

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5837493号
(P5837493)

(45) 発行日 平成27年12月24日(2015.12.24)

(24) 登録日 平成27年11月13日(2015.11.13)

(51) Int.Cl. F I
HO 1 S 5/028 (2006.01) HO 1 S 5/028

請求項の数 15 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-525983 (P2012-525983) (86) (22) 出願日 平成22年8月11日 (2010.8.11) (65) 公表番号 特表2013-503466 (P2013-503466A) (43) 公表日 平成25年1月31日 (2013.1.31) (86) 国際出願番号 PCT/EP2010/061687 (87) 国際公開番号 W02011/023551 (87) 国際公開日 平成23年3月3日 (2011.3.3) 審査請求日 平成24年3月26日 (2012.3.26) (31) 優先権主張番号 102009028909.7 (32) 優先日 平成21年8月26日 (2009.8.26) (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 511264319 ナノプラス ゲーエムベーハー ナノシス テムズ アンド テクノロジーズ NANOPLUS GMBH NANOS SYSTEMS AND TECHNOLO GIES ドイツ国 97218 ゲルブルン、オ ーベラー キルヒベルク 4 Oberer Kirschberg 4, 97218 Gerbrunn, Ge rmany</p> <p>(74) 代理人 100097490 弁理士 細田 益穂</p> <p>(74) 代理人 100113354 弁理士 石井 綾</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザーミラー上に取り付けられた吸収体を備える半導体レーザー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- a . 少なくとも1つの半導体基板(10)と、
 - b . 上記半導体基板(10)上に配置された少なくとも1つのアクティブ層(20)と、
 - c . 上記アクティブ層の第1の端部に配置され、上記アクティブ層(20)内で生成された放射の第1の部分が出射する少なくとも1つの正面側のレーザーミラー(30)と、
 - d . 上記アクティブ層(20)の、上記第1の端部の反対側にある第2の端部に配置され、上記アクティブ層(20)内で生成された放射の第2の部分が出射する少なくとも1つの背面側のレーザーミラー(40)とを備え、
- 上記背面側のレーザーミラー(40)には、吸収性材料層(50, 60)が備えられており、上記吸収性材料層(50, 60)は、上記背面側のレーザーミラー(40)を通過して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を、吸収性材料層(50, 60)が備えられていない背面側のレーザーミラー(40)と比べて、低減させることに適しており、
- 上記吸収性材料層(50, 60)の層厚は、上記光出力 電流 特性曲線の上昇を係数1, 000だけ、好ましくは係数10, 000だけ低減するように構成されており、
- e . 上記背面側のレーザーミラー(40)と、上記吸収性材料層(50, 60)との間に、少なくとも1つの反射層(80)が備えられており、上記反射層(80)の、発光波長域における反射係数は 90%であり、
 - f . 上記背面側のレーザーミラー(40)と上記少なくとも1つの反射層(80)との

間に、少なくとも1つの電気絶縁層(70)が備えられている、
半導体レーザー。

【請求項2】

a. 少なくとも1つの半導体基板(10)と、

b. 上記半導体基板(10)上に配置された少なくとも1つのアクティブ層(20)と

c. 上記アクティブ層の第1の端部に配置され、上記アクティブ層(20)内で生成された放射の第1の部分が出射する少なくとも1つの正面側のレーザーミラー(30)と、

c. 上記アクティブ層(20)の、上記第1の端部の反対側にある第2の端部に配置され、上記アクティブ層(20)内で生成された放射の第2の部分が出射する少なくとも1つの背面側のレーザーミラー(40)と、

d. 上記半導体基板(10)上に配置された吸収体モジュール(200)とを備え、

上記吸収体モジュール(200)は、生成された上記放射の方向に、上記背面側のレーザーミラー(40)から間隔(210)を置いて配置されており、上記吸収体モジュール(200)の後方における、上記背面側のレーザーミラー(40)を通して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を、上記背面側のレーザーミラー(40)の後方における上記光出力 電流 特性曲線の上昇と比べて、低減させることに適しており、

上記吸収体モジュール(200)の厚みは、上記光出力 電流 特性曲線の上昇を係数1,000だけ、好ましくは係数10,000だけ低減するように構成されており、

e. 上記背面側のレーザーミラー(40)と、上記吸収体モジュール(200)との間に、少なくとも1つの反射層(80)が備えられており、上記反射層(90)の、発光波長域における反射係数は90%であり、

f. 上記背面側のレーザーミラー(40)と上記少なくとも1つの反射層(80)との間に、少なくとも1つの電気絶縁層(70)が備えられている、

半導体レーザー。

【請求項3】

上記吸収性材料層(50)、および/または、上記吸収体モジュール(200)は、上記生成された放射の波長域において吸収する、1つまたは複数の半導体材料および/または半導体化合物、炭素または炭素化合物、および/または、1つまたは複数の吸収性ラッカーを含む、請求項1または2に記載の半導体レーザー。

