

(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2004-327581

(P2004-327581A)

(43) 公開日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(51) Int. Cl.⁷

H01S 5/028

F I

H01S 5/028

テーマコード(参考)

5FO73

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-118151(P2003-118151)
 (22) 出願日 平成15年4月23日(2003.4.23)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (74) 代理人 100086405
 弁理士 河宮 治
 (74) 代理人 100098280
 弁理士 石野 正弘
 (72) 発明者 國次 恭宏
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 松岡 裕益
 兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 菱電セミ
 コンダクタシステムエンジニアリング株式
 会社内

最終頁に続く

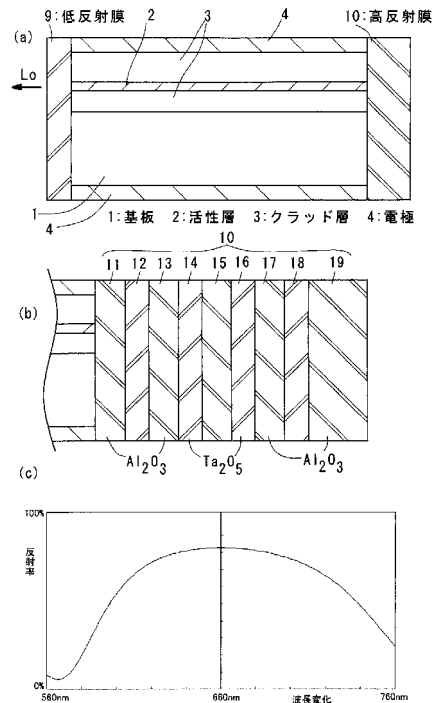
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 光吸収係数がシリコン(Si)膜より小さく、発光に伴う熱的安定性が酸化チタン(TiO₂)膜より優れた材料を用いて誘電体多層膜を構成することによりCOD劣化を大幅に改善する。

【解決手段】 高反射膜10は、レーザチップに接する側から順に、酸化アルミニウム(Al₂O₃)誘電体膜11と、酸化タンタル(Ta₂O₅)誘電体膜12と、酸化アルミニウム誘電体膜13と、酸化タンタル誘電体膜14と、酸化アルミニウム誘電体膜15と、酸化タンタル誘電体膜16と、酸化アルミニウム誘電体膜17と、酸化タンタル誘電体膜18と、酸化アルミニウム誘電体膜19で構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザチップの光出射面の少なくとも一方に、反射率が40%以上の誘電体多層膜が形成された半導体レーザ装置において、
誘電体多層膜は、酸化タンタルからなる誘電体膜を含むことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】

誘電体多層膜は、酸化アルミニウムからなる誘電体膜と、酸化タンタルからなる誘電体膜とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】

誘電体多層膜は、レーザチップに接する膜として酸化アルミニウムからなる誘電体膜を含み、さらに酸化シリコンからなる誘電体膜と、酸化タンタルからなる誘電体膜とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、誘電体多層膜が形成された半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザは、一般に、ウエハ劈開によって共振器端面を形成し、この共振器端面に誘電体膜が形成されている。この端面に形成されるこの誘電体の種類、膜厚、層数を任意に選ぶことによって所望の反射率に制御することができる。

【0003】

こうした反射膜は、反射率を任意に制御可能な特性だけでなく、瞬間光学損傷 (Catastrophic Optical Damage: 以下CODと略称する) による劣化が生じにくい特性が要望される。COD劣化とは、レーザ光がレーザ素子端面の膜に吸収されることで膜が発熱し、温度上昇する結果、膜の融解が起こり端面破壊に至ることである。

【0004】

例えば、反射率40%以上の反射膜を得る場合、一般に、低屈折率膜と高屈折率膜材とを交互に積層した誘電体多層膜が用いられている。関連する先行技術として、下記のものが挙げられる。

【0005】

【特許文献 1】

特開平10-247756号公報

【特許文献 2】

特開2001-267677号公報

【特許文献 3】

特開2002-305348号公報

例えば、特開2001-267677号公報は、半導体レーザの後端面に形成される高反射膜として、 Al_2O_3 膜と酸素含有Si膜からなる5層の多層反射膜を採用しており、Si膜の成膜プロセス中に酸素を導入することによって、Siの消衰係数を下げて、COD劣化を防止している。しかし、レーザの発振波長の短波長化及び高出力化に伴って、Si膜は光吸収係数を持つようになり、一定の限度を超えるとCOD劣化が発生する。

