

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-49453

(P2011-49453A)

(43) 公開日 平成23年3月10日(2011.3.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 8 6	4 M 1 0 4
HO 1 L 33/42 (2010.01)	HO 1 L 33/00 2 2 2	5 F 0 4 1
HO 1 L 33/38 (2010.01)	HO 1 L 33/00 2 1 0	
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 21/28 3 0 1 B	
HO 1 L 21/283 (2006.01)	HO 1 L 21/28 3 0 1 R	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-198197 (P2009-198197)
 (22) 出願日 平成21年8月28日 (2009. 8. 28)

(71) 出願人 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100109162
 弁理士 酒井 将行
 (74) 代理人 100111246
 弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

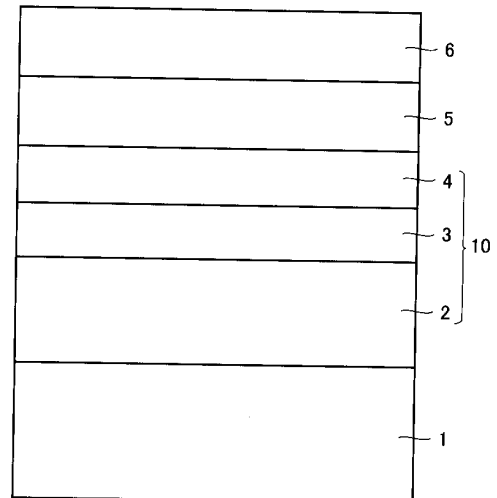
(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 光取り出し効率が高く、かつ発光効率が高い窒化物半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 本発明の窒化物半導体発光素子は、窒化物半導体層と、導電性の第1酸化物層と、絶縁性の第2酸化物層とを含み、第1酸化物層および第2酸化物層は、同一種類の酸化物材料からなることを特徴とする。第1酸化物層を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で1%以上10%以下ドーブされ、第2酸化物層を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で1%未満ドーブされることが好ましい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒化物半導体積層体と、導電性の第 1 酸化物層と、絶縁性の第 2 酸化物層とを含み、前記第 1 酸化物層および前記第 2 酸化物層は、同一種類の酸化物材料からなる、窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】

前記酸化物材料は、2.3 以上の屈折率を有する、請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】

前記窒化物半導体積層体、前記第 1 酸化物層、および前記第 2 酸化物層の順にアノード側

10

【請求項 4】

に形成される、請求項 1 または 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

前記第 1 酸化物層を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で 1% 以上 10% 以下ドーパされ、

前記第 2 酸化物層を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で 1% 未満ドーパされる、請求項 3 に記載の窒化物半導体発光素子。

20

【請求項 6】

前記二酸化チタンからなる第 1 酸化物層は、アナターゼ型である、請求項 4 または 5 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記第 2 酸化物層は、100 nm 以上の厚さである、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 8】

前記第 2 酸化物層は、その表面に凹凸を有する、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

30

【請求項 9】

前記第 2 酸化物層は、その表面に 100 nm 以上の高さの凹凸を有する、請求項 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 10】

前記第 2 酸化物層は、メッシュ状、円錐状、円柱状、角錐状、または角柱状のいずれかにパターニングされる、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 11】

前記窒化物半導体積層体と前記第 1 酸化物層との間に、導電性酸化物層が形成され、前記導電性酸化物層は、窒化物半導体発光素子の発光波長の 4 分の 1 以下の厚さであり、かつ、二酸化チタン以外の酸化物からなる、請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

40

【請求項 12】

前記導電性酸化物層は、Sn ドープ酸化インジウムからなる、請求項 11 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 13】

前記窒化物半導体積層体と、前記第 1 酸化物層との間に、In を含む窒化物半導体層を含む、請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 14】

前記 In を含む窒化物半導体層は、5 nm 以上の厚さである、請求項 13 に記載の窒化物半導体発光素子。

50

【請求項 15】

前記 In を含む窒化物半導体層は、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($x > 0$ 、 $y > 0$) からなる、請求項 13 または 14 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 16】

前記 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ の In 混晶比 y は、 Al 混晶比 x よりも大きい、請求項 15 に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 17】

アノード側またはカソード側のパット電極から枝状に伸びるように金属電極が形成される、請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体発光素子に関し、特に、光取り出し効率が高く、かつ発光効率が高い窒化物半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

窒化物半導体は屈折率が 2.5 と高いため、窒化物半導体と他の材料との界面（たとえば基板、透光性電極層）で全反射が起こりやすい。このため、活性層で発光した光が窒化物半導体発光素子の内部で全反射が起こることとなり、窒化物半導体発光素子の発光効率を低下させる一因となっている。

20

【0003】

このような発光効率の低下を抑制するための試みとして、たとえば特許文献 1 では、透光性電極層に用いる材料を二酸化チタンとすることにより、窒化物半導体発光素子の発光効率を向上させる技術が開示されている。

【0004】

特許文献 1 の技術について説明すると、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ からなる窒化物半導体は、その屈折率が約 2.5 程度と比較的高い値であるが、二酸化チタンの屈折率も同様に約 2.5 程度である。このため二酸化チタンを透光性電極層に用いることにより、窒化物半導体層と透光性電極層との屈折率をマッチングさせることができる。これにより窒化物半導体層と透光性電極層との界面で全反射しにくくなり、窒化物半導体発光素子の発光効率を向上させることができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2008 - 294306 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記で述べたように、二酸化チタンの屈折率と窒化物半導体の屈折率とはほぼ同一であるため、窒化物半導体と透光性電極層との界面ではほとんど全反射はおこらず光は透過する。

40

【0007】

しかしながら、空気の屈折率はおよそ 1.0 であることにより、空気の屈折率と透光性電極層の屈折率との差が大きい。このため、透光性電極層と空気（もしくは蛍光体）との界面が平坦であると、その界面での全反射が起こりやすく、発光効率は低下する傾向にある。

