

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5792694号  
(P5792694)

(45) 発行日 平成27年10月14日(2015.10.14)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L 33/02	(2010.01)	HO 1 L	33/00	1 0 0	
HO 1 L 33/32	(2010.01)	HO 1 L	33/00	1 8 6	
HO 1 L 33/38	(2010.01)	HO 1 L	33/00	2 1 0	

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2012-179800 (P2012-179800)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成24年8月14日(2012.8.14)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2014-38920 (P2014-38920A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年2月27日(2014.2.27)	(74) 代理人	100108062
審査請求日	平成26年2月19日(2014.2.19)		弁理士 日向寺 雅彦
前置審査		(72) 発明者	後藤田 徹
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	山田 真嗣
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	布上 真也
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

10 × 10<sup>-6</sup> / K 以下の熱膨張係数を有する金属基板と、  
 窒化物半導体を含む第1導電形の第1半導体層と、  
 前記金属基板と前記第1半導体層との間に設けられ窒化物半導体を含む第2導電形の第2半導体層と、  
 前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられ窒化物半導体を含む発光層と、  
 前記金属基板と前記第2半導体層との間に設けられ前記金属基板に接し50ナノメートル以上200ナノメートル以下の厚さを有しTiを含む第1中間層と、  
 前記第1中間層と前記第2半導体層との間に設けられ1000ナノメートル以上10マイクロメートル以下の厚さを有する第2中間層と、  
 前記第2中間層と前記第2半導体層との間に設けられ50ナノメートル以上200ナノメートル以下の厚さを有しTiを含む第3中間層と、  
 前記第3中間層の一部と前記第2半導体層との間に設けられた第2電極と、  
 前記第3中間層の他の一部と前記第2半導体層との間に設けられた誘電体層と、  
 前記発光層の側面に設けられ前記誘電体層と接する保護層と、  
 裏面電極と、  
 を備え、  
 前記金属基板は、第1金属を含む第1金属部と、前記第1金属部に分散され第2金属を含む第2金属部と、を含み、

10

20

前記金属基板の前記第1中間層と接する第1面の表面粗さは、前記第1中間層の厚さよりも小さく、

前記金属基板は、前記第1面とは反対側の第2面を有し、  
前記第2面の表面粗さは、200ナノメートル以上であり、  
前記裏面電極は、前記第2面に接する半導体発光素子。

【請求項2】

前記金属基板の熱伝導率は、 $160\text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ 以上である請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】

前記第1金属部及び前記第2金属部のいずれか一方はMoを含み、  
前記第1金属部及び前記第2金属部のいずれか他方はCuを含む請求項1または2に記載の半導体発光素子。

10

【請求項4】

前記第1中間層は、  
前記金属基板と前記第2半導体層との間に設けられ、前記金属基板に接し、Tiを含む第1層と、  
前記第1層と前記第2半導体層との間に設けられ、前記第1中間層とは異なる金属を含む第2層と、  
前記第2層と前記第2半導体層との間に設けられ、Tiを含む第3層と、  
を有する請求項1～3のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

20

【請求項5】

前記第2中間層は、Auを含む請求項1～4のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

【請求項6】

前記金属基板の厚さは200マイクロメートル以下である請求項1～5のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

【請求項7】

第1電極をさらに備え、  
前記第1電極は、前記第1半導体層に接し、  
前記第1半導体層は、前記第1電極と前記発光層との間に設けられる請求項1～6のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

30

【請求項8】

第1電極をさらに備え、  
前記第1半導体層は、前記金属基板とは反対側の第3面と、前記第3面とは反対側の第4面と、を有し、  
前記第1電極は前記第4面と接する請求項1～6のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

【請求項9】

前記第1半導体層は、前記金属基板とは反対側の第3面を有し、  
前記保護層は、前記第3面の一部を覆った請求項8記載の半導体発光素子。

【請求項10】

前記第1半導体層は、前記金属基板とは反対側の第3面を有し、  
前記第3面は、前記発光層から放出される光の波長よりも長い間隔で設けられた凹凸部を有する請求項1～7のいずれか1つに記載の半導体発光素子。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体発光素子を製造する方法の一つとして、放熱性の優れた基板と、窒化物半導体を

50

含む積層体が設けられた成長用基板と、を接合した後、成長用基板を除去する方法がある。半導体発光素子において、信頼性の向上が望まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-142479号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の実施形態は、信頼性が高い半導体発光素子を提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、半導体発光素子は、金属基板と、第1導電形の第1半導体層と、第2導電形の第2半導体層と、発光層と、第1中間層と、第2中間層と、第3中間層と、第2電極と、誘電体層と、保護層と、裏面電極と、を含む。前記金属基板は、 $10 \times 10^{-6} / K$ 以下の熱膨張係数を有する。前記第1半導体層は、窒化物半導体を含む。前記第2半導体層は、前記金属基板と前記第1半導体層との間に設けられ窒化物半導体を含む。前記発光層は、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられ窒化物半導体を含む。前記第1中間層は、前記金属基板と前記第2半導体層との間に設けられ前記金属基板に接し50ナノメートル以上200ナノメートル以下の厚さを有しTiを含む。前記第2中間層は、前記第1中間層と前記第2半導体層との間に設けられ1000ナノメートル以上10マイクロメートル以下の厚さを有する。前記第3中間層は、前記第2中間層と前記第2半導体層との間に設けられ50ナノメートル以上200ナノメートル以下の厚さを有しTiを含む。前記第2電極は、前記第2中間層の一部と前記第2半導体層との間に設けられる。前記誘電体層は、前記第2中間層の他の一部と前記第2半導体層との間に設けられる。前記保護層は、前記発光層の側面に設けられ前記誘電体層と接する。前記金属基板は、第1金属を含む第1金属部と、前記第1金属部に分散され第2金属を含む第2金属部と、を含む。前記金属基板の前記第1中間層と接する第1面の表面粗さは、前記第1中間層の厚さよりも小さい。前記金属基板は、前記第1面とは反対側の第2面を有する。前記第2面の表面粗さは、200ナノメートル以上である。前記裏面電極は、前記第2面に接する。

