



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월31일
 (11) 등록번호 10-1456421
 (24) 등록일자 2014년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 29/38 (2006.01) *C30B 19/12* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-7010159
 (22) 출원일자(국제) 2013년08월02일
 심사청구일자 2014년04월17일
 (85) 번역문제출일자 2014년04월16일
 (65) 공개번호 10-2014-0057668
 (43) 공개일자 2014년05월13일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/071579
 (87) 국제공개번호 WO 2014/025003
 국제공개일자 2014년02월13일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2012-173667 2012년08월06일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2011037704 A*
 JP2010222187 A
 WO2009011407 A1
 WO2005095682 A1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엔지케이 인슐레이터 엘티디
 일본 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 스다쵸 2-56 (467-8530)
 (72) 발명자
히가시하라 슈우헤이
 일본 467-8530 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 스다쵸 2-56 엔지케이 인슐레이터 엘티디 나이
이와이 마코토
 일본 467-8530 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 스다쵸 2-56 엔지케이 인슐레이터 엘티디 나이
 (74) 대리인
김태홍, 김성기

전체 청구항 수 : 총 11 항

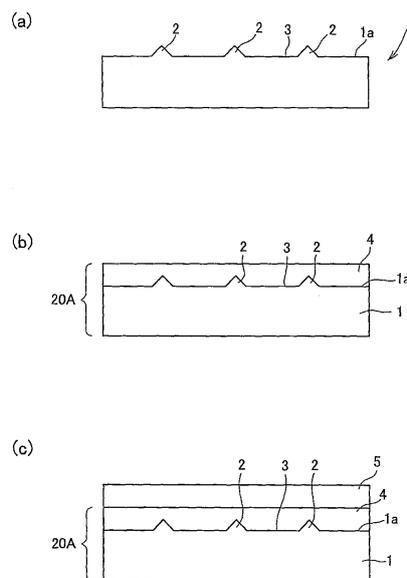
심사관 : 김광철

(54) 발명의 명칭 **복합 기관 및 기능 소자**

(57) 요약

질화갈륨 단결정으로 이루어진 종결정 기관(1)의 육성면(1a)에 추형 또는 절두추형의 돌기(2)가 규칙적으로 배열되어 있다. 종결정의 육성면(1a) 상에 플럭스법에 의해 두께 100 μm 이하의 질화갈륨 결정층(4)이 직접 형성되어 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

질화갈륨 단결정으로 이루어진 종결정으로서, 이 종결정의 육성면에 추(錐)형 또는 절두추형의 돌기가 규칙적으로 배열되어 있는 종결정과,

상기 종결정의 상기 육성면 상에 플럭스법에 의해 직접 형성된 두께 110 μm 이하의 질화갈륨 결정층을 구비하고,

상기 돌기의 높이는 10 μm 이하이며, 상기 돌기는 배열 주기 2~75 μm 로 주기적으로 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 육성면을 평면적으로 봤을 때, 상기 돌기는 적어도 상기 종결정의 m축의 법선 방향을 향해서 일정 주기로 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 돌기는 육각추형 또는 절두육각추형인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 육성면을 평면적으로 봤을 때, 상기 돌기는 적어도 2방향을 향해서 규칙적으로 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 종결정은 지지 기판인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 지지 기판을 더 구비하고, 상기 종결정은 상기 지지 기판 상에 형성된 종결정막인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 돌기는 절두추형이고, 이 돌기의 상부 평탄면의 면적의, 상기 돌기의 바닥 면적에 대한 비율은 15%~95%인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 질화갈륨 결정층의 두께는 100 μm 이하인 것을 특징으로 하는 복합 기판,

청구항 9

제1항 또는 제2항에 기재된 복합 기판과,

상기 질화갈륨 결정층 상에 기상법에 의해 형성된 13족 원소 질화물로 이루어진 기능층을 갖는 것을 특징으로 하는 기능 소자.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 기능층은 발광 소자를 구성하는 것을 특징으로 하는 기능 소자.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 육성면을 평면적으로 봤을 때, 상기 돌기는 적어도 상기 종결정의 m축의 법선 방향을 향

해서 일정 주기로 배열되어 있고, 상기 돌기는 육각추형 또는 절두육각추형이며, 이 돌기의 상부 평탄면의 면적의, 상기 돌기의 바닥 면적에 대한 비율은 15%~95%인 것을 특징으로 하는 복합 기관.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 질화갈륨 결정층을 갖는 복합 기관, 및 이것을 이용한 기능 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 질화갈륨 결정은 우수한 청색 발광 소자로서 주목을 받고 있고, 발광 다이오드에 있어서 실용화되고, 광픽업용 청자색 반도체 레이저 소자로서도 기대되고 있다.

[0003] 종래의 기상법에서는, 결정 성장에 따른 전위(轉位)의 굴곡이 어렵기 때문에, 종결정 표면에 대한 ELO나 PSS 사파이어를 이용한 성장과 같이 강제적인 저전위화를 실시하지 않으면 저전위화가 어려웠다. 그러나, Na 플럭스법에 의해서, 종기관의 전위를 인계하지만, 결정 성장에 따라서, 날형상 전위가 굴곡되고, 전위가 집합하여 결함 밀도가 저감되기 때문에, 강제적인 저전위화를 일으키지 않더라도 종기관보다 결정 품질을 향상시킬 수 있다.

[0004] Na 플럭스법에 의해 질화갈륨 종결정 상에 질화갈륨 결정층을 육성하는 방법은, 기상법과는 달리 높은 생산성을 갖는 브레이크스루적인 기술로서 최근 주목받고 있다.

[0005] 특허문헌 1(일본 특허 공개 제2003-124128)에서는, GaN 종결정막의 표면을 에칭하여 피트를 형성하고, 피트를 매립하도록 질화갈륨 결정을 기상법에 의해 재성장시킨다.

[0006] 특허문헌 2(일본 특허 공개 제2005-281067)에서는, GaN 종결정막의 표면을, 전면(全面)에 걸쳐서 기계 가공(스크래치)·드라이 에칭·웨트 에칭으로 가공하고, 표면을 랜덤한 요철로 하여, 그 위에 플럭스법으로 질화갈륨 결정층을 육성한다.