【0008】

そこで、このように屈折率が大きく異なる 2 層の界面で全反射が起こりにくくするためには、その界面を凹凸にすることが効果的である。従来技術では、空気と透光性電極層との界面に凹凸を形成することにより、光を散乱させつつも透過させることができ、以って

50

光の透過率を向上させることができる。

【0009】

ここで、透光性電極層としては、二酸化チタンを用い、さらに二酸化チタンに対しニオブ等の金属をドーピングする。これにより透光性電極層の光の透光性は低下するものの、透光性電極層の抵抗率を低くすることができる。このような透光性電極層の厚みを、その表面に発光波長の1倍以上の凹凸を形成できる程度に厚くすると、透光性電極層が光の透過を妨げ、窒化物半導体発光素子の発光効率が低下するという問題がある。

【0010】

本発明は、上記のような現状に鑑みてなされたものであり、光取り出し効率が高く、かつ発光効率が高い窒化物半導体発光素子を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の窒化物半導体発光素子は、窒化物半導体積層体と、導電性の第1酸化物層と、絶縁性の第2酸化物層とを含み、第1酸化物層および第2酸化物層は、同一種類の酸化物材料からなることを特徴とする。

【0012】

酸化物材料は、2.3以上の屈折率を有することが好ましく、二酸化チタンからなることが好ましい。

【0013】

窒化物半導体積層体、第1酸化物層、第2酸化物層の順にアノード側に形成されることが好ましい。

20

【0014】

第1酸化物層を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で1%以上10%以下ドーピングされ、第2酸化物層を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で1%未満ドーピングされることが好ましい。また、二酸化チタンからなる第1酸化物層は、アナターゼ型であることが好ましい。

【0015】

第2酸化物層は、100nm以上の厚さであることが好ましく、その表面には凹凸を有することがより好ましく、さらに好ましくは、その表面に100nm以上の高さの凹凸を有することである。

30

【0016】

第2酸化物層は、メッシュ状、円錐状、円柱状、角錐状、または角柱状のいずれかにパターンニングされることが好ましい。

【0017】

窒化物半導体積層体と第1酸化物層との間には、導電性酸化物層が形成され、導電性酸化物層は、窒化物半導体発光素子の発光波長の4分の1以下の厚さであり、かつ、二酸化チタン以外の酸化物からなることが好ましい。

【0018】

導電性酸化物層は、Snドーピング酸化インジウムからなることが好ましい。

40

窒化物半導体積層体と第1酸化物層との間には、Inを含む窒化物半導体層を含むことが好ましく、Inを含む窒化物半導体層は、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($x > 0$ 、 $y > 0$) からなることがより好ましく、さらに好ましくは、 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ のIn混晶比yが、Al混晶比xよりも大きいことである。

【0019】

また、Inを含む窒化物半導体層の厚さは5nm以上であることがより好ましい。

アノード側またはカソード側のパット電極から枝状に伸びるように金属電極が形成されることが好ましい。

【発明の効果】

50

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、光取り出し効率が高く、発光効率が高い窒化物半導体発光素子を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

【 図 2 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

【 図 3 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

【 図 4 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

【 図 5 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

10

【 図 6 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

【 図 7 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

【 図 8 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

【 図 9 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

【 図 1 0 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

。

【 図 1 1 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

。

【 図 1 2 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

。

20

【 図 1 3 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

。

【 図 1 4 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

。

【 図 1 5 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

。

【 図 1 6 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

。

【 図 1 7 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

。

30

【 図 1 8 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な断面図である。

。

【 図 1 9 】 本発明の窒化物半導体発光素子の構成の好ましい一例の模式的な上面図である。

。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図面や以下の記述中で示す構成は、例示であって、本発明の範囲は、図面や以下の記述中で示すものに限定されない。なお、本発明の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。また、本願の図面において、長さ、幅、厚さ等の寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜に変更されており、実際の寸法関係を表してはいない。

40

【 0 0 2 3 】

(実施の形態 1)

< 窒化物半導体発光素子 >

以下、本実施の形態の窒化物半導体発光素子について図 1 を参照しつつ説明する。図 1 は、本発明の窒化物半導体発光素子の好ましい一例を示す模式的な断面図である。

【 0 0 2 4 】

本実施の形態の窒化物半導体発光素子は、基板 1 上に、窒化物半導体積層体 1 0、第 1 酸化物層 5、および第 2 酸化物層 6 をこの順に形成したものである。ここで、窒化物半導体積層体 1 0 は、基板 1 側から順に n 型窒化物半導体層 2、発光層 3、および p 型窒化物

50

半導体層 4 からなるものであり、これら各層はいずれも窒化物半導体からなるものである。

【0025】

なお、本発明において「窒化物半導体」とは、代表的には $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ (x 、 y は、いずれも 0 以上 1 以下) で示される半導体を意味するが、そのみに限られるものではなく、 n 型化または p 型化のために任意の元素を添加したものを含まれる。

【0026】

本発明の窒化物半導体発光素子は、従来の窒化物半導体発光素子では一層の酸化物層として形成されていたものを、導電性の第 1 酸化物層 5 と絶縁性の第 2 酸化物層 6 との二層に分けて形成し、第 1 酸化物層 5 および第 2 酸化物層 6 に、同一種類の酸化物材料を用いることを特徴とする。

10

【0027】

ここで、「同一種類の酸化物材料」とは、それを構成する酸化物の材料組成が同一である限り、それにいかなるドーパントでドーピングしても、同一種類の酸化物材料であるものとする。すなわちたとえば、ニオブをモル比で 1% ドープした二酸化チタンと、モリブデンをモル比で 5% ドープした二酸化チタンとは、同一種類の酸化物材料である。二酸化チタンは、ワイドギャップであり、かつ抵抗率が低いことから、本発明の窒化物半導体発光素子においては、第 1 酸化物層および第 2 酸化物層として使用することが好ましい。

