수 있다.
- [186] 도 28a 및 도 28b를 참조하면, n 캐핑층(234a) 및 p 캐핑층(234b)이 형성된다. n 캐핑층(134a)은 n형 오믹 콘택층들(131a, 131b)의 상면 및 측면을 덮고, p 캐핑층(134b)은 p형 오믹 콘택층(133)의 상면 및 측면을 덮는다.
- [187] 도 29a 및 도 29b를 참조하면, 메사(M)를 덮는 하부 절연층(235)이 형성된다. 하부 절연층(135)은 메사(M)의 측면 및 상면을 덮는다. 하부 절연층(235)은 또한 n 캐핑층(234a) 및 p 캐핑층(234b)을 덮는다. 하부 절연층(235)은 n형 반도체층(223)의 측면을 덮을 수 있으며, n형 반도체층(223) 주위에 노출된 기판(221)을 부분적으로 덮을 수 있다. 한편, 하부 절연층(235)은 n 캐핑층(234a) 및 p 캐핑층(234b)을 노출시키는 개구부들(235a, 235b)을 갖는다.
- [188] 하부 절연층(235)의 개구부(235a)는 n 캐핑층(234a)을 노출시키며, 개구부(235b)는 p 캐핑층(234b)을 노출시킨다. 개구부(235a)는 메인 그루브(230g) 및 서브 그루브들(230s) 내에 위치할 수 있다. 또한, 복수의 개구부들(235b)이 p 캐핑층(234b) 상에 형성될 수 있다. 도시한 바와 같이, 개구부들(235b)이 그루브(130g)의 양측에 대칭적으로 배치될 수 있다.
- [189] 도 30a 및 도 30b를 참조하면, 하부 절연층(235) 상에 n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b)이 형성된다. n 패드 금속층(237a)은 개구부(235a)를 통해 n 캐핑층(234a)에 전기적으로 접속할 수 있으며, p 패드 금속층(237b)은 개구부(235b)를 통해 p 캐핑층(234b)에 전기적으로 접속할 수 있다. 도시한 바와 같이, n 패드 금속층(237a)은 p 패드 금속층들(237b)을 둘러쌀 수 있다.
- [190] n 패드 금속층(237a)은 개구부(235a)를 덮을 수 있으며, p 패드 금속층(237b)은 개구부(235b)를 덮을 수 있다. 또한, n 패드 금속층(237a)은 메사(M)의 측면을 연속적으로 덮을 수 있으며, 이에 따라, 메사(M) 측면에서 광 반사율을 향상시킬 수 있다.
- [191] 도 31a 및 도 31b를 참조하면, 상부 절연층(239)이 n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b) 상에 형성된다. 상부 절연층(239)은 n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b)을 덮고 아울러 n형 반도체층(223)의 가장자리를 덮을 수 있다. 상부 절연층(239)은 또한 기판(221)의 상면 일부를 덮을 수 있다.

- [192] 상부 절연층(239)은 n 패드 금속층(237a) 및 p 패드 금속층(237b)을 노출시키는 개구부들(239a, 239b)을 갖는다. 개구부들(239a)은 n 패드 금속층(237a)을 노출시키며, 개구부들(239b)은 p 패드 금속층(237b)을 노출시킨다. 개구부들(239a)은 메사(M)의 일측 가장자리 근처에 형성될 수 있으며, 개구부들(239b)은 개구부들(239a)에 대향하여 메사(M)의 반대측 가장자리 근처에 형성될 수 있다. 상부 절연층(239)의 개구부들(239a, 239b)은 서브 그룹들(230s)을 수용하기 위해 직사각형에서 변형된 형상을 가질 수 있다. 즉, 개구부들(239a, 239b)은 도 31a에 도시한 바와 같이, 직사각형 형상에서 일부가 리세스된 형상을 가질 수 있다.
- [193] 이어서, 도 23a 및 도 23b에 도시된 바와 같이, n 범프(241a) 및 p 범프(241b)가 상부 절연층(139) 상에 형성된다. n 범프(241a)는 개구부들(239a)을 통해 n 패드 금속층(237a)에 전기적으로 접속하고, p 범프(241b)는 개구부들(239b)을 통해 p 패드 금속층(237b)에 전기적으로 접속한다.
- [194] n 범프(241a) 및 p 범프(241b)는 각각 메사(M)의 측면을 부분적으로 덮을 수도 있지만, 메사(M)의 상부 영역에 한정되도록 형성될 수도 있다.
- [195] 본 실시예에 따르면, 메사(M) 영역 내에 메인 그룹(230g) 및 서브 그룹들(230s)을 형성하고 메사(M) 주위 및 메인 그룹(230g) 및 서브 그룹들(230s) 내에 n 오믹 콘택층(231a, 231b)을 형성함으로써 메사(M)의 전체 영역에 전류를 균일하게 분산시킬 수 있다.
- [196] 도 32는 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드의 메사의 변형예를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- [197] 앞서 도 23a 및 도 23b를 참조하여 설명한 자외선 발광 다이오드의 메사(M)에 있어서, 서브 그룹들(230s)은 메인 그룹(230g)에 대해 대칭적으로 배치된다. 서브 그룹들(230s)의 길이 및 폭은 실질적으로 서로 동일하며, 이에 따라, 각 서브 그룹(230s) 내에 동일한 크기의 n 오믹 콘택층(231a)이 형성된다. 그러나 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며, 서브 그룹들은 다양하게 변형될 수 있다. 예를 들어, 도 32에 도시되듯이, 발광 다이오드의 중심을 지나며 메인 그룹(330g)에 평행한 직선 X-X에 대해 서브 비대칭인 메사 영역들(M1, M2)이 형성될 수 있다. 즉, 서브 그룹들(330s, 330s2, 330s3)이 직선 X-X에 대해 비대칭으로 배치된다. 한편, 발광 다이오드의 중심을 지나며 메인 그룹(330g)에 수직인 직선 Y-Y에 대해 서브 그룹들(330s1, 330s2, 330s3)은 대칭적으로 배치될 수 있다.
- [198] 메인 그룹(330s)의 양측으로 서브 그룹들(330s1, 330s2, 330s3)이 배치될 수 있지만, 서브 그룹들(330s, 330s2, 330s3)은 폭 및/또는 길이가 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 폭 및 길이가 상대적으로 작은 서브 그룹(330s2)가 폭 및 길이가 상대적으로 큰 서브 그룹들(330s1) 사이에 배치될 수 있다. 또한, 폭 및/또는 길이가 서로 다른 서브 그룹들(330s1, 330s3)이 메인 그룹(330g)를 사이에 두고 대향하여 배치될 수 있다. 서브 그룹(330s1)의 폭을 크게 함으로써

메사 측벽에서 발생하는 광 반사를 증가시킬 수 있다.

- [199] 본 발명은 여기에 설명된 메인 그루브(330g) 및 서브 그루브들(330s1, 330s2, 330s3)에 한정되는 것은 아니며, 다양하게 변형될 수 있다.
- [200] 이상, 상기 실시예들은 본 발명의 특허청구범위에 의한 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형과 변경이 가능하고, 본 발명은 특허청구범위에 의한 기술적 사상을 모두 포함한다.

청구범위

- [청구항 1] 기판;
 상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층;
 상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며,
 상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메사;
 상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들;
 상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층;
 상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층;
 상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층;
 상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및
 상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고,
 상기 p 패드 금속층은 상기 n 패드 금속층을 둘러싸도록 형성된 심자외선
 발광 다이오드.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
 상기 비아홀들은 별집 모양으로 배열된 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,
 상기 비아홀들은 상기 메사의 가장자리로부터 상기 비아홀들 사이의
 간격 이상으로 이격된 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 4] 청구항 3에 있어서,
 상기 n 패드 금속층은 상기 비아홀들을 덮는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 5] 청구항 4에 있어서,
 상기 p 패드 금속층은 상기 비아홀들과 상기 메사의 가장자리 사이에
 위치하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 6] 청구항 5에 있어서,
 상기 n 범프 및 p 범프는 상기 메사의 상부 영역 내에 위치하는 심자외선
 발광 다이오드.
- [청구항 7] 청구항 4에 있어서,
 상기 p 오믹 콘택층 및 n 오믹 콘택층을 덮는 하부 절연층을 더 포함하되,
 상기 하부 절연층은 상기 p 오믹 콘택층 및 n 오믹 콘택층들을 노출시키는
 개구부들을 갖고,
 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층은 각각 상기 하부 절연층의
 개구부들을 통해 상기 n 오믹 콘택층 및 p 오믹 콘택층에 전기적으로
 접속하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 8] 청구항 7에 있어서,
 상기 n 및 p 패드 금속층들을 덮는 상부 절연층을 더 포함하되, 상기 상부
 절연층은 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부들을
 갖고,

상기 n 범프 및 p 범프는 상기 상부 절연층 상에 배치되며, 상기 상부 절연층의 개구부들을 통해 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층에 전기적으로 접속하는 심자외선 발광 다이오드.

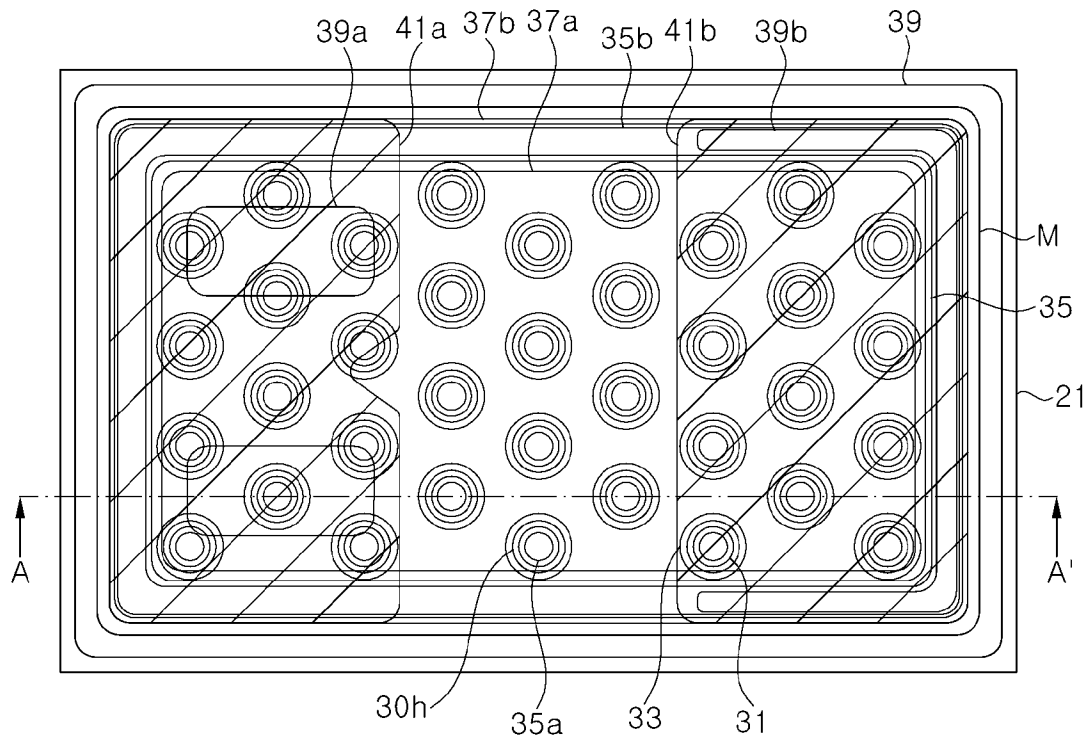
- [청구항 9] 청구항 8에 있어서,
상기 n 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메사의 일측 가장자리 근처에 배치되고,
상기 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메사의 반대측 가장자리 근처에 배치된 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 10] 청구항 1에 있어서,
상기 p형 반도체층은 p형 GaN층을 포함하되, 상기 p형 GaN층은 200nm 이하의 두께를 갖고,
상기 p 오믹 콘택층은 Ni/Rh을 포함하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 11] 청구항 10에 있어서,
상기 n 패드 금속층은 Al층을 포함하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 12] 기판;
상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층;
상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며,
상기 n형 반도체층을 노출시키는 복수의 비아홀들을 갖는 메사;
상기 비아홀들 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들;
상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층;
상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 범프; 및
상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하고,
상기 p 오믹 콘택층은 Ni/Rh을 포함하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 13] 청구항 12에 있어서,
상기 n 오믹 콘택층들 및 p 오믹 콘택층을 덮는 하부 절연층;
상기 하부 절연층 상에 배치된 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층을 더 포함하되,
상기 하부 절연층은 상기 n 오믹 콘택층들 및 상기 p 오믹 콘택층을 각각 노출시키는 개구부들을 갖고,
상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층은 각각 상기 개구부들을 통해 상기 n 오믹 콘택층들 및 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속하고,
상기 n 범프 및 p 범프는 각각 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 14] 청구항 13에 있어서,
상기 p 패드 금속층은 상기 n 패드 금속층을 둘러싸는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 15] 청구항 14에 있어서,
상기 p 오믹 콘택층을 노출시키는 개구부는 상기 비아홀들을 둘러싸는 링

- 형상인 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 16] 청구항 14에 있어서,
상기 p 패드 금속층은 상기 비아홀들과 상기 메사의 가장자리 사이의 영역 상부 내에 위치하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 17] 청구항 13에 있어서,
상기 n 패드 금속층 및 상기 p 패드 금속층을 포함하는 상부 절연층을 더 포함하되, 상기 상부 절연층은 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부들을 갖고,
상기 n 범프 및 p 범프는 각각 상기 상부 절연층의 개구부들을 통해 상기 n 패드 금속층 및 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 18] 청구항 17에 있어서,
상기 하부 절연층 및 상부 절연층은 상기 메사의 측면을 덮는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 19] 청구항 17에 있어서, 상기 n 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메사의 일측 가장자리 근처에 배치되고,
상기 p 패드 금속층을 노출시키는 개구부는 상기 메사의 반대측 가장자리 근처에 배치된 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 20] 청구항 12에 있어서,
상기 p형 반도체층은 p형 GaN층을 포함하되, 상기 p형 GaN층은 200nm 이하의 두께를 갖고,
상기 Ni/Rh는 상기 p형 GaN층에 오믹 콘택하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 21] 기판;
상기 기판 상에 위치하는 n형 반도체층;
상기 n형 반도체층 상에 배치되고, 활성층 및 p형 반도체층을 포함하며,
상기 n형 반도체층을 노출시키는 그루브를 포함하는 메사;
상기 그루브 내에서 상기 n형 반도체층에 콘택하는 n 오믹 콘택층들;
상기 p형 반도체층에 콘택하는 p 오믹 콘택층;
상기 n 오믹 콘택층들에 전기적으로 접속된 n 패드 금속층;
상기 p 오믹 콘택층에 전기적으로 접속된 p 패드 금속층;
상기 n 패드 금속층에 전기적으로 접속된 n 범프; 및
상기 p 패드 금속층에 전기적으로 접속된 p 범프를 포함하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 22] 청구항 21에 있어서,
상기 n 오믹 콘택층들을 덮는 n 캐핑층; 및
상기 p 오믹 콘택층을 덮는 p 캐핑층을 더 포함하는 심자외선 발광 다이오드.
- [청구항 23] 청구항 21에 있어서,

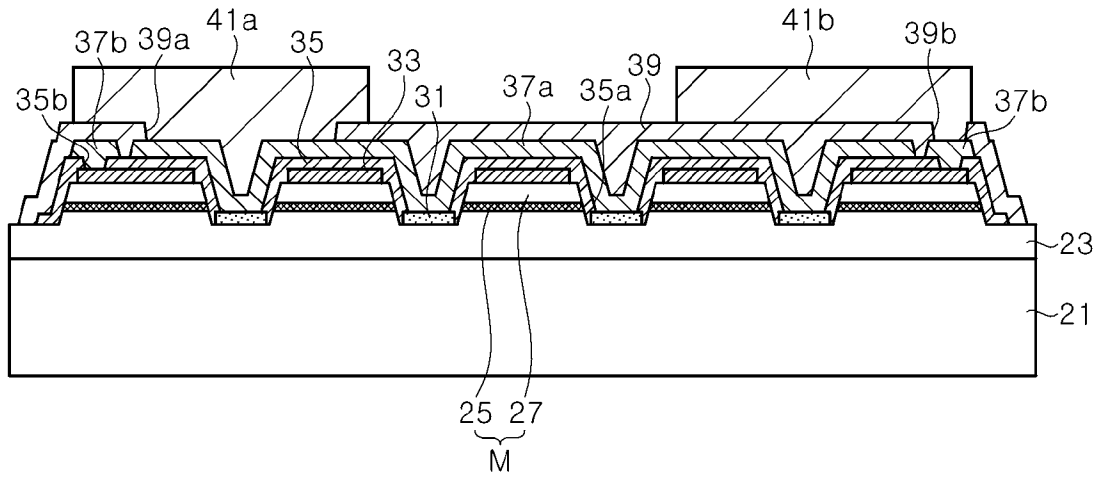
상기 그루브는 메시의 길이 방향으로 연장하되,
길이 방향의 메시의 길이와 그루브의 길이의 차이는 상기 그루브의 양측에 위치하는 메시 영역 각각의 폭보다 작거나 같은 십자외선 발광 다이오드.

- [청구항 24] 청구항 23에 있어서,
상기 그루브의 양측에 위치하는 메시 영역의 전체 면적은 메시 전체 면적의 1/2을 초과하는 십자외선 발광 다이오드.
- [청구항 25] 청구항 23에 있어서,
상기 그루브의 양측에 위치하는 메시 영역의 일단의 모서리들은 굴곡진 형상을 갖는 십자외선 발광 다이오드.
- [청구항 26] 청구항 23에 있어서,
상기 그루브의 양측에 위치하는 메시 영역의 일단의 모서리들 중 바깥쪽 모서리들에 각각 함몰부들이 형성된 십자외선 발광 다이오드.
- [청구항 27] 청구항 21에 있어서,
상기 그루브는 메시의 길이 방향으로 연장하는 메인 그루브; 및
상기 메인 그루브에 수직한 방향으로 연장하는 복수의 서브 그루브들을 갖는 십자외선 발광 다이오드.
- [청구항 28] 청구항 27에 있어서,
상기 복수의 서브 그루브들은 길이 및 폭이 서로 다른 그루브들을 포함하는 십자외선 발광 다이오드.
- [청구항 29] 청구항 27에 있어서,
중심을 지나며 상기 서브 그루브에 평행한 직선에 대해 대칭 구조를 갖는 십자외선 발광 다이오드.
- [청구항 30] 청구항 27에 있어서,
중심을 지나며 상기 메인 그루브에 평행한 직선에 대해 비대칭 구조를 갖는 십자외선 발광 다이오드.

