

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3889933号
(P3889933)

(45) 発行日 平成19年3月7日(2007.3.7)

(24) 登録日 平成18年12月8日(2006.12.8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 S 5/022 (2006.01)

H O 1 S 5/022

H O 1 L 21/52 (2006.01)

H O 1 L 21/52

A

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-58147 (P2001-58147)
 (22) 出願日 平成13年3月2日(2001.3.2)
 (65) 公開番号 特開2002-261376 (P2002-261376A)
 (43) 公開日 平成14年9月13日(2002.9.13)
 審査請求日 平成16年1月5日(2004.1.5)

(73) 特許権者 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
 (72) 発明者 森下 由紀子
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
 シャープ株式会社内

審査官 檀本 英吾

(56) 参考文献 特開平11-008414 (JP, A)
 特開2001-230502 (JP, A)
)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チップ基板と前記チップ基板の表面に窒化物系化合物半導体層を含む半導体層を積層した積層体とを含む半導体発光素子チップと、

載置面を有するマウント部材とを備え、

前記半導体発光素子チップは、前記マウント部材の前記載置面に対して前記積層体を向けるように接続しており、前記載置面は凸状に湾曲しており、前記半導体発光素子チップは、前記載置面に沿うように湾曲して接続されている、半導体発光装置。

【請求項2】

前記チップ基板は、窒化物系化合物半導体からなる、請求項1に記載の半導体発光装置

10

【請求項3】

前記マウント部材のうち前記半導体発光素子チップが接続される部分が鉄および銅のうち少なくとも一方を含む、請求項2に記載の半導体発光装置。

【請求項4】

前記載置面と前記積層体との間はハンダによって接続されており、前記ハンダは、In、Sn、PbおよびAuからなる群の中から選ばれた少なくとも1つの材料を含む、請求項1から3のいずれかに記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体発光装置に関するものである。本明細書において、「半導体発光装置」とは、半導体レーザチップやLEDチップのような半導体発光素子チップをマウント部材に搭載し、一体化したものをいう。たとえば、半導体レーザチップを搭載したものは「半導体レーザ装置」というものとする。

【0002】

なお、本明細書において、「マウント部材」とは、半導体発光素子チップを直接搭載するための部品を意味しており、たとえば、半導体発光素子用のサブマウントをいう。また、サブマウントを用いずに、直接、支持基体すなわちステム、フレームまたはパッケージに搭載する場合においては、マウント部材とは、このステム、フレームまたはパッケージを意味する。

10

【0003】**【従来の技術】**

GaN系半導体は、紫色ないし緑色領域における半導体発光素子チップを実現する材料として注目されている。中でも、GaN系半導体を用いて、従来よりも短波長で発振する半導体レーザが望まれている。GaN系半導体を発光素子チップに用いるには、従来、半導体レーザチップの基板として絶縁体であるサファイアが用いられてきた。しかし、最近では、GaN系半導体を用いた半導体レーザチップとして、サファイア基板ではなくGaN基板を用いることとして、このGaN基板上にn型半導体層、活性層、p型半導体層、電極などを順次形成した積層体を有する構造の半導体レーザチップも検討されるようになってきた。

20

【0004】

半導体レーザチップと、これを搭載する支持基体とを備えて、レーザを所望の向きに発射できるようにした装置を、半導体レーザ装置というものとする。半導体レーザ装置においては、その動作時に発光部分の温度上昇に伴う特性劣化を抑制するために、効率良く放熱する必要がある。そこで、半導体レーザチップを支持基体に対して熱伝導性良くマウントすることが重要となる。マウントを熱伝導性良く行なうために、支持基体と半導体レーザチップとの間にサブマウントと呼ばれる部材を介在させる方法がある。このサブマウントへの接続に際して、半導体レーザチップのうち基板側でなく積層体側をサブマウントに対向させてダイボンディングを行なうジャンクションダウン方式がとられる場合がある。このサブマウントはさらに支持基体に対してダイボンディングなどで接続される。

30

【0005】

特開2000-58965公報（以下、「文献1」という。）には、ジャンクションダウン方式が採用された半導体レーザ装置、およびジャンクションダウン方式を採用可能な半導体レーザ装置の例が開示されている。

【0006】

そこで、ジャンクションダウン方式の説明のために、文献1で示された考え方を適用した従来の半導体レーザ装置の例を、図8、図9に示す。なお、図8、図9では、文献1の図の構造のうち今回の説明にとって重要でない構造については簡略化している。

【0007】

40

図8に、ジャンクションダウン方式が採られた半導体レーザ装置の例を示す。この例では、基板101の主表面に活性層106を含む積層体102が形成された半導体レーザチップ130を、SiCからなる保持体140にマウントしている。マウントするに際しては、積層体102の側が保持体140に対向するように保持体140上に載せ、ハンダ112によってp型電極103、n型電極104を保持体140の上面に設けられた金属膜141、142にそれぞれ接続している。保持体にSiCが用いられているのは、文献1の段落0029にも記載があるが「絶縁体」でありかつ「熱伝導性に優れる」という理由からである。保持体140は放熱の役割を果たすものであるから、熱伝導性に優れるという理由で材料が選択されるのは当然である。さらに、保持体140の材料としては、文献1の段落0051に記載があるように、絶縁体でかつ熱伝導性に優れるという条件を満たす

50

ことから、SiC以外にBN、AlN、ダイヤモンドなども用いることができる。

【0008】

この例では、半導体レーザチップ130を保持体140に対してマウントしているが、実際には、この保持体140を半導体レーザ装置の中でどの部分とみなすかによって、保持体140はサブマウントと考えてもよい。そうだとすると、呼び名が変わるだけで、材料の選択などについての考え方は同様である。

【0009】

図9に示す半導体レーザチップ230では、GaNなどからなる導電性の基板201の上側に活性層206を含む積層体202を形成している。積層体202の上面にp型電極203が形成され、基板201の下面にn型電極204が形成されている。この半導体レーザチップ230も、ジャンクションダウン方式でダイボンディングを行なうことが可能である。

10

【0010】

なお、ダイボンディングとは、以下のような工程によってなされる。サブマウント、保持体などのダイボンディングしたいものの上面に予めハンダを設ける。ハンダを融点以上に加熱し、所定の位置にアライメントした半導体レーザチップを、溶解したハンダに対してコレットで押しつける。その後、ハンダを冷却固化させる。こうすることにより、半導体レーザチップとサブマウントとが熱伝導性良く接続される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

