

(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2008-153650
(P2008-153650A)

(43) 公開日 平成20年7月3日(2008.7.3)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
H01S	5/12	(2006.01)	H01S	5/12		2K009	
G02B	1/11	(2006.01)	G02B	1/10	A	4F100	
B32B	15/04	(2006.01)	B32B	15/04	Z	5F173	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-315264 (P2007-315264)	(71) 出願人	000154325 ユーディナデバイス株式会社 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漉阿原100 番地
(22) 出願日	平成19年12月5日 (2007.12.5)	(74) 代理人	100087480 弁理士 片山 修平
(62) 分割の表示	特願2002-255056 (P2002-255056) の分割	(72) 発明者	岡田 亘正 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漉阿原100 番地 ユーディナデバイス株式会社内
原出願日	平成14年8月30日 (2002.8.30)	(72) 発明者	平池 忠浩 山梨県中巨摩郡昭和町大字紙漉阿原100 番地 ユーディナデバイス株式会社内
		Fターム(参考)	2K009 AA06 BB01 CC03 CC06 DD03

最終頁に続く

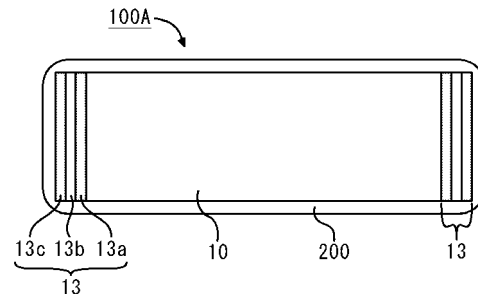
(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 光学特性をより安定化することが可能で、且つ樹脂等で封止した状態と封止しない状態とで透過率が劣化することが防止された光半導体装置を提供すること。

【解決手段】 本発明は、フッ化マグネシウムまたは酸化シリコンを主成分とする第1層13aと、酸化窒化チタンを主成分とする第2層13bと、フッ化マグネシウムまたは酸化シリコンを主成分とする第3層13cとがこの順番で積層された積層構造13を持ち、積層構造13の内部に複数の反射面を備えるとともに、積層構造13は反射防止膜として光半導体の光出射面に設けられ、少なくとも光出射面が樹脂200によって封止されてなる光半導体装置である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

フッ化マグネシウムを主成分とする第 1 層と、酸化窒化チタンを主成分とする第 2 層と、フッ化マグネシウムを主成分とする第 3 層とがこの順番で積層された積層構造を持ち、該積層構造の内部に複数の反射面を備えるとともに、該積層構造は反射防止膜として光半導体の光出射面に設けられ、少なくとも前記光出射面が樹脂によって封止されてなることを特徴とする光半導体装置。

【請求項 2】

酸化シリコンを主成分とする第 1 層と、酸化窒化チタンを主成分とする第 2 層と、フッ化マグネシウムを主成分とする第 3 層とがこの順番で積層された積層構造を持ち、該積層構造の内部に複数の反射面を備えるとともに、該積層構造は反射防止膜として光半導体の光出射面に設けられ、少なくとも前記光出射面が樹脂によって封止されてなることを特徴とする光半導体装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 層と第 2 層とは接していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体装置。

【請求項 4】

前記第 2 層は、イオンアシスト蒸着によって成膜された層であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体装置。

【請求項 5】

前記第 1 層は、前記光半導体の光出射面に接して設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体装置。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光学多層膜を有する光半導体装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、半導体レーザや光変調器等の光半導体装置は、装置内部の機密性を確保するために、金属やセラミックス等のパッケージで封止されて提供されていた。しかしながら、このような封止方式では高価なパッケージと煩雑な封止工程とが必要となり、これを安価且つ容易に提供することが困難であるという問題が存在した。

30

【0003】

そこで、近年では、上記の代替手段として、光半導体装置を樹脂等で封止する方式が提供された。しかしながら、この方式では、樹脂等で封止する前と後とで、光学素子である光半導体装置を覆う媒質の屈折率に差が生じるため、光半導体装置が所望する光学特性を発揮し得ないという問題が存在した。

【0004】

このような問題を解決する方法としては、例えば以下の特許文献 1 で例示するような技術が存在する。この従来技術は、単層の反射防止膜が形成された半導体装置を樹脂で封止する構成において、反射防止膜と樹脂との境界面で反射された光を反射防止膜内部を伝播する光で減衰（又はキャンセル）する構成を有することで、光半導体装置の光学特性の劣化を抑制するように構成されている。