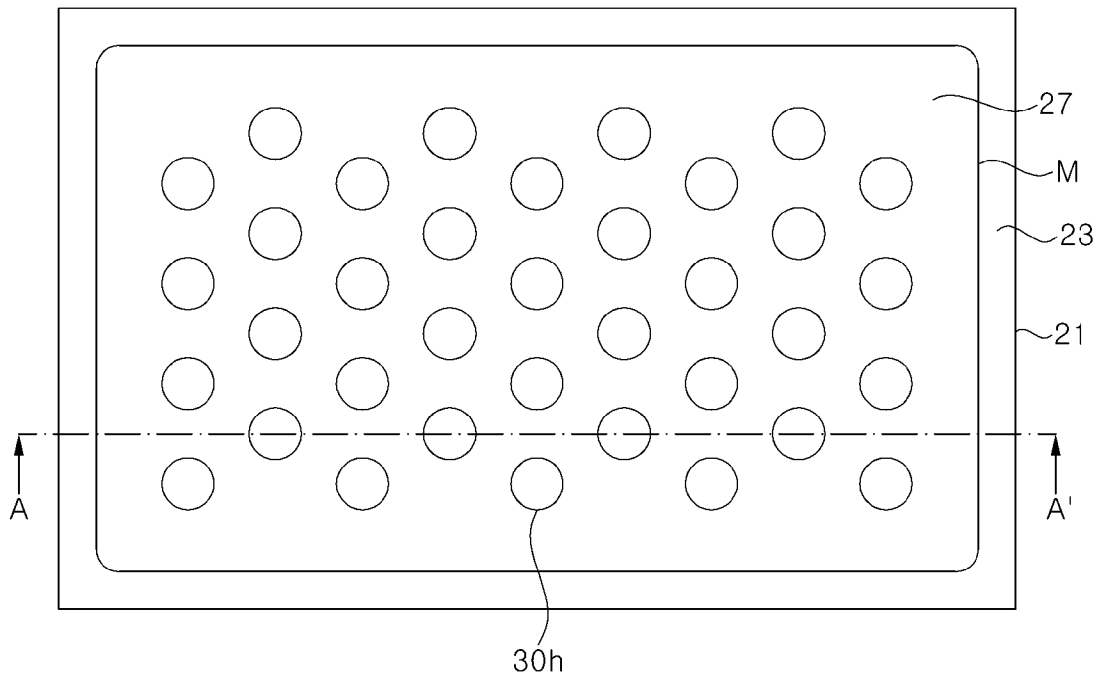
[도 1a]



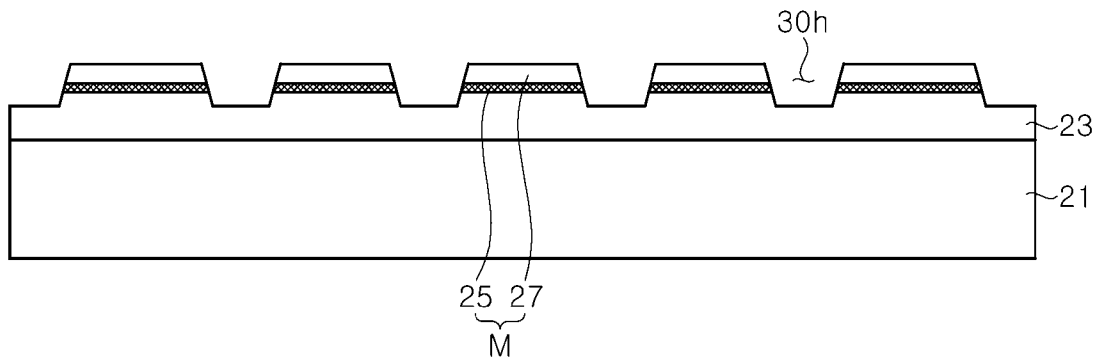
[도 1b]



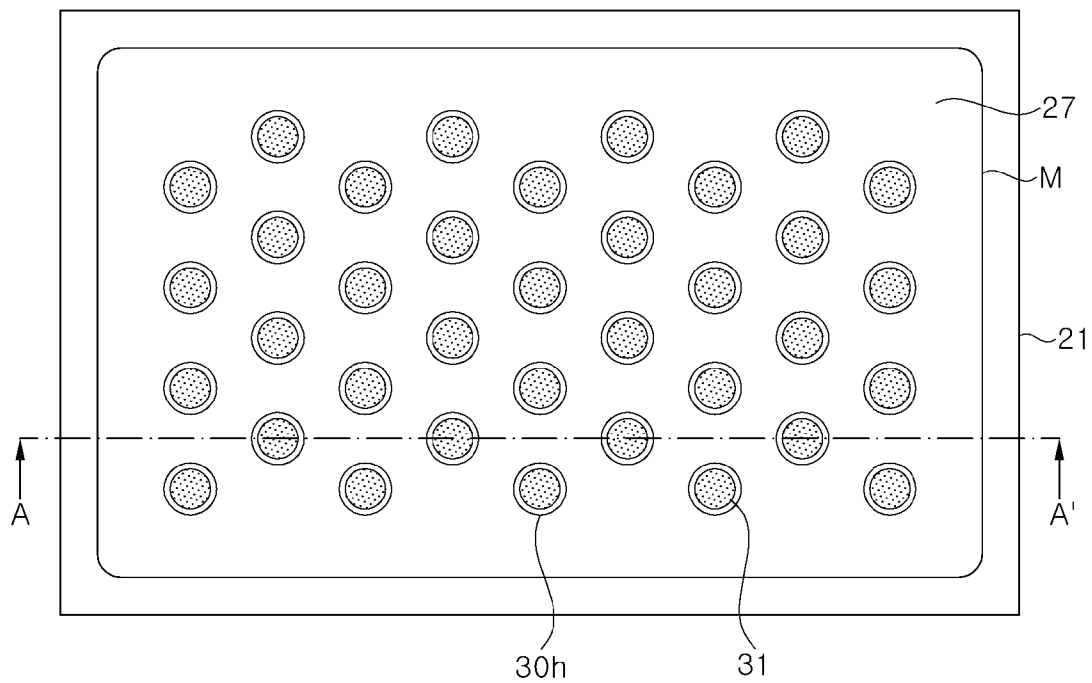
[도2a]



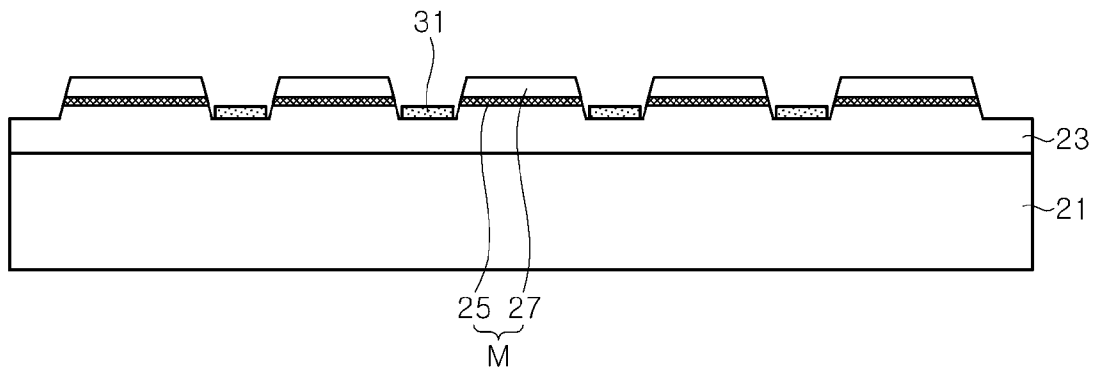
[도2b]



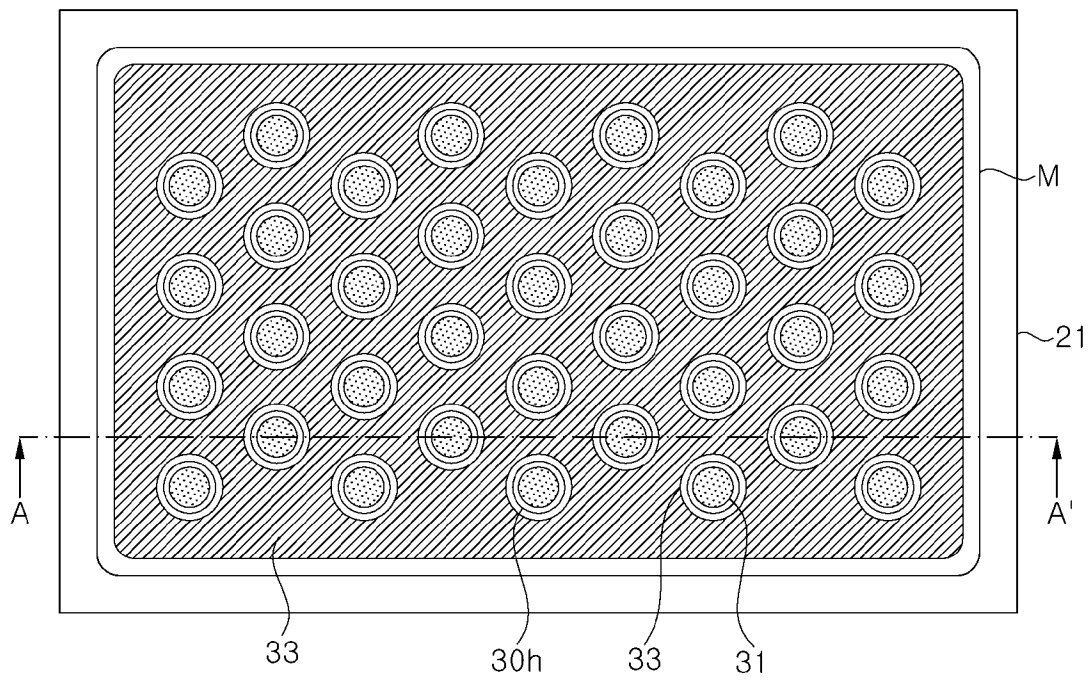
[도3a]



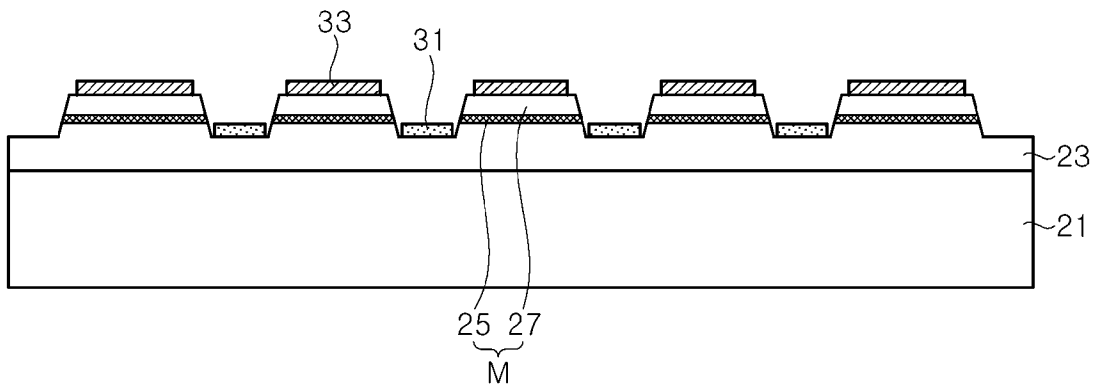
[도3b]



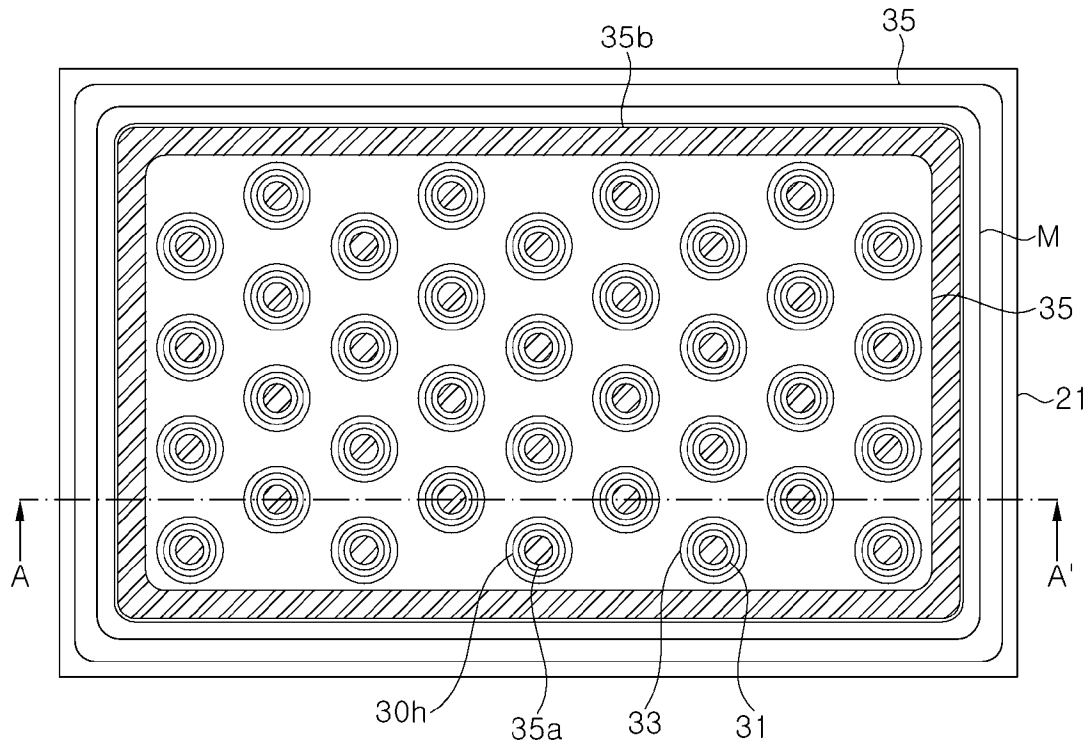
[도4a]



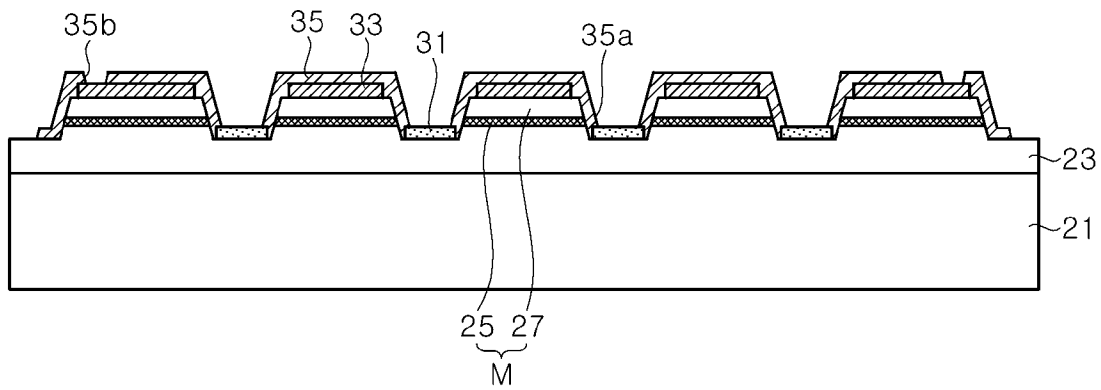
[도4b]



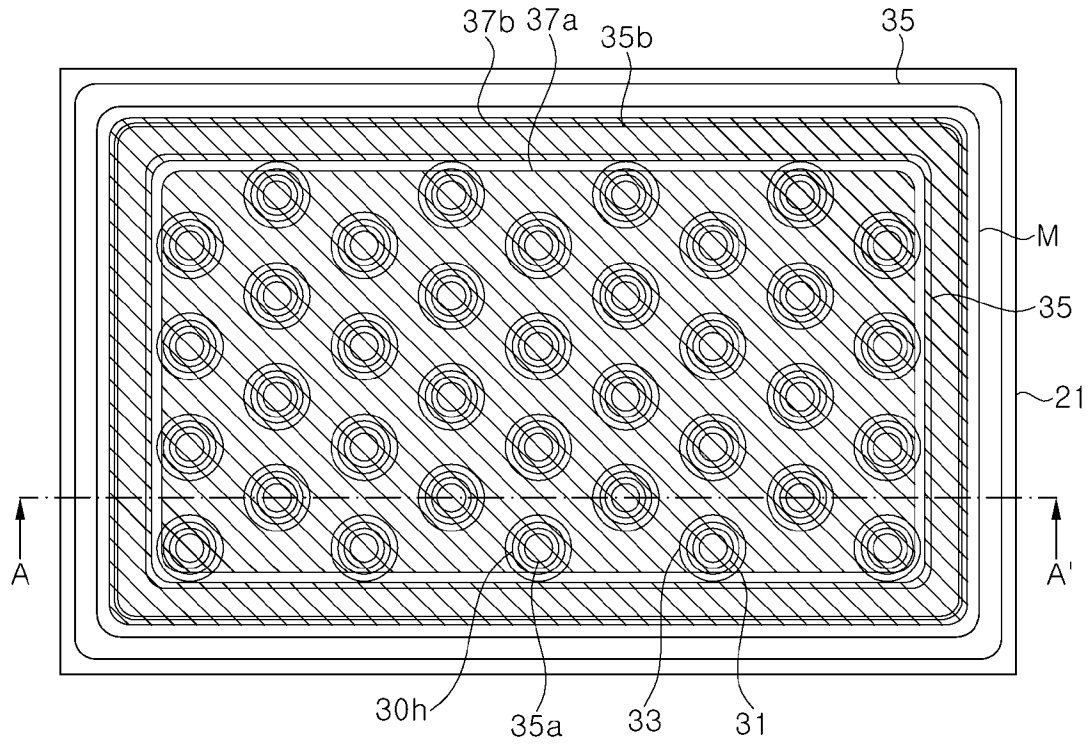
[도5a]



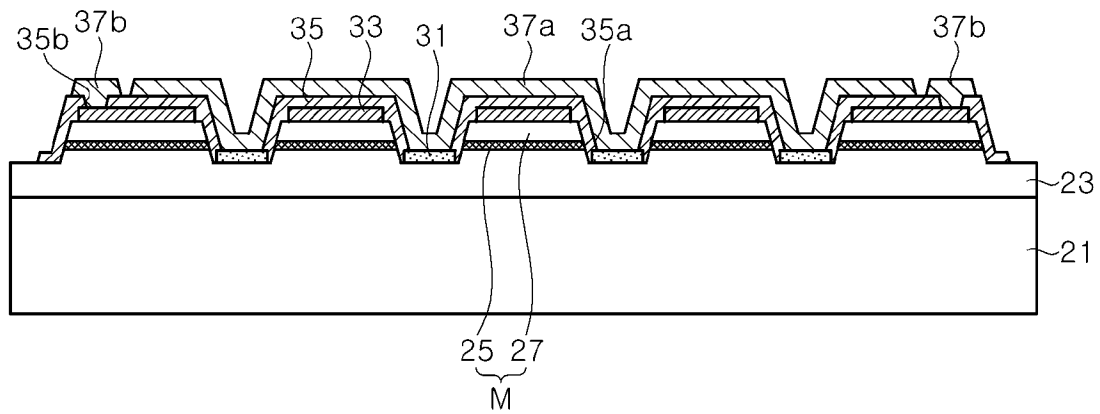
[도5b]