【0006】

また、特開平10-247756号公報は、半導体レーザの光出射端面に形成される反射膜として、酸化チタン(TiO_2)と酸化シリコン(SiO_2)の多層膜を採用して、CODレベルを改善している。しかし、酸化チタンは発光に伴う熱的安定性が低いことから、経時変化が起こりやすくなり、膜厚や屈折率の変動により反射率変化が生じ、最終的にはCOD劣化が起こることが懸念される。

10

20

30

40

50

【0007】

また、特開2002-305348号公報は、発振波長400nmの半導体レーザの共振器端面に形成される反射膜として、酸化ニオブ(Nb_2O_3)と酸化シリコン(SiO_2)の多層膜を採用している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従来の半導体レーザでは、シリコン(Si)膜、酸化チタン(TiO_2)膜などの高屈折率膜を用いた多層反射膜が検討されている。しかし、上記の膜構成では、今後更なるレーザの高出力化によって、発光に伴うレーザ端面の温度上昇により、COD劣化及び膜厚や屈折率の変動に伴う反射率変化などの経時劣化が懸念される。

10

【0009】

本発明の目的は、上記問題を解決するために、誘電体多層膜が形成された半導体レーザにおいて、光吸収係数がシリコン(Si)膜より小さく、発光に伴う熱的安定性が酸化チタン(TiO_2)膜より優れた材料を用いて誘電体多層膜を構成することによりCOD劣化を大幅に改善することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体レーザ装置は、レーザチップの光出射面の少なくとも一方に、反射率が40%以上の誘電体多層膜が形成された半導体レーザ装置において、誘電体多層膜は、酸化タンタルからなる誘電体膜を含むことを特徴とする。

20

【0011】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

図1(a)は、本発明の第1実施形態を示す構造図であり、光軸に沿った垂直断面を示している。レーザチップは、GaAs等の半導体基板1と、活性層2と、活性層2の上方および下方に形成されたクラッド層3と、クラッド層3の上方および下方に形成された電極4などで構成される。

【0012】

半導体レーザ装置は、上述のレーザチップと、レーザ前端面に形成された低反射膜9と、レーザ後端面に形成された高反射膜10などで構成される。一般に、低反射膜9は15%以下の反射率となるように設定され、高反射膜10は40%以上の反射率となるように設定される。

30

【0013】

低反射膜9および高反射膜10は、蒸着、スパッタ、CVD(化学的気相成長)などの成膜プロセスを用いて形成される。レーザ前端面とレーザ後端面との間で光共振器が構成され、活性層2で発振したレーザ光の大部分は低反射膜9から出力光 L_o として出射され、高反射膜10からもレーザ光の一部が出射される。

【0014】

図1(b)は、高反射膜10の構成を示す拡大図である。高反射膜10は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_{11} および膜厚 d_{11} の誘電体膜11、屈折率 n_{12} および膜厚 d_{12} の誘電体膜12、屈折率 n_{13} および膜厚 d_{13} の誘電体膜13、屈折率 n_{14} および膜厚 d_{14} の誘電体膜14、屈折率 n_{15} および膜厚 d_{15} の誘電体膜15、屈折率 n_{16} および膜厚 d_{16} の誘電体膜16、屈折率 n_{17} および膜厚 d_{17} の誘電体膜17、屈折率 n_{18} および膜厚 d_{18} の誘電体膜18、屈折率 n_{19} および膜厚 d_{19} の誘電体膜19で形成されている。

40

【0015】

誘電体多層膜は、一般に、高屈折率の誘電体膜と低屈折率の誘電体膜が交互に繰り返すように積層される。各誘電体膜の膜厚は、一般に、光学長に換算して発振波長の4分の1、即ち $\lambda/4$ の整数倍となるように設定され、誘電体膜の屈折率の大きさに応じて適切な膜厚に調整される。

