



**도면의 간단한 설명**

도1a 및 도1b는 각각 종래의 질화물 반도체 발광소자 및 플립칩 질화물 반도체 발광장치의 측단면도이다.

도2a 및 도2b는 각각 본 발명의 제1 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자 및 그 실장형태를 나타내는 측단면도이다.

도3은 GaN/이종물질에서 이종물질의 굴절률에 따른 GaN로부터의 광추출 임계각도를 나타내는 그래프이다.

도4는 본 발명의 제2 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자의 측단면도이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호설명>

31: 전도성 기관 34: 제1 도전형 질화물 반도체층

35: 활성층 36: 제2 도전형 질화물 반도체층

37: 전도성 광산란층 39a,39b: 제1 및 제2 전극

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 질화물 반도체 발광소자에 관한 것으로서, 특히 광추출효율을 향상시킨 수직구조 질화물 반도체 발광소자에 관한 것이다.

최근에 질화물 반도체 발광소자는 청색 또는 녹색 등의 단파장광을 포함한 넓은 파장대역의 광을 생성할 수 있는 고효율 광소자로서, 관련 기술분야에서 크게 각광을 받고 있다. 상기 질화물 반도체 발광소자는  $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$  조성식(여기서,  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ )을 갖는 반도체 단결정으로 이루어진다.

일반적으로, 질화물 반도체 발광소자의 광효율은 내부양자효율(internal quantum efficiency)과 광추출효율(light extraction efficiency, 또는 외부양자효율이라고도 함)에 의해 결정된다. 특히, 광추출효율은 발광소자의 광학적 인자, 즉 각 구조물의 굴절률 및/또는 계면의 평활도(flatness) 등에 의해 결정된다.

광추출효율측면에서 질화물 반도체 발광소자는 근본적인 제한사항을 가지고 있다. 즉, 반도체 발광소자를 구성하는 반도체층은 외부대기나 기관에 비해 큰 굴절률을 가지므로, 빛의 방출가능한 입사각범위를 결정하는 임계각이 작아지고, 그 결과, 활성층으로부터 발생된 광의 상당부분은 내부전반사되어 실질적으로 원하지 않는 방향으로 전파되거나 전반사과정에서 손실되어 광추출효율이 낮을 수 밖에 없다.

이와 같은 광추출효율의 문제점을 개선하기 위해서, 일본특허공개공보 2002-368263호(공개일자: 2002.12.20일, 출원인: 도요타 고세이 가부시키키가이샤)에서는, 도1a와 같이 기관의 하면을 거친 면으로 형성한 플립칩 질화물 발광소자를 제안하고 있다.

도1a를 참조하면, 상기 문헌에 따른 질화물 반도체 발광소자(10)는, 사파이어 기관(11)과 그 사파이어기관(11) 상에 순차적으로 형성된 제1 도전형 질화물 반도체층(14), 활성층(15) 및 제2 도전형 질화물 반도체층(16)을 포함한다. 또한, 상기 사파이어기관 상면에 질화물 반도체층의 결정성을 향상시키기 위한 버퍼층(12)이 형성되며, 상기 질화물 반도체 발광소자(10)는 상기 제1 도전형 질화물 반도체층(14)과 상기 제2 도전형 질화물 반도체층(16)에 각각 접속된 제1 및 제2 전극(19a,19b)을 포함한다. 여기서, 사파이어기관(11)의 하면을 에칭공정으로 거칠게 형성하여 광산란면으로 제공한다.

도1a에 도시된 질화물 반도체 발광소자(10)는 제1 및 제2 도전라인(22a,22b)을 갖는 패키지기관(21)에 탑재되고, 각 전극(19a,19b)과 상기 제1 및 제2 도전라인(22a,22b)을 솔더링과 같은 접속수단(S)으로 연결시킴으로써, 도1b와 같이 플립칩

질화물 반도체 발광소자(20)로 제조될 수 있다. 이 경우에, 광산란면인 사파이어기판(11)의 하면(11a)은 광방출면으로 제공된다. 활성층(15)으로부터 생성된 광은 하면에서 반사되어 광방출면(11a)으로 향하거나(a) 직접 광방출면(11a)으로 향하고(b), 도달된 광은 상기 사파이어기판(11)의 거친 하면에서 산란되거나, 미세한 요철패턴으로 인해 큰 임계각이 제공되어 효과적으로 빛을 방출시킬 수 있다.