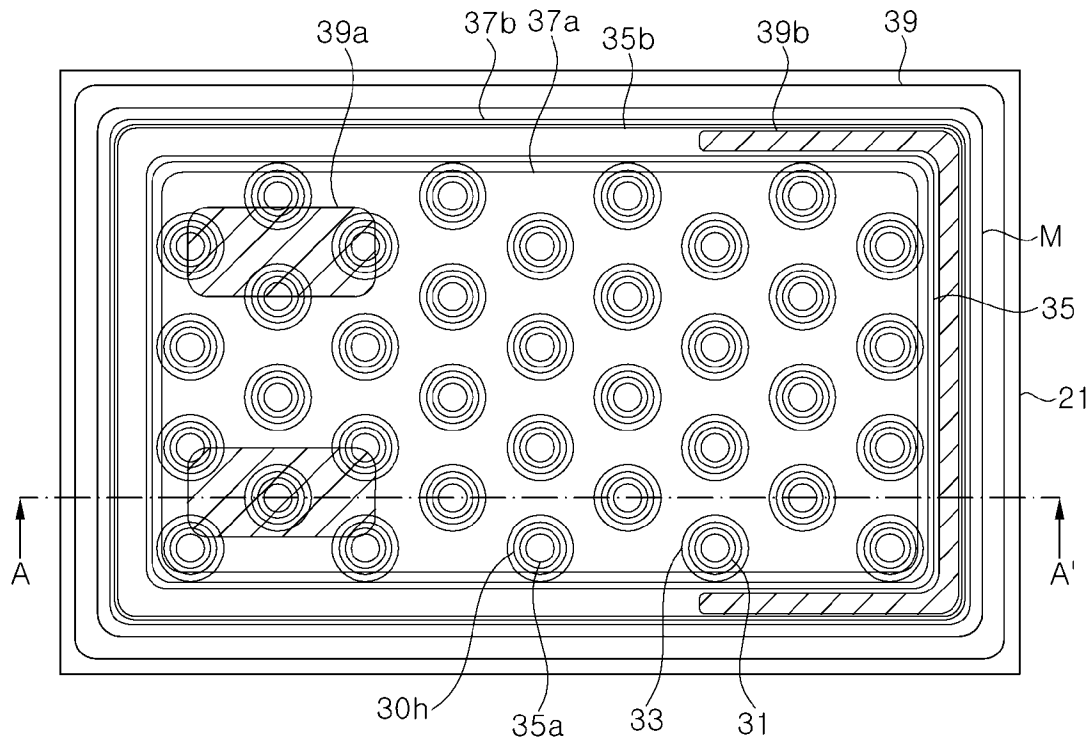
[도6a]



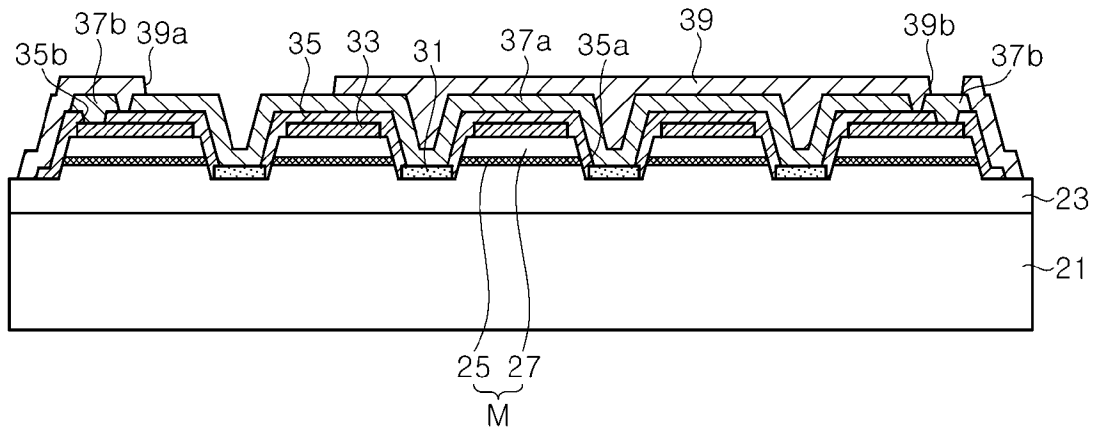
[도6b]



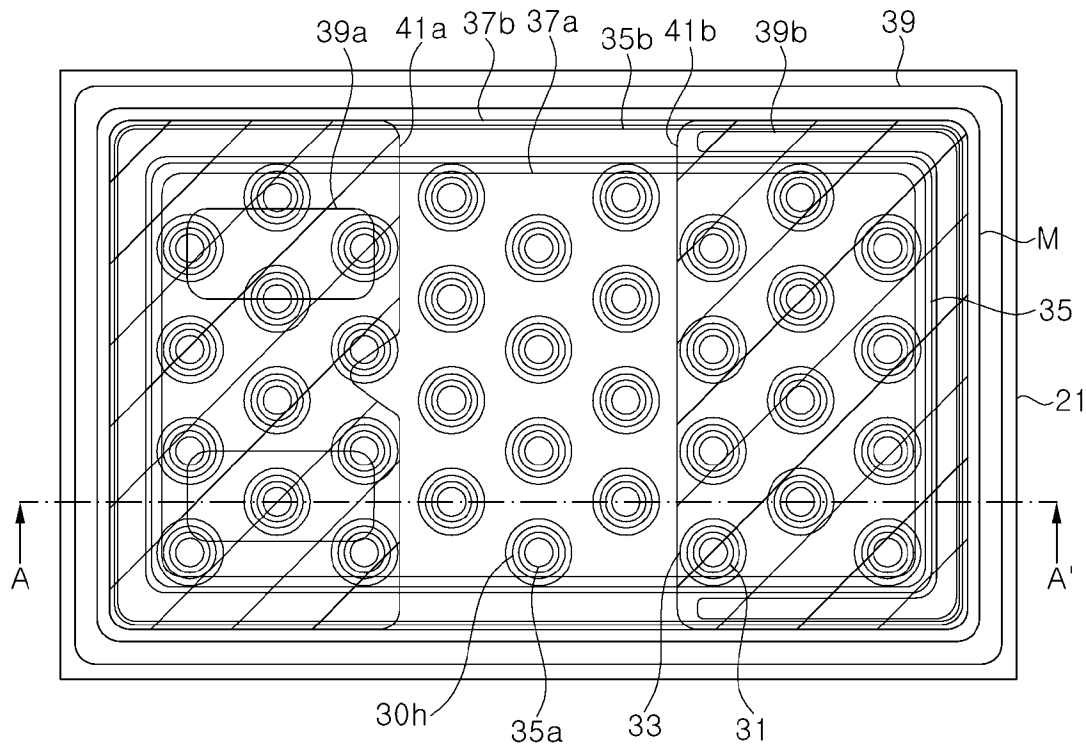
[도7a]



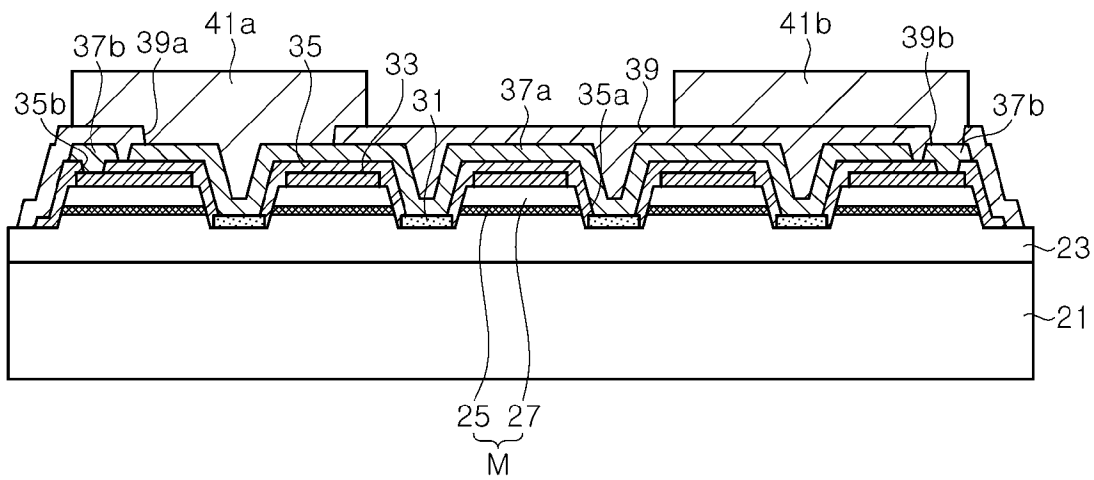
[도7b]



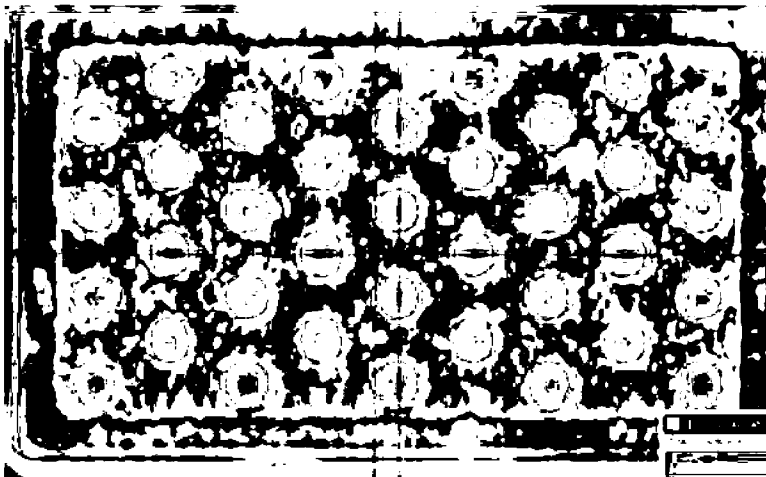
[도8a]



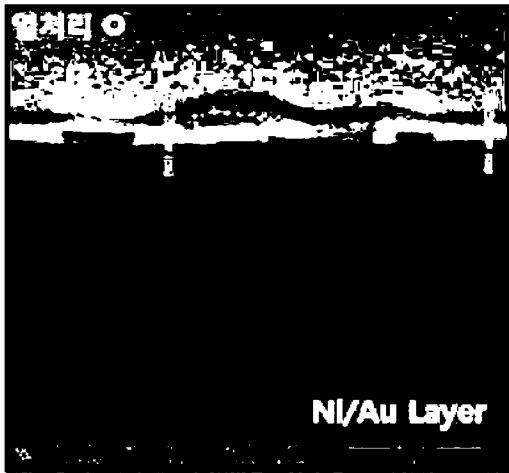
[도8b]



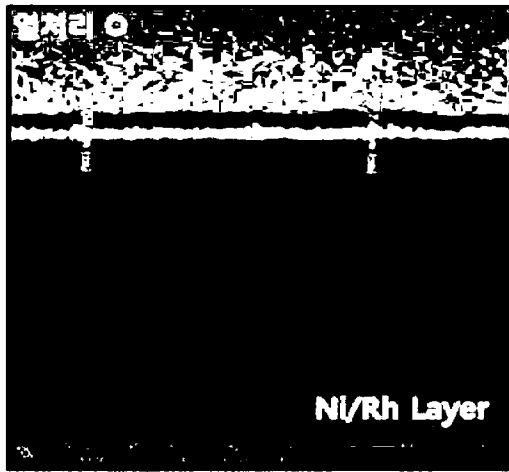
[도9]



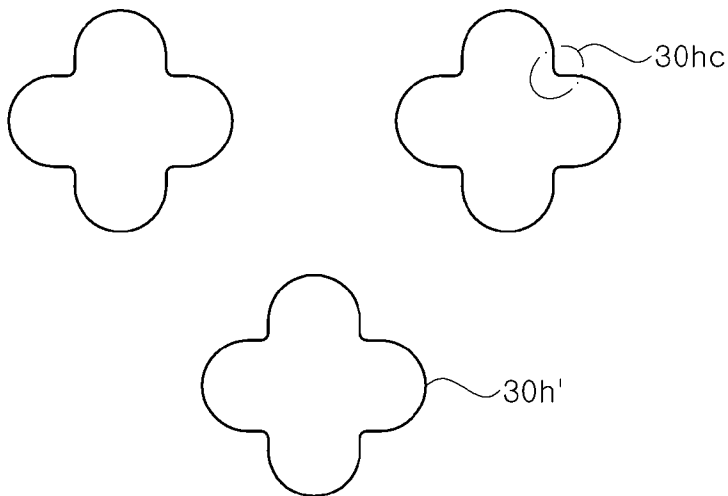
[도10a]



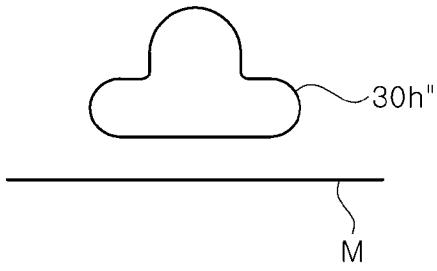
[도10b]



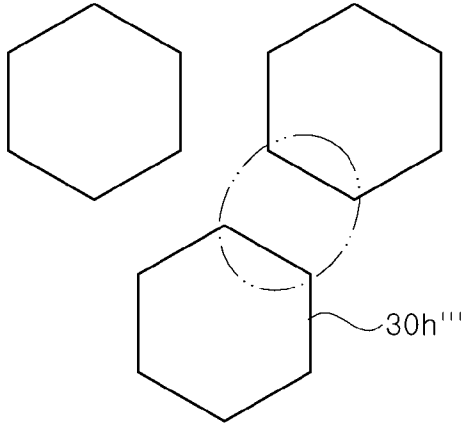
[도11a]



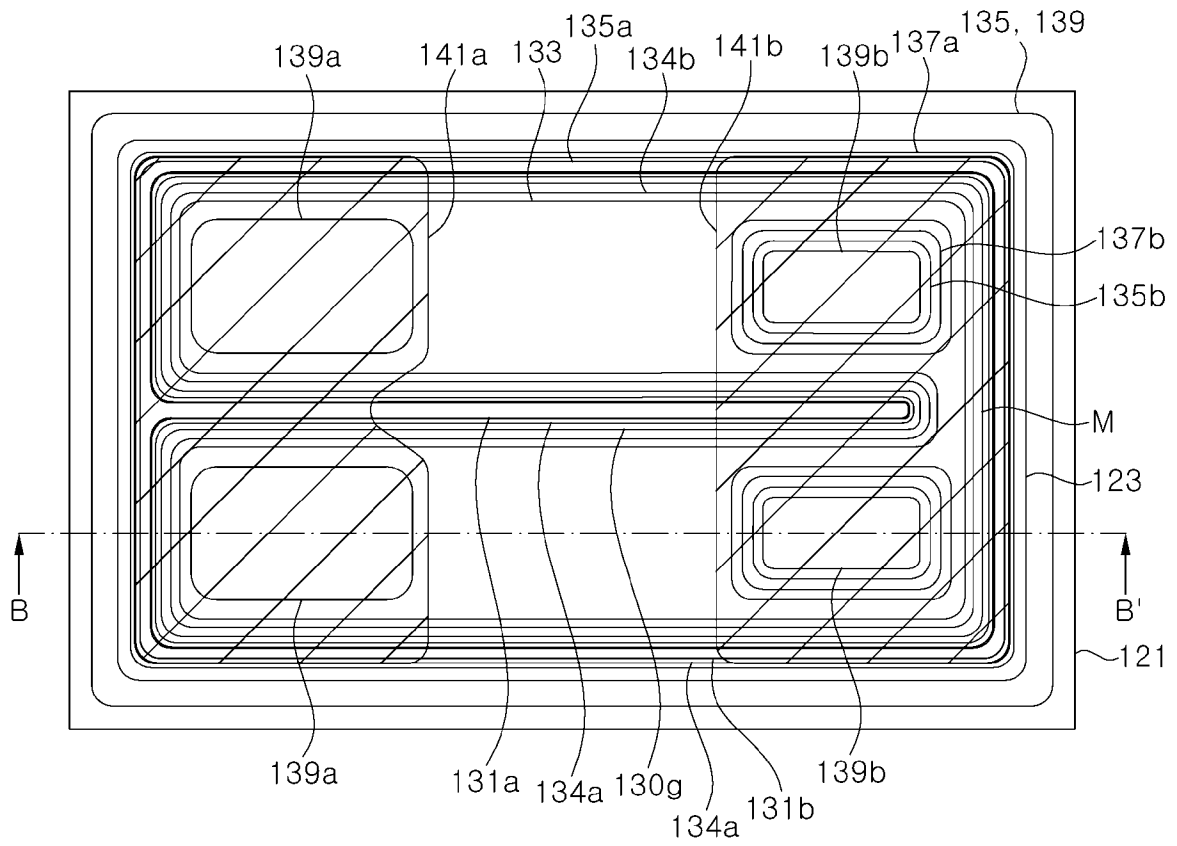
[도11b]