20

本発明の発明者らは、窒化物系化合物半導体基板とその主表面に設けられた窒化物系化合物半導体とを備えた半導体レーザチップの場合、ジャンクションダウン方式でサブマウントなどにマウントすると、半導体発光装置の特性が悪化する場合があることを突き止めた。この場合の特性の悪化とは、レーザ発振の閾値電流 I_{th} が大きくなることをいう。なお、閾値電流 I_{th} は小さい方が好ましい。

【0012】

ジャンクションダウン方式でのマウントにより特性が悪化した例を、図10に示す。図10において、(a)はマウント前の I_{th} を示し、(b)はマウント後の I_{th} を示す。

【0013】

そこで、本発明では、ジャンクションダウン方式でマウントを行なっても閾値電流 I_{th} が大きくならない半導体発光装置を提供することを目的とする。

30

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明に基づく半導体発光装置では、チップ基板と上記チップ基板の表面に窒化物系化合物半導体層を含む半導体層を積層した積層体とを含む半導体発光素子チップと、載置面を有するマウント部材とを備え、上記半導体発光素子チップは、上記マウント部材の上記載置面に対して上記積層体に向けるように接続しており、上記載置面は凸状に湾曲しており、上記半導体発光素子チップは、上記載置面に沿うように湾曲して接続されている。

【0016】

40

この構成を採用することにより、半導体発光素子チップをマウント部材に接着するとき、マウント部材の湾曲した載置面に沿うように半導体発光素子チップが曲げられる。その結果、半導体発光素子チップの積層体において圧縮応力が増すこととなり、閾値電流 I_{th} が減少した半導体発光装置とすることができる。

【0017】

上記発明において好ましくは、上記チップ基板は、窒化物系化合物半導体からなる。この構成を採用することにより、短波長で発振する半導体レーザ装置とすることができ、従来より小さな閾値電流 I_{th} でレーザを発振させることができる。

【0018】

上記発明において好ましくは、上記マウント部材のうち前記半導体発光素子チップが接

50

続される部分が鉄および銅のうち少なくとも一方を含む。この構成を採用することにより、窒化物系化合物半導体を含むチップ基板より、マウント部材の方が熱膨張係数大きいという構成を容易に実現することができる。また、マウント部材が鉄または銅を含むので、熱伝導性も良くすることができる。

【0019】

上記発明において好ましくは、上記載置面と上記積層体との間はハンダによって接続されており、上記ハンダは、In、Sn、PbおよびAuからなる群の中から選ばれた少なくとも1つの材料を含む。この構成を採用することにより、ハンダづけの際に温度が上がり、その後冷却されることとなるため、熱膨張係数の差を利用して圧縮応力を増すことができる。特にAu系のハンダであれば、融点が高いので、有利である。

10

【0020】

【発明の実施の形態】

発明者らは、窒化物系化合物半導体発光素子としての半導体レーザチップに注目したとき、半導体レーザチップの積層体に発生する応力および歪みの状態が、閾値電流 I_{th} の増大に影響しているのではないかと考えた。一般的に、半導体レーザチップの積層体は、本来、圧縮応力を生じ、圧縮歪みを生じた状態にある。これは、基板がGaNであってもサファイアであってもいえることである。サファイアからなる基板の場合は、積層体よりサファイアの方が熱膨張係数大きいことによって、積層体の積層後に常温に冷めた際に、基板の方が積層体より大幅に収縮することによって、積層体は圧縮応力を生じるとともに圧縮歪みを生じた状態となる。GaNからなる基板の場合は、積層体の活性層106、206を構成するInGaNは本来周囲の膜より格子定数大きいのに無理に格子を周囲の膜に合わせていることによって、積層体は圧縮応力を生じるとともに圧縮歪みを生じた状態となる。

20

【0021】

発明者らが、条件の異なる複数のサンプルによって実験し、測定した結果、閾値電流 I_{th} が増大した例は、いずれも、サブマウント上にマウントしたことによって、この本来積層体が有する圧縮歪みが小さくなっている例であることが推察された。すなわち、積層体がサブマウントに接続され、変形をサブマウントに拘束されることで、積層体に引張力が加わり、積層体に本来生じていた圧縮応力が小さくなるとともに圧縮歪みが小さくなったものである。

30

【0022】

そこで、発明者らは、積層体が元々有している圧縮歪みに対して、引張力ではなく、圧縮力を加えたときに、閾値電流 I_{th} がどう変化するかを検討することとした。発明者らは、この検討には、GaN基板を備えるGaN系半導体レーザチップを用いた。

【0023】

発明者らは、半導体レーザチップの積層体に圧縮力を付加する方法として、基板の材質であるGaNと、マウント部材との熱膨張係数の差に着目した。GaNよりも熱膨張係数大きいサブマウントに半導体レーザチップをジャンクションダウン方式でマウントした場合、サブマウントと半導体レーザチップとは、高温で熱膨張した状態で密着させることとなる。これらが、常温まで戻った際には、サブマウントの収缩量の方がGaNの収缩量より大きくなる。したがって、半導体レーザチップの積層体にはさらに2次元的な圧縮力がかかり、2次元的な圧縮応力がさらに増すとともに2次元的な圧縮歪みが増大する。

40

【0024】

また、発明者らは、半導体レーザチップをサブマウントに接着するための温度、すなわち、ハンダの融点にも着目した。より高い融点を有するハンダを用いた場合の方がより高い温度で接着することとなる。したがって、サブマウントがより大きく膨張した状態で接着することとなる。その場合、常温に戻る際のGaN基板とサブマウントとの収缩量の差がより大きくなり、積層体に付加される圧縮力が大きくなる。

【0025】

なお、放熱材料として知られている材料のうち、GaNよりも熱膨張係数大きいものの

50

例としては、Ag、Cu、CuW、BeO、Fe、Al₂O₃、GaAsなどがある。一方、GaNよりも熱膨張係数が小さいものの例としては、Si、AlN、SiC、cBN、ダイヤモンドなどがある。これらのデータは、「半導体レーザ」（培風館、伊藤良一・中村道治共著）のp. 232の図10.19で参照することができる。

