

(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2004-235534

(P2004-235534A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO1S 5/022	HO1S 5/022	2H037
GO2B 6/42	GO2B 6/42	5F047
HO1L 21/52	HO1L 21/52 C	5F073
HO1S 5/323	HO1S 5/323 610	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-24001 (P2003-24001)  
 (22) 出願日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(71) 出願人 000005201  
 富士写真フイルム株式会社  
 神奈川県南足柄市中沼210番地  
 (74) 代理人 100073184  
 弁理士 柳田 征史  
 (74) 代理人 100090468  
 弁理士 佐久間 剛  
 (72) 発明者 山中 英生  
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
 富士写真フイルム株式会社内  
 (72) 発明者 蔵町 照彦  
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
 富士写真フイルム株式会社内  
 Fターム(参考) 2H037 BA03 BA05 DA03 DA16 DA38  
 5F047 BA01 BA12 BC35 CA08  
 最終頁に続く

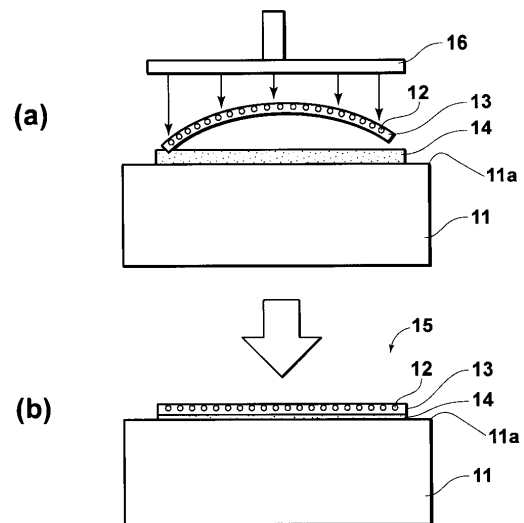
(54) 【発明の名称】 レーザ素子およびそのレーザ素子の製造方法並びにそのレーザ素子を用いたレーザモジュール

(57) 【要約】

【課題】 窒化物半導体レーザバーがCuヒートシンク上に、強固に固定しているレーザ素子を得る。

【解決手段】 表面にNi(0.1μm)およびPt(0.2μm)がこの順に蒸着されたCuからなるヒートシンク11上に、厚さ3μmから50μm程度のペレット状のAuSnからなるろう材14を配置し、その上に窒化物系半導体レーザバー13を配置する。このレーザバーを、レーザバーと同等の長手方向の長さを有し、平坦なボンディングコレットで押しつけながら、AuSnろう材14(Au:Sn=80%:20%、融点280)を加熱して溶融した後固化させて、窒化物半導体レーザバーを固定する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

CuまたはCuを含む合金からなるヒートシンク上に、一基板内に3以上の発光点を有する窒化物半導体レーザバーが、前記ヒートシンクの該半導体レーザバーを固定する表面の形状に対応した形状を有する部材で押しつけられて、AuとSnまたはSiとからなる口ウ材により固定されてなることを特徴とするレーザ素子

## 【請求項2】

CuまたはCuを含む合金からなるヒートシンク上に、一基板内に3以上の発光点を有する窒化物半導体レーザバーを、前記ヒートシンクの該半導体レーザバーを固定する表面の形状に対応した形状を有する部材で押しつけて、AuとSnまたはSiとからなる口ウ材により固定することを特徴とするレーザ素子の製造方法。

10

## 【請求項3】

請求項1記載のレーザ素子と、光ファイバと、前記レーザ素子からの複数のレーザ光を該光ファイバに合波して入射させる集光光学系とからなることを特徴とするレーザモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、一基板内に複数の発光点を有する窒化物半導体からなるレーザバーがヒートシンクに固定されてなるレーザ素子の製造方法およびそのレーザ素子を備えたレーザモジュールに関するものである。

20

## 【0002】

## 【従来の技術】

レーザの高出力化のため、複数のレーザビームと、光ファイバと、前記複数のレーザビームを光ファイバに合波するコリメートレンズおよび集光レンズからなる光学系とを備えたレーザモジュールが提案されている（例えば、特許文献1参照）。複数のレーザビーム光源として、1つの発光点を有するダイオードを複数ヒートシンク等に設置したもののや、一基板上に半導体層が積層されてなる複数の発光点を有する半導体レーザバーを用いることができる。

## 【0003】

しかし、同一基板上に結晶成長により複数の発光点が形成されてなる半導体レーザバーにおいては、発光点の並び方向では、スマイルと呼ばれる反りが生じ、レーザビームの一部が並び位置から上方あるいは下方へシフトしてしまうという問題がある（例えば、非特許文献1参照）。このような半導体レーザバーを、固定面が平坦なヒートシンク上に接着する場合、従来、円柱状のコレットを用いて、半導体レーザバーの発光点並び方向の中心付近を押し出すことにより、反りを矯正しながら接着していた。

30

## 【0004】

上記のようなレーザモジュールにおける光学系において、拡大率が、例えば約10倍の場合、半導体レーザバーにおける発光点の変位量が $2\mu\text{m}$ 程度であれば、集光点はファイバ入射端で、 $2\mu\text{m} \times 10 = 20\mu\text{m}$ 動くことになる。これは、 $50\mu\text{m}$ ファイバ（半径 $25\mu\text{m}$ ）の中心部から最大で $20\mu\text{m}$ 集光スポットが動くことを意味しており、大幅な結合効率低下を招く。なお、ここでは、「発光点の変位量」とは、ヒートシンクの固定面が平坦な場合、半導体レーザバーをレンズ光軸方向から見て、ヒートシンクの半導体レーザバー固定面から最も近い発光点中心までの距離と、最も遠い発光点中心までの距離との差を示すものとする。