【請求項4】

上記吸収性材料層(60)は、1つまたは複数の金属、特にチタンを含む、請求項1に記載の半導体レーザー。

【請求項5】

上記吸収体モジュール(200)は、1つまたは複数の金属、特にチタンを含む、請求項2に記載の半導体レーザー。

【請求項6】

上記反射層(80)は、少なくとも1つの金属酸化物、特に酸化アルミニウム、酸化チタン、および/または、酸化マグネシウムを含む、請求項1~5のいずれか1項に記載の半導体レーザー。

【請求項7】

上記反射層(80)は、少なくとも1つの半導体材料、例えばシリコン、半導体化合物、例えば二酸化シリコン、および/または、1つの半導体材料と1つの半導体化合物とから成る層構造を含む、請求項1~6のいずれか1項に記載の半導体レーザー。

【請求項8】

上記背面側のレーザーミラー(40)と上記電気絶縁層(70)との間に、少なくとも1つの反射層(80)が備えられている、請求項1~7のいずれか1項に記載の半導体レーザー。

【請求項9】

上記反射層(80)と上記吸収性材料層(50,60)との間に、少なくとも1つの電

10

20

30

40

50

気絶縁層(100)が備えられている、請求項1、3~8のいずれか1項に記載の半導体レーザー。

【請求項10】

上記反射層(90)は、少なくとも1つの金属、特に金または銀を含む、請求項9に記載の半導体レーザー。

【請求項11】

上記背面側のレーザーミラー(40)の後方に間隔(210)を置いて配置された上記吸収体モジュール(200)は、上記背面側のレーザーミラー(40)を通して出射する光の強度の少なくとも99.9%が、上記吸収体モジュール(200)に衝突するように構成されている、請求項2に記載の半導体レーザー。

10

【請求項12】

上記吸収体モジュール(200)は、上記背面側のレーザーミラー(40)側の少なくとも1つの側面に、吸収性材料層(50,60)を備えている、請求項2に記載の半導体レーザー。

【請求項13】

上記吸収体モジュール(200)の表面全体に、吸収性材料層(50,60)が備えられている、請求項2に記載の半導体レーザー。

【請求項14】

上記半導体基板(10)上に配置された吸収体モジュール(200)をさらに備える半導体レーザーであって、上記吸収体モジュール(200)は、上記生成された放射の方向に、上記背面側のレーザーミラー(40)から間隔(210)を置いて配置されており、上記吸収体モジュール(200)の後方における、上記背面側のレーザーミラー(40)を通して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を低減させることに適している、請求項1に記載の半導体レーザー。

20

【請求項15】

請求項1~14のいずれか1項に記載の半導体レーザーを備える、ガス濃度を測定するためのセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザーミラー上に、レーザーミラーを通して放出される放射を抑制するための吸収体を取り付けられた半導体レーザーに関する。

30

【背景技術】

【0002】

現在、半導体レーザーは、既に多くの産業分野において、高効率なコヒーレント光源としての重要な役割を果たしている。半導体レーザーは、例えば、電気通信分野およびセンサの分野において、用いられている。

【0003】

一般に、半導体レーザーは、その構造により、レーザーミラーとして機能する半導体結晶の2つの劈開面を介して発光する。しかし通常は、1つのレーザーミラーを介して取り出された放射だけが、光学素子により集められ、さらに利用される。これらの有用な光は、通常、正面側のレーザーミラーによって発光される。背面側のレーザーミラーを介して放出される放射は、放射光源の効率を制限する損失源とみなされる。この損失をできるだけ少なく抑えるために、背面側のレーザーミラーにさらに金属被膜が設けられている場合が多い。しかし、背面側に金属被膜が設けられたこのレーザーダイオードでも、利用可能な光出力のうちの少なくとも数パーセントは、背面側のレーザーミラーを介して放出される。

40

【0004】

半導体レーザーは、通常、正面側のレーザーミラーが、光学的放射を表示するために用いられる光学素子の側に来るように、ハウジングの中に設置されている。これに対して、

50

背面側のレーザーミラーは、ほとんどの場合、1つまたは複数のハウジング部材の方向を向いている。背面側のレーザーミラーを通してレーザーダイオードを出射した光子は、少なくとも部分的に、ハウジング部材によって反射される。この、背面側のレーザーミラーから放射された光の一部は、何回も屈曲することにより、正面側で放射された光を集める表示用の光学素子の中に入ってしまうことがある。この散光が有用な光学的放射の中に結合することにより、該光学的放射のコヒーレント特性が悪化してしまい、変調動作するレーザーダイオードでは、光の強度の時間的ばらつきを制御することが不可能になり、一定の注入電流で動作するレーザーダイオードでは、初期光出力が変動してしまう。

