



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년08월06일
(11) 등록번호 10-0850754
(24) 등록일자 2008년07월31일

(51) Int. Cl.

H05B 33/14 (2006.01) H05B 33/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-7018929

(22) 출원일자 2006년09월15일

심사청구일자 2007년04월18일

번역문제출일자 2006년09월15일

(65) 공개번호 10-2006-0135816

(43) 공개일자 2006년12월29일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2005/002162

국제출원일자 2005년02월14일

(87) 국제공개번호 WO 2005/079119

국제공개일자 2005년08월25일

(30) 우선권주장

JP-P-2004-00038951 2004년02월16일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP10162959 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 양성지

(54) 발광형 트랜지스터

(57) 요약

본 발명은, 스위칭기능을 가지는 발광소자인 발광형 트랜지스터(LEFET)로서, 충분한 발광강도를 얻을 수 있고, 보다 발광효율이 높은 것을 제공하기 위해 이루어졌다.

드레인 전극(25)의 재료에 알루미늄을, 소스 전극(24)의 재료에 금을 이용한다. 소스 전극(24)-드레인 전극(25) 사이에 전압을 인가함으로써, 소스 전극(24)으로부터 정공(正孔)이, 드레인 전극(25)으로부터 전자가, 각각 발광체층(26)에 주입된다. 정공과 전자가 재결합하여, 발광체층(26)이 발광한다. 발광의 ON/OFF는 게이트 전압의 ON/OFF에 의해 제어된다. 종래는 드레인 전극에도 금을 이용한 것에 대해서, 본 발명에서는 금보다도 일 함수(work function)가 작은 알루미늄을 이용함으로써, 보다 낮은 전압으로 보다 많은 전자를 발광체층(26)에 주입할 수 있다. 그로 인해, 발광강도 및 발광효율이 향상된다.

(56) 선행기술조사문헌

JP06283622 A

JP2003282884 A

JP2001189527 A

JP05167195 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 표면에 SiO₂로 이루어지는 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 SiO₂로 이루어지는 절연막 상에 직접 형성된 전자(電子) 주입재료인 알루미늄으로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공(正孔) 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광채층을 가지는 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 2

- (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자(電子) 주입재료로 이루어지는 층(層)과 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공(正孔) 주입재료로 이루어지는 층(層)을 적층하여 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 상기 전자 주입재료와 동일 재료로 이루어지는 층과 상기 정공 주입재료와 동일 재료로 이루어지는 층을 상기 제1 소스·드레인 전극과 동일 순서로 적층하여 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기(有機)반도체로 이루어지는 발광채층을 가지는 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 3

- (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수(work function)가 4.26eV 이하인 전자(電子) 주입재료로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공(正孔) 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광채층을 가지며,
- (e) 상기 제2 소스·드레인 전극이, 상기 전자 주입재료로 이루어지는 집착 기층(基層)을 상기 정공 주입재료로 덮어서 이루어지는 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 4

- (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수(work function)가 4.26eV 이하인 전자(電子) 주입재료로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공(正孔) 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광채층을 가지며,
- (e) 상기 제1 소스·드레인 전극이, 상기 정공 주입재료로 이루어지는 집착 기층을 상기 전자 주입재료로 덮어서 이루어지는 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 5

청구항 2 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전자 주입재료가 알루미늄, 마그네슘, 칼슘, 혹은 마그네슘-은 합금 중 하나 또는 그들의 조합인 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 정공 주입재료가 금, 백금, 인듐 주석 산화물, 크롬 혹은 니켈 중 하나 또는 그들의 조합인 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 발광체층이, 제1 소스·드레인 전극에 접하는 영역과 제2 소스·드레인 전극에 접하는 영역에 각각 다른 재료로 이루어지는 발광체를 형성한 것이고, 제1 소스·드레인 전극 측이 전자 수송재료, 제2 소스·드레인 전극 측이 정공 수송재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 절연막의 두께가 상기 발광체층 발광과장의 간섭조건을 만족시키는 두께인 것을 특징으로 하는 발광형 트랜지스터.

청구항 9

- (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층과,
- (e) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이에 마련된, 상기 발광체층에 있어서 발광하는 광을 회절(回折)하는 회절격자를 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 광원.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 회절격자가 제1 소스·드레인 전극과 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 게이트 전극 상에 형성된 것인 것을 특징으로 하는 레이저 광원.

청구항 11

- (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지는 빗살형(comb-shaped)의 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료로 이루어지는 빗살형 전극으로서, 상기 절연막 상에, 이 전극의 빗살(comb-teeth)과 상기 제1 소스·드레인 전극의 빗살을 서로 맞물리게 하여 이들의 빗살에 의해 회절격자를 형성하도록 배치된 제2 소스·드레인 전극과,

(d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층을 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 광원.

청구항 12

- (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다 큰 정공 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층과,
- (e) 상기 발광체층으로부터 외부로의 광로 상에 마련된, 상기 발광체층의 발광파장대 중 소정 파장의 광이 간섭하는 유전체 다층막을 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 광원.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은, 전계효과 트랜지스터와 발광소자의 기능을 겸비하는 발광(發光)형 트랜지스터 및 이를 이용한 레이저 광원에 관한 것이다.

배경기술

<2> 디스플레이 등에 이용되는 발광소자로서, 유기물을 발광체층에 이용한 유기발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode: OLED)가 실용화되어 있다. OLED를 이용함으로써, 잉크젯법 등의 간단한 방법으로 제조할 수 있고, 대면적(大面積)이면서 또한 플렉시블하고, 액정 디스플레이보다도 고휘도이면서 또한 전력 절약적인 디스플레이를 얻을 수 있다.

<3> 또한, 이러한 디스플레이 OLED를 제어하는 스위칭 소자 하나로, 유기물을 채널층에 이용한 유기 전계효과 트랜지스터(Organic Field Effect Transistor: OFET)가 있다. 그러나, OLED와 OFET를 조합한 디스플레이를 제조하려고 하면, 제조 프로세스가 복잡해진다.

<4> 그래서, OLED와 OFET의 기능을 겸비한 소자인 발광형 트랜지스터(Light Emitting Field Effect Transistor: LEFET)가 검토되고 있다. LEFET는, 그 자체가 발광하며, 그 발광의 ON/OFF를 게이트 전압의 ON/OFF에 의해 제어할 수 있는 것이다. 이러한 소자를 디스플레이에 이용함으로써, 1개의 소자로 발광과 그 제어를 함께 행할 수 있으므로, 상기한 바와 같이 OLED와 OFET라고 하는 2개의 소자를 조합하여 이용할 필요가 없어진다. 따라서, 디스플레이의 구조나 제조 프로세스를 간소화할 수 있어, 제조 코스트를 삭감할 수 있다. 또한, 소자를 보다 고밀도로 배치할 수 있으며, 그에 따라 화상의 해상도를 높게 할 수 있다.

