

(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2007-201411**  
(P2007-201411A)

(43) 公開日 **平成19年8月9日(2007.8.9)**

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>HO 1 S 5/022 (2006.01)</b>		HO 1 S 5/022		5 F 1 7 3
<b>HO 1 S 5/323 (2006.01)</b>		HO 1 S 5/323	6 1 0	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2006-235673 (P2006-235673)  
 (22) 出願日 平成18年8月31日 (2006.8.31)  
 (31) 優先権主張番号 特願2005-374222 (P2005-374222)  
 (32) 優先日 平成17年12月27日 (2005.12.27)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001889  
 三洋電機株式会社  
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号  
 (74) 代理人 100104433  
 弁理士 宮園 博一  
 (72) 発明者 別所 靖之  
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内  
 (72) 発明者 野村 康彦  
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内  
 Fターム(参考) 5F173 AH22 AL03 AL13 AP93 MB05  
 MC04 MD03 ME03 ME33 ME55  
 ME86

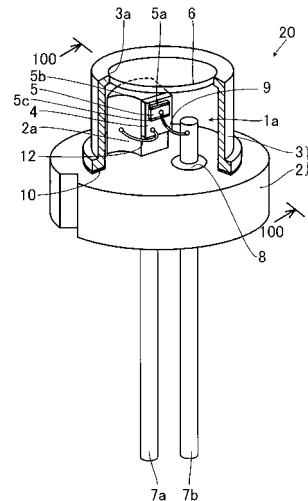
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】半導体レーザ素子の端面に形成された誘電体層の変質に起因する出力の低下および信頼性の低下を抑制することが可能な半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】この窒化物系半導体レーザ装置素子20は、光出射面5aに形成されたSiO<sub>2</sub>からなる誘電体層5bを有する窒化物系半導体レーザ素子5と、窒化物系半導体レーザ素子5が気密封止されるパッケージ部1とを備えている。また、パッケージ部1内の雰囲気は、水分濃度5000ppm以下の酸素含有雰囲気である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも光出射面に形成された酸化物からなる誘電体層を有する半導体レーザ素子と

、

前記半導体レーザ素子が気密封止されるパッケージ部とを備え、

前記パッケージ部内の雰囲気は、水分濃度 5 0 0 0 p p m 以下の酸素含有雰囲気である、半導体レーザ装置。

## 【請求項 2】

光出射面には形成されずに前記光出射面とは反対側の後端面のみに形成された酸化物からなる誘電体層を有する半導体レーザ素子と、

10

前記半導体レーザ素子が気密封止されるパッケージ部とを備え、

前記パッケージ部内の雰囲気は、水分濃度 5 0 0 0 p p m 以下の酸素含有雰囲気である、半導体レーザ装置。

## 【請求項 3】

前記酸素含有雰囲気中の酸素濃度は、5 % 以上である、請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項 4】

前記パッケージ部は、前記半導体レーザ素子を支持するための支持部と、前記支持部に接合されるとともに前記半導体レーザ素子を気密封止するためのキャップ部とを含み、

前記支持部の表面および前記キャップ部の内側表面には、酸化防止層が形成されている、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

20

## 【請求項 5】

前記パッケージ部は、前記半導体レーザ素子を支持するための支持部と、前記支持部に接合されるとともに、前記半導体レーザ素子を気密封止するためのキャップ部とを含み、

前記キャップ部と前記支持部との接合部には、溶接接合による溶接部が形成されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項 6】

前記半導体レーザ素子は、窒化物系半導体レーザ素子である、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

## 【請求項 7】

30

少なくとも半導体レーザ素子の光出射面に酸化物からなる誘電体層を形成する工程と、

前記半導体レーザ素子を支持部に取り付ける工程と、

前記半導体レーザ素子を取り付けられた前記支持部に紫外光を照射する工程と、

その後、前記半導体レーザ素子を、キャップ部によって、水分濃度 5 0 0 0 p p m 以下および酸素濃度 5 % 以上の酸素含有雰囲気中で気密封止する工程とを備える、半導体レーザ装置の製造方法。

## 【請求項 8】

前記酸化物からなる誘電体層を形成する工程に先立って、少なくとも前記半導体レーザ素子の光出射面をプラズマによりクリーニングする工程をさらに備える、請求項 7 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

40

## 【請求項 9】

半導体レーザ素子の光出射面には形成されずに前記光出射面とは反対側の後端面のみに酸化物からなる誘電体層を形成する工程と、

前記半導体レーザ素子を支持部に取り付ける工程と、

前記半導体レーザ素子を取り付けられた前記支持部に紫外光を照射する工程と、

その後、前記半導体レーザ素子を、キャップ部によって、水分濃度 5 0 0 0 p p m 以下および酸素濃度 5 % 以上の酸素含有雰囲気中で気密封止する工程とを備える、半導体レーザ装置の製造方法。

## 【請求項 10】

前記酸化物からなる誘電体層を形成する工程に先立って、前記半導体レーザ素子の光出

50

射面とは反対側の後端面をプラズマによりクリーニングする工程をさらに備える、請求項 9 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 11】

前記プラズマによりクリーニングする工程は、不活性ガスの雰囲気中で行われる、請求項 8 または 10 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体レーザ装置およびその製造方法に関し、特に、半導体レーザ素子が気密封止されるパッケージ部を有する半導体レーザ装置およびその製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、半導体レーザ素子がパッケージ部内に気密封止された半導体レーザ装置が知られている（たとえば、特許文献 1 参照）。この特許文献 1 には、ステム（支持部）に窒化物系半導体レーザ素子が装着されるとともに、非導電性材料からなるキャップ部が、窒化物系半導体レーザ素子を覆うように接合された窒化物系半導体レーザ装置が開示されている。

【0003】

また、上記特許文献 1 に記載されている窒化物系半導体レーザ素子では、その端面に反射率を調整するためのコーティング膜が形成されている。半導体レーザ素子では、一般的に、前端面（光出射面）および後端面に反射率制御および端面保護のための端面コート膜が形成されており、この端面コート膜の材料としては  $\text{SiO}_2$  や  $\text{SiN}$  などからなる誘電体が用いられている。

20

【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 209801 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載されている窒化物系半導体レーザ装置では、パッケージ部内の雰囲気、水分濃度、端面コート膜の材質に関し何ら考慮されていない。このため、パッケージ部内の雰囲気、水分濃度および端面コート膜の材質によって端面コート膜の変質が生じ、窒化物系半導体レーザ素子の出力特性が低下するという問題点がある。

30

【0006】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、半導体レーザ素子の端面に形成された誘電体層の変質に起因する出力の低下および信頼性の低下を抑制することが可能な半導体レーザ装置およびその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段および発明の効果】

【0007】

上記目的を達成するために、この発明の第 1 の局面における半導体レーザ装置は、少なくとも光出射面に形成された酸化物からなる誘電体層を有する半導体レーザ素子と、半導体レーザ素子が気密封止されるパッケージ部とを備え、パッケージ部内の雰囲気は、水分濃度 5000 ppm 以下の酸素含有雰囲気である。

40

【0008】

この第 1 の局面による半導体レーザ装置では、上記のように、半導体レーザ素子の少なくとも光出射面に酸化物からなる誘電体層を形成するとともに、半導体レーザ素子をパッケージ部内に気密封止し、パッケージ部内の雰囲気を、酸素含有雰囲気とすることによって、パッケージ部内の雰囲気中の酸素濃度が低くなりすぎることによって、酸化物からなる誘電体層から酸素が脱離するという不都合が発生するのを抑制することができる。このため、この酸素の脱離により加速的に生じる誘電体層による水分の吸収および吸着を抑

50

制することができる。さらに、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度を5000ppm以下とすることによって、誘電体層による水分の吸収および吸着をより一層効果的に抑制することができる。その結果、誘電体層からの酸素の脱離と、誘電体層による水分の吸収および吸着とを抑制することができるので、半導体レーザー素子の特性劣化を抑制することができるとともに、半導体レーザー装置の信頼性を向上させることができる。

