(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0164908
(43) 공개일자 2024년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61L 2/10 (2006.01) *A61L 2/26* (2006.01)
A61L 9/20 (2006.01) *H01L 33/20* (2010.01)
(52) CPC특허분류
A61L 2/10 (2013.01)
A61L 2/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7032598
(22) 출원일자(국제) 2023년03월15일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년09월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2023/015268
(87) 국제공개번호 WO 2023/177719
국제공개일자 2023년09월21일
(30) 우선권주장
63/320,379 2022년03월16일 미국(US)

(71) 출원인
유비쿼티 인코퍼레이티드
미국 노스 캐롤라이나 27617, 롤리, 베이베리 힐스 드라이브 11237
(72) 발명자
피셔, 브렌트
미국 메릴랜드 20817 베데스다 라이랜드 드라이브 5904
버로스, 스캇
미국 노스 캐롤라이나 27617 롤리 베이베리 힐스 드라이브 11237
(74) 대리인
특허법인다나

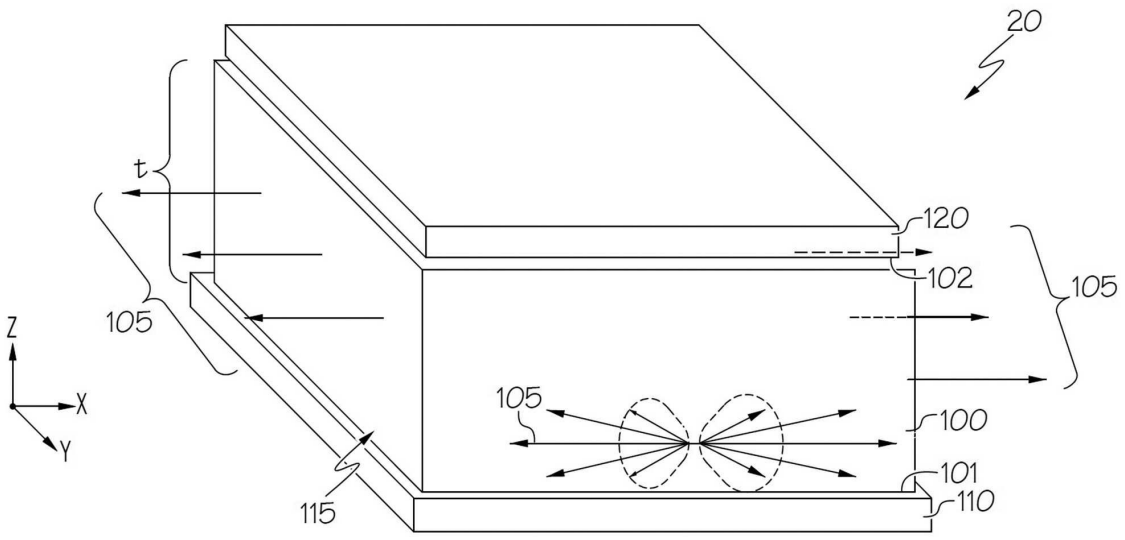
전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 **극-UVC 스펙트럼의 파장에서 작동하도록 구성된 마이크로 LED**

(57) 요 약

발광 다이오드(LED)는 극-UVC 광을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 에피택셜 층과 반도체 구조의 제1 및 제2 표면에 각각의 전기 접촉부를 포함하는 반도체 구조를 포함한다. 측면 방향으로 적어도 하나의 에피택셜 층의 하나 이상의 치수는 수직 방향으로 적어도 하나의 에피택셜 층의 두께와 한 자리수 차이 이내에 있다. 1차 광 추출 표면은 제1 및 제2 표면 사이로 확장되고 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 반도체 구조의 적어도 하나의 측벽을 포함한다. 또한 관련 장치, 그 배열 및 제조 방법도 논의된다.

대 표 도 - 도2a



(52) CPC특허분류
A61L 9/20 (2013.01)
H01L 33/20 (2013.01)
A61L 2202/11 (2013.01)
A61L 2209/12 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

발광 다이오드(LED)로서,

극-UVC 광을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 에피택셜 층을 포함하는 반도체 구조를 포함하며,

측면 방향으로의 적어도 하나의 에피택셜 층의 하나 이상의 치수는 수직 방향으로의 적어도 하나의 에피택셜 층의 두께와 한 자리수 차이(an order of magnitude) 이내에 있는 LED.

청구항 2

제1항에 있어서,

반도체 구조는:

각각의 전기 접촉부를 갖는 제1 및 제2 표면; 및

제1 및 제2 표면 사이로 확장되고 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 적어도 하나의 측벽을 포함하는 LED.

청구항 3

제2항에 있어서,

적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 적어도 하나의 에피택셜 층의 반대 측벽을 포함하고, 하나 이상의 치수는 반대 측벽 사이의 거리를 포함하는 LED.

청구항 4

제2항에 있어서,

적어도 하나의 측벽은 극-UVC 광을 빔 또는 분산 패턴으로 지향하도록 구성되는 LED.

청구항 5

제2항에 있어서,

적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이에서 기울어져 있는 LED.

청구항 6

제2항에 있어서,

각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나는 극-UVC 광에 대해 적어도 부분적으로 불투명한 LED.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

반도체 구조를 전면에 포함하는 기판을 추가로 포함하고, 상기 기판은 반도체 구조가 형성된 기본(native) 기판과 상이한 LED.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 기판은 반도체 구조의 적어도 하나의 측벽을 마주보며, 그로부터 방출되는 극-UVC 광의 전파 방향을 하나 이상의 방향으로 변경하도록 구성되는 하나 이상의 광학 방향 전환 구조를 포함하는 LED.

청구항 9

제8항에 있어서,

하나 이상의 광학 방향 전환 구조는 반도체 구조에 인접한 기판의 전면에 부착되는 LED.

청구항 10

제8항에 있어서,

하나 이상의 광학 방향 전환 구조는 상기 기판에 통합되며, 반도체 구조를 포함하는 기판의 표면은 하나 이상의 광학 방향 전환 구조에 대해 오목한 LED.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 기판은

전면과 반대쪽에 있고 후면 접촉부를 갖는 후면; 및

상기 기판을 통해 확장되고 반도체 구조의 각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나를 후면 접촉부에 전기적으로 연결하는 적어도 하나의 전도성 관통 비아(conductive through via)를 포함하는 LED.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 LED는 반도체 구조의 기본 기판이 없는 LED.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

반도체 구조는 UVC 광을 생성하도록 추가로 구성되는 LED.

청구항 14

발광 다이오드(LED)로서,

극-UVC 광을 생성하도록 구성되며, 제1 및 제2 표면을 포함하는 반도체 구조;

제1 및 제2 표면 중 적어도 하나 상의 각각의 전기 접촉부; 및

제1 및 제2 표면 사이로 확장되고 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 반도체 구조의 적어도 하나의 측벽을 포함하는 1차 광 추출 표면을 포함하는 LED.

청구항 15

제14항에 있어서,

적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 반도체 구조의 하나 이상의 에피택셜 층의 반대 측벽을 포함하고, 반대 측벽 사이의 거리는 약 100마이크론 미만인 LED.

청구항 16

제15항에 있어서,

반대 측벽 사이의 거리는 약 50㎛ 미만인 LED.

청구항 17

제15항에 있어서,

반도체 구조의 하나 이상의 에피택셜 층의 두께는 약 10㎛ 이하인 LED.

청구항 18

제15항에 있어서,

반대 측벽 사이의 거리는 반도체 구조의 하나 이상의 에피택셜 층의 두께와 한 자리수 차이(order of magnitude) 이내인 LED.

청구항 19

제14항에 있어서,

적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이에서 기울어져 있는 LED.

청구항 20

제14항에 있어서,

각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나는 극-UVC 광에 대해 적어도 부분적으로 불투명한 LED.

청구항 21

제14항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

반도체 구조를 표면에 포함하는 기판을 추가로 포함하고,

상기 기판은 1차 광 추출 표면을 마주보며, 그로부터 방출되는 극-UVC 광의 전파 방향을 하나 이상의 방향으로 변경하도록 구성되는 하나 이상의 광학 방향 전환 구조를 포함하는 LED.

청구항 22

제21항에 있어서,

하나 이상의 광학 방향 전환 구조는 반도체 구조에 인접한 기판의 표면에 부착되는 LED.

청구항 23

제21항에 있어서,

하나 이상의 광학 방향 전환 구조는 상기 기판에 통합되며, 반도체 구조를 포함하는 기판의 표면은 하나 이상의 광학 방향 전환 구조에 대해 오목한 LED.

청구항 24

제21항에 있어서,

기판은 기판 표면으로 확장되고 각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나와 전기적으로 접촉하는 적어도 하나의 전도성 관통 비아를 포함하는 LED.

청구항 25

제14항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

제1 및/또는 제2 표면의 적어도 일부는 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 광 추출 표면을 포함하는 LED.

청구항 26

제14항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 LED는 반도체 구조의 기본 기판이 없는 LED.

청구항 27

제14항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서,

반도체 구조는 UVC 광을 생성하도록 추가로 구성되는 LED.

청구항 28

발광 다이오드(LED)로서,

극-UVC 파장 범위의 파장을 포함하는 광을 생성하도록 구성된 반도체 구조를 포함하고,

반도체 구조는 각각의 전기 접촉부를 갖는 제1 및 제2 표면과 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 하나 이상의 측면 표면을 포함하며,

하나 이상의 측면 표면의 총 표면적(collective surface area)은 상부 또는 하부 표면의 각각의 표면적의 10배 이내인 LED.

청구항 29

제28항에 있어서,

적어도 하나의 측면 표면은 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 반도체 구조의 적어도 하나의 에피택셜 층의 반대 측벽을 포함하고, 반대 측벽 사이의 거리는 약 100마이크론 미만인 LED.

청구항 30

제29항에 있어서,

반대 측벽 사이의 거리는 약 50㎛ 미만이고, 적어도 하나의 에피택셜 층의 두께는 약 10㎛ 이하인 LED.

청구항 31

제28항에 있어서,

측면 방향으로의 반도체 구조의 적어도 하나의 에피택셜 층의 하나 이상의 치수는 수직 방향으로의 적어도 하나의 에피택셜 층의 두께와 한 자리수 차이 이내에 있는 LED.

청구항 32

제28항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 측면 표면은 제1 및 제2 표면 사이에서 기울어져 있는 LED.

청구항 33

제28항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서,

각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나는 극-UVC 광에 대해 적어도 부분적으로 불투명한 LED.

청구항 34

제28항 내지 제33항 중 어느 한 항에 있어서,

반도체 구조를 표면에 포함하는 기판을 추가로 포함하고, 상기 기판은 하나 이상의 측면 표면을 마주보며, 그로부터 방출되는 극-UVC 광의 전파 방향을 하나 이상의 방향으로 변경하도록 구성되는 하나 이상의 광학 방향 전환 구조를 포함하는 LED.

청구항 35

제28항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서,

반도체 구조는 UVC 광을 생성하도록 추가로 구성되는 LED.

청구항 36

발광 다이오드(LED) 배열로서,

공통 지지 기판; 및

공통 지지 기판의 표면에 배열된, 제1항 내지 제35항 중 어느 한 항에 따른 복수의 LED를 포함하며,

선택적으로, 광학 방향 전환 구조는 복수의 LED 중 인접한 것 사이의 공통 지지 기판 표면에 제공되는 LED 배열.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [우선권의 주장]

[0002] 본 출원은 2022년 3월 16일에 미국 특허청에 제출된 미국 임시특허 출원 제63/320,379호의 우선권을 주장하며, 해당 출원의 내용은 본 명세서에 전체적으로 참고로 포함되어 있다.

[0003] 본 출원은 자외선(UV) 광원, 특히 극-UVC(far-UVC) 광원 및 관련 장치와 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 파장 범위가 약 200nm에서 약 400nm인 소형이고 효율적인 자외선 광원은 많은 응용 분야에 적합할 수 있다. 예를 들어 살균용 UV(GUV) 제품에 대한 신흥 시장이 있다. UVC 파장 범위(예: 파장이 약 200nm에서 약 280nm이며, UV-C라고도 지칭함)의 광자를 포함하는 UVC 광은 공기 중 및 표면 질병 유발 병원균을 살균하는 데 사용할 수 있으며, 인체 노출에 안전하다. 인체 안전과 관련하여 (파장이 약 200nm에서 약 240nm인) 극-UVC 광은 피부 표면의 죽은 세포층이나 인간 눈의 눈물층을 통과하지 못할 수 있다. 특히 극-UVC 광은 DNA 및/또는 단백질에 영구적인 물리적 손상을 효율적으로 일으킬 수 있으며, 이는 박테리아, 바이러스 및 진균의 복제를 방지할 수 있다. 따라서 인간에게 안전한 극-UVC 광은 이러한 파장이 각질층(표피의 죽은 피부 세포의 최상층) 또는 눈의 눈물층에 크게 흡수될 수 있기 때문에 인간에게 거의 또는 전혀 위험하지 않고 질병을 일으키는 병원균을 효과적으로 죽이거나 불활성화할 수 있다. 즉, 극-UVC 파장 범위의 광은 미세한 병원균(박테리아 등)을 빠르게 죽이고 바이러스를 불활성화할 수 있지만 인간에게 해를 끼칠 위협을 가할 만큼 인간의 피부 깊숙이 침투할 수는 없다. 이를 통해 인간이 있는 곳에서 자외선 광을 사용하여 공기와 표면을 살균할 수 있다.