【0028】

従来の窒化物半導体発光素子に用いられる酸化物層は、本発明のように二層構造に分かれていないため、一層の酸化物層で導電性と透光性とを両立した上で、その表面に発光波長の約 $1/4$ 以上の大きさの凹凸を形成する必要がある。しかし、酸化物層を構成する酸化物は、導電性を向上させることと、透光性を向上させることがトレードオフの関係にあるため、導電性と透光性とを高度に両立することは困難であった。

20

【0029】

そこで、本発明者らは、導電性と透光性とを高度に両立させるための手法として、第 1 酸化物層と第 2 酸化物層との 2 層構造にするという構造的なアプローチを検討した。

【0030】

その結果、本発明者らは、導電性を有する層の 1 層のみで必要膜厚を確保する場合と、導電性が高い第 1 酸化物層と透光性が高い第 2 酸化物層とを組み合わせ、2 層構造とした場合とでは、後者のほうが全体としての透光性が高くなることを見出した。すなわち、導電性の第 1 酸化物層 5 と、絶縁性の第 2 酸化物層 6 との二層に分けることにより、導電性と透光性とを高度に両立することができ、光取り出し効率を向上させることができる。

30

【0031】

具体的には、第 1 酸化物層 5 に導電性が高い材料を用いることにより、第 1 酸化物層 5 で電流拡散を生じさせることができる。一方、第 2 酸化物層 6 に絶縁性であって、かつ透光性の高い材料を用いるとともに、第 2 酸化物層 6 の表面に凹凸を形成することにより、窒化物半導体発光素子の発光を外部に放出し、光取り出し効率を高めることができる。

【0032】

ここで、第 1 酸化物層 5 および第 2 酸化物層 6 に同一種類の酸化物材料を用いるにも関わらず、このように特徴が異なるのは、それに導入されるドーパントの組成および量が異なるためである。なお、ドーパントの組成および量に関しては後述する。

40

【0033】

上記の酸化物材料は、2.3 以上の屈折率を有する材料を用いることが好ましい。第 1 酸化物層 5 に屈折率が 2.3 以上の高屈折率の材料を用いることにより、 p 型窒化物半導体層 4 と第 1 酸化物層 5 との界面で全反射を生じにくくすることができる。これにより透過率を高めることができ、以って光取り出し効率を高めることができる。

【0034】

上記の酸化物材料は、二酸化チタン、ストロンチウム二酸化チタンからなる群より選択

50

される1種以上を用いることが好ましく、高屈折率、導電性、および透光性を兼ね備える酸化物材料として二酸化チタンを用いることがより好ましい。二酸化チタンの屈折率は約2.5であり、p型窒化物半導体層4の屈折率とほぼ同程度の屈折率を有する。このため、第1酸化物層5に二酸化チタンを用いることにより、p型窒化物半導体層4と第1酸化物層5との界面での全反射を生じにくくすることができ、以って光取り出し効率を高めることができる。

【0035】

また、第1の酸化物層5の導電性を示す二酸化チタンは、ルチル型またはアナターゼ型の結晶型のいずれであってもよいが、アナターゼ型であることが高い導電性を得る上で好ましい。

10

【0036】

ここで、窒化物半導体積層体10、第1酸化物層5、および第2酸化物層6の順にアノード側に形成されることが好ましい。酸化物材料は、全般的に仕事関数が高く、窒化物半導体層よりも抵抗率が低い。このため、窒化物半導体積層体10、第1酸化物層5、および第2酸化物層6の順にアノード側に形成することにより、電流拡散を効率的に行なうことができる。

【0037】

本実施の形態において、基板1としては、サファイヤのような絶縁性基板、GaN、SiC等のような導電性基板を用いることができる。基板1としてGaN、SiCのような導電性基板を用いる場合、基板1の底面側にn電極を設けることが好ましく、第2酸化物層6の上面側にp電極を設けることが好ましい。

20

【0038】

また、n型窒化物半導体層2およびp型窒化物半導体層4は、窒化物半導体からなるものを用いることが好ましい。そして、n型窒化物半導体層2に用いるn型ドーパントとしてはSi、Ge等を挙げることができ、p型窒化物半導体層4に用いるp型ドーパントとしてはMg、Zn等を挙げることができる。

【0039】

<第1酸化物層>

第1酸化物層5は、p型窒化物半導体層4と接する側の透明電極として設けるものであり、導電性を有するものである。第1酸化物層5は、酸化物材料からなるものであることが好ましい。ここで、「導電性」とは、抵抗率が 1×10^{-4} cm未満であるものをいう。

30

【0040】

上述したように、第1酸化物層5に二酸化チタンを主成分とする材料を用いることにより、第1酸化物層5とp型窒化物半導体層4との界面で全反射を生じにくくすることができる。これにより透過率を高めることができ、以って光取り出し効率を高めることができる。

【0041】

第1酸化物層5を構成する酸化物材料が二酸化チタンである場合、第1酸化物層5を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で1%以上10%以下ドーパされるのが好ましい。このような割合でドーパントをドーピングすることにより、第1酸化物層5の導電性が高まり、その電流拡散性を高めることができる。なお、ドーパントのドーピング量を増やすことにより、その導電性が高まるとともに透光性が低下することが多い。

40

【0042】

<第2酸化物層>

第2酸化物層6は、絶縁性の材料であって、第1酸化物層5に用いる材料と同一種類の酸化物材料を用いることを特徴とする。第1酸化物層5の材料と第2酸化物層6の材料とに同一種類の酸化物材料を用いることにより、両者の界面で全反射を生じにくくすること

50

ができ、以って光取り出し効率のロスを減らすことができる。ここで、「絶縁性」とは、抵抗率が $1 \times 10^4 \text{ cm}$ 以上であるものをいう。