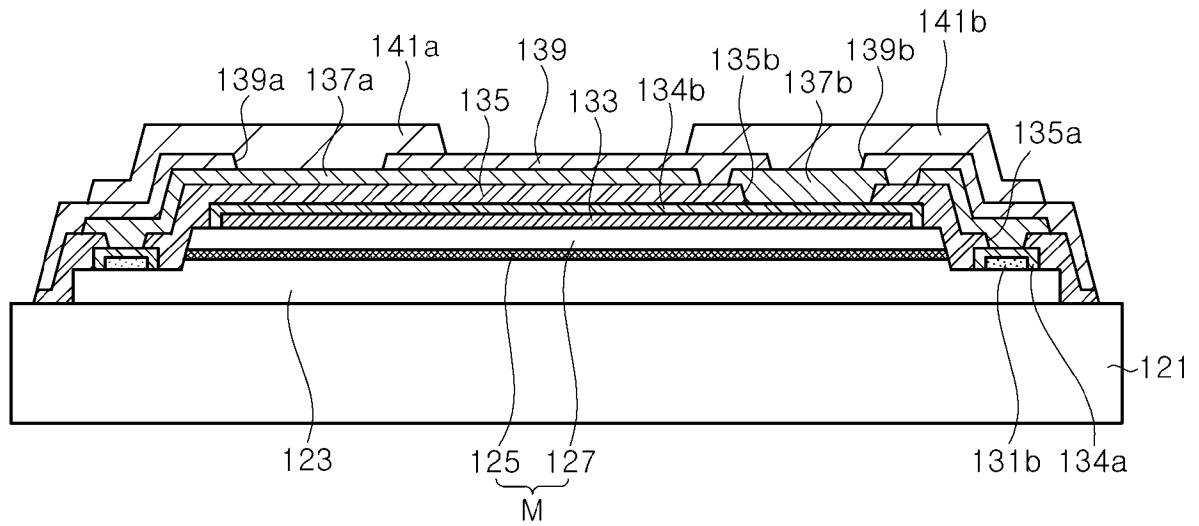
[도11c]



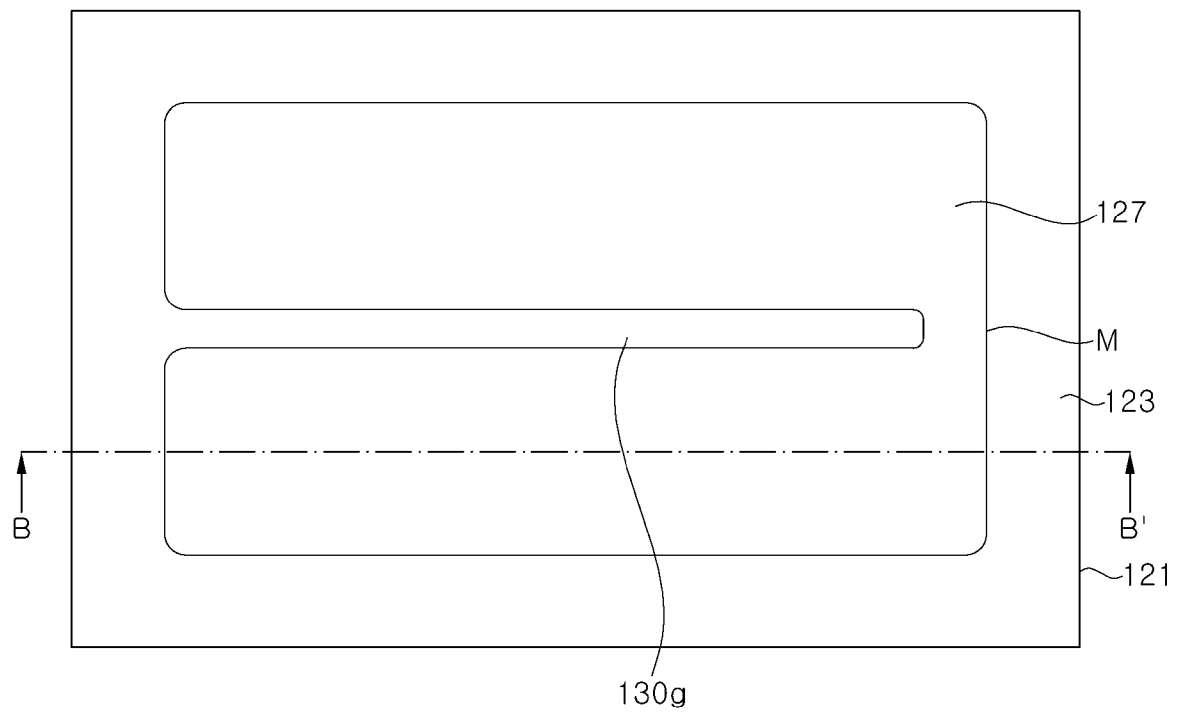
[도12a]



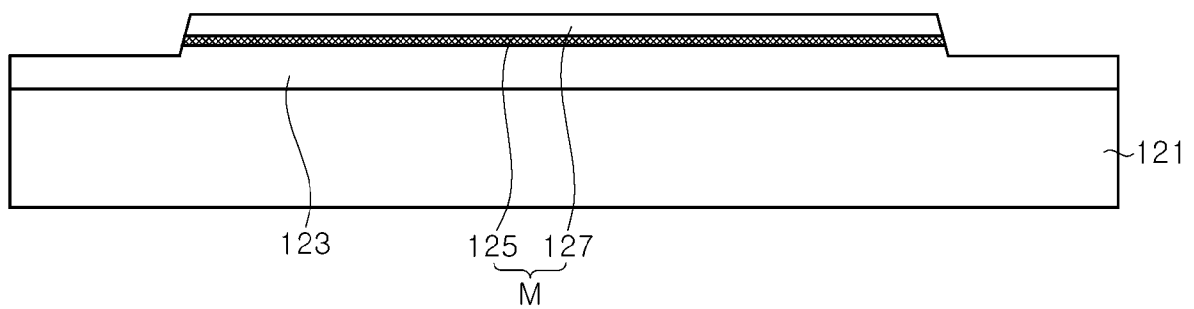
[도12b]



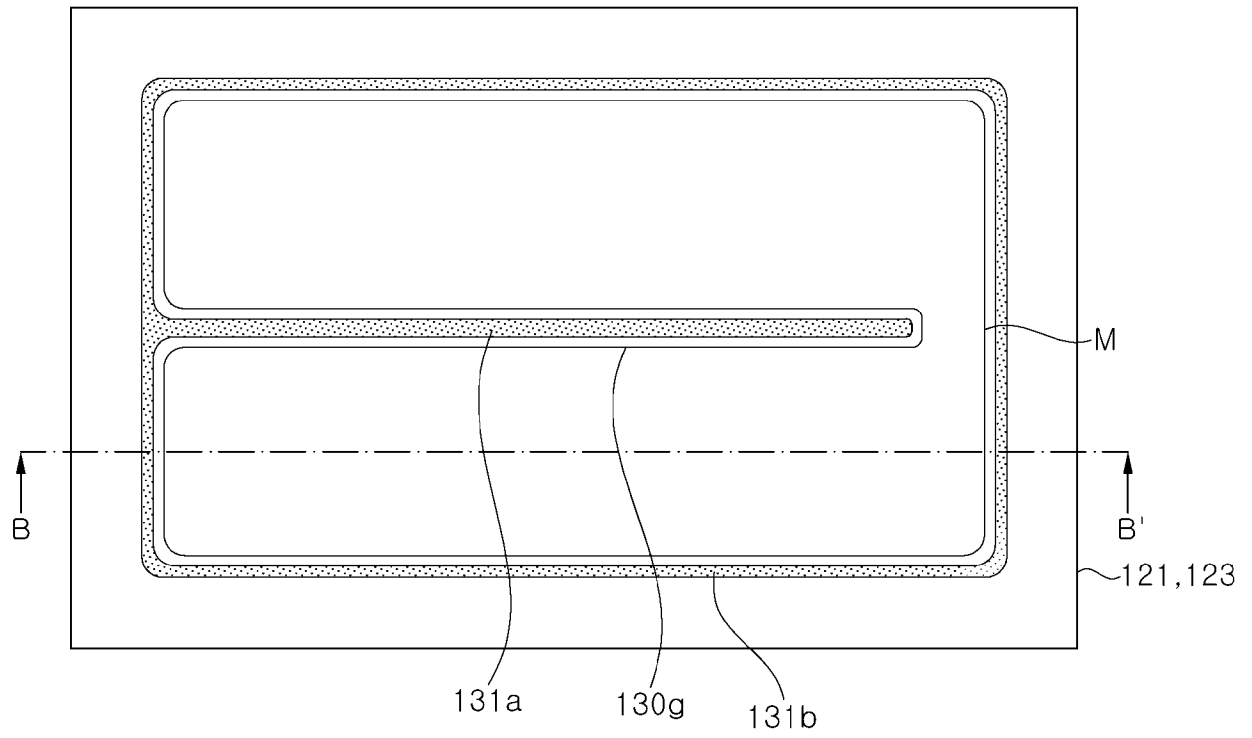
[도13a]



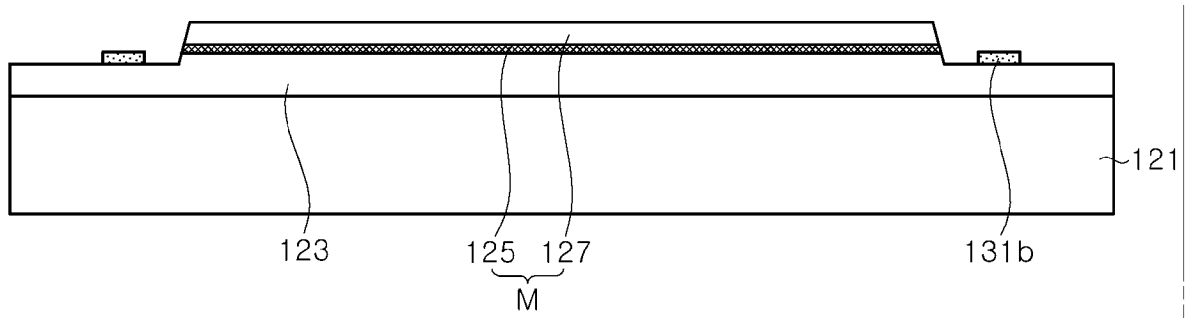
[도13b]



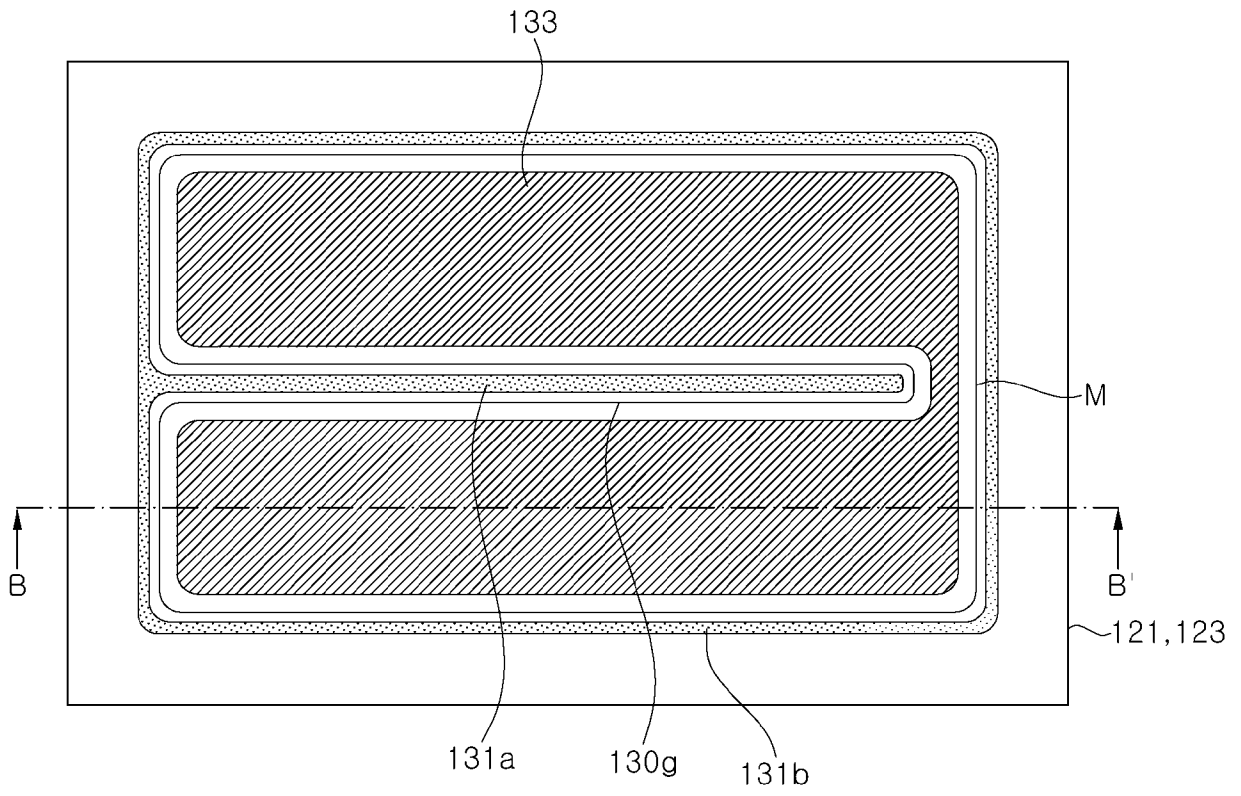
[도 14a]



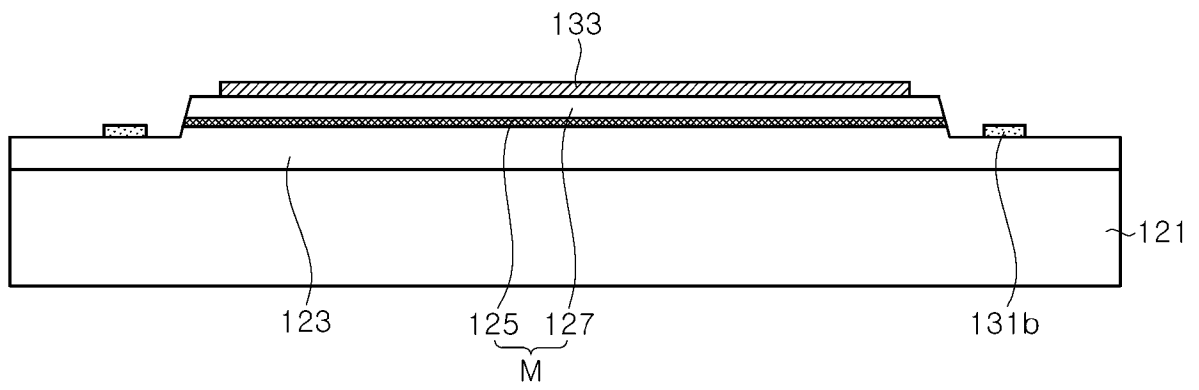
[도 14b]



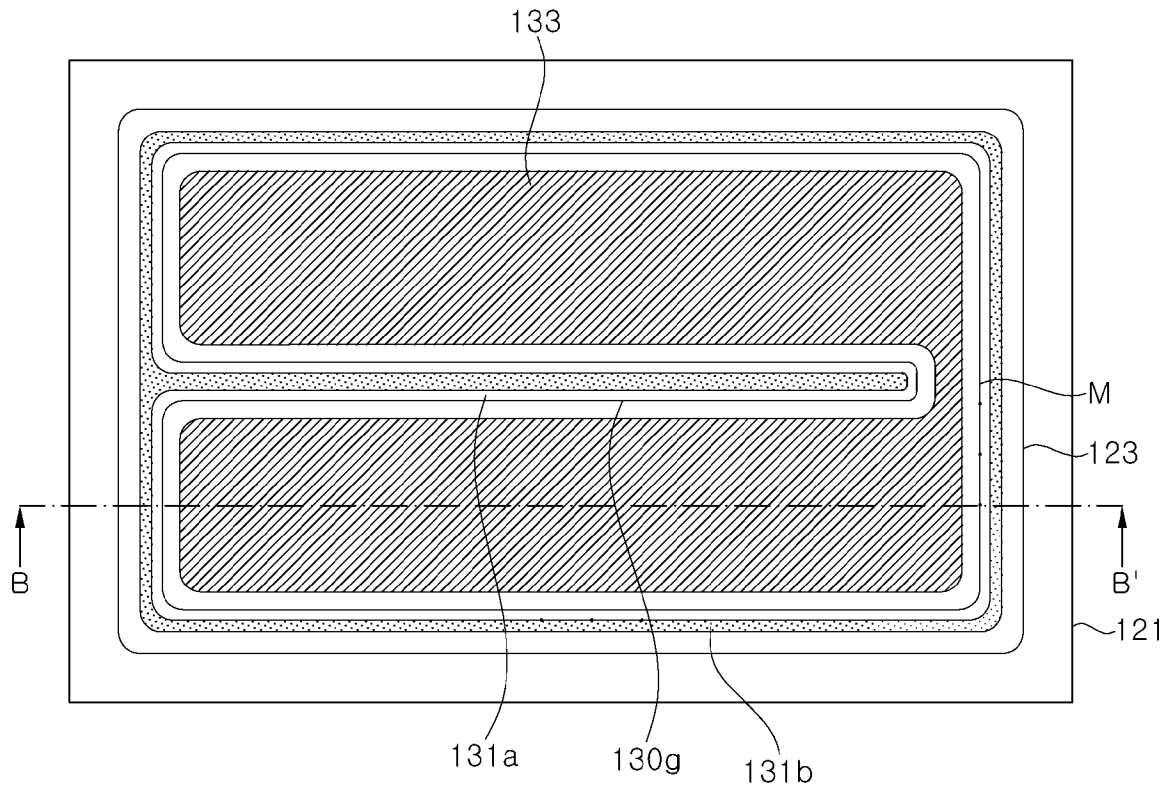
[도 15a]



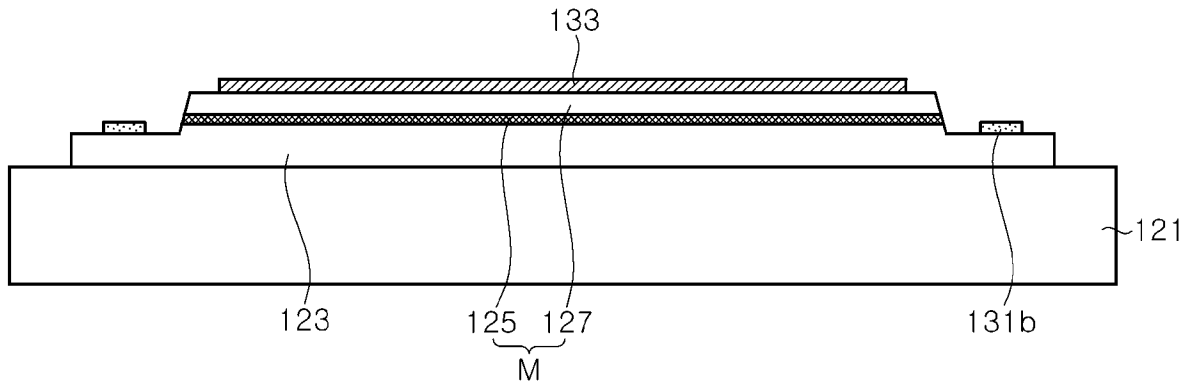
[도 15b]