50

【0016】

本実施形態において、高反射膜10は、酸化タンタル(Ta_2O_5)からなる誘電体膜と、酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなる誘電体膜とを含む。酸化タンタルは、後述するように、加熱による温度上昇に対して屈折率変化量および膜厚変化量が小さい特性を有するため、誘電体多層膜として好適である。

【0017】

次に、高反射膜10の具体的な構成例について説明する。ここでは、発振波長 = 660 nmの赤色半導体レーザに高反射膜10を形成した例を示す。レーザチップの等価屈折率は、3.817である。

【0018】

図1(b)に示すように、レーザチップに接する側から順に第1層である誘電体膜11は、屈折率 $n_{11} = 1.641$ の酸化アルミニウム(Al_2O_3)で形成し、膜厚 d_{11} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の100.5 nmに設定している。

【0019】

第2層である誘電体膜12は、屈折率 $n_{12} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{12} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0020】

第3層である誘電体膜13は、屈折率 $n_{13} = 1.641$ の酸化アルミニウム(Al_2O_3)で形成し、膜厚 d_{13} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の100.5 nmに設定している。

【0021】

第4層である誘電体膜14は、屈折率 $n_{14} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{14} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0022】

第5層である誘電体膜15は、屈折率 $n_{15} = 1.641$ の酸化アルミニウム(Al_2O_3)で形成し、膜厚 d_{15} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の100.5 nmに設定している。

【0023】

第6層である誘電体膜16は、屈折率 $n_{16} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{16} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0024】

第7層である誘電体膜17は、屈折率 $n_{17} = 1.641$ の酸化アルミニウム(Al_2O_3)で形成し、膜厚 d_{17} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の100.5 nmに設定している。

【0025】

第8層である誘電体膜18は、屈折率 $n_{18} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{18} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0026】

第9層である誘電体膜19は、屈折率 $n_{19} = 1.641$ の酸化アルミニウム(Al_2O_3)で形成し、膜厚 d_{19} は光学長換算で $\lambda/2$ 相当の201.0 nmに設定している。

【0027】

図1(c)は、上記構成を有する高反射膜10の反射率について波長依存性を示すグラフである。このグラフから、中心波長 = 660 nmで約83%の反射率を示しており、発振波長の変化に対する反射率変化は小さい。従って、上記構成の高反射膜10は、レーザ発振波長が変動しても安定した反射率を示すことが判る。

【0028】

図2(a)および図2(b)は、酸化タンタル(Ta_2O_5)膜と酸化チタン(TiO_2)膜の屈折率および膜厚について温度依存性を示すグラフである。ここでは、約110の加熱温度における屈折率および膜厚を基準値100%として、約400の加熱温度における屈折率および膜厚の変化率をパーセント表示で示している。

【0029】

これらのグラフから、酸化チタン膜の屈折率は、約400において+2.18%増加しているのに対して、酸化タンタル膜の屈折率は+0.94%の増加に抑制されている。ま

10

20

30

40

50

た、酸化チタン膜の膜厚は、約400 において - 1.95%減少しているのに対して、酸化タンタル膜の膜厚は - 0.26%の減少に抑制されている。このように酸化タンタル膜は、酸化チタン膜と比べて熱的安定性に優れることが判る。

【0030】

従って、レーザチップが高出力レーザ光を発生して、高反射膜10での光吸収により温度上昇が生じた場合、酸化チタン(TiO_2)膜が存在すると、屈折率変化および膜厚変化が大きくなる。そのため、レーザ光のオンオフを繰り返す度に、高反射膜10の経時劣化が生じ易くなり、引いてはCOD劣化を引き起こす要因となる。

【0031】

これに対して酸化タンタル(Ta_2O_5)膜を用いて高反射膜10を構成した場合、高反射膜10での光吸収により温度上昇が生じたとしても、屈折率変化および膜厚変化が小さいため、高反射膜10の経時劣化およびCOD劣化を防止することができる。

10

【0032】

なお、上記の高反射膜10では、高屈折率膜である酸化タンタル膜および低屈折率膜である酸化アルミニウム膜を繰り返し単位とした4周期分の多層膜に対して、大気に接する低屈折率膜として酸化アルミニウム膜を追加した例を示したが、所望の反射率に制御するために、酸化タンタル膜および酸化アルミニウム膜の繰り返し単位を1~3周期あるいは5周期以上で構成することも可能である。また、反射率特性の中心波長を660nmから変更する場合、各誘電体膜の膜厚を光学長で換算した膜厚に変更することで対処できる。

【0033】

実施の形態2 .