【0026】

また、ハンダとして知られている材料のうち、融点の低いものの例としては、In、InPb、InSn、InAg、InAgPbなどのInを含む合金、あるいは、Sn、SnPb、SnSb、SnAg、SnSb、SnAgPb、SnPbSbなどのSnを含む合金、あるいは、Ag、Au、Cuなどの粉末を混入したエポキシ樹脂やポリイミドなどがある。これらの融点は、概ね100 ~ 235 程度である。さらに、融点が高いものの例としては、AuSi、AuSn、AuGa、AuGe、AuSb、AuNi、AuIn、AuAgSnなどのAuを含む合金などがある。これらの融点は、概ね280 以上である。

10

【0027】

（実施の形態1）

（構成）

図1を参照して、本発明に基づく実施の形態1における半導体レーザ装置について説明する。半導体レーザチップ430は、GaN基板401の主表面上に窒化物系半導体の積層体402が形成されたものである。積層体402の表面には、p型電極403が設けられている。GaN基板401の裏面には、n型電極404が設けられている。この半導体レーザチップ430は、両面電極構造であり、同時に、いわゆるリッジストライプ型構造のものである。

20

【0028】

この半導体レーザチップ430は、支持基体420の上側において、p型電極403を下向きにして、サブマウント410を介在して搭載されている。半導体レーザチップ430とサブマウント410との間にはハンダ412が介在している。支持基体420とサブマウント410との間にはハンダ413が介在している。

【0029】

サブマウント410の表面および裏面には、メタライズのために金属多層膜からなる表面電極415が形成されている。p型電極403に接続されたサブマウント410表面の表面電極415と支持基体420との間は、ワイヤ414aで接続されている。n型電極404とピン411との間は、ワイヤ414bで接続されている。ここで、ピン411は、支持基体420の紙面奥側において、支持基体420とは別の外部接続端子（図示省略）に電氣的に接続されている。こうして、外部接続端子と、支持基体420との間に電流を流すことで、半導体レーザチップ430に電流が供給される。

30

【0030】

図2を参照して、半導体レーザチップ430の構造についてさらに詳しく説明する。図2においては、説明の便宜のため、各層の厚みは誇張して表示してある。半導体レーザチップ430は、GaN基板401の上に、GaNバッファ層502、n-GaNコンタクト層503、n-AlGaInクラッド層504、n-GaNガイド層505、GaInN多重量子井戸活性層506、p-AlGaIn蒸発防止層507、p-GaNガイド層508、p-AlGaInクラッド層509およびp-GaNコンタクト層510がこの順に積層されている。図2にも凸部として示されるように、p-AlGaInクラッド層509およびp-GaNコンタクト層510には、共振器の共振方向に延びるリッジ部分が設けられている。リッジ部分の上側にはp型電極403が形成されている。p型電極403と、p-AlGaInクラッド層509およびp-GaNコンタクト層510との間には、リッジ部分を除いて、絶縁膜511が設けられている。

40

【0031】

GaN基板401の下側には、n型電極404が形成されている。

本実施の形態では、上述のような材料の組合せで半導体レーザチップ430を作製したが

50

、材料は、上述の例に限るものではなく、窒化物系化合物半導体を用いれば他の材料でもよい。すなわち、たとえば、 p -AlGa N クラッド層509を p -AlGaIn N 層にしたり、GaIn N 多重量子井戸活性層506をGaIn N As層やGaIn N P層などにしたりしてもよい。また、クラッド層に多重量子井戸を用いてもよい。 n -Ga N コンタクト層503と n -AlGa N クラッド層504との間にInGa N クラック防止層を挿入してもよい。

【0032】

(製造方法)

本実施の形態における半導体レーザ装置の製造方法を説明する。

【0033】

まず、半導体素子の製造に一般的に用いられている周知のプロセスを適宜適用して、Ga N 基板401上に、図2に示したような構造が多数形成された半導体レーザウエハを得る。 p 型電極403の材料は、 p -Ga N コンタクト層510に近い側から順に、Pd(10nm)、Au(150nm)である。

【0034】

Ga N 基板401の厚みは、積層体形成のための結晶成長の際には350 μ mであるが、 n 型電極404形成前にGa N 基板401の裏面側から研磨またはエッチングにより、Ga N 基板401の一部を除去し、ウエハの厚みを、通常40~120 μ m程度にまで薄くした後、 n 型電極404を、Ti(30nm)、Al(150nm)という構造で形成する。

【0035】

その後、劈開により、共振器長を500 μ mとしてレーザ端面を形成する。こうして、半導体レーザチップとなるべき構造が複数連なった幅500 μ mのストリップ状のウエハ断片が得られる。このウエハ断片の両側面、すなわち、劈開によって現れた面がレーザ端面となる。なお、レーザ端面は、エッチングによって形成してもよい。さらに、劈開により個々の半導体レーザチップに分割する。個々の半導体レーザチップへの分割は、ダイシング、レーザアブレーション法などを用いてもよい。

【0036】

ダイボンディング法により、半導体レーザチップ430を支持基体上にマウントする。このマウント工程は、以下のように行なう。

【0037】

Feからなるサブマウント410の表面に、表面電極415として、表面にAu(0.1 μ m)/Pt(0.1 μ m)/Ti(0.1 μ m)('AuオンPtオンTi'の意。以下同様。)の電極パターンを形成する。このサブマウント410上に、ハンダ412としてInハンダを蒸着する。ハンダの盛り上がりによる半導体レーザチップの p - n 間ショートを防ぐため、ハンダ412の厚みは、0.5~20 μ mの範囲がよく、さらに好ましくは、0.5~5 μ mがよい。

【0038】

上述の半導体レーザチップ430を p 型電極403を下向きにして載せ、サブマウント410をハンダ412の融点より若干高い200℃まで加熱し、ハンダが融けたところで、コレット(図示省略)で押えて荷重を適宜加えながら半導体レーザチップ430とサブマウント410とをハンダ412によくなじませる。その後、冷却し、ハンダ412を固化させる。