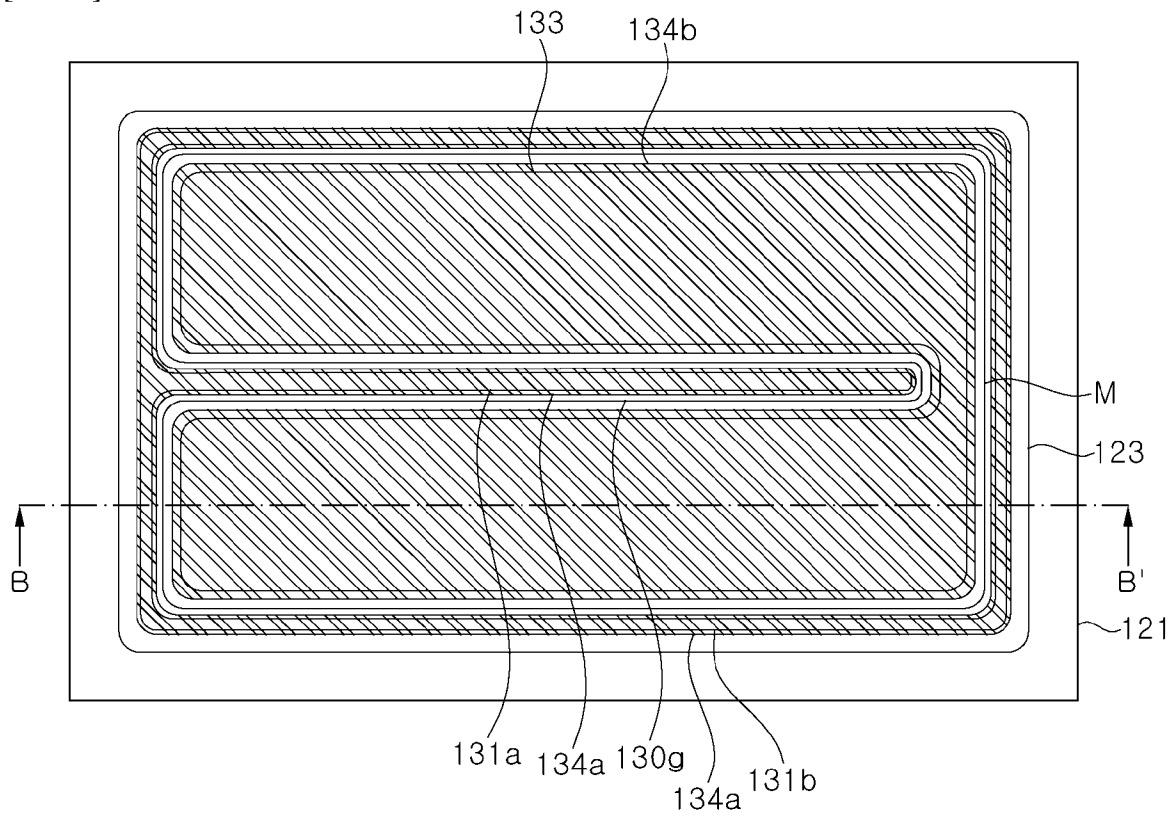
[도 16a]



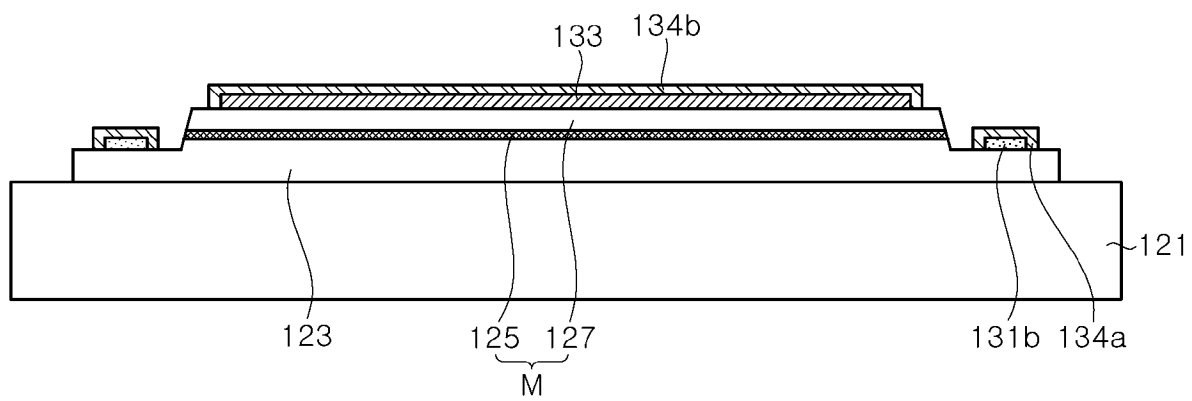
[도 16b]



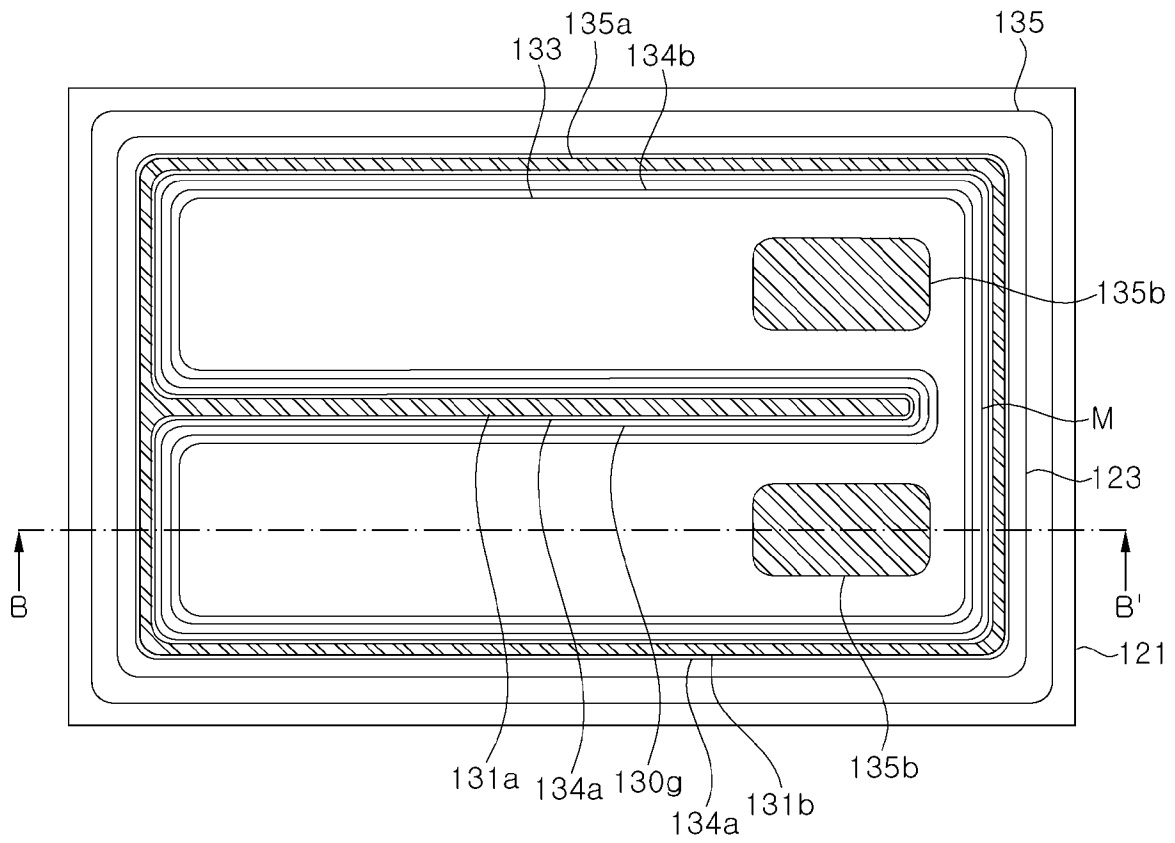
[도17a]



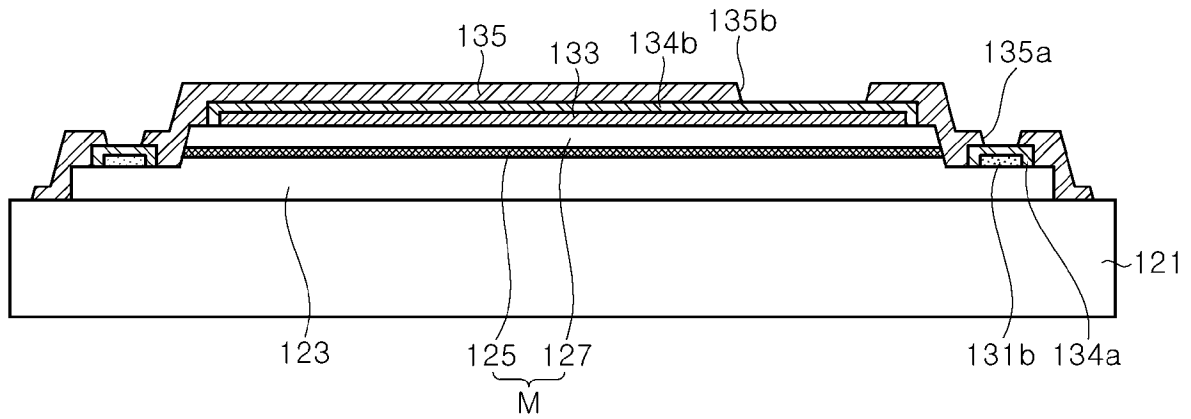
[도17b]



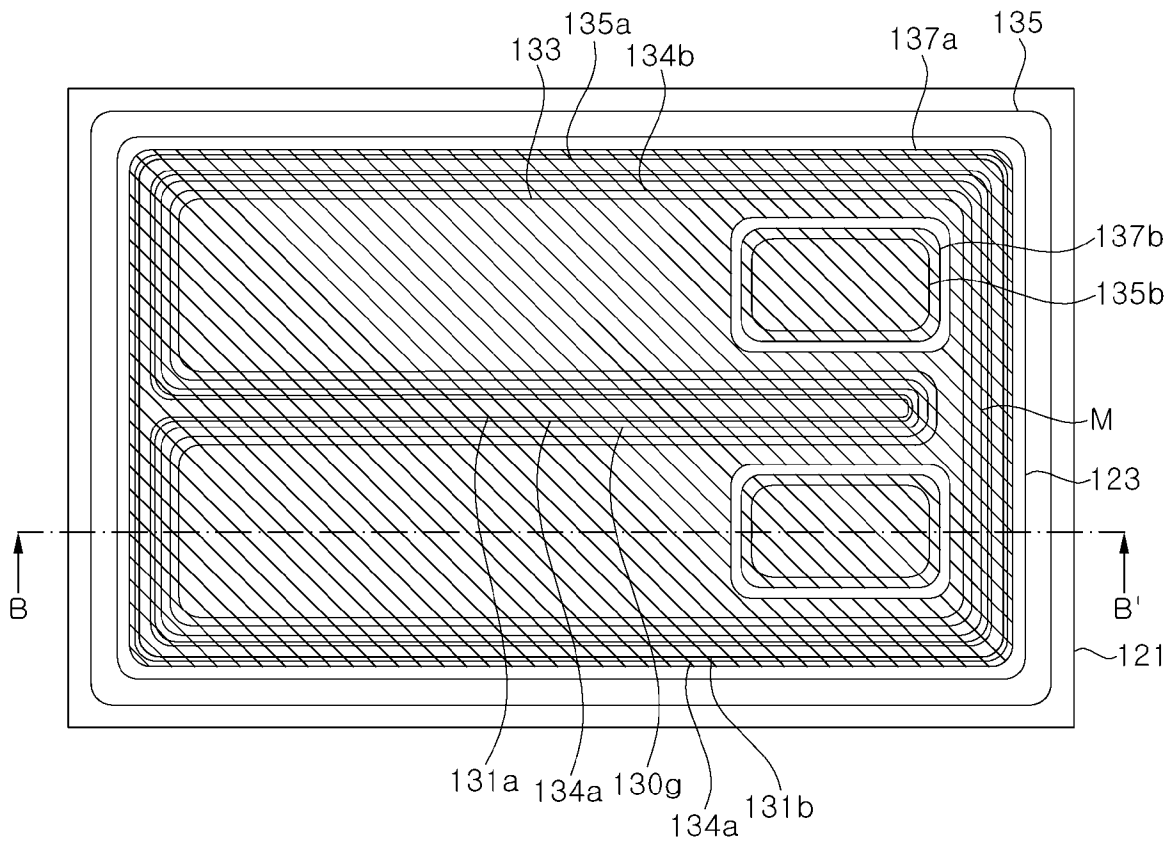
[도 18a]



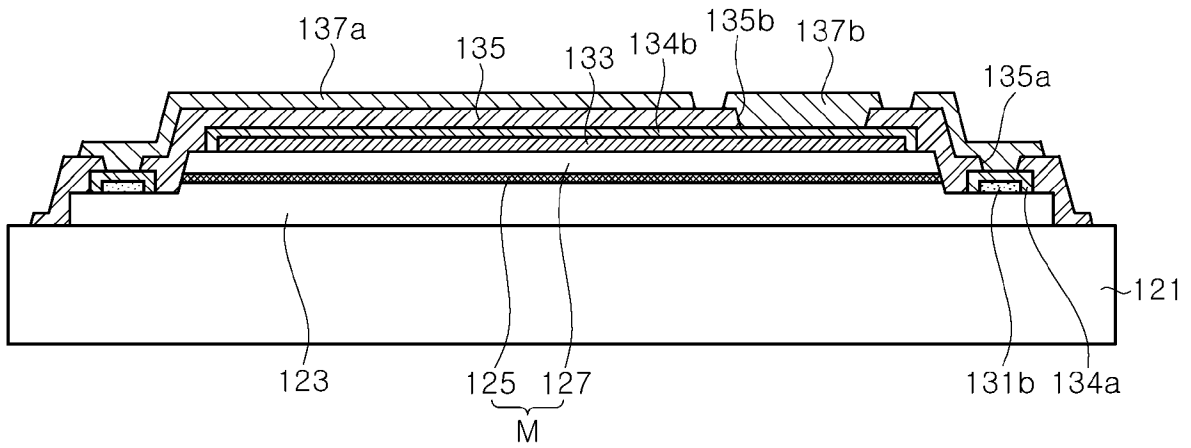
[도 18b]



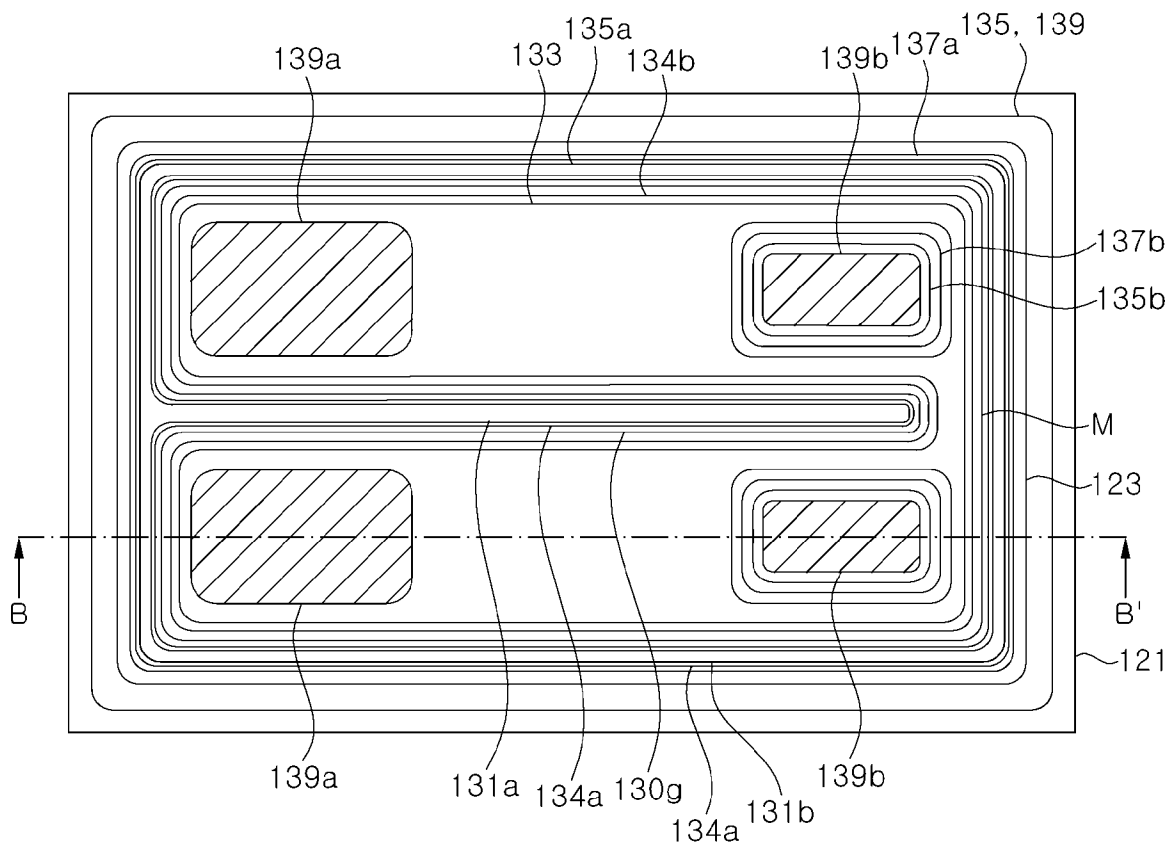
[도 19a]



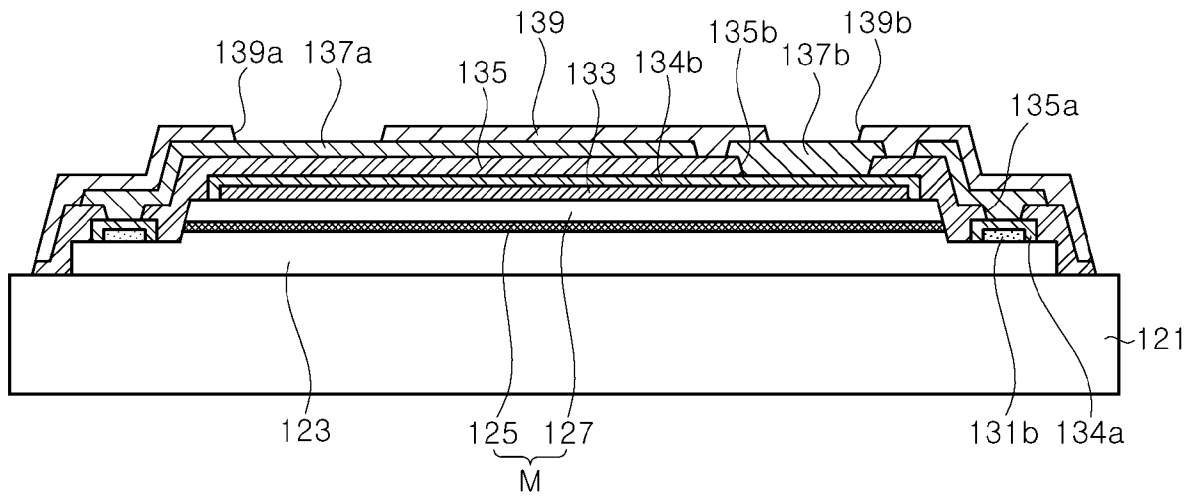
[도 19b]