<5> 비특허문헌 1 및 비특허문헌 2에는 모두, LEFET의 일례에 대해서 기재되어 있다. 이들 문헌에 제시된 LEFET의 구성에 대해서, 그 단면도인 도 1을 이용해서 설명한다. 게이트 전극(11) 상에 절연막(12)이 적층되고, 절연막(12) 상에 제1 소스·드레인 전극(14) 및 제2 소스·드레인 전극(15)이 배치된다. 제1 소스·드레인 전극(14) 및 제2 소스·드레인 전극(15)에는, 비특허문헌 1 및 비특허문헌 2의 어느 것에 있어서도 금을 이용하고 있다. 또한, 비특허문헌 2의 LEFET에서는, 제1 소스·드레인 전극(14) 및 제2 소스·드레인 전극(15)과 절연막(12)의 사이에, 이들 전극을 절연막(12)에 접착하기 위한, 크롬으로 이루어지는 접착층(131 및 132)이 개재되어 삽입된다. 절연막(12) 상에, 제1 소스·드레인 전극(14) 및 제2 소스·드레인 전극(15)에 접하도록, 유기물로 이루어지는 발광체층(16)이 배치된다. 발광체층(16)은, 비특허문헌 1의 LEFET에서는 요오드화납계 층상(層狀) 페로브스카이트 화합물인 (C₆H₅C₂H₄NH₃)₂PbI₄ 로 이루어지고, 비특허문헌 2의 LEFET에서는 테트라센(tetracene)으로 이루어진다.

<6> [비특허문헌 1] Masayuki YAHIRO, 외 2명, 「층상 페로브스카이트 자기(自己)조직화 막(膜)을 이용한 유기FET의 발광 및 전기특성」, 신학기보(信學技報), 일본국 사단법인 전자정보통신학회, 2002년, OME2002-54호, 37~41쪽

- <7> [비특허문헌 2] A. Hepp, 외 5명, 「테트라센 박막을 이용한 발광 전계효과 트랜지스터」, Physical Review Letters, (미국), 미국 물리학회, 2003년 10월 10일, 제91권, 제15호, 157406-1~157406-4쪽(A. Hepp et al., "Light-Emitting Field-Effect Transistor Based on a Tetracene Thin Film", Physical Review Letters, American Physical Society, vol.91, pp.157406-1~157406-4(2003))
- <8> 이 LEFET의 동작을 설명한다.
- <9> 우선, 도 1(a)에 나타낸 바와 같이 게이트 전극(11)에 음(negative)의 게이트 전압(V_G)을 인가한 경우에 대해서 서술한다. 제1 소스·드레인 전극(14)-제2 소스·드레인 전극(15) 사이에, 제2 소스·드레인 전극(15) 측이 양(positive)이 되는 소스-드레인 전압(V_{SD})을 인가한다. 여기서, 소스-드레인 전압(V_{SD})은, 통상의 FET보다도 높은 수십V~백수십V로 한다. 전압(V_{SD})의 인가에 의해, 제2 소스·드레인 전극(15)으로부터 발광체층(16)에 정공(正孔)이 주입된다. 이 정공은 게이트 전압(V_G)에 의해 절연막(12) 측으로 끌어당겨지면서, 제1 소스·드레인 전극(14)을 향한다. 즉, 이 예에서는 제2 소스·드레인 전극(15)이 소스 전극의 역할을, 제1 소스·드레인 전극(14)이 드레인 전극의 역할을 가진다. 한편, 제1 소스·드레인 전극(14)으로부터는, 발광체층(16)에 전자(電子)가 주입된다. 여기서 주입되는 전자의 수는, 제2 소스·드레인 전극(15)으로부터 주입되는 정공의 수보다도 적으므로, 그 양을 확보하기 위해서 상기한 바와 같이 전압(V_{SD})을 높게 하고 있다. 이렇게 해서 주입된 정공과 전자는 제1 소스·드레인 전극(14) 근방의 발광체층(16) 내에서 재결합하며, 이로써 발광체가 발광한다. 게이트 전압(V_G)의 ON/OFF에 의해, 절연막(12) 근방의 정공 농도가 크게/작게 되므로, 그에 따라 정공과 전자의 재결합의 ON/OFF, 즉 발광의 ON/OFF가 제어된다.
- <10> 다음으로, 도 1(b)에 나타낸 바와 같이 게이트 전극(11)에 양의 게이트 전압(V_G)을 인가한 경우에 대해서 서술한다. 상술한 경우와 마찬가지로 제2 소스·드레인 전극(15) 측이 양이 되는 수십V~백수십V의 소스-드레인 전압(V_{SD})을 인가하면, 제1 소스·드레인 전극(14)으로부터 발광체층(16)에 전자가 주입되고, 이 전자는 게이트 전압(V_G)에 의해 절연막(12) 측으로 끌어당겨지면서, 제2 소스·드레인 전극(15)을 향한다. 즉, 이 예에서는 제1 소스·드레인 전극(14)이 소스 전극의 역할을, 제2 소스·드레인 전극(15)이 드레인 전극의 역할을 한다. 한편, 제2 소스·드레인 전극(15)으로부터는, 발광체층(16)에 소수의 정공이 주입된다. 이들 정공과 전자는 제2 소스·드레인 전극(15) 근방의 발광체층(16) 내에서 재결합하고, 이로써 발광체가 발광한다.
- <11> 발광체층(16)에 정공의 수송 능력이 높은 재료를 이용하는 경우에는 도 1(a)와 같이 음의 게이트 전압(V_G)을, 전자의 수송 능력이 높은 재료를 이용하는 경우에는 도 1(b)와 같이 양의 게이트 전압(V_G)을, 각각 인가하면 된다.

발명의 상세한 설명

- <12> <발명의 개시>
- <13> <발명이 해결하고자 하는 과제>
- <14> 상기한 바와 같이, LEFET에서는 소스 전극으로부터 주입되는 캐리어와는 역특성(逆特性)의 캐리어를 드레인 전극으로부터 발광체층에 주입하기 위해서, 통상의 FET보다도 높은 소스-드레인 간 전압을 인가하고 있다. 그런데도, 종래의 LEFET에서는, 소스 전극으로부터의 캐리어 주입량에 비해서 드레인 전극으로부터의 캐리어 주입량이 불충분하므로, 발광강도가 불충분하다. 또한, 이와 같은 고전압이 인가되는 것에 더하여, 드레인 전극으로부터의 캐리어와 재결합하지 않는 소스 전극으로부터의 캐리어에 의한 버려지는 전류가 크기 때문에, 소비전력이 크고, 발광효율도 낮다.
- <15> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 충분한 발광강도를 얻을 수 있고, 보다 소비전력이 작고 발광효율이 높은 발광형 트랜지스터를 제공하는 것이다. 아울러, 이 발광형 트랜지스터를 이용한 레이저 광원을 제공한다.
- <16> <과제를 해결하기 위한 수단>
- <17> 상기 과제를 해결하기 위해서 이루어진 본 발명에 관련된 발광형 트랜지스터는,
- <18> (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- <19> (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수(work function)가 4.26eV 이하인 전자(電子) 주입재료를 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,

- <20> (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공(正孔) 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- <21> (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층을 가지는 것을 특징으로 한다.
- <22> 본 발명에 관련된 레이저 광원의 제1 형태의 것은,
- <23> (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- <24> (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- <25> (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- <26> (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층과,
- <27> (e) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이에 마련된, 상기 발광체층에 있어서 발광하는 광을 회절(回折)하는 회절격자를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- <28> 본 발명에 관련된 레이저 광원의 제2 형태의 것은,
- <29> (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- <30> (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지는 빗살형(comb-shaped)의 제1 소스·드레인 전극과,
- <31> (c) 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료로 이루어지는 빗살형 전극으로서, 상기 절연막 상에, 이 전극의 빗살(comb-teeth)과 상기 드레인 전극의 빗살을 서로 맞물리게 하여 이들의 빗살에 의해 회절격자를 형성하도록 배치된 제2 소스·드레인 전극과,
- <32> (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층을 구비하는 것을 특징으로 한다.
- <33> 본 발명에 관련된 레이저 광원의 제3 형태의 것은,
- <34> (a) 표면에 절연막이 형성된 게이트 전극과,
- <35> (b) 상기 절연막 상에 배치되고, 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지는 제1 소스·드레인 전극과,
- <36> (c) 동일하게 상기 절연막 상에 상기 제1 소스·드레인 전극으로부터 이격되어 배치되고, 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료로 이루어지는 제2 소스·드레인 전극과,
- <37> (d) 상기 제1 소스·드레인 전극과 상기 제2 소스·드레인 전극 사이의 상기 절연막 상에 마련된, 유기반도체로 이루어지는 발광체층과,
- <38> (e) 상기 발광체층으로부터 외부로의 광로 상에 마련된, 상기 발광체층의 발광파장대 중 소정 파장의 광이 간섭하는 유전체 다층막을 구비하는 것을 특징으로 한다.