【0043】

このような第2酸化物層6は、第1酸化物層5のように必ずしも導電性である必要はなく絶縁性であってもよいが、透光性が高いことが好ましい。すなわち、第2酸化物層6の透光性を高めることにより、光取り出し効率の低下を抑制することができる。

【0044】

第2酸化物層6を構成する二酸化チタン中のチタンに対し、ニオブ、タンタル、モリブデン、ヒ素、アンチモン、アルミニウムまたはタングステンのいずれかがモル比で1%未満ドーパされることが好ましく、ドーパントが含まないことがより好ましい。二酸化チタンのドーパント量を減らすほど、第2酸化物層6の透光性を向上させることができる。ちなみに、ドーパントを含まない二酸化チタンは絶縁体であり、透光性が高い。

10

【0045】

このような第2酸化物層6は、発光波長の4分の1以上の厚みを有することが好ましく、発光波長の1倍以上の厚みを有することがより好ましい。第2酸化物層6をこのような厚みにすることにより、第2酸化物層6の表面に所望の凹凸を形成することができる。

【0046】

上記の第2酸化物層6は、凹凸を形成するための層でもある。第2酸化物層の表面に凹凸を形成することにより、第2酸化物層6と空気との界面での全反射を発生しにくくすることができる。以って窒化物半導体発光素子の光取り出し効率を向上させることができる。

20

【0047】

第2酸化物層6は、その表面に100nm以上の高さの凹凸を有することが好ましい。このような高さの凹凸は、窒化物半導体発光素子の発光波長の約4分の1の長さに相当する。このような高さの凹凸を有することにより、屈折率差が大きい界面においても、光の全反射を生じにくくすることができる。ここで、「凹凸の高さ」とは、第2酸化物層6の凹凸の凸部から凹部までの長さを意味する。

【0048】

ここで、所望の凹凸を第2酸化物層6に形成するためには、その厚みが厚いことが好ましく、100nm以上の厚さであることがより好ましい。第2酸化物層6の厚さが100nm未満であると、その表面に100nm以上の高さの凹凸を形成できないため好ましくない。

30

【0049】

第2酸化物層6は、窒化物半導体発光素子の保護層としても機能する。従来の窒化物半導体発光素子は、保護層として二酸化ケイ素を用いていたが、二酸化ケイ素よりも二酸化チタンの方が第1酸化物層5と屈折率がマッチするため、光取り出し効率が低減しにくいというメリットがある。

【0050】

<導電性酸化物層>

本発明において、p型窒化物半導体層4と第1酸化物層5との間に、導電性酸化物層(図示せず)を形成することが好ましい。この位置に導電性酸化物層を形成することにより、p型窒化物半導体層4と第1酸化物層5とのコンタクト抵抗を下げることができ、以って発光効率を高めることができる。

40

【0051】

このような導電性酸化物層は、窒化物半導体発光素子の発光波長の4分の1以下の厚さであることが好ましい。このような厚さの導電性酸化物層であれば、導電性酸化物層を光がトンネル(透過)するため、全反射を発生しにくくことができ、光取り出し効率のロスを少なくすることができる。

【0052】

ここで、導電性酸化物層は、Snドーパ酸化インジウム(ITO: Indium Tin Oxide)であることが好ましい。ITOは屈折率が2.0付近であるため、窒化物半導体に比して

50

低い屈折率である。しかし、発光波長に対して $1/4$ 波長以下の厚さであれば、その界面で光が全反射することなく導電性酸化層を光がトンネル（透過）することができ、以って光取り出し効率のロスを少なくすることができる。

【0053】

< In を含む窒化物半導体層 >

本実施の形態において、窒化物半導体積層体 10 と第 1 酸化層 5 との間には、In を含む窒化物半導体層（図示せず）を含むことが好ましい。In を含む窒化物半導体層を臨界膜厚以上の厚みにすることにより、In を含む窒化物半導体層の歪みを緩和し転位が生ずる。この転位により電流のパスが生じ、窒化物半導体積層体 10 と第 1 酸化層 5 とのコンタクト抵抗を下げるができる。In を含む窒化物半導体層を臨界膜厚以上の厚みにするためには、In を含む窒化物半導体層を厚く形成する、または In を含む窒化物半導体層に含まれる In 混晶比を上げる等の手法を用いることができる。

10

【0054】

ここで、In を含む窒化物半導体層は 5 nm 以上の厚さであることが好ましい。このような厚さの In を含む窒化物半導体層を形成することにより、In を含む窒化物半導体層が臨界膜厚以上の厚みとなり、In を含む窒化物半導体層の歪みが緩和し転位が生ずる。この転位により電流のパスが生じ、p 型窒化物半導体層 4 と第 1 酸化層 5 とのコンタクト抵抗を下げるができる。

【0055】

上記のように In を含む窒化物半導体層の厚みを厚くすることにより、In を含む窒化物半導体層の透光性が低下することとなり、窒化物半導体発光素子の光取り出し効率が低下するという懸念がある。そこで、In を含む窒化物半導体層にさらに Al を加え、In を含む窒化物半導体層が $Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$ ($x > 0$ 、 $y > 0$) の 4 元混晶からなることが好ましい。このように In を含む窒化物半導体層に Al を加えることにより、臨界膜厚を支配する格子定数を大きく変化させずに、バンドギャップを大きくすることができる。これにより In を含む窒化物半導体層の透光性を向上させることができ、以って光取り出し効率を維持することができる。

20

【0056】

上記の In を含む窒化物半導体層を構成する $Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$ は、In 混晶比 y が、Al 混晶比 x よりも大きいことが好ましい。In 混晶比 y を Al 混晶比 x 以上にすることにより、In を含む窒化物半導体層を臨界膜厚以上の厚みに形成することができる。