20

30

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1の実施形態に係る半導体発光素子を示す模式的断面図である。

【図2】図1のA部を拡大した模式的断面図である。

【図3】熱膨張係数及び熱伝導率を示したグラフ図である。

【図4】図4(a)及び図4(b)は、基板接合の状態の断面SEM像である。

【図5】第2の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法を示すフローチャートである。

【図6】図6(a)及び図6(b)は、半導体発光素子の製造方法を示す模式的断面図である。

40

【図7】図7(a)及び図7(b)は、半導体発光素子の製造方法を示す模式的断面図である。

【図8】半導体発光素子の製造方法を示す模式的断面図である。

【図9】第3の実施形態に係る半導体発光素子を示す模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

50

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0008】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る半導体発光素子を示す模式的断面図である。

図2は、図1のA部を拡大した模式的断面図である。

【0009】

本実施形態の半導体発光素子110は、金属基板10と、積層体60と、第1中間層20と、第2中間層30と、を含む。積層体60は、第1半導体層66と、発光層64と、第2半導体層62と、を含む。

10

【0010】

半導体発光素子110は、積層体60と金属基板10との接合により形成される(以下、基板接合)。積層体60を形成するために用いられた成長用基板18は除去されている。

【0011】

金属基板10は、積層体60を支持する。金属基板10は、第1面10aと、第1面10aの反対側の第2面10bと、を有する。第1面10aは、後述する第1中間層20と接する面である。

【0012】

ここで、金属基板10の第1面10aに対して垂直な軸をZ軸とする。Z軸に対して垂直な1つの軸をX軸方向とする。Z軸とX軸とに対して垂直な方向をY軸とする。以下において、「積層」とは、互いに接して重ねられる場合の他に、間に他の層が挿入されて重ねられる場合も含む。また、「上に設けられる」とは、直接接して設けられる場合の他に、間に他の層が挿入されて設けられる場合も含む。

20

【0013】

金属基板10の熱膨張係数は、成長用基板18の熱膨張係数に近いことが好ましい。成長用基板18は、例えば、シリコン(Si)基板、サファイア基板、及び炭化シリコン(SiC)基板的いずれかである。Si基板の熱膨張係数は、 $2.5 \times 10^{-6} / K$ である。サファイア基板の熱膨張係数は、 $5.2 \times 10^{-6} / K$ である。また、SiC基板の熱膨張係数は、 $3.7 \times 10^{-6} / K$ である。例えば、金属基板10の熱膨張係数は、 $10 \times 10^{-6} / K$ 以下である。これにより、基板接合のとき、剥離が抑制される。

30

【0014】

金属基板10の熱伝導率は、成長用基板18の熱伝導率よりも高い。例えば金属基板10の熱伝導率は、 $160 W / (m \cdot K)$ 以上である。これにより、積層体60から生じた熱が放出される。

【0015】

金属基板10は、例えば、焼結含浸金属を含む。金属基板10は、第1金属を含む第1金属部と、第1金属部に分散され第2金属を含む第2金属部と、を有する。第1金属部は、第1金属の粉末を焼結させることにより形成される。また、第2金属部は、第1金属部に第2金属を含浸させることにより形成される。含浸の際には、第2金属の溶出防止剤を用いてもよい。金属基板10として焼結含浸金属が用いられることにより、後述する第1中間層20との密着性が向上する。

40

【0016】

例えば、第1金属部及び第2金属部のいずれか一方はモリブデン(Mo)及びタングステン(W)のいずれかを含み、第1金属部及び第2金属部のいずれか他方は銅(Cu)を含む。

【0017】

ここで、図3は、熱膨張係数及び熱伝導率を示したグラフ図である。

図3は、各種基板の熱膨張係数(CTE： $10^{-6} / K$ )及び熱伝導率(TC： $W / (m \cdot K)$ )が表されている。

50

図3において、積層型金属(LM)及び焼結含浸金属(SIM)が表されている。図3に表されている積層型金属LMは、ホットプレスによりCu、Mo及びCuを接着して積層した金属である。全体に対するMoの割合が付されている。また、焼結含浸金属SIMのうち、 $Cu_{0.5}Mo_{0.5}$ 、 $Cu_{0.35}Mo_{0.65}$ 、及びCuWが表されている。

#### 【0018】

図3に表したように、積層型金属LMは、Siよりも高熱伝導率である。しかし、後述するように、基板接合時に積層界面が剥離する可能性がある。

#### 【0019】

これに対して、焼結含浸金属SIMは、Cu及びMoの組成比に従って熱膨張係数CTE及び熱伝導率TCが線形に変化する。焼結金属は含有金属間の界面で剥離することがない。したがって、例えば、金属基板10には、 $Cu_{0.5}Mo_{0.5}$ 、 $Cu_{0.35}Mo_{0.65}$ 、CuWのいずれかが用いられることが好ましい。このとき、金属基板10の熱膨張係数は、 $10 \times 10^{-6} / K$ 以下を満たす。また、金属基板10がCuを含むことにより、金属基板10の熱伝導率は、 $160 W / (m \cdot K)$ 以上を満たす。金属基板10におけるMoの組成比が高い方が、金属の剥離が抑制される傾向がある。

#### 【0020】

金属基板10の厚さは、例えば200マイクロメートル( $\mu m$ )以下である。金属基板10の厚さが200 $\mu m$ より厚い場合、基板接合後の降温時に発生する応力によって、成長用基板18と積層体60とが剥離する可能性がある。一方、金属基板10の厚さが200 $\mu m$ 以下であるとき、成長用基板18の剥離が抑制される。

#### 【0021】

ここで、金属基板10の第1面10aは、例えばCMP(Chemical Mechanical Polishing)により研磨される。金属基板10の第1面10aの表面粗さは、後述する第1中間層20の厚さよりも小さい。言い換えれば、第1面10aの表面粗さの値が、第1中間層20の粗さの値よりも小さい。第1面10aは、第1面10aの凹凸に沿って、第1中間層20によって覆われている。これにより、基板接合の際に、金属基板10に含まれる金属(例えばCu)が第2中間層30に拡散すること、又は第2中間層30に含まれる金属(例えばAu、Sn)が金属基板10に拡散すること(金属の相互拡散)が抑制される。