40

## 【0005】

一方、従来、GaAs系半導体レーザバーとCuヒートシンクとのボンディングには、剛性の低い（柔らかい）Inが用いられている。CuヒートシンクとGaAs系半導体レーザバーとの熱膨張係数が大きく異なるため、半導体レーザバー駆動時の発熱等によって半導体レーザに内部歪が生じるが、Inを用いることによりこの内部歪を緩和することが可

50

能である。

【0006】

【特許文献1】

特開2002-202442号公報

【0007】

【非特許文献1】

Dr. Roland Dichel, "High Power Diode Lasers", Springer-Verlag社

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

10  
 サファイア基板あるいはGaN基板上にGaN系化合物半導体を成長させてなる複数の発光点を有する窒化物半導体レーザーは、GaAs系半導体レーザーに比べ、剛性が高い。したがって、窒化物半導体レーザーの場合、上記のようなコレットを用いて、レーザーの発光点並び方向の中心付近のみを押してヒートシンクに接着しても、ヒートシンク表面と同等の形状にすることができない。また、ロウ材として硬度の低いInを用いると、窒化物半導体レーザーの硬度が高いためヒートシンク表面と同等の形状で固定することが難しい。

【0009】

20  
 さらに、前述のようなレーザーモジュールに窒化物半導体レーザーを用いた場合は、その反りのため、光ファイバへの結合効率が低いという問題がある。また、駆動時の発熱等により経時でレーザーが本来の反りへ戻ろうとすることによっても結合効率が低下するという問題がある。

【0010】

本発明は上記事情に鑑みて、ヒートシンク上に半導体レーザーが、該ヒートシンクのレーザー固定面の形状とほぼ一致する形状で固定されてなるレーザー素子、およびそのレーザー素子の製造方法、ならびにそのレーザー素子を用いた、ファイバへの結合効率が大きいレーザーモジュールを提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

30  
 本発明のレーザー素子は、CuまたはCuを含む合金からなるヒートシンク上に、一基板内に3以上の発光点を有する窒化物半導体レーザーが、ヒートシンクの該半導体レーザーを固定する表面の形状に対応した形状を有する部材で押しつけられて、AuとSnまたはSiとからなるロウ材により固定されてなることを特徴とするものである。

【0012】

本発明のレーザー素子の製造方法は、CuまたはCuを含む合金からなるヒートシンク上に、一基板内に3以上の発光点を有する窒化物半導体レーザーを、ヒートシンクの該半導体レーザーを固定する表面の形状に対応した形状を有する部材で押しつけて、AuとSnまたはSiとからなるロウ材により固定することを特徴とするものである。

【0013】

40  
 本発明のレーザーモジュールは、上記本発明のレーザー素子と、光ファイバと、レーザー素子からの複数のレーザー光を該光ファイバに合波して入射させる集光光学系とからなることを特徴とするものである。

【0014】

【発明の効果】

本発明のレーザー素子によれば、半導体レーザーを、ヒートシンクの半導体レーザーを固定する表面の形状に対応した形状を有する部材で押しつけて固定するので、複数の発光点が、ヒートシンクの半導体レーザー固定面の形状と略同等の形状で並ぶものとすることができる。

【0015】

50  
 また、ロウ材として、AuとSnまたはSiとからなるものを用いているので、強固に半

導体レーザーがヒートシンクに接着され、また、発光点の経時移動量の小さく、信頼性の高いものとする事ができる。

【0016】

このようなレーザー素子を、レーザー光をファイバに合波させるレーザーモジュールに用いた場合は、複数の発光点がヒートシンクの表面形状とほぼ同等の形状に並ぶものであるので、複数の発光点に対応したレンズの光軸の並びをヒートシンクの表面形状と同等にすればよく、光学系の設計を簡便にし、また位置あわせを容易に行うことができるので、レーザーモジュールの製造を容易なものとする事ができる。

【0017】

本発明のレーザー素子の製造方法によれば、半導体レーザーを、ヒートシンクの該半導体レーザーを固定する表面の形状に対応した形状を有する部材で押しつけて固定するので、複数の発光点を、ヒートシンクの半導体レーザー固定面の形状と略同等の形状で容易に配列させることができる。

10

【0018】

また、AuとSnまたはSiとからなるロウ材を用いることにより、Cuと窒化物半導体レーザーとの間の熱膨張係数差を吸収することができるので、半導体レーザー内部に生じる歪を小さくすることができる。

【0019】

さらに、Inと比較して硬度が高いAuとSnまたはSiとからなるロウ材を用いることにより、剛性が高い窒化物半導体レーザーを強固に固定することができる。また、硬度が高いので窒化物半導体レーザーが、経時で反りが戻ることを防止できるので、高い経時信頼性を得ることができる。

20

【0020】

本発明のレーザーモジュールによれば、上記のような経時信頼性が高いレーザー素子を用いているので、光学系を介した光ファイバへの結合効率を高いものとする事ができる。また、光学系の設計、および位置合わせを容易にすることができるので、製造を容易なものとする事ができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

30

【0022】

本発明の第1の実施の形態によるレーザー素子の製造方法について説明する。図1にそのレーザー素子製造過程の断面図を示す。

【0023】

図1(a)に示すように、最表面にAuが厚さ1 $\mu$ m程度メッキされたCuからなるヒートシンク11の平坦な表面11aに、厚さ3 $\mu$ mから50 $\mu$ m程度のペレット状のAuSnからなるロウ材14を配置し、その上に窒化物半導体レーザー13を配置する。この窒化物半導体レーザー13を、窒化物半導体レーザー14と略同等の長手方向の長さで、ヒートシンクの表面11aの形状に対応した平坦な板からなるボンディングコレット16で押しながら、AuSnロウ材14を加熱して溶融した後固化させて、窒化物半導体レーザー13を固定する。なお、ヒートシンクの表面11aは、10mmあたり0.02 $\mu$ m以下の平坦性を有するものである。