【0009】

この発明の第2の局面における半導体レーザー装置は、光出射面には形成されずに光出射面とは反対側の後端面のみに形成された酸化物からなる誘電体層を有する半導体レーザー素子と、半導体レーザー素子が気密封止されるパッケージ部とを備え、パッケージ部内の雰囲気は、水分濃度5000ppm以下の酸素含有雰囲気である。

10

【0010】

上記第1および第2の局面による半導体レーザー装置において、好ましくは、酸素含有雰囲気中の酸素濃度は、5%以上である。

【0011】

上記第1および第2の局面による半導体レーザー装置において、好ましくは、パッケージ部は、半導体レーザー素子を支持するための支持部と、支持部に接合されるとともに半導体レーザー素子を気密封止するためのキャップ部とを含み、支持部の表面およびキャップ部の内側表面には、酸化防止層が形成されている。

【0012】

上記第1および第2の局面による半導体レーザー装置において、好ましくは、パッケージ部は、半導体レーザー素子を支持するための支持部と、支持部に接合されるとともに、半導体レーザー素子を気密封止するためのキャップ部とを含み、キャップ部と支持部との接合部には、溶接接合による溶接部が形成されている。

20

【0013】

上記第1および第2の局面による半導体レーザー装置において、好ましくは、半導体レーザー素子は、窒化物系半導体レーザー素子である。

【0014】

この発明の第3の局面による半導体レーザー装置の製造方法は、少なくとも半導体レーザー素子の光出射面に酸化物からなる誘電体層を形成する工程と、半導体レーザー素子を支持部に取り付ける工程と、半導体レーザー素子を取り付けられた支持部に紫外光を照射する工程と、その後、半導体レーザー素子を、キャップ部によって、水分濃度5000ppm以下および酸素濃度5%以上の酸素含有雰囲気中で気密封止する工程とを備える。

30

【0015】

この第3の局面による半導体レーザー装置の製造方法では、上記のように、半導体レーザー素子の少なくとも光出射面に酸化物からなる誘電体層を形成するとともに、半導体レーザー素子をパッケージ部内に気密封止し、パッケージ部内の雰囲気を、酸素含有雰囲気とすることによって、パッケージ部内の雰囲気中の酸素濃度が低くなりすぎること起因して、酸化物からなる誘電体層から酸素が脱離するという不都合が発生するのを抑制することができる。このため、この酸素の脱離により加速的に生じる誘電体層による水分の吸収および吸着を抑制することができる。さらに、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度を5000ppm以下とすることによって、誘電体層による水分の吸収および吸着をより一層効果的に抑制することができる。また、半導体レーザー素子を取り付けられた支持部に紫外光を照射することによって、半導体レーザー素子に付着物が付着している場合であっても、紫外光の照射による光分解により、半導体レーザー素子の上面に付着した付着物が除去されるので、付着物に含まれる水分および有機物がパッケージ部内の雰囲気中に揮発するのを抑制することができる。このため、パッケージ部内の水分濃度が上昇するのを抑制することができる。その結果、誘電体層からの酸素の脱離と、誘電体層による水分の吸収および吸着とを抑制することができるので、半導体レーザー素子の特性劣化を抑制することができるとともに、半導体レーザー装置の信頼性を向上させることができる。

40

【0016】

50

上記第3の局面による半導体レーザ装置の製造方法において、好ましくは、酸化物からなる誘電体層を形成する工程に先立って、少なくとも半導体レーザ素子の光出射面をプラズマによりクリーニングする工程をさらに備える。

【0017】

この発明の第4の局面による半導体レーザ装置の製造方法は、半導体レーザ素子の光出射面には形成されずに光出射面とは反対側の後端面のみに酸化物からなる誘電体層を形成する工程と、半導体レーザ素子を支持部に取り付ける工程と、半導体レーザ素子が取り付けられた支持部に紫外光を照射する工程と、その後、半導体レーザ素子を、キャップ部によって、水分濃度5000ppm以下および酸素濃度5%以上の酸素含有雰囲気中で気密封止する工程とを備える。

10

【0018】

上記第4の局面による半導体レーザ装置の製造方法において、好ましくは、酸化物からなる誘電体層を形成する工程に先立って、半導体レーザ素子の光出射面とは反対側の後端面をプラズマによりクリーニングする工程をさらに備える。

【0019】

上記プラズマによりクリーニングする工程において、好ましくは、プラズマによりクリーニングする工程は、不活性ガスの雰囲気中で行われる。なお、不活性ガスとは、希ガスまたは窒素ガスである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

20

【0021】

図1は、本発明の一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の構造を示した斜視図であり、図2は、図1の100-100線に沿った断面図である。図3は、図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の半導体レーザ素子の構造を示した断面図である。まず、図1～図3を参照して、本実施形態による窒化物系半導体レーザ装置20の構造について説明する。なお、本実施形態では、本発明の半導体レーザ装置の一例として、発振波長405nmの青紫色レーザ光を出射する窒化物系半導体レーザ素子5が装着された窒化物系半導体レーザ装置20について説明する。

【0022】

本実施形態による窒化物系半導体レーザ装置20では、図1に示すように、鉄製のステム2とコパール(Fe-29%Ni-17%Co合金)からなるキャップ部3とから構成されるパッケージ部1内に、窒化物系半導体レーザ素子5が装着されている。なお、窒化物系半導体レーザ素子5の後端面から出射されるレーザ光を受光するためのフォトダイオードを別途設けるようにしてもよい。

30

【0023】

本実施形態の窒化物系半導体レーザ装置20の構造としては、図1および図2に示すように、鉄製のステム2に、銅からなる放熱部材2aが一体的に形成されている。そして、放熱部材2aには、AlNからなるヒートシンク(サブマウント)4が取り付けられており、ヒートシンク4には、窒化物系半導体レーザ素子5が取り付けられている。この窒化物系半導体レーザ素子5は、光出射面(光出射側の共振器端面)5aが後述するキャップガラス6と対向するように配置されている。また、ステム2には、2本のリード7aおよび7bが取り付けられており、その2本のリード7aおよび7bのうちの1本のリード7bは、絶縁リング8によってステム2と電氣的に絶縁されている。また、リード7aは、放熱部材2aとヒートシンク4上の電極(図示せず)とをワイヤ12で接続することにより、窒化物系半導体レーザ素子5の一方の電極と電氣的に接続するように、ステム2に取り付けられている。また、リード7bの一方端部は、ステム2の上面から領域1a側に突出している。さらに、リード7aおよび7bは、気密性が保持された状態で、ステム2に取り付けられている。また、リード7bは、ワイヤ9を介して、窒化物系半導体レーザ素子5の他方の電極に電氣的に接続されている。

40

50

## 【0024】

また、ステム2には、コバルト(Fe-29%Ni-17%Co合金)からなるとともに、開口部3aを有する円筒状のキャップ部3が接合されている。このキャップ部3の開口部3aに対応する領域には、キャップガラス6が融着されている。また、キャップガラス6は、窒化物系半導体レーザ素子5から出射されるレーザ光をパッケージ部1の外部に取り出す機能を有している。そして、キャップガラス6およびキャップ部3によって、パッケージ部1内の窒化物系半導体レーザ素子5が取り付けられる領域1aが気密封止されている。なお、ステム2は、本発明の「支持部」の一例であり、窒化物系半導体レーザ素子5は、本発明の「半導体レーザ素子」の一例である。

## 【0025】

ここで、本実施形態では、ステム2の表面には、酸化防止層としてのNi/Auメッキ層が形成されているとともに、キャップ部3の内側表面および外側表面には、酸化防止層としてのNiメッキ層が形成されている。また、キャップ部3とステム2との接合は、溶接によって行われるため、キャップ部3とステム2との接合部分には溶接部10が形成されている。また、パッケージ部1内の窒化物系半導体レーザ素子5が取り付けられる領域1aには、水分濃度5000ppm以下であるとともに、酸素濃度が5%以上の酸素含有雰囲気である大気が充填されて気密封止されている。