【0005】

センサの分野、特に、ガスセンサの分野では、大気中のppm (parts per million: 100万分の1) の範囲の極めてわずかな濃度の分子でも、信頼性を有して検出可能でなければならない。この分野では、可同調レーザーダイオード分光法 (TDL S, tunable diode laser spectroscopy) を用いることが効果的である。TDL Sを用いるための重要な条件は、まず、レーザー共振器のただ1つの基本振動の光を放射するレーザーダイオードを製造可能でなければならない点である。TDL Sでは、様々な分子の検出は、レーザーダイオードを用いて、各分子に特徴的な回転振動遷移を励起させることによって、行われる。この回転振動遷移を励起させることにより、分子の遷移の特徴的な周波数において、光線から、個々の光子が抽出される。ここで、ガスセンサの分野におけるレーザーダイオードの使用に重要なさらなる2つの条件が生じる。すなわち、励起された半導体レーザーの線幅が、極めて狭くなければならない点、つまり、検出される分子の回転振動の遷移の線幅と同じ位の幅でなければならない点と、発光波長が、1つまたは複数の遷移と正確に一致すること、および、この1つまたは複数の遷移の範囲で、選択的に同調されることが可能でなければならない点である。特許文献EP第0 985 535 B1号に開示されている、ラテラルカップリングを備えるDFB (distributed feedback: 分布帰還) 型レーザーダイオードは、上述の条件をすべて満たすものである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、散光が正面側のレーザーミラーの光線に結合することが制御できないため、わずかな濃度の分子を検出するために利用可能な信号の質が悪化し、DFBレーザーダイオードを光源として備えるセンサ装置の検出感度が、悪影響を受けやすい。

【0007】

従って、本発明の目的は、背面側のレーザーミラーを通して散光として放出される放射が、有用な光線に結合することを妨げる手段を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一実施形態によれば、この目的は、請求項1に記載の装置によって達成される。一態様において、この装置は、少なくとも1つの半導体基板と、上記半導体基板の上に配置された少なくとも1つのアクティブ層と、上記アクティブ層の一端部に配置され、上記アクティブ層内で生成された放射の一部が出射する少なくとも1つのレーザーミラーとを備える半導体レーザーを含む。上記レーザーミラーには、上記レーザーミラーを通して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を低減させることに適した吸収性材料層が備えられている。

【0009】

本発明のさらなる一実施形態によれば、上述の目的は、請求項2に記載の装置により達成される。他の一態様において、この装置は、少なくとも1つの半導体基板と、上記半導体基板上に配置された少なくとも1つのアクティブ層と、上記アクティブ層の一端部に配置され、上記アクティブ層内で生成された放射の一部が出射する少なくとも1つのレーザーミラーと、上記半導体基板上に配置された吸収体モジュールとを備える半導体レーザーを含む。上記吸収体モジュールは、生成された上記放射の方向に、上記レーザーミラー

10

20

30

40

50

から間隔を置いて配置されており、上記吸収体モジュールの後方における、レーザーミラーを通して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を低減させることに適している。

【 0 0 1 0 】

背面側のレーザーミラー上の吸収性材料層、および/または、吸収体モジュールは、放射が背面側のレーザーミラーを通過した後に該放射を吸収し、これを熱に変換するものである。わずかな光子だけしか、この吸収体層および/または吸収体モジュールから出射し、後方のハウジング部材に到達することはできない。実際に散光として、有用な光線に結合される光子の数は、極わずかである。背面側のレーザーミラーに由来する散光が、有用な光線のコヒーレント特性を悪化させることは、妨げられる。このため、有効信号の光線の質の悪化によって、センサ分野のアプリケーションにおける検出の感度が阻害されることはもうない。

10

【 0 0 1 1 】

本発明の原理の適用は、レーザーダイオードに制限されない。本発明の原理は、LED (light emitting diodes : 発光ダイオード) にも同様に用いることが可能である。

【 0 0 1 2 】

また、吸収体モジュールを半導体基板上に配置することは、必須事項ではない。吸収体モジュールをハウジングの一部または複数の部分、例えば、レーザーダイオードの支持基板の上に配置することも、想定可能である。

20

【 0 0 1 3 】

好ましい一態様では、吸収性材料層および/または吸収体モジュールは、光出力 電流 特性曲線の上昇を、係数 1 , 0 0 0 だけ、好ましくは係数 1 0 , 0 0 0 だけ、および最も好ましくは係数 1 0 0 , 0 0 0 だけ低減させる。

【 0 0 1 4 】

好ましい他の一態様では、吸収性材料層および/または吸収体モジュールは、生成された放射の波長域において吸収する、1つまたは複数の半導体材料および/または半導体化合物、炭素または炭素化合物、および/または、1つまたは複数の塗料、若しくは1つまたは複数のラッカーを含む。