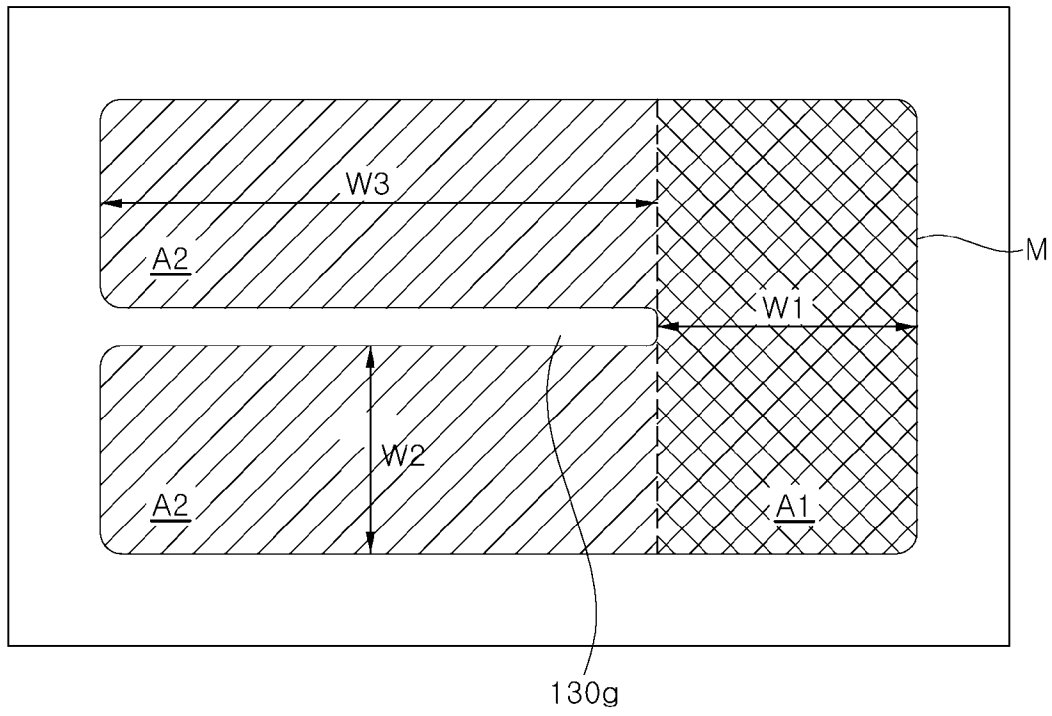
[도20a]



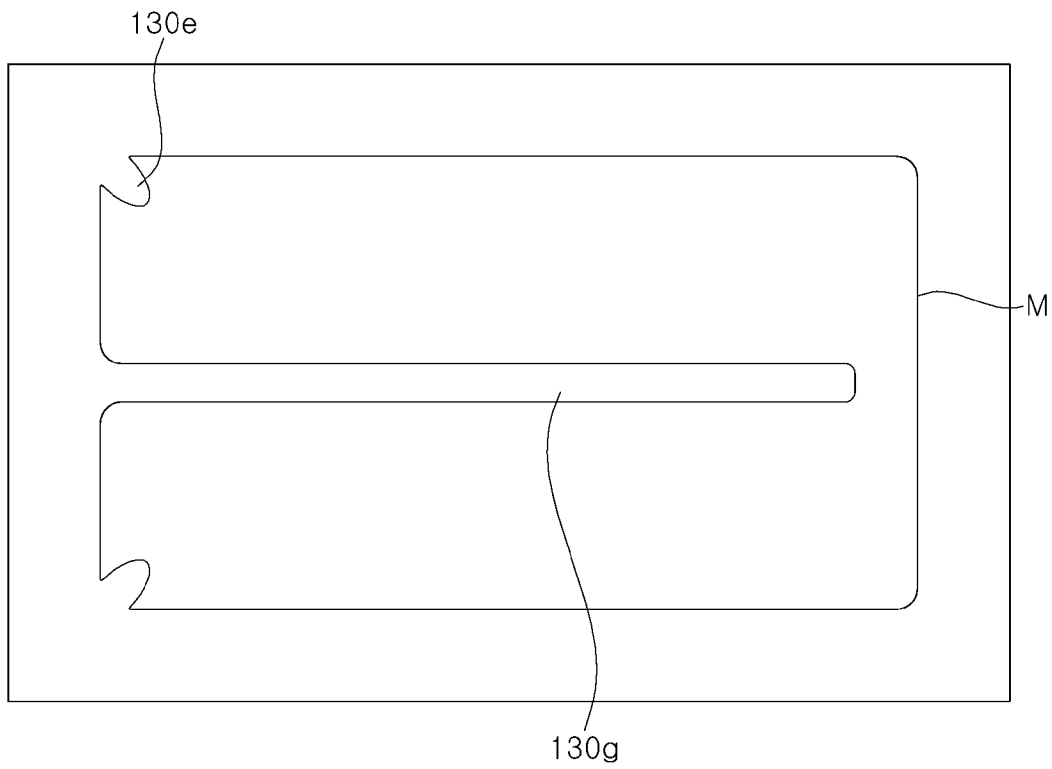
[도20b]



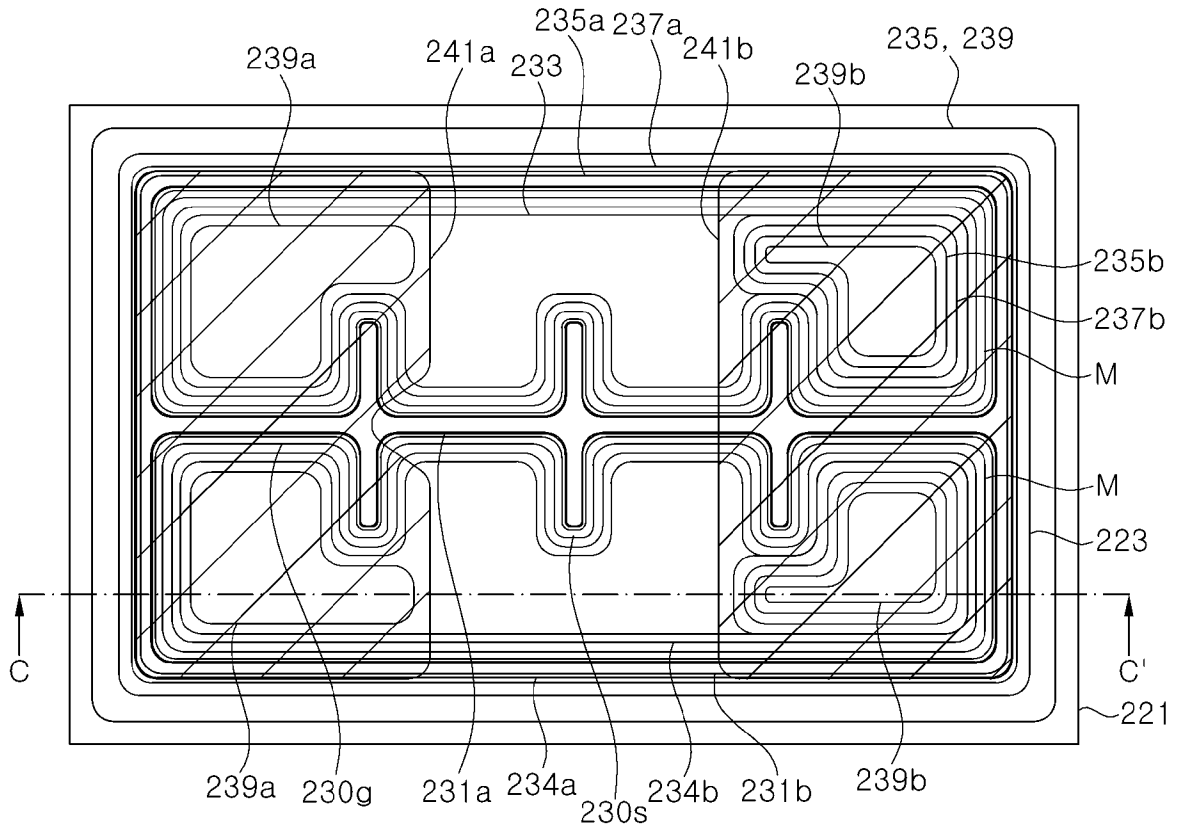
[도21]



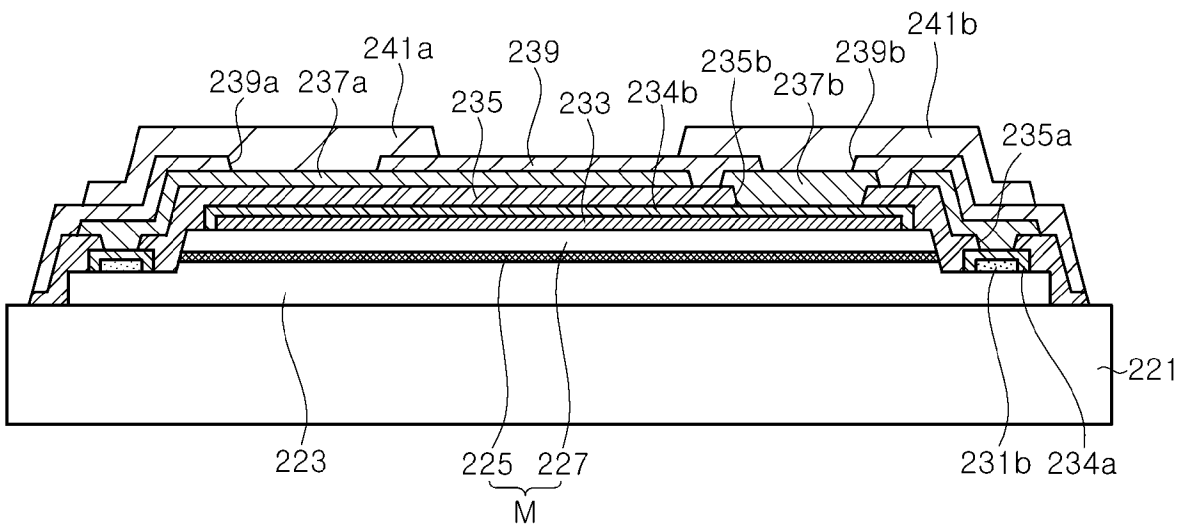
[도22]



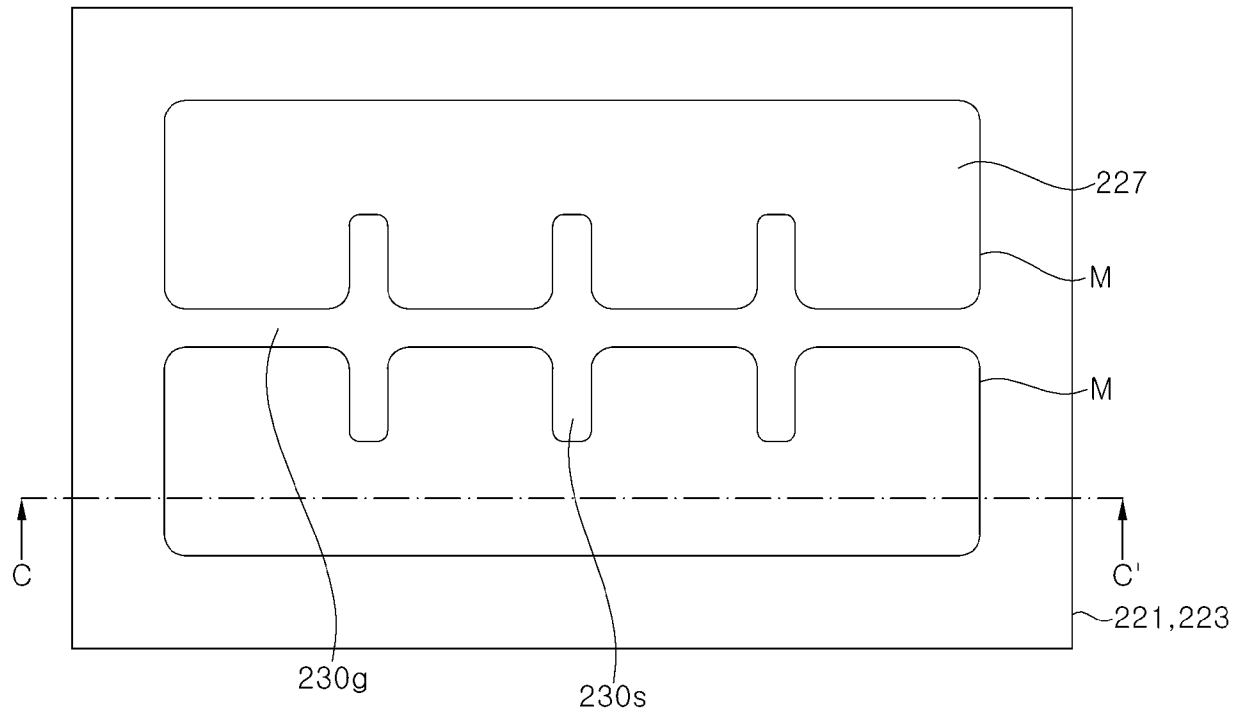
[도23a]



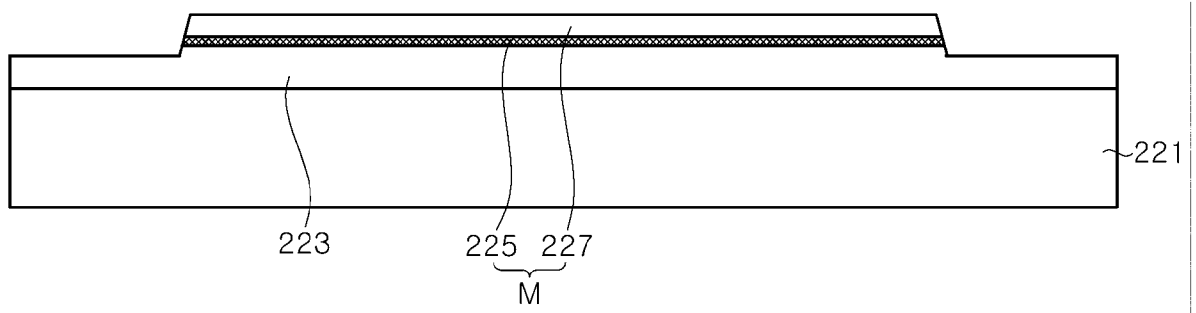
[도23b]



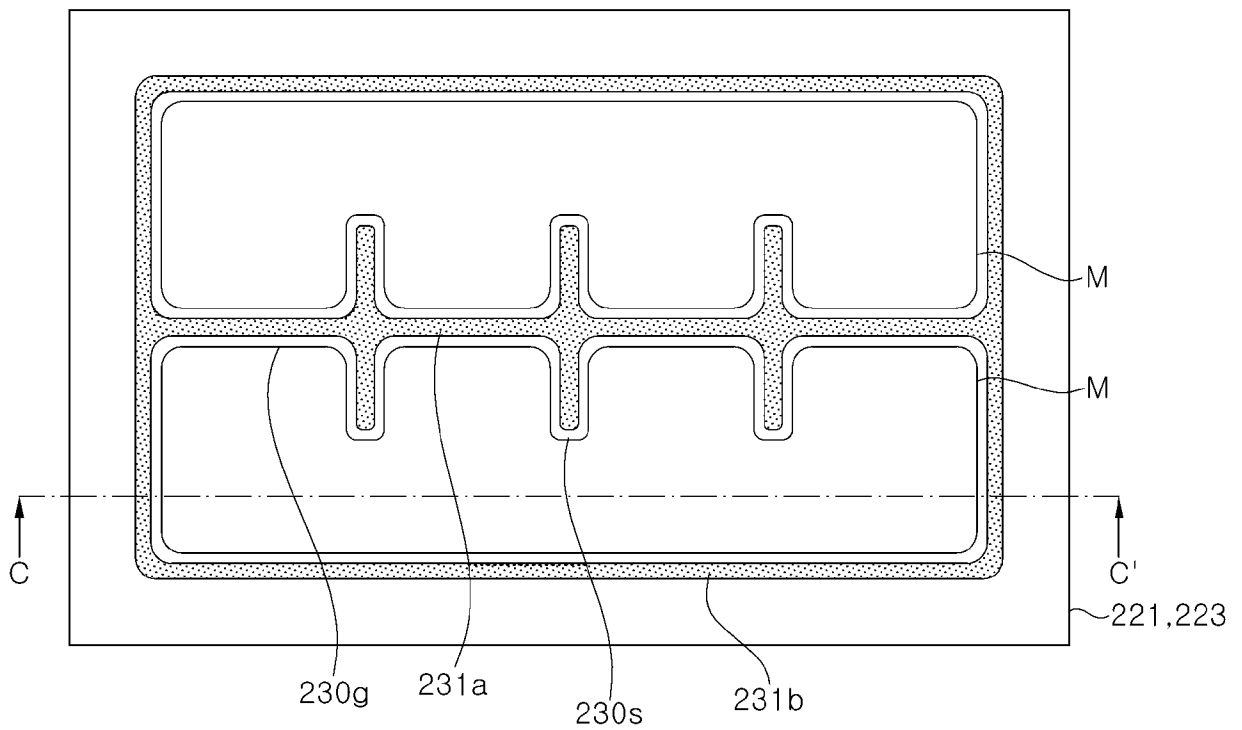
[도24a]



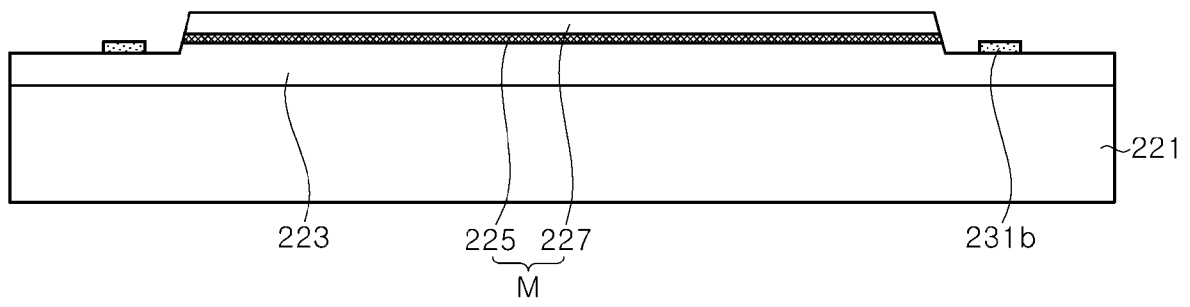
[도24b]