40

【0024】

このようにして製造されたレーザー素子は、図2(b)に示すように、反りが矯正され、ヒートシンクの表面11a形状とほぼ同等に一直線に発光点が並ぶものであり、発光点変位量は0.2 $\mu$ mである。

【0025】

AuSnロウ材14は、ペレット状のものに限らず、ヒートシンク上に蒸着により形成したものであってもよい。

【0026】

50

また、ヒートシンクは、厚さ約6mmで、Cuブロック表面にNi(0.1μm)およびPt(0.2μm)がこの順に蒸着されてなるものである。

【0027】

コレットは板状のものに限らず、複数の凸部を有していてもよいが、その複数の凸部の先端からなる形状が、ヒートシンクの固定面と同等の形状を有するものであることが望ましい。

【0028】

なお、ここで発光点の変位量とは、図2に示すように、ヒートシンクの表面が平坦である場合、半導体レーザーをレンズ光軸方向から見て、ヒートシンクの半導体レーザー表面から最も遠い発光点中心までの距離 $d_2$ と、最も近い発光点中心までの距離 $d_1$ との差( $d_2 - d_1$ )とする。

10

【0029】

次に、窒化物半導体レーザーの作製方法について説明する。図3に、そのレーザーのGaN基板の製造過程の断面図を示し、図4に、GaN基板上への半導体層の積層過程の断面図を示す。

【0030】

図3(a)に示すように、有機金属気相成長法により、トリメチルガリウム(TMG)とアンモニアを成長用原料に用い、n型ドーパントガスとしてシランガスを用い、p型ドーパントとしてシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp2Mg)を用い、(0001)C面サファイヤ基板21上に、温度500でGaNバッファ層22を20nm程度の膜厚で形成する。続いて、温度を1050にしてGaN層33を2μm程度成長させる。その上に、SiO<sub>2</sub>膜24を形成し、レジスト25を塗布後、通常のリソグラフィを用いて

20

【数1】

$$\langle \bar{1} \bar{1} 0 0 \rangle$$

方向に3μm幅のSiO<sub>2</sub>膜24を除去して、幅7μm程度のSiO<sub>2</sub>膜24のライン部を形成することにより、10μm程度の周期のラインアンドスペースのパターンを形成する。

30

【0031】

次に、図3(b)に示すように、レジスト25とSiO<sub>2</sub>膜24をマスクとして、塩素系のガスを用いてバッファ層22とGaN層23をドライエッチングによりサファイヤ基板21上面まで除去した後、レジスト25とSiO<sub>2</sub>膜24を除去する。このとき、サファイヤ基板21が少しエッチングされてもよい。

【0032】

次に、図3(c)に示すように、GaN層26を20μm程度選択成長させる。この時、横方向の成長により、最終的にストライプが合体して、表面が平坦化する。この時点で、バッファ層22とGaN層23からなる層のライン部上部には貫通転位が発生しているが、そのライン部間のGaN層26には貫通転位は発生していない。

40

【0033】

次に、図3(d)に示すように、SiO<sub>2</sub>膜27を形成し、前記バッファ層22とGaN層23が残ってできたライン部間のスペース部の中央に位置するSiO<sub>2</sub>膜27を3μm程度除去する。

【0034】

次に、図3(e)に示すように、成長温度を1050にしてGaN層28を20μm程度選択成長させる。この時横方向の成長により、最終的にストライプが合体し、表面が平坦化する。

【0035】

次に、図3(f)に示すように、SiO<sub>2</sub>膜29を形成し、残ったSiO<sub>2</sub>膜27の中央

50

に位置する  $\text{SiO}_2$  膜 29 を幅  $3 \mu\text{m}$  程度除去し、その上に、成長温度を  $1050$  にして、 $\text{GaN}$  層 30 を  $20 \mu\text{m}$  程度選択成長させる。

【0036】

最後に、図 3 (g) に示すように、上記のように作成した  $\text{GaN}$  基板上に、 $n\text{-GaN}$  層 31 を  $100 \sim 200 \mu\text{m}$  程度成長させた後、サファイア基板から  $\text{GaN}$  層 30 までを除去し、 $n\text{-GaN}$  層 41 を  $n$  型  $\text{GaN}$  基板とする。

【0037】

次に、図 4 に示すように、上記のようにして作製された  $n$  型  $\text{GaN}$  基板 41 上に、 $n\text{-GaN}$  バッファ層 42、 $150$  ペアの  $n\text{-Al}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$  ( $2.5 \text{ nm}$ ) /  $\text{GaN}$  ( $2.5 \text{ nm}$ ) 超格子クラッド層 43、 $n\text{-GaN}$  光導波層 44、 $n\text{-In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$  ( $10.5 \text{ nm}$ ) /  $n\text{-In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$  ( $3.5 \text{ nm}$ ) 三重量子井戸活性層 45、 $p\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  キャリアブロック層 46、 $p\text{-GaN}$  光導波層 47、 $150$  ペアの  $p\text{-Al}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$  ( $2.5 \text{ nm}$ ) /  $\text{GaN}$  ( $2.5 \text{ nm}$ ) 超格子クラッド層 48、 $p\text{-GaN}$  コンタクト層 49 を積層する。ここでは、 $p$  型の不純物として  $\text{Mg}$  を使用する。この  $\text{Mg}$  の活性化のために成長後窒素雰囲気中で熱処理するか、または窒素リッチ雰囲気中で成長を実施するかのいずれかの方法を用いてもよい。