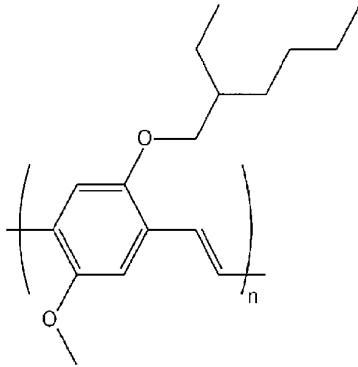
실시예

- <68> <발명의 실시예 및 효과>
- <69> 상기한 바와 같이, 종래의 LEFET에는 드레인 전극으로부터 발광체층에 충분한 수의 캐리어를 공급할 수 없다는 문제점이 있기 때문에, 본원 발명자는 제1 소스·드레인 전극 및 제2 소스·드레인 전극의 재료의 일 함수(work function)에 착안하였다. 일 함수는 금속의 페르미 준위(Fermi level)와 진공 준위(vacuum level)의 차(差)에 의해 정의되며, 금속으로부터 외부로의 전자의 방출은 일 함수의 값이 작을수록 용이해지고, 정공(正孔)의 방출은 일 함수의 값이 클수록 용이해진다.
- <70> 우선, 제2 소스·드레인 전극이 소스 전극이 되고, 소스 전극으로부터 발광체층에 정공이 주입되는 경우에 대해

서 설명한다.

- <71> 이 경우에는, 상술한 바와 같이 드레인 전극(제1 소스·드레인 전극)으로부터 발광체층에 전자가 주입된다. 이 드레인 전극의 재료에 일 함수가 작은 금속이 이용됨으로써, 드레인 전극으로부터 발광체층으로의 전자의 공급량을 증가시킬 수 있고, 그에 따라 발광강도 및 발광효율을 높일 수 있다. 그리고, 본원 발명자는, 종래의 금(일 함수는 5.31eV~5.46eV) 전극 대신에, 적어도 표면의 일부에 알루미늄(일 함수는 4.06~4.26eV)을 가지는 전극을 이용하면 발광강도 및 발광효율을 높일 수 있다는 것을, 실험에 의해 명확히 하였다. 따라서, 본 발명에서는, 알루미늄 또는 그것보다도 일 함수가 작은 재료, 즉 일 함수가 4.26eV 이하인 재료를 드레인 전극에 이용한다. 그러한 재료에는, 알루미늄 이외에 마그네슘, 칼슘, 마그네슘-은 합금 등이 있다.
- <72> 드레인 전극은 전자 주입재료가 발광체층에 접해만 있으면, 그곳으로부터 발광체층으로의 전자의 공급량을 증가시킬 수 있다. 따라서, 드레인 전극은 전자 주입재료만으로 이루어지는 것에는 한정되지 않으며, 전자 주입재료와 다른 재료를 조합한 것으로 구성해도 좋다. 예컨대, 전자 주입재료와 다른 재료가 적층한 것이나, 다른 재료의 표면에 전자 주입재료를 피복한 것 등을 이용할 수 있다. 또한, 복수 종류의 전자 주입재료를 조합해서 이용해도 좋다.
- <73> 한편, 소스 전극은, 정공을 발광체층에 효율적으로 주입하기 위해서, 일 함수가 큰 재료로 구성한다. 그로 인해, 이 재료(정공 주입재료)에는 일 함수가 알루미늄보다도 큰, 즉 4.26eV보다도 큰 것을 이용한다. 종래의 LEFET에서 이용되고 있는 금 전극은 본 발명의 LEFET의 소스 전극에 적합하게 이용할 수 있다. 또한, 예컨대 백금, 인듐 주석 산화물(ITO), 크롬, 니켈 등도 정공 주입재료에 적합하게 이용할 수 있다. 또한, 드레인 전극의 경우와 마찬가지로, 정공 주입재료와 다른 재료를 조합한 것으로 소스 전극을 구성해도 좋다.
- <74> 다음으로, 제1 소스·드레인 전극이 소스 전극이 되고, 소스 전극으로부터 발광체층에 전자가 주입되는 경우에 대해서 설명한다. 이 경우에는, 드레인 전극(제2 소스·드레인 전극)의 재료에 일 함수가 큰 금속을 이용함으로써, 드레인 전극으로부터 발광체층으로의 정공의 공급량을 증가시킬 수 있고, 그에 따라 발광강도 및 발광효율을 높일 수 있다. 이 경우에는, 드레인 전극의 재료에는 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료를, 소스 전극에는 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료를, 각각 이용하면 좋다.
- <75> 상술한 바와 같이, 소스 전극으로부터 발광체층에 정공이 주입되는 경우, 전자가 주입되는 경우 모두, 소스 전극과 드레인 전극의 어느 한쪽은 일 함수가 4.26eV 이하인 전자 주입재료로 이루어지고, 다른쪽은 일 함수가 4.26eV보다도 큰 정공 주입재료로 이루어진다. 즉, 어느 경우도 공통의 구성을 가진다. 본원에서는 상기 전자 주입재료로 이루어지는 전극을 제1 소스·드레인 전극, 상기 정공 주입재료로 이루어지는 전극을 제2 소스·드레인 전극이라고 부른다.
- <76> 제1 소스·드레인 전극 및 제2 소스·드레인 전극을, 각각, 상기 전자 주입재료와 상기 정공 주입재료를 같은 순서로 적층한 구성으로 할 수 있다. 이로써, 양(兩) 전극을 동시에 제작할 수 있으므로, 제조공정을 간소화할 수 있다. 이 경우, 제1 소스·드레인 전극에서는 주로 전자 주입재료가 전자의 주입에 기여하고, 제2 소스·드레인 전극에서는 주로 정공 주입재료가 정공의 주입에 기여한다. 또한, 적층의 순서는 상관없지만, 전극을 절연막 상에 집착하는 경우에는, 이 절연막과의 집착성이 좋은 쪽의 재료를 하층으로 하는 것이 바람직하다.
- <77> 또한, 정공 주입재료보다도 전자 주입재료 쪽이 절연막과의 집착성이 좋은 경우에는, 제2 소스·드레인 전극이 상기 전자 주입재료로 이루어지는 집착 기층(基層)을 상기 정공 주입재료로 덮어서 이루어지는 것이어도 좋다. 이 경우, 제1 소스·드레인 전극, 제2 소스·드레인 전극 모두, 전자 주입재료에 의해 절연막에 집착되므로, 집착성이 좋다. 또한, 제2 소스·드레인 전극의 집착 기층(基層)과 제1 소스·드레인 전극을 동시에 작성할 수 있으므로, 제조공정을 간소화할 수 있다. 마찬가지로, 전자 주입재료보다도 정공 주입재료 쪽이 절연막과의 집착성이 좋은 경우에는, 제1 소스·드레인 전극이 상기 정공 주입재료로 이루어지는 집착 기층을 상기 전자 주입재료로 덮어서 이루어지는 것이어도 좋다.
- <78> 게이트 전극 및 절연막에는, 종래의 LEFET와 마찬가지로의 것을 이용할 수 있다. 예컨대, 통상의 실리콘 반도체보다도 불순물의 도핑량을 늘려서 전기저항을 낮춘 n형 실리콘을 게이트 전극으로서 이용하고, 그 표면을 산화처리해서 형성한 산화막을 절연막으로서 이용할 수 있다. 또한, 발광체층의 유기반도체에도, 종래의 LEFET, OFET 혹은 OLED와 마찬가지로의 것을 이용할 수 있다. 예컨대, 주황색의 발광을 얻는 경우에는, 화학식 1로 표현되는 poly(2-methoxy, 5-(2'-ethyl-hexoxy)-1, 4-phenylenevinylene)(약칭: MEH-PPV)을 적합하게 이용할 수 있다. 또한, 비특허문헌 1 및 비특허문헌 2에 기재된 $(C_6H_2C_2H_4NH_2)_2PbI_4$ 나 테트라센 등도 이용할 수 있다.