## 【0026】

また、窒化物系半導体レーザ素子5は、図3に示すように、光出射面5aである前端面に、約105nmの厚みを有するとともに、SiO<sub>2</sub>からなる反射率約10%の誘電体層5bが形成されている。また、窒化物系半導体レーザ素子5の光出射面5aとは反対側の面である後端面には、後端面側から約70nmの厚みを有する5つのSiO<sub>2</sub>層5dと約43nmの厚みを有する5つのTiO<sub>2</sub>層5eとが交互に積層された反射率約98%の誘電体層5cが形成されている。

## 【0027】

本実施形態では、上記のように、窒化物系半導体レーザ素子5の光出射面5aに酸化物からなる誘電体層5bを形成するとともに、窒化物系半導体レーザ素子5が気密封止されるパッケージ部1内の雰囲気を酸素濃度5%以上の酸素含有雰囲気としている。このように構成することによって、本発明によれば、パッケージ部1内の雰囲気中の酸素濃度が5%未満となって低くなりすぎること起因して、酸化物からなる誘電体層5bから酸素が脱離するという不都合が発生するのを抑制することができる。これにより、この酸素の脱離によって加速的に生じる誘電体層5bによる水分の吸収および吸着を抑制することができる。さらに、パッケージ部1内の雰囲気中の水分濃度を5000ppm以下としていることから誘電体層5bによる水分の吸収および吸着をより一層効果的に抑制することができる。この結果、誘電体層5bからの酸素の脱離、および、誘電体層5bによる水分の吸収および吸着を抑制することによって、窒化物系半導体レーザ素子5の特性劣化を抑制することができるので、窒化物系半導体レーザ素子5の特性劣化を抑制することにより、窒化物系半導体レーザ装置20の信頼性を向上させることができる。なお、本実施形態では、窒化物系半導体レーザ素子5の共振器の光出射面5aおよび後端面に、それぞれ、誘電体層5bおよび5cを形成したが、本発明はこれに限らず、半導体レーザ素子の共振器の後端面のみに誘電体層を形成するようにしてもよい。このような構成の半導体レーザ素子は、低出力用に用いることができるとともに、前述と同様の効果を得ることができる。

## 【0028】

また、本実施形態では、ステム2の表面にNi/Auメッキ層を形成し、キャップ部3の内側表面にNiメッキ層を形成することによって、これらのNi/Auメッキ層およびNiメッキ層が酸化防止層として機能し、ステム2およびキャップ部3の内面の酸化を抑制することができる。このため、ステム2およびキャップ部3の内面の酸化に伴うパッケージ部1内の酸素濃度の低下を抑制することができるので、酸化物からなる誘電体層5bからの酸素の脱離をより効果的に抑制することができる。この結果、酸素の脱離によって加速的に生じる誘電体層5bへの水分の吸収および吸着を効果的に抑制することができる

10

20

30

40

50

ので、これら酸素の脱離、水分の吸収および吸着により生じる誘電体層 5 b の変質を効果的に抑制することができ、この結果、信頼性のより向上した窒化物系半導体レーザ装置 2 0 を提供することができる。また、ステム 2 およびキャップ部 3 の内面にかかわらず、パッケージ部 1 内に露出する放熱部材 2 a などの他の部材の表面にも Ni / Au メッキを施す等の方法により酸化防止膜を形成することで、パッケージ部 1 内の酸素濃度の低下を一層効果的に抑制することができる。

#### 【 0 0 2 9 】

また、本実施形態では、キャップ部 3 とステム 2 との接合部に溶接による溶接部 1 0 を形成することによって、キャップ部 3 とステム 2 との接合時に接合部分の気密性を容易に保持することができるので、窒化物系半導体レーザ素子 5 が収納されるパッケージ部 1 を、容易に気密封止することができる。このため、外部からパッケージ部 1 内への水分の侵入をより一層効果的に抑制することができるので、誘電体層 5 b の変質をより一層効果的に抑制することができる。

10

#### 【 0 0 3 0 】

図 4 ~ 図 9 は、図 1 に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。次に、図 1、図 2 および図 4 ~ 図 9 を参照して、本実施形態による窒化物系半導体レーザ装置 2 0 の製造方法について説明する。

#### 【 0 0 3 1 】

まず、図 4 に示したウェハ 5 0 をストライプ状（細長状）のリッジ部（電流通路部）（図示せず）の延びる方向（矢印 B 方向）と垂直な方向（矢印 A 方向）に沿ってへき開することにより、図 5 に示した複数のバー状のウェハ 5 1 を形成する。具体的には、まず、図 4 に示すように、ウェハ 5 0 のリッジ部と反対側の表面に矢印 A 方向に延びるへき開用溝部 5 2 を形成する。このへき開用溝部 5 2 は、ウェハ 5 0 の矢印 A 方向の一方端部側から他方端部側まで連続的に延びる線状に形成するようにしてもよいし、ウェハ 5 0 の矢印 A 方向の一方端部側から他方端部側まで延びる破線状に形成するようにしてもよい。また、へき開用溝部 5 2 は、ウェハ 5 0 の矢印 A 方向の一方端部および他方端部近傍のみに形成するようにしてもよい。また、へき開用溝部 5 2 は、ウェハ 5 0 のリッジ部側の表面に形成するようにしてもよい。この場合には、へき開用溝部 5 2 を、ウェハ 5 0 の矢印 B 方向に延びるリッジ部近傍を含まない矢印 A 方向の一方端部側から他方端部側まで延びる破線状に形成するか、または、ウェハ 5 0 の矢印 A 方向の一方端部および他方端部近傍のみに形成するようにすればよい。また、このへき開用溝部 5 2 は、矢印 B 方向に所定の間隔を隔てて複数形成する。また、へき開用溝部 5 2 は、ダイヤモンドポイント、レーザ光およびエッチングなどのうちのいずれかにより形成される。そして、ローラや刃状の治具などを用いてウェハ 5 0 のへき開用溝部 5 2 に沿ってへき開することにより、図 5 に示した複数のバー状のウェハ 5 1 が形成される。このバー状のウェハ 5 1 のへき開面は、前端面（光出射面）5 1 a および後端面 5 1 b として用いられる。

20

30

#### 【 0 0 3 2 】

次に、図 6 に示すように、複数のバー状のウェハ 5 1 を前端面（光出射面）5 1 a が上方に位置する状態でプラズマ発生装置 6 0 の支持台 6 1 に配置する。このプラズマ発生装置 6 0 としては、たとえば、ECR（Electron Cyclotron Resonance：電子サイクロトロン共鳴）プラズマ成膜装置を用いる。そして、プラズマ発生装置 6 0 の内部に窒素ガス、アルゴンガスおよびヘリウムガスなどの不活性ガスを導入しながら ECR プラズマを発生させることにより、バー状のウェハ 5 1 の前端面 5 1 a をクリーニングする。なお、本実施形態では、窒素ガス雰囲気中の ECR プラズマにおいて、マイクロ波出力約 5 0 0 W、窒素ガス圧力約  $5 \times 10^{-2}$  Pa の条件で、約 5 分間クリーニングを行った。その後、同じプラズマ発生装置 6 0 において、アルゴンガスおよび酸素ガスを導入しながら ECR プラズマを発生させることにより、バー状のウェハ 5 1 の前端面 5 1 a に約 1 0 5 nm の厚みを有する SiO<sub>2</sub> からなる誘電体層を形成する。このように、本実施形態では、バー状のウェハ 5 1 の前端面 5 1 a のクリーニングと、誘電体層の形成とが同じプラズマ発生装置 6 0 を用いて連続して行われる。

40

50

## 【0033】

次に、マグネトロンスパッタ法またはEB蒸着法などにより、複数のバー状のウェハ51の後端面51bにSiO<sub>2</sub>層とTiO<sub>2</sub>層とを交互に積層することにより誘電体層が形成される。なお、プラズマ発生装置60により、複数のバー状のウェハ51の後端面51bをクリーニングするとともに、誘電体層を形成するようにしてもよい。