【0039】

次に、CuまたはFeを主体とする金属からなり、表面にNi/Au膜がメッキ形成された支持基体420を用意する。支持基体420上にハンダ413としてシート状のPbSnハンダを載せる。上述のサブマウント410に半導体レーザチップ430を接続したものを、サブマウント410が下側になるようにして載せ、支持基体420をハンダ413の融点より若干高い180℃まで加熱する。ハンダ413が融けたところで、サブマウント410と支持基体420とをハンダ413によくなじませる。その後、冷却し、ハンダ

10

20

30

40

50

4 1 3を固化させることで、マウント工程が完了する。

【0040】

こうして、図1に示したような半導体レーザ装置が得られる。

(作用・効果)

マウント後の半導体レーザチップ430にかかる圧縮力は、マウント前に比べて増加している。その結果、積層体402は、マウント前より大きな圧縮歪みを生じている。この結果、レーザ発振の閾値電流 I_{th} は、マウント前の70mAから、マウント後は65mAに減少した。すなわち、半導体レーザ装置としての特性が向上した。

【0041】

本実施の形態では、サブマウント410に導電体を用いているので、サブマウント410自体が表面電極415を兼ねることも可能である。さらに、サブマウントの半導体レーザチップに面した側からだけでなく、側面や裏面からもステム、パッケージ、外部リードなどへ直接接続が可能となり、放熱効率の改善やシステム全体の簡略化につながる。

【0042】

本実施の形態では、サブマウント410にFeを用いたが、サブマウント410の材料としては、GaNより熱膨張係数が大きい他の材料、たとえば、Ag、Cu、CuW、BeO、 Al_2O_3 またはGaAsなどに置き換えても、同様の効果を得ることができる。さらに、熱伝導率の大きい材料の方が、放熱性に優れるため、好ましい。今までに挙げた材料では、熱伝導率が大きい順に、 $Ag > Cu > Au > BeO > CuW > Fe > GaAs > Al_2O_3$ となる。

【0043】

本実施の形態では、半導体レーザチップ430とサブマウント410との接着のためのハンダ412として、Inハンダを用いたが、その他の融点の低いハンダ、たとえば、InPb、InSn、InAg、InAgPbなどのIn系ハンダ、あるいは、Sn、SnPb、SnSb、SnAg、SnSb、SnAgPb、SnPbSbなどのSn系ハンダ、あるいは、PbSb、PbAg、PbZnなどのPb系ハンダ、あるいは、Ag、Au、Cuなどの粉末を混入したエポキシ樹脂やポリイミドなどを用いても同様の効果を得ることが可能である。また、本実施の形態では、ハンダ412の形成には蒸着法を用いたが、ハンダの形成には、蒸着法以外に塗布法、スパッタ法、印刷法、メッキ法などを用いてもよい。また、In系ハンダのように軟らかいハンダは、マウント前の半導体レーザチップ430が多少反り気味の場合でも、マウント後に半導体レーザチップ430がとれにくく、半導体レーザ装置の信頼性が高くなる。

【0044】

本実施の形態では、サブマウント410と支持基体420との接着のためのハンダ413としてPbSnハンダを用いた。ハンダ413の種類は、In系、Sn系、Au系、Pb系などのいずれでもよいが、既に半導体レーザチップ430とサブマウント410との間に存在するハンダ412への悪影響を避けるために、ハンダ412より融点が高いものが望ましい。また、ハンダ413の形成は、上述のようにシート状のものを用いる以外に、蒸着法、塗布法、スパッタ法、印刷法、メッキ法などを用いてもよい。

【0045】

本実施の形態では、p型電極403として、Pd/Auを用いた。Pdに代えて、Co、Cu、Ag、Ir、Sc、Au、Cr、Mo、La、W、Al、Ti、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Tb、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、PtおよびNiのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。Auに代えて、Ni、Ag、Ga、In、Sn、Pb、Sb、Zn、Si、GeおよびAlのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。膜厚も上述した値に限らない。

【0046】

本実施の形態では、n型電極404として、Ti/Alを用いた。Tiに代えて、Co、Cu、Ag、Ir、Sc、Au、Cr、Mo、La、W、Al、Ti、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Tb、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Pt、NiおよびPdの

10

20

30

40

50

うちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。Alに代えて、Au、Ni、Ag、Ga、In、Sn、Pb、Sb、Zn、SiおよびGeのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。膜厚も上述した値に限らない。

【0047】

本実施の形態では、図2に示したように両面電極構造の半導体レーザチップ430を用いたが、たとえば、図5に示す半導体レーザチップ630のように片面電極構造の半導体レーザチップであっても、マウント前の状態で積層体に圧縮応力が生じている半導体レーザチップであれば、本発明は適用可能であり、同様の効果が得られる。ただし、片面電極構造の半導体レーザチップの場合は、半導体レーザチップの電極に対向するサブマウントの電極パターンを、正負両電極が短絡しないように配置する必要がある。

10

【0048】

(実施の形態2)

本発明に基づく実施の形態2について説明する。本実施の形態では、実施の形態1で説明したような構造において、より好ましい条件を見出すために、ハンダとサブマウントの材料の組合せを変えて、マウント前後の閾値電流 I_{th} の低減の度合いを比較した。ここでいうハンダは半導体レーザチップとサブマウントとの間を接着するためのハンダである。

【0049】

図3にその実験結果を示す。サブマウントがFeまたはCuの場合、閾値電流 I_{th} はマウント前の70～90%程度にまで低減された。さらに、融点280のAuSnハンダと、融点157のInハンダとを比較した場合、AuSnハンダの方が閾値電流 I_{th} の低減の度合いが大きくなった。一方、サブマウントがGaNやGaAsの場合は、閾値電流 I_{th} の低減は見られなかった。

20

【0050】

(実施の形態3)

(構成)

図4を参照して、本発明に基づく実施の形態3における半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態では、半導体レーザチップ630を用いて、実施の形態1のハンダやサブマウントの材料をより適切なものに代え、実施の形態1よりさらに効果を高めた例を説明する。半導体レーザチップ630は、GaN基板601の主表面上に窒化物系半導体の積層体602が形成されたものである。積層体602の表面には、p型電極603およびn型電極604が設けられている。すなわち、半導体レーザチップ630は、片面電極構造のものである。

30

【0051】

なお、実施の形態1では両面電極構造であるのに対して、本実施の形態では、片面電極構造であるという違いがあるが、閾値電流 I_{th} の低減効果の程度に関しては、この構造の違いは特に有意な影響を与えない。