10

【0038】

次に、ストライプ領域に開口を有する  $\text{SiO}_2$  膜 50 を形成し、幅  $2 \mu\text{m}$  の開口を  $500 \mu\text{m}$  ピッチで設ける。 $\text{Ni/Au}$  よりなる  $p$  側電極 51 を形成した後、基板を研磨し、基板裏面に  $\text{Ti/Au}$  よりなる  $n$  電極 52 を  $p$  側電極に対応する領域に形成する。上記のようにして作製された試料を劈開して形成した共振器面の一方に高反射コートを行い、他方に低反射コートを行い、その後、共振器長  $400 \mu\text{m}$ 、長さ約  $1 \text{ cm}$  のバーにへき開して、半導体レーザー 13 を完成させる。

20

【0039】

このように作製された窒化物半導体レーザーの発振帯は  $400 \sim 420 \text{ nm}$  であり、出力は  $30 \text{ mW}$  である。また、幅  $2 \mu\text{m}$  の発光点が  $20$  個、約  $500 \mu\text{m}$  ピッチで形成されており、発光点の並び方向の長さは約  $1 \text{ cm}$  である。そして、 $p$  側電極側の面を上にして、凸状に反っており、その発光点変位量は約  $10 \mu\text{m}$  であった。

30

【0040】

次に、上記のようにして製造されたレーザー素子に、 $-20$  から  $80$  まで  $100$  サイクル温度を昇降させて行うヒートサイクル処理を行った。なお、このヒートサイクル処理は、半導体レーザーとヒートシンクとをボンディングする際にロウ材が熔融固化するときが発生するロウ材内部の応力緩和に必要な工程であり、素子の信頼性を確保する上で省略できない工程である。

【0041】

ヒートシンクへの接着後およびヒートサイクル処理後のレーザー素子の発光点変位量について、比較例のレーザー素子と比較した。その結果を図 5 に示す。なお、比較例の窒化物半導体レーザーは本発明の窒化物半導体レーザーと同様に作製されたものであり、発光点を  $20$  個有し、発光点の配列方向の長さが約  $1 \text{ cm}$ 、発光点変位量も  $10 \mu\text{m}$  程度のものである。ヒートシンク上への固定方法は、本発明と同様である。

40

【0042】

図 5 に示すように、本発明のレーザー素子の製造方法によって製造されたレーザー素子においては、発光点変位量は  $0.2 \mu\text{m}$  であるのに対し、従来のレーザー素子の製造方法によって製造されたレーザー素子の発光点変位量は  $2 \mu\text{m}$  であった。本発明による窒化物半導体レーザーは、ヒートシンクの表面 11a の形状と同様の平坦な表面形状を有するコレットを用い、ロウ材として硬度の高い  $\text{AuSn}$  を用いたため、発光点変位量を小さくすることができたと考えられる。

【0043】

また、ヒートサイクル処理後の発光点変位量は、本発明では  $0.2 \mu\text{m}$  であり、比較例で

50

は  $2.5 \mu\text{m}$  であった。比較例は、本発明のレーザ素子で用いている  $\text{AuSn}$  より硬度が低い  $\text{In}$  を用いているため、レーザバーに再び反りが生じたと考えられる。

【0044】

ヒートシンクは、 $\text{Cu}$  のみからなるものに限らず、 $\text{Cu}$  を含む合金、例えば  $\text{CuTe}$  からなるものであってもよい。

【0045】

次に、上記本発明のレーザ素子を備えたレーザモジュールの一実施の形態について説明する。図6に、そのレーザモジュールの概略平面図を示す。

【0046】

本実施の形態によるレーザモジュールは、図6に示すように、20の発光点を有する窒化物半導体レーザバー（長さ  $1\text{cm}$ ）13が、発光点変位量  $0.2 \mu\text{m}$  で、 $\text{Cu}$  からなるヒートシンク11上に  $\text{AuSn}$  ロウ材により固定されてなるレーザ素子15と、コリメータレンズアレイ61および1つの集光レンズ62からなる光学系と、1本のマルチモード光ファイバ63とから構成されている。

10

【0047】

なお、図6においては、図の煩雑化を避けるために、窒化物半導体レーザバーから発せられるレーザ光  $B_1$  から  $B_{20}$  までのうち、 $B_1$  と  $B_{20}$  のみに符号を付し、 $B_2$  から  $B_{19}$  については省略している。

【0048】

窒化物半導体レーザバー13の発光点それぞれから発散光状態で出射したレーザビーム  $B_1 \sim B_{20}$  は、それぞれコリメータレンズアレイ61によって平行光化される。

20

【0049】

平行光とされたレーザビーム  $B_1 \sim B_{20}$  は、集光レンズ62によって集光され、マルチモード光ファイバ63のコアの入射端面上で収束する。本例ではコリメータレンズアレイ61および集光レンズ62によって集光光学系が構成され、それとマルチモード光ファイバ63とによって合波光学系が構成されている。すなわち、集光レンズ62によって上述のように集光されたレーザビーム  $B_1 \sim B_{20}$  がこのマルチモード光ファイバ63のコアに入射してそこを伝搬し、1本のレーザビーム  $B$  に合波されてマルチモード光ファイバ63から出射する。