화학식 1



<79>

<80> 본 발명의 LEFET의 동작은, 기본적으로는 종래의 LEFET의 동작과 마찬가지로이다. 소스 전극으로부터 발광체층에 정공이 주입되는 경우에는, 게이트 전극으로 음(negative)의 게이트 전압을 인가하면서 소스 전극-드레인 전극 간에 전압을 인가함으로써, 소스 전극(제2 소스·드레인 전극)으로부터 발광체층에 정공이 주입됨과 함께, 드레인 전극(제1 소스·드레인 전극)으로부터 발광체층에 전자가 주입된다. 발광체층 속의 정공은 게이트 전압에 의해 게이트 전극 측으로 끌어당겨지면서, 소스-드레인 간 전압에 의하여 드레인 전극 측으로 이동하고, 드레인 전극 근방에서 전자와 재결합한다. 이로써 발광체가 발광한다. 게이트 전압을 ON/OFF 함으로써, 절연막 근방의 정공 농도가 변화되어, 그에 따라 발광의 ON/OFF가 제어된다.

<81> 소스 전극으로부터 발광체층에 전자가 주입되는 경우에는, 게이트 전극으로부터 양(positive)의 게이트 전압을 인가하면서 소스 전극-드레인 전극 간에 전압을 인가함으로써, 소스 전극(제1 소스·드레인 전극)으로부터 발광체층에 전자가 주입됨과 함께, 드레인 전극(제2 소스·드레인 전극)으로부터 발광체층에 정공이 주입된다. 상기와 마찬가지로 이들 정공과 전자가 재결합함으로써 발광체가 발광한다. 발광의 ON/OFF제어도 상기와 마찬가지로이다.

<82> 본 발명의 드레인 전극은, 소스 전극으로부터 발광층에 주입되는 캐리어와는 역극성(逆極性)의 캐리어를, 종래의 LEFET보다도 용이하게 주입할 수 있으므로, 종래와 같은 정도의 소스-드레인 간 전압을 인가하면, 종래보다도 발광강도를 크게 할 수 있다. 종래 같은 정도의 발광강도를 얻는 경우에는, 종래보다도 소스-드레인 간 전압을 낮게 할 수 있다. 또한, 소스-드레인 간 전압을 적절하게 설정하면, 이들 2개의 효과를 동시에 얻을 수 있다. 더욱이, 소스 전극으로부터 발광층에 주입되어 발광에 기여하지 않는 캐리어의 수가 감소하므로, 발광효율을 높게 할 수 있다.

<83> 다만, 제1 소스·드레인 전극 및 제2 소스·드레인 전극은 절연막에 접해 있을 필요는 없고, 예컨대 이들의 전극과 절연막 사이에도 발광체층이 존재하고 있어도 상관없다. 그러나, 상기한 바와 같이 캐리어를 게이트 전극 측에 끌어당기기 쉽게 하기 위해서, 제1 소스·드레인 전극 및 제2 소스·드레인 전극은 절연막에 접해 있는 것이 바람직하다.

<84> 발광체층은 2종류 이상의 재료로 형성할 수도 있다. 예컨대, 발광체층 중 제1 소스·드레인 전극에 접하는 영역을 전자 수송재료로, 제2 소스·드레인 전극에 접하는 영역을 정공 수송재료로 형성해도 좋다. 이 경우, 제1 소스·드레인 전극으로부터 발광체층에 주입되는 전자 및 제2 소스·드레인 전극으로부터 발광체층에 주입되는 정공의 수송효율이 모두 향상된다. 또한, 이 구성에 의하면, 게이트 전극에 음(negative)의 전압을 인가하면, 정공이 제2 소스·드레인 전극으로부터 발광체층에 주입되어, 게이트 전극에 끌어당겨지면서 제1 소스·드레인 전극을 향해서 이동하고, 제1 소스·드레인 전극의 근방, 즉 전자 수송재료 중에서, 제1 소스·드레인 전극으로부터 공급되는 전자와 재결합해서 발광한다. 제1 소스·드레인 전극으로부터 공급되는 전자는 음(negative)의 게이트 전압에 의해 게이트 전극으로부터 멀어지므로, 제1 소스·드레인 전극 근방 이외에서는 재결합은 생기지 않는다. 그에 반하여, 게이트 전극에 양(positive)의 전압을 인가하면, 전자가 제1 소스·드레인 전극으로부터 발광체층에 주입되어, 게이트 전극 측에 끌어당겨지면서 제2 소스·드레인 전극을 향해서 이동하고, 제2 소스·드레인 전극의 근방, 즉 정공 수송재료 중에서 발광한다. 따라서, 정공 수송재료와 전자 수송재료의 발광파장이 다르면, 이 구성의 LEFET는, 게이트 전극의 양음을 바꿈으로써, 다른 파장의 광을 발광할 수 있다.