【0052】

この半導体レーザチップ630は、支持基体620の上側において、p型電極603を下向きにして、サブマウント610を介在して搭載されている。半導体レーザチップ630とサブマウント610の間にはハンダ612が介在している。支持基体620とサブマウント610の間にはハンダ613が介在している。

40

【0053】

サブマウント610の表面および裏面には、メタライズのために金属多層膜からなる表面電極615a、615bが形成されている。p型電極603に接続されたサブマウント610表面の表面電極615aと支持基体620との間は、ワイヤ614aで接続されている。n型電極604に接続されたサブマウント610表面の表面電極615bとピン611との間は、ワイヤ614bで接続されている。ここで、ピン611は、支持基体620の紙面奥側において、支持基体620とは別の外部接続端子(図示省略)に電氣的に接続されている。こうして、外部接続端子と、支持基体620との間に電流を流すことで、半導体レーザチップ630に電流が供給される。

50

【0054】

図5を参照して、半導体レーザチップ630の構造についてさらに詳しく説明する。図5においては、説明の便宜のため、各層の厚みは誇張して表示してある。半導体レーザチップ630は、Ga_{0.5}N基板601の上に、Ga_{0.5}Nバッファ層702、n-Ga_{0.5}Nコンタクト層703、n-AlGa_{0.5}Nクラッド層704、n-Ga_{0.5}Nガイド層705、Ga_{0.5}In_{0.5}N多重量子井戸活性層706、p-AlGa_{0.5}N蒸発防止層707、p-Ga_{0.5}Nガイド層708およびp-AlGa_{0.5}Nクラッド層709がこの順に積層されている。この積層体の一部に上面から掘り下げるように溝720が設けられている。溝720は、p-AlGa_{0.5}Nクラッド層709からn-Ga_{0.5}Nコンタクト層703に至る深さで、p-AlGa_{0.5}Nクラッド層709の上に形成された絶縁膜711およびn型電極604が溝720の内部にも延在し、n型電極604がn-Ga_{0.5}Nコンタクト層703に接触するように形成されている。絶縁膜711は、溝720内部でのn型電極604とn-Ga_{0.5}Nコンタクト層703との接触箇所を除いて、n-AlGa_{0.5}Nクラッド層704からp-AlGa_{0.5}Nクラッド層709までの積層体と、n型電極604との間を絶縁するように形成されている。溝720を挟むp-AlGa_{0.5}Nクラッド層709の領域のうち一方には、図5左上部分に凸部として示されるように、共振器の共振方向に延びるリッジ部分が設けられている。リッジ部分の先端には、p-Ga_{0.5}Nコンタクト層710が形成されており、リッジ部分も含めたp-AlGa_{0.5}Nクラッド層709およびp-Ga_{0.5}Nコンタクト層710の上側にはp型電極603が形成されている。p型電極603と、p-AlGa_{0.5}Nクラッド層709およびp-Ga_{0.5}Nコンタクト層710の間には、リッジ部分を除いて、絶縁膜511が設けられている。

【0055】

本実施の形態では、上述のような材料の組合せで半導体レーザチップ630を作製したが、材料は、上述の例に限るものではなく、窒化物系化合物半導体を用いれば他の材料でもよい。すなわち、たとえば、p-AlGa_{0.5}Nクラッド層709をp-AlGa_{0.5}In_{0.5}N層にしたり、Ga_{0.5}In_{0.5}N多重量子井戸活性層706をGa_{0.5}In_{0.5}NAs層やGa_{0.5}In_{0.5}NP層などにしたりしてもよい。また、クラッド層に多重量子井戸を用いてもよい。n-Ga_{0.5}Nコンタクト層703とn-AlGa_{0.5}Nクラッド層704との間にInGa_{0.5}Nクラッド防止層を挿入してもよい。

【0056】

(製造方法)

本実施の形態における半導体レーザ装置の製造方法を説明する。

【0057】

まず、半導体素子の製造に一般的に用いられている周知のプロセスを適宜適用して、Ga_{0.5}N基板601上に、図5に示したような構造が多数形成された半導体レーザウエハを得る。p型電極603の材料は、p-Ga_{0.5}Nコンタクト層710に近い側から順に、Ni(10nm)、Au(200nm)である。n型電極604の材料は、n-Ga_{0.5}Nコンタクト層703に近い側から順に、Hf(30nm)、Al(150nm)、Mo(30nm)、Au(150nm)である。

【0058】

Ga_{0.5}N基板601の厚みは、積層体形成のための結晶成長の際には350μmであるが、Ga_{0.5}N基板601の裏面側から研磨またはエッチングにより、Ga_{0.5}N基板601の一部を除去し、ウエハの厚みを、通常40~120μm程度にまで薄くする。

【0059】

その後、劈開により、共振器長を500μmとしてレーザ端面を形成する。こうして、半導体レーザチップとなるべき構造が複数連なった幅500μmのストリップ状のウエハ断片が得られる。このウエハ断片の両側面、すなわち、劈開によって現れた面がレーザ端面となる。なお、レーザ端面は、エッチングによって形成してもよい。さらに、劈開により個々の半導体レーザチップに分割する。個々の半導体レーザチップへの分割は、ダイシング、レーザアブレーション法などを用いてもよい。

【0060】

ダイボンディング法により、半導体レーザチップ630を支持基体上にマウントする。このマウント工程は、以下のように行なう。

【0061】

Cuからなるサブマウント610の表面に、表面電極615a, 615bとして、表面にAu(0.1μm)/Pt(0.1μm)/Ti(0.1μm)の電極パターンを形成する。このサブマウント610上に、ハンダ612としてAuSnハンダを蒸着する。ハンダの盛り上がりによる半導体レーザチップのp-n間ショートを防ぐため、ハンダ612の厚みは、0.5~20μmの範囲がよく、さらに好ましくは、0.5~5μmがよい。

【0062】

サブマウント610上に上述の半導体レーザチップ630を電極を下向きにして載せ、ハンダ612の融点より若干高い370℃まで加熱し、ハンダが融けたところで、さらにコレット(図示省略)で押えて荷重を適宜加えながら半導体レーザチップ630とサブマウント610とをハンダ612によくなじませる。その後、冷却し、ハンダ612を固化させる。