30

【0057】

実施の形態 1 は、基板 1 として GaN、SiC のような導電性基板を用いるが、以下の実施の形態 2 ~ 8 は、基板としてサファイヤのような絶縁性基板を用いる。サファイヤのように絶縁性基板を用いる場合、アノード側からメサエッチングすることにより、図 2 ~ 図 15 のようなチップ形状として、p 電極 7 および n 電極 8 を形成することができる。ここで、図 2 ~ 15 は、実施の形態 2 ~ 8 の窒化物半導体発光素子の好ましい一例を模式的に示した断面図または上面図である。以下において、実施の形態 2 ~ 8 を説明する。

【0058】

（実施の形態 2）

本実施の形態は、図 2 に示すように絶縁性基板としてサファイヤを基板として用いることを特徴とする。このようにサファイヤを基板に用いた場合、第 2 酸化層 6 は、p 電極 7 を避けて形成することが好ましい。

40

【0059】

（実施の形態 3 ~ 7）

実施の形態 3 ~ 7 の窒化物半導体発光素子は、第 2 酸化層 6 に形成される凹凸が、メッシュ状、円錐状、円柱状、角錐状、または角柱状にパターンニングされることを特徴とする。

【0060】

図 4 および図 5 は、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子の断面図および上面図に相当

50

する。実施の形態 3 では、フォトリソグラフィ技術を用いることにより、図 4 および図 5 に示されるような第 2 酸化物層 6 にメッシュ状の凹凸を形成することを特徴とする。

【0061】

実施の形態 4 の窒化物半導体発光素子の断面図を図 6 に示し、その上面図を図 7 に示す。実施の形態 4 では、フォトリソグラフィ技術を用いて酸化物とレジストとの選択比を小さくすることにより、第 2 酸化物層 6 に円錐状の凹凸を形成することを特徴とする。

【0062】

実施の形態 5 の窒化物半導体発光素子の断面図を図 8 に示し、その上面図を図 9 に示す。実施の形態 5 では、フォトリソグラフィ技術を用いて、酸化物とレジストの選択比を大きくした上で、レジストの形状においてテーパ角をなくしてやることにより、円柱状の凹凸を形成することを特徴とする。

10

【0063】

実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子の断面図を図 10 に示し、その上面図を図 11 に示す。実施の形態 6 では、フォトリソグラフィ技術を用いて酸化物とレジストとの選択比を小さくした上で、ウェットエッチング等で異方性エッチングすることにより、第 2 酸化物層 6 に角錐状の凹凸を形成することを特徴とする。

【0064】

実施の形態 7 の窒化物半導体発光素子の断面図を図 12 に示し、その上面図を図 13 に示す。実施の形態 7 では、フォトリソグラフィ技術を用いて、酸化物とレジストとの選択比を大きくした上で、レジストの形状においてテーパ角をなくすることにより、角柱状の凹凸を形成することを特徴とする。

20

【0065】

実施の形態 3 ~ 7 のように、第 2 酸化物層 6 にパターン状の凹凸を形成することにより、第 2 酸化物層 6 が空間的に分断（隔離）されることとなる。第 2 酸化物層 6 が分断されることにより、第 2 酸化物層 6 での電流拡散が起こらないため、第 2 酸化物層 6 は、導電性にする必要がなく透光性を高めることができる。

【0066】

（実施の形態 8）

図 14 および図 15 は、本実施の形態の窒化物半導体発光素子の断面図および上面図である。本実施の形態の窒化物半導体発光素子は、第 2 酸化物層 6 が窒化物半導体発光素子の側面の一部を覆うように形成され、かつ電極パットから枝状に伸びるように金属電極 7、8 を形成することを特徴とする。なお、電極パットから伸びる枝状は、図 15 に示される一例に限定されるものではない。

30

【0067】

図 15 に示されるように、アノード側またはカソード側のパット電極から枝状に伸びるように、金属電極 7、8 を形成することにより、面内に電流を拡散しやすくすることができる。この場合、第 1 酸化物層 5 を薄く形成しても、電流拡散の性能が不十分なものとなりにくいことから、第 1 酸化物層 5 を薄く形成することにより、第 1 酸化物層 5 の透光性を向上させることができる。

【実施例 1】

40

【0068】

本実施例では、図 16 に示す構成の窒化物半導体発光ダイオード素子（以下において単に「LED 素子」とも記す）を作製する。まず、サファイアからなる基板 11 を用意し、その基板 11 を MOCVD 装置の反応炉内にセットする。そして、その反応炉内に水素を流しながら基板 11 の温度を 1050 まで上昇させることにより、基板 11 の表面（C 面）をクリーニングする。

【0069】

次に、MOCVD 法により基板 11 の表面（C 面）上に、n 型窒化物半導体層 12 を形成した。n 型窒化物半導体層 12 は、パuffers 層、n 型窒化物下地層、および n 型窒化物コンタクト層からなるものであり、具体的には以下の手順で作製する。

50

【 0 0 7 0 】

基板 1 1 の温度を 5 1 0 まで低下させる上で、反応炉内にキャリアガスとして水素、原料ガスとしてアンモニアおよびトリメチルガリウム (T M G : TriMethylGallium) を流しながら、基板 1 1 の表面 (C 面) 上に、G a N からなるパフア層を約 2 0 n m の厚さで積層する。

【 0 0 7 1 】

そして、基板 1 1 の温度を 1 0 5 0 まで上昇させて、キャリアガスとして水素、原料ガスとしてアンモニアおよび T M G 、不純物ガスとしてシランを反応炉内に流しながら、パフア層上に、キャリア濃度が $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ となるように S i をドーピングした G a N からなる n 型窒化物半導体下地層を 6 μm の厚さで積層する。

10

【 0 0 7 2 】

続いて、キャリア濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ となるように S i をドーピングしたこと以外は n 型窒化物半導体下地層と同様の方法により、n 型窒化物半導体下地層上に G a N からなる n 型窒化物半導体コンタクト層を 0 . 5 μm の厚さで形成する。以上が n 型窒化物半導体層 1 2 を形成する工程である。