[0007] 특허문헌 3(일본 특허 공개 제2010-163288)에서는, 사파이어 기관의 표면에 스트라이프형의 오목부를 형성하고, 오목부 사이에 돌기를 남긴다. 그리고, 돌기의 상면에 GaN의 종결정막을 형성하고, 오목부 벽면에는 다결정막을 생성시킨다. 그 위에 Na 플럭스법에 의해 두꺼운 질화갈륨 결정층을 육성하여, 얻어진 질화갈륨 결정층을 사파이어 기관으로부터 박리시킨다.

[0008] 특허문헌 4(일본 특허 공개 제2011-105586)에서는, 종결정막에 마이크로스텝을 형성하고, 마이크로스텝의 단차에 의해 플럭스법으로 육성된 질화갈륨 결정층의 결함의 저감을 도모하고 있다.

[0009] 특허문헌 5(WO 2011-004904 A1)에서는, 사파이어 기관 상에 GaN으로 이루어진 스트라이프형의 종결정막을 다수 배열하고, 인접하는 종결정막 사이에서는 사파이어 기관의 표면을 노출시키고 있다. 그리고, 플럭스법으로 육성된 질화갈륨 결정층을 사파이어 기관으로부터 자연 박리시키고, 크랙을 억제하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2003-124128
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2005-281067
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2010-163288
- (특허문헌 0004) 일본 특허 공개 제2011-105586
- (특허문헌 0005) WO 2011-004904 A1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 현재, 반도체 발광 소자의 에너지 효율을 개선하는 것이 강하게 요구되고 있다. 질화갈륨 결정을 에컨대 발광

소자에 이용하는 경우, 그 전위 밀도를 저감하고, 전위 밀도의 면내 분포를 억제하는 것이, 발광시의 에너지 효율을 개선하는 데에 있어서 결정적으로 중요하다.

[0012] 본 발명자들은 질화갈륨 종결정 상에 플렉스법으로 질화갈륨 결정층을 에피택셜 성장시키는 것을 검토했다. 특히, 질화갈륨 결정층과 지지 기판의 복합 기판을 제조하는 것을 검토했다.

[0013] 그러나, 평탄한 질화갈륨 종결정 상에 플렉스법으로 질화갈륨 결정을 육성하면, 핵발생점이 랜덤으로 되기 때문에, 전위 밀도의 면내 분포가 불균일해지기 쉬워, 면내 전역에서 고품질 기판을 제작하는 것이 어려웠다.

[0014] 이 때문에, 본 발명자들은 종래 기술을 다양하게 검토했지만, 플렉스법으로 육성한 질화갈륨 결정층의 전위 밀도를 저감하고 그 면내 분포를 억제하는 것이 어려워, 더욱 개선이 요구된다. 또, 얻어진 질화갈륨 결정층을 사파이어 기판으로부터 박리하는 기술을 이용하면 지지 기판없이 자립할 수 있는 충분한 성장 두께를 확보할 필요가 있기 때문에, 생산성에 문제가 있었다.

[0015] 본 발명의 과제는, 질화갈륨 종결정 상에 플렉스법으로 질화갈륨 결정층을 형성한 복합 기판에 있어서, 질화갈륨 결정층의 전위 밀도를 저감하고, 전위 밀도의 면내 분포를 억제하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명은, 질화갈륨 단결정으로 이루어진 종결정으로서, 이 종결정의 육성면에 추(錐)형 또는 절두추형의 돌기가 규칙적으로 배열되어 있는 종결정과,

[0017] 종결정의 육성면 상에 플렉스법에 의해 직접 형성된 두께 100 μm 이하의 질화갈륨 결정층을 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 복합 기판에 관한 것이다.

[0018] 본 발명자들은 종결정막 상에 플렉스법으로 형성하는 질화갈륨 결정층의 두께를 100 μm로 박막화함으로써, 질화갈륨 결정층의 지지 기판으로부터의 박리를 억제하는 것에 이르렀다. 질화갈륨 결정층을 박막화하고, 전위를 저감할 수 있음으로써, 지지 기판으로부터 박리시키지 않고, 지지 기판과 일체화된 박막이자 저전위의 질화갈륨 결정층을 얻을 수 있다. 이에 더하여, 플렉스법으로 형성하는 질화갈륨 결정상의 박막화에 의해, 결정 육성 시간을 현저히 단축할 수 있어, 생산성이 현저히 향상된다. 그러나, 이러한 박막에서는, 관통 전위의 면내 분포가 커지기 쉽다.

[0019] 이 때문에, 본 발명자들은, 추형 또는 절두추형의 돌기를 질화갈륨 종결정 표면에 규칙적으로 배열하고, 그 위에 질화갈륨 결정층을 플렉스법으로 직접 에피택셜 성장시키는 것에 이르렀다. 이에 따라, 결정의 성장부 기점을 결정할 수 있기 때문에, 결함의 회합·소멸을 효율적으로 촉진시킬 수 있다. 그 때문에, 그 위에 성장시키는 플렉스법 질화갈륨 결정층(두께 100 μm 이하의 박막)의 결함 밀도를 낮게 하고, 또한 그 면내 분포가 억제된 복합 기판을 얻는 것에 성공하여, 본 발명에 도달했다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에서는, 성장 기점으로부터의 패킷 성장이 바닥부보다 빠르기 때문에, 바닥부로부터의 전위와 회합·소멸을 하면서 계속 성장하여, 저결함의 그래인을 효율적으로 크게 할 수 있는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1의 (a)는 종결정 기판(1)을 나타내는 모식도이고, 도 1의 (b)는 종결정 기판(1) 상에 질화갈륨 결정층(4)을 형성한 복합 기판(20A)을 나타내는 모식도이고, 도 1의 (c)는 복합 기판(20A) 상에 기능층(5)을 형성한 상태를 나타내는 모식도이다.

도 2의 (a)는 종결정 상의 돌기(2)의 패턴예를 나타내고, 도 2의 (b)는 돌기의 형태를 나타낸다.

도 3의 (a)는 지지 기판(10) 및 종결정막(11)을 나타내는 모식도이고, 도 3의 (b)는 종결정막(11) 상에 질화갈륨 결정층(4)을 형성한 복합 기판(21A)을 나타내는 모식도이고, 도 3의 (c)는 복합 기판(21A) 상에 기능층(5)을 형성한 상태를 나타내는 모식도이다.