【0050】

コリメータレンズアレイ61は、20個のコリメータレンズ61aが一行に一体的に固定されてなるものである。各コリメータレンズ61aは、軸対称レンズの光軸を含む一部を細長く切り取った形状とされる。具体的には、各コリメータレンズ61aの開口径は水平方向、垂直方向で各々  $0.5\text{mm}$ 、 $1.5\text{mm}$  であり、また、各コリメータレンズ61aの各焦点距離  $f_1 = 1.2\text{mm}$ 、 $\text{NA} = 0.6$ 、有効高さは  $2.5\text{mm}$  である。また、レーザビームの断面形状に合わせて縦横比が例えば  $3:1$  とされている。これら20個のコリメータレンズ61aのピッチは、窒化物半導体レーザバーの発光点ピッチに合わせて  $500 \mu\text{m}$ （誤差は  $0.2 \mu\text{m}$  以下）とされている。

30

【0051】

各発光点から発せられたレーザビーム  $B_1 \sim B_{20}$  は、上述のように細長い形状とされた各コリメータレンズに対して、拡がり角最大の方向が開口径大の方向と一致し、拡がり角最小の方向が開口径小の方向と一致する状態で入射することになる。入射するレーザビーム  $B_1 \sim B_{20}$  の水平方向、垂直方向のビーム径は各々  $0.36\text{mm}$ 、 $1.04\text{mm}$  である。つまり、細長い形状とされた各コリメータレンズ61aは、入射するレーザビーム  $B_1$  から  $B_{20}$  の楕円形の断面形状に対応して、非有効部分を極力少なくして使用されることになる。

40

【0052】

集光レンズ62は、幅が  $12\text{mm}$ 、有効高さが  $10\text{mm}$ 、焦点距離が  $16.0\text{mm}$ 、 $\text{NA}$  が  $0.6$  のランケート型レンズである。20本のレーザビームは集光レンズ62により集光されて、マルチモード光ファイバ63のコア端面に集光スポット径約  $26 \mu\text{m}$  で収束

50

する。

【0053】

マルチモード光ファイバ63としては、三菱電線工業株式会社製のグレーデッドインデックス型光ファイバを基本として、コア中心部がグレーデッドインデックスで外周部がステップインデックスである、コア径 = 50  $\mu\text{m}$ 、NA = 0.3、端面コートの透過率 = 99.5%以上のものが用いられている。本例の場合、先に述べたコア径  $\times$  NA の値は 7.5  $\mu\text{m}$  である。

【0054】

本実施形態においてレーザモジュールを構成する各要素は、上方が開口した箱状のパッケージ内に収容され、このパッケージの上記開口がパッケージ蓋によって閉じられることが望ましい。これにより、各要素表面の光路上に汚染物が付着するのを防止し、経時信頼性の高いモジュールを得ることができる。特に、350 ~ 450 nm の波長帯では、エネルギーが高く集塵効果も高いため、効果的である。

10

【0055】

本実施の形態の構成においては、レーザービーム B1 ~ B20 のマルチモード光ファイバへ63の結合効率が90%となる。したがって、窒化物半導体レーザー13の各発光点からの出力が30 mW のときには、出力 540 mW (= 30 mW  $\times$  0.9  $\times$  20) の合波レーザービーム B が得られることになる。

【0056】

ここで、上記のようなレーザモジュールにおいて、1本のレーザービームがファイバ中心からずれた場合のファイバとの結合効率の変化について説明する。図7に、レーザーから発せられるビームの光ファイバ入射端におけるファイバ中心(半径25  $\mu\text{m}$ )からのズレ量とファイバへの結合効率との関係を示す。

20

【0057】

上記レーザモジュールの光学系の拡大率は、コリメートレンズおよび集光レンズの焦点距離から、16 mm / 1.2 mm = 13.3 倍である。すなわち、例えば、凸状に反った窒化物半導体レーザーの発光点変位量が1  $\mu\text{m}$  である場合、素子中心の発光点を基準位置とし、基準位置のビームをファイバ中心に調芯すると、最も基準位置からずれた発光点からのビームは、ファイバ中心から13.3  $\mu\text{m}$  ずれることになる。13.3  $\mu\text{m}$  ずれると、図7に示すように、結合効率は15%程度低下する。

30

【0058】

つまり、上記比較例のレーザモジュールにおいては、レーザー素子のヒートサイクル処理後の変位量が2.5  $\mu\text{m}$  であるので、例えばレーザー中心部に位置する発光点からのレーザービームを光ファイバ中心に調芯した場合(つまりその発光点からのレーザービームをコリメータレンズの光軸を合わせて調芯した場合)、両端の発光点からのレーザービームは、33  $\mu\text{m}$  (= 2.5  $\mu\text{m}$   $\times$  13.4) 光ファイバ中心からずれることになる。33  $\mu\text{m}$  程度ずれると、コア径50  $\mu\text{m}$  のファイバ(半径25  $\mu\text{m}$ ) に結合させることができない。

【0059】

一方、本発明によるレーザモジュールにおいては、レーザー素子のヒートサイクル処理後の発光点変位量が0.2  $\mu\text{m}$  であるため、このレーザー素子をレーザモジュールに用いた場合、上記比較例と同様に調芯した場合、両端の発光点からのレーザービームは、2.6  $\mu\text{m}$  (= 0.2  $\mu\text{m}$   $\times$  13.3) ファイバ中心からずれることになる。2.6  $\mu\text{m}$  程度のずれの場合、図7より、結合効率の低下を5%以内とすることができ高い結合効率を維持できる。

40

【0060】

次に、本発明の第2の実施形態によるレーザー素子の製造方法について説明する。その製造過程の断面図を図8に示す。

【0061】

図8(a)に示すように、ヒートシンクは、厚さ約6 mm、円柱状のCuブロック表面にNi(0.1  $\mu\text{m}$ )、Pt(0.2  $\mu\text{m}$ ) およびAu(1  $\mu\text{m}$ ) がこの順に蒸着された、