【 0 0 7 3 】

次に、基板 1 1 の温度を 7 0 0 に低下し、キャリアガスとして窒素、原料ガスとしてアンモニア、T M G および T M I (トリメチルインジウム) を反応炉内に流して、n 型窒化物半導体コンタクト層上に 2 . 5 n m の厚さの $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる井戸層 1 3 a および 10 n m の厚さの G a N からなる障壁層 1 3 b をそれぞれ交互に 6 周期成長させ、多重量子井戸構造からなる活性層 1 3 とする。なお、活性層 1 3 の形成時において、G a N を成長させる際には T M I を反応炉内に流していないことは言うまでもない。このとき 6 周期形成される井戸層 1 3 a のいずれかが発光層として機能する。

20

【 0 0 7 4 】

次に、基板 1 1 の温度を 7 0 0 のまま維持し、キャリアガスとして窒素、原料ガスとしてアンモニアおよび T M G を反応炉内に流しながら、発光層 1 3 上に G a N からなる蒸発防止層 1 4 を 1 5 n m の厚さで形成する。

【 0 0 7 5 】

次に、蒸発防止層 1 4 上に、第 1 の p 型窒化物半導体層、および p 型窒化物半導体コンタクト層からなる p 型窒化物半導体層 1 5 を M O C V D 法により形成する。ここで、p 型窒化物半導体層 1 5 を形成する具体的な手順は以下の通りである。

30

【 0 0 7 6 】

まず、基板 1 1 の温度を 9 5 0 に上昇させ、キャリアガスとして水素、原料ガスとしてアンモニア、T M G 、およびトリメチルアルミニウム (T M A : TriMethylAluminum) 、不純物ガスとして $\text{C P}_2\text{Mg}$ を反応炉内に流しながら、M g が $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ の濃度でドーピングされた $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる第 1 の p 型窒化物半導体層を約 2 0 n m の厚さで形成する。

【 0 0 7 7 】

次に、基板 1 1 の温度を 9 5 0 に保持し、キャリアガスとして水素、原料ガスとしてアンモニアおよび T M G 、不純物ガスとして $\text{C P}_2\text{Mg}$ を反応炉内に流しながら、第 1 の p 型窒化物半導体層上に、M g が $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ の濃度となるようにドーピングした G a N からなる p 型窒化物半導体コンタクト層を 8 0 n m の厚さで形成する。そして、基板 1 の温度を 7 0 0 に低下し、キャリアガスとして窒素を反応炉内に流しながら、アニーリングを行なう。

40

【 0 0 7 8 】

次に、反応炉からウェハを取り出し、p 型窒化物半導体層 1 5 の表面に、6 % の原子濃度でニオブをドーピングした二酸化チタン (TiO_2) からなる第 1 酸化物層 1 6 をスパッタ法により 3 0 0 n m の厚さで形成する。そして、同様の方法により 3 0 0 n m のニオブを含まない TiO_2 からなる第 2 酸化物層 1 7 を形成する。

【 0 0 7 9 】

50

その後、第2酸化物層17上に所定の形状にパターニングされたマスクを形成する。そして、反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)装置を用いて、マスクが形成されていない部分の第2酸化物層17、第1酸化物層16、p型窒化物半導体層15、蒸発防止層14、発光層13、およびn型窒化物半導体層12の一部をエッチングで除去することにより、n型窒化物半導体層12(n型窒化物半導体コンタクト層)の表面を露出させる。

【0080】

さらに、第2酸化物層17上に所定の形状にパターニングされたマスクを形成する。そして、RIE装置を用いて、マスクが形成されていない第2酸化物層17の一部をエッチングすることにより、図16に示されるような、角柱上のパターンを形成する。露出した第1酸化物層16上、および露出したn型窒化物半導体層12上の所定の位置にTiとAlとを含むパット電極18、19をそれぞれ形成する。

10

【0081】

以上のようにして、実施例1のLED素子を形成する。このようにして作製されたLED素子は、p型窒化物半導体層15と第1酸化物層16との屈折率差が小さいことから、これらの各層の界面で反射しにくい。このため、LED素子の光取り出し効率が大きく、かつ発光効率を高めることができる。また、第2酸化物層17の表面がパターニングされて、凹凸構造となっていることにより、高い光取り出し効率を実現でき、発光効率を向上させることができる。

20

【実施例2】

【0082】

実施例2では、実施例1のLED素子に対し、図17に示すように、p型窒化物半導体層15と第1酸化物層16との間に導電性酸化物層20を形成することを除いては、実施例1と同様の方法により、実施例2のLED素子を作製する。

【0083】

具体的には、実施例1においてp型窒化物半導体層15の形成後に、ウエハを反応炉から取り出し、p型窒化物半導体層15の表面にスパッタ法を用いてITO(indium tin oxide)からなる導電性酸化物層20を50nmの厚さで形成する。

【0084】

実施例2のLED素子のように、ITOからなる導電性酸化物層20をp型窒化物半導体層15と第1酸化物層16との間に形成することにより、p型窒化物半導体層15と第1酸化物層16との間の接触面のコンタクト抵抗を低くすることができ、以って光取り出し効率を高くするとともに、動作電圧を低くすることができる。

30

【実施例3】

【0085】

実施例3では、実施例1のLED素子に対し、図18に示すように、p型窒化物半導体層15と第1酸化物層16との間に、Inを含む窒化物半導体層21を形成することを除いては、実施例1と同様の方法により、実施例3のLED素子を作製する。

【0086】

具体的には、実施例1においてp型窒化物半導体層15の形成後に、基板の温度を700に低下させて、キャリアガスとして窒素、原料ガスとしてアンモニア、TMGおよびTMI、不純物ガスとして CP_2Mg を反応炉内に流しながら、Mgが $1 \times 10^{20} / cm^3$ の濃度でドーピングされた $In_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなるInを含む窒化物半導体層21を20nmの厚さで形成する。