【 0 0 1 5 】

特に好ましい一態様では、レーザーミラーと吸収性材料層との間に、少なくとも1つの電気絶縁層が設けられている。

30

【 0 0 1 6 】

特に極めて好ましい一態様では、吸収性材料層は、1つまたは複数の金属、特にチタンを含む。特に極めて好ましい他の一態様では、吸収体モジュールは、1つまたは複数の金属、特にチタンを含む。

【 0 0 1 7 】

特に好ましい他の一態様では、レーザーミラーと、吸収性材料層または吸収体モジュールとの間に、少なくとも1つの反射層が備えられている。

【 0 0 1 8 】

好ましい一態様では、上記反射層の、発光波長域における反射係数は、90%である。

40

【 0 0 1 9 】

好ましい他の一態様では、誘電性の上記反射層は、少なくとも1つの金属酸化物、例えば酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、および/または、酸化チタンを含む。さらに、好ましい他の一態様では、反射層は、少なくとも1つの半導体材料、例えばシリコン、半導体化合物、例えば二酸化シリコン、および/または、半導体材料と半導体化合物とから成る層構造を含む。

【 0 0 2 0 】

好ましい一態様では、レーザーミラーと反射層との間に、少なくとも1つの電気絶縁層が設けられている。好ましい他の一態様では、レーザーミラーと電気絶縁層との間に、反

50

射層が備えられている。

【0021】

さらに好ましい一態様では、反射層と吸収性材料層との間に、少なくとも1つの電気絶縁層が備えられている。

【0022】

好ましい他の一態様では、反射層は、少なくとも1つの金属、特に金または銀を含む。

【0023】

他の一態様では、レーザーミラーの後方に間隔を置いて配置された吸収体モジュールは、光線に垂直な面を有しており、レーザーミラーを通して出射する光の強度の少なくとも99.9%が、上記光線に垂直な面の上に衝突する。

10

【0024】

好ましい一態様では、吸収体モジュールは、レーザーミラー側の少なくとも1つの側面に、吸収性材料層を備えている。好ましい他の一態様では、吸収体モジュールの表面全体に、吸収性材料層が備えられている。

【0025】

さらに、好ましい一態様では、吸収体モジュールは、エピタキシャル法によって、半導体基板上に形成される。好ましい他の一態様では、吸収体モジュールは、接着法またははんだ付けによって、半導体基板上に固定される。

【0026】

さらに、他の一態様では、少なくとも1つの半導体基板と、上記半導体基板上に配置された少なくとも1つのアクティブ層と、上記アクティブ層の一端部に配置され、上記アクティブ層内で生成された放射の一部が出射する少なくとも1つのレーザーミラーとを備え、上記レーザーミラーに、上記レーザーミラーを通して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を低減させることに適した吸収性材料層が設けられている半導体レーザーは、半導体基板(10)上に配置された吸収体モジュールをさらに備えている。上記吸収体モジュールは、生成された上記放射の方向に、上記レーザーミラーから間隔を置いて配置されており、上記吸収体モジュールの後方における、上記レーザーミラーを通して出射する放射の光出力 電流 特性曲線の上昇を低減させることに適している。

20

【0027】

特に極めて好ましい一態様では、ガス濃度を測定するためのセンサ装置は、上述の態様のうちのいずれか1つの態様にかかる半導体レーザーを備える。

30

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】図1は、本発明にとって最も重要な構成要素である、背面側のレーザーミラー上に吸収性材料層を備える半導体レーザーを示す概略的な図である。

【図2】図2は、本発明にとって最も重要な構成要素である半導体レーザーを示す概略的な図であり、ここでは、半導体基板上に、吸収体モジュールが、背面側のレーザーミラーからは間隔を置いて設けられている。

【図3】図3は、図1の背面側のレーザーミラーと吸収性材料層との間に、電気絶縁層が設けられた図である。

40

【図4】図4は、図1の背面側のレーザーミラーと吸収性材料層との間に、反射層が設けられた図である。

【図5】図5は、図4の背面側のレーザーミラーと反射層との間に、電気絶縁層が設けられた図である。

【図6】図6は、電気絶縁層および反射層の順番が変更された、図5を示す図である。

【図7】図7は、図5の反射層と吸収性材料層との間に、電気絶縁層が設けられた図である。

【図8】図8は、正面側に反射防止処理が施されたレーザーミラー($R_F = 10\%$)と、背面側に金属被膜が設けられたレーザーミラー($R_R = 90\%$)とを備える半導体レーザーの、推定される光出力 電流 特性曲線を示す図である。

50

【図 9】図 9 は、吸収性材料層をコーティングする前および後に測定した、背面側のレーザーミラー（ $R_R = 95\%$ ）の光出力 電流 特性曲線を示す図であり、正面側のレーザーミラーの反射係数は 20% である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下の詳細な説明では、本発明の、現在のところ好ましい実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0030】