[0005] 그러나 극-UVC 파장 범위에서 작동하면 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어 극-UVC에서 작동하도록 구성된 사용 가능한 광원은 거의 없다. 일부 기존의 극-UVC 광원은 과도 플라즈마(transient plasma)에서 형성된 엑시머에서 광을 생성하는 가스 방전 램프(gas-discharge lamp)로 구현되었다. 예를 들어 KrCl 엑시머 램프는 222nm에서 광을 생성할 수 있다. 극-UVC의 고체 광원(예: 인광체 기반 파장 변환(phosphor-based wavelength conversion)을 사용하는 일부 경우 발광 다이오드(LED))은 여러 이점 중에서 비용 절감 및/또는 신뢰성 증가 등의 이점이 있어 바람직할 수 있습니다. LED는 널리 배포되고 개발된 고체 광원일 수 있지만 이러한 광원은 일반적으로 작동 수명이 짧고 약 265nm보다 짧은 방출 파장에서는 성능이 좋지 않다. 따라서 극-UVC 파장 범위에서 방출하는 LED는 상업적으로 구입할 수 없다.

발명의 내용

[0006] 일부 실시예에 따르면, 발광 다이오드(LED)는 극-UVC 광을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 에피택셜 층을 포함하는 반도체 구조를 포함한다. 측면 방향으로의 적어도 하나의 에피택셜 층의 하나 이상의 치수는 수직 방향으로의 적어도 하나의 에피택셜 층의 두께와 한 자리수 차이 이내(within an order of magnitude)에 있다.

[0007] 일부 실시예에서, 반도체 구조는 각각의 전기 접촉부를 갖는 제1 및 제2 표면과 제1 및 제2 표면 사이로 확장되고 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 적어도 하나의 측벽을 포함한다.

[0008] 일부 실시예에서, 적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 적어도 하나의 에피택셜 층의 반대 측벽을 포함하고, 하나 이상의 치수는 반대 측벽 사이의 거리를 포함한다.

[0009] 일부 실시예에서, 적어도 하나의 측벽은 극-UVC 광을 빔 또는 분산 패턴으로 지향하도록 구성된다.

[0010] 일부 실시예에서, 적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이에서 기울어져 있다.

[0011] 일부 실시예에서, 각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나는 극-UVC 광에 대해 적어도 부분적으로 불투명하다.

[0012] 일부 실시예에서, 기판은 전면에 반도체 구조를 포함한다. 상기 기판은 반도체 구조가 형성된 기본(native) 기판과 상이하다.

[0013] 일부 실시예에서, 상기 기판은 반도체 구조의 적어도 하나의 측벽을 마주보며, 그로부터 방출되는 극-UVC 광의 전파 방향을 하나 이상의 방향으로 변경하도록 구성되는 하나 이상의 광학 방향 전환 구조를 포함한다.

[0014] 일부 실시예에서, 하나 이상의 광학 방향 전환 구조는 반도체 구조에 인접한 기판의 전면에 부착된다.

[0015] 일부 실시예에서, 하나 이상의 광학 방향 전환 구조는 상기 기판에 통합되며, 반도체 구조를 포함하는 기판의 표면은 하나 이상의 광학 방향 전환 구조에 대해 오목하다.

[0016] 일부 실시예에서, 상기 기판은 전면과 반대쪽에 있고 후면 접촉부를 갖는 후면 및 상기 기판을 통해 확장되고 반도체 구조의 각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나를 후면 접촉부에 전기적으로 연결하는 적어도 하나의 전도성 관통 비아(conductive through via)를 포함한다.

[0017] 일부 실시예에서, 상기 LED는 반도체 구조의 기본 기판이 없다.

[0018] 일부 실시예에 따르면, 발광 다이오드(LED)는 극-UVC 광을 생성하도록 구성되며, 제1 및 제2 표면을 포함하는 반도체 구조, 제1 및 제2 표면 중 적어도 하나에 있는 각각의 전기 접촉부 및 제1 및 제2 표면 사이로 확장되고 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 반도체 구조의 적어도 하나의 측벽을 포함하는 1차 광 추출 표면을 포함한다.

[0019] 일부 실시예에서, 적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 반도체 구조의 하나 이상의 에피택셜 층의 반대 측벽을 포함하고, 반대 측벽 사이의 거리는 약 100마이크론 미만이다.

[0020] 일부 실시예에서, 반대 측벽 사이의 거리는 약 50㎛ 미만이다.

[0021] 일부 실시예에서, 반도체 구조의 하나 이상의 에피택셜 층의 두께는 약 10㎛ 이하이다.

[0022] 일부 실시예에서, 반대 측벽 사이의 거리는 반도체 구조의 하나 이상의 에피택셜 층 두께와 한 자리수 차이 이내이다.

[0023] 일부 실시예에서, 적어도 하나의 측벽은 제1 및 제2 표면 사이에서 기울어져 있다.

[0024] 일부 실시예에서, 각각의 전기 접촉부 중 적어도 하나는 극-UVC 광에 대해 적어도 부분적으로 불투명하다.

[0025] 일부 실시예에서, 제1 및/또는 제2 표면의 적어도 일부는 극-UVC 광을 방출하도록 구성된 광 추출 표면을 포함한다.

[0026] 일부 실시예에 따르면, 발광 다이오드(LED)는 극-UVC 파장 범위의 파장을 포함하는 광을 생성하도록 구성된 반도체 구조를 포함한다. 반도체 구조는 각각의 전기 접촉부를 갖는 제1 및 제2 표면과 제1 및 제2 표면 사이로 확장되는 하나 이상의 측면 표면을 포함한다. 하나 이상의 측면 표면의 총 표면적(collective surface area)은 상부 또는 하부 표면의 각각의 표면적의 10배 이내(within a factor of 10)이다.

[0027] 일부 실시예에 따르면, 발광 다이오드(LED) 배열은 공통 지지 기판과, 본 명세서에서 설명된 바와 같이 공통 지지 기판의 표면에 배열된 복수의 LED를 포함한다. 광학 방향 전환 구조는 복수의 LED 중 인접한 것 사이의 공통 지지 기판 표면에 제공될 수 있다.

[0028] 일부 실시예에서, 본 명세서에서 설명된 모든 LED의 반도체 구조는 UVC 광을 생성하도록 추가로 구성된다.

[0029] 일부 실시예에 따른 다른 장치, 기구 및/또는 방법은 다음 도면과 자세한 설명을 검토하면 해당 기술 분야의 당업자에게 자명한 것이다. 상기 실시예의 모든 조합 외에도 이러한 모든 추가 실시예는 본 설명에 포함되고, 발명의 범위 내에 속하며, 수반되는 청구항에 의해 보호되는 것이 의도된다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1a 및 1b는 각각 극-UVC 스펙트럼에서 광 방출을 제공하는 기존의 매크로 LED 광원의 구성을 설명하는 개략적 사시도 및 평면도이다.

도 2a 및 2b는 각각 본 개시의 일부 실시예에 따른 극-UVC 광 생성을 제공하는 마이크로 LED 광원의 구성을 설명하는 개략적 사시도 및 평면도이다.

도 3a 및 3b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 극-UVC 광을 하나 이상의 원하는 방향으로 지향하도록 구성된 측벽을 포함하는 마이크로 LED 광원의 구성을 설명하는 개략적 단면도이다.

도 4a 및 4b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 극-UVC 광을 하나 이상의 원하는 방향으로 지향하도록 구성된 광

학 방향 전환 구조를 포함하는 기판 상의 마이크로 LED 광원의 구성을 설명하는 개략적 단면도이다.

도 4a 및 4b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 극-UVC 광을 하나 이상의 원하는 방향으로 지향하도록 구성된 오목한 표면과 측벽을 포함하는 기판 상의 마이크로 LED 광원의 구성을 설명하는 개략적 단면도이다.

도 6a 및 6b는 본 개시의 일부 실시예에 따른, 리세스 표면, 극-UVC 광을 하나 이상의 원하는 방향으로 지향하도록 구성된 측벽 및 이를 통해 확장되는 관통 전기 연결을 포함하는 기판 상의 마이크로 LED 광원의 구성을 설명하는 개략적 단면도이다.

도 7a 및 7b는 본 개시의 일부 실시예에 따른, 비-기본(non-native) 기판 상에 마이크로 LED 광원을 제작하는 방법을 설명하는 개략적 측면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 개시의 실시예는 극-UVC 파장 범위(약 200nm 내지 240nm, 예를 들어 약 207nm 내지 222nm)에서 전자기파를 생성하는 장치를 제공하며, 이는 (이에 한정되지는 않지만) 공기 중 및 표면 질병 유발 병원균의 살균 및 다양한 현장 환경(공기, 물 등)에서 미량의 화학 또는 생물학적 종을 감지하는 등 다양한 응용 분야에 유용할 수 있으며, 동시에 인간에 노출되어도 안전을 유지하고 인간의 안전 규정 및 요구 사항을 준수한다. 본 명세서에서 사용되는 "극-UVC(far-UVC)" 또는 "극-UVC(Far UVC)" 파장 대역 또는 범위는 (방사선이 대기 중에서 비이온화되는) 약 200nm 보다 크고, 약 240nm보다 작으며, 예를 들어 약 200nm 내지 230nm의 파장을 지칭한다.

[0032] 특히, 본 개시의 실시예는 전자기 스펙트럼의 극-UVC 부분, 구체적으로 약 240nm 미만의 파장에서 광을 방출하는 무기 LED의 성능(즉, 광 출력)을 향상시키기 위한 구성을 제공한다. 일부 맞춤형 LED와 연구실에서는 파장이 260nm에서 230nm에 가까운 LED를 시연했지만, 이러한 장치의 효율성은 빠르게 떨어져 상업적으로 실행 가능하지 않을 수 있다.

[0033] 약 250nm 미만의 파장에서 광을 방출하도록 구성된 LED의 개발을 저해하는 몇 가지 과제가 있을 수 있으며, 그 중 많은 과제는 장치 자체에서 광을 추출하는 것과 관련이 있을 수 있다. 실제로 UVC LED의 외부 양자 효율(external quantum efficiency, EQE)은 광을 추출하는 데 어려움이 있어 10% 미만으로 유지될 수 있다.

[0034] 그러한 과제 중 하나는 상부 및 하부 전기 접촉부와 관련될 수 있다. 특히, LED p-n 접합의 p측과의 접촉(p-접촉이라고도 함)은 전기적 도핑 수준이 증가함에 따라 짧은 파장 범위(예를 들어, 약 200nm 내지 230nm 또는 240nm)의 광에 대해 광학적 투명성을 갖추기 어려울 수 있다. 즉, 저항을 줄이고 (효율성을 높이기 위해) 더 높은 도핑이 필요할 수 있지만, 더 높은 도핑 수준은 광학적 투명성을 감소시킬 수 있으며, 이는 전기 접촉부에 의한 흡수로 인해 광자가 LED에서 빠져나가기 더 어렵게 만들 수 있다. 따라서 접촉부의 불투명성으로 인해 효율성이 저하될 수 있다. 본 명세서에 설명된 실시예는 높은 도핑 수준에 대한 필요성을 완화하거나 표면을 통해 광자를 추출하는 것이 LED의 효율성에 도움이 될 수 있는 설계 변경을 포함한 트레이드오프를 인식한다.

[0035] 파장을 줄이는 데 따른 또 다른 과제는 LED 내부에서 생성되는 광의 방향성과 관련이 있을 수 있다. 예를 들어, AlGaN 재료의 알루미늄 함량이 증가함에 따라 밴드 갭이 증가할 수 있다(그리고, 생성된 광의 방출 파장이 감소할 수 있음). 이러한 변화에 수반하여 등방성 광자 생성에서 물질 내부의 광학적 전이 쌍극자(transition dipole)가 (반도체 물질의 결정 평면에 대해) 점점 더 수직이 되는 상황으로의 변화가 있을 수 있다. 전이 쌍극자가 이상적인 수직 쌍극자(vertical dipole)에 가까울수록 광자 생성은 더욱 이방적이다. InGaN/GaN 기반 청색 LED에서는 횡전기(transverse electric, TE) 분극이 지배적인 반면, AlGaN/GaN UV LED에서는 횡자기(transverse magnetic, TM) 분극이 지배적일 수 있다. 더 간단히 말해서, 방출 파장이 감소함에 따라 LED 내부에서 생성된 광은 주로 반도체 재료의 활성 영역(즉, 양자 우물) 평면에 대해 측면 각도로(즉, 더 큰 강도로) 전파될 수 있다. (즉, 전반사(total internal reflection, TIR)에 대한 임계 각도 내의) 측면 각도로 전파되는 광은 장치의 가장자리로 도파될 가능성이 더 높고, 장치의 상부 또는 하부 표면에서 방출될 가능성이 적다. 본 명세서에서 사용되는 전파(propagation)는 반도체 재료 내부 또는 외부에서 광(또는 광자)의 이동 방향을 나타낼 수 있는 반면 방출(emission)은 반도체 재료에서 광(또는 광자)의 출력을 나타낼 수 있다. 성능을 보다 혼란스럽게 하는 것은 광자가 매크로 LED의 가장자리에 도달하는 길이 규모가 광자가 상부 또는 하부 표면에 도달하는 거리보다 수천 배 더 클 수 있다는 것이다.

[0036] 본 개시의 실시예는 (i) 상부 또는 하부(예: p-) 전기 접촉에 대한 광학적 투명성 또는 광 흡수에 대한 제약을 제거하여 설계를 단순화하고 내부 양자 효율(IQE)을 증가시켜 전체 효율을 증가시키며, (ii) 광 추출 표면으로의 광학 경로를 단축함으로써, 짧은 파장의 광(특히, 약 240nm 미만의 파장, 예: 극-UVC 광)에 대해 발생할 수

있는 편광 문제를 해결하여, 상기 문제 및 기타 문제를 해결할 수 있으며, 이는 짧은 파장의 광이 주로 반도체 재료를 통해 측면 각도로 전파된다는 사실을 활용하여 파장이 약 240nm 미만인 AlGaN 다중 양자 우물에서 Al 조성이 증가함에 따라 EQE를 상당히 증가시킬 수 있다. 이러한 과제는 광 추출 효율(Light Extraction Efficiency, LEE)이라고 할 수 있으며, 여기서 EQE = IQE x LEE이다. 본 개시의 실시예는 IQE 및 LEE를 개선하여 EQE의 전반적인 개선으로 이어질 수 있다.