## 【0034】

次に、図7に示したバー状のウェハ51をリッジ部の延びる方向(矢印B方向)に沿って分割することにより、図8に示した複数の窒化物系半導体レーザ素子5を形成する。具体的には、まず、図7に示すように、バー状のウェハ51のリッジ部と反対側またはリッジ部側の表面にリッジ部の形成領域を挟むように、矢印B方向に延びる分離用溝部53を形成する。この分離用溝部53は、バー状のウェハ51の矢印B方向の一方端部側から他方端部側まで連続的に延びる線状に形成するようにしてもよいし、バー状のウェハ51の矢印B方向の一方端部側から他方端部側まで延びる破線状に形成するようにしてもよい。また、分離用溝部53は、バー状のウェハ51の矢印B方向の一方端部および他方端部近傍のみに形成するようにしてもよい。また、この分離用溝部53は、矢印A方向に所定の間隔を隔ててリッジ部毎に複数形成されている。また、分離用溝部53は、ダイヤモンドポイント、レーザ光およびエッチングなどのうちのいずれかにより形成されている。そして、ローラや刃状の治具などを用いてバー状のウェハ51の分離用溝部53に沿って分割することにより、図8に示した窒化物系半導体レーザ素子5が形成される。

10

## 【0035】

次に、図9に示すように、リード7aに電気的に接続されるステム2の放熱部材2aに、ヒートシンク(サブマウント)4をAuSn半田を用いて取り付けるとともに、ヒートシンク4上に、窒化物系半導体レーザ素子5の一方電極(図示せず)をAuSn半田を用いて取り付け、ヒートシンク4上の電極(図示せず)と放熱部材2aをワイヤ(図示せず)で接続することにより、窒化物系半導体レーザ素子5とリード7aとが電気的に接続される。この際、窒化物系半導体レーザ素子5の光出射面5aがステム2と反対側に位置するように配置する。次に、窒化物系半導体レーザ素子5の他方電極(図示せず)に、ワイヤ9の一方端を接続するとともに、ワイヤ9の他方端をリード7bに接続する。これにより、窒化物系半導体レーザ素子5とリード7bとが電気的に接続される。その後、窒化物系半導体レーザ素子5が装着されたステム2全体に、紫外(UV)光を約30分間照射する。これにより、窒化物系半導体レーザ素子5の上面に付着している付着物11を光分解により除去する。

20

30

## 【0036】

次に、窒化物系半導体レーザ素子5が装着されたステム2全体を、ベーキング炉(図示せず)内に入れて、約200℃で約1時間、熱処理を行う。この際、キャップ部3も、同じベーキング炉内に入れて、約200℃で約1時間熱処理を行う。その後、水分濃度5000ppm以下の酸素含有雰囲気(大気)中で、図2に示すように、キャップ部3をステム2に溶接する。これにより、パッケージ部1内の雰囲気が、水分濃度5000ppm以下の大気(酸素濃度約20%)でパッケージ部1内に気密封止される。このようにして、図1に示した本実施形態による窒化物系半導体レーザ装置20が作製される。

40

## 【0037】

本実施形態では、上記のように、キャップ部3をステム2に溶接する前に、窒化物系半導体レーザ素子5が装着されたステム2をベーキング炉で熱処理することによって、窒化物系半導体レーザ素子5に含まれる水分およびステム2に含まれる水分を蒸発させることができるので、気密封止後に、窒化物系半導体レーザ素子5に含まれる水分およびステム2に含まれる水分がパッケージ部1内の雰囲気中に蒸発することに起因して、パッケージ部1内の雰囲気の水分濃度が5000ppmを越えてしまうという不都合が生じるのを抑制することができる。

## 【0038】

また、本実施形態では、キャップ部3をステム2に溶接する前に、窒化物系半導体レー

50



ザ素子 5 が装着されたステム 2 に紫外光を照射することによって、窒化物系半導体レーザ素子 5 に付着物 11 が付着している場合であっても、紫外光の照射による光分解により、窒化物系半導体レーザ素子 5 の上面に付着した付着物 11 が除去されるので、付着物 11 に含まれる水分および有機物がパッケージ部 1 内の雰囲気中に揮発するのを抑制することができる。このため、パッケージ部 1 内の水分濃度が上昇するのを抑制することができる。その結果、水分濃度の上昇による窒化物系半導体レーザ装置 20 の信頼性の低下を抑制することができるとともに、膜の形成によるレーザ光の出力の低下を抑制することができる。

#### 【0039】

また、本実施形態では、少なくともバー状のウェハ 51 の前端面 51a を、ECR プラズマによりクリーニングすることによって、低いエネルギーを有するプラズマを発生させることにより、バー状のウェハ 51 の前端面 51a が損傷するのを抑制しながらクリーニングすることができる。これにより、バー状のウェハ 51 の前端面 51a に付着した酸化物および汚染物などを除去することができるので、前端面 51a での光の吸収が抑制される。その結果、窒化物系半導体レーザ素子 5 の COD レベルの低下を抑制することができるので、窒化物系半導体レーザ装置 20 を高出力化することができる。

#### 【0040】

また、本実施形態では、バー状のウェハ 51 の前端面 51a のクリーニングと、SiO<sub>2</sub> からなる誘電体層の形成とを連続して行うことによって、バー状のウェハ 51 の前端面 51a がクリーニング後に大気に曝されることに起因してバー状のウェハ 51 の前端面 51a が汚染されるのを抑制することができる。

#### 【0041】

また、本実施形態では、窒素ガス、アルゴンガスおよびヘリウムガスなどの不活性ガスを導入しながら ECR プラズマを発生させることにより、バー状のウェハ 51 の前端面 51a をクリーニングすることによって、バー状のウェハ 51 の前端面 51a に付着した酸化物および汚染物などを効果的に除去することができる。なお、窒化物系半導体レーザ素子 5 については、プラズマクリーニングの雰囲気は窒素ガスがより好ましい。これは半導体レーザ素子を構成する元素と同一の N (窒素) を用いてクリーニングすることにより、クリーニング中に前端面 51a から N (窒素) が脱離するのを抑制することができるためであると考えられる。

#### 【0042】

次に、上記実施形態の効果を確認するために行った実験について説明する。この実験では、窒化物系半導体レーザ装置 20 に及ぼすパッケージ部 1 内の雰囲気中の水分濃度の影響を確認するために、水分濃度を種々変えて、動作電流の経時変化を測定した。図 10 および図 11 は、それぞれ、図 1 に示した実施形態に対応する実施例 1 および実施例 2 による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。また、図 12 および図 13 は、それぞれ、比較例 1 および比較例 2 による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。図 10 ~ 図 13 の相関図の横軸は、経過時間 (h) を示している。また、図 10 ~ 図 13 の相関図の縦軸は、動作電流 (mA) を示している。すなわち、図 10 ~ 図 13 は、窒化物系半導体レーザ装置を動作させた場合における動作電流の経時変化を示している。また、水分濃度以外の条件は、実施例 1、実施例 2、比較例 1 および比較例 2 のいずれも同じ条件とした。すなわち、半導体レーザ素子は、いずれも、窒化物系半導体レーザ素子を用い、パッケージ部内の雰囲気は、いずれも、大気とした。また、キャップ部をステムに溶接する前には、いずれも、紫外光を約 30 分間照射した。なお、水分濃度は、実施例 1 (図 10 参照) では、2500 ppm、実施例 2 (図 11 参照) では、5000 ppm、比較例 1 (図 12 参照) では、5500 ppm、および、比較例 2 (図 13 参照) では、10000 ppm とした。また、実施例 1 および実施例 2 では、それぞれ、5 個の窒化物系半導体レーザ装置を作製して各窒化物系半導体レーザ装置毎に測定を行い、比較例 1 および比較例 2 では、それぞれ、3 個の窒化物系半導体レーザ素子を作製して各窒化物系半導体レーザ装置毎に測定を行