50

ヒートシンク73の弧状の表面73a上に、厚さ3 $\mu$ mから50 $\mu$ m程度のAuSnからなるロウ材14を蒸着により形成し、その上に窒化物系半導体レーザバー13を配置する。このレーザバーを、ヒートシンクの曲率と略同等の曲率を有するボンディングコレット71で押しながら、AuSnロウ材14を加熱して溶融した後固化させて、窒化物半導体レーザバー13を固定する。

【0062】

このようにして製造されたレーザ素子は、図8(b)に示すように、発光点がヒートシンクの曲率半径と略同等の曲率半径で一線状に並び、発光点変位量が、0.4 $\mu$ mのものである。また、AuSnロウ材により接着されて固定されているので、強固に接着されたものであり、経時信頼性が高い。

【0063】

なお、ヒートシンクの表面形状が弧状の場合の発光点変位量とは、図9に示すように、ヒートシンクの曲率半径Rと、レーザ素子の発光点の並びに対する曲率半径 $R_1$ との差( $R_1 - R$ )で示される。

【0064】

次に、上記のように製造されたレーザ素子について説明する。そのレーザ素子の斜視図を図10に示す。

【0065】

本実施の形態によるレーザ素子75は、図10に示すように、半径7mmの円柱状のヒートシンク73の表面73aに、窒化物半導体レーザバー13と同様に製造された20の発光点を有する3つの窒化物半導体レーザバー13a、13bおよび13cが、同間隔で、AuSnロウ材により接着されてなるものである。

【0066】

次に、上記実施の形態によるレーザ素子を備えたレーザモジュールについて説明する。

【0067】

本実施の形態によるレーザモジュールは、図11に示すように、レーザ素子75と、3つのコリメータレンズアレイコリメータレンズアレイ81a、81b、81cと、1つの集光レンズ82と、1本のマルチモード光ファイバ83とからなるものである。コリメータレンズと集光レンズとにより、光学系が構成されている。

【0068】

なお、図11においては、図の煩雑化を避けるために、窒化物半導体レーザバー13a、13bおよび13cのそれぞれから発せられる20本のレーザ光のうち2本についてのみ記載して、後の18本については省略している。

【0069】

窒化物半導体レーザバー13a、13bおよび13cのそれぞれの発光点から発散光状態で出射した20本のレーザビームは、それぞれコリメータレンズアレイ81a、81bおよび81cによって平行光化される。

【0070】

平行光とされたレーザビームは、集光レンズ82によって集光され、マルチモード光ファイバ83のコアの入射端面上で収束し、1本のレーザビームBに合波されてマルチモード光ファイバ83から出射する。

【0071】

集光レンズ82は、例えば樹脂あるいは光学ガラスをモールド成形することによって形成される。

【0072】

本発明のレーザモジュールは、発光点がヒートシンクの曲率半径と略同等の曲率半径で一線状に並び、強固に接着され経時信頼性が高いレーザ素子を用いているので、コリメータレンズの光軸の並びをヒートシンクの表面形状と同等にすればよく、光学系の設計を簡便にし、また位置あわせを容易に行うことができるので、製造を容易なものとする事ができる。