하지만, 일반적으로 질화물 성장에 사용되는 기판은 높은 경도를 갖는 사파이어기판이며, 거친 표면, 즉 미세한 요철패턴을 형성하는 가공공정이 용이하지 않으며, 가공제어가 어려워 원하는 요철패턴을 형성하기 어렵다는 문제가 있다.

한편, 상기한 종래의 질화물 발광소자는 절연기판인 사파이어를 사용하는 플래너구조에 한정되는 것이며, 최근 관심이 집중되는 수직구조 질화물 발광소자에서는, 요철이 형성된 산란면을 형성하고자 하는 위치인 광추출면이 모두 전극형성영역이므로, 상기한 종래 기술을 직접 적용하는데 어려움이 있다.

또한, 수직구조 질화물 발광소자에서는, 상기한 종래 기술에 따른 직접 질화물층 또는 GaN과 같은 도전성 기판에 요철이 형성해야 하지만, 사파이어기판과 유사하게 경도가 높으므로, 통상의 습식etching으로 형성하기 어려우며, ICP와 같은 건식식각이 사용되므로, 공정이 복잡할 뿐만 아니라, 원하는 형태의 요철형성이 어렵다는 문제가 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상술된 종래 기술의 문제를 해결하기 위한 것으로서, 그 목적은 도전성 기판 하면에 광투과성을 가지면서 적절한 굴절률을 갖는 도전층을 형성하고, 상기 도전층에 원하는 요철패턴을 형성함으로써 광추출효율이 개선된 수직구조 질화물 반도체 발광소자를 제공하는데 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기한 기술적 과제를 달성하기 위해서, 본 발명은

광투과성을 갖는 도전성 기판 상에 순차적으로 형성된 제1 도전형 질화물 반도체층, 활성층 및 제2 도전형 질화물 반도체층을 포함한 수직구조 질화물 발광소자에 있어서, 적어도 상기 도전성 기판의 하면에 형성되며, 광투과율이 70%이상인 도전성 물질로 이루어지며, 그 외부면에 광을 산란시키기 위한 요철패턴이 형성된 도전성 광산란층을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자를 제공한다.

바람직하게, 상기 도전성 광산란층은 광투과율이 80%이상인 물질(보다 바람직하게는 90%)로 이루어진다. 또한, 상기 도전성 광산란층은 ITO(Indium Tin Oxide), SnO<sub>2</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO 및 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질일 수 있다.

상기 도전성 광산란층에 형성된 요철패턴 주기는 약 0.001~10 $\mu$ m범위인 것이 바람직하다.

본 발명의 특정 실시형태에서, 상기 도전성 기판은 제1 도전형 GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LiGaO<sub>3</sub>, ZnO 또는 SiC일 수 있다. 이 경우에, 상기 도전성 광산란층은 1.5~2.4범위인 굴절률을 갖는 물질로 형성하는 것이 광추출효율 향상측면에서 바람직하다.

바람직하게, 상기 도전성 광산란층은 상기 질화물 발광소자 측면의 적어도 일부까지 연장되어 형성될 수 있다. 또한, 원하는 단락을 방지하기 위해서, 상기 발광소자의 측면까지 연장된 도전성 광산란층과 적어도 상기 제2 도전형 질화물층 및 활성층 사이에는 절연층을 형성하는 것이 요구된다.

상기 제2 도전형 질화물층 상면에 형성된 전극을 더 포함하며, 상기 전극은 반사메탈층을 포함한다. 이러한 반사 메탈층은 이에 한정되지는 않으나, Ag, Al, Rh, Ru, Pt, Au, Cu, Pd, Cr, Ni, Co, Ti, In 및 Mo으로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 1종의 금속층 또는 그 합금층으로 형성하는 것이 바람직하다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 다양한 실시형태를 보다 상세히 설명한다.