- <85> 다음으로, 본 발명의 레이저 광원에 대해서 설명한다.
- <86> 여기까지 서술한 본 발명의 LEFET에서는, 상기 구성에 의해 발광체층에 캐리어를 효율적으로 공급하고, 또한 게이트 전압을 인가함으로써, 절연막 근방에 있어서의 캐리어 밀도를 높게 할 수 있다. 이러한 높은 캐리어 밀도 하에서는, 기저(基底)상태에 있는 캐리어보다도 여기(勵起)상태에 있는 캐리어 쪽이 많은 반전분포(反轉分布)의 상태를 실현할 수 있다. 이 반전분포 상태에 있어서 발광한 광을 더욱 공진 또는 간섭시킴으로써, 레이저 발광을 실현할 수 있다. 또한, 게이트 전압의 ON/OFF에 의해 레이저 발광을 ON/OFF 할 수 있다. 분포 귀환(DFB: distributed feedback)형 레이저 광원으로서, 회절격자를 이용한 것이 알려져 있다. 본 발명에 있어서는, 이 DFB를 LEFET에 적용했다.
- <87> 제1 형태의 레이저 광원에서는, 제1 소스·드레인 전극과 제2 소스·드레인 전극 사이에 그들과는 별개인 회절격자를 마련함으로써, 상기 간섭을 발생시키고, 그에 따라 레이저 발광을 얻는다. 이 회절격자는, 에컨대 절연막의 표면에 격자 형상의 요철을 형성함으로써 마련할 수 있다. 또한, 절연막과는 별개인 회절격자를 절연막 상에 올려놓아도 좋다.
- <88> 제2 형태의 레이저 광원에서는, 많은 FET에서 이용되는 빗살형(comb-shaped) 전극에 의해 회절격자를 형성한다. 제1 소스·드레인 전극의 빗살(comb-teeth)과 제2 소스·드레인 전극의 빗살을 맞물리도록 배치하고, 이들 빗살을 등간격으로 하면, 그들로부터 회절격자가 형성된다. 이로써, 별도 회절격자의 부재를 마련하지 않고, 레이저 광원을 형성할 수 있다.
- <89> 제3 형태의 레이저 광원에서는, 발광체층에 있어서 발광한 광이 외부에 출사될 때까지 사이의 광로 상에 유전체 다층막을 마련한다. 유전체 다층막은 그것을 구성하는 재료나 층의 두께에 따라 정해지는 파장의 광을 간섭에 의해 강화시킬 수 있다. 이 유전체 다층막의 간섭파장과 발광체층의 발광파장을 일치시킴으로써, 발광체층에 있어서 발광한 광이 유전체 다층막에 있어서 간섭에 의해 강화되어, 그에 따라 레이저 발진을 얻을 수 있다.
- <90> <실시에>
- <91> 본 발명에 관련된 발광형 트랜지스터의 제1 실시예를, 도 2를 이용해서 설명한다. 게이트 전극(21)에는 저(低)저항 n형 실리콘 기판을 이용한다. 이 기판의 한쪽 표면에 SiO₂산화막으로 이루어지는 절연막(22)을 형성한다. 절연막(22) 상에, 종래의 LEFET와 마찬가지로, 크롬으로 이루어지는 접착층(23)을 사이에 두고, 금으로 이루어지는 소스 전극(제2 소스·드레인 전극)(24)을 배치한다. 그리고, 절연막(22) 상에, 소스 전극(24)으로부터 소정의 채널 길이만큼 이격하여, 알루미늄으로 이루어지는 드레인 전극(제1 소스·드레인 전극)(25)을 배치한다. 알루미늄은 SiO₂와의 접착성이 좋으므로, 이 드레인 전극(25)은 절연막(22) 상에 직접 형성할 수 있다. 절연막(22) 상에, 소스 전극(24) 및 드레인 전극(25)을 덮도록 하여, 유기물로 이루어지는 발광체층(26)을 배치한다. 본 실시예에서 이용한 유기물은, 상기 MEH-PPV이다.
- <92> 도 3을 이용하여, 제1 실시예의 LEFET의 제조방법을 설명한다. 저저항 n형 실리콘 기판(21)을 산소분위기 속에서 가열하여, 표면에 SiO₂산화막(22)을 형성한다(a). 다음으로, SiO₂산화막(22) 상에, 스피닝(spinner)에 의해 레지스트(271)를 도포한 후, 소스 전극의 형상에 따른 마스크(281)에 의해 레지스트(271)의 표면을 덮고, 소스 전극의 패턴을 레지스트에 전사한다(b). 그리고, 크롬, 금의 순서대로 증착함으로써, 접착층(23) 및 소스 전극(24)을 형성한다(c). 레지스트(271)를 제거한 후, 절연막 및 소스 전극 상에 새로운 레지스트(272)를 도포하고, 드레인 전극용 마스크(282)에 의해 레지스트 표면을 덮어 드레인 전극의 패턴을 전사한다(d). 이 때, 마스크에 위치맞춤을 위한 가이드를 마련해 놓음으로써, 소정의 위치에 드레인 전극의 패턴을 형성할 수 있다. 다음으로, 알루미늄을 증착해서 드레인 전극(25)을 형성한다(e). 레지스트를 제거 후, 캐스트법에 의해 발광체층(26)을 형성하여, 제1 실시예의 LEFET가 완성된다(f).
- <93> 제1 실시예의 LEFET의 동작을 설명한다. 게이트 전극(21)에 음(negative)의 게이트 전압(V_g)을 인가하면서, 소스 전극(24)과 드레인 전극(25) 사이에 소스-드레인 간 전압(V_{SD})을 인가한다. 이로써, 소스 전극(24)으로부터 정공이, 드레인 전극(25)으로부터 전자가, 각각 발광체층(26)에 주입된다. 발광체층(26)에 주입된 정공과 전자는 이 층(層) 내에서 재결합하고, 이로써 발광체가 발광한다. 게이트 전압(V_g)의 ON/OFF에 의해 발광의 ON/OFF가 제어된다는 점에서는, 종래의 LEFET와 같다. 그러나, 본 실시예에서는 드레인 전극(25)의 재료에, 금보다도 일함수가 작은 알루미늄을 이용하므로, 드레인 전극(25)으로부터의 전자의 주입량이 종래의 LEFET보다도 많고, 발광강도가 증대된다. 또한, 소스 전극으로부터 주입된 정공이 전자와 재결합하는 확률이 높아지므로, 발

광효율도 향상한다.