[0037] 본 명세서에 설명된 본 개시의 실시예는 (본 명세서에서 매크로 LED 또는 매크로 LED라고 지칭할 수 있는) 최신 매크로 LED 설계에 대한 성능 향상을 실현하기 위해 각 개별 (본 명세서에서 마이크로 LED 또는 μLED라고 지칭할 수 있는) LED에 대한 마이크로 스케일 치수를 사용하는 것과 관련이 있다. 이점은 기하 구조에서 얻을 수 있다: 마이크로 측면 치수(즉, 마이크로 두께 치수의 하나 또는 두 자리수 차이 이내(one or two orders of magnitude))로 LED를 제조함으로써 LED의 가장자리의 상대적 기여도가 훨씬 더 높을 수 있다. 또한, 더 짧은 길이 스케일로 인해 평균 접촉 저항이 감소할 수 있다. 본 명세서에 설명된 실시예는 예를 들어 AlGaN 반도체 재료를 기반으로 하는 UVC 또는 극-UVC LED에 특히 적합할 수 있지만 AlGaN 재료에 한정되지 않으며 다른 재료로도 구현될 수 있다. 이러한 재료에는 (이에 한정되지 않으나) 질화붕소(BN), 질화갈륨(GaN), 탄화규소(SiC), 질화알루미늄(AlN) 또는 기타 III족 질화물 또는 극-UVC 스펙트럼에서 광을 방출하도록 구성된 고체 반도체 재료가 포함될 수 있다.

[0038] 도 1a 및 1b는 각각 극-UVC 스펙트럼에서 광 방출(105)을 제공하는 기존의 매크로 LED 광원의 구성을 설명하는 사시도 및 평면도이다. 특히, 도 1a 및 도 1b는 반도체 재료(100')(예: AlGaN 층)을 포함하는 기존의 매크로 LED(10)을 도시하는데, 반도체 재료(100')의 상부 및 하부 표면에 각각의 전기 접촉부(1, 2)(예: n-접촉부 및 p-접촉부)가 있다. 매크로 LED(10)는 매크로 LED(10)의 두께(T)보다 더 큰(예: 수십 또는 수천 배 더 큰) (예: x 또는 y-축을 따른) 길이 치수를 갖는다. 예를 들어, 두께(T)는 약 50㎛ 이하일 수 있는 반면, (예: x-방향을 따른) 길이 치수는 약 1밀리미터(㎜) 이상일 수 있다. 따라서 매크로 LED(10)는 일반적으로 광 추출 표면으로서 상부(또는 하부) 표면에서 광을 결합하도록 구성된다. 그러나 이러한 아웃커플링(outcoupling)은 예를 들어 LED 반도체 재료(100')에서 생성되는 극-UVC 광 (105)의 방향성(예: 수평 또는 측면 방향으로 더 큰 강도를 가짐) 및 극-UVC 광(105)에 대한 전기 접촉부(1, 2)의 투명도 정도 또는 양과 관련된 어려움으로 인해 극-UVC 스펙트럼의 광에 과제가 될 수 있다. 특히, 위에서 언급한 바와 같이, 원하는 전기적 특성(예: 낮은 저항)과 원하는 광학적 특성(예: 극-UVC 스펙트럼의 광에 대한 투명도)을 모두 갖춘 p-접촉부(1)를 형성하는 것이 어려울 수 있다.

[0039] 본 개시의 실시예는 LED의 측면 길이 스케일(예: x 및/또는 y 방향)이 감소된 "마이크로" LED를 제공하며, 이는 상기 및/또는 기타 과제를 해결 및/또는 제거할 수 있다. 도 2a 및 2b는 각각 본 개시의 일부 실시예에 따른 극-UVC 광(105) 생성을 제공하는 마이크로 LED 광원(20)의 구성을 설명하는 사시도 및 평면도이다. 본 설명은 주로 극-UVC 광 생성과 관련하여 이루어졌지만, 마이크로 LED 광원의 광 출력(105)은 극-UVC 파장 범위에 한정되지 않으며, 일부 실시예에서는 더 넓은 UVC 파장 범위(본 명세서에서 UVC 광이라고도 지칭함)의 파장을 포함하는 광을 포함하거나 생성하도록 구성될 수 있다.

[0040] 도 2a 및 도 2b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 마이크로 LED(20)를 도시하며, 도 1a 및 도 1b에 도시된 매크로 LED(10)와 비교한 차이점이 포함된다. 두 경우 모두, LED(10, 20)의 두께는 반도체 구조(100', 100)의 두께(T, t)에 의해 결정될 수 있다. 본 개시의 일부 실시예에 따른 마이크로 LED(20)에서, 두께(t)는 약 0.1 마이크로미터(㎛) 내지 약 20㎛, 예를 들어 약 0.1㎛ 내지 약 10㎛, 또는 약 0.5㎛ 내지 약 5㎛의 범위일 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 반도체 구조(100)는 극-UVC 파장 범위의 광(극-UVC 광(105)이라고도 지칭함)을 생성하도록 구성된 하나 이상의 반도체 재료 층을 포함할 수 있다. 반도체 재료는 소스 기판 또는 웨이퍼(본 명세서에서 기본 기판(native substrate)이라고 함)에 형성(예: 에피택셜 성장)될 수 있으며, 이는 일부 실시예에서 본 명세서에서 설명하는 LED 광원에서 제거될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

[0041] 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같은 매크로 LED(10)의 경우, 에피택셜 층의 측면 치수(예: x 및/또는 y 방향)는 두께(T)를 약 1000:1을 초과하는 비율로 초과할 수 있다. 이는 평면 내에서 방출되는 광자에 대한 과제를 제시할 수 있는데, LED 재료는 일반적으로 방출되는 광자를 재흡수할 수 있기 때문이다. 광자가 반도체 구조(100')의 가장자리 또는 측벽(15)에 도달할 확률은 (a) 가장자리까지의 거리 및 (b) 이 방향에서 전이 쌍극자의 상대 강도에 따라 기하급수적으로 떨어질 수 있다. 이 문제 때문에 매크로 LED(10)는 이러한 표면을 통해 LED에서 나오는 광의 결합을 향상시키기 위해 상부 및/또는 하부 표면(1, 2)에 특징을 포함할 수 있다. 그렇게 하면 LED에서 나오는 광의 추출 효율이 증가할 수 있다(여기서 광자 추출 효율 = EQE/IQE).

[0042] 도 1a 및 도 1b에 도시된 매크로 LED(10)와 대조적으로, 본 개시의 일부 실시예에 따른 마이크로 LED(20)는 장치의 반도체 발광층(들)의 두께(예: 도면에서 수직(z) 방향, 이는 측면 방향(들)에 수직임)와 거의 동일한 스케일의 하나 이상의 측면 치수(예: 수평(x 및/또는 y) 방향(들) 또는 도면에서 접촉부(110, 120)의 표면을 따라, 측면 방향이라고도 함)를 갖는 반도체 발광층(들)(예: 에피택셜 층)을 가질 수 있다. 측면 치수는 반도체 발광층에 의해 정의되는 모양에 따라 길이(length), 너비(width), 직경(diameter), 장축(long axis) 등을 나타낼 수 있다. 즉, 본 명세서에 설명된 바와 같은 마이크로 LED는 수직 방향으로 두께 치수(t)의 자리수 차이(예를 들어, 적어도 한 자리수 차이(one order of magnitude)와 비슷하거나 그 이내 또는 몇 자리수 차이(a couple of orders of magnitude)와 비슷하거나 그 이내(보다 작거나, 보다 크거나, 실질적으로 동일한 것을 포함함))인 측면 방향으로 하나 이상의 치수(x, y)를 갖는 에피택셜 층을 가질 수 있으며, 이는 수 수 있다. 예를 들어, 마이크로 LED는 약 15 또는 20㎛ 또는 그 이하(예를 들어, 약 0.1 내지 10㎛, 또는 약 0.5㎛ 내지 약 5㎛)의 총 두께(t)를 갖는 반도체 에피택셜 층을 갖는 반도체 구조(100)을 포함할 수 있으며, 약 500㎛ 미만(예를 들어, 약 100㎛ 미만, 약 50㎛ 미만, 또는 약 1내지 10㎛)의 하나 이상의 측면 치수(x, y)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 반도체 구조(100)의 에피택셜 층은 (예를 들어 레이저 리프트 오프를 통해 기본 기판에서 제거한 후) 약 7㎛ 내지 약 12㎛의 두께(t)를 가질 수 있고, 약 3㎛ 내지 약 50㎛ 사이의 측면 치수(x, y)를 가질 수 있다. 마이크로 LED(20)의 반도체 구조(100)의 가장자리(들) 또는 측벽(들)(115)(“측면 표면 “이라고도 함)은 1차요광 추출 표면(115)를 제공할 수 있다.

[0043] 이러한 측면 치수(들)의 이점은 주어진 광자가 분리될 장치의 가장자리나 측벽에 도달하기 전에 통과해야 하는 물리적 거리가 일부 매크로 설계보다 한 자리수 차이 더 짧을 수 있다는 인식에서 발생할 수 있다. 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 반도체 구조(100)는 극-UVC 파장 범위의 광자를 생성하도록 구성되어 있으며, 이 광자는 주로 (도면에서는 수평 또는 측면 방향으로 표시된) 반도체 재료의 활성 영역에 대해 실질적으로 측면 각도로 전파된다. 도 2a및 도 2b의 점선에서 알 수 있듯이, 생성된 극-UVC 광(105)의 강도는 측면 방향으로부터 벗어날수록 상당히 감소한다. 마이크로 LED(20)의 반도체 활성층의 측면 치수는 반도체 구조(100)의 하나 이상의 측벽(115)에서 광 추출 표면(115)에서 광자(즉, 극-UVC 광(105))의 출력을 위한 광학 경로 길이를 줄이도록 구성된다. 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 측면 치수(x, y)를 갖는 에피택셜 층을 포함하는 마이크로 LED(20)의 감소된 물리적 거리 또는 광학 경로 길이는 극-UVC 파장에서 광자 추출의 확률을 기하급수적으로 높일 수 있으며, 따라서 실행 가능성에 충분한 수준으로 양자 효율을 개선하는 데 중요할 수 있다.

[0044] 보다 구체적으로, 도 2a 및 도 2b는 제1 표면(101), 제2 표면(102) 및 제1 및 제2 표면(101, 102)에 있는 각각의 전기 접촉부(110, 120)(예: n-접촉 및 p-접촉)를 포함하는 반도체 구조(100)을 도시한다. 적어도 하나의 측벽(115)은 제1 및 제2 표면(101, 102) 사이로 확장되고 극-UVC(105)을 방출하도록 구성된 1차 광 추출 표면(115)을 제공한다. 일부 실시예들에서, 반도체 구조(100)의 에피택셜 층(들)의 복수의(예를 들어, 반대) 측벽(115)은 1차 광 추출 표면(115)을 제공할 수 있고, 측면 방향을 따라 반대 측벽(115) 사이의 거리는 수직 방향을 따라 반도체 구조(100)의 에피택셜 층의 두께(T)의 자리수 차이(예를 들어, 하나 또는 두 자리수 이내)일 수 있다. 예를 들어, 측면 방향을 따라 반대 측벽(115) 사이의 거리는 약 100마이크론 미만(예: 약 50㎛ 미만, 또는 약 1 내지 10㎛)일 수 있다. 따라서 1차 광 추출을 위한 측벽 또는 측면 표면(115)을 포함하는 마이크로 LED(20)는 에지형 발광 장치(edge-emitting device)로 간주될 수 있다.

[0045] 본 명세서에서는 반도체 구조(100)의 측벽 또는 측면 표면(115)을 1차 광 추출 표면(115)으로 참조하여 설명하였지만, 본 개시의 실시예는 측벽 또는 측면 표면(115)에서만 광을 추출하는 것에 한정되지 않는다는 점을 이해해야 한다. 예를 들어, 일부 실시예에서는 각각의 전기 접촉부(110, 120)를 갖는 제1 및/또는 제2 표면(101, 102)의 적어도 일부는 극-UVC 광(105)을 방출하도록 구성된 광 추출 표면을 제공할 수도 있으며, 따라서 2차 광 추출 표면을 제공할 수 있다.

[0046] 이러한 측면 치수(들)의 이점은 마이크로 LED의 측면 가장자리(예: 상부 및/또는 하부 표면의 표면적과 비하여 마이크로 LED의 반대 단부)에 의해 기여되는 상대적인 표면적 양이 (상부/하부 표면이 측면 가장자리보다 상당히 더 큰 표면적을 갖는) 매크로 LED보다 훨씬 더 높을 수 있다는 인식에서 발생할 수도 있다. 예를 들어, 약 1㎛ x 1㎛ 내지 약 50㎛ x 50㎛의 측면 치수를 갖는 마이크로 LED는 약 1 내지 약 2500$㎛^2$의 상부 또는 하부 표면적과 약 0.1 내지 약 2000$㎛^2$의 전체 면적을 갖는 측면 표면(115)을 가질 수 있다. 따라서 일부 실시예에서 반도체 구조(100)의 하나 이상의 측면 표면(115)의 총 표면적은 반도체 구조(100)의 상부 또는 하부 표면의 각각의 표면적의 10배 이내(within a factor of 10)(예: 약 5배 이내, 또는 약 5배 내지 10배 이내)일 수 있다. 즉, 본 명세서에 설명된 바와 같은 마이크로 LED는 두께 치수(t)의 자리수 차이(예를 들어, 한 자리수 차이 이

내 또는 5배 이내(within a factor of 5))의 하나 이상의 측면 치수(x, y) 및/또는 상부/하부 표면적의 자리수 차이인 측면 가장자리 표면적을 갖는 에피택셜 층을 포함할 수 있다.