도2a는 본 발명의 제1 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자 및 그 실장형태를 나타내는 측면도이며, 도2b는 본 발명의 제2 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자의 실장구조를 나타내는 단면도이다.

우선, 도2a을 참조하면, 본 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자(30)는, 전도성 기관(31)과 그 전도성 기관(31) 상에 순차적으로 형성된 제1 도전형 질화물 반도체층(34), 활성층(35) 및 제2 도전형 질화물 반도체층(36)을 포함한다.

일반적으로 수직구조 발광소자에 사용되는 전도성 기관은 실리콘, GaAs, 실리콘카바이드(SiC) 및 다른 전도성 금속기관일 수 있으나, 본 발명에서는 높은 광투과성을 갖는 기관이 요구된다. 이러한 기관으로는 실리콘, GaAs, GaN기관이 사용될 수 있다. 특히, 질화물성장후에 분리공정과 추가적인 접합공정이 요구되지 않는 GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LiGaO<sub>3</sub>, ZnO 또는 SiC을 사용하는 것이 바람직하다. GaN기관은 제1 도전형 불순물이 도프된 GaN기관이 형태로 사용될 수 있다.

상기 질화물 반도체 발광소자(30)는 상기 제1 도전형 질화물 반도체층(34)과 상기 제2 도전형 질화물 반도체층(36)에 각각 전기적으로 연결된 제1 및 제2 전극(39a,39b)을 포함한다.

본 실시형태에서는, 상기 전도성 기관(31)의 주된 광추출면에 전도성 광산란층(37)이 형성된다. 상기 전도성 광산란층(37)은 광투과율이 70%이상인 전도성 물질로 이루어지며, 바람직하게는 광투과율이 80%이상인 전도성물질로 이루어진다.

또한, 상기 전도성 광산란층(37)은 그 외부면에 광을 산란시키기 위한 미세한 요철패턴이 형성된다. 미세한 요철패턴은 포토리소그래피공정 또는 금속성 마스크를 이용한 화학적 에칭공정 또는 플라즈마가스를 이용한 물리적 에칭공정을 이용하여 형성될 수 있다. 이러한 요철패턴은 발광파장에 따라 다양한 크기와 주기로 형성될 수 있으며 규칙적으로 또는 불규칙적으로 형성될 수 있다.

다만, 청녹색의 단파장광을 방출하는 경우에, 상기 요철패턴의 주기는 0.001~10 $\mu$ m범위로 형성하는 것이 바람직하며, 일정한 주기와 패턴으로 형성되는 것이 바람직하다.

상기 전도성 광산란층(37)은 전도성 기관(31)과 밀착성이 우수할 뿐만 아니라, 광투과성이 보장되는 전도성 물질일 것이 요구된다. 상기 전도성 광산란층(37)으로는 통상적으로 알려진 투명전극물질이 사용될 수 있다. 특히, 광투과성 산화물층의 구성물질이 바람직하게 사용될 수 있다. 이에 한정되지는 않으나, 바람직한 전도성 광산란층(37)으로는 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 또는 그 혼합물이 사용될 수 있다.

상기 전도성 광산란층(37)은 광추출 임계각이 적절한 굴절률범위를 갖는 것이 바람직하다. 앞서 설명한 바와 같이 광추출 효율은 굴절률 차이에 의해 발생된다. 즉, GaN와의 굴절률 차이로 인해 전반사 임계각이 낮아지며, 그 이상으로 진행하던 광자는 외부로 방출하지 못한다. 예를 들어, 도3에 도시된 바와 같이, GaN기관이 패키지에서 에폭시수지층(굴절률: 1.5)과 직접 계면을 형성할 때에, 전반사 임계각은 36.8°이며, GaN가 대기와 직접 접촉시에는 23.6°가 되므로, 임계각이 매우 낮으며, 광추출효율이 저하되는 것이다.