40

【0087】

実施例3のLED素子のように、 $In_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなるInを含む窒化物半導体層21をp型窒化物半導体層15上に形成することにより、p型窒化物半導体層15と第1酸化物層16との間の接触面のコンタクト抵抗を低くすることができ、光取り出し効率を高くするとともに、動作電圧を低くすることができる。

【実施例4】

50

【0088】

実施例4では、実施例3のInを含む窒化物半導体層21の組成を $Al_{0.05}In_{0.15}Ga_{0.8}N$ に代えることを除いては実施例3と同様の方法により、実施例4のLED素子を作製する。

【0089】

具体的には、実施例1においてp型窒化物半導体層15を形成し、基板の温度を700に低下させて、キャリアガスとして窒素、原料ガスとしてアンモニア、TMGおよびTMI、TMA、不純物ガスとして CP_2Mg を反応炉内に流しながら、Mgが $1 \times 10^{20} / cm^3$ の濃度でドーピングされた $Al_{0.05}In_{0.15}Ga_{0.8}N$ からなるInを含む窒化物半導体層21を20nmの厚さで形成する。

10

【0090】

実施例4のLED素子のように、 $Al_{0.05}In_{0.15}Ga_{0.8}N$ からなるInを含む窒化物半導体層21をp型窒化物半導体層15上に形成することにより、p型窒化物半導体層15と第1酸化層16との間の接触面のコンタクト抵抗を低くすることができ、光取り出し効率を高くするとともに、動作電圧を低くすることができる。

【実施例5】

【0091】

実施例5では、実施例1に対して、TiとAlを含むパット電極18、19を図19に示すように枝状に伸ばし、第1酸化層16の厚さを150nmに変更することを除いては、実施例1と同様の方法により、実施例5のLED素子を作製する。

20

【0092】

実施例5のLED素子のように、パット電極を枝上に伸ばすことにより、p側の第1酸化層である第1酸化層16の厚みが薄くても電流を十分拡散させることができ、動作電圧を低くすることができる。また、第1酸化層16の厚みを薄くすることにより、第1酸化層16が発光層13からの光の吸収率を下げることができ、以って光取り出し効率を高くするとともに、発光効率を向上させることができる。

【0093】

以上のように本発明の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

【0094】

今回開示された実施の形態および実施例は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

30

【産業上の利用可能性】

【0095】

本発明によれば、光取り出し効率が高く、かつ発光効率が高い窒化物半導体発光素子を提供することができる。

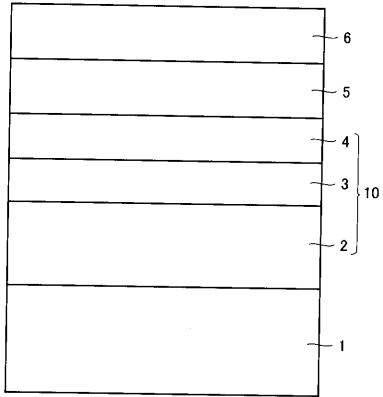
【符号の説明】

【0096】

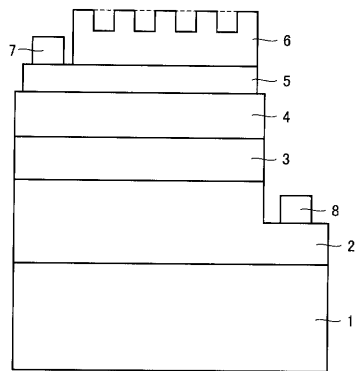
1 基板、2 n型窒化物半導体層、3 発光層、4 p型窒化物半導体層、5 第1酸化層、6 第2酸化層、7, 8 金属電極、10 窒化物半導体積層体、11 基板、12 n型窒化物半導体層、13 活性層、14 蒸発防止層、15 p型窒化物半導体層、16 第1酸化層、17 第2酸化層、18, 19 パット電極、20 導電性酸化層、21 Inを含む窒化物半導体層。