#### 【0022】

金属基板10の「表面粗さ」は、例えばAFM(Atomic Force Microscopy)、表面粗さ計(サーフコーダ)により測定される。「表面粗さ」は特に限定されないが、例えば、JIS-B-0601で規定される算術平均表面粗さRaであってよい。

#### 【0023】

金属基板10の第1面10aの表面粗さは、例えば100nm以下であり、より好ましくは50nm以下である。第1面10aの表面粗さが50nm以下であることにより、上記した金属の拡散が顕著に抑制される。

#### 【0024】

積層体60は、金属基板10の第1面10a側に設けられる。上述のように、積層体60は、第1導電形の第1半導体層66と、発光層64と、第2導電形の第2半導体層62と、を含む。

#### 【0025】

第1導電形は、例えばn形である。第1導電形とは反対の第2導電形は、例えばp形である。第1導電形はp形、第2導電形はn形であってもよい。本実施形態では、第1導電形がn形、第2導電形がp形である場合を例として説明する。

#### 【0026】

第1半導体層66は、窒化物半導体を含む。第1半導体層66の導電形は、例えばn形である。第1半導体層66は、例えばドーパントとしてシリコン(Si)を含む。第1半導体層66のSi濃度は、 $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ 以上である。これにより、第1半導体層66における電流広がり長が長くなり、発光効率が向上する。

10

20

30

40

50

## 【0027】

第1半導体層62は、金属基板10とは反対側の第3面66aを有する。第3面66aとは、発光層64から放出される光が主に外部に出射される面である。

## 【0028】

第1半導体層66の第1面66aは、複数の凹凸部66sを有している。凹凸部66sのうち隣接する凸部の間の長さは、発光層64から放射される発光光の第1半導体層66中のピーク波長よりも長い。これにより、光取り出し効率が向上する。

## 【0029】

第2半導体層62は、金属基板10と第1半導体層66との間に設けられる。第2半導体層62は、窒化物半導体を含む。第2半導体層62の導電形は、例えばp形である。第2半導体層62は、例えばドーパントとしてマグネシウム(Mg)を含む。第2半導体層62におけるMgの濃度は、例えば $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ であることが好ましい。これにより、第2半導体層62は、第2電極50にオーミック接触する。

10

## 【0030】

p型窒化物半導体の抵抗率は高いことから、第2半導体層62の厚さは100nm以下であることが望ましい。例えば、第2半導体層62は、発光層64と接する80nmのGaN層と、第2電極50と接する5nmのGaN層と、有する。

## 【0031】

発光層64は、第1半導体層62と第2半導体層66との間に設けられる。発光層64は、窒化物半導体を含む。発光層64は、例えば、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ )を含む。発光層64は、例えば、AlGaNバリア層と、InGaN井戸層と、が交互に、N周期、積層された多重量子井戸構造(MQW)を有する。Nは2以上の整数である。MQW構造における各層の厚さは例えば1nm以上10nm以下である。

20

## 【0032】

MQW構造と第1半導体層66との間に、InGaN/GaNの超格子構造が設けられていても良い。これにより、MQW構造と第1半導体層66との格子定数の差が緩和する。

## 【0033】

第1半導体層66は、第1電極80と発光層64との間に設けられる。第1電極80には、チタン(Ti)、Ti及びアルミニウム(Al)の合金、又は透明酸化物(例えばITO)が用いられる。

30

## 【0034】

第1電極80は、例えば積層構造を有する。第1電極80は、第1半導体層66と接するAl層と、Al層の上に設けられたNi層と、Ni層の上に設けられたAu層と、を有する。Al層の厚さは100nm以上200nm以下である。Au層の厚さは1μm以上である。

## 【0035】

他の第1電極80の構成としては、Ti/Al/Ni/Auの4層構造、又はTi/Al/Ta/Pt/Auの5層構造でも良い。第1電極形成工程前後の熱プロセスに応じて、第1電極80の構成は選定される。

40

## 【0036】

誘電体層72は、第2半導体層62と第3中間層40との間に設けられる。誘電体層72は、第2半導体層62と、後述する保護層76と接する。また、誘電体層72は、第3中間層40と接する。誘電体層72は、Z軸方向から見て、第2半導体層62を囲むように設けられる。誘電体層72は、例えば、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{SiN}$ )、又は窒化酸化シリコン( $\text{SiON}$ )を含む。

## 【0037】

第2電極50は、後述する第2中間層30と第2半導体層62との間に設けられる。第2電極50は、第2半導体層62に接する。第2電極50には、例えばNi及びAgのい

50

ずれかが用いられる。第2電極50には、Pt、Ru、Os、Rh、Ir及びPdのいずれかの白金族の金属が用いられてもよい。

【0038】

積層体60は、例えば角錐台形状を有している。

保護層76は、少なくとも発光層64の側面上に設けられる。保護層76としては、例えば、SiO<sub>2</sub>、SiN、及びSiONの少なくともいずれかが用いられる。これにより、積層体60の各層間における電流リークが抑制される。また、保護層76は、第3面66aの一部を覆っている。

【0039】

次に、第1中間層20、第2中間層30及び第3中間層40について説明する。

10

積層体60及び金属基板10は、第1中間層20、第2中間層30及び第3中間層40を介して接合されている。

【0040】

第1中間層20は、金属基板10と第2半導体層62との間に設けられる。第1中間層20は、金属基板10に接する。第1中間層20は金属の拡散を抑制するバリア層として機能する。第1中間層20は、基板接合の際に予め金属基板10の第1面10a上に設けられる。第1中間層20は、金属基板10と第2中間層30との間で金属が相互拡散することを抑制する。また、第1中間層20は、金属基板10と第2中間層30との密着性を強化する。