以下では、本発明にかかる装置の好ましい態様について、より詳細に説明する。

【0031】

図 1 は、本発明の原理を説明するために重要である半導体レーザーの層について、概略的に示す図である。半導体基板 10 の上に、エピタキシャル法によって、アクティブ層 20 が埋め込まれた導波管構造体（図 1 には図示されていない）を堆積させる。アクティブ層 20 において、アクティブ層 20 の材料の利得帯域幅内の波長域の光学的放射が、生成される。アクティブ層は、レーザーの正面においては正面側のミラー 30 によって、反対側においては、背面側のレーザーミラー 40 によって終結している。アクティブ層 20 は、必ずしも、図 1 に示されるようにレーザーミラー 30, 40 まで達している必要はない。特に、アクティブ層 20 に注入された電流が、レーザーミラー 30 とレーザーミラー 40 との間の全距離を流れる必要はない。

【0032】

ファブリーペロー共振器を形成するレーザーミラー 30 および 40 に加えて、または、これらのレーザーミラーの代わりに、半導体レーザーは、DFB (distributed feedback: 分布帰還型) または DBR (distributed Bragg reflection: 分布ブラッグ反射型) 構造といった、波長を選択するさらなる素子を備えていてよい。本発明にかかる吸収性材料層は、後述する本発明にかかる吸収体モジュールと同様に、光を積層の方向に放射するレーザーダイオード、すなわち、いわゆる VCSEL (vertical cavity surface emitting lasers: 垂直共振発光面レーザー) に用いることが可能である。さらに、本発明にかかる吸収性材料層の使用は、後述する吸収体モジュールと同様に、レーザーダイオードに制限されるものではない。すなわち、本発明の原理は、上述のように、LED にも使用可能である。

【0033】

半導体基板 10 の材料系は、レーザーダイオードの実際の波長によって決定される。以下に詳細に説明する本発明の原理は、公知のあらゆる材料系に使用可能であり、青色（例えば窒化ガリウム基板上）から赤外線波長域といった深い波長域までの光を放射するレーザーダイオードまたはあらゆる種類の LED を製造するために用いることができる。開示される原理は、III/V 化合物半導体ベースの基板に加えて、II/VI 半導体基板または他の好適な基板上に構成されたレーザーダイオードまたは LED にも使用可能である。さらに、本発明の原理を、有機半導性材料から構成された、頭文字で OLED (organic light emitting diode: 有機発光ダイオード) と呼ばれる発光素子に用いることも可能である。

【0034】

背面側のレーザーミラー 40 には、吸収性材料層 50 が設けられており、レーザーミラー 40 を通って吸収性材料層 50 中に侵入した放射が、当該層の材料によって吸収され、熱に変換されるようになっている。ファブリーペロー共振器を備えるレーザーダイオードでは、吸収性材料層 50 の屈折率は、アクティブ層 20 の屈折率と同じであってはならない。もし同じであるならば、レーザーミラー 40 の効果は失われ、半導体放射光源は、レーザーダイオードとして機能しなくなるであろう。吸収性材料層 50 の吸収係数の数値が大きいと、わずかな層厚で、所定の残留透過に到達する。吸収係数が大きいことは、逆に言うと、少量の放射出力の全てが、熱に変換されることを意味している。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

図2は、後方の部分において、層構造（アクティブ層20を含む）が、半導体基板10の部分まで除去されている、図1に示される半導体レーザーを示す図である。背面側のレーザーミラー40の後方では、吸収体モジュール200が、レーザーミラー40から間隔210を置いて、半導体基板10上に配置されている。ここで、間隔210、および、吸収体モジュール200の、光線の方向に垂直な面は、レーザーミラー40を通過してレーザー共振器を出射する光子の少なくとも99.9%が吸収体モジュール200に衝突するように、選択されている。間隔210が小さい場合、吸収体モジュール200の、レーザーミラー40側の面が小さくても、この条件が満たされることになる。間隔210を大きくすれば、吸収体モジュール200の、レーザーミラー40側の面も、これに応じて大きくする必要がある。

10

【 0 0 3 6 】

吸収体モジュール200は、エピタキシャル法によって、半導体基板10上に形成することが可能である。しかし、予め製造された吸収体モジュール200を、半導体基板10の上、または、半導体材料から空間的に離間された予備取り付け台の上に、例えば接着法またははんだ付けによって、固定することも可能である。吸収体モジュール200は、必ずしも、図2に示されるように長方形をしている必要はない。任意の形の吸収体モジュールを用いることが可能である。吸収体モジュール200を背面側のレーザーミラー40から間隔210を置いて配置することによって、特に光学的出力が大きく、かつ、吸収係数が大きい場合に吸収性材料が加熱され得ることによって生じるレーザーミラー40の熱的負荷を、回避することが可能である。