40

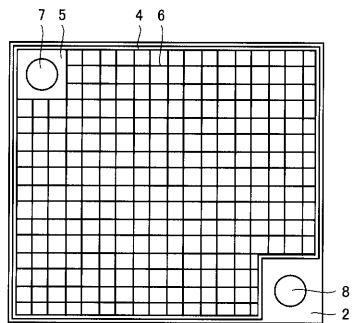
【 図 1 】



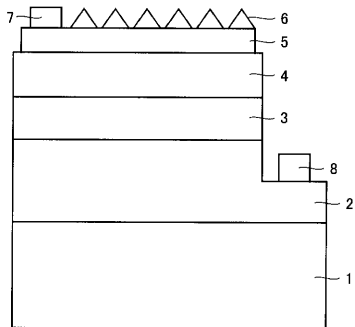
【 図 2 】



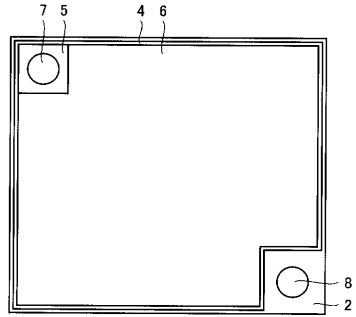
【 図 5 】



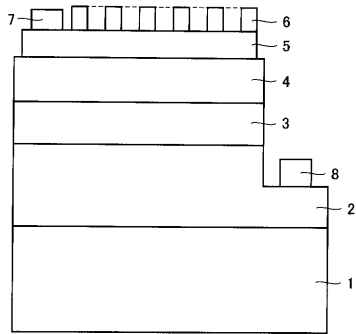
【 図 6 】



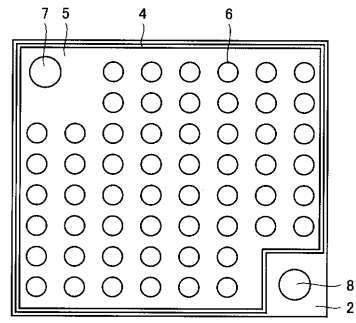
【 図 3 】



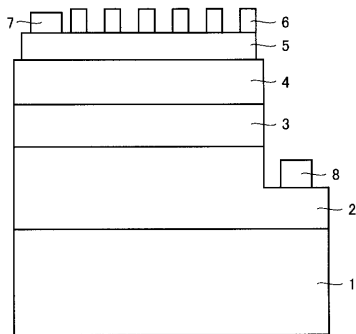
【 図 4 】



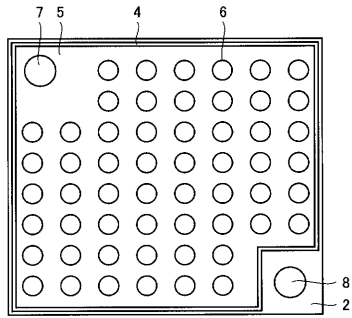
【 図 7 】



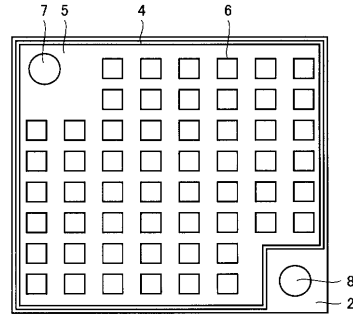
【 図 8 】



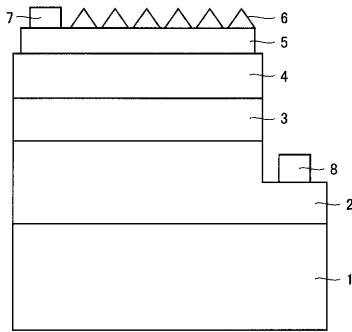
【図 9】



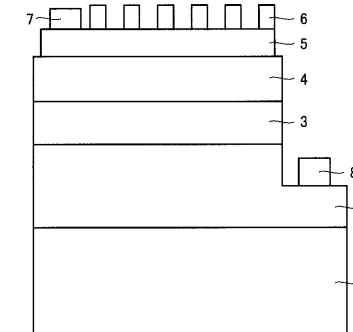
【図 11】



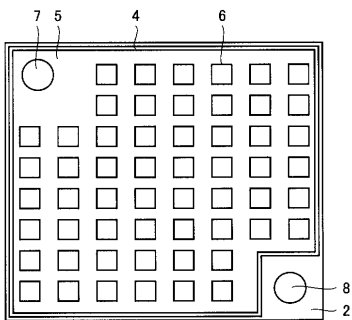
【図 10】



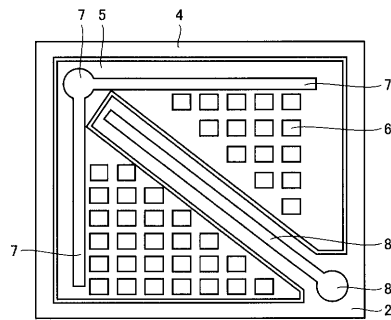
【図 12】



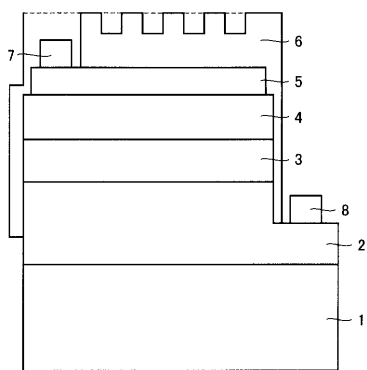
【図 13】



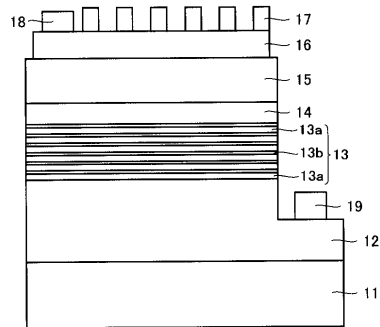
【図 15】



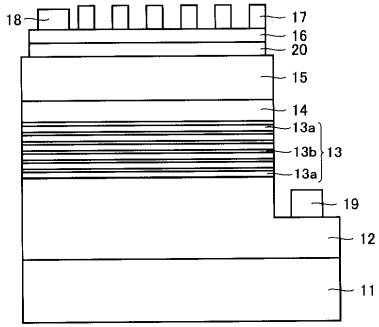
【図 14】



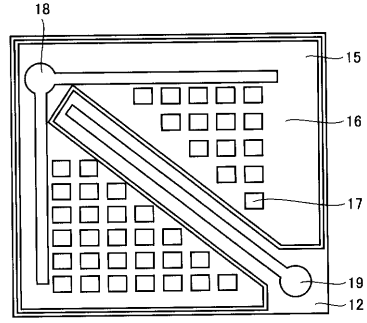
【図 16】



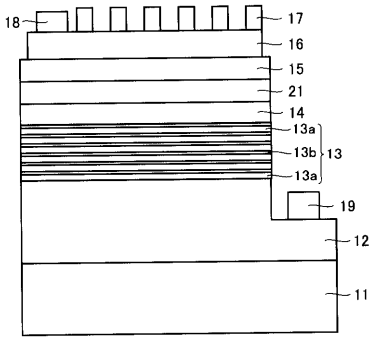
【図 17】



【図 19】



【図 18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/283 C

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 駒田 聡

大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 4M104 AA04 BB36 BB39 EE05 EE11 EE16 FF31 GG04 HH15

5F041 AA03 AA04 CA04 CA05 CA12 CA40 CA65 CA74 CA84 CA88

CA92 CA93 CA98 CA99 CB15 CB36