【0041】

20

第1中間層20は、Tiを含む。これにより、金属基板10と第2中間層30との間で金属が相互拡散が抑制される。

【0042】

第1中間層20の厚さは、50nm以上1000nm以下であり、より好ましくは50nm以上200nm以下である。第1中間層20の厚さが50nm以上であることにより、第1面10aは、第1中間層20によって被覆される。一方、積層体からの熱伝導を向上させるため、第1中間層20の厚さは200nm以下であることが好ましい。

【0043】

第1中間層20は、積層構造であってもよい。この内容については詳細を後述する。

【0044】

30

第2中間層30は、第1中間層20と第2半導体層62との間に設けられる。第2中間層30は、積層体60と金属基板10とを接合する。

【0045】

第2中間層30の材料の融点は、第1中間層20の材料の融点よりも低い。第2中間層30の材料の融点は、後述する第3中間層40の材料の融点よりも低い。第2中間層30の材料は、例えば低融点半田である。第2中間層30は、例えば金(Au)を含む。例えば、第2中間層30の材料には、金スズ(AuSn)、金インジウム(AuIn)のいずれかが用いられる。第2中間層30の材料は、Snであってもよい。

【0046】

第2中間層30の厚さは、1000nm以上10μm以下であり、より好ましくは1μm以上5μm以下である。

40

【0047】

第3中間層40は、第2電極50と第2中間層30との間に設けられる。第3中間層40は、Tiを含む。第3中間層40は積層構造を有していても良い。第3中間層40は、例えばTiW/Pt/TiW/Pt/Ti/Auである。これにより、第3中間層40によって金属の拡散が抑制される。第3中間層40の材料は第2中間層30の材料と同じであってもよい。

【0048】

第3中間層40の厚さは、例えば50nm以上1000nm以下であり、より好ましくは50nm以上200nm以下である。

50

## 【0049】

裏面電極90は、金属基板10の第2面10bに接する。裏面電極90には、例えばAuが用いられる。

## 【0050】

金属基板10の第2面10bには研磨等の処理が施されていない。金属基板10の第2面10bの表面粗さは、第1面10aの表面粗さよりも大きい。金属基板10の第2面10bの表面粗さは、例えば200nm以上である。これにより、裏面電極90がアンカー効果により金属基板10に密着する。

## 【0051】

次に、図2により、半導体発光素子110の接合部分(図1のA部)について詳細を説明する。

10

第1中間層20は積層構造を有しても良い。第1中間層20は、第1層22と、第2層24と、第3層26と、を有する。第1層22は、金属基板10と第2中間層30との間に設けられ、金属基板10に接する。第1層22は、Tiを含む。第1層22はNiを含んでいても良い。第1層22の厚さは、10nm以上200nmである。第1層22の厚さは例えば50nmである。第1層22により、金属基板10に含まれる金属が第2中間層30に向けて拡散することが抑制される。

## 【0052】

第2層24は、第1層22と第2中間層30との間に設けられる。第2層24は、第1層22の材料とは異なる金属を含む。第2層24は、例えばPtを含む。第2層24は、Ti及びAuのいずれかを含んでいても良い。第2層24の厚さは、10nm以上200nmである。第2層24の厚さは例えば50nmである。

20

## 【0053】

第3層26は、第2層24と第2中間層30との間に設けられる。第3層26は、Tiを含む。これにより、第2層24と第2中間層30との密着性が向上する。また、第2中間層30に含まれる金属が金属基板10に向けて拡散することが抑制される。第3層26はAuを含んでいても良い。

## 【0054】

次に、参考例と対比しながら、基板接合時の状態について説明する。

第1参考例の半導体発光素子において、金属基板は、積層型金属の基板である。金属基板は、例えばCuを含む第1金属層と、Cuを含む第2金属層と、第1金属層と第2金属層との間に設けられMoを含む第3金属層と、を含む。第1中間層20は、第1金属層と第2中間層との間に設けられる。積層体は成長用基板に接する。積層体は、第2中間層を介して金属基板に接合されている。

30

## 【0055】

第1参考例の基板接合において、第1金属層及び第2金属層の界面と、第2金属層及び第3金属層の界面と、において、強い応力が発生する。このため、上記したそれぞれの界面の剥離等の機械的損傷が発生する可能性がある。

## 【0056】

第2参考例の半導体発光素子は、金属層の配置が逆である点で第1参考例の半導体発光素子とは異なる。第2参考例において、金属基板は、例えばCuを含む第4金属層と、Cuを含む第5金属層と、第4金属層と第5金属層との間に設けられMoを含む第6金属層と、を含む。

40

## 【0057】

第2参考例の基板接合においても、第4金属層及び第5金属層の界面と、第5金属層及び第6金属層の界面と、において、剥離等の機械的損傷が発生する可能性がある。また、第4金属層のCuと、第2中間層との間において金属が相互拡散する可能性がある。

## 【0058】

第3参考例の半導体発光素子において、金属基板は、焼結合浸金属の基板である。金属基板の面の表面粗さは、例えば第1中間層の厚さよりも大きい。金属基板の面の表面粗さ

50

は例えば200nm以上である。第3参考例における他の構成は、第1の実施形態の構成と同様である。

【0059】

ここで、図4(a)及び図4(b)は、基板接合の状態の断面SEM像である。第1中間層20は、例えば3層構造であり、第1層22、第2層24及び第3層26を含む。

図4(a)は、第3参考例の半導体発光素子193の製造工程のうちの基板接合時の状態を示している。

図4(b)は、本実施形態の半導体発光素子110の製造工程のうちの基板接合時の状態を示している。

図4(a)に表したように、第3参考例において、第1面の表面は、第1の実施形態における金属基板10の第1面10aの表面よりも粗い。B部において、第1中間層20が不連続となっている。このため、金属基板13から第2中間層30に向けて、金属基板11に含まれる金属(例えばCu)が拡散する。EDX(Energy dispersive X-ray spectrometry)分析を行うと、B部の第2中間層30からCuが検出される。第2中間層30として例えばAuを用いた場合、相互拡散によって生じたAuCuの組成は不安定である。このような相互拡散によって、第3参考例の半導体発光素子では金属基板13の剥がれが発生しやすい。