図3(a)は、本発明の第2実施形態を示す構造図であり、光軸に沿った垂直断面を示している。レーザチップは、GaAs等の半導体基板1と、活性層2と、活性層2の上方および下方に形成されたクラッド層3と、クラッド層3の上方および下方に形成された電極4などで構成される。

20

【0034】

半導体レーザ装置は、上述のレーザチップと、レーザ前端面に形成された低反射膜9と、レーザ後端面に形成された高反射膜20などで構成される。一般に、低反射膜9は15%以下の反射率となるように設定され、高反射膜20は40%以上の反射率となるように設定される。

30

【0035】

低反射膜9および高反射膜20は、蒸着、スパッタ、CVD(化学的気相成長)などの成膜プロセスを用いて形成される。レーザ前端面とレーザ後端面との間で光共振器が構成され、活性層2で発振したレーザ光の大部分は低反射膜9から出力光Loとして出射され、高反射膜20からもレーザ光の一部が出射される。

【0036】

図3(b)は、高反射膜20の構成を示す拡大図である。高反射膜20は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_{21} および膜厚 d_{21} の誘電体膜21、屈折率 n_{22} および膜厚 d_{22} の誘電体膜22、屈折率 n_{23} および膜厚 d_{23} の誘電体膜23、屈折率 n_{24} および膜厚 d_{24} の誘電体膜24、屈折率 n_{25} および膜厚 d_{25} の誘電体膜25、屈折率 n_{26} および膜厚 d_{26} の誘電体膜26、屈折率 n_{27} および膜厚 d_{27} の誘電体膜27、屈折率 n_{28} および膜厚 d_{28} の誘電体膜28で形成されている。

40

【0037】

誘電体多層膜は、一般に、高屈折率の誘電体膜と低屈折率の誘電体膜が交互に繰り返すように積層される。各誘電体膜の膜厚は、一般に、光学長に換算して発振波長の4分の1、即ち $\lambda/4$ の整数倍となるように設定され、誘電体膜の屈折率の大きさに応じて適切な膜厚に調整される。

【0038】

本実施形態において、高反射膜20は、酸化アルミニウム(Al_2O_3)からなる誘電体膜と、酸化シリコン(SiO_2)からなる誘電体膜と、酸化タンタル(Ta_2O_5)から

50

なる誘電体膜とを含む。酸化タンタルは、図2に示したように、加熱による温度上昇に対して屈折率変化量および膜厚変化量が小さい特性を有するため、誘電体多層膜として好適である。

【0039】

次に、高反射膜20の具体的な構成例について説明する。ここでは、発振波長 = 660 nmの赤色半導体レーザに高反射膜20を形成した例を示す。レーザチップの等価屈折率は、3.817である。

【0040】

図3(b)に示すように、レーザチップに接する側から順に第1層である誘電体膜21は、屈折率 $n_{21} = 1.641$ の酸化アルミニウム(Al_2O_3)で形成し、膜厚 d_{21} は光学長換算で $\lambda/2$ 相当の201.0 nmに設定している。 10

【0041】

第2層である誘電体膜22は、屈折率 $n_{22} = 1.461$ の酸化シリコン(SiO_2)で形成し、膜厚 d_{22} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の112.9 nmに設定している。

【0042】

第3層である誘電体膜23は、屈折率 $n_{23} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{23} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0043】

第4層である誘電体膜24は、屈折率 $n_{24} = 1.461$ の酸化シリコン(SiO_2)で形成し、膜厚 d_{24} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の112.9 nmに設定している。 20

【0044】

第5層である誘電体膜25は、屈折率 $n_{25} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{25} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0045】

第6層である誘電体膜26は、屈折率 $n_{26} = 1.461$ の酸化シリコン(SiO_2)で形成し、膜厚 d_{26} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の112.9 nmに設定している。