도 4의 (a)는 종결정 기판(1A)을 나타내는 모식도이고, 도 4의 (b)는 종결정 기판(1A) 상에 질화갈륨 결정층(4)을 형성한 복합 기판(20B)을 나타내는 모식도이고, 도 4의 (c)는 복합 기판(20B) 상에 기능층(5)을 형성한 상태를 나타내는 모식도이다.

도 5의 (a)는 종결정 상의 돌기(2A)의 패턴예를 나타내고, 도 5의 (b)는 돌기의 형태를 나타낸다.

도 6의 (a)는 복합 기판(20A) 상에 반도체 발광 구조(24)를 설치한 발광 소자(22A)를 나타내는 모식도이고, 도 6의 (b)는 복합 기판(21A) 상에 반도체 발광 구조(24)를 설치한 발광 소자(23A)를 나타내는 모식도이다.

도 7의 (a)는 복합 기판(20B) 상에 반도체 발광 구조(24)를 설치한 발광 소자(22B)를 나타내는 모식도이고, 도 7의 (b)는 복합 기판(21B) 상에 반도체 발광 구조(24)를 설치한 발광 소자(23B)를 나타내는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 적절하게 도면을 참조하면서, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0023] 도 1의 (a)에 나타낸 바와 같이, 종결정으로 이루어진 지지 기판(1)의 육성면(1a)에, 정해진 패턴의 돌기(2)를 형성한다. 돌기 사이는 평탄면(3)을 이루고 있다.
- [0024] 이어서, 도 1의 (b)에 나타낸 바와 같이, 종결정 기판(1)의 육성면(1a)에, 플럭스법에 의해 질화갈륨 결정층(4)을 에피택셜 성장시킨다. 이 때, 질화갈륨 결정층(4)과 종결정 기판(1) 사이에는 다른 버퍼층이나 중간층 등을 개재시키지 않는다. 또, 질화갈륨 결정층(4)이 종결정 기판(1)으로부터 자연 박리되지 않도록 한다. 이것에 의해, 전위가 억제되고, 결정성이 좋은 복합 기판(20A)을 얻을 수 있다.
- [0025] 얻어진 복합 기판(20A)은, 질화갈륨 결정층의 전위가 적고, 면내 분포가 억제되어 있기 때문에, 그 위에 기상법에 의해 기능층(5)을 형성하기 위한 템플릿으로서 이용할 수 있다[도 1의 (c) 참조].
- [0026] (종결정)
- [0027] 본 발명에서는, 종결정은 질화갈륨 단결정으로 이루어진다. 종결정은, 자립 기판(지지 기판)을 형성하고 있어도 좋고, 혹은 별도의 지지 기판 상에 형성된 종결정막이어도 좋다. 이 종결정막은 1층이어도 좋고, 혹은 지지 기판층에 버퍼층을 포함하고 있어도 좋다.
- [0028] 종결정막의 형성 방법은 기상 성장법이 바람직하지만, 유기 금속 화학 기상 성장(MOCVD : Metal Organic Chemical Vapor Deposition)법, 하이드라이드 기상 성장(HVPE)법, 펄스 여기 퇴적(PXD)법, MBE법, 승화법을 예시할 수 있다. 유기 금속 화학 기상 성장법이 특히 바람직하다. 또, 성장 온도는 950~1200℃가 바람직하다.
- [0029] 본원에서 말하는 단결정의 정의에 관해 설명한다. 결정 전체에 걸쳐서 규칙적으로 원자가 배열된 교과서적인 단결정을 포함하지만, 그것에만 한정되는 의미가 아니라, 일반 공업적으로 유통되고 있는 의미이다. 즉, 결정이 어느 정도의 결함을 포함하고 있거나, 변형을 내재하고 있거나, 불순물이 포함되어 있어도 좋고, 다결정(세라믹스)과 구별하여, 이들을 단결정이라고 부르고 이용하고 있는 것과 동일한 의미이다.
- [0030] (지지 기판)
- [0031] 지지 기판은 그 위에 질화갈륨 종결정이 에피택셜 성장 가능한 것이다.
- [0032] 구체적으로는, 지지 기판을 구성하는 단결정 기판의 재질은 한정되지 않지만, 사파이어, AlN 템플릿, GaN 템플릿, GaN 자립 기판, 실리콘 단결정, SiC 단결정, MgO 단결정, 스피넬(MgAl₂O₄), LiAlO₂, LiGaO₂, LaAlO₃, LaGaO₃, NdGaO₃ 등의 페로브스카이트형 복합 산화물, SCAM(ScAlMgO₄)을 예시할 수 있다. 또 조성식 [A_{1-y}(Sr_{1-x}Ba_x)_y] [(Al_{1-z}Ga_z)_{1-u} · D_u] O₃(A는 희토류 원소이다; D는 니오븀 및 탄탈로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 원소이다; y=0.3~0.98; x=0~1; z=0~1; u=0.15~0.49; x+z=0.1~2)의 입방정계의 페로브스카이트 구조 복합 산화물도 사용할 수 있다.
- [0033] 지지 기판이 우르차이트 구조인 경우에는, c면, a면 및 m면을 갖는다. 이들 각 결정면은 결정학적으로 정의되는 것이다. 종결정막 및 플럭스법에 의해 육성되는 질화갈륨 결정층의 육성 방향은 c면의 법선 방향이어도 좋고, 또 a면, m면 각각의 법선 방향이어도 좋다.
- [0034] 예컨대, 도 3의 (a)에 나타낸 바와 같이, 지지 기판(10) 상에, 질화갈륨 단결정으로 이루어진 종결정막(11)을 형성한다. 종결정막(11)의 표면에, 정해진 패턴의 돌기(2)를 형성한다. 돌기 사이는 평탄면(3)을 이루고 있다. 종결정막 내에서는 전위가 억제되고, 결정성이 좋은 종결정을 얻을 수 있다.
- [0035] 이어서, 도 3의 (b)에 나타낸 바와 같이, 종결정막(11)의 표면에, 플럭스법에 의해 질화갈륨 결정층(4)을 에피택셜 성장시킨다. 이 때, 질화갈륨 결정층(4)과 종결정막(11) 사이에는 다른 버퍼층이나 중간층 등을 개재시키

지 않는다. 또, 질화갈륨 결정층(4)이 지지 기관(10)으로부터 자연 박리되지 않도록 한다. 이것에 의해, 복합 기관(21A)을 얻을 수 있다.