[0047] 또한, 본 개시의 일부 실시예에 따른 마이크로 LED는 광 방출을 위한 장치의 측면 가장자리 표면의 기여도를 증가시킴으로써, 전류가 유입되는 표면(일반적으로 전기 접촉부(110, 120)가 있는 상부 및 하부 표면(101, 102)로부터 광자 추출 표면을 분리할 수 있다. 이에 따라 광학적 투명성(효율성)과 도핑 수준(즉, 접촉 저항) 간의 과제와 트레이드오프를 완전히 피할 수 있어 극-UVC 스펙트럼에서 향상된 효율성을 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 전기 접촉부(110, 120) 중 하나 이상은 광학적 투명성 요구 없는 재료로 형성되거나 및/또는 도핑 수준으로 형성되어 반도체 구조(100)에 대한 전기 저항 및/또는 오믹 접점(ohmic contact)을 감소시킬 수 있다. 특히, 전기 접촉부(110, 120) 중 하나 이상은 극-UVC 광(105)에 대해 부분적으로(예: 10% 초과, 25% 초과 또는 30% 초과) 또는 실질적으로(예: 50% 초과, 75% 초과 또는 90% 초과) 또는 완전히(100%) 불투명할 수 있다. 즉, 본 명세서에서 설명된 바와 같이 측면 광 추출 표면(115)을 포함하는 마이크로 LED는 (반)불투명 전기 접촉부(110 및/또는 120)의 사용을 허용하여. 더 높은 광 추출 효율과 감소된 전기 저항을 모두 달성할 수 있다.

[0048] 예를 들어, 반도체 접촉의 경우 전기 저항은 접촉 저항($\Omega \cdot cm^2$)/면적(cm^2)을 포함할 수 있다. 본 명세서에 설명된 바와 같이, LED의 측면 치수(x, y)를 줄이면 면적(cm^2)을 몇 자리수 차이로 줄일 수 있으며, 이로 인해 접촉 저항이 증가할 수 있다. 이것이 과제를 제시할 수 있지만, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 마이크로 LED는 장치의 하나 이상의 측벽(115)에 1차 광 추출 표면을 제공할 수 있으며, 이는 광학적 투명성 요구 사항(예: 전기 접촉부는 극-UVC 광에 대해 부분적으로 또는 완전히 불투명할 수 있음)에 의해 제약되지 않는 전기적 접촉을 허용할 수 있으며, 이는 저항을 감소시킬 수 있고 모든 도핑 수준에서 효율성을 더욱 개선할 수 있다. 일부 실시예는 (상부 및/또는 하부 표면에서 광을 방출하기 위한 매크로 LED의 전기 접촉부에 대한 광학적 투명성 요구 사항으로 인해) 일부 매크로 LED에서 달성할 수 있는 것보다 더 낮은(예를 들어, 2배 이상보다 적은(more than a factor of two less than) 또는 한 자리수 차이 이상보다 적은(more than an order of magnitude less than)) 접촉 저항을 갖는 극-UVC 방출 LED를 제공할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명된 바와 같이 극-UVC 광에 대해 실질적으로 또는 완전히 불투명한 전기 접촉부(110, 120)를 포함하는 극-UVC 방출 LED는 일부 실시예에서 약 3×10^{-3} ohms/ cm^2 미만의 접촉 저항을 가질 수 있다.

[0049] 도 2a 및 도 2b는 본 개시의 일반적인 실시예를 도시하며, 특히 더 짧은 길이/측면 치수(예를 들어, 마이크로 LED의 에피택셜 층이 500㎛ 미만의 하나 이상의 측면 치수(x, y)(예를 들어, 약 100㎛ 미만, 약 50㎛ 미만 또는 약 1 내지 10㎛) 또는 두께(t)와 한 자리수 차이인 경우)의 발명적인 개념을 도시한다.

[0050] 추가 실시예는 (이에 한정되지 않으나): 마이크로 LED의 (상부 표면 대신에) 하부 표면에 p-접촉부 및 (하부 표면 대신에) 상부 표면에 n-접촉부를 제공하는 단계; 반도체 구조(100)의 상부 및 하부 표면을 전면적으로 덮어 p-접촉부 및 n-접촉부를 형성하는 대신에, 반도체 구조(100)의 상부 및 하부 표면(예: 반도체 구조(100)의 에피택셜 층(들)의 상부 및 하부 표면의 전체 표면적보다 작은 부분)을 패터닝하는 단계; 육각형 질화붕소 또는 질화갈륨(GaN) 또는 탄화규소(SiC) 또는 순수 질화알루미늄(AlN) 또는 기타 III족 질화물 또는 극-UVC 스펙트럼에서 광 방출을 제공하도록 구성된 고체 반도체 재료와 같은 재료로부터 반도체 구조(100)의 에피택셜 층을 형성하는 단계; 최대 약 100㎛의 적어도 하나의 측면 치수를 제공하는 단계; 및/또는 반도체 구조(100)의 기본 성장 기판을 제거하는 단계(즉, 반도체 구조(100)가 형성된 기본 성장 기판과 다른 기판 상에 반도체 구조(100)를 제공하는 단계; 또한 본 명세서에서는 비-기본 기판이라고도 지칭함) 중 하나 이상을 포함할 수 있다 또한, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 마이크로 LED 구성(예: 20, 30a, 30b, 40a, 40b, 50, 60a, 60b, 70)에 기반한 본 개시의 실시예에 따른 광원은 대규모 어레이(예: 수백 또는 수천 또는 수만 개의 마이크로 LED)에 포함될 수 있으며, 어레이 내의마이크로 LED의 수가 광원으로부터 원하는 전체 광 출력량을 실현하기 위해 선택될 수 있음도 이해될 것이다.

[0051] 본 명세서에서 설명된 추가 실시예는 성능을 개선하거나 변경하기 위해 도 2a 및 2b에 도시된 마이크로 LED 장치의 일부 요소를 수정하는 예를 설명한다. 예를 들어, 도 3a 및 3b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 극-UVC 광(105)을 하나 이상의 원하는 방향으로 지향하도록 구성된 측벽(115')을 포함하는 마이크로 LED 광원(30a, 30b)의 구성을 설명하는 개략적 단면도이다.

[0052] 특히, 도 3a 및 도 3b에서, 마이크로 LED(30a, 30b)의 반도체 구조(100)는 기울어지거나 각진(즉, 전기 접촉부(110, 120)를 가진 표면(101, 102)에 대해 수직이 아닌) 측벽 또는 측면 표면(115')을 포함한다. 측벽 또는 측면 표면(115')은 극-UVC 광(105)을 어레이 평면에서 위쪽으로(예: 기본 기판(300a) 또는 비-기본 기판(300b)에

서 멀어지는 방향으로) 지향하도록 최적화되거나 다른 방식으로 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 각각의 측벽(115)은 일부 실시예에서 다중 경사각을 포함할 수 있다(예: 반도체 구조(100)의 상부 및 하부 표면 사이로 확장되므로 다면적일 수 있음). 다른 실시예에서, 측벽은 출력되는 광의 출력 분율(output fraction)을 증가시키거나 출력되는 광의 원거리 패턴 각도 분포(far field pattern angle distribution)를 수정하기 위해 더 복잡한 구조를 가질 수 있다. 하나 이상의 원하는 방향으로 극-UVC 광(105)을 방출하기 위한 측벽(115) 수정의 추가 예시는 반도체 재료의 결정 방향을 변형하거나 변경함으로써(예를 들어, 반도체 재료의 하나 이상의 결정 축에 대해 오프컷인 측벽(115')을 제공함으로써) 및/또는 측벽의 표면 거칠기를 변경함으로써 달성될 수 있다. 마이크로 LED의 측벽(115')에 대한 광학적 수정은 (도 3b에 도시된 바와 같은) 광을 특정 분포 패턴(105p)으로 확산하거나, 다른 방식으로 (도 3a에 도시된 바와 같은) 광을 빔(105b)으로서 또는 빔(105b)으로 향하게 하도록 예를 들어 측벽(115')에 코팅 또는 패턴(315)을 제공함으로써 구성될 수 있다. 보다 일반적으로, 반도체 구조(100)의 측벽(115') 중 하나 이상은 극-UVC 광(105)을 빔(105b) 또는 분산된 광 패턴(105p)로 지향시키는 광 추출 표면을 제공하도록 구성될 수 있다.

[0053] 일부 실시예에서, 마이크로 LED(30a)는 도 3a에 도시된 바와 같이 반도체 구조(100)의 반도체 재료의 에피택시얼 성장에 사용된 기본 기판(300a)(예: AlN, 사파이어, GaN 또는 기타 기판) 위에 제공되고 지지될 수 있다. 다른 실시예에서, 마이크로 LED(30b)는 LED 반도체 재료 또는 구조(100)가 성장되거나 형성된 재료 또는 기판(예: 소스 웨이퍼)과 다른 비-기본 기판(300b)(예: 실리콘 기판 또는 기타 기판)에 제공되고 이에 의해 지지될 수 있다. 일부 실시예에서는, 기본 기판(300a)(예: 소스 웨이퍼)에서 비-기본 지지 기판(300b)으로 마이크로 LED를 전송하는 작업은 마이크로전사 인쇄를 통해 달성될 수 있지만, 본 명세서에서 설명된 실시예는 다양한 제조 방법을 포함할 수 있으며 어떤 특정 제조 방법으로 한정되지 않을 수 있음을 이해해야 한다.

[0054] 도 4a 및 도 4b에 도시된 것과 같은 본 개시의 또 다른 실시예는 마이크로 LED(20, 30a, 30b)가 지지 기판(300a, 300b) 상에 제공되거나 지지 기판(300a, 300b)에 의해 제공되는 반사 또는 기타 광학 방향 전환 구조(415)를 동반하는 구성이 포함될 수 있다. 특히, 도 4a 및 도 4b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 광학 방향 전환 구조(415a, 415b)(총칭하여 415)를 포함하는 기판(300a, 300b) 상의 마이크로 LED 광원(20)의 구성(40a, 40b)을 설명하는 개략적 단면도이다. 이하에서 도 2a 및 2b의 마이크로 LED(20)를 사용하는 다양한 구성을 참조하여 설명하지만, 도시된 마이크로 LED(20)는 본 개시의 실시예에 따라 다른 마이크로 LED 구성(예: 기본 또는 비-기본 기판(300a, 300b)에 경사진 측벽(115')을 갖는 마이크로 LED(30a, 30b))으로 대체될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0055] 광학 방향 전환 구조(415)는 반도체 구조(100)의 측벽에 의해 제공된 광 추출 표면(115)을 마주보는 (예: 반도체 구조(100)에 인접한 비-기본 기판의 전면(300f)에 부착된) 기판 (300a, 300b)에 배열되고, 이로부터 출력되는 극-UVC 광(105)의 전파 방향을 변경하도록 구성된다. 예를 들어, 광학 방향 전환 구조(415)는 극-UVC 파장 범위의 광을 반사할 수 있으며, 마이크로 LED의 측면 가장자리에서 출력된 극-UVC 광(105)을 하나 이상의 원하는 방향으로 또는 원하는 각도의 원거리 필드 패턴으로 지향하도록 형상화되거나 다른 방식으로 구성될 수 있다.

[0056] 도 4a는 광학 방향 전환 구조(415a)가 상대적으로 평면이거나 매끄러운 각진 모서리 표면으로 제조된 패턴화된 반사 구조(예: 알루미늄 구조)인 예시적 구성(40a)을 설명하는데, 이 표면은 마이크로 LED에서 측면으로 방출되는 광을 하나 이상의 다른 방향(지지 기판(300a, 300b)에서 위쪽으로 멀어지는 것으로 표시됨)으로 방향 전환하여 제어된 조명 패턴(예: 빔(105b) 또는 원하는 분포된 광 패턴(105p))을 제공하도록 구성된다. 도 4b는 광학 반사 구조(415b)가 비균일 또는 비대칭 표면을 포함하는 패턴화된 반사 구조(예: 알루미늄 구조)인 예시적 구성(40b)을 설명하는데, 이를 통해 마이크로 LED에서 측면으로 방출되는 광을 지지 기판(300a, 300b)에서 멀어지는 하나 이상의 방향으로 불규칙하거나 비균일한 조명 패턴으로 방향 전환시킬 수 있다. 지지 기판(300a, 300b)은 기본 기판(예: AlGaN 반도체 구조용 사파이어 기판)이거나 비-기본 기판(예: 실리콘 기판)일 수 있다. 도 4a 및 4b의 예시(40a, 40b)에서, 광학 방향 전환 구조(415)는 지지 기판(300a, 300b)과 다른 재료로 형성되고, (예를 들어, 마이크로전사 인쇄 또는 기타 기술을 사용하여) 지지 기판(300a, 300b)의 표면에 배열되는 것으로 설명되어 있지만, 본 개시의 실시예는 이에 한정되지 않는다.

[0057] 예를 들어, 본 개시의 추가적인 실시예는 광학 또는 광 방향 전환 구조를 지지 기판 자체에 통합할 수 있으므로, 지지 기판의 상부 표면에 추가적인 기능을 추가할 필요가 없을 수 있다. 도 5a 및 5b는 본 개시의 일부 실시예에 따라 극-UVC 광(105)을 하나 이상의 원하는 방향으로 지향하도록 구성된 오목한 표면(500r) 및 인접한 측면 표면(500s)을 포함하는 기판(500) 상의 마이크로 LED 광원(20)의 구성(50)을 설명하는 개략적 단면도이다. 따라서 기판(500)의 측면 표면(500s)은 기판(500)과 동일한 재료로 형성되고 기판(500)에 통합된 광학 방

향 전환 구조(415')를 제공할 수 있으며, 반도체 구조(100)를 포함하는 기판(500)의 표면은 하나 이상의 광학 방향 전환 구조(415')에 비해 오목하다.