10

20

30

40

50

った。

#### 【0043】

なお、水分濃度の測定は、バルザース社（ドイツ国）製の四重極質量分析装置（型番：QMG421C型）を用いて行った。この四重極質量分析装置には、サンプルチャンバおよび孔あけ装置などが備えられている。そして、窒化物系半導体レーザ装置をサンプルチャンバ内に挿入した後、サンプルチャンバ内を真空にし、孔あけ装置によって、窒化物系半導体レーザ装置に孔をあけてパッケージ部内のガスを放出させた。その後、四重極質量分析装置に放出されたガスを導入し、水分濃度の測定を行った。

#### 【0044】

図10～図13に示した測定結果から、水分濃度が高くなるのに伴って、1000時間経過後の動作電流値が大きくなる傾向があることが確認できた。すなわち、実施例1の水分濃度2500ppmの窒化物系半導体レーザ装置では、図10に示すように、1000時間経過後の動作電流値の上昇はほとんど見られなかった。また、実施例2の水分濃度5000ppmの窒化物系半導体レーザ装置では、図11に示すように、1000時間経過後の動作電流値はごくわずかに上昇した。これに対して、比較例1による水分濃度5500ppmの窒化物系半導体レーザ装置では、図12に示すように、実施例2（図11）の水分濃度5000ppmの窒化物系半導体レーザ装置に比べて、1000時間経過後の動作電流値の上昇度合いは大きくなっていることが判明した。さらに、水分濃度10000ppmの比較例2の窒化物系半導体レーザ装置では、図13に示すように、比較例1（図12）と比べて、1000時間経過後の動作電流値の上昇度合いはより大きくなっていることが判明した。

#### 【0045】

図14は、窒化物系半導体レーザ素子の水分濃度と電流上昇率との関係を示した相関図である。具体的には、上記図10～図13の結果について電流上昇率（％）を算出し、その算出した電流上昇率と水分濃度との関係を示した。また、図14における電流上昇率（％）は、図10～図13において窒化物系半導体レーザ素子を動作させた直後の動作電流と、1000時間経過後の動作電流との差を各測定毎に百分率で示し、それぞれの水分濃度における各測定の平均値で示した。また、電流上昇率（％）の許容範囲は、10％以下とした。

#### 【0046】

図14に示した測定結果から、窒化物系半導体レーザ装置のパッケージ部内の水分濃度は、5000ppm以下の場合に、電流上昇率が許容範囲である10％以下になるとともに、水分濃度が5000ppmから5500ppmになるときに、電流上昇率が急激に増加することが判明した。これは以下の理由によると考えられる。すなわち、水分濃度が5000ppmを越えると、窒化物系半導体レーザ素子の光出射面に形成された誘電体層に水分の吸収および吸着が生じ、これによって、誘電体層の変質が加速されるとともに、窒化物系半導体レーザ素子の劣化も加速されるために電流上昇率が高くなったものと考えられる。図14に示した測定結果から、誘電体層を酸化物（ $\text{SiO}_2$ ）から構成し、パッケージ部内の雰囲気は大気雰囲気（酸素濃度約20％）とし、パッケージ部内の水分濃度を5000ppm以下とすることによって、窒化物系半導体レーザ装置の寿命が長くなり、その結果、信頼性が向上することが確認できた。

#### 【0047】

次に、窒化物系半導体レーザ素子の誘電体層からの酸素の脱離を確認するために行った実験について説明する。この実験では、水分濃度および酸素濃度を種々変えた窒化物系半導体レーザ装置を用いて、窒化物系半導体レーザ素子の光出射面に形成された誘電体層の観察を行った。なお、誘電体層の観察は、窒化物系半導体レーザ装置を50mWの出力で約100時間動作させた後、光学顕微鏡を用いて誘電体層の色の変化を目視観察した。また、酸素濃度は、0％、2％、5％、10％、20％および30％の6条件とし、水分濃度は、2500ppm、5000ppm、および、10000ppmの3条件とした。なお、窒化物系半導体レーザ素子の光出射面に形成された誘電体層から酸素が脱離すること

により誘電体層の色が変色すると考えられるため、誘電体層の変色をもって酸素の脱離が発生していると判断した。また、本観察では、窒化物系半導体レーザ素子の前端面（光出射面）の誘電体層のみ変色有無の観察を行った。また、窒化物系半導体レーザ装置のパッケージ部内の酸素濃度の測定は、上記水分濃度の測定と同様の方法で行った。その結果を、以下の表 1 に示す。

【 0 0 4 8 】

【 表 1 】

		酸素濃度 (%)					
		0	2	5	10	20	30
水分濃度 (ppm)	2500	×	×	○	○	○	○
	5000	×	×	○	○	○	○
	10000	×	×	△	△	△	△

○:変色なし、△:変色なし(変質あり)、×:変色あり

上記表 1 中の ○ 印は、窒化物系半導体レーザ素子の光出射面に形成された誘電体層の変色がないことを示しており、× 印は、誘電体層の変色があることを示している。また、○ 印は、誘電体層の変色はない一方、上記図 1 3 の結果より、電流上昇率が大きいため誘電体層の変質があると考えられることを示している。

【 0 0 4 9 】

上記表 1 に示すように、いずれの水分濃度においても、光学顕微鏡による目視観察では、酸素濃度 5 % 以上で誘電体層の変色は確認出来なかった。このため、パッケージ部内の雰囲気中の酸素濃度を 5 % 以上とすることによって、誘電体層からの酸素の脱離が抑制可能であることが確認できた。なお、水分濃度 1 0 0 0 0 p p m の窒化物系半導体レーザ装置では、酸素濃度 5 % 以上で誘電体層の変色は確認できない一方、電流上昇が顕著であったため、誘電体層の変質は生じているものと考えられる。このため、表 1 に示した結果に基づけば、窒化物系半導体レーザ素子の光出射面に形成された誘電体層の劣化を抑制するためには、パッケージ部内の雰囲気は、酸素濃度 5 % 以上の酸素含有雰囲気であることが必要であるとともに、水分濃度も 5 0 0 0 p p m 以下であることが必要であると考えられる。

【 0 0 5 0 】

次に、窒化物系半導体レーザ素子の光出射面に設けられた誘電体層からの酸素の脱離による影響を確認するために行った実験について説明する。この実験では、パッケージ部内の雰囲気を、水分濃度 5 0 0 0 p p m の酸素を含まない窒素雰囲気とした窒化物系半導体レーザ装置を作製し、動作電流の経時変化を測定した。図 1 5 は、比較例 3 による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。図 1 5 の相関図の横軸は、図 1 0 ~ 図 1 3 と同様、経過時間 ( h ) を示している。また、図 1 5 の相関図の縦軸は、図 1 0 ~ 図 1 3 と同様、動作電流 ( m A ) を示している。図 1 5 では、封止雰囲気は窒素 ( 酸素濃度 0 % ) であるため、上記表 1 の結果より、誘電体層からの酸素の脱離が生じているものと考えられる。

【 0 0 5 1 】

図 1 5 に示した測定結果より、封止雰囲気を窒素にした場合には、図 1 0 ~ 図 1 3 の封止雰囲気を大気 ( 酸素濃度約 2 0 % ) にした場合と比べて、時間の経過に伴う動作電流の上昇度合いは非常に大きくなることが判明した。このことから、封止雰囲気を酸素を含まない窒素雰囲気とした場合には、誘電体層からの酸素の脱離が多いことによって、窒化物系半導体レーザ装置の信頼性が著しく低下することが確認できた。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 2 】

次に、パッケージ部内の雰囲気酸素が酸素を含まない窒素雰囲気である場合の発振波長と光出力との関係を確認するために行った実験について説明する。この実験では、異なる発振波長のレーザ光を出射する半導体レーザ装置を作製し、パッケージ部内の雰囲気酸素を含まない窒素雰囲気である場合の種々の光出力での誘電体層からの酸素の脱離を観察した。観察方法は、上記表 1 と同様である。すなわち、半導体レーザ装置を約 100 時間動作させた後に、光学顕微鏡を用いて誘電体層の変色の有無を目視観察した。その結果を表 2 に示す。