10

【0060】

これに対して、図4(b)に表したように、第1の実施形態の半導体発光素子110において、金属基板10の第1面10aは、例えばCMPにより研磨されている。金属基板10の第1面10aの表面粗さは第1中間層20の厚さよりも小さい。この例では、金属基板10の第1面10aの表面粗さは50nm以下である。金属基板10の第1面10aの表面粗さは25nmである。

20

【0061】

第1の実施形態では、第1面10aは、第1面10aの凹凸に沿って、第1中間層20によって覆われている。これにより、基板接合の際に、金属基板10と第2中間層30との間の金属の相互拡散が抑制される。半導体発光素子110においては、金属基板10の剥がれが抑制される。半導体発光素子110においては、金属基板10による放熱性が長期間維持される。よって、半導体発光素子110では、長寿命化が達成される。

【0062】

以上のように、本実施形態によれば、基板接合の際に発生する可能性がある様々な欠陥が抑制される。

30

【0063】

(第2の実施形態)

図5は、第2の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法を示すフローチャートである。

図6(a)~図8は、半導体発光素子の製造方法を示す模式的断面図である。

【0064】

図5に表したように、第2の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法は、基板接合(ステップS101)及び成長用基板の除去(ステップS102)を含む。

40

【0065】

基板接合(ステップS101)では、成長用基板18の上に設けられた積層体60と、金属基板10と、を第2半導体層62と第1中間層20とが対向するように配置して、第2中間層30を介して接合する。

成長用基板の除去(ステップS102)では、成長用基板18を積層体60から除去する。

以下詳細を説明する。

【0066】

まず、基板接合(ステップS101)を行う。

図6(a)に表したように、基板接合(ステップS101)は、例えば積層体60が設

50

けられた成長用基板 18 を準備する工程を含む。成長用基板 18 を準備する工程は、例えば、以下の工程を含む。

【0067】

図6(a)において、成長用基板 18 に対して垂直な軸を Z 1 軸とする。Z 1 軸に対して垂直な 1 つの軸を X 1 軸方向とする。Z 1 軸と X 1 軸とに対して垂直な方向を Y 1 軸とする。また、同図において「A の上に形成する」とは、A の Z 1 軸方向に形成することを意味する。図6(a)における Z 1 軸方向は、他の図における Z 軸方向とは反対の方向である。

【0068】

成長用基板 18 は、例えば、Si 基板、サファイア基板、及び SiC 基板のいずれかである。成長用基板 18 の上に、n 形の第 1 半導体層 66 を形成する。第 1 半導体層 66 はバッファ層を含んでいても良い。次に、第 1 半導体層 66 の上に発光層 64 を形成する。例えば、発光層 64 は、上記した MQW 構造を有する。発光層 64 の成長温度は 900 以上 950 以下であることが好ましい。発光層 64 の上に p 形の第 2 半導体層 62 を形成する。

10

【0069】

第 2 半導体層 62 の上に、誘電体層 72 を形成する。誘電体層 72 の一部を選択的に除去する。第 2 半導体層 62 の上に接する第 2 電極 50 を形成する。

【0070】

さらに、第 2 電極 50 及び誘電体層 72 の上に、第 3 中間層 40 を形成する。第 3 中間層 40 は、積層構造を有する。積層体 60 の上に、例えばスパッタ法により TiW/Pt/TiW/Pt を形成する。さらに、真空蒸着により、Ti/Au を形成する。

20

【0071】

また、図6(b)に表したように、基板接合(ステップ S101)は、例えば成長用基板 18 を準備する工程と並行して、金属基板 10 を準備する工程を含んでいても良い。金属基板 10 を準備する工程は、例えば以下の工程を含む。

【0072】

第 1 金属(例えば Mo)の粉末を焼結させる。これにより、第 1 金属を含む焼結体である第 1 金属部が形成される。第 1 金属部に第 2 金属の溶出防止材を塗布する。次に、第 1 金属部に第 2 金属を含浸する。このとき、溶出防止材は除去される。このように形成された金属基板 10 の熱膨張係数は、 $10 \times 10^{-6} / K$  以下である。

30

【0073】

次に、金属基板 10 の第 1 面 10a を CMP により研磨する。研磨前の第 1 面 10a の表面粗さは例えば 200 nm 以上である。研磨後の第 1 面 10a の表面粗さは例えば 50 nm 以下である。

【0074】

次に、金属基板 10 の第 1 面 10a の上に、第 1 中間層 20 を形成する。第 1 中間層 20 は、例えば積層構造を有する。例えば、第 1 面 10a の上に、真空蒸着により、Ti を含む第 1 層 22 と、Pt を含む第 2 層 24 と、Ti を含む第 3 層 26 と、を形成する。

【0075】

次に、第 1 中間層 20 の上に、第 2 中間層 30 を形成する。第 2 中間層 30 には、例えば低融点半田が用いられる。第 1 中間層 20 の上に、例えば真空蒸着により、第 2 中間層 30 として、AuSn、AuIn 及び Sn のいずれかが形成される。第 2 中間層 30 の材料は、下記の接合方法によって選択される。

40

【0076】

次に、図7(a)に表したように、成長用基板 18 の上に設けられた積層体 60 と、金属基板 10 と、を第 2 半導体層 62 と第 1 中間層 20 とが対向するように配置する。金属基板 10 の +Z 方向と、成長用基板 18 の +Z1 方向とが対向するように配置する。この状態で加熱することにより、積層体 60 と金属基板 10 とを第 2 中間層 30 を介して接合する。接合方法としては、例えば、共晶熔融接合法、又は液相拡散接合法が用いられる。

50

## 【0077】

このとき、金属基板10の第1面10aの表面粗さは、第1中間層20の厚さよりも小さい。これにより、基板接合の際に、金属基板10と第2中間層30との間の金属の相互拡散が抑制される。