[0058] 예를 들어, (아래 도 5a 및 5b에서 기판(500)의 오목한 표면(500r) 또는 "피트(pit)"를 정의하는 역사다리꼴 또는 "피라미드" 구조를 예로 들어 설명된) 광 방향 전환 구조는, 마이크로 LED 장치(20)를 피트 내부의 오목한 표면(500r)에 배치하거나 배열하기 전에, 비-기본 기판(500)(예: 실리콘 또는 다른 지지 웨이퍼)의 상부 표면에 형성되거나 다른 방식으로 제공될 수 있다. 특히, 비-기본 기판(500)은 (예: 하나 이상의 선택적 또는 등방성 에칭 공정에 의해) 패터닝되어 오목한 표면(500r) 및 주변 측면 표면(500s)을 형성할 수 있으며, 측면 표면(500s)은 증가되거나 개선된 광 추출을 제공하도록 구성된 광학 방향 전환 구조(415')를 정의할 수 있다.

[0059] 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 역피라미드 구조의 측면 표면(500s)은 (오목한 표면에 대해) 각각의 각도로 형성되어, 광학 방향 전환 구조(415')를 형성하며, 이 구조는 마이크로 LED(20)의 가장자리에서 방출되는 광을 평면 밖으로 지향하거나 극-UVC 광(105)의 전파 방향을 측면 방향에서 멀리 변경하도록 구성된다. 예를 들어, 측면 표면(500s)은 광 방출의 측면 방향에 대해 약 45도 이하로 각도가 조정될 수 있다. 지지 기판(500)의 재료(들) 및/또는 그 위의 하나 이상의 층은 극-UVC 파장 범위의 광을 반사하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예는 (예를 들어, 효율성 및/또는 방향과 관련하여) 극-UVC 광(105)의 반사를 향상시키기 위해 각도가 조정된 측면 표면(500s)에 반사 향상 코팅 또는 패턴(515)을 추가로 제공할 수 있다.

[0060] 특히, 도 5a는 마스크(501)(예: 산화물 또는 질화물 마스크)와 에칭 공정(예: TMAH 또는 기타 등방성 에칭 공정)이 기판(500)(예: 실리콘 기판)의 상부 표면에 대해 깊이(d)로 하나 이상의 오목한 표면(500r)을 선택적으로 형성하는 데 사용될 수 있음을 보여준다. 오목한 표면(500r)은 기판(500)의 상부 표면에 형성된 개구부의 폭(Wtop)보다 좁은 폭(Wbottom)을 가질 수 있으며, 실리콘 기판(500)의 {100} 결정 평면 또는 <100> 결정 방향을 따라 확장될 수 있다. 식각 공정은 오목한 표면에 인접하거나 둘러싸고 있는 실리콘 기판(500)에 측면 표면(500s)을 형성할 수 있으며, 오목한 표면(500r)에 대해 각도로 기판(500m)의 {111} 결정 평면 또는 <111> 결정 방향을 따라 확장될 수 있다. 측면 표면(500s)의 형상은 도 5a에 도시된 예에 한정되지 않으며, 보다 일반적으로는 마이크로 LED(20)의 1차 광 추출 표면(115)을 마주보고 있는 광학 방향 전환 구조(415')를 정의하기 위해 지지 기판(500)에 에칭되거나 다른 방식으로 패턴화될 수 있으며, 거기에서 방출되는 극-UVC 광(105)의 전파 방향을 하나 이상의 방향으로 변경하도록 구성될 수 있는 모든 특징을 포함할 수 있다.

[0061] 도 5b는 기판(500)의 오목한 표면(500r)에 마이크로 LED(20)를 배열 또는 배치하는 것을 도시한다. 마이크로 LED(20)는 오목한 표면(500r)의 중앙에 배열될 수 있거나(즉, 각각의 측면 표면(500s)과 실질적으로 동일한 거리에 있음), 또는 도시된 바와 같이 측면 표면(500s) 중 하나를 향해 오프셋될 수 있다. 기판(500)의 패턴 표면에 마이크로 LED를 배열하거나 배치하는 공정은 예를 들어 마이크로전사 인쇄일 수 있지만, 본 명세서에서 설명된 실시예는 특정 제조 방법에 한정되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 또한, 일부 실시예는 각 피트 내부의 오목한 표면(500r)에 단일 마이크로 LED를 제공할 수 있는 반면, 다른 실시예는 각각의 피트 내부의 오목한 표면(500r)에 여러 개의 마이크로 LED를 제공할 수 있으며(예를 들어, 각 오목한 표면(500r)에 하나 이상의 마이크로LED가 포함됨), 광 추출 표면(115)은 기판(500)의 측면 표면(500s)에 의해 형성된 광학 방향 전환 구조(415')를 마주한다.

[0062] 또 다른 실시예는 지지 기판(500)을 통해 확장되는 전도성 관통 비아(611)에 의해 마이크로 LED(20)의 전기 접촉부(110, 120)에 하나 이상의 전기적 연결을 제공할 수 있다. 도 6a 및 6b는 본 개시의 일부 실시예에 따른 오목한 표면(500r)을 포함하는 기판(500) 상의 마이크로 LED 광원(20), 하나 이상의 원하는 방향으로 극-UVC 광(105)을 지향하도록 구성된 측면 표면(500s), 및 이를 통해 확장되는 관통 비아(611)의 전기 연결의 구성(60a, 60b)을 설명하는 개략적 단면도이다.

[0063] 도 6a 및 도 6b에 도시된 바와 같이, 기판(500)은 마이크로 LED(20)가 배치된 전면(500f)의 반대편에 위치한 후면(500b)을 포함한다. 후면(500b)에는 하나 이상의 후면 접촉부(610, 620)가 포함되며, 이 접촉부는 기판(500) 및/또는 기타 전도성 상호 연결부(612)를 관통하여 확장되는 하나 이상의 관통 웨이퍼 비아(611)(본 명세서에서 전도성 관통 비아(611)이라고도 함)을 통해 마이크로 LED(20)의 해당 전기 접촉부(110, 120)(예: n- 및 p-접촉부)에 전기적으로 연결된다. 도 6a는 접촉부 당 단일 관통 비아(611)을 포함하는 구성(60a)를 도시하는데, 이 예시에서 이는 마이크로 LED의 n-형 접촉 또는 N-단자와 접촉한다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 일부 실시예는 관통 비아 바로 위에 마이크로 LED(20)를 제공할 수 있다. 도 6b에 도시된 바와 같이, 다른 실시예에서는 다중 관통 웨이퍼 비아(611)가 기판(500)을 통해 확장되어 마이크로 LED(20)의 N- 및 P-단자 둘 다에 전기적 접촉을 제공한다. 도 6a 및 6b에 도시된 바와 같이, 층간 유전체(ILD)(615)(또는 극-UVC 광(105)에 대해 실질적으로 투

명한 다른 비전도성 코팅)가 제공되어 전기 단락을 방지하기 위해 마이크로 LED(20)의 측벽(115)을 전기적으로 절연할 수 있다. 다른 실시예에서는 와이어 본딩과 같은 다른 구현예를 사용하여 상부 전기 접촉부(예: p-접촉부)에 대한 접근 및 전기적 연결을 제공할 수 있다.

[0064] 보다 일반적으로, 관통 비아(611)는 마이크로 LED(20)를 가지는 지지 기판(500)의 전면과 후면 사이에 전기적 연결을 제공할 수 있다. 도 6a 및 6b에 도시된 예시(60a, 60b)에서, 관통 비아(611)는 도 5a 및 5b의 역피라미드 또는 피트 구조를 포함하는 기판(500)과 함께 구현되지만, 관통 비아(611)는 본 명세서에서 설명된 기판(예: 300a, 300b) 중 하나와 함께 사용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0065] 도 7a 및 7b는 본 개시의 일부 실시예에 따른, 비-기본 기판(500) 상에 마이크로 LED 광원(20)을 제작하는 방법을 설명하는 개략적 측면도이다. 도 7a 및 7b에 도시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 마이크로전사 인쇄 기술은 공통 지지 기판(500)에 마이크로 LED의 배열(예: 수백 또는 수천 개 포함)을 제조하기 위한 조립 방법으로 사용될 수 있다. 마이크로전사 인쇄에서, (마이크로 LED) 장치는 기본 기판에서 제거될 수 있고(즉, 반도체 구조(100)가 형성된 기본 기판에서 분리됨), 탄성 또는 다른 스탬프를 사용하여 다른 또는 비-기본 기판(500)에 배치되거나 "인쇄"될 수 있다.

[0066] 특히, 도 7a는 조립 이전의 비-기본 지지 기판(예: 300b, 500)이 제공되는 것을 도시한다. 비-기본 기판(300b, 500)은 하나 이상의 마이크로 LED를 지지하도록 구성된 전면(300f, 500f)과 전면(300f, 500f) 반대쪽에 있는 후면을 포함할 수 있다. 전면(300f)은 실질적으로 평면 표면일 수 있으며, 일부 실시예에서 광학 방향 전환 구조(415')는 인접한 마이크로 LED(20) 사이에서 기판(300b)의 전면(300f)에 배열되거나 배치되어, 출력되는 극-UVC 광(105)의 전파 방향을 기판에서 멀어지는 하나 이상의 방향으로 방향 전환할 수 있다. 다른 실시예에서, 도 7a에 도시된 바와 같이, 비-기본 기판(500)의 전면(500f)은 돌출된 측면 표면(500s)으로 둘러싸인 복수의 오목한 표면(500r) 또는 피트를 포함하는 복합 표면일 수 있으며, 이는 하나 이상의 마이크로 LED(20)에서 출력된 극-UVC 광(105)의 전파 방향을 기판(500)에서 멀어지는 하나 이상의 방향으로 방향 전환하도록 구성된다.

[0067] 여전히 도 7a를 참조하면, 스탬프는 하나 이상의 마이크로 LED(20)를 제거 가능하게 부착할 수 있는 크기의 각각의 포스트를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 탄성체 전사 스탬프는 상기 설명한 바와 같은 복잡하거나 패턴화된 기판(500)에 마이크로 LED(20)의 마이크로전사 인쇄를 달성하기 위해 구성 및/또는 최적화될 수 있다. 특히, 탄성체 전사 스탬프(700)는 오목한 표면(500r) 또는 피트를 둘러싸는 기판 (500)의 돌출된 측면 표면(500s) 사이로 확장될 수 있는 충분한 여유 공간을 제공하는 높이 및/또는 테이퍼형 프로파일을 갖는 포스트를 포함할 수 있으며, 이는 매끄럽고 평평한 기판에 마이크로전사 인쇄하는 데 일반적으로 사용될 수 있는 탄성체 스탬프 또는 포스트의 형상과 다를 수 있다.

[0068] 예를 들어, 본 개시의 일부 실시예에 따른 스탬프 포스트는 역피라미드 또는 다른 패턴화되거나 비평면 기판 형상의 형상과 (대략적으로) 미러링되거나 그렇지 않으면 대응하도록 형성될 수 있다. 도 7a 및 도 7b에 도시된 스탬프 구성은 충분한 강도를 유지하는 전체적으로 더 높은 포스트를 허용할 수 있으며, 예를 들어 패턴화된 또는 다른 비평면 기판(500)의 토폴로지(topology)에 맞도록 스탬핑 표면을 향해 테이퍼링된 더 넓은 "베이스"(상부)를 가질 수 있다. 도 7b에 도시된 바와 같이, 스탬프의 테이퍼링된 포스트는 패턴화된 기판(500)의 치수에 맞아서 마이크로 LED(20)를 포스트에서 기판(500)의 오목한 표면(500r)으로, 일부 예시에는 직접 전도성 관통 비아(611) 또는 전면(500f) 상에 또는 노출된 다른 전도성 상호 연결로 전사할 수 있다. 따라서 일부 실시예에서, 마이크로 LED는 탄성 스탬프를 사용하여 비-기본 지지 기판(500)으로 전사될 수 있으며, 이 탄성 스탬프의 포스트는 (복잡한) 지지 기판(500)의 토폴로지와 일치하거나 대략적으로 대응하도록 설계되거나 그렇지 않으면 구성된다.

[0069] (마이크로전사 인쇄 또는 다른 수단에 의해) 본 명세서에 설명된 바와 같이, 마이크로 LED(20)를 비-기본 지지 기판(500)으로 전사하는 것은 적어도 기본 기판에 여러 마이크로 LED(20)의 어레이를 제공하는 것이 관리하기 어려울 수 있다는 점에서 유리할 수 있다. 예를 들어, 기본 기판은 일반적으로 약 400㎛ 두께일 수 있는 반면, 각 마이크로 LED(20)는 각각 약 10㎛의 측면 치수를 가질 수 있으며, 이는 바람직하지 않은 종횡비 및/또는 기판 영역의 밀도 또는 활용도가 낮을 수 있다. 게다가 각 마이크로 LED(20)의 상부에는 와이어 본딩을 위한 공간이 부족할 수 있다(일반적으로 50㎛ 내지 75㎛ 너비의 금속 본딩 패드가 필요함). 대조적으로, 본 명세서에 설명된 바와 같이 공통 비-기본 지지 기판(300b, 500)에 제공된 마이크로 LED는 비-기본 기판(300b, 500)의 표면에서(in) 및/또는 표면에서(on) 관통 비아(611) 및/또는 (박막 상호 연결부를 포함한) 다른 전도성 상호 연결부(612)에 의해 연결될 수 있다. 비-기본 기판(300b, 500)은 일부 실시예에서 극-UVC 광에 대해 광학적으로 투명할 수 있다.