40

【0005】

一方、反射防止膜等の光学膜の透過率をより向上させるために、これを多層膜で構成することが一般的に知られている（例えば特許文献 2 参照）。しかしながら、本従来技術では、光半導体装置の光学特性を高く且つ安定化できる技術について検討がなされていない。

【0006】

【特許文献 1】特開 2001-42169 号公報

50

【特許文献2】特開平7-113901号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで本発明は、光学特性をより安定化する光学多層膜を有する光半導体装置を提供することを目的とする。

【0008】

また、本発明は、上記の目的を達成し、且つ樹脂等で封止した状態と封止しない状態とで透過率が劣化することが防止された光学多層膜を有する光半導体装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明による光半導体装置は、請求項1記載のように、フッ化マグネシウムを主成分とする第1層と、酸化窒化チタンを主成分とする第2層と、フッ化マグネシウムを主成分とする第3層とがこの順番で積層された積層構造を持ち、該積層構造の内部に複数の反射面を備えるとともに、該積層構造は反射防止膜として光半導体の光出射面に設けられ、少なくとも前記光出射面が樹脂によって封止されてなる。このように、応力の制御性に富む酸化窒化チタンを用いることで、低屈折率光学膜として有用なフッ化マグネシウムの応力を酸化窒化チタンで制御できるため応力が低減された光学多層膜を用いて光半導体装置を製造することが可能となる。更に、本発明では、最低でも3層の多層構造を有することで光学多層膜内部に複数の反射面が形成されるため、高屈折率光学膜である第2層の膜厚を光学距離に換算した1/4波長より薄くした場合でも、反射光の干渉を起こさせることが可能となる。尚、本発明においては酸化窒化チタンあるいはフッ化マグネシウムはそれぞれの元素のみで構成されているという意味に限定されるのではなく、それぞれの元素に微量な他の元素が混在していても、その光学特性あるいは応力が同等であれば、その範疇である。

【0010】

また、本発明による光半導体装置は、請求項2記載のように、酸化シリコンを主成分とする第1層と、酸化窒化チタンを主成分とする第2層と、フッ化マグネシウムを主成分とする第3層とがこの順番で積層された積層構造を持ち、該積層構造の内部に複数の反射面を備えるとともに、該積層構造は反射防止膜として光半導体の光出射面に設けられ、少なくとも前記光出射面が樹脂によって封止されてなることを特徴とする。

【0011】

また、上記構成の光半導体装置において、好ましくは前記第1層と第2層とは接しているように構成される。

【0012】

また、上記構成の光半導体装置において、好ましくは前記第2層は、イオンアシスト蒸着によって成膜された層であるように構成される。

【0013】

上記構成の光半導体装置において、好ましくは前記第1層は、前記光半導体の光出射面に接して設けられているように構成される。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、応力の制御性に富む酸化窒化チタンを用いることで、低屈折率光学膜として有用なフッ化マグネシウムの応力を酸化窒化チタンで制御できるため応力が低減された光学多層膜及びそれを有する光半導体装置を製造することが可能となる。更に、本発明では、最低でも3層の多層構造を有することで光学多層膜内部に複数の反射面が形成されるため、高屈折率光学膜である第2層の膜厚を光学距離に換算した1/4波長より薄くした場合でも、反射光の干渉を起こさせることが可能となる。さらに、樹脂などの充填前後で光学特性の変動を防止し、樹脂などを充填する前に測定された光学特性が、樹脂など

10

20

30

40

50

の充填後も変わらないように構成される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

〔原理〕

従来技術として存在する2層構造を有する光学多層膜では、その内部に1つしか反射面が存在しない。このため、この反射面では、光学多層膜の外側（空気など）との屈折率差で生じる反射面での反射光としか干渉を起こすことができない。従って、2つの光を干渉させる場合、2層構造の光学多層膜は光学距離に換算した1/4波長の厚みの膜を有することがその設計条件とされるため、これよりも薄い膜を形成しても所望する光学多層膜の機能を得ることが不可能である。