[0036] 얻어진 복합 기관(21A)은, 질화갈륨 결정층의 전위가 적고, 면내 분포가 억제되어 있기 때문에, 그 위에 기상법에 의해 기능층(5)을 형성하기 위한 템플릿으로서 이용할 수 있다[도 3의 (c) 참조].

[0037] (돌기)

[0038] 본 발명에서는, 종결정의 육성면에, 추형 또는 절두추형의 돌기가 규칙적으로 배열되어 있다. 육성면이란, 플럭스법으로 질화갈륨 결정이 에피택셜 성장하는 면을 말한다. 또, 돌기가 규칙적으로 배열되어 있다는 것은, 육성면을 평면적으로 봤을 때, 돌기가 적어도 1방향을 향해서 일정 주기로 배열되어 있는 것이다.

[0039] 돌기의 형태는 추형 또는 절두추형인 것이 필요하다. 돌기가 기둥형이면, 패시 성장이 촉진되지 않아, 그 위에 형성되는 질화갈륨 결정층의 전위 밀도가 높아진다. 이것은, 추형 돌기의 측면(경사면)으로부터의 에피택셜 성장에 의해 관통 전위가 감소하는 것으로 생각된다. 기둥형 돌기에서는, 측면이 경사져 있지 않기 때문에, 이러한 작용이 적은 것으로 생각된다. 또, 돌기가 스트라이프형인 경우는, 스트라이프형상을 따르는 관통 전위의 면내 분포가 생기기 쉽다.

[0040] 돌기의 형태는 추형 또는 절두추형이다. 추로는, 원추나, 삼각추, 사각추, 육각추 등의 다각추를 예시할 수 있다. 절두추로는, 절두원추나, 절두삼각추, 절두사각추, 절두육각추 등의 절두다각추를 예시할 수 있다. 종결정막이 우르차이트 구조이기 때문에, 에피택셜 성장의 관점에서, 돌기가 육각추형인 것이 가장 바람직하다. 또, 결정 성장에 의해 육각추형이 될 수 있는 관점에서, 삼각추이어도 좋다.

[0041] 또한, 절두추의 상면의 법선과 바닥면의 법선은 평행해도 좋지만, 상면의 법선이 바닥면(종결정막의 표면)의 법선에 대하여 경사져 있어도 좋다. 상면의 법선과 바닥면의 법선이 경사져 있는 경우에는, 이 경사 각도는 62° 이하인 것이 바람직하고, 60° 이하인 것이 더욱 바람직하다. 법선이 경사져 있는 경우, 절두추 상면의 면방위와 바닥면의 면방위가 상이해도 좋다.

[0042] 예컨대, 도 2의 예에서는, 종결정 기관(1)의 육성면(1a)에 다수의 돌기(2)가 배열되어 있고, 돌기(2)의 간극은 평탄면(3)으로 되어 있다. 돌기(2)는 육각추형이다. 돌기(2)는 m축의 법선 방향인 a축 방향(Z방향)을 향하여 일정 주기로 배열되어 있고, 또, Z와 교차하는 X방향을 향해서도 일정 주기로 배열되어 있다.

[0043] 여기서, a축이란, 육방정 단결정의 $\langle 1 \ 1 \ -2 \ 0 \rangle$ 을 나타낸다. 질화갈륨은 육방정계이기 때문에, a1, a2, a3은 등가이고, $[2 \ -1 \ -1 \ 0]$, $[1 \ 1 \ -2 \ 0]$, $[-1 \ 2 \ -1 \ 0]$, $[-2 \ 1 \ 1 \ 0]$, $[-1 \ -1 \ 2 \ 0]$, $[1 \ -2 \ 1 \ 0]$ 의 6개는 등가이다. 이 6개 중, a축은 관례로 $[1 \ 1 \ -2 \ 0]$ 을 이용하는 경우가 많고, 본원에서 말하는 a축은 이 모든 등가의 축을 의미하며, $[1 \ 1 \ -2 \ 0]$ 로 표기하는 경우에도, 상기 등가의 축을 모두 포함한다.

[0044] 또, 다른 예에서는, 도 4, 도 5에 나타낸 바와 같이, 종결정 기관(1)의 육성면(1a)에 다수의 돌기(2A)가 배열되어 있고, 돌기(2A)의 간극은 평탄면(3)으로 되어 있다. 돌기(2A)는 절두육각추형이다. 돌기(2A)는 a축 방향(Z방향)을 향하여 일정 주기로 배열되어 있고, 또, Z와 교차하는 X방향을 향해서도 일정 주기로 배열되어 있다.

[0045] 도 4의 (a)에 나타낸 바와 같이, 종결정으로 이루어진 지지 기관(1A)의 육성면(1a)에, 정해진 패턴의 돌기(2A)를 형성한다. 돌기의 사이는 평탄면(3)을 이루고 있다. 계속해서, 도 4의 (b)에 나타낸 바와 같이, 종결정 기관(1A)의 육성면(1a)에, 플럭스법에 의해 질화갈륨 결정층(4)을 에피택셜 성장시킨다. 이 때, 질화갈륨 결정층(4)과 종결정 기관(1A) 사이에는 다른 버퍼층이나 중간층 등을 개재시키지 않는다. 또, 질화갈륨 결정층(4)이 종결정 기관(1A)으로부터 자연 박리되지 않도록 한다. 이것에 의해, 복합 기관(20B)을 얻을 수 있다.

[0046] 얻어진 복합 기관(20B)은, 질화갈륨 결정층의 전위가 적고, 면내 분포가 억제되어 있기 때문에, 그 위에 기상법에 의해 기능층(5)을 형성하기 위한 템플릿으로서 이용할 수 있다[도 4의 (c) 참조].

[0047] 돌기가 육각추형 또는 절두육각추형인 경우에는, 바람직하게는, X축과 Z축(a축)이 25~75°의 각도 α 를 이루고 있다[도 2의 (a), 도 5의 (a) 참조]. α 는 30° 이상인 것이 더욱 바람직하다. 또, 바람직하게는, 6개의 돌기가 1개의 돌기를 포위하는 육각 격자를 이루고 있다. 특히 바람직하게는, 인접하는 돌기는 서로의 육각형 정점이 마주본다(m축 평행).