- <94> 본 발명의 LEFET의 제2 실시예를, 도 4를 이용해서 설명한다. 본 실시예의 게이트 전극(21), 절연막(22)은 제1 실시예의 것과 마찬가지로이다. 절연막(22) 상에, 소정의 채널 길이만큼 이격해서 한 쌍의 알루미늄 박막편(311 및 312)을 마련하고, 알루미늄 박막편(311 및 312) 상에 각각 금 박막편(321 및 322)을 마련한다. 이들 알루미늄 박막편과 금 박막편을 맞춘 것이 소스 전극(34) 및 드레인 전극(35)이 된다. 상기한 바와 같이 알루미늄과 절연막(SiO₂)의 접착성이 좋으므로, 본 실시예에서는 양쪽 전극 모두에, 별도로 접착층을 마련할 필요가 없다. 발광체층(26)은 제1 실시예의 것과 마찬가지로이다.
- <95> 제2 실시예의 LEFET는, 기본적으로는 제1 실시예의 것과 마찬가지로의 포토리소그래피법에 의해 제조된다. 단, 본 실시예에서는 소스 전극과 드레인 전극이 같은 구성이므로, 1회의 레지스트 형성, 패턴 전사 및 증착(알루미늄, 금의 순서대로 행한다)에 의해, 소스 전극과 드레인 전극을 동시에 형성할 수 있다. 따라서, 제1 실시예보다도 제조공정이 단축되는 것에 더하여, 소스 전극과 드레인 전극의 위치어긋남이 생기지도 않는다.
- <96> 제2 실시예에서는, 소스 전극(24) 및 드레인 전극(25)은 같은 구조를 가지지만, 그 기능은 각각 다르다. 즉, 알루미늄의 일 함수가 금의 일 함수보다도 작으므로, 소스 전극(24)에 있어서는 금 박막편(321)이 주로 정공의 주입에 기여하고, 드레인 전극(25)에 있어서는 알루미늄 박막편(312)이 주로 전자의 주입에 기여한다고 생각된다. 이 전극의 기능을 제외하고, 제2 실시예의 LEFET의 동작은 제1 실시예의 것과 마찬가지로이다.
- <97> 본 발명의 LEFET의 제3 실시예를, 도 5를 이용해서 설명한다. 본 실시예의 게이트 전극(21), 절연막(22)은 제1 및 제2 실시예의 것과 마찬가지로이다. 소스 전극(44)은, 알루미늄 박막편(41)의 표면에 금으로 이루어지는 피복층(42)을 형성한 것이다. 드레인 전극(45)은 알루미늄으로 이루어진다. 소스 전극(44), 드레인 전극(45)은 모두 알루미늄이 절연막(22)에 접하므로, 접착성이 좋다. 다만, 제조시에는, 알루미늄 박막편(41)과 드레인 전극(45)을 동시에 제작한다. 발광체층(26)은 제1 및 제2 실시예의 것과 마찬가지로이다.
- <98> 제3 실시예의 LEFET의 동작은, 기본적으로는 제1 및 제2 실시예의 것과 마찬가지로이다. 발광체층(26)으로의 정공의 주입에는 소스 전극(44)의 피복층(42)의 금이 기여하고, 전자의 주입에는 드레인 전극(45)의 알루미늄이 기여한다.
- <99> 본 발명의 LEFET의 제4 실시예를, 도 6을 이용해서 설명한다. 본 실시예에서는, 제2 소스·드레인 전극(24)에 가까운 영역의 발광체층(26)은 정공 수송재료(26a)에 의해, 제1 소스·드레인 전극(25)에 가까운 영역의 발광체층(26)은 전자 수송재료(26b)에 의해, 각각 형성하였다. 그 이외의 구성은 도 2의 것과 마찬가지로이다. 본 실시예의 LEFET는, 게이트 전극에 음(negative)의 전압을 인가하면서 제2 소스·드레인 전극(25) 측이 양(positive)이 되는 소스-드레인 전압(V_{SD})을 인가하면, 정공이 제2 소스·드레인 전극(24)으로부터 발광체층(26)에 주입되고, 게이트 전극에 끌어당겨지면서 제1 소스·드레인 전극(25)을 향해서 이동한다. 이 정공과, 제1 소스·드레인 전극(25)으로부터 발광체층(26)에 주입되는 전자가 제1 소스·드레인 전극(25) 근방의 발광체층(26), 즉 전자 수송재료(26b) 내에 있어서 재결합하여, 발광한다(도 6(a)). 한편, 게이트 전극에 양(positive)의 전압을 인가한 경우에는, 전자가 제1 소스·드레인 전극(25)으로부터 발광체층(26)에 주입되고, 게이트 전극에 끌어당겨지면서 제2 소스·드레인 전극(24)을 향해서 이동하고, 정공 수송층(26a) 내에 있어서 정공과 재결합하여, 발광한다(도 6(b)). 이와 같이, 제4 실시예의 LEFET에 있어서는, 게이트 전극의 극성에 의해, 다른 발광재료(정공 수송재료(26a)와 전자 수송재료(26b)) 내에서 발광한다. 이로써, 발광의 파장도 게이트 전극의 극성에 의해 제어할 수 있다.
- <100> 다음으로, 본 발명의 LEFET의 특성에 대해서, 도 7 및 도 8을 이용해서 설명한다. 여기서는, 제1~제3 실시예의 LEFET, 및 도 1에 나타난 종래의 LEFET(비교예)에 대해서 수행한 특성 측정의 결과를 나타낸다. 다만, 비교예의 접착층(131 및 132)에는 크롬을 이용하고 있다. 이 비교예는, 제2 실시예의 알루미늄을 크롬으로 치환한 것이다.
- <101> 제1~제3 실시예, 비교예 중 어느 LEFET에 있어서도 주황색의 발광이 관측되었다. 도 7에, 제1 실시예의 LEFET에 있어서의 발광 스펙트럼의 측정결과를 나타낸다. 제2 및 제3 실시예의 LEFET로부터도, 강도를 제외하고 마찬가지로의 발광 스펙트럼이 얻어졌다. 발광 스펙트럼은 파장 590nm 부근에 피크를 가진다.
- <102> 단, LEFET의 발광강도는 각 실시예 및 비교예의 사이에서 크게 다르다. 도 8(a)에, 각 LEFET에 대해서, 접지된 소스 전극에 대하여 -100V의 전압을 드레인 전극에 주었을 때의 게이트 전압(V_G)과 광전류의 관계를 측정한 결과를 나타낸다. 광전류는, LEFET가 발한 광을 실리콘 포토다이오드에 입력해서 그 출력전류를 측정한 것이며,

LEFET의 발광강도를 나타내는 것이다. 이 도면에 나타난 게이트 전압(V_G)의 영역에서는, 비교예의 LEFET로부터는 거의 발광이 관측되지 않았다. 그에 반하여 제1 및 제3 실시예의 LEFET에서는, 비교예의 것과는 분명히 다르며, 게이트 전압(V_G)이 대체로 40V 이상의 영역에 있어서 발광이 관측되고, LEFET가 발광하고 있는 것이 확인되었다. 또한, 제2 실시예의 LEFET에서도 게이트 전압(V_G)이 80V 이상의 영역에 있어서 발광이 관측되고 있다.

<103> 또한, 제1~제3 실시예 모두, V_G 가 0일 때에는 광전류가 0이므로, 게이트 전압(V_G)의 ON/OFF에 의해 LEFET의 발광의 ON/OFF를 제어할 수 있다는 것을 알 수 있다.

<104> 도 8(b)에, (a)의 측정에 있어서의 소스-드레인 간 전류(I_{SD})와 광전류의 관계를 나타낸다. 비교예의 LEFET보다도 제1~제3 실시예의 LEFET 쪽이, 보다 작은 전류(I_{SD})에 의해서 보다 큰 발광강도를 얻을 수 있음과 함께, 소비전력을 억제할 수 있다.

<105> 다만, 비교예에서는, 드레인 전극의 접촉층은 발광체층에 접해 있고, 접촉층에 이용되고 있는 크롬의 일 함수의 크기는 4.5eV로서 금의 일 함수보다도 작기(단, 알루미늄의 일 함수보다는 큼) 때문에, 전자의 주입에 크롬의 층(層)이 기여하고 있다고 생각된다. 그러나, 비교예의 실험결과에 나타난 바와 같이, 드레인 전극 측에 크롬의 층을 포함하고 있어도 충분한 발광강도를 얻을 수는 없다. 이것으로부터, 전자 주입재료로서는, 크롬의 일 함수는 지나치게 큰 것이라고 생각된다.

<106> 다음으로, 본 발명의 레이저 광원의 제1 실시예를, 도 9를 이용해서 설명한다. 도 9의 (a)는 본 실시예의 레이저 광원의 상면도(단, 후술하는 발광체층(56)은 도시하고 있지 않다), (b)는 (a) 중 A-A' 사이의 단면도이다. 표면에 절연막(52)을 형성한 게이트 전극(51) 상에, 상기 제1 실시예의 LEFET와 마찬가지로 접촉층(53), 소스 전극(54), 드레인 전극(55) 및 발광체층(56)을 형성한다. 다만, 이들 각 층은 상기 제2 실시예나 제3 실시예의 LEFET의 것 등, 상기 본원발명에 관련된 LEFET와 같은 것을 이용해도 좋다. 또한, 소스 전극(54) 및 드레인 전극(55)은 모두, 서로 대략 평행하며 동시에 절연막(52)의 면내(面内) 방향으로 뻗는 막대 형상으로 형성하였다. 이들 각 층과 함께, 소스 전극(54)과 드레인 전극(55) 사이에 회절격자(57)를 마련한다. 회절격자(57)는, 절연막(52)의 면내(面内) 방향으로 소스 전극(54) 및 드레인 전극(55)에 수직한 방향으로, 막대 형상의 부재를 다수, 서로 대략 평행하게 등간격으로 마련한 것이다.