10

【0016】

これに対して、本実施形態のように3層以上の積層構造を有する光学多層膜を形成することで、その内部に複数の反射面が形成される。このため、複数ある反射面のいずれか同士に干渉を生じさせられれば、光学多層膜としての機能を実現されるため、各膜の厚みを光学距離に換算した1/4波長より薄くすることが可能となり、酸化窒化チタンによる応力制御性を向上させることが可能となる。

【0017】

一般的に光学多層膜は、屈折率の異なる材料の組み合わせによって生じる多重反射や干渉を利用して、反射防止特性や高反射特性など、所定の光学特性を実現するものである。このため、光学多層膜を構成する膜には、所定の屈折率差を実現できることが重要であり、一般には屈折率差を大きく出来る材料の組み合わせを必要とする。そこで本発明者は、フッ化マグネシウムが屈折率が低い材料であり、これを光学多層膜の材料として採用すれば、屈折率の高い側の材料との屈折率差が大きく出来ることに着目し、これを採用することを検討した。

20

【0018】

しかしながら、本発明者らは、光学多層膜が光半導体に対して大きな応力を印加することは避けなければならないが、このフッ化マグネシウムが製造条件などを制御しても応力自体はさほど変化しない材料であることを見出した。そこで、本発明は、上記のようにフッ化マグネシウムに酸化窒化チタンを組み合わせる構成を有する。

【0019】

この酸化窒化チタンは、製造条件などによってその応力の制御性に富んでいる。即ち、酸化窒化チタンとフッ化マグネシウムとの組み合わせにより、低屈折率光学膜として有用なフッ化マグネシウムの応力を酸化窒化チタンが制御できるため、応力の低減された光学多層膜が期待できる。

30

【0020】

但し、単に酸化窒化チタンとフッ化マグネシウムとの2層構造の光学多層膜を形成する場合には、応力の低減効果は低い。これは、光学多層膜が屈折率の異なる面で生じる反射光同士の干渉によって、所定の光学効果を発揮するためである。このため、2層構造の光学多層膜では、その内部に反射面が1箇所しか存在しなく、干渉を生じさせるために最低でも1/4波長の厚みが必要となる。従って、これ以上薄く構成した場合には干渉を生じさせることが困難である。換言すれば、酸化窒化チタンとフッ化マグネシウムとの2層構造では、各層の厚みを小さくすることができず、酸化窒化チタンの採用によって応力制御が可能になった反面、フッ化マグネシウムの層の応力制御性に限界が生じてしまう。

40

【0021】

そこで本発明では、上記のように、酸化窒化チタンとフッ化マグネシウムとの他にさらに層を追加し、その内部に複数の反射面を形成する。この構成により、光学多層膜の内部に複数の反射面が形成されるため、複数ある反射面の何れかの組み合わせで干渉を生じるように構成すればよい。言い換えれば、光学距離に換算した1/4波長より薄く構成した場合でも、設計により干渉を生じさせることが可能となる。

【0022】

50

以下、これを実現する本発明の実施形態を図面を用いて詳細に説明する。尚、以下の説明において、酸化窒化チタンあるいはフッ化マグネシウムはそれぞれの元素のみで構成されているという意味に限定されるのではなく、それぞれの元素に微量な他の元素が混在していても、その光学特性あるいは応力が同等であれば、その範疇である。

【0023】

〔第1の実施形態〕

まず、本発明の第1の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。図1は、本実施形態による光半導体装置100Aの概略構成を示す断面図である。尚、図1では半導体チップ10の光軸に沿った断面図を示す。

【0024】

図1に示すように、本実施形態では半導体チップ10の一方の端若しくは両端に多層構造を有する光学多層膜13が形成されている。個々の光学多層膜13は、半導体チップ10に接する第1層13aから最外に位置する第3層13cまでの3層構造を有しており、樹脂200による封止された状態と封止されない状態とで良好な透過特性を発揮するように形成されている。換言すれば、本実施形態による光学多層膜13は、空気（又は真空）及び樹脂の双方に対して反射防止膜として機能するように構成される。尚、樹脂200による封止は、出荷時や稼働時に光学多層膜13及び半導体チップ10を保護することを目的としており、光半導体装置100Aの性能を保証するために有効で且つ安価及び容易な手法である。

【0025】

このように双方に対して反射防止膜として作用するように設計する方法は、例えば使用する樹脂200の屈折率に基づいて最外に位置する第3層13cの適当な条件をまず決定し、次に第1層13a及び第2層13bで構成される多層膜が樹脂200に対して反射防止膜として作用するように設計し、最後に空気（又は真空）の屈折率に対して光学多層膜13全体が反射防止膜として作用するように第3層13cを上記の条件内で設計する手順で実現される。尚、樹脂200としては、例えばエポキシ樹脂等が適用される。