[0048] 돌기의 평탄면(3)으로부터의 높이 h는, 플럭스법으로 육성되는 질화갈륨 결정층의 전위 및 그 면내 분포를 억제한다고 하는 관점에서는, 0.2 μm 이상이 바람직하고, 0.5 μm 이상이 더욱 바람직하다. 또, 같은 관점에서, 10 μm 이하가 바람직하고, 5 μm 이하가 더욱 바람직하다.

- [0049] 또, 돌기의 배열 주기 W는 플렉스법으로 육성되는 질화갈륨 결정층의 전위 및 그 면내 분포를 억제한다고 하는 관점에서는, 2 μm 이상이 바람직하고, 5 μm 이상이 더욱 바람직하다. 또, 같은 관점에서, 75 μm 이하가 바람직하고, 50 μm 이하가 더욱 바람직하다.
- [0050] 돌기의 평탄면으로부터의 상승의 경사 각도 θ 는, 본 발명의 관점에서는, 30~70° 가 바람직하고, 35~62° 가 더욱 바람직하다.
- [0051] 돌기가 절두추형인 경우에는, 돌기의 상측에 평탄면(19)이 형성되어 있다[도 5 참조]. 본 발명의 관점에서는, 돌기의 상측 평탄면(19)의 면적의, 돌기의 바닥 면적에 대한 비율은 15~95%가 바람직하고, 30~80%가 더욱 바람직하다.
- [0052] 또한, 전술한 바와 같이, 절두추의 상면의 법선과 바닥면의 법선은 평행해도 좋지만, 상면의 법선이 바닥면의 법선에 대하여 경사져 있어도 좋다.
- [0053] 또, 돌기가 추형인 경우에는, 돌기의 상단은 기하학적인 의미로 엄밀하게 뾰족할 필요는 없고, 가공 정밀도에 의한 라운딩을 띠고 있어도 좋고, 또 추형 돌기의 선단에 R가공, C가공, 면취 가공이 실시되어 있어도 좋다.
- [0054] 바람직하게는, 돌기가 적어도 2방향을 향해서 배열되어 있다. 여기서, 2방향은 교차하고 있으면 되고, 직교할 필요는 없다. 단, 2방향의 교차 각도는 45~75° 가 바람직하고, 55~65° 가 더욱 바람직하다.
- [0055] 돌기가 적어도 2방향을 향해서 배열되어 있는 경우, 각각의 방향에 있어서, 돌기의 주기(피치)는 일정한 것이 바람직하다.
- [0056] 이들 바람직한 돌기 조건으로부터, 돌기가 아닌 평면의 면적이 웨이퍼의 80~99.99%인 것이 바람직하다.
- [0057] (질화갈륨 결정층)
- [0058] 본 발명의 복합 기관은, 종결정의 육성면 상에 플렉스법에 의해 직접 형성된 두께 100 μm 이하의 질화갈륨 결정층을 구비하고 있다.
- [0059] 질화갈륨 결정층은, 100 μm 이하의 박막으로 한다. 이것에 의해, 질화갈륨 결정층의 기관으로부터의 박리를 억제할 수 있다. 단, 질화갈륨 결정층이 얇아짐으로써, 질화갈륨 결정층을 관통하는 전위가 증가하는 경향이 있기 때문에, 본 발명이 특히 유효해진다.
- [0060] 질화갈륨 결정층(4)의 두께는, 결합 밀도에 대한 결정 품질이라는 관점에서, 3 μm 이상이 바람직하고, 5 μm 이상이 더욱 바람직하다.
- [0061] 본 공정에서는, 질화갈륨 결정층을 플렉스법에 의해 육성한다. 이 때, 플렉스의 종류는, 질화갈륨 결정을 생성할 수 있는 한 특별히 한정되지 않는다. 바람직한 실시형태에서는, 알칼리 금속과 알칼리 토금속 중 적어도 하나를 포함하는 플렉스를 사용하고, 나트륨 금속을 포함하는 플렉스가 특히 바람직하다.
- [0062] 플렉스에는, 갈륨 원료 물질을 혼합하여 사용한다. 갈륨 원료 물질로는, 갈륨 단체(單體) 금속, 갈륨 합금, 갈륨 화합물을 적용할 수 있지만, 갈륨 단체 금속이 취급면에서도 바람직하다.
- [0063] 플렉스법에서의 질화갈륨 결정의 육성 온도나 육성시의 유지 시간은 특별히 한정되지 않고, 플렉스의 조성에 따라서 적절하게 변경한다. 일례로는, 나트륨 또는 리튬 함유 플렉스를 이용하여 질화갈륨 결정을 육성하는 경우에는, 육성 온도를 800~950℃로 하는 것이 바람직하고, 800~900℃로 하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0064] 플렉스법에서는, 질소 원자를 포함하는 기체를 포함하는 분위기하에서 단결정을 육성한다. 이 가스는 질소 가스가 바람직하지만, 암모니아일 수도 있다. 분위기의 전압(全壓)은 특별히 한정되지 않지만, 플렉스의 증발을 방지하는 관점에서는, 10 기압 이상이 바람직하고, 30 기압 이상이 더욱 바람직하다. 단, 압력이 높으면 장치가 대규모가 되기 때문에, 분위기의 전압은 2000 기압 이하가 바람직하고, 500 기압 이하가 더욱 바람직하다. 분위기 중의 질소 원자를 포함하는 기체 이외의 가스는 한정되지 않지만, 불활성 가스가 바람직하고, 아르곤, 헬륨, 네온이 특히 바람직하다.
- [0065] (기능층)
- [0066] 이렇게 하여 얻어진 복합 기관 상에 기능층을 기상법으로 형성한다.
- [0067] 이러한 기능층은 단일층이어도 좋고, 복수층이어도 좋다. 또, 기능으로는, 고연색성의 백색 LED나 구속 고밀도 광메모리용 청자 레이저 디스크, 하이브리드 자동차용의 인버터용 파워 디바이스 등에 이용할 수 있다.