<107> 본 발명의 레이저 광원의 제2 실시예를, 도 10의 상면도 (a) 및 B-B' 사이의 단면도 (b)를 이용해서 설명한다. 본 실시예에서는, 게이트 전극(61), 절연막(62), 발광체층(66)은 제1 실시예와 마찬가지로 형성된다. 소스 전극(64) 및 드레인 전극(65)은, 모두 빗살형 형상을 가지고, 각각의 빗살이 서로 빗살 사이에 들어가 빗살끼리 서로 맞물리도록 절연막(62) 상에 배치된다. 이 때, 소스 전극(64) 및 드레인 전극(65) 각각의 빗살(641과 651)이 등간격이 되도록 한다. 이 구성에 있어서는, 빗살(641 및 651)이 회절격자가 된다. 다만, 본 실시예에서는 소스 전극(64)과 절연막(62) 사이에 접촉층(63)을 마련하고 있지만, 빗살형 전극이면, 소스 전극(64) 및 드레인 전극(65)의 구성은 상기 제2 실시예나 제3 실시예의 LEFET의 것 등이어도 좋다.

<108> 본 발명의 레이저 광원의 제3 실시예를, 도 11을 이용해서 설명한다. 표면에 절연막(72)을 형성한 게이트 전극(71) 상에, 상기 제1 실시예의 LEFET와 마찬가지로 접촉층(73), 소스 전극(74), 드레인 전극(75) 및 발광체층(76)을 형성한다. 도 11(a)에서는 발광체층(76) 상에, 도 11(b)에서는 게이트 전극(71) 아래에, 각각 유전체 다층막(77)을 마련한다. 유전체 다층막(77)으로는, 발광체층(76)에 있어서 발광하는 광의 파장에 대응하여, 그 파장의 광이 간섭하는 것을 이용한다. 도 11(b)와 같이 발광체층(76)에서 보아 게이트 전극(71) 측에 유전체 다층막(77)을 마련하는 경우에는, 게이트 전극(71) 및 절연막(72)에, 발광체층(76)에서 발광하는 광에 대하여 투명한 재료를 이용한다. 또한, 이 경우에는, 발광체층(76)에서 보아 게이트 전극(71)의 반대측에 발광을 반사하는 반사부(78)를 마련한다. 반사부(78)에는 통상의 거울이나, 상기 발광파장의 광이 간섭하여, 반사하는 유전체 다층막을 이용할 수 있다. 다만, 소스 전극(74) 및 드레인 전극(75)에는, 제2 실시예나 제3 실시예의 LEFET에서 이용한 것이나, 제2 실시예의 레이저 광원에서 이용한 것 등을 그대로 이용할 수 있다.

<109> 제1~제3 실시예의 레이저 광원의 동작을 설명한다. 여기서는 제1 실시예의 경우에 대해서 설명하지만, 제2 및 제3 실시예의 경우도 마찬가지이다. 게이트 전극(51)에 전압을 인가하면서 소스 전극(54)-드레인 전극(55) 간에 전압을 인가하면, 상기 LEFET와 마찬가지로의 원리에 의해, 발광체층(56) 내에서 발광이 얻어진다. 본 발명의 구성에서는, 게이트 전극에의 전압인가에 의해 발광체층(56) 내의 절연막(52) 근처 영역의 캐리어 밀도가 크고, 그에 따라 상기 반전분포(反轉分布)의 상태가 형성된다. 그 상태 하에서, 발광한 광이 회절격자(57)(제2 실시예에서는 빗살(641 및 651), 제3 실시예에서는 유전체 다층막(77))에 의해 간섭하여 더욱 광의 강도가 향상됨으로

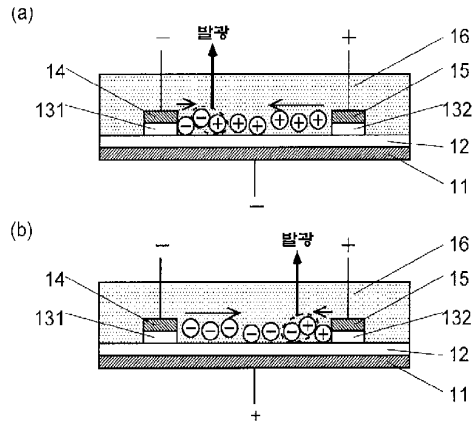
써, 레이저 발광을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

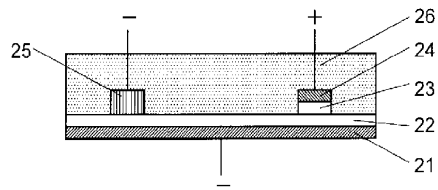
- <39> 도 1은, 종래의 발광형 트랜지스터의 일례를 나타낸 단면도.
- <40> 도 2는, 본 발명의 발광형 트랜지스터의 제1 실시예를 나타낸 단면도.
- <41> 도 3은, 제1 실시예의 발광형 트랜지스터의 제조방법을 나타낸 도면.
- <42> 도 4는, 본 발명의 발광형 트랜지스터의 제2 실시예를 나타낸 단면도.
- <43> 도 5는, 본 발명의 발광형 트랜지스터의 제3 실시예를 나타낸 단면도.
- <44> 도 6은, 본 발명의 발광형 트랜지스터의 제4 실시예를 나타낸 단면도.
- <45> 도 7은, 비교예의 발광형 트랜지스터에 있어서의 발광 스펙트럼(제1 실시예도 마찬가지로)을 나타낸 그래프.
- <46> 도 8은, 제1 실시예 및 비교예의 발광형 트랜지스터에 있어서의 (a)게이트 전압(V_G)과 광전류 및 (b)소스-드레인 간 전류(I_{SD})와 광전류의 관계를 나타낸 그래프.
- <47> 도 9는, 본 발명의 레이저 광원의 제1 실시예를 나타낸 상면도 및 단면도.
- <48> 도 10은, 본 발명의 레이저 광원의 제2 실시예를 나타낸 상면도 및 단면도.
- <49> 도 11은, 본 발명의 레이저 광원의 제3 실시예를 나타낸 단면도.
- <50> * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *
- <51> 11, 21, 51, 61, 71 : 게이트 전극
- <52> 12, 22, 52, 62, 72 : 절연막
- <53> 131, 132, 23, 53, 63, 73 : 접착층
- <54> 14 : 제1 소스·드레인 전극
- <55> 15 : 제2 소스·드레인 전극
- <56> 16, 26, 56, 66, 76 : 발광체층
- <57> 24, 34, 44, 54, 64, 74 : 소스 전극
- <58> 25, 35, 45, 55, 65, 75 : 드레인 전극
- <59> 26a : 정공(正孔) 수송재료
- <60> 26b : 전자(電子) 수송재료
- <61> 271, 272 : 레지스트
- <62> 281, 282 : 마스크
- <63> 311, 312, 41 : 알루미늄 박막편
- <64> 321, 322 : 금 박막편
- <65> 42 : 피복층
- <66> 641, 642 : 빗살형(comb-shaped) 전극의 빗살(teeth)
- <67> 77 : 유전체(誘電體) 다층막