[0070] 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 하나 이상의 측면 치수(x, y)가 약 100마이크론 미만인 마이크로 LED(μLED라고도 함)는 낮은(예: 극-UVC) 파장에서 더 높은 광학 효율을 제공할 수 있으며, 이는 다음 중 하나 이상을 기반으로 하거나 이를 포함하되 이에 한정되지 않는 더 높은 전력 출력을 초래할 수 있다: 더 높은 광 추출 효율성; 두께(t)의 자리수 차이로, 반도체 재료의 가장자리까지 거리 또는 반대 가장자리 사이의 거리가 더 짧음(즉, 더 높은 둘레-대-면적 비율); 상부/하부 표면의 전기 접촉부(110, 120)에 대한 투명도 요구 사항을 감소(또는 전혀 없음)를 허용하는 상부 또는 하부 표면이 아닌 LED의 측면 표면(115)(측벽 또는 가장자리)를 통한 상당량의 또는 대부분의 광 추출; 및 전기 접촉부(110, 120)가 제공되는 반도체 구조(100)의 에피택셜 층(들)의 표면(101, 102)의 더 짧은 측면 치수(x, y)로 인한 전기 접촉부(110, 120)의 전기 저항 감소.

[0071] 일부 실시예에서, 마이크로 LED는 1㎛만큼 작은 측면 치수에서 20㎛만큼 큰 측면 치수(예: 1㎛ x 1㎛, 2㎛ x 2㎛, 3㎛ x 3㎛, 10㎛ x 10㎛ 또는 20㎛ x 20㎛)를 가질 수 있으며, 둘레-대-면적 비율(perimeter-to-area ratio)은 약 4만큼 높거나 약 0.2만큼 낮을 수 있다.

[0072] 일부 실시예에서 기판(예: 기본 기판)은 반도체 구조(100)의 하부 또는 상부 표면을 통한 광 추출을 위해 (예: 플립칩 기술을 통해) 제거될 수 있다. 일부 실시예에서 반도체 구조(100)의 상부 및/또는 하부 표면은 광 추출 특징이 실질적으로 없을 수 있다.

[0073] 일부 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 복수의 마이크로 LED가 어레이 구성으로 비-기본 기판의 표면에 배열되고 전기적으로 연결될 수 있다. 어레이는 각각의 마이크로 LED 사이의 비-기본 기판 표면 위 또는 그 외 다른 표면에서 돌출된 복수의 광학 방향 전환 구조를 포함할 수 있다.

[0074] 따라서 본 개시의 실시예는 짧은 파장의 광자가 주로 측면 각도(예: 도면에 표시된 측면 방향)로 전파될 수 있음을 인식하고 LED의 광 방출 또는 광 추출 표면(115)를 구성하여 광자의 출력을 위한 광학 경로 길이를 줄여 출력 효율을 증가 또는 극대화함으로써 (예: p-접촉부 및/또는 반도체 구조(100) 자체에 의한 흡수로 인한) LED에서 생성된 극-UVC 광(105)의 광 추출 효율 문제를 해결할 수 있다.

[0075] 본 개시의 실시예의 일부 이점은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 극-UVC 파장 범위(약 200 내지 240nm)의 파장에서 광학 방출로 작동하는 LED의 성능 개선을 포함할 수 있다. 특히 알루미늄 갈륨 질화물(AlGaN) 재료 시스템을 사용하여 제조된 LED는 이점을 얻을 수 있지만, 본 명세서에 설명된 이점은 다른 재료 시스템에도 적용될 수 있으며 GaN 기반 또는 그룹 III 질화물 기반 재료에 한정되는 것은 아니다.

[0076] 극-UVC 파장 범위에서 LED의 성능(즉, 단위 전기 입력당 광학 출력)을 개선함으로써, 본 개시의 실시예는 살균 UV 응용 분야에서 사용할 수 있는 새로운 고체 광원을 제공할 수 있으며, 현재 AlGaN LED 기술은 근본적으로 도전을 받고 있다. 본 개시의 실시예에 따른 극-UVC 조명에 대한 상업적 응용에는 사람들이 모이는 모든 실내 공간(예: 공항, 학교, 병원, 입원 치료 센터, 직장 등)은 물론 운송 수단(예: 지하철 차량, 기차, 택시, 비행기) 및 농업 환경(예: 동물 생산 시설, 육류 포장 시설, 실내 온실 등)에서 공기 및/또는 표면에서 병원균을 제거하는 것이 포함될 수 있다.

[0077] 다양한 실시예가 예시 실시예가 표시된 첨부 도면을 참조하여 본 명세서에 설명된다. 그러나 이러한 실시예는 다른 형태로 구체화될 수 있으며 본 명세서에서 제시된 실시예에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 오히려 이러한 실시예는 본 개시가 철저하고 완전하며 해당 분야의 당업자에게 발명의 개념을 충분히 전달하도록 제공된다. 예시적 실시예와 본 명세서에서 설명된 일반적인 원리 및 특징에 대한 다양한 변형은 자명할 것이다. 도면에서, 층 및 영역의 크기와 상대적 크기는 축척에 맞게 표시되지 않았으며, 어떤 경우에는 명확성을 위해 과장될 수 있다.

[0078] 예시적 실시예는 주로 특정 구현예에서 제공되는 특정 방법 및 장치의 관점에서 설명된다. 그러나 방법 및 장치는 다른 구현예에서 효과적으로 작동할 수 있다. "예시적 실시예", "일 실시예" 및 "다른 실시예"와 같은 문구는 동일하거나 다른 실시예 뿐만 아니라 여러 실시예를 나타낼 수 있다. 실시예는 특정 구성 요소를 갖는 시스템 및/또는 장치와 관련하여 설명된다. 그러나 시스템 및/또는 장치는 도시된 것보다 더 적거나 더 많은 구성 요소를 포함할 수 있으며, 발명의 개념 범위를 벗어나지 않고 구성 요소의 배열 및 유형을 다양하게 변경할 수 있다.

[0079] 예시적 실시예는 또한 특정 단계 또는 동작을 갖는 특정 방법의 맥락에서 설명될 것이다. 그러나, 방법 및 장치는 예시적 실시예와 일치하지 않는 다른 및/또는 추가 단계/동작 및 다른 순서의 단계/동작을 갖는 다른 방법에 대해 효과적으로 작동할 수 있다. 따라서, 본 발명의 개념은 표시된 실시예에 한정되도록 의도되지 않지만, 본 명세서에 설명된 원리 및 특징과 일치하는 가장 넓은 범위를 부여받아야 한다.

[0080] 하나의 요소가 다른 요소에 "위(on)", "연결(connected)" 또는 "결합(coupled)"되어 있다고 언급되거나 설명될 때는 다른 요소에 직접 위, 연결 또는 결합되어 있거나, 개입 요소가 존재할 수 있음을 이해할 수 있다. 반면, 하나의 요소가 다른 요소에 "직접 위(directly on)", "직접 연결(directly connected)" 또는 "직접 결합(directly coupled)"되어 있다고 언급될 때는 개입 요소가 존재하지 않는다.

[0081] 또한, 용어 제1(first), 제2(second) 등이 다양한 요소를 설명하기 위해 본 명세서에서 사용될 수 있지만, 이러한 요소는 이러한 용어에 의해 한정되어서는 안 된다. 이러한 용어는 하나의 요소를 다른 요소와 구별하는 데만 사용된다. 예를 들어, 본 개시의 범위를 벗어나지 않는 한 제1 요소는 제2 요소로 명명될 수 있으며, 마찬가지로 제2 요소는 제1 요소로 명명될 수 있다.

[0082] 또한, "하부(lower)" 또는 "하부(bottom)" 및 "상부(upper)" 또는 "상부(top)"과 같은 상대적 용어는 도면에 도시된 바와 같이 하나의 요소와 다른 요소의 관계를 설명하기 위해 본 명세서에서 사용될 수 있다. 상대적 용어는 도면에 묘사된 방향 외에도 장치의 다른 방향을 포괄하도록 의도된 것임을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 도면 중 하나의 장치가 뒤집힌 경우, 다른 요소의 "하부(lower)" 쪽에 있는 것으로 설명된 요소는 다른 요소의 "상부(upper)" 쪽에 배향된다. 따라서 예시적인 용어 "하부(lower)"는 도면의 특정 방향에 따라 "하부(lower)"와 "상부(upper)"의 방향을 모두 포괄할 수 있다. 마찬가지로, 도면 중 하나의 장치가 뒤집힌 경우, 다른 요소의 "아래(below)" 또는 "아래(beneath)"로 설명된 요소는 다른 요소의 "위(above)"에 배향된다. 따라서 예시적인 용어 "아래(below)" 또는 "아래(beneath)"는 위와 아래의 방향을 모두 포괄할 수 있다.

[0083] 본 명세서의 설명에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하는 데만 사용되며 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 설명 및 첨부된 청구항에서 사용된 단수 형태 "하나(a)", "하나(an)" 및 "그(the)"는 문맥상 명확히 달리 표시되지 않는 한 복수 형태도 포함하도록 의도된다.

[0084] 또한 본 명세서에서 사용된 용어 "및/또는(and/or)"은 하나 이상의 연관된 나열된 항목의 모든 가능한 조합을 지칭하고 포괄하는 것으로 이해될 것이다. 또한 용어 "포함하다(include)", "포함하는(including)", "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 본 명세서에서 사용될 때 명시된 특징, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 구성 요소의 존재를 지정하지만 하나 이상의 다른 특징, 정수, 단계, 동작, 요소, 구성 요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다는 것으로 이해될 것이다.

[0085] 본 개시의 실시예는 발명의 이상화된 실시예(및 중간 구조)의 개략적 예시인 도면을 참조하여 본 명세서에 설명되어 있다. 따라서, 예를 들어 제조 기술 및/또는 허용 오차의 결과로 도면의 형상이 달라질 수 있음이 예상된다.

[0086] 따라서 도면에 도시된 영역은 본질적으로 개략적이며, 그 형상은 장치 영역의 실제 형상을 설명하기 위한 것이 아니며, 발명의 범위를 한정하기 위한 것이 아니다.

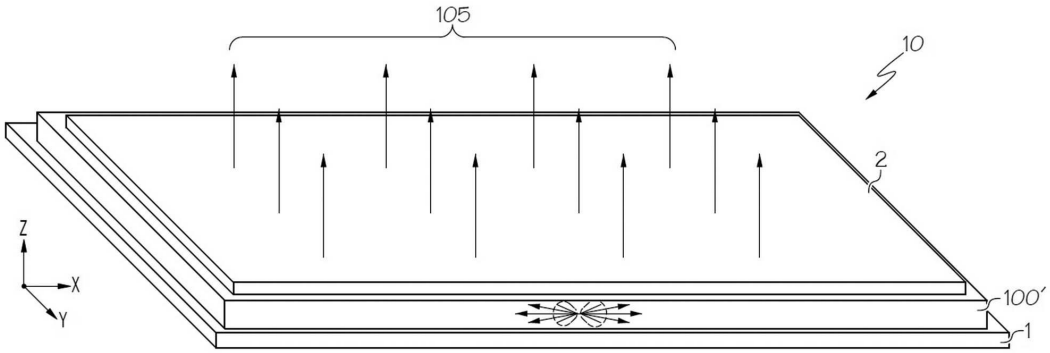
[0087] 달리 정의되지 않는 한, 기술적 및 과학적 용어를 포함하여 실시예를 공개하는 데 사용되는 모든 용어는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자가 일반적으로 이해하는 것과 동일한 의미를 가지며, 반드시 본 발명이 설명되는 시점에 알려진 구체적인 정의에 한정되는 것은 아니다. 따라서 이러한 용어는 그러한 시간 이후에 생성된 동등한 용어를 포함할 수 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의된 것과 같은 용어는 본 명세서 및 관련 기술의 맥락에서 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명확하게 정의되어 있지 않는 한 이상화되거나 지나치게 공식적인 의미로 해석되지 않는다. 본 명세서에서 언급된 모든 간행물, 특허 출원, 특허 및 기타 참조는 전체적으로 참조로 포함된다.

[0088] 위의 설명 및 도면과 관련하여 많은 다른 실시예가 본 명세서에 공개된다. 이러한 실시예의 모든 조합 및 하위 조합을 문자 그대로 설명하고 설명하는 것은 지나치게 반복적이고 모호할 수 있음을 이해해야 한다. 따라서 도면을 포함한 본 명세서는 본 명세서에서 설명된 본 발명의 실시예의 모든 조합 및 하위 조합과 이를 만들고 사용하는 방식 및 공정에 대한 완전한 서면 설명을 구성하는 것으로 해석되어야 하며, 이러한 조합 또는 하위 조합에 대한 청구를 뒷받침해야 한다.

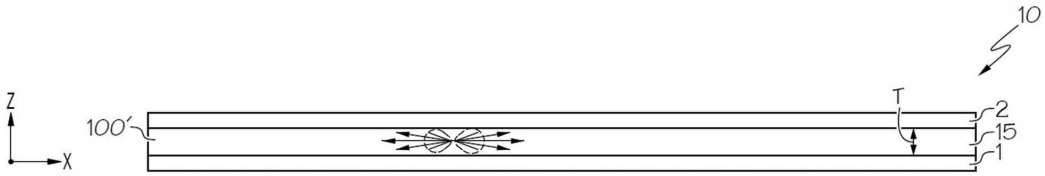
[0089] 본 발명은 다양한 실시예를 참조하여 설명되었지만, 본 발명의 원리의 범위 및 개념 내에서 추가적인 변형 및 수정이 이루어질 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 특정 용어가 사용되었지만, 이는 일반적이고 설명적인 의미로만 사용되며 한정하는 목적으로 사용되지 않으며, 본 발명의 범위는 다음 청구항에서 설정된다.