- [0068] 예컨대, 도 1의 (c), 도 3의 (c), 도 4의 (c)에서는, 복합 기판 상에 기능층(5)을 형성한다. 여기서, 기능층은 복수층 형성할 수 있다.
- [0069] 예컨대, 발광 소자는 n형 반도체층, 이 n형 반도체층 상에 형성된 발광 영역 및 이 발광 영역 상에 형성된 p형 반도체층을 구비하고 있다. 이것에 의해, 전위 밀도가 적은 발광층을 얻을 수 있기 때문에, 발광 소자의 내부 양자 효율이 향상된다.
- [0070] 도 6의 (a)의 발광 소자(22A)에서는, 질화갈륨 결정층(4) 상에, n형 컨택트층(5), n형 클래드층(6), 활성층(7), p형 클래드층(8), p형 컨택트층(9)이 형성되어 있고, 발광 소자 구조(24)를 구성한다. 도 6의 (b)의 발광 소자(23A)에서는, 복합 기판(21A)의 질화갈륨 결정층(4) 상에 발광 소자 구조(24)를 구성한다. 도 7의 (a)의 발광 소자(22B)에서는, 복합 기판(20B)의 질화갈륨 결정층(4) 상에 발광 소자 구조(24)를 구성한다. 도 7의 (b)의 발광 소자(23B)에서는, 복합 기판(21B)의 질화갈륨 결정층(4) 상에 발광 소자 구조(24)를 구성한다.
- [0071] 복합 기판 상에 기상법, 바람직하게는 유기 금속 기상 성장(MOCVD)법에 의해 반도체 발광 다이오드(LED)를 제작하면, LED 내부의 전위 밀도가 GaN 템플릿과 동등해진다.
- [0072] 기능층의 성막 온도는, 기능층의 품질 관점에서, 700℃ 이상이 바람직하고, 750℃ 이상이 더욱 바람직하다. 또, 질화갈륨 결정의 크랙이나 균열을 억제한다고 하는 관점에서는, 기능층의 성막 온도는 1200℃ 이하가 바람직하고, 1100℃ 이하가 더욱 바람직하다.
- [0073] 기능층의 재질은, 13족 원소 질화물이 바람직하다. 13족 원소란, IUPAC가 책정한 주기율표에 의한 제13족 원소를 말한다. 13족 원소는, 구체적으로는 갈륨, 알루미늄, 인듐, 탈륨 등이다. 또, 첨가제로는, 탄소나, 저융점 금속(주석, 비스무트, 은, 금), 고용점 금속(철, 망간, 티탄, 크롬 등의 전이 금속)을 들 수 있다. 저융점 금속은, 나트륨의 산화 방지를 목적으로 첨가하는 경우가 있고, 고용점 금속은, 도가니를 넣은 용기나 육성로의 히터 등으로부터 혼입되는 경우가 있다.
- [0074] (용도)
- [0075] 본 발명은 고품질인 것이 요구되는 기술분야, 예컨대 포스트 형광등이라고 불리고 있는 고연색성의 백색 LED나 고속 고밀도 광메모리용 청자 레이저 디스크, 하이브리드 자동차용 인버터에 이용하는 파워 디바이스 등에 이용할 수 있다.
- [0076] 실시예
- [0077] (실시예 1)
- [0078] 도 1, 도 2에 나타낸 바와 같이 하여 복합 기판(20A)을 제조했다.
- [0079] 구체적으로는, CL에 의한 전위 밀도의 면내 분포가, 외주 1 cm를 제외하고 평균 $2 \times 10^8 / \text{cm}^2$ 인, 질화갈륨 종결정으로 이루어진 자립 기판(1)을 준비했다. 종결정 기판(1)에 대하여, 포토리소그래피에 의해 패턴화된 SiO₂ 마스크를 실시하고, RIE에 의해 Ga면 상에 육각추형상의 돌기(2)를 형성했다. 돌기(2)의 높이는 1 μm이고, 폭 2 μm이다. 이 돌기(2)를, a축 방향과 평행하게 50 μm 주기로 나열된 육각형상 배치로 했다. 또, a축(Z방향)과 X방향의 각도는 60°이다.
- [0080] 돌기(2)를 형성한 종결정 기판(1)을 이용하여 플럭스법에 의해 질화갈륨 결정층(4)을 형성했다. Na, Ga를 도가니에 넣고, 850℃, 4.0 MPa(질소 분위기)로 20시간 유지하여, 결정층(4)을 육성했다. Na:Ga=40 g:30 g이다. 반응후, 실온까지 냉각시키고, 플럭스를 에탄올로 화학 반응 제거하여, 성장 두께 90 μm의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 표면에는 보이드는 발생하지 않았다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정 한 결과, 평균 $7 \sim 9 \times 10^5 / \text{cm}^2$ 였다.
- [0081] (실시예 2)
- [0082] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기판(1)에 형성하는 돌기(2)의 주기를 a축 방향으로 10 μm 주기로 했다. 그 결과, 성장 두께 90 μm의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 표면에는 보이드는 발생 하지 않았다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정한 결과, 평균 $3 \sim 4 \times 10^5 / \text{cm}^2$ 였다.
- [0083] (실시예 3)
- [0084] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기판(1)에 형성하는 돌기(2)의 주기를 a축 방향으

로 30 μm 주기로 했다. 그 결과, 성장 두께 85 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 표면에는 보이드는 발생하지 않았다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $7\sim 9\times 10^5/\text{cm}^2$ 였다.

[0085] (실시예 4)

[0086] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)에 형성하는 돌기(2)를 높이 3 μm , 폭 8 μm 로 했다. 그 결과, 성장 두께 95 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 표면에는 보이드는 발생하지 않았다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $6\sim 8\times 10^5/\text{cm}^2$ 였다.

[0087] (실시예 5)

[0088] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)에 형성하는 돌기(2)를 절두육각추로 했다. 절두육각추는, 높이 1 μm , 머리폭 1.5 μm , 바닥폭 3.0 μm 로 하고, 주기를 a축 방향으로 50 μm 주기로 했다. 그 결과, 성장 두께 80 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 표면에는 보이드는 발생하지 않았다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $8\sim 9\times 10^5/\text{cm}^2$ 였다.

[0089] (비교예 1)

[0090] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)에 돌기(2)를 형성하지 않고, 기관의 육성면을 평탄하게 했다. 그 결과, 성장 두께 92 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 표면에는 보이드는 발생하지 않았다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $2\times 10^5\sim 5\times 10^7/\text{cm}^2$ 였다.