10

20

30

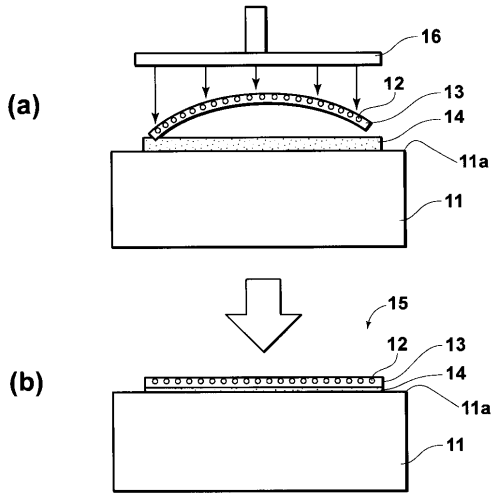
40

50

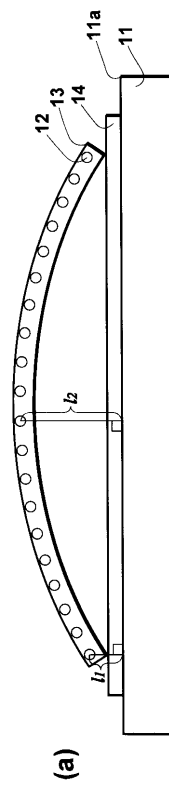
## 【図面の簡単な説明】

- 【図 1】本発明の第 1 の実施の形態によるレーザ素子の製造方法を示す断面図
- 【図 2】ヒートシンクの表面が平坦な場合の発光点変位量の定義を説明する図
- 【図 3】本発明のレーザ素子を構成する窒化物半導体レーザバーの GaN 基板の製造過程を示す断面図
- 【図 4】本発明のレーザ素子を構成する窒化物半導体レーザバーの製造過程を示す断面図
- 【図 5】本発明のレーザ素子および比較例のレーザ素子のヒートシンクへの実装後およびヒートサイクル処理後の発光点変位量を示すグラフおよび表
- 【図 6】本発明の第 1 の実施の形態によるレーザモジュールを示す概略構成図
- 【図 7】レーザビームの光ファイバ中心からのズレ量と結合効率との関係を示すグラフ 10
- 【図 8】本発明の第 2 の実施の形態によるレーザ素子の製造方法を示す断面図
- 【図 9】ヒートシンクの表面が弧状の場合の発光点変位量の定義を示す断面図
- 【図 10】本発明の第 2 の実施の形態によるレーザ素子を示す斜視図
- 【図 11】本発明の第 2 の実施の形態によるレーザモジュールを示す斜視図
- 【符号の説明】
- |               |                           |    |
|---------------|---------------------------|----|
| 1 1           | Cu ヒートシンク                 |    |
| 1 2           | 発光点                       |    |
| 1 3           | 窒化物半導体レーザバー               |    |
| 1 4           | ロウ材                       |    |
| 1 6           | コレット                      | 20 |
| 1 5           | レーザ素子                     |    |
| 2 1           | サファイヤ基板                   |    |
| 2 2           | GaN バッファ層                 |    |
| 2 3           | GaN 層                     |    |
| 2 4, 2 7, 2 9 | SiO <sub>2</sub> 膜        |    |
| 2 5           | レジスト                      |    |
| 2 6, 2 8      | GaN 層                     |    |
| 3 0, 3 1      | n - GaN 層                 |    |
| 4 1           | n 型 GaN 基板                |    |
| 4 2           | GaN バッファ層                 | 30 |
| 4 3           | AlGaIn / GaN 超格子クラッド層     |    |
| 4 4           | GaN 光導波層                  |    |
| 4 5           | InGaIn / InGaIn 三重量子井戸活性層 |    |
| 4 6           | AlGaIn キャリアブロック層          |    |
| 4 7           | GaN 光導波層                  |    |
| 4 8           | AlGaIn 超格子クラッド層           |    |
| 4 9           | GaN コンタクト層                |    |
| 5 0           | SiO <sub>2</sub> 膜        |    |
| 5 1           | p 側電極                     |    |
| 5 2           | n 側電極                     | 40 |