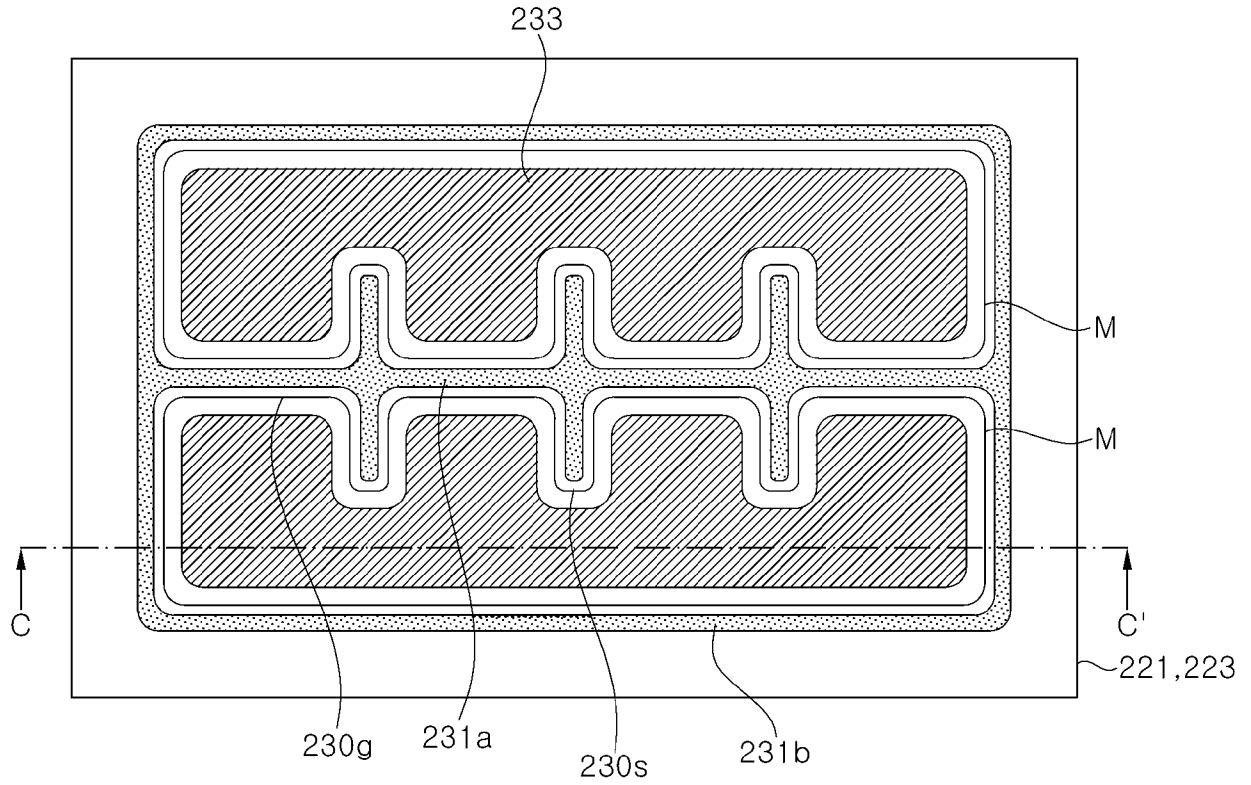
[도25a]



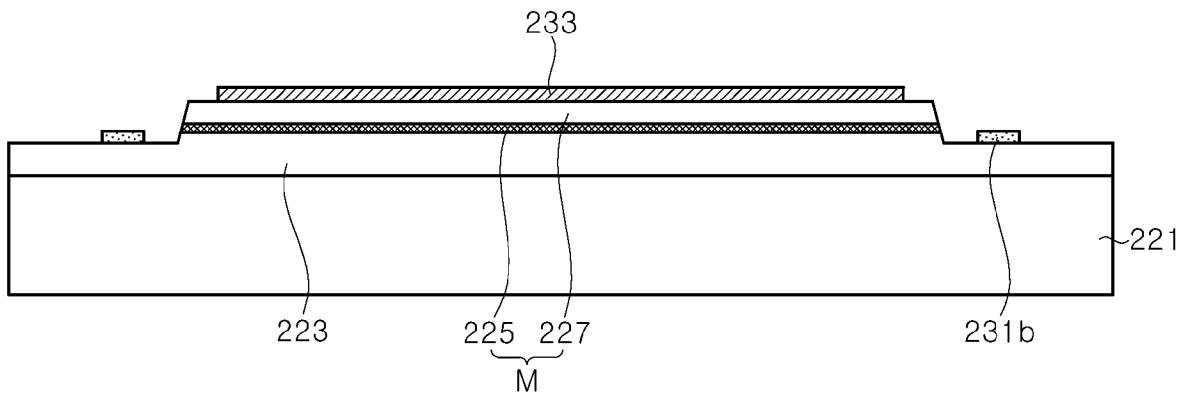
[도25b]



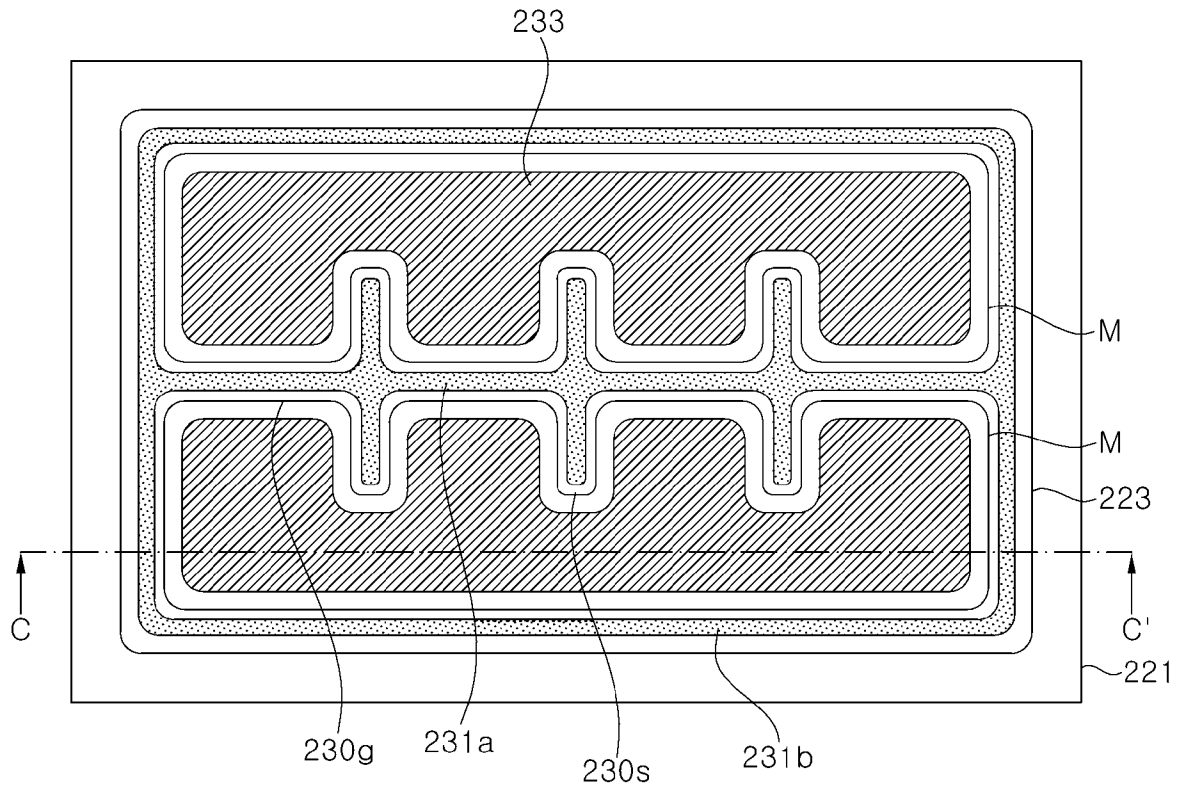
[도26a]



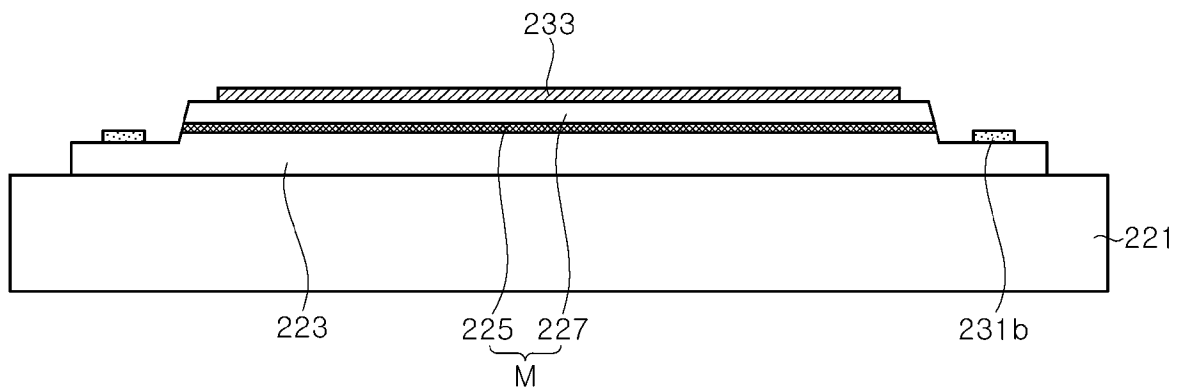
[도26b]



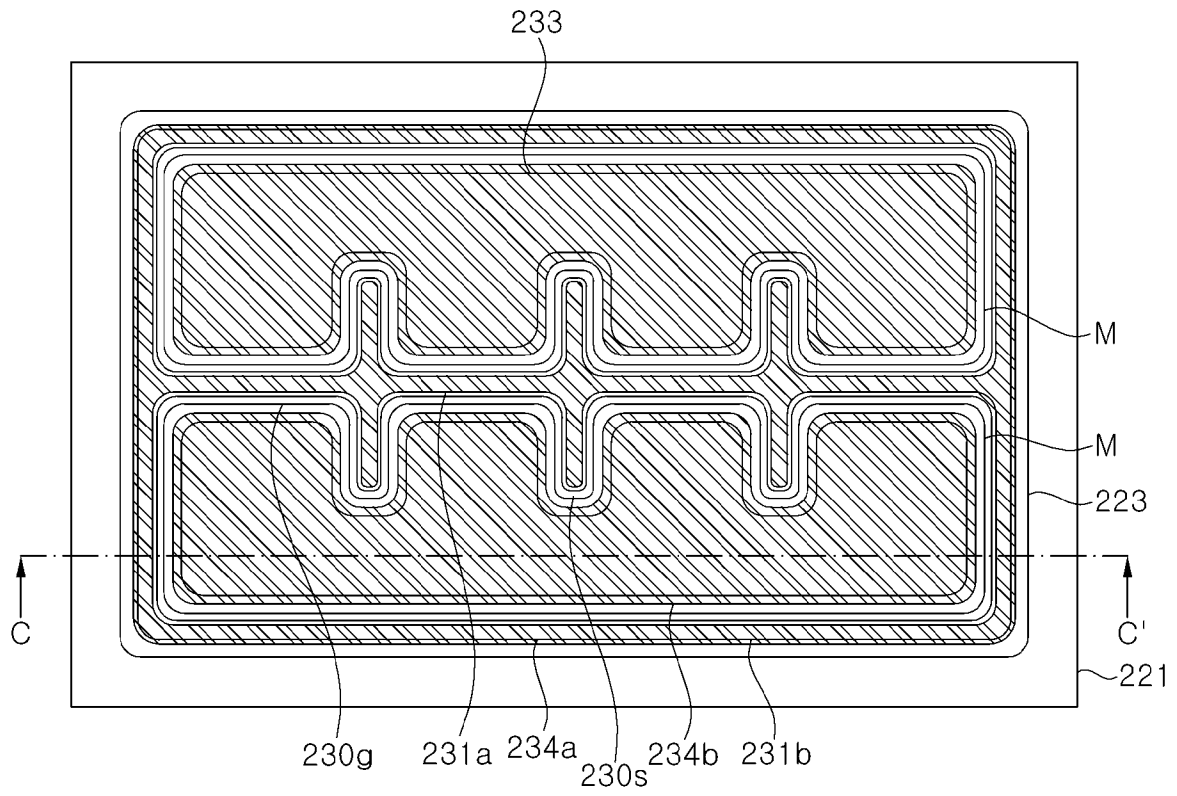
[도27a]



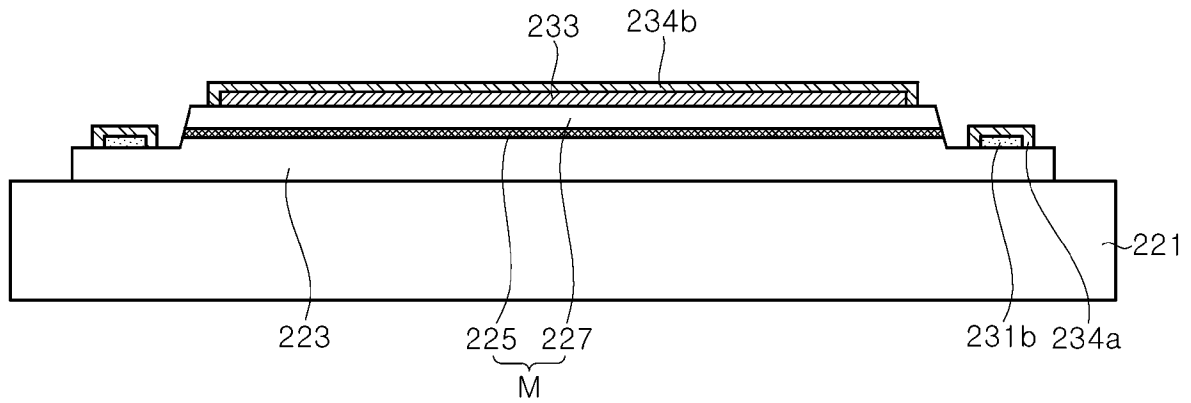
[도27b]



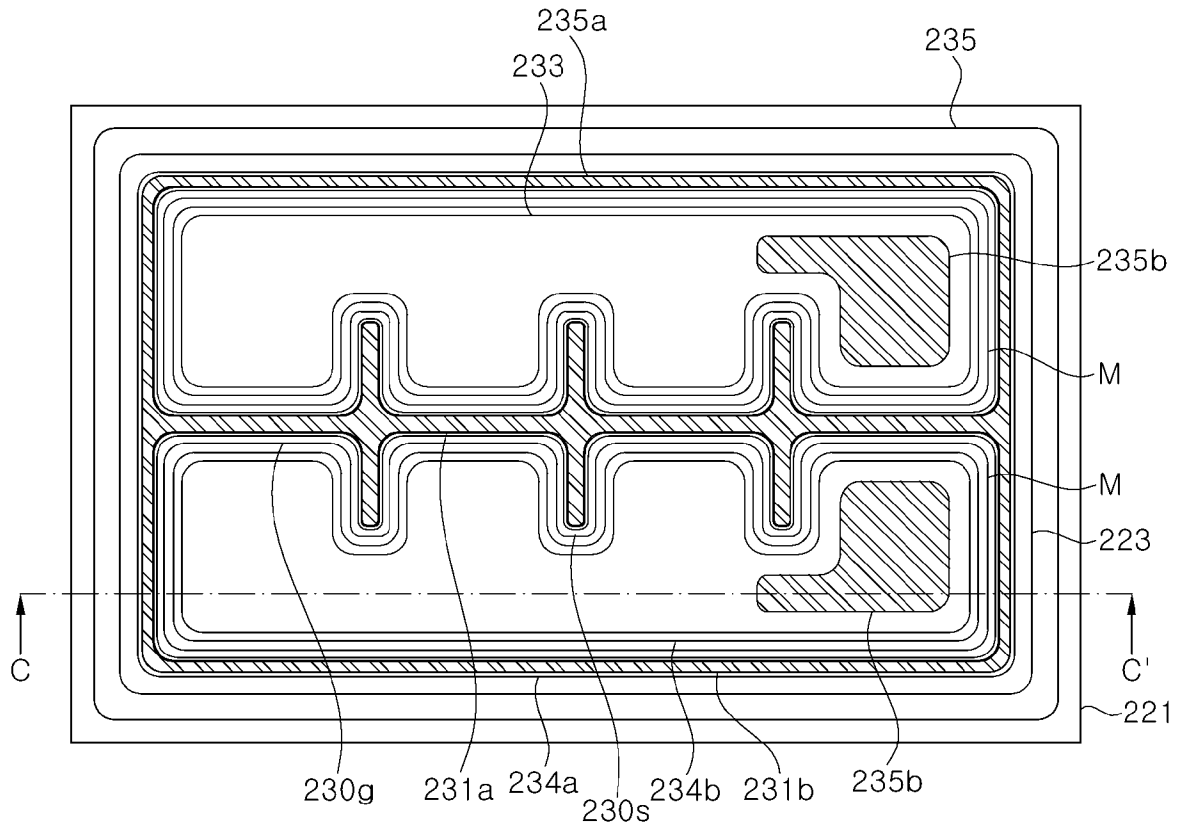
[도28a]



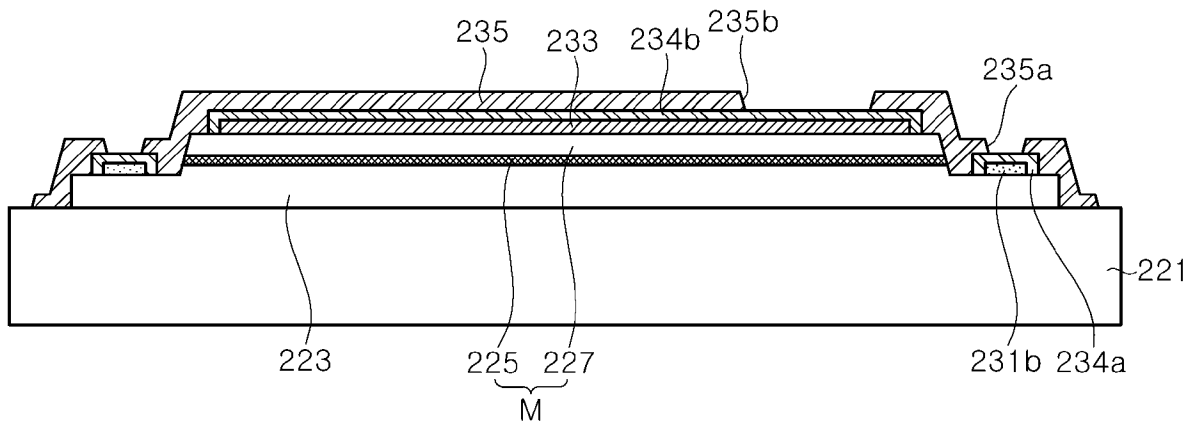
[도28b]