도면

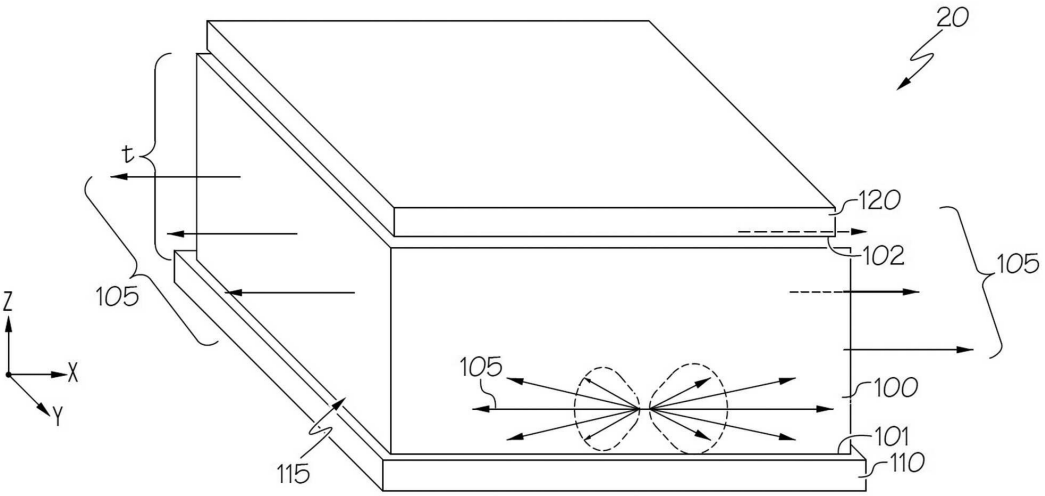
도면1a



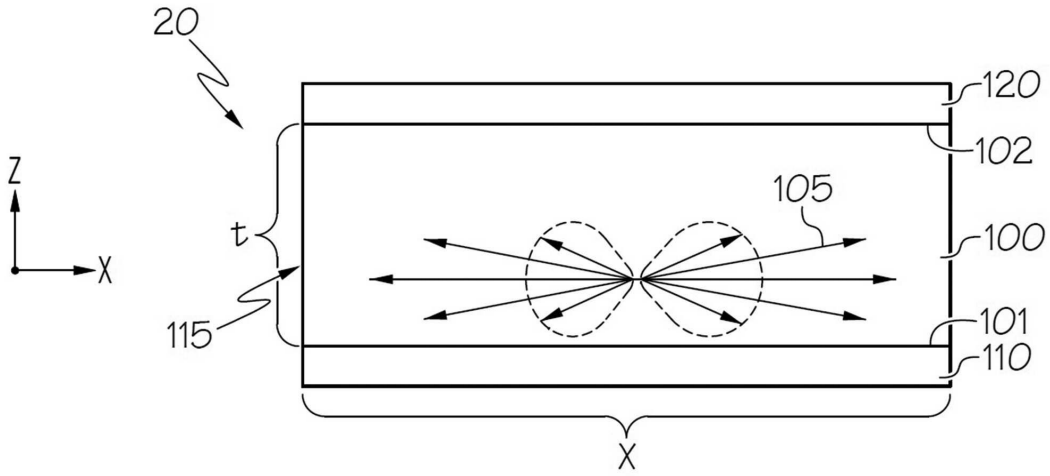
도면1b



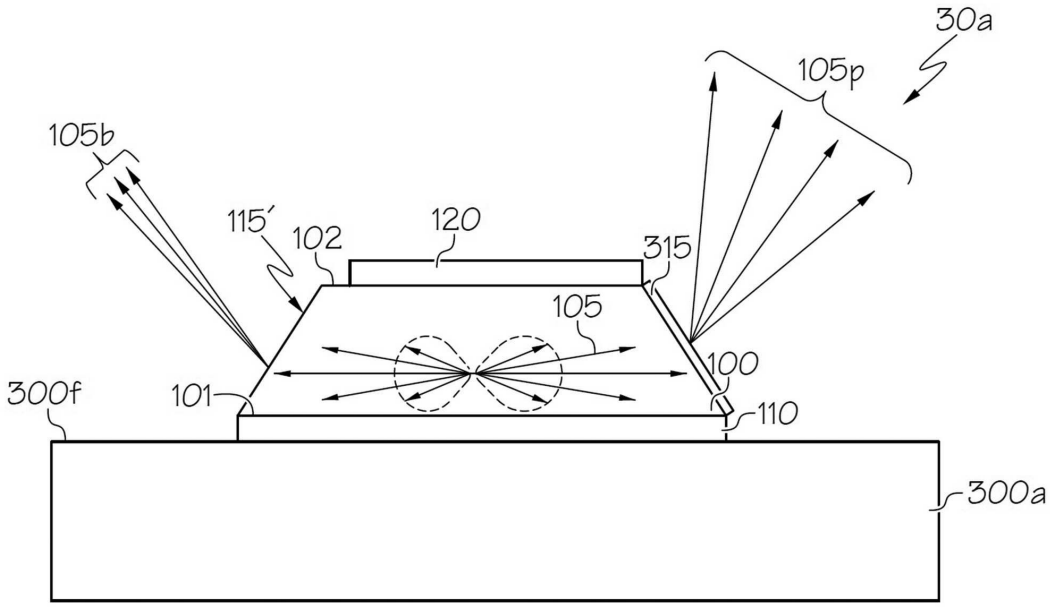
도면2a



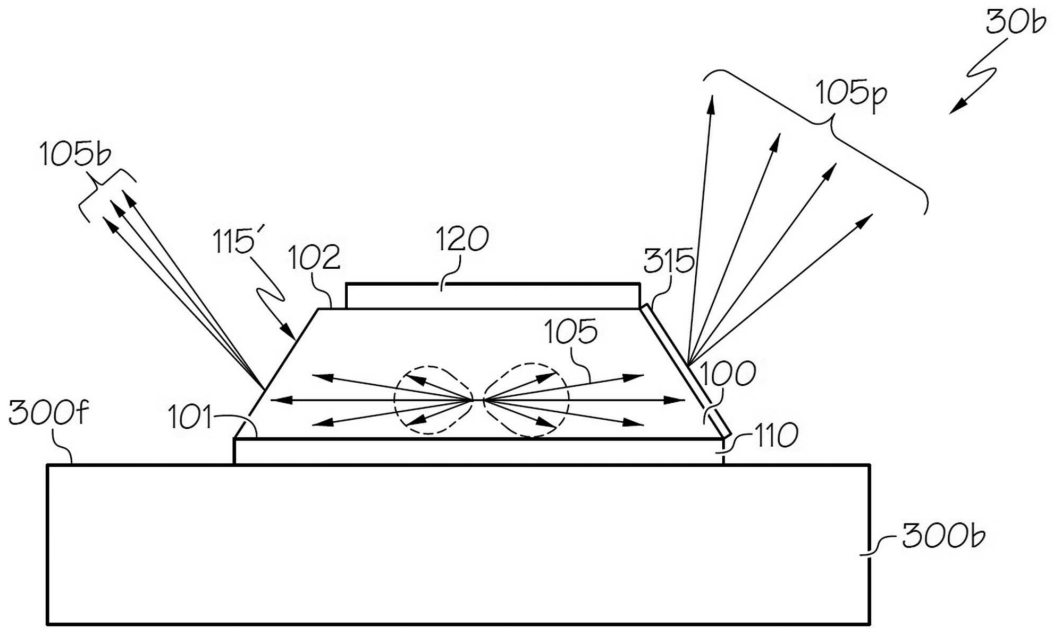
도면2b


20
120
102
105
Z
X
t
100
115
101
110
X

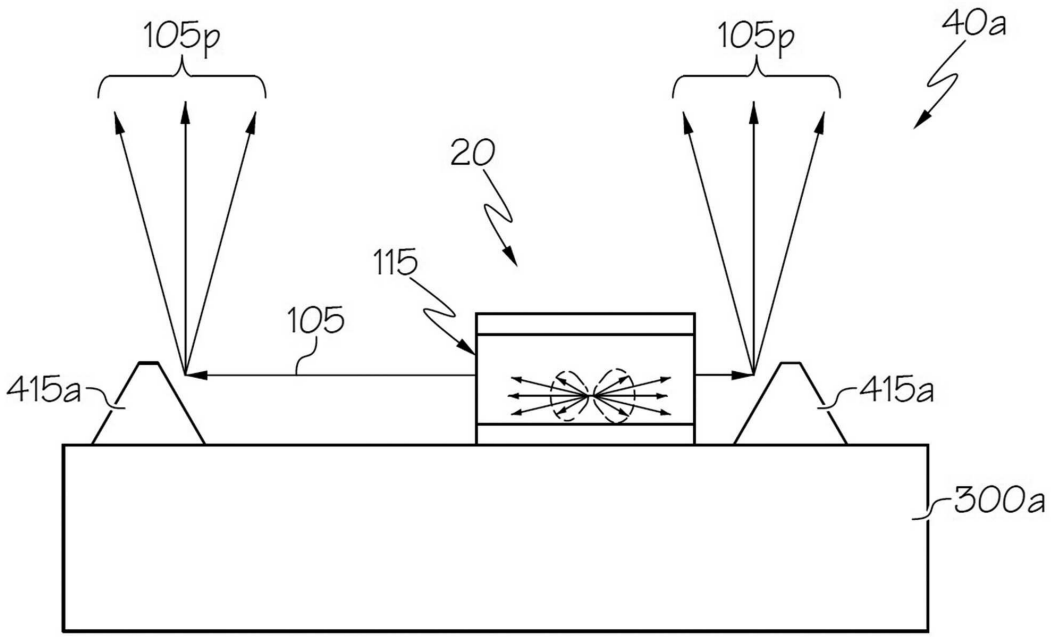
도면3a


30a
105p
105b
115'
102
120
315
105
100
300f
101
110
300a

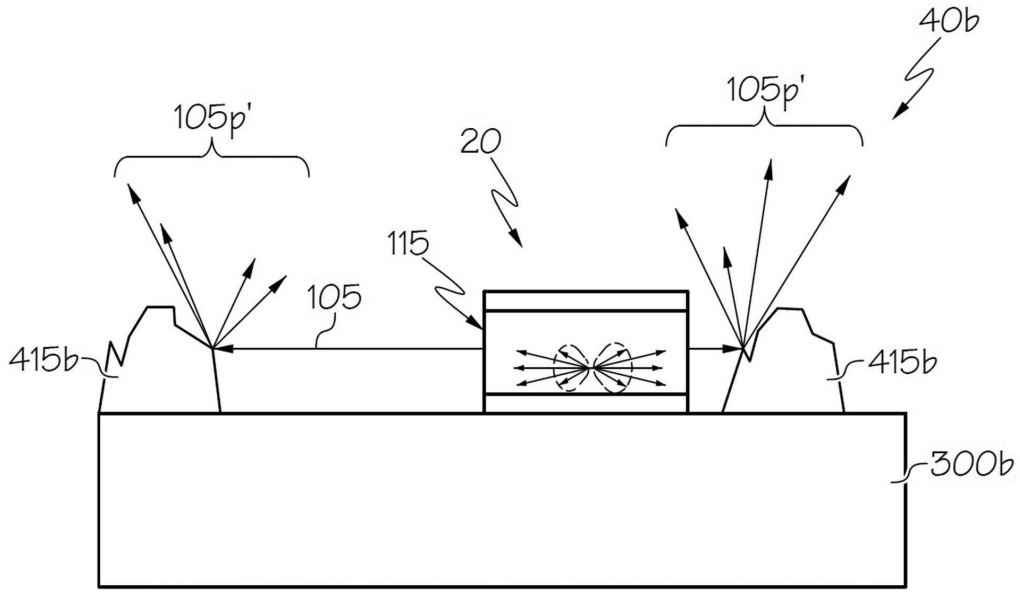
도면3b


30b
105p
105b
115'
102
120
315
105
100
300f
101
110
300b

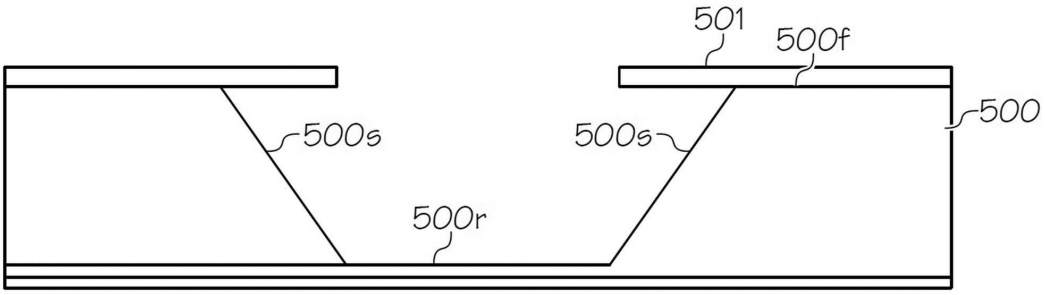
도면4a


105p
105p
40a
20
115
105
415a
415a
300a