[0091] (비교예 2)

[0092] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)의 표면에 돌기(2)를 형성하지 않고, 그 대신에, 질화갈륨 결정의 자립 기판을, 250 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열한 인산과 황산의 혼합액에 약 2시간 침지하여 웨트 에칭함으로써, 육성면에 랜덤한 요철을 형성했다.

[0093] 그 결과, 인클루전을 포함하면서도, 성장 두께 78 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 성장부가 남도록 표면을 연마한 결과, 웨트 에칭에 의해 폭 300 마이크로미터 이상과 같이 특히 크게 개방된 피트 감소 상부가 타부보다도 크게 움푹 패어 있기 때문에 메워지지 않은 곳이 발생했다. CL에 의해 성장부의 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $7\times 10^6\sim 9\times 10^6/\text{cm}^2$ 였다.

[0094] (비교예 3)

[0095] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)의 표면에 돌기(2)를 형성하지 않았다. 그 대신에, 질화갈륨 결정의 자립 기판을, 포토리소그래피에 의해 SiO₂ 마스크 패턴을 비성장부 500 마이크로미터로 한 주기 700 마이크로미터의 홈형상 스트라이프를 형성했다.

[0096] 그 결과, 성장 두께 92 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 그러나, 스트라이프 방향의 종부(種部) 위로부터 가로 방향으로 결정 성장하여 과성장(overgrowth)이 일어나기 시작하지만, 홈부를 매립할 수 없었다. 연마를 실시하고, 성장부에 대하여 CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $6\times 10^6\sim 8\times 10^6/\text{cm}^2$ 였다.

[0097] (실시예 6)

[0098] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)에 형성하는 돌기(2)를 높이 7 μm , 폭 18 μm 로 하고, 주기를 a축 방향으로 50 μm 주기로 했다. 그 결과, 성장 두께 110 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 결정 내부에 미세한 인클루전을 포함하고 있지만, 연마한 결과, 평균 $9\times 10^5\sim 1\times 10^6/\text{cm}^2$ 였다.

[0099] (실시예 7)

[0100] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)에 형성하는 돌기(2)의 주기를 a축 방향으로 200 μm 주기로 했다. 그 결과, 성장 두께 90 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정된 결과, 평균 $5\times 10^5\sim 2\times 10^6/\text{cm}^2$ 였다.

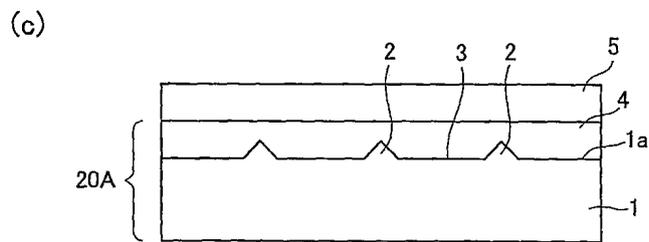
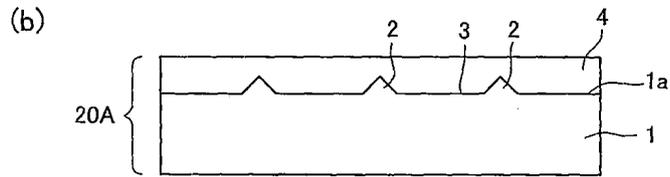
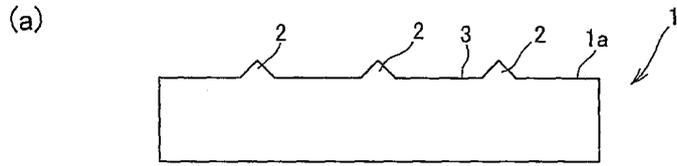
[0101] (실시예 8)

[0102] 실시예 1과 동일하게 하여 복합 기판을 제조했다. 단, 종결정 기관(1)에 형성하는 돌기(2)를 절두육각추로

했다. 절두육각추는 높이 1 μm , 머리폭 27 μm , 바닥폭 29 μm 로 하고, 주기를 a축 방향으로 50 μm 주기로 했다. 그 결과, 성장 두께 80 μm 의 무색 투명 결정(4)을 얻었다. 연마를 실시하고, CL에 의해 전위 밀도의 면내 분포를 측정한 결과, 평균 $8 \times 10^5 \sim 2 \times 10^6 / \text{cm}^2$ 였다.