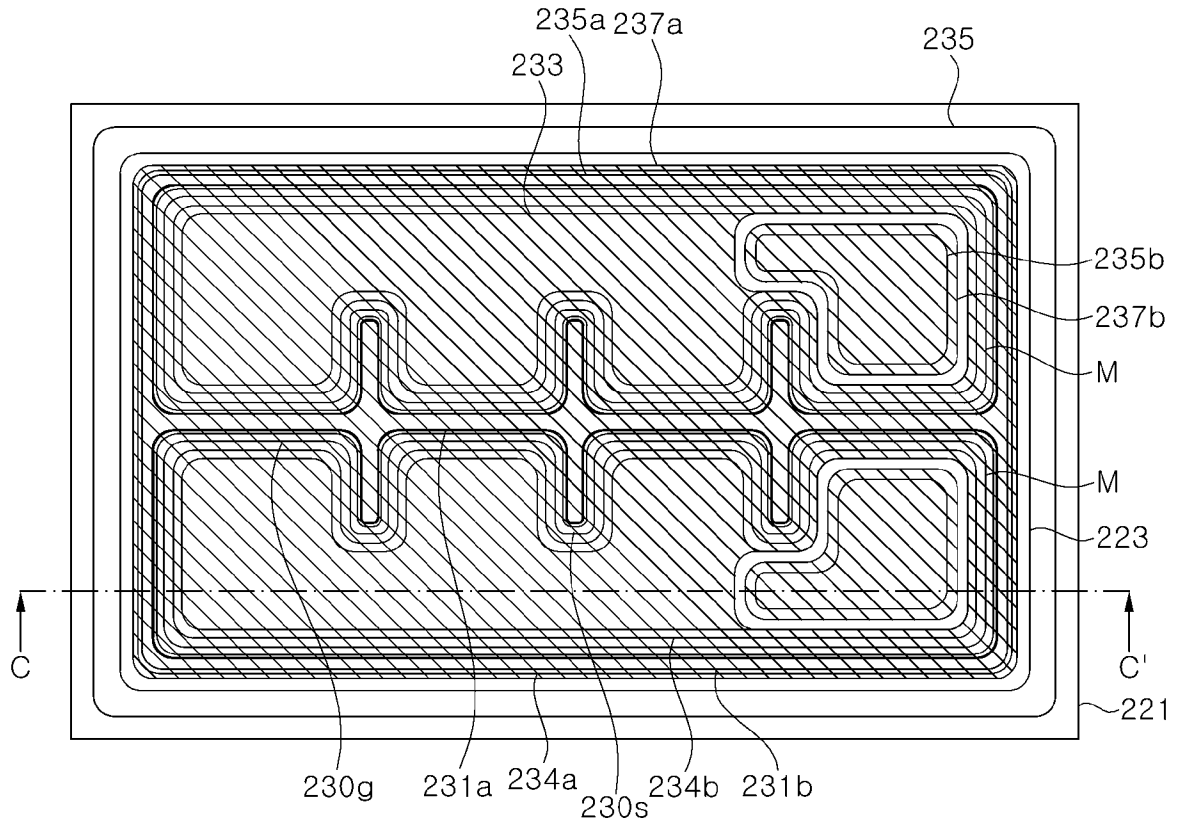
[도29a]



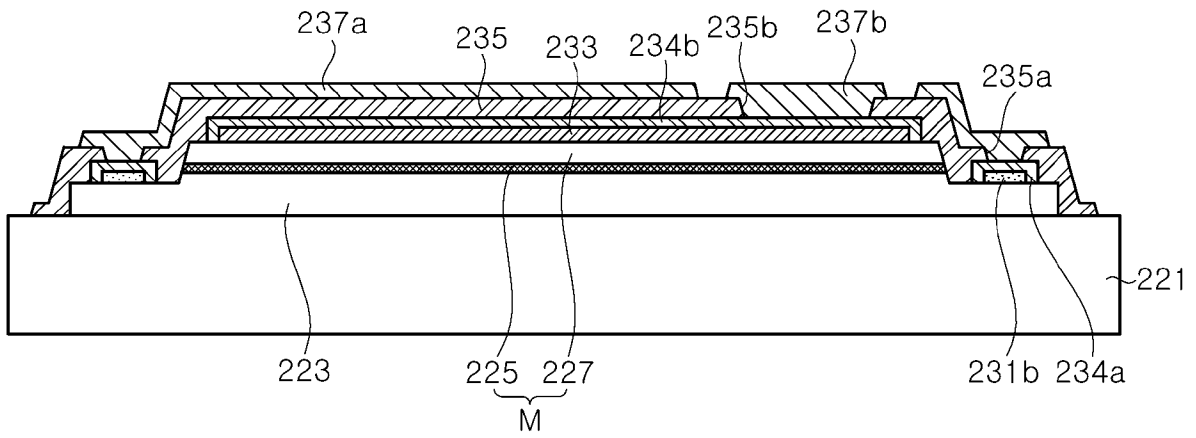
[도29b]



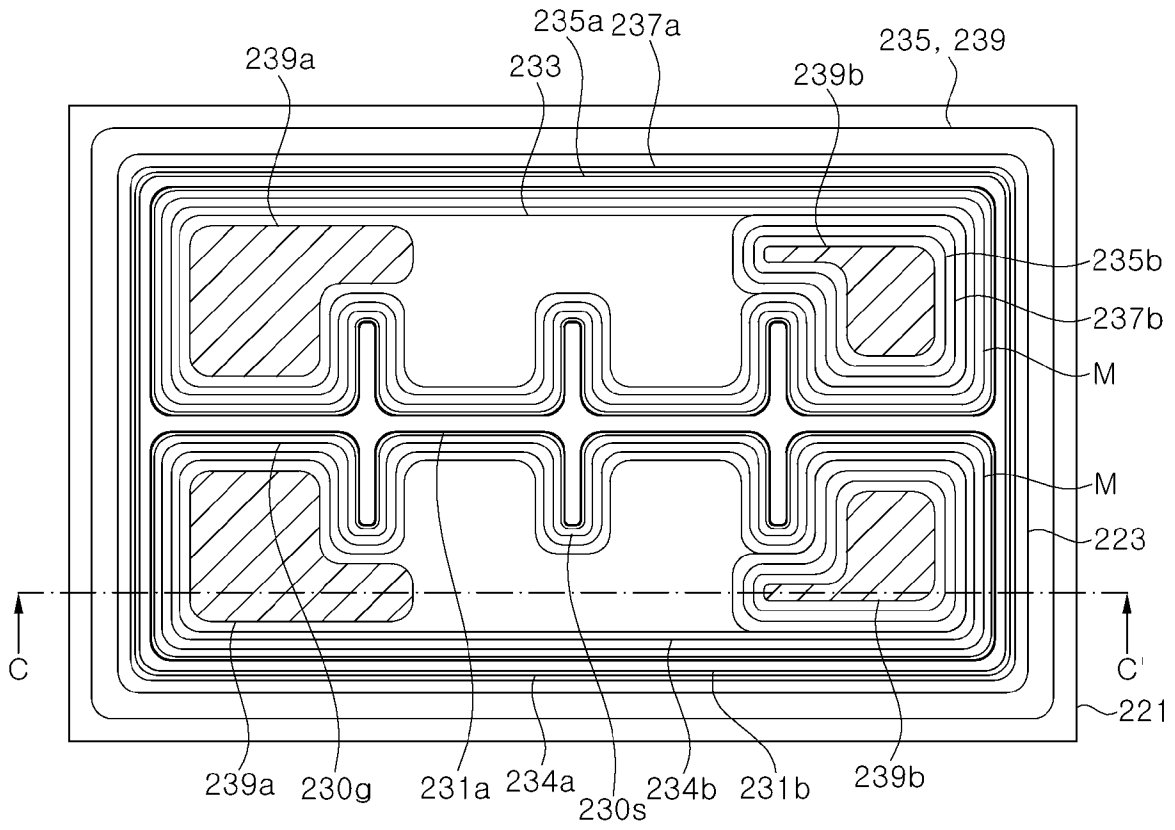
[도30a]



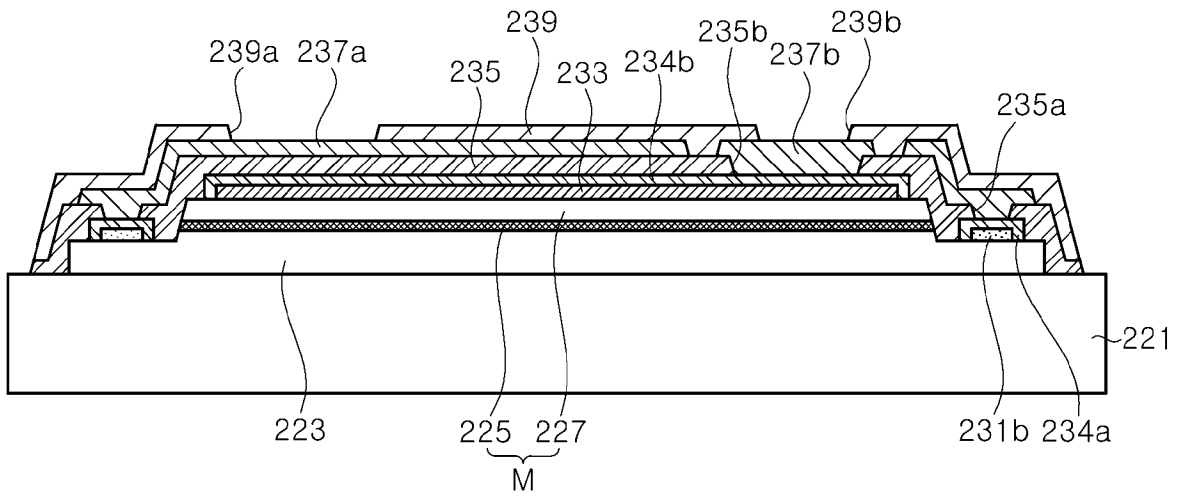
[도30b]



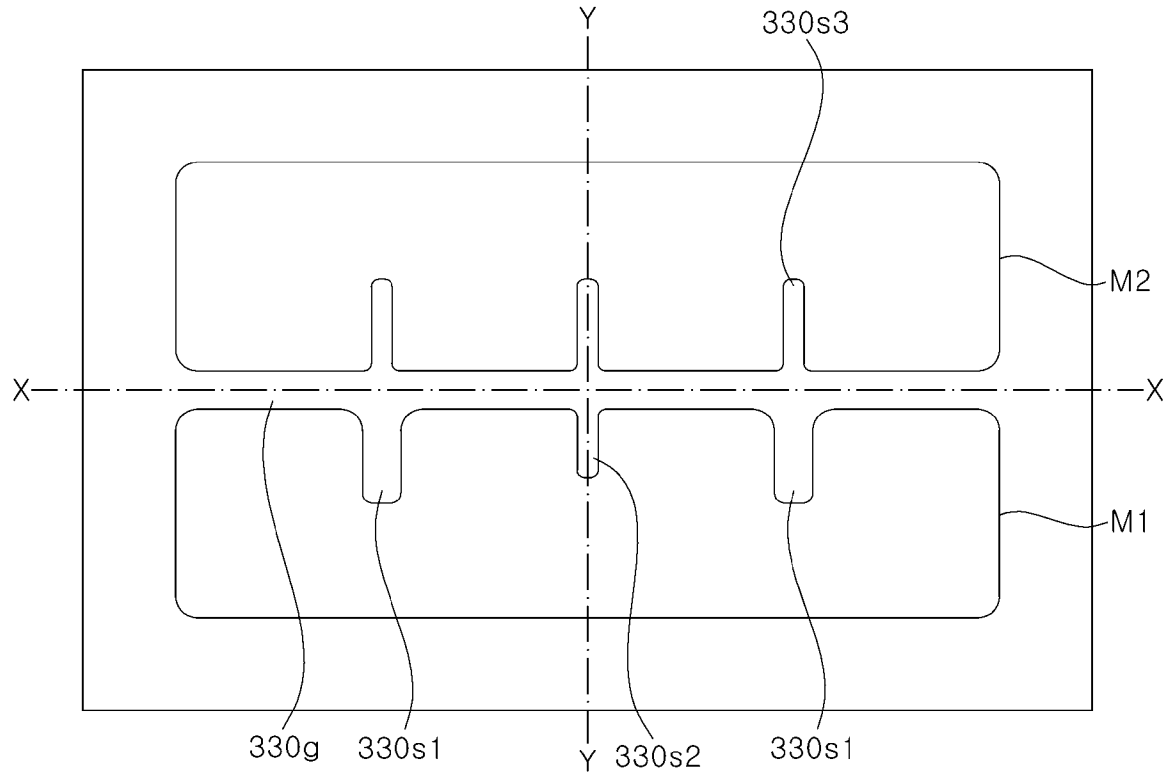
[도31a]



[도31b]



[도32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/009184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01L 33/38(2010.01)i; H01L 33/04(2010.01)i; H01L 33/32(2010.01)i; H01L 33/40(2010.01)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 33/38(2010.01); H01L 33/00(2010.01); H01L 33/36(2010.01); H01L 33/46(2010.01); H01L 33/62(2010.01)		
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: 십자외선(deep ultraviolet), 비아홀(via hole), 옴믹(ohmic), 그루브(groove)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2018-0008198 A (SEOUL VIOSYS CO., LTD.) 24 January 2018 (2018-01-24) See paragraphs [0040]-[0058], and figures 1-2.	1-30
A	KR 10-1958419 B1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 14 March 2019 (2019-03-14) See paragraphs [0027]-[0041] and [0066], and figures 1a-2.	1-30
A	KR 10-0878396 B1 (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 13 January 2009 (2009-01-13) See paragraphs [0047]-[0048], and figure 2.	1-30
A	WO 2017-034356 A1 (LG INNOTEK CO., LTD. et al.) 02 March 2017 (2017-03-02) See entire document.	1-30
A	JP 2015-070079 A (NICHIA CHEM IND. LTD.) 13 April 2015 (2015-04-13) See entire document.	1-30
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 02 November 2021		Date of mailing of the international search report 02 November 2021
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
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/009184

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2018-0008198	A	24 January 2018	CN	109478581	A	15 March 2019
				CN	110993763	A	10 April 2020
				DE	112017003572	T5	09 May 2019
				JP	2019-527480	A	26 September 2019
				JP	6675516	B2	01 April 2020
				US	10868215	B2	15 December 2020
				US	2019-0148596	A1	16 May 2019
				US	2021-0074887	A1	11 March 2021
				WO	2018-012807	A1	18 January 2018
<hr/>							
KR	10-1958419	B1	14 March 2019	KR	10-2014-0096920	A	06 August 2014
				US	2014-0209955	A1	31 July 2014
				US	9391238	B2	12 July 2016
<hr/>							
KR	10-0878396	B1	13 January 2009	KR	10-2008-0090839	A	09 October 2008
<hr/>							
WO	2017-034356	A1	02 March 2017	CN	108352429	A	31 July 2018
				CN	108352429	B	25 September 2020
				EP	3343647	A1	04 July 2018
				EP	3343647	A4	10 October 2018
				EP	3343647	B1	18 December 2019
				JP	2018-529230	A	04 October 2018
				KR	10-2017-0024534	A	07 March 2017
				US	10490702	B2	26 November 2019
				US	2018-0219133	A1	02 August 2018
<hr/>							
JP	2015-070079	A	13 April 2015	JP	6229406	B2	15 November 2017

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01L 33/38(2010.01)i; H01L 33/04(2010.01)i; H01L 33/32(2010.01)i; H01L 33/40(2010.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01L 33/38(2010.01); H01L 33/00(2010.01); H01L 33/36(2010.01); H01L 33/46(2010.01); H01L 33/62(2010.01) 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: 심자외선(deep ultraviolet), 비아홀(via hole), 옴릭(ohmic), 그루브(groove)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2018-0008198 A (서울바이오시스 주식회사) 2018.01.24 단락 40-58, 및 도면 1-2 참조.	1-30
A	KR 10-1958419 B1 (삼성전자주식회사) 2019.03.14 단락 27-41, 66, 및 도면 1a-2 참조.	1-30
A	KR 10-0878396 B1 (삼성전기주식회사) 2009.01.13 단락 47-48, 및 도면 2 참조.	1-30
A	WO 2017-034356 A1 (LG INNOTEK CO., LTD. 등) 2017.03.02 전체 문헌 참조.	1-30
A	JP 2015-070079 A (NICHIA CHEM IND. LTD.) 2015.04.13 전체 문헌 참조.	1-30
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 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	
2021년11월02일(02.11.2021)	2021년11월02일(02.11.2021)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)	박혜련	
팩스 번호 +82-42-481-8578	전화번호 +82-42-481-3463	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2018-0008198 A	2018/01/24	CN 109478581 A	2019/03/15
		CN 110993763 A	2020/04/10
		DE 112017003572 T5	2019/05/09
		JP 2019-527480 A	2019/09/26
		JP 6675516 B2	2020/04/01
		US 10868215 B2	2020/12/15
		US 2019-0148596 A1	2019/05/16
		US 2021-0074887 A1	2021/03/11
		WO 2018-012807 A1	2018/01/18
KR 10-1958419 B1	2019/03/14	KR 10-2014-0096920 A	2014/08/06
		US 2014-0209955 A1	2014/07/31
		US 9391238 B2	2016/07/12
KR 10-0878396 B1	2009/01/13	KR 10-2008-0090839 A	2008/10/09
WO 2017-034356 A1	2017/03/02	CN 108352429 A	2018/07/31
		CN 108352429 B	2020/09/25
		EP 3343647 A1	2018/07/04
		EP 3343647 A4	2018/10/10
		EP 3343647 B1	2019/12/18
		JP 2018-529230 A	2018/10/04
		KR 10-2017-0024534 A	2017/03/07
		US 10490702 B2	2019/11/26
US 2018-0219133 A1	2018/08/02		
JP 2015-070079 A	2015/04/13	JP 6229406 B2	2017/11/15