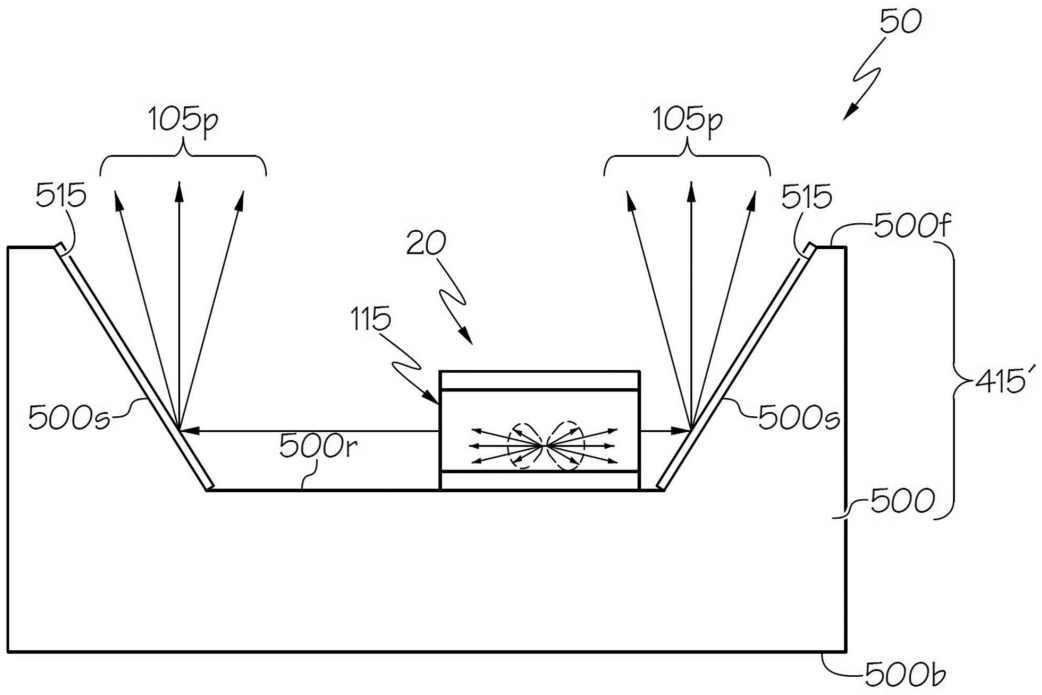
도면4b


40b
105p'
105p'
20
115
105
415b
415b
300b

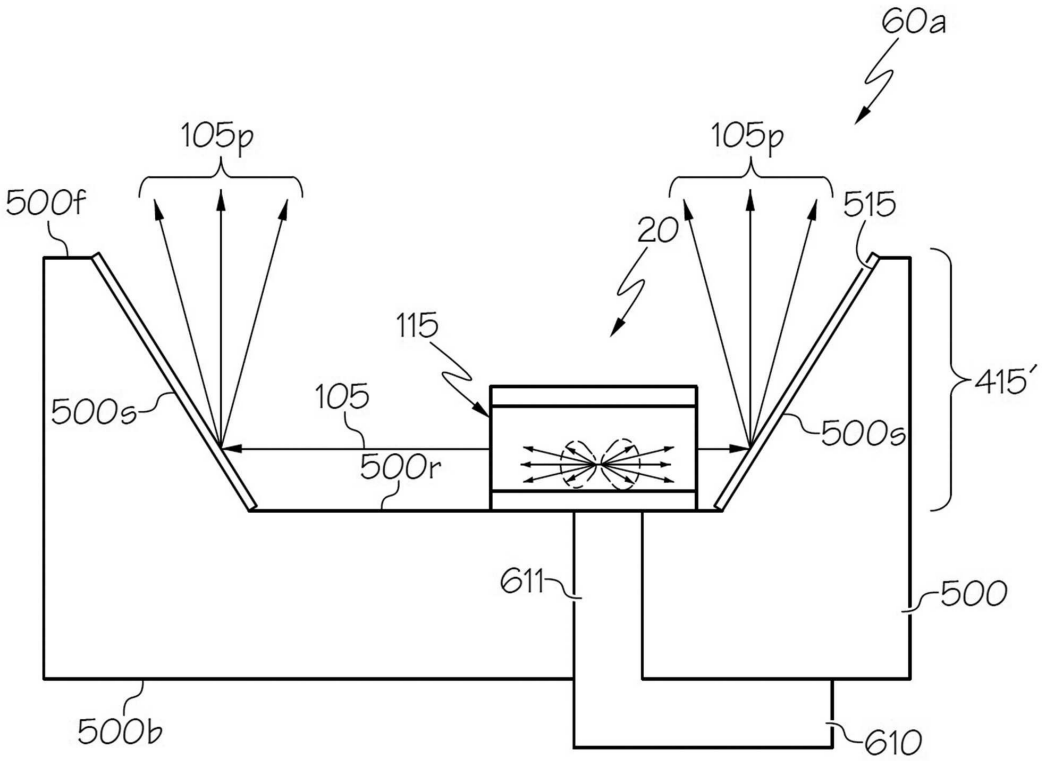
도면5a


501
500f
500
500s
500s
500r

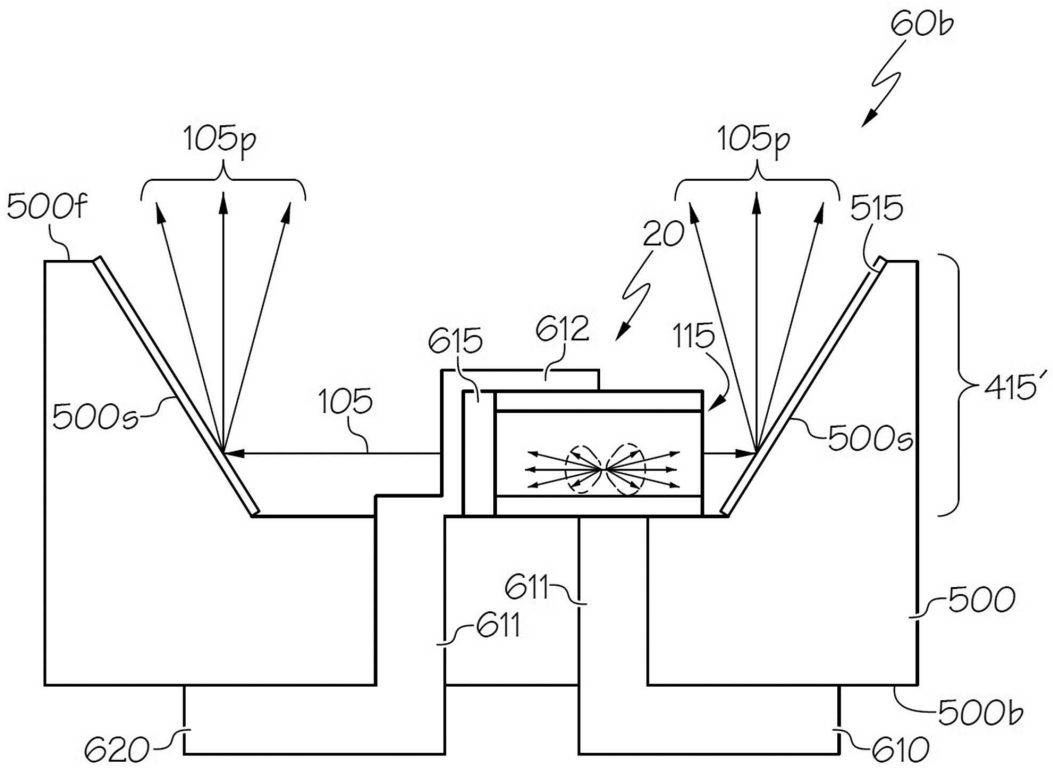
도면5b


50
105p
105p
515
515
500f
20
115
415′
500s
500s
500r
500
500b

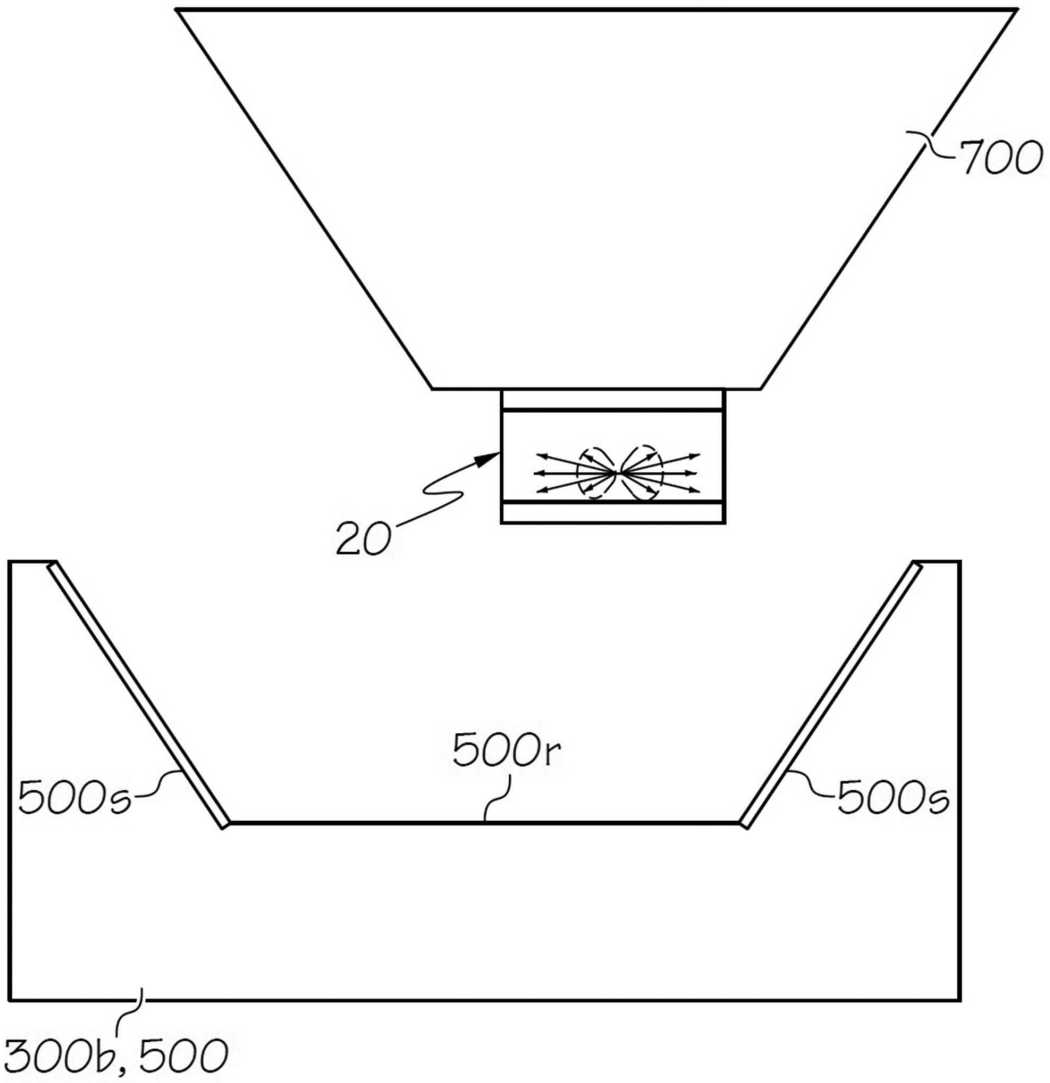
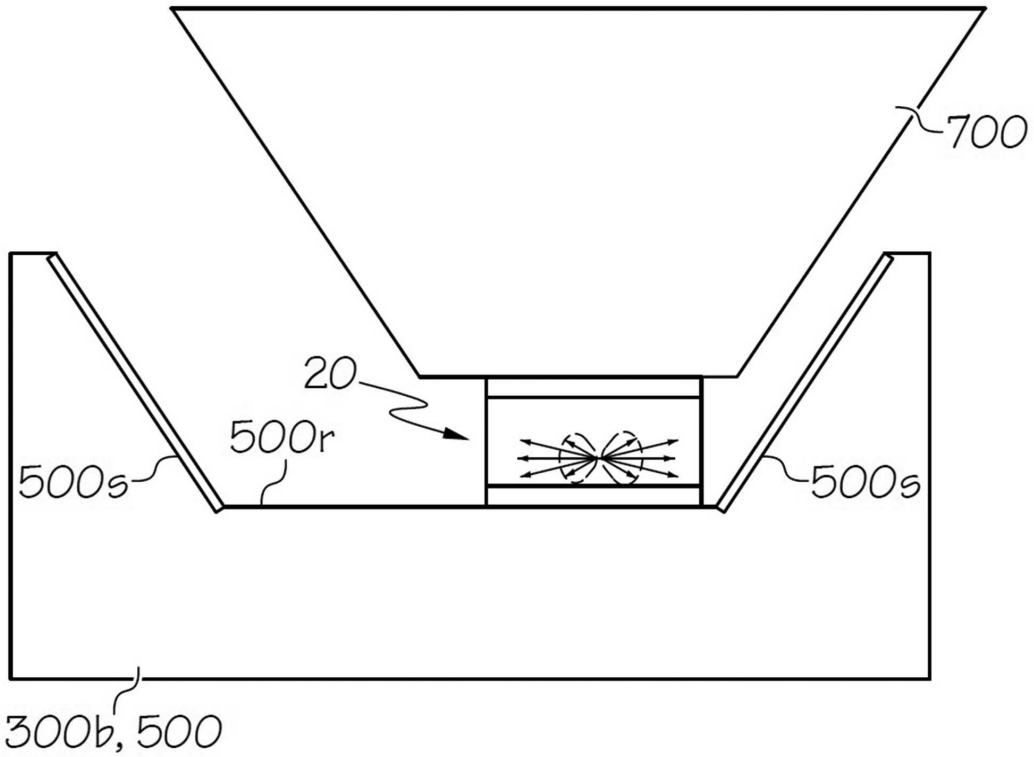
도면6a


60a
105p
105p
500f
515
20
115
415′
500s
105
500s
500r
611
500
500b
610

도면6b


60b
105p
105p
500f
20
515
615
612
115
105
500s
500s
415'
611
611
500
500b
620
610

도면7a



도면7b