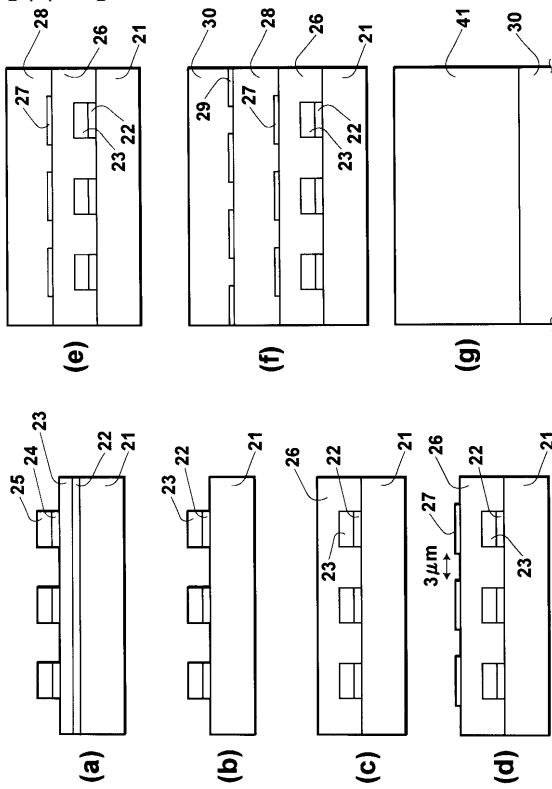
【 図 1 】



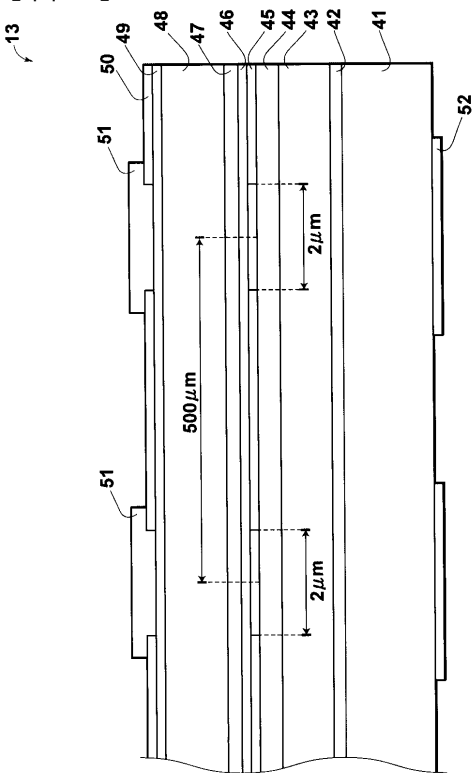
【 図 2 】



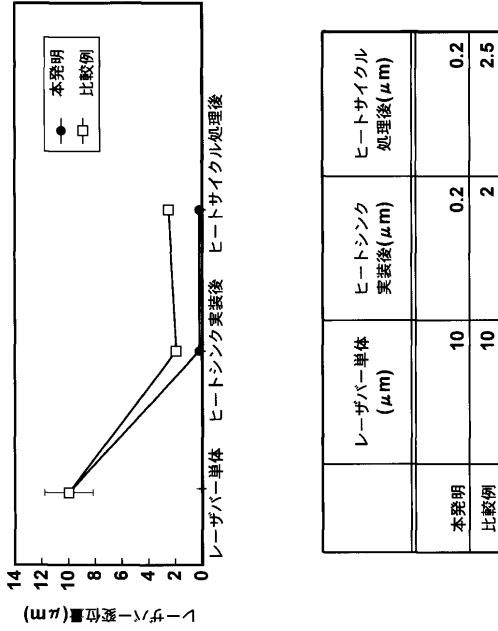
【 図 3 】



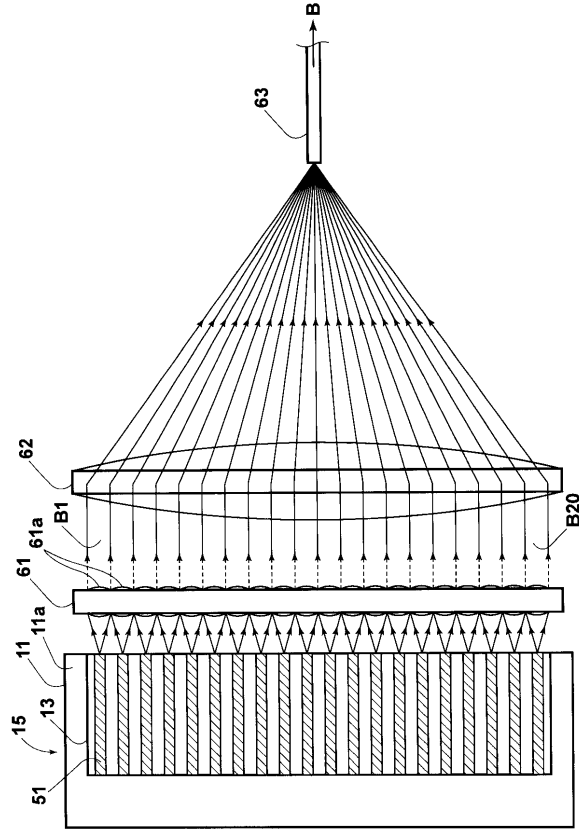
【 図 4 】



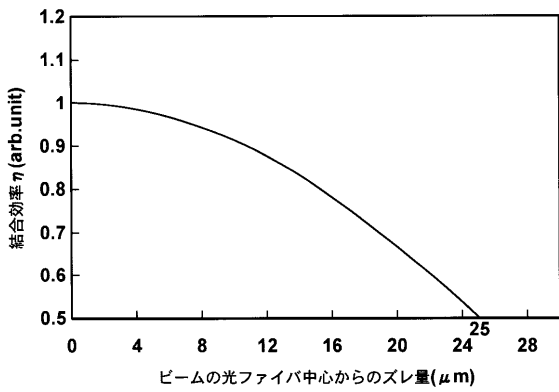
【 図 5 】



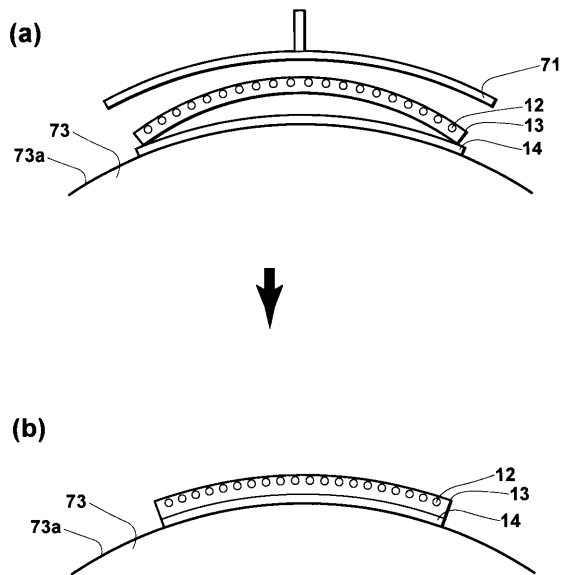
【 図 6 】



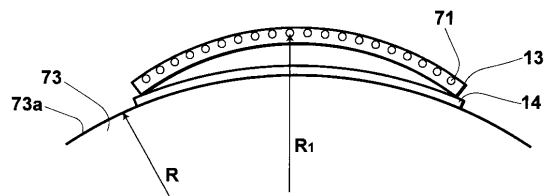
【 図 7 】



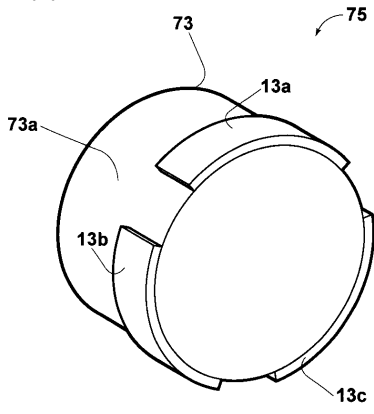
【 図 8 】



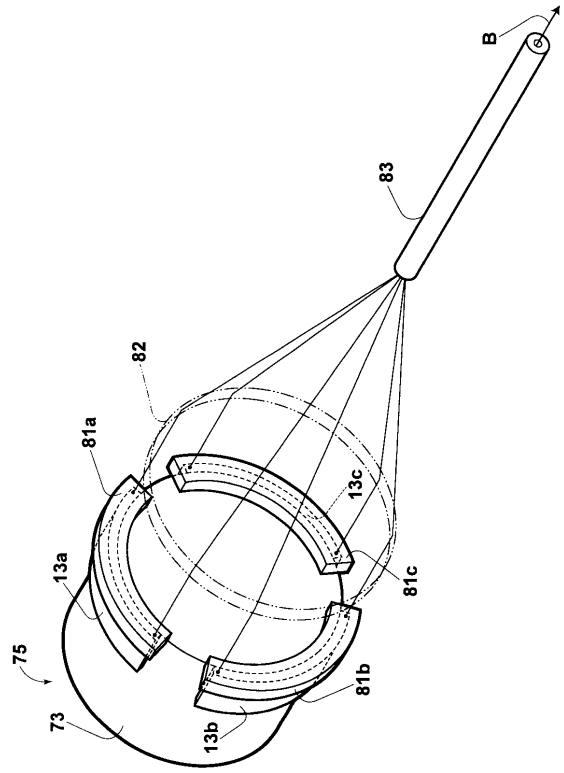
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F073 AA74 AB04 AB27 AB28 CA07 CB05 CB13 DA16 DA33 DA34  
EA29 FA14 FA22 FA23