## 【0078】

次に、図7(b)に表したように、成長用基板の除去(ステップS102)を行う。成長用基板18は積層体60から除去される。これにより、第1半導体層66の第3面66aが露出する。成長用基板18の除去には、例えば、レーザーリフトオフ法、基板研削法、ウェットエッチング法またはドライエッチング法が用いられる。

## 【0079】

成長用基板18がサファイア基板である場合、例えばレーザーリフトオフ法が用いられる。レーザー光は成長用基板18から積層体60に向かう方向(-Z方向)に照射される。レーザーの照射パワー密度は、例えば $0.65 \text{ J/cm}^2$ 以上 $0.80 \text{ J/cm}^2$ 以下である。これにより、サファイア基板が剥離される。

## 【0080】

図8に表したように、半導体発光素子の製造方法は、例えば、以下の工程を含んでも良い。

## 【0081】

ドライエッチングにより、積層体60を選択的に除去する。これにより、積層体60は角錐台形状に加工される。

## 【0082】

次に、第1半導体層66の第1面66aに、複数の凹凸部66sを形成する。例えば水酸化カリウムや水酸化ナトリウムの強アルカリ水溶液によって第1半導体層66を異方性エッチングする。エッチング温度は、例えば60以上80以下である。

## 【0083】

次に、真空蒸着などにより、第1半導体層66の上に第1電極80を形成する。以上により、半導体発光素子110が形成される。

## 【0084】

(第3の実施形態)

図9は、第3の実施形態に係る半導体発光素子を示す模式的断面図である。

以下、第3の実施形態に係る半導体発光素子120について、第1の実施形態に係る半導体発光素子110とは異なる点について説明する。

## 【0085】

図9に表したように、積層体60の一部は、例えばドライエッチングにより除去されている。第1半導体層66は、金属基板10とは反対側の第3面66aと、第3面66aとは反対側の第4面66bと、を有する。第4面66bは、積層体60の一部が除去された位置に設けられる。

## 【0086】

第1誘電体層721は、第1半導体層66の第3面66bと、発光層64の側面と、第2半導体層62の側面と、に接して設けられる。第1誘電体層721は、発光層64の保護層としても機能する。

## 【0087】

第1電極80は、第1半導体層66の第4面66bと接する。第1電極80は、例えば、コンタクト部81と、引き出し部82と、を有する。コンタクト部81は、第1半導体層66の第4面66bに接する。引き出し部82は、コンタクト部81に接する。第1誘電体層721は、第1半導体層66と引き出し部82との間に設けられる。引き出し部82は、Z方向から見て積層体60の外側(例えば、X方向)に延在する。引き出し部82のうち積層体60の外側に延在した部分には、パッド85が設けられる。

## 【0088】

第2誘電体層722は、第1電極80と第2中間層40との間に設けられる。第1電極

10

20

30

40

50

80と第2電極50とは、第2誘電体層722で電氣的に絶縁されている。これにより、基板接合において、第1電極80と第2電極50との電氣的短絡が抑制される。

【0089】

第2電極50は、第2中間層40と第2半導体層62との間に設けられる。第2電極50は、第2半導体層62に接する。

【0090】

第2電極50は、第2半導体層62とオーミック接触している。第2電極50は、例えばAg及びAlのいずれかを含むオーミック接触層と、高反射層と、マイグレーションを防止するキャップ層と、を含む。

【0091】

半導体発光素子110では、第1電極80によって光が吸収される。これに対して、半導体発光素子120では、第1電極80によって光が遮られない。また、半導体発光素子120では、パッド85が積層体60の外側に配置される。パッド85に接続されるボンディングワイヤは、発光面(第3面66a)を遮らない。本実施形態では、光取り出し効率が向上する。

【0092】

実施形態において、半導体層の成長には、例えば、有機金属気相堆積(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)法、有機金属気相成長(Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE)法、分子線エピタキシー(Molecular Beam Epitaxy: MBE)法、及び、ハライド気相エピタキシー法(HVPE)法が用いられる。

【0093】

例えば、MOCVD法またはMOVPE法を用いた場合には、各半導体層の形成の際の原料には、以下を用いることができる。Gaの原料として、例えばTMGa(トリメチルガリウム)及びTEGa(トリエチルガリウム)を用いることができる。Inの原料として、例えば、TMIn(トリメチルインジウム)及びTEIn(トリエチルインジウム)などを用いることができる。Alの原料として、例えば、TMAI(トリメチルアルミニウム)などを用いることができる。Nの原料として、例えば、NH<sub>3</sub>(アンモニア)、MMHy(モノメチルヒドラジン)及びDMHy(ジメチルヒドラジン)などを用いることができる。Siの原料としては、SiH<sub>4</sub>(モノシラン)、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(ジシラン)などを用いることができる。

【0094】

以上の実施形態によれば、信頼性が高い半導体発光素子を提供することができる。

【0095】

本明細書において「窒化物半導体」とは、 $B_x In_y Al_z Ga_{1-x-y-z} N$  ( $0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z < 1$ )なる化学式において組成比x、y及びzをそれぞれの範囲内で変化させた全ての組成の半導体を含むものとする。またさらに、上記化学式において、N(窒素)以外のV族元素もさらに含むもの、導電形などの各種の物性を制御するために添加される各種の元素をさらに含むもの、及び、意図せず含まれる各種の元素をさらに含むものも、「窒化物半導体」に含まれるものとする。

【0096】

本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけではなく、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

【0097】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

【0098】

また、各具体例のいずれか2つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも

10

20

30

40

50

、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

【0099】

その他、本発明の実施の形態として上述した半導体発光素子を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての半導体発光素子も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

【0100】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

【0101】

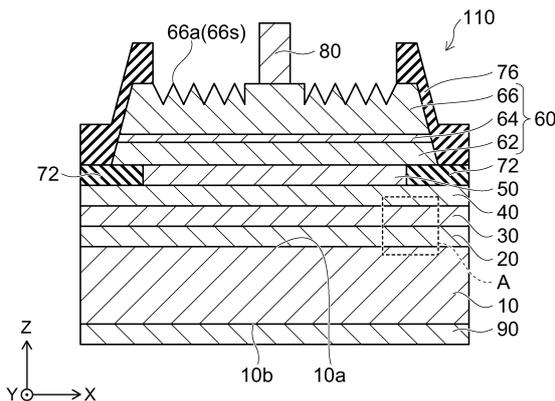
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