【0046】

第7層である誘電体膜27は、屈折率 $n_{27} = 2.031$ の酸化タンタル(Ta_2O_5)で形成し、膜厚 d_{27} は光学長換算で $\lambda/4$ 相当の81.2 nmに設定している。

【0047】

第8層である誘電体膜28は、屈折率 $n_{28} = 1.461$ の酸化シリコン(SiO_2)で形成し、膜厚 d_{28} は光学長換算で $\lambda/2$ 相当の225.8 nmに設定している。 30

【0048】

図3(c)は、上記構成を有する高反射膜20の反射率について波長依存性を示すグラフである。このグラフから、中心波長 = 660 nmで約86%の反射率を示しており、発振波長の変化に対する反射率変化は小さい。従って、上記構成の高反射膜20は、レーザ発振波長が変動しても安定した反射率を示すことが判る。

【0049】

なお、上記の高反射膜20では、高屈折率膜である酸化タンタル膜および低屈折率膜である酸化シリコン膜を繰り返し単位とした3周期分の多層膜に対して、チップおよび大気に接する低屈折率膜として酸化アルミニウム膜を追加した例を示したが、所望の反射率に制御するために、酸化タンタル膜および酸化シリコン膜の繰り返し単位を1~2周期あるいは4周期以上で構成することも可能である。また、反射率特性の中心波長を660 nmから変更する場合、各誘電体膜の膜厚を光学長で換算した膜厚に変更することで対処できる。 40

【0050】

図4は、半導体レーザの駆動電流に対する光出力特性の一例を示すグラフである。従来の高反射膜として、レーザチップに接する側から順に、酸化アルミニウム(Al_2O_3)膜、シリコン(Si)膜、酸化アルミニウム(Al_2O_3)膜、シリコン(Si)膜、酸化アルミニウム(Al_2O_3)膜からなる計5層の誘電体多層膜を形成したものである。 50

【0051】

グラフを見ると、いずれも駆動電流が発振閾値電流50mA付近を超えると光出力が増加する。従来のは、駆動電流が240mA付近で光出力が激減して、COD劣化が生じている。

【0052】

これに対して第1実施形態および第2実施形態で説明した高反射膜10、20は、駆動電流500mAに至るまでCOD劣化は発生しておらず、従来の高反射膜と比べて約1.7倍の光出力にも耐えていることが判る。

【0053】

以上の説明において、本発明に係る誘電体多層膜をレーザ後端面に形成する例を示したが、本発明に係る誘電体多層膜をレーザ前端面に形成することも可能である。 10

【0054】

【発明の効果】

以上詳説したように、酸化タンタル(Ta_2O_5)膜を用いて誘電体多層膜を構成した場合、誘電体多層膜での光吸収により温度上昇が生じたとしても、屈折率変化および膜厚変化が小さいため、誘電体多層膜の経時劣化およびCOD劣化を大幅に改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は本発明の第1実施形態を示す構造図であり、図1(b)は高反射膜10の構成を示す拡大図であり、図1(c)は高反射膜10の反射率について波長依存性を示すグラフである。 20

【図2】酸化タンタル(Ta_2O_5)膜と酸化チタン(TiO_2)膜の屈折率および膜厚について温度依存性を示すグラフである。

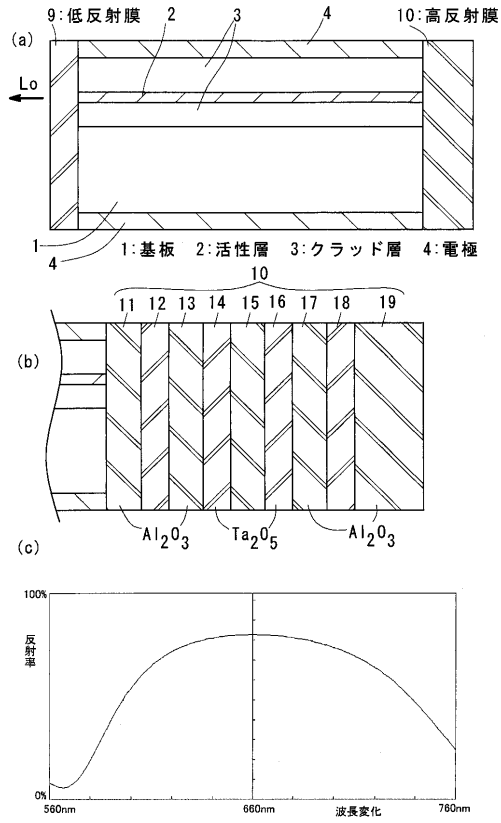
【図3】図3(a)は本発明の第2実施形態を示す構造図であり、図3(b)は高反射膜20の構成を示す拡大図であり、図3(c)は高反射膜20の反射率について波長依存性を示すグラフである。