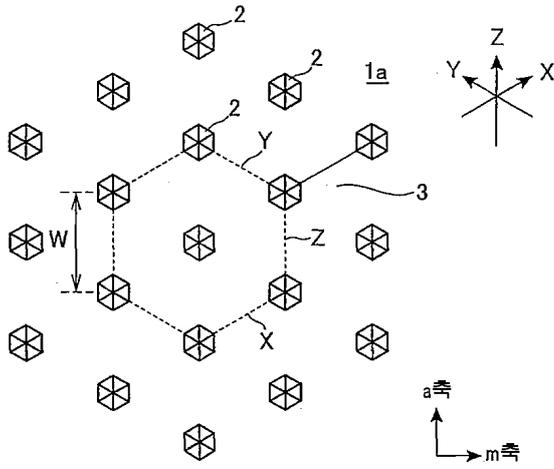
도면

도면1

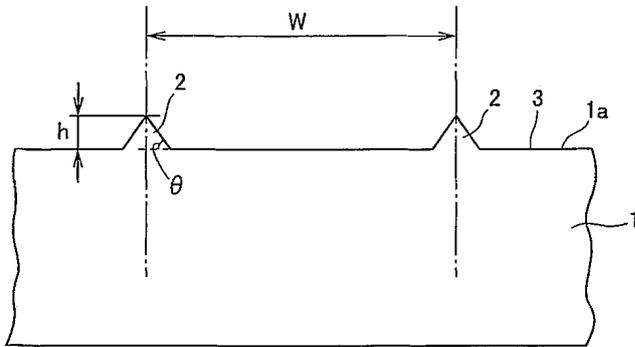


도면2

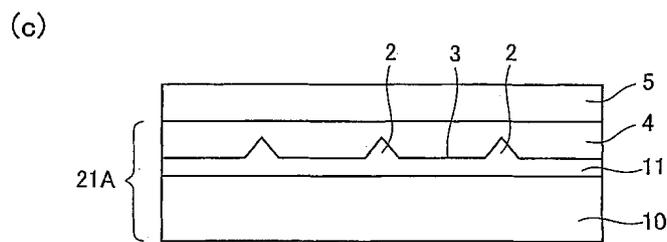
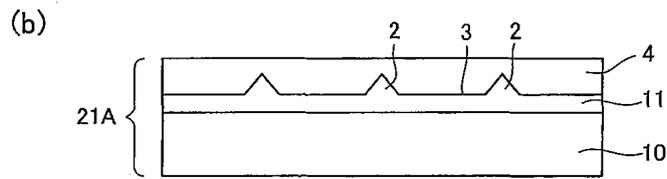
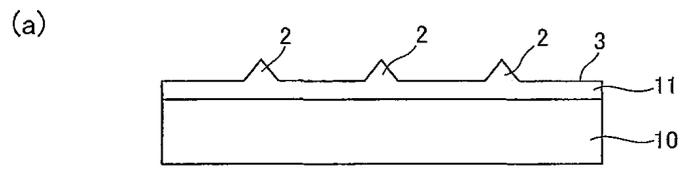
(a)



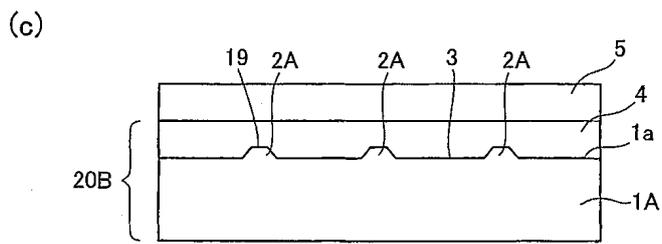
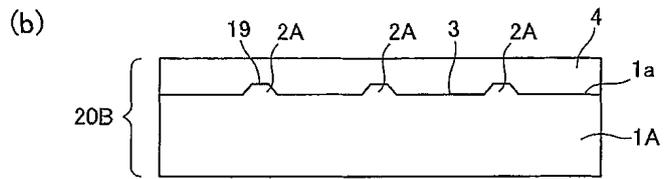
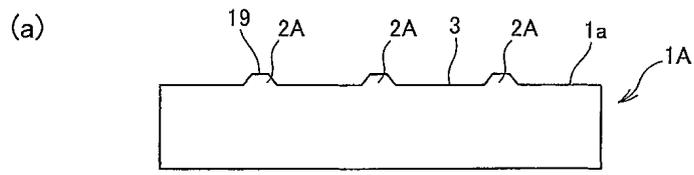
(b)



도면3

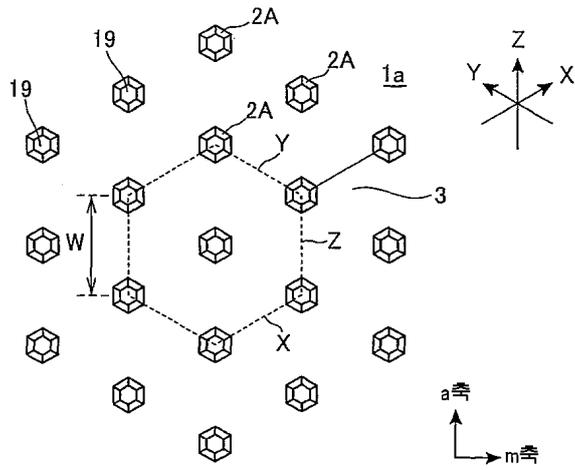


도면4

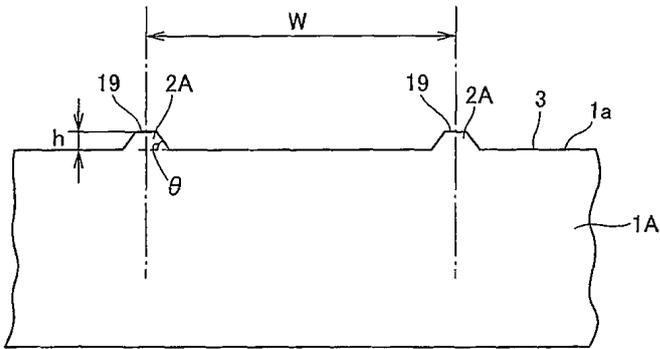


도면5

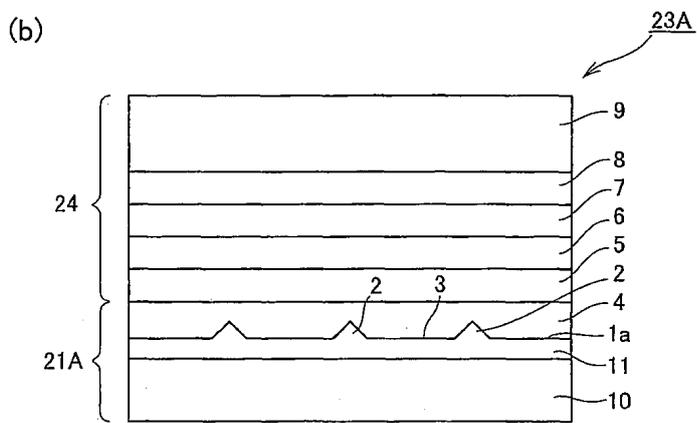
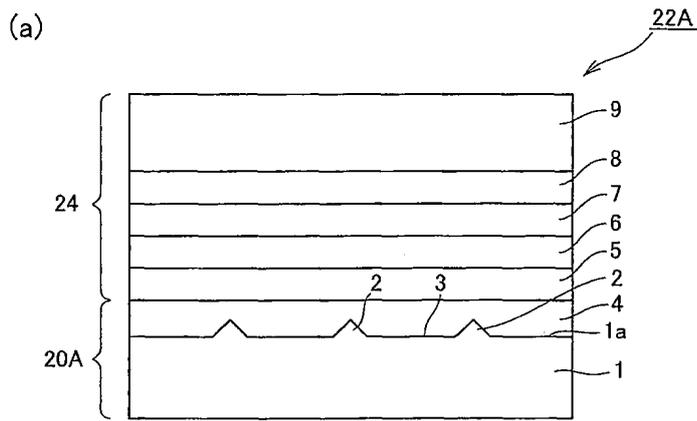
(a)



(b)



도면6



도면7