따라서, 임계각보다 낮은 범위로 진행하는 광자의 확률을 높히는 요철패턴과 함께 굴절률을 외부 대기 또는 수지층보다 높은 굴절률을 가진 물질로 전도성 광산란층을 형성함으로써 광추출효과를 획기적으로 향상시킬 수 있다. 이를 고려한 전도성 광산란층은 바람직하게는 굴절률이 1.5이상인 물질로 형성한다. 굴절률이 클수록 GaN에서 추출되는 광량을 증가시킬 수 있으나, 지나치게 굴절률이 큰 경우에는 전도성 광산란층(37)에서 외부로 추출하는데 동일한 문제가 있으므로, 바람직하게 2.4이하인 물질로 형성한다.

따라서, 본 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자에서는 1.5 내지 2.4의 굴절률을 갖는 전도성 광산란층(37)에 의해 내부전반사되는 광량을 감소시켜 광추출효율을 보다 크게 향상시킬 수 있다.

도2a에 도시된 질화물 반도체 발광소자(30)는 대향하는 양면에 각각 제1 전극(39a) 및 제2 전극(39b)이 형성되는 수직구조를 갖는다. 상기 제1 전극(39a)은 전도성 광산란층(37) 상에 형성될 수 있다. 상기 제2 전극(39b)은 제2 도전형 질화물층(36)(주로, p형 질화물 반도체층) 상에 형성되며, 당업자에게 알려진 적절한 옴콘택층 구조일 수 있으나, 바람직하게는 반사메탈층을 추가로 포함할 수 있다. 상기 반사 메탈층은 Ag, Al, Rh, Ru, Pt, Au, Cu, Pd, Cr, Ni, Co, Ti, In 및 Mo으로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 1종의 금속층 또는 그 합금층으로 이루어질 수 있다.

도2b에는 도2a에 도시된 질화물 반도체 발광소자가 실장된 형태가 도시되어 있다.

도2b와 같이, 상기 질화물 반도체 발광소자(30)는 제2 전극(39b)이 아래로 향하도록 제1 및 제2 도전라인(42a,42b)을 갖는 서브마운트기판(41) 등에 실장될 수 있다. 이 경우에, 광추출방향은 상기 전도성 광산란층(37)이 형성된 전도성 기판(31)측이 된다. 전도성 광산란층(37)은 앞서 설명한 바와 같이 광추출효율을 크게 개선하며, 동시에 제2 전극(39b)은 반사메탈층이 형성되어 광추출방향으로 보다 많은 빛이 향하도록 반사시킬 수 있다.

따라서, 상기 활성층(35)으로부터 생성된 광은 하면에서 반사되어 광방출면으로 향하거나(a), 직접 광방출면으로 향하고(b), 도달된 광은 상기 전도성 기판(31)에 마련된 전도성 광산란층에서 산란되거나, 미세한 요철패턴으로 인해 임계각보다 작은 입사각으로 외부로 방출될 수 있다. 본 실시형태에서, 본딩전극으로 제공되는 제1 전극(39a)은 생략될 수 있으며, 이 경우에 와이어본딩을 통해 전도성 광산란층 상에 직접 연결된 형태로 구현될 수 있다.

도4는 본 발명의 제2 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자(50)의 측면면도이다. 본 실시형태는 전도성 광산란층(57)을 소자의 측면까지 연장한 것을 특징으로 한다.

도4를 참조하면, 본 실시형태에 따른 질화물 반도체 발광소자(50)는, 전도성기판(51)과, 상기 기판(51) 상에 순차적으로 형성된 제1 도전형 질화물 반도체층(54), 활성층(55) 및 제2 도전형 질화물 반도체층(56)을 포함한다. 또한, 상기 질화물 반도체 발광소자(50)는 상기 제1 도전형 질화물 반도체층(54)과 상기 제2 도전형 질화물 반도체층(56)에 각각 접속된 제1 및 제2 전극(59a,59b)을 포함한다.

본 실시형태에서는, 상기 전도성 광산란층(57)은 그 하면으로부터 소자(50)의 일부측면까지 연장되어 있다. 상기 전도성 기판(51)의 하면이 주된 광추출면이지만, 실질적으로 그 측면영역으로부터 상당한 빛이 추출되므로, 본 실시형태에 따르면, 소자(50) 측면에서도 광추출효율을 개선시킬 수 있다. 이 때에, 소자(50) 측면, 특히 활성층(55) 및 제2 도전형 질화물층(56)의 측면영역까지 형성될 경우에는 전도성 광산란층(57)에 의해 원하지 않는 단락이 발생할 수 있다. 따라서, 전도성 광산란층(57)이 연장되는 부분이 제1 도전형 질화물층(54)보다 높을 경우에는, 전도성 광산란층(57)을 형성하기 전에, 적어도 활성층(55) 및 제2 도전형 질화물층(56)의 측면일부를 에칭하여 절연층(58)을 형성하는 것이 요구된다.