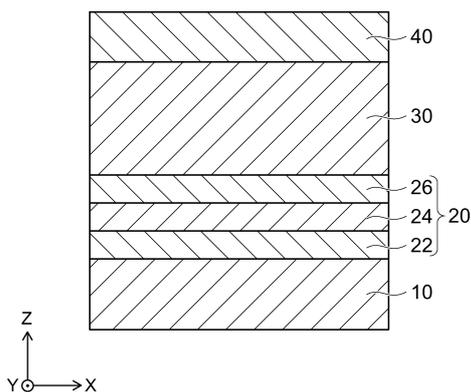
【0102】

10...金属基板、10a...第1面、10b...第2面、11、12、13...金属基板、18...成長用基板、20...第1中間層、22...第1層、24...第2層、26...第3層、30...第2中間層、40...第3中間層、50...第2電極、60...積層体、62...第2半導体層、64...発光層、66...第1半導体層、66a...第3面、66b...第4面、66s...凹凸部、72...誘電体層、76...保護層、80...第1電極、81...コンタクト部、82...引き出し部、85...パッド、90...裏面電極、110、120、193...半導体発光素子、721...第1誘電体層、722...第2誘電体層

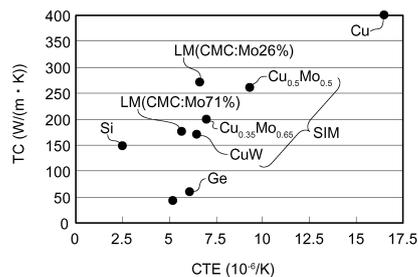
【図1】



【図2】



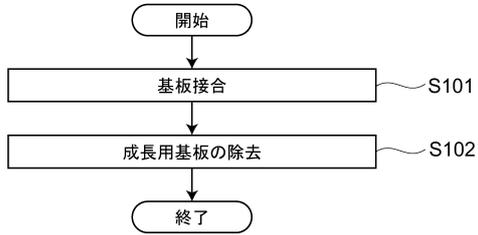
【図3】



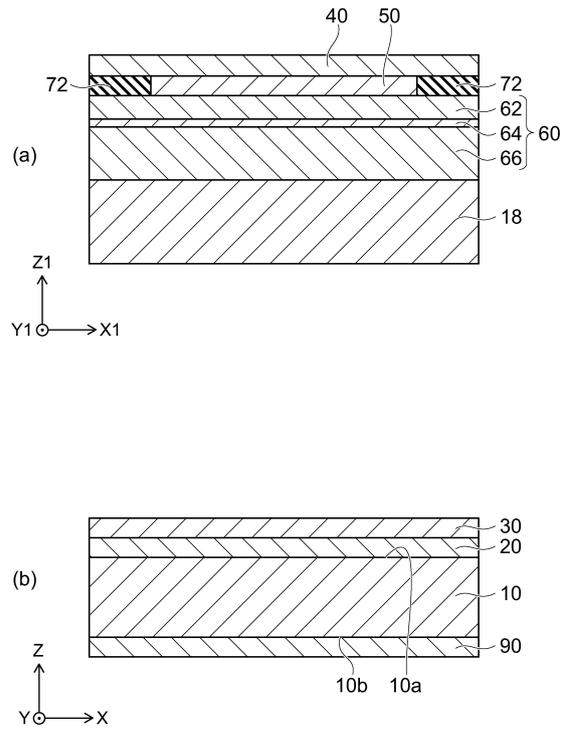