【0063】

次に、CuまたはFeを主体とする金属からなり、表面にNi/Au膜がメッキ形成された支持基体620を用意する。支持基体620上にハンダ613としてシート状のPbSnハンダを載せる。上述のサブマウント610に半導体レーザチップ630を接続したものを、サブマウント610が下側になるようにして載せ、支持基体620をハンダ613の融点より若干高い180℃まで加熱する。ハンダ613が融けたところで、サブマウント610と支持基体620とをハンダ613によくなじませる。その後、冷却し、ハンダ613を固化させることで、マウント工程が完了する。

【0064】

こうして、図4に示したような半導体レーザ装置が得られる。

(作用・効果)

マウント後の半導体レーザチップ430にかかる圧縮力は、マウント前に比べて増加している。その結果、積層体602は、マウント前より大きな圧縮歪みを生じている。さらに、ハンダ612として、AuSnハンダを用いたが、実施の形態1で用いたInハンダに比べてAuSnハンダは融点が高いことから、サブマウントへの接着によって積層体に付加される圧縮歪みは実施の形態1の場合よりも大きなものになる。また、サブマウントに実施の形態1で用いたFeよりも熱伝導性の良いCuを用いたため、放熱をより効率良く行なえることとなった。

【0065】

この結果、レーザ発振の閾値電流 I_{th} は、マウント前の70mAから、マウント後は50mAに減少した。すなわち、半導体レーザ装置としての特性は、実施の形態1の場合よりさらに向上した。

【0066】

本実施の形態では、サブマウント610にCuを用いたが、サブマウント610の材料としては、GaNより熱膨張係数が大きい他の材料に置き換えても同様の効果を得ることができる。具体的な材料名は、実施の形態1でサブマウント410の材料について説明したものと同一である。

【0067】

本実施の形態では、半導体レーザチップ630とサブマウント610との接着のためのハンダ612として、AuSnハンダを用いたが、その他の融点の高いハンダ、たとえば、AuSi、AuGa、AuGe、AuSb、AuNiなどのAu系ハンダを用いても同様の効果を得ることが可能である。また、本実施の形態では、ハンダ612の形成には蒸着法を用いたが、ハンダの形成には、蒸着法以外に塗布法、スパッタ法、印刷法、メッキ法などを用いてもよい。あるいは、シート状のハンダをサブマウント610の上に置くことによってもよい。

10

20

30

40

50

【0068】

本実施の形態では、ハンダ613の種類は、In系、Sn系、Au系、Pb系などのいずれでもよいが、既に半導体レーザーチップ430とサブマウント410との間に存在するハンダ612への悪影響を避けるために、ハンダ612より融点が高いものが望ましい。また、ハンダ613の形成は、上述のようにシート状のものをを用いる以外に、蒸着法、塗布法、スパッタ法、印刷法、メッキ法などを用いてもよい。

【0069】

p型電極603は、上述した材料、厚さに限るものではなく、実施の形態1に示されている材料、厚さのものをを用いてもよい。

【0070】

本実施の形態では、n型電極604として、Hf/Al/Mo/Auを用いた。Hfに代えて、Co、Cu、Ag、Ir、Sc、Au、Cr、Mo、La、W、Al、Tl、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Tb、Zr、Ti、V、Nb、Ta、Pt、NiおよびPdのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。Alに代えて、Au、Ni、Ag、Ga、In、Sn、Pb、Sb、Zn、SiおよびGeのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。Moに代えて、Ti、Zr、Cr、W、Fe、Zn、Cd、Al、Ni、Pd、PtおよびCuのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。Auに代えて、Ni、Ag、Ga、In、Sn、Pb、Sb、Zn、Si、GeおよびAlのうちいずれかまたはこれらいずれかの化合物を用いてもよい。膜厚も上述した値に限らない。

【0071】

本実施の形態では、図5に示したように片面電極構造の半導体レーザーチップ630を用いたが、たとえば、図2に示す半導体レーザーチップ430のように両面電極構造の半導体レーザーチップであっても、マウント前の状態で積層体に圧縮応力が生じている半導体レーザーチップであれば、本発明は適用可能であり、同様の効果が得られる。

【0072】

(実施の形態4)

発明者らは、半導体レーザーチップの積層体に圧縮力を付加する方法として、熱膨張係数の差による方法以外に、半導体レーザーチップを湾曲させるという方法を見出した。

【0073】

(構成)

本発明に基づく実施の形態4では、図6を参照して、半導体レーザーチップを湾曲させることによって半導体レーザーチップの積層体に圧縮力を付加する例を説明する。

【0074】

この半導体レーザー装置では、半導体レーザーチップ830を搭載するサブマウント810の載置面が上に凸な蒲鉾型に湾曲している。半導体レーザーチップ830をサブマウント810に押しつけるために、コレット850を用いる。コレット850は、サブマウント810の蒲鉾型の湾曲に対応可能なように、図6に示すように、両端が突出して、中央が凹んだいわゆる下駄形状のものとする。他の部分については、実施の形態1または3と同様である。

【0075】

図6に示すように、実施の形態3の図5に示した半導体レーザーチップ630と同様の半導体レーザーチップ830を、ハンダ812としてのAuSnハンダを介して、サブマウント810に、ジャンクションダウン方式で実施の形態3と同様のダイボンディング法によりマウントする。サブマウント810は、Cuからなり、表面に電極パターンを有し、上面が上に凸に湾曲している。すなわち蒲鉾状である。ダイボンディング法に関しては、実施の形態3と比較すれば、コレットの形状のみ異なる。

【0076】

(作用・効果)

マウント後の半導体レーザーチップ830にかかる圧縮力は、マウント前に比べて増加して

10

20

30

40

50

いる。すなわち、マウントすることによって、半導体レーザチップ 830 においては、2 次元的な圧縮応力に加え、さらにチップの変形による 1 次元的な圧縮応力が加わっている。その結果、積層体 802 は、マウント前より大きな 2 次元的な圧縮歪みおよび 1 次元的な圧縮歪みを生じている。この結果、レーザ発振の閾値電流 I_{th} は、マウント前の 70 mA から、マウント後は 35 mA に減少した。すなわち、半導体レーザ装置としての特性は飛躍的に向上した。