20

【 0 0 3 7 】

図1の吸収性材料層の場合でも、図2の吸収体モジュール200の場合でも、吸収体材料としては、生成されたレーザー放射の波長域において吸収する、1つの半導体材料、または、多数の半導体材料の組み合わせを用いてよい。光学的放射の波長が1 μ m未満の場合には、例えばシリコンを用いてもよい。バンドギャップが小さいため、より大きな波長の光を吸収することが可能な半導体化合物は、例えば、ヒ化インジウムおよびアンチモン化インジウムである。

【 0 0 3 8 】

吸収性材料は、さらに、炭素、特に、例えばカーボンブラックの形をした無定形炭素をベースに形成することが可能である。炭素化合物も、吸収体材料用の原料として機能し得る。さらに、該当する約0.5 μ mから約10 μ mまでの波長域を吸収する層を生成するための塗料またはラッカーも想定可能である。

30

【 0 0 3 9 】

図4では、図1のレーザーミラー40と吸収性材料層60との間に、電気絶縁層70が挿入されている。このさらなる層は、2つの課題に対処するためのものである。一方の課題は、吸収性材料層60を、レーザーミラー40から電氣的に分離することである。これによって、吸収体材料として、チタンなどの金属や、多数の金属の組み合わせといった導電性材料を、用いることが可能になる。多くの金属は、約0.5 μ mから約10 μ mの波長域において吸収係数が高いため、数100nmの範囲といった薄い層でも、ほぼすべての光子を吸収することが可能になる。他方の課題は、電気絶縁層70の材料を選択することにより、レーザーミラー40の半導体材料と電気絶縁層70との間の屈折率の違い、および従って、レーザーミラー40の反射率を明確に設定することである。

40

【 0 0 4 0 】

図2の吸収体モジュール200には、1つまたは複数の金属を用いてもよい。

【 0 0 4 1 】

上述の実施形態は、背面側のレーザーミラーの放射を効率よく阻止することによって、第2章において説明した散光の問題を回避するものである。しかし、吸収性材料層50または電気絶縁層70の屈折率が1よりも明らかに高い場合には、問題が発生する。この場合、背面側のレーザーミラー40の反射率がその初期値よりも低くなってしまふ。このた

50

め、レーザー共振器の品質が悪化し、背面側のレーザーミラーを通過して取り出される光出力の割合は高くなる。従って、本発明の原理の特に好ましい態様は、背面側のレーザーミラー40上にコーティング層を設けることと、該コーティング層の後方に吸収性材料層50, 60を設けることとを組み合わせたものである。

【0042】

図3は、この態様を概略的に示す図である。背面側のレーザーミラー40の反射率は、1つまたは複数の誘電層を含むことが可能な反射層80によって、設定可能である。特に、背面側のレーザーミラー40を反射層80でコーティングすることによって、背面側のレーザーミラー40の反射率を、その本来の値を超えて上昇させることが可能である。1つまたは複数の誘電層を堆積させることによって、90%~95%の範囲の反射率に到達可能である。反射率が高い反射層80は、2つの利点を有している。一方の利点は、背面側のレーザーミラー40が示す損失源が減少する点である。これは結果的に、半導体レーザーの効率を上昇させることになる。他方の利点は、反射層80の後の吸収性材料層50, 60において、より少ない光出力しか熱に変換する必要がない点である。このため、許容され得る所定の残留透過において吸収性材料層50, 60をより薄く形成することが可能である、または、吸収性材料層50, 60の厚みを変更しない場合にも、層50, 60を通り抜けることが可能な光子の数は減少する。

10

【0043】

上述した反射層80の利点は、反射層80が設けられたレーザーミラー40と、図2に示される吸収体モジュール200とを組み合わせる場合にも、同様にもたらされる。反射層80を出射する光子は、吸収体モジュール200に衝突すると、吸収体モジュール200の吸収性材料によって、熱に変換される。

20

【0044】

図5では、反射層80および吸収性材料層50, 60に加えて、図3の電気絶縁層70が、レーザーミラー40と反射層80との間に挿入されている。これによって、レーザーミラー40および反射層80における屈折率の上昇を、設定することが可能である。さらに、電気絶縁層70は、レーザーミラー40から絶縁層70までの強度分布の最大値を、変動させることが可能である。これにより、特に正面側のレーザーミラー30によって取り出された光出力が大きい場合でも、背面側のレーザーミラー40は、破損しないように保護される。

30

【0045】

図6では、これらの両方の層、すなわち電気絶縁層70および反射層80の順番が、図5と比べて変更されている。こうすることによって、吸収性材料層50, 60用の材料を自由に選択することが可能になる。特に、吸収性材料層50, 60は、1つまたは複数の金属を含むことが可能である。