## 【 0 0 5 3 】

## 【表 2】

10

封止雰囲気: 窒素

		発振波長 (nm)		
		405	650	780
光出力 (mW)	5	×	○	○
	10	×	○	○
	30	×	×	○
	50	×	×	○

○: 変色なし、×: 変色あり

20

上記表 2 に示すように、発振波長は、405 nm、650 nm、および、780 nm の 3 条件とし、光出力は、5 mW、10 mW、30 mW、および、50 mW の 4 条件とした。また、パッケージ部内の水分濃度は、いずれも 5000 ppm とした。また、表 2 中の、○印は、誘電体層の変色がないことを示しており、×印は、誘電体層の変色があることを示している。上記表 2 に示すように、パッケージ部内の雰囲気が酸素を含まない窒素雰囲気である場合、発振波長 405 nm の青紫色レーザ光を出射する窒化物系半導体レーザ装置では、いずれの光出力 (5 mW、10 mW、30 mW、および、50 mW) でも、誘電体層の変色を確認され、酸素の脱離が生じていることが確認された。また、パッケージ部内の雰囲気が酸素を含まない窒素雰囲気である場合、発振波長 650 nm の赤色レーザ光を出射する半導体レーザ装置では、光出力が低い場合 (5 mW および 10 mW) には、誘電体層の変色は確認されず、誘電体層からの酸素の脱離が生じていない一方、光出力が高い場合 (30 mW および 50 mW) には、誘電体層の変色を確認され、誘電体層からの酸素の脱離が生じていることが確認された。また、パッケージ部内の雰囲気が酸素を含まない窒素雰囲気である場合、発振波長 780 nm の赤外レーザ光を出射する半導体レーザ装置では、いずれの光出力 (5 mW、10 mW、30 mW、および、50 mW) でも、誘電体層の変色を確認されず、誘電体層からの酸素の脱離が生じていないことが確認された。

30

## 【 0 0 5 4 】

これらの結果より、半導体レーザ素子として、発振波長 405 nm の青紫色レーザ光を出射する窒化物系半導体レーザ素子を用いた場合には、パッケージ部内の酸素濃度が 0% (窒素雰囲気) のときには、光出力が 5 mW と低い時でも、誘電体層から酸素の脱離が生じることが判明した。これにより、発振波長 405 nm の青紫色レーザ光を出射する窒化物系半導体レーザ素子は、発振波長 650 nm の赤色レーザ光を出射する半導体レーザ装置および発振波長 780 nm の赤外レーザ光を出射する半導体レーザ装置に比べて、誘電体層からの酸素の脱離が生じやすいことがわかる。この理由としては、窒化物系半導体レーザ素子から出射される発振波長 405 nm の青紫色レーザ光は、発振波長 650 nm の赤色レーザ光および発振波長 780 nm の赤外レーザ光に比べて、大きな光エネルギーを有しているためであると考えられる。したがって、上述した実施形態のように、パッケージ部内の雰囲気を、5000 ppm 以下の水分濃度で 5% 以上の酸素濃度雰囲気にすること

40

50

により酸化物からなる誘電体層からの酸素の脱離を抑制することは、窒化物系半導体レーザー装置に特に有効であると考えられる。

#### 【0055】

ここで、半導体レーザー素子に要求される特性について説明する。近年、光ディスクへのデータの記録については、記録速度および記録容量の向上が求められている。そして、記録速度の向上のためには、光ディスクへのデータの記録時間を短縮する必要があるとともに、記録容量の向上のためには、光ディスクの多層化が必要である。いずれの場合においても、光源となる半導体レーザー素子の高出力化が要求される。図16は、青紫色レーザー光を出射する半導体レーザー素子を光源に用いた光ディスク装置の記録速度と、半導体レーザー素子の光出力との関係の一例を示したグラフである。記録速度および記録容量を向上させるために、光ディスクにデータを2層4倍速で記録するためには、図16に示すように、約200mWの光出力が要求される。また、半導体レーザー素子から約200mWの光出力を得るためには、約250mW～約300mWのCOD(Catastrophic Optical Damage: 光学損傷)レベルが要求される。

10

#### 【0056】

次に、誘電体層を形成する前に窒化物系半導体レーザー素子の前端面(光出射面)および後端面をECRプラズマによりクリーニングした場合の効果を確認するために行った実験について説明する。この実験では、ECRプラズマによるクリーニングの影響を確認するために、窒化物系半導体レーザー素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした実施例3による窒化物系半導体レーザー装置と、窒化物系半導体レーザー素子の前端面のみをクリーニングした実施例4による窒化物系半導体レーザー装置と、窒化物系半導体レーザー素子の前端面および後端面をクリーニングしなかった実施例5による窒化物系半導体レーザー装置とを作製した。なお、パッケージ部内の雰囲気は、いずれも、水分濃度5000ppmの大気とした。また、キャップ部をステムに溶接する前には、いずれも、紫外光を約30分間照射した。

20

#### 【0057】

まず、作製した実施例3～5による窒化物系半導体レーザー装置において、光出力60mW、パッケージ部の温度70℃、パッケージ部内の雰囲気的水分濃度5000ppmの条件で350時間の通電を行い、実施例3～5におけるCODレベルを測定した。その測定結果が図17に示される。図17に示した測定結果より、窒化物系半導体レーザー素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした実施例3による窒化物系半導体レーザー装置、および、窒化物系半導体レーザー素子の前端面のみをクリーニングした実施例4による窒化物系半導体レーザー装置は、350時間の通電後においてもCODレベルが300mW以上であった。また、窒化物系半導体レーザー素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした実施例3による窒化物系半導体レーザー装置は、窒化物系半導体レーザー素子の前端面のみをクリーニングした実施例4による窒化物系半導体レーザー装置に比べてやや高いCODレベルであった。その一方、窒化物系半導体レーザー素子の前端面および後端面をクリーニングしなかった実施例5による窒化物系半導体レーザー装置は、350時間の通電後においてCODレベルが100mW以下であった。このことから、ECRプラズマによるクリーニングを行うことによって、窒化物系半導体レーザー素子の前端面または後端面の酸化物および汚染物などが除去されることにより、前端面または後端面において光の吸収が抑制されるので、CODレベルの低下が抑制されていると考えられる。

30

40

#### 【0058】

次に、作製した実施例3～5による窒化物系半導体レーザー装置において、光出力20mW～200mW、パッケージ部の温度70℃、パッケージ部内の雰囲気的水分濃度5000ppmの条件で100時間の通電を行い、窒化物系半導体レーザー素子の各光出力に対する100時間通電後の電流上昇率を測定した。その測定結果が図18に示される。図18に示した測定結果より、窒化物系半導体レーザー素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした実施例3による窒化物系半導体レーザー装置、および、窒化物系半導体レーザー素子の前端面のみをクリーニングした実施例4による窒化物系半導体レーザー装置は、光出力

50

200 mWで100時間通電後の電流上昇率が10%以下であった。また、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした実施例3による窒化物系半導体レーザ装置は、窒化物系半導体レーザ素子の前端面のみをクリーニングした実施例4による窒化物系半導体レーザ装置に比べてやや低い電流上昇率であった。その一方、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面をクリーニングしなかった実施例5による窒化物系半導体レーザ装置は、光出力150 mWで100時間通電後に窒化物系半導体レーザ素子がCODにより損傷した。このことから、窒化物系半導体レーザ素子のCODレベルの低下を抑制することによって、窒化物系半導体レーザ装置を高出力化することができると考えられる。したがって、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度を5000 ppmにした場合に、少なくとも窒化物系半導体レーザ素子の前端面にECRプラズマによりクリーニングを行った実施例3および4による窒化物系半導体レーザ装置を用いることにより、約200 mWの光出力が要求される2層4倍速で光ディスクにデータを記録することが可能な光ディスク装置を得ることができると考えられる。