【0077】

本実施の形態では、サブマウント 810 の湾曲した面の曲率半径により、圧縮歪みの大きさを調節することも可能である。半導体レーザチップ 830 が折れない範囲で、曲率半径が小さい方が圧縮歪みが大きくなり、閾値電流 I_{th} の低減の割合も大きくなる。

10

【0078】

本実施の形態は、上述の例に限らず、実施の形態 1 ~ 3 に示したすべての場合に適用可能である。すなわち、半導体レーザチップは両面電極構造であっても片面電極構造であってもよい。用いるサブマウントの材料は、実施の形態 1、3 で示したように、GaN 基板よりも熱膨張係数が大きいものであれば、湾曲による圧縮歪み以外に熱膨張係数の差によっても圧縮歪みが付加されるため、より好ましいが、熱膨張係数が GaN 基板以下のものであっても一定の効果は得られる。さらに、熱伝導率の大きい材料の方が、放熱性に優れるため、より好ましいという点は、実施の形態 1 と同様である。すなわち、実施の形態 1 で示したようにサブマウントの熱膨張係数が GaN より大きいものにすることと、実施の形態 3 で示したようにハンダの融点を高くすることと、本実施の形態で示したようにサブマ

20

【0079】

本実施の形態のように、サブマウントの上面を湾曲させた状態で、ハンダとサブマウントの材料の組合せを変えて、マウント前後の閾値電流 I_{th} の低減の度合いを比較した結果を図 7 に示す。ここでいうハンダは半導体レーザチップとサブマウントとの間を接着するためのハンダである。図 3 と比較してもわかるように、ハンダやサブマウントの材料による閾値電流 I_{th} の低減効果に加えて、さらに低減できていることがわかる。

【0080】

以上、いくつかの実施の形態について説明してきたが、本発明の適用範囲は、これに限られるものではなく、各構成要素をそれぞれ用途を同じくする材料に置換しうるし、他の技術を組み合わせて用いることもできる。

30

【0081】

上述の半導体レーザチップは、図 2、図 5 に示した特定の例に限られるものではなく、基板として、他の窒化物系化合物半導体材料を用いるなどの変更が可能であり、また、半導体成長層の材料系として、たとえば、AlGaInN 系、GaInNAs 系、GaInNP 系、InGaAsP 系、InGaAlP 系、AlGaN 系、CdZnSe 系などといった他のものを用いることも可能である。また、半導体レーザチップを、LED、スーパーリミネッセンスダイオードなどの他の発光素子チップに置換してもよい。いずれの場合も、マウント後の発光素子チップに生じる圧縮歪みまたは圧縮応力の大きさに着目することが

40

【0082】

また、サブマウントの載置面上に、さらに、ワイヤボンディング用のパッド部を設けることや、ダイボンディング時の位置合わせのための印を設けることは、当業者に容易に想到しうる事項である。あるいは、いわゆるマルチビームレーザのように、3 以上の電極を有する半導体レーザチップを搭載した半導体レーザ装置にも、本発明を適用することができる。

【0083】

ハンダの層とサブマウントとの間には、公知のように、種々の膜を介在させることができる。たとえば、サブマウントとハンダとの間の密着性を高めるための膜、サブマウントと

50

ハンダとの間の反応を防止するための膜、さらに、これらの目的の膜を適宜積層してもよい。上記実施の形態に示した金属パターンAu/Pt/Tiに置換しうるものとして、Pt/Cr、Au/MoAu/Pt/Cr、Au/Mo/Tiなどを用いることも可能である。ハンダ、ボンディングパッド、サブマウントの相互の間にも、同様の目的で種々の膜を介在させることが考えられる。

【0084】

上記実施の形態では、マウント部材として、サブマウントを挙げて説明したが、本発明は、発光素子チップのマウント部材全般に適用できる。すなわち、任意の発光素子チップにおいて、発光素子チップとマウント部材との熱膨張係数の関係が、上述の実施の形態と同様の構成であれば、同様の効果を得ることができる。たとえば、発光素子チップを、サブマウントを用いずに、直接ステム、フレームまたはパッケージに搭載する場合には、このステム、フレームまたはパッケージをマウント部材とみなして本発明の構成を適用することができる。

10

【0085】

なお、今回開示した上記実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。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を含むものである。

【0086】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体発光素子チップをマウント部材に接着するときに、熱膨張係数の差があることによって、常温に戻る際の収縮量に違いが生じる。その結果、半導体発光素子チップの積層体において圧縮応力が増すこととなり、閾値電流 I_{th} が減少した半導体発光装置とすることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に基づく実施の形態1における半導体レーザ装置の断面図である。

【図2】 本発明に基づく実施の形態1に用いた半導体レーザチップの断面図である。

【図3】 本発明に基づく実施の形態2における実験結果を示すグラフである。

【図4】 本発明に基づく実施の形態3における半導体レーザ装置の断面図である。

【図5】 本発明に基づく実施の形態3に用いた半導体レーザチップの断面図である。

【図6】 本発明に基づく実施の形態4における半導体レーザ装置のマウント工程の説明図である。

30

【図7】 本発明に基づく実施の形態4における実験結果を示すグラフである。

【図8】 従来技術に基づく、ジャンクションダウン方式が採られた半導体レーザ装置の断面図である。

【図9】 従来技術に基づく半導体レーザチップの断面図である。

【図10】 従来のジャンクションダウン方式でのマウントにより特性が悪化した様子を示すグラフである。

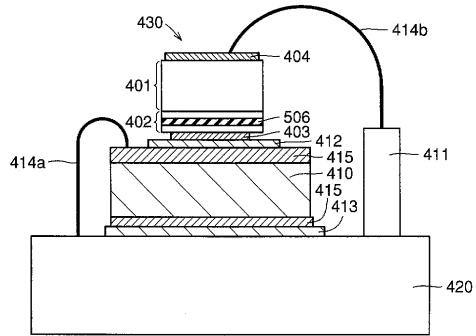
【符号の説明】

101, 201 基板、102, 202, 402, 602, 802 積層体、106, 206 活性層、103, 203, 403, 603 p型電極、104, 204, 404, 604 n型電極、112, 412, 612, 812 ハンダ、130, 230, 430, 630, 830 半導体レーザチップ、140 保持体、141, 142 金属膜、401, 601, 801 GaN基板、410, 610, 810 サブマウント、411, 611 ピン、413, 613 ハンダ、414a, 414b, 614a, 614b ワイヤ、415, 615 表面電極、420, 620 支持基体、502, 702 GaNバッファ層、503, 703 n-GaNコンタクト層、504, 704 n-AlGaInクラッド層、505, 705 n-GaNガイド層、506, 706 GaInN多重量子井戸活性層、507, 707 p-AlGaIn蒸発防止層、508, 708 p-GaNガイド層、509, 709 p-AlGaInクラッド層、510, 710 p-GaNコンタクト層、511, 711 絶縁膜、720 溝、850 コレット。