본 실시형태에서도, 광추출효과의 향상을 위해서, 상기 제2 전극(59b)에는 추가로 반사메탈층(미도시)을 포함시킬 수 있다. 상기 반사메탈층은 90%이상의 반사율을 갖는 금속이 바람직하며, Ag, Al, Rh, Ru, Pt, Au, Cu, Pd, Cr, Ni, Co, Ti, In 및 Mo으로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 1종의 금속층 또는 합금층이 있을 수 있다.

본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

## 발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 수직구조 질화물 반도체 발광소자에서 전도성 기판의 하면에 전도성 광산란층을 형성함으로써 광추출효율을 개선할 수 있다. 상기 전도성 광산란층은 그 공정이 용이할 뿐만 아니라, 상하부 전극의 단자연결을 방해하지 않으므로, 수직구조 질화물 반도체 발광소자에 유익하게 채용될 수 있다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

광투과성을 갖는 전도성 기판 상에 순차적으로 형성된 제1 도전형 질화물 반도체층, 활성층 및 제2 도전형 질화물 반도체층을 포함한 수직구조 질화물 발광소자에 있어서,

적어도 상기 전도성 기판의 하면에 형성되며, 광투과율이 70%이상인 전도성 물질로 이루어지며, 그 외부면에 광을 산란시키기 위한 요철패턴이 형성된 전도성 광산란층을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 전도성 광산란층은 광투과율이 80%이상인 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 전도성 광산란층은 ITO(Indium Tin Oxide), SnO<sub>2</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO 및 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 전도성 광산란층의 요철패턴 주기는 약 0.001~10 $\mu$ m범위인 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 전도성 기판은 제1 도전형 GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LiGaO<sub>3</sub>, ZnO 또는 SiC인 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 전도성 광산란층은 1.5~2.4범위의 굴절률을 갖는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자..

### 청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 전도성 광산란층은 상기 질화물 발광소자 측면의 적어도 일부까지 연장되어 형성된 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 발광소자의 측면까지 연장된 전도성 광산란층과 적어도 상기 제2 도전형 질화물층 및 활성층 사이에는 절연층이 형성된 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 제2 도전형 질화물층 상면에 형성된 전극을 더 포함하며, 상기 전극은 반사메탈층을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자.

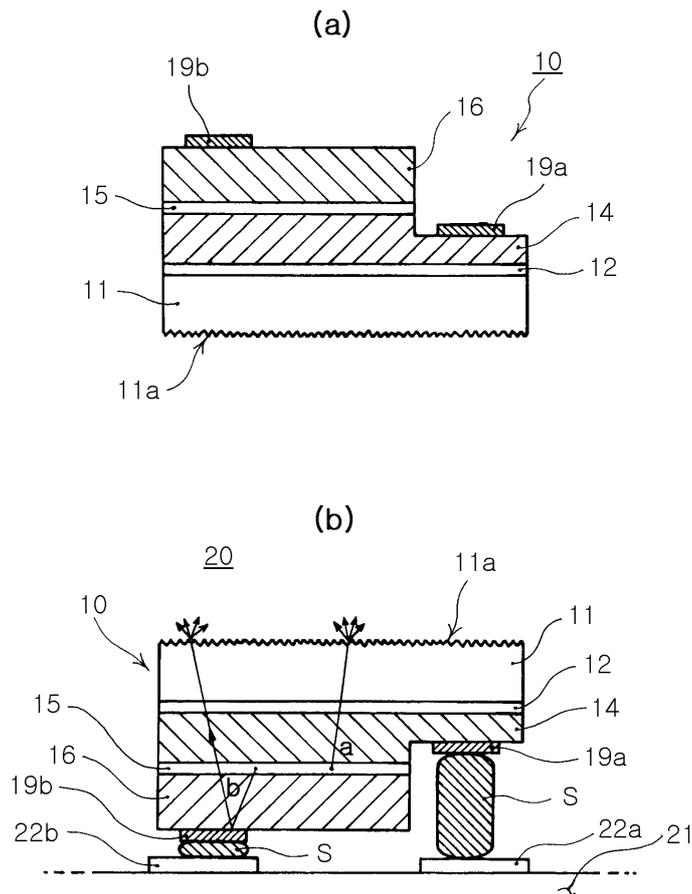
청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 반사 메탈층은 Ag, Al, Rh, Ru, Pt, Au, Cu, Pd, Cr, Ni, Co, Ti, In 및 Mo으로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 1종의 금속층 또는 그 합금층으로 이루어진 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