10

#### 【0059】

次に、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面のクリーニング、および、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度の影響を確認するために行った実験について説明する。この実験では、上記実施例3～5による窒化物系半導体レーザ装置と異なり、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度が5500 ppmの比較例4～6による窒化物系半導体レーザ装置を作製した。なお、比較例4～6による窒化物系半導体レーザ装置を作製した際の水分濃度以外の条件は、それぞれ、実施例3～5による窒化物系半導体レーザ装置と同様である。そして、作製した比較例4～6による窒化物系半導体レーザ装置において、光出力60 mW、パッケージ部の温度70℃、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度5500 ppmの条件で350時間の通電を行い、比較例4～6におけるCODレベルを測定した。その測定結果が図19に示される。図19に示した測定結果より、比較例4～6による窒化物系半導体レーザ装置は、いずれも100時間の通電後においてCODレベルが200 mW以下であった。また、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした比較例4による窒化物系半導体レーザ装置は、窒化物系半導体レーザ素子の前端面のみをクリーニングした比較例5による窒化物系半導体レーザ装置に比べてやや高いCODレベルであった。また、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面をクリーニングしなかった比較例6による窒化物系半導体レーザ装置は、窒化物系半導体レーザ素子の前端面のみをクリーニングした比較例5による窒化物系半導体レーザ装置に比べて低いCODレベルであった。このことから、ECRプラズマによるクリーニングを行うことによって、窒化物系半導体レーザ素子の前端面または後端面の酸化物および汚染物などが除去される場合にも、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度が5000 ppmよりも高いことに起因して誘電体層による水分の吸収および吸着が発生することにより、前端面または後端面において光が吸収されるので、CODレベルが低下すると考えられる。

20

30

#### 【0060】

次に、作製した比較例4～6による窒化物系半導体レーザ装置において、光出力20 mW～200 mW、パッケージ部の温度70℃、パッケージ部内の雰囲気中の水分濃度5500 ppmの条件で100時間の通電を行い、窒化物系半導体レーザ素子の各光出力に対する100時間通電後の電流上昇率を測定した。その測定結果が図20に示される。図20に示した測定結果より、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面の両方をクリーニングした比較例4による窒化物系半導体レーザ装置、および、窒化物系半導体レーザ素子の前端面のみをクリーニングした比較例5による窒化物系半導体レーザ装置は、光出力200 mWで100時間通電後に窒化物系半導体レーザ素子がCODにより損傷した。また、窒化物系半導体レーザ素子の前端面および後端面をクリーニングしなかった比較例6による窒化物系半導体レーザ装置は、光出力100 mWで100時間通電後に窒化物系半導体レーザ素子がCODにより損傷した。このことから、パッケージ部内の水分濃度が5000 ppmを越える場合には、ECRプラズマによるクリーニング処理の有無にかかわらず、窒化物系半導体レーザ素子のCODレベルが低下することによって、窒化物系半導

40

50

体レーザー装置を高出力化することが困難であると考えられる。したがって、ECRプラズマによるクリーニング処理は、パッケージ部内の水分濃度が5000ppm以下の条件下で有効に機能すると考えられる。

【0061】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに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。

【0062】

たとえば、上記実施形態では、本発明の半導体レーザー素子の一例として、窒化物系半導体レーザー素子に適用した例を示したが、本発明はこれに限らず、窒化物系半導体レーザー素子以外の半導体レーザー素子に適用してもよい。

10

【0063】

また、上記実施形態では、光出射面5aである前端面と、光出射面5aとは反対側の面である後端面とに、それぞれ、酸化物からなる誘電体層5bおよび5cを形成する例を示したが、本発明はこれに限らず、光出射面である前端面と、光出射面とは反対側の面である後端面とのいずれか一方のみに酸化物からなる誘電体層を形成するようにしてもよい。

【0064】

また、上記実施形態では、ヒートシンク(サブマウント)としてAlNを用いた例を示したが、本発明はこれに限らず、AlN以外の材料を用いてヒートシンク(サブマウント)を構成するようにしてもよい。AlN以外の材料としては、たとえば、SiC、ダイヤモンド、Si、Cu、Al、CuWなどが考えられる。

20

【0065】

また、上記実施形態では、鉄製のステムにコパー(Fe-29%Ni-17%Co合金)からなるキャップ部を接合した例を示したが、本発明はこれに限らず、ステムおよびキャップ部は、それぞれ、鉄およびコパー(Fe-29%Ni-17%Co合金)以外の材料を用いるようにしてもよい。

【0066】

また、上記実施形態では、ステムの表面にNi/Auメッキ層を形成するとともに、キャップ部の内側表面および外側表面にNiメッキ層を形成した例を示したが、本発明はこれに限らず、ステムおよびキャップ部の表面の酸化を抑制することができれば、ステムの表面には、Ni/Auメッキ層以外のAuメッキ層およびNiメッキ層などを形成するとともに、キャップ部の内側表面および外側表面には、Niメッキ層以外のAuメッキ層およびNi/Auメッキ層などを形成するようにしてもよい。

30

【0067】

また、上記実施形態では、窒化物系半導体レーザー素子の端面に形成する誘電体層としてSiO<sub>2</sub>およびTiO<sub>2</sub>を用いた例を示したが、本発明はこれに限らず、酸化物からなる誘電体層であれば、SiO<sub>2</sub>およびTiO<sub>2</sub>以外の材料を用いるようにしてもよい。SiO<sub>2</sub>およびTiO<sub>2</sub>以外の材料としては、たとえば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などが考えられる。また、Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub>およびNb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などのこれらと金属と酸素の組成比率の異なる酸化物などが考えられる。

40

【0068】

また、上記実施形態では、窒化物系半導体レーザー素子の光出射面に1層の誘電体層を形成した例を示したが、本発明はこれに限らず、窒化物系半導体レーザー素子の光出射面に多層構造の誘電体層を形成してもよい。

【0069】

また、上記実施形態では、パッケージ部内の雰囲気として、大気を用いた例を示したが、本発明はこれに限らず、酸素濃度が5%以上であれば、大気以外の酸素含有雰囲気を用いるようにしてもよい。大気以外の酸素含有雰囲気としては、たとえば、N<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>との混合ガス、その他の不活性ガスとO<sub>2</sub>との混合ガスなどが考えられる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本発明の一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の構造を示した斜視図である。

【図2】図1の100-100線に沿った断面図である。

【図3】図1に示した本実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の半導体レーザ素子の構造を示した断面図である。

【図4】図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。

【図5】図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。 10

【図6】図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。

【図7】図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。

【図8】図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。

【図9】図1に示した一実施形態による窒化物系半導体レーザ装置の製造方法を説明するための図である。

【図10】図1に示した実施形態に対応する実施例1による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。 20

【図11】図1に示した実施形態に対応する実施例2による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。

【図12】比較例1による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。

【図13】比較例2による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。

【図14】窒化物系半導体レーザ素子の水分濃度と電流上昇率との関係を示した相関図である。

【図15】比較例3による窒化物系半導体レーザ装置の動作電流と経過時間との関係を示した相関図である。 30

【図16】青紫色レーザ光を出射する半導体レーザ素子を光源に用いた光ディスク装置の記録速度と、半導体レーザ素子の光出力との関係の一例を示したグラフである。

【図17】パッケージ部内の雰囲気水分濃度が5000ppmである実施例3～5による窒化物系半導体レーザ装置において、通電時間と、CODレベルとの関係を示したグラフである。

【図18】パッケージ部内の雰囲気水分濃度が5000ppmである実施例3～5による窒化物系半導体レーザ装置において、窒化物系半導体レーザ素子の光出力と、100時間通電後の電流上昇率との関係を示したグラフである。

【図19】パッケージ部内の雰囲気水分濃度が5500ppmである比較例4～6による窒化物系半導体レーザ装置において、通電時間と、CODレベルとの関係を示したグラフである。 40

【図20】パッケージ部内の雰囲気水分濃度が5500ppmである比較例4～6窒化物系半導体レーザ装置において、窒化物系半導体レーザ素子の光出力と、100時間通電後の電流上昇率との関係を示したグラフである。