도면

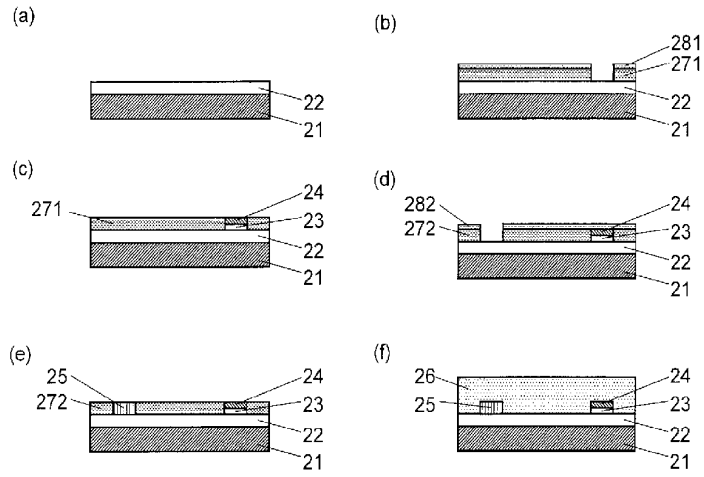
도면1



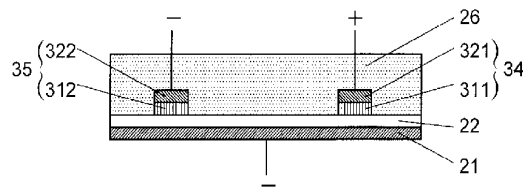
도면2



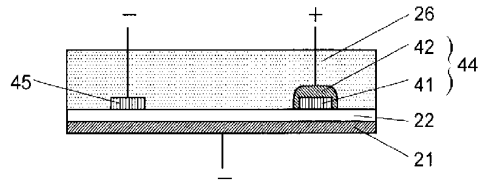
도면3



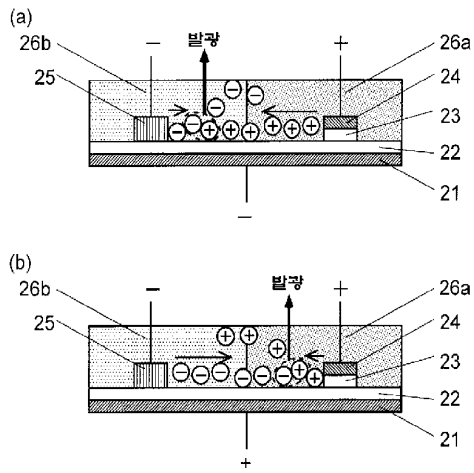
도면4



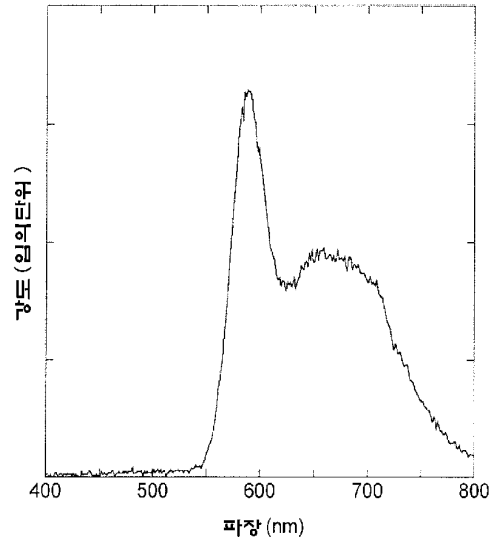
도면5



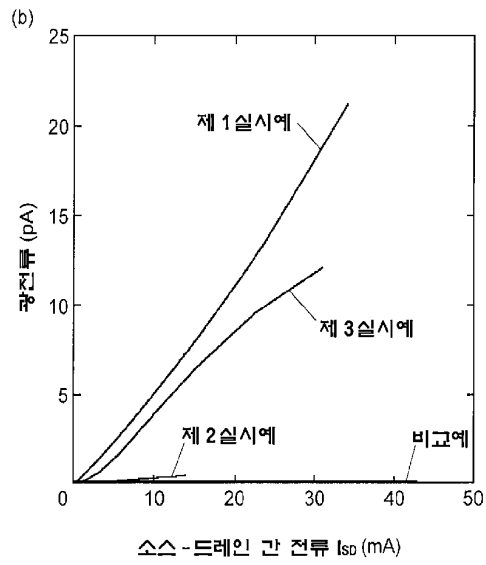
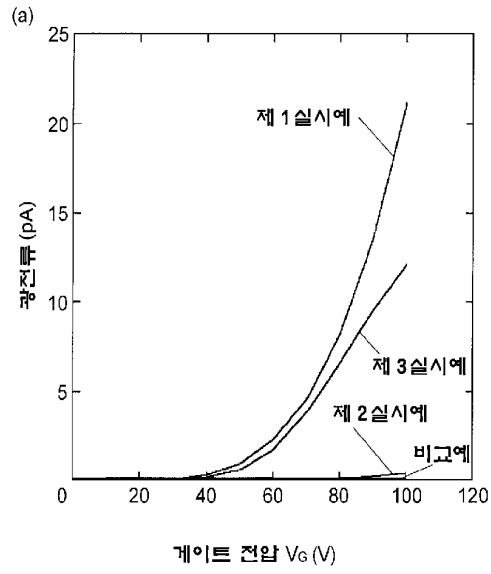
도면6



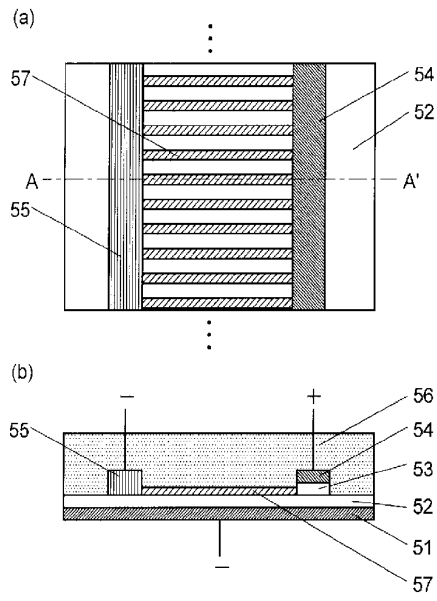
도면7



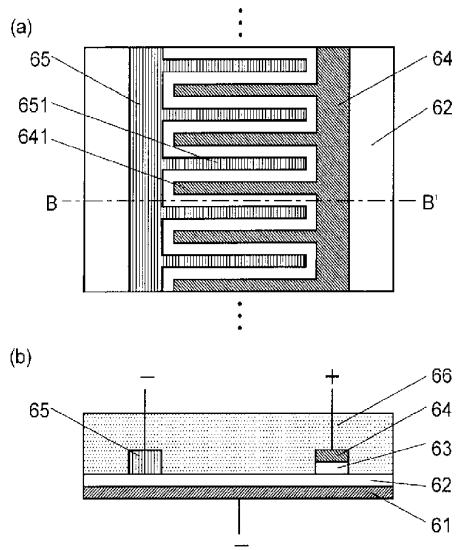
도면8



도면9



도면10



도면11