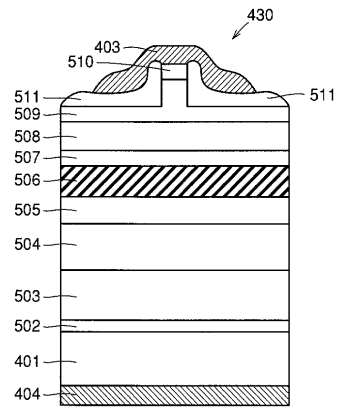
40

50

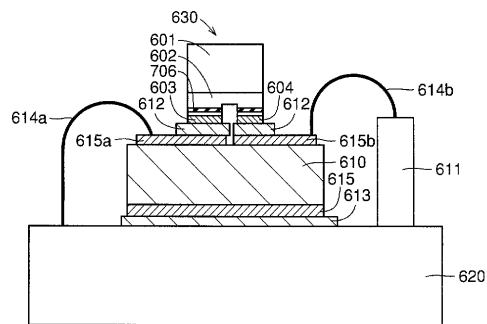
【図 1】



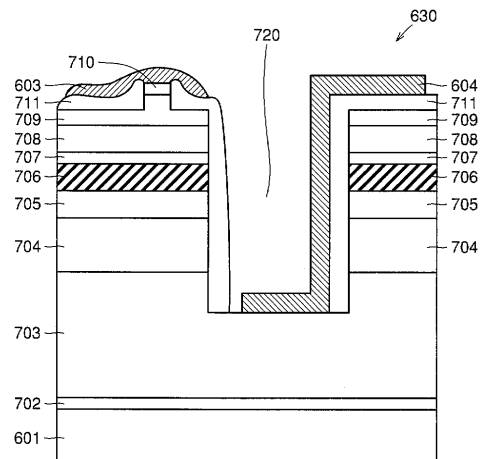
【図 2】



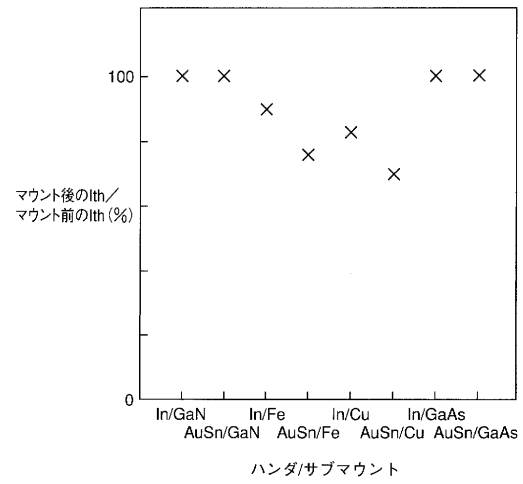
【図 4】



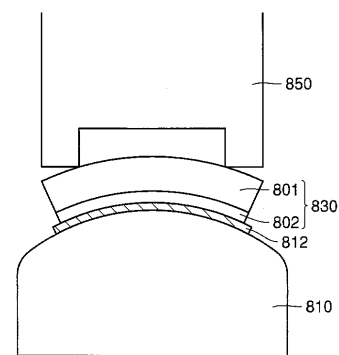
【図 5】



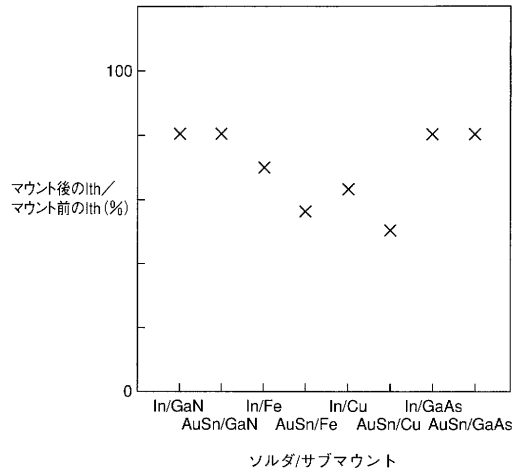
【図 3】



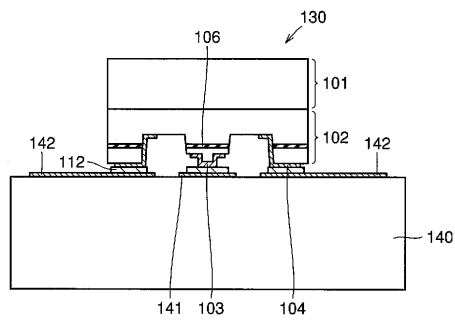
【図 6】



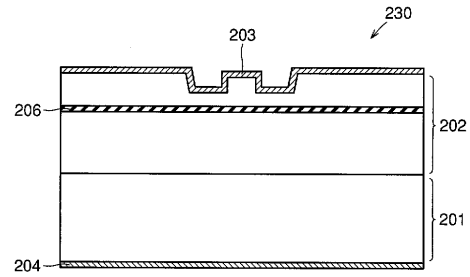
【図 7】



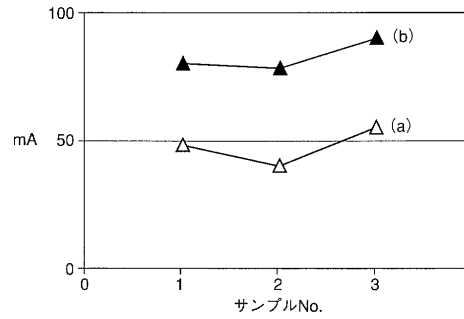
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01S 5/00-5/50

H01L 33/00