【0046】

図7は、反射層80と吸収性材料層50, 60との間にさらなる電気絶縁層100が設けられた、図5の半導体レーザーを示す図である。このさらなる電気絶縁層100は、反射層80を吸収性材料層50, 60から分離するものである。図7に示される層配置では、反射層90だけでなく吸収性材料層50, 60にも、特に1つまたは複数の金属または金属化合物といったさらなる材料の区域を用いることが可能である。これは、反射層90にも、吸収性材料層60にも当てはまる。

40

【0047】

さらに、吸収性材料層50, 60と吸収体モジュール200との組み合わせを用いることも可能である。レーザーミラー40のすぐ近傍では、光出力の一部しか熱に変換されないため、光出力が極めて大きい場合にも、レーザーミラー40の熱的負荷は制限され得る。さらに、上述の全ての層、すなわち、電気絶縁層70, 100、反射層80、および吸収性材料層50, 60の積層順を、吸収体モジュール200と組み合わせることも想定可能である。

【0048】

50

背面側のレーザーミラー４０に金属被膜を設けることによって、背面側のレーザーミラー４０を通して出射する光出力は、正面側のレーザーミラー３０を通してレーザー共振器を出射する光学的出力よりも低下する。正面側のレーザーミラー３０に反射防止処理を施すと共に、背面側のレーザーミラー４０に金属被膜を設けることによって、レーザー共振器から取り出可能な正面側の光出力は、さらに増大し得る。

【 0 0 4 9 】

図８は、推定される半導体レーザーの光出力 電流 特性曲線の関係を示す図である。この半導体レーザーの正面側のレーザーミラー３０の反射係数は１０％であり、背面側のレーザーミラー４０の反射係数は９０％である。正面側から取り出される光出力と、背面側から取り出される光出力の非対称度は、約３０の範囲にある。これは、正面側のレーザーミラー３０に反射防止処理を施すと共に、背面側のレーザーミラー４０に反射率の高い金属被膜を設けても、依然として、レーザー共振器の光出力の３％～４％が、背面側のレーザーミラー４０を通して出射していることを意味している。

10

【 0 0 5 0 】

図９は、吸収性材料層６０を形成する前および後の、背面側のレーザーミラー４０において測定された、ラテラルカップリングを有する $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ (ガリウムヒ素/ヒ化アルミニウムガリウム)DFBレーザーダイオードの光出力 電流 特性曲線を示す図である。このレーザーダイオードはさらに、反射防止処理が施された正面側のレーザーミラー３０ ($R_F = 20\%$) および金属被膜を有する背面側のレーザーミラー４０ ($R_R = 95\%$) を備えている。これは、図４に示される構成において、さらに、正面側のレーザーミラー３０に部分的に反射防止処理が施された構成に相当する。この例では、吸収性材料層６０は、基本的に、チタンを含み、反射層８０は、レーザーミラー４０に隣接した部分から順番に $\text{SiO}_2/\text{Si}/\text{SiO}_2/\text{Si}$ の４つの部分層を含む。

20

【 0 0 5 1 】

図９から明らかなように、背面側のレーザーミラー４０の後方に吸収性材料層６０を形成した後は、光出力は検出され得ない。背面側のレーザーミラー４０の吸収性材料層６０は、レーザーミラー４０の後方において測定される光出力 電流 特性曲線の上昇を、本実施形態では少なくとも係数１０，０００だけ低減する。ただし、この値は、単に推定値を示すものである。なぜなら、反射率の高い金属被膜が設けられた背面側のレーザーミラー４０ ($R_R = 95\%$) と吸収性材料層６０との組み合わせにより、レーザーミラー４０の後方の光出力 電流 特性曲線の上昇は、その上昇を実験的に測定することが不可能な程度まで低減されるからである。

30

【 0 0 5 2 】

電気絶縁層７０，１００および反射層８０は、熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、またはスパッタリング法によって、背面側のレーザーミラー４０の上に堆積させることが可能である。吸収性材料層６０および反射層９０は、熱蒸着法、材料を電氣的に蒸着する方法、またはスパッタリング法によって、背面側のレーザーミラー４０の上に堆積させることが可能である。

【 0 0 5 3 】

吸収体モジュール２００は、上述の材料から構成されていてよい。しかし、吸収体モジュールとして、任意の材料から成るボディ、例えばガラスボディまたはプラスチックボディを用いて、少なくともレーザーミラー４０側の側面に、吸収性材料層５０，６０を、前の段落において説明した方法によって設けることも可能である。同様に、ボディの表面全体を吸収性材料層で被覆してもよい。最終的に、吸収性材料層をボディの上に形成するために、さらなるプロセスを用いてもよい。例えば、ボディの表面を吸収性材料でスプレーしてもよいし、ボディを、吸収性材料を入れた浸漬槽の中に浸漬してもよい。