도면

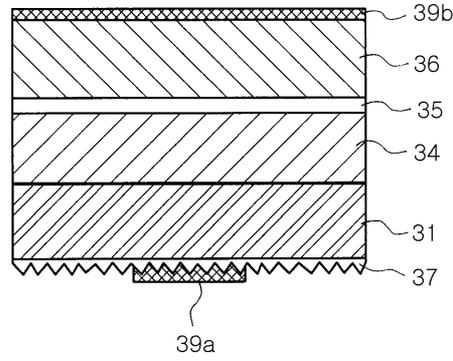
도면1



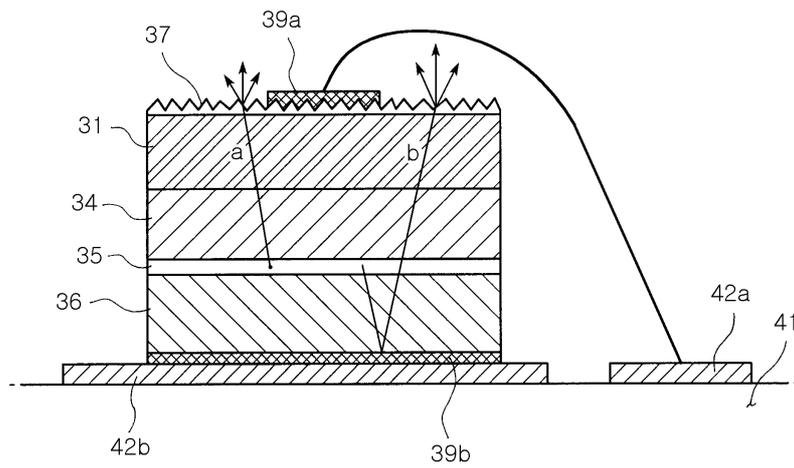
도면2

(a)

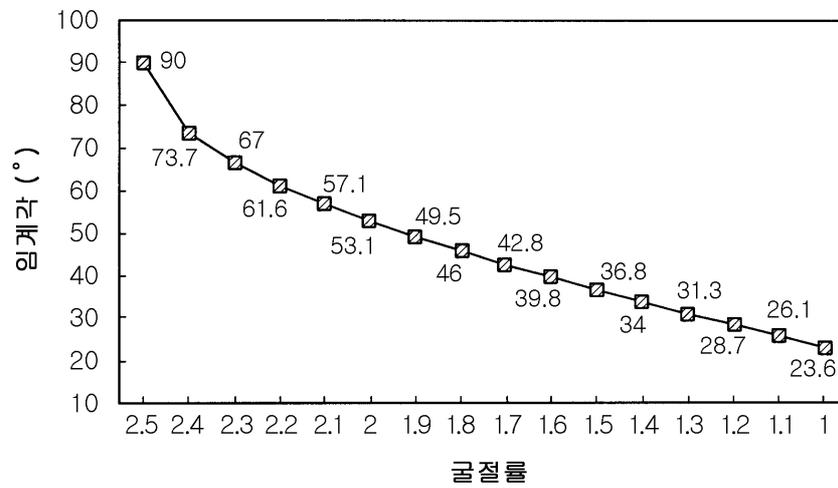
30



(b)



도면3



도면4