【図4】半導体レーザの駆動電流に対する光出力特性の一例を示すグラフである。

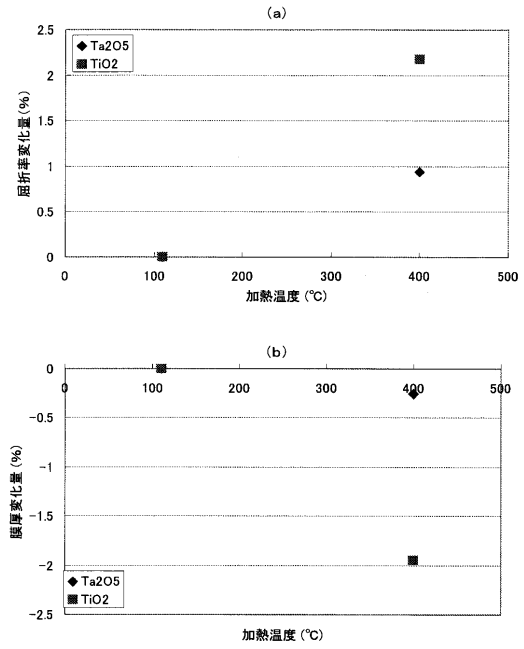
【符号の説明】

1 基板、 2 活性層、 3 クラッド層、 4 電極、 9 低反射膜、 10 高反射膜、 11~19 誘電体膜、 20 高反射膜、 21~28 誘電体膜。 30

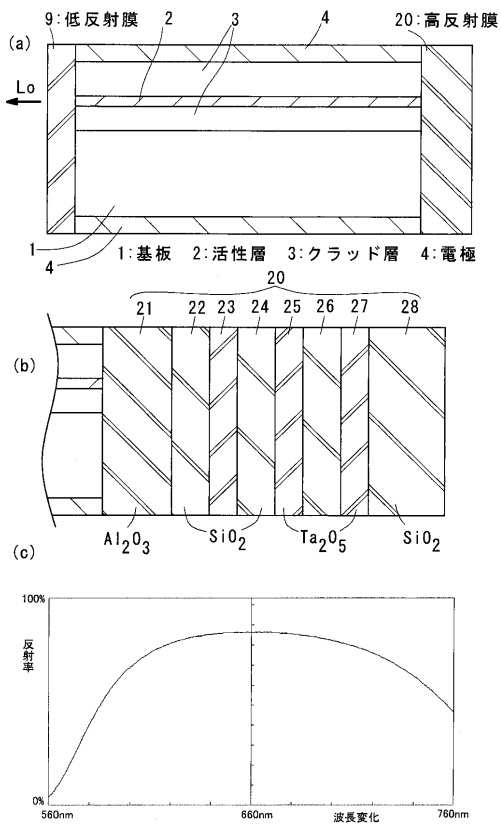
【図1】



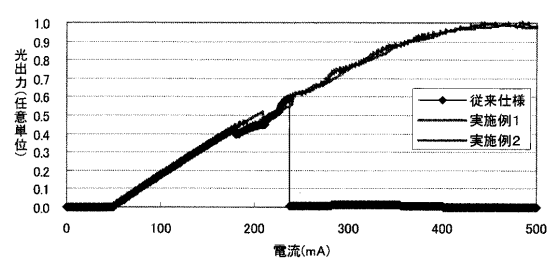
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 中川 康幸

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 西口 晴美

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F073 CA01 CB02 DA32 DA33 EA06 EA28