10

20

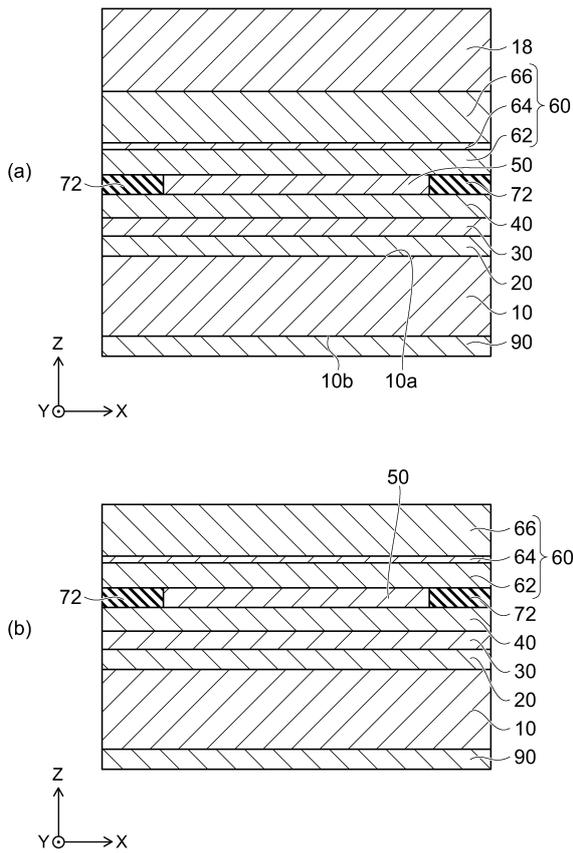
【図5】



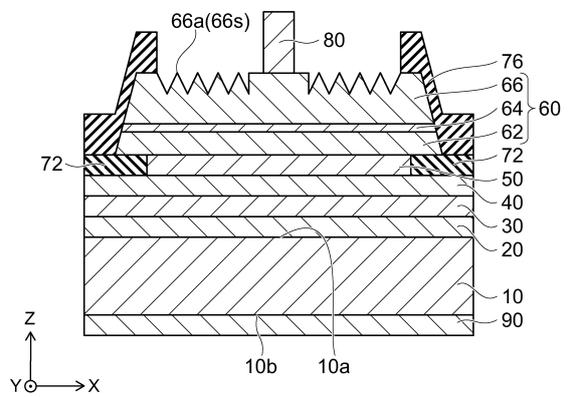
【図6】



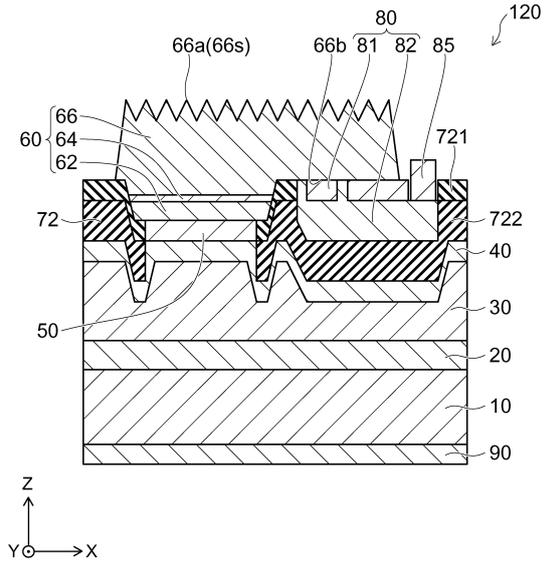
【図7】



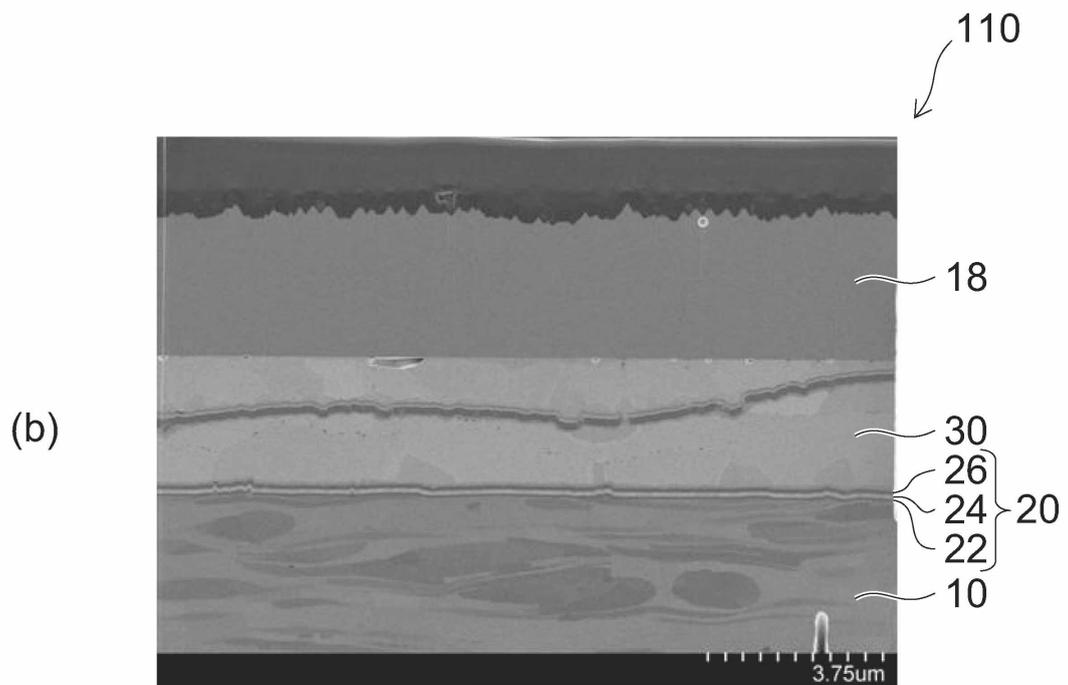
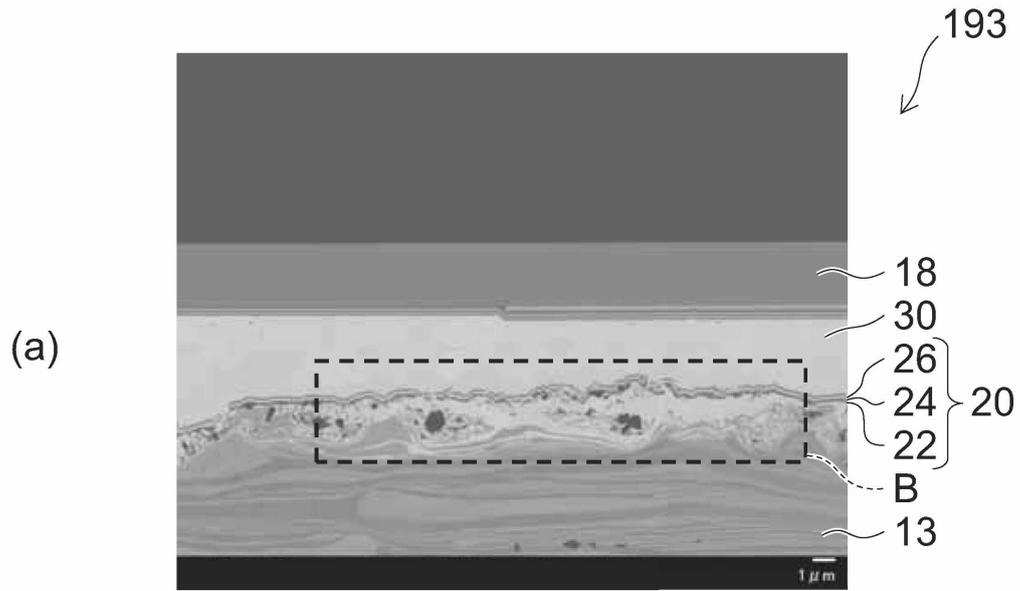
【図8】



【図9】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

審査官 金高 敏康

- (56)参考文献 特開2012-089828(JP,A)  
再公表特許第2004/082034(JP,A1)  
欧州特許出願公開第02317562(EP,A1)  
特許第4989773(JP,B2)  
特表2013-510397(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 33/00 - 33/64