40

【 0 0 5 4 】

次の表には、図９において用いられた半導体レーザーの、層形成のデータがまとめて示されている。

50

【 0 0 5 5 】

【 表 1 】

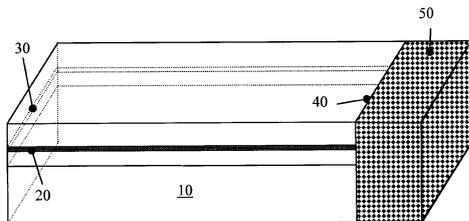
表 1 : 反射層 8 0 および吸収性材料層 6 0 のデータ

機能	厚み [nm]	材料
反射層 8 0	270	SiO ₂
	110	Si
	270	SiO ₂
	110	Si
吸収性材料層 6 0	500	チタン

10

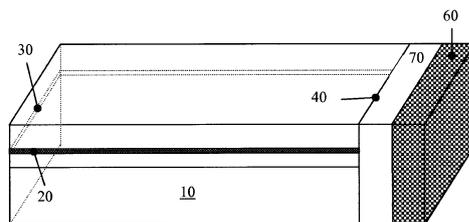
【 図 1 】

Fig. 1



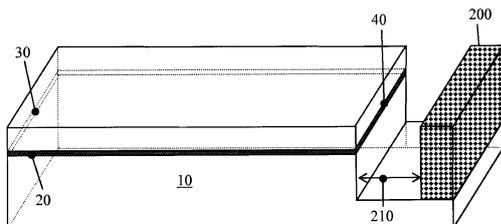
【 図 3 】

Fig. 3



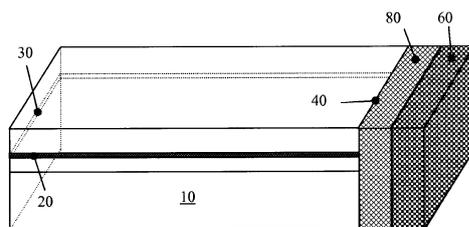
【 図 2 】

Fig. 2



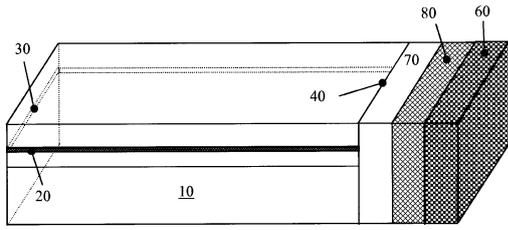
【 図 4 】

Fig. 4



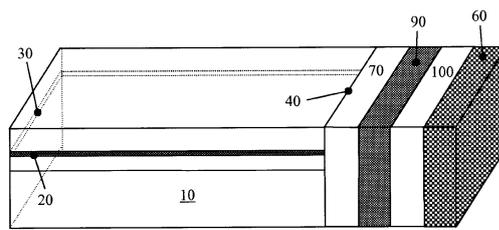
【 図 5 】

Fig. 5



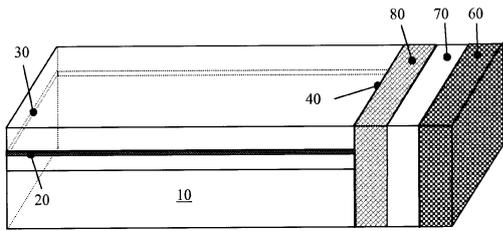
【 図 7 】

Fig. 7

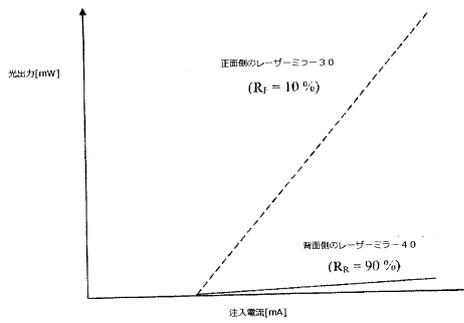


【 図 6 】

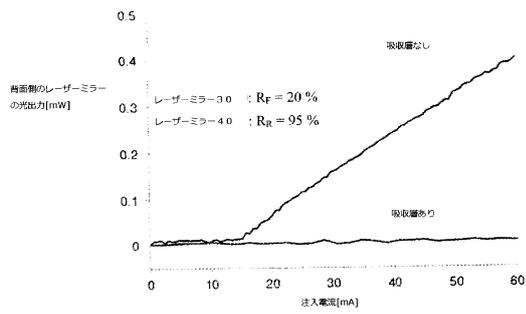
Fig. 6



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 ケート, ヨハネス ベルンハルト
ドイツ国 97218 ゲルブルン、 レンツィヒ 19

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開平05-037072(JP,A)
特開平02-214182(JP,A)
特開2001-257413(JP,A)
特開2009-021548(JP,A)
特開平05-075214(JP,A)
特開平07-045910(JP,A)
特開平04-207091(JP,A)
特開平01-254841(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 5/00-5/50