## 【符号の説明】

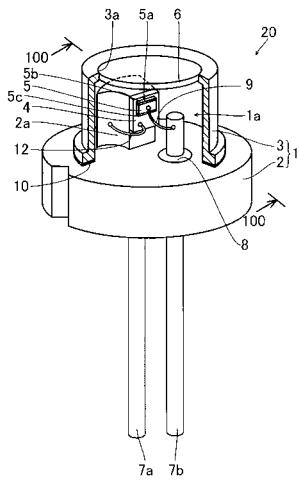
【0071】

- 1 パッケージ部
- 2 ステム（支持部）
- 3 キャップ部

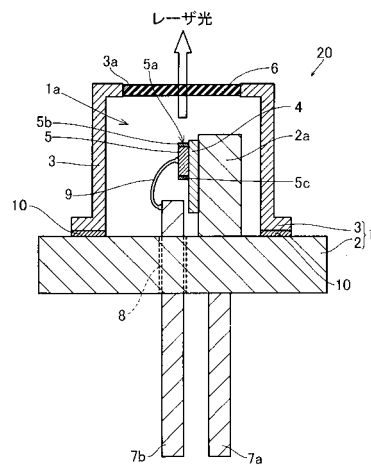


- 4 ヒートシンク (サブマウント)
- 5 窒化物系半導体レーザ素子 (半導体レーザ素子)
- 5 a 光出射面
- 5 b、5 c 誘電体層
- 6 キャップガラス
- 7 a、7 b リード
- 8 絶縁リング
- 9、12 ワイヤ
- 10 溶接部
- 11 付着物

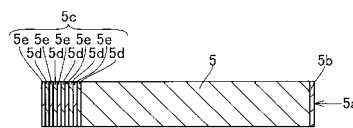
【 図 1 】



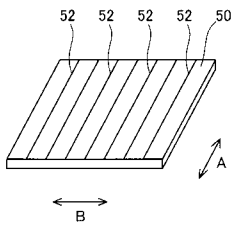
【 図 2 】



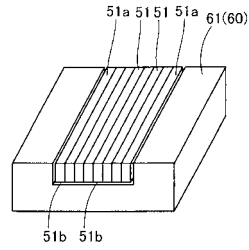
【 図 3 】



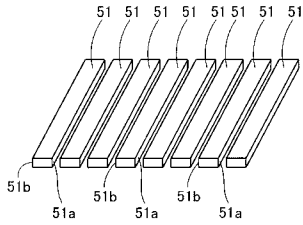
【 図 4 】



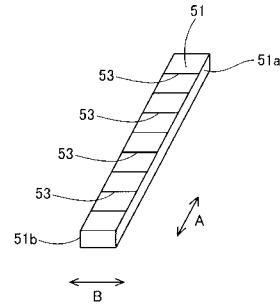
【 図 6 】



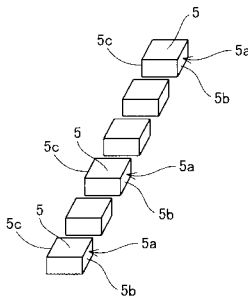
【 図 5 】



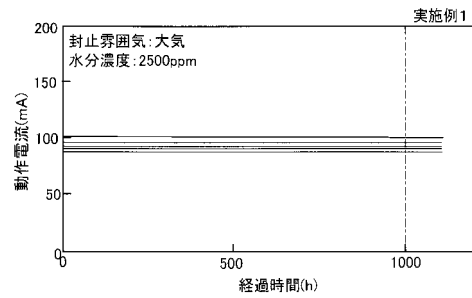
【 図 7 】



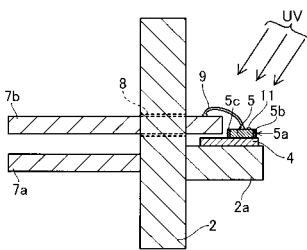
【 図 8 】



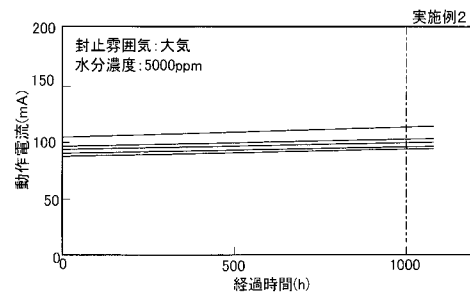
【 図 10 】



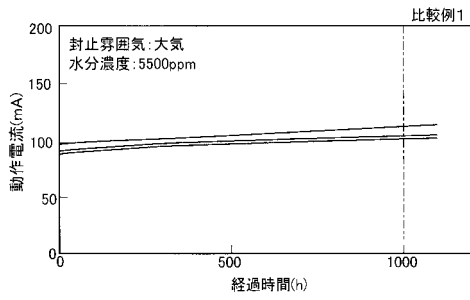
【 図 9 】



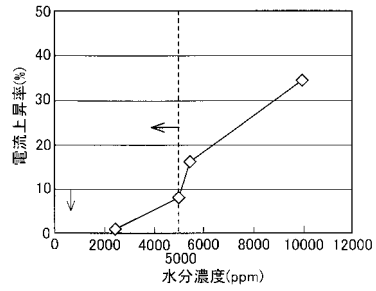
【 図 11 】



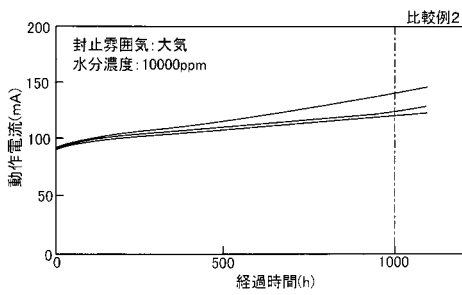
【 図 1 2 】



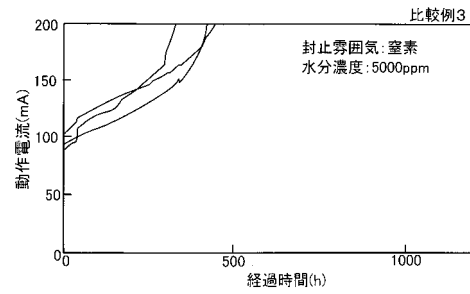
【 図 1 4 】



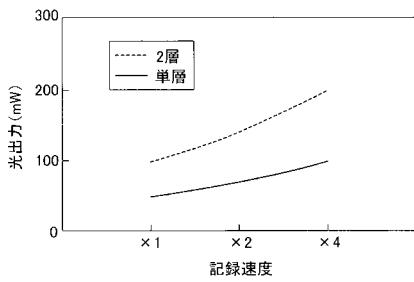
【 図 1 3 】



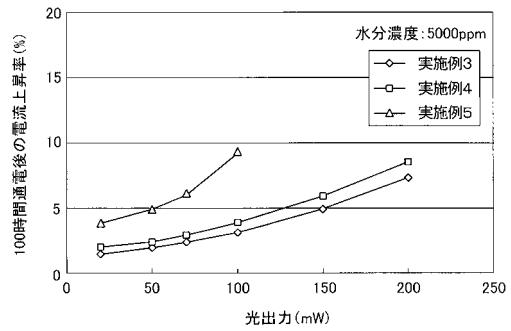
【 図 1 5 】



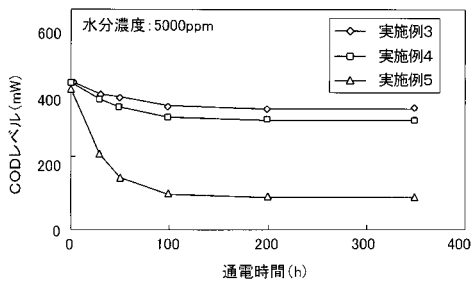
【 図 1 6 】



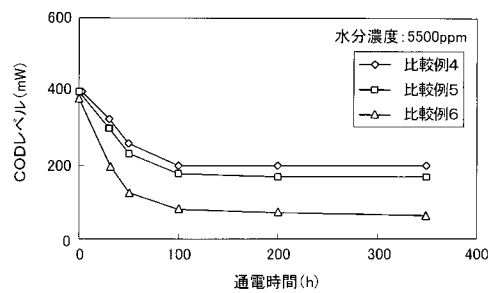
【 図 1 8 】



【 図 1 7 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