【0026】

また、この手順に基づいて設計した場合、光学多層膜13における各層の屈折率は、第2層13bが最も高く、第1層13a及び第3層13cが第2層13bの屈折率よりも低いという関係を有する。

【0027】

以上の手順に基づいて設計することで、光半導体装置100Aの特性（性能）評価の際と、これを実際に使用する際とで同等に反射防止膜として機能する光学多層膜13が実現され、使用の際の光学特性が仕様と異なる光半導体装置100Aを実現することができる。

【0028】

また、本発明者らは、応力の異なる層を積層して光学多層膜を形成した場合、半導体チップにストレスが発生し、光半導体装置の光学特性が経時的に劣化することを見いだした。これは、図2(a)、(b)に示すように、時間に伴い、光半導体装置の動作閾値電流（光半導体装置が動作するための最小の電流）が上昇することからも証明される。尚、図2は、第1層（半導体チップと接する層）を膜厚が57.0nm、屈折率が1.37のMgF膜で形成し、第3層（最外に位置する層）を膜厚が100.0nm、屈折率が1.37のMgF膜で形成し、第2層（第1層及び第3層で挟まれた層）を膜厚が100.0nm、屈折率が2.27のTiO膜で形成した半導体装置に関してスクリーニングを行った結果であり、(a)は応力（圧縮ストレス）がかかった状態、(b)は応力のかからない（又は小さい）状態になるように、それぞれ膜を付けて測定した結果である。図(a)、(b)から明らかのように、応力がかかっている場合、スクリーニングによって特性（閾値）が安定しづらい。

【0029】

そこで本実施形態による光学多層膜13は、相反する性質の応力を生じる層が積層され

10

20

30

40

50

た構造を有するように構成する。即ち、本実施形態では、引張と圧縮との応力を配置することで、多層膜全体としてこれを相殺し、半導体チップ10にストレスが生じることを防止する。例えば、第1層13aと第3層13cとの間に、応力調整のための第2層13bを設けることで、半導体チップ10の端面(光学多層膜13が形成された面)にストレスが発生することを防止する。これを図1に基づいて説明すると、第1層13a及び第3層13cは例えば性質が圧縮の応力を生じる材料を用いて形成し、これらに挟まれる第2層13bは上記とは逆に性質が引張の応力を生じる材料を用いて形成する。以下、本実施形態による光半導体装置100Aの詳細を図面を用いて詳細に説明する。

【0030】

図3は本実施形態による光半導体装置100Aの構成を示す斜視図であり、図4はこの光半導体装置100Aの構成を示すA-A'断面図である。尚、本実施形態では、半導体装置100Aとして分布帰還形レーザ(DFBレーザ)を例に挙げて説明する。

10

【0031】

半導体装置100Aは半導体チップ10と光学多層膜13とを含んで構成される。半導体チップ10は、図3及び図4に示すように、回折格子2が形成された半導体基板1上に、n型クラッド層3と活性層4とp型クラッド層5とp型層6とコンタクト層7とが、メサ状に形成された構成を有する。活性層4は例えばMQW(Multi-Quantum Well)等で形成される。また、メサ構造以外の領域には、半絶縁性埋め込みヘテロ領域9が形成される。

【0032】

この層構造における上部と下部にはそれぞれ上部電極11と下部電極12とが形成される。尚、コンタクト層7上の上部電極11以外の領域にはキャップ層8が形成される。

20

【0033】

以上の構成は、例えば半導体基板1への選択エピタキシャル成長や、選択エッチングやメサ埋め込み成長や基板研磨や電極堆積やパターンニングやへき開等の方法を用いて形成することが可能である。

【0034】

このような構成を有する半導体チップ10の両端には、それぞれ反射防止膜として機能する光学多層膜13が形成される。この光学多層膜13は3層(13a, 13b, 13c)の構成を有しており、中央の層13bがこれを挟む2つの層(13a, 13c)と異なる性質の応力を発生する材料で形成されている。即ち、本実施形態による光学多層膜13は、材質や製法によって生じる密着性、結晶構造で、それぞれの膜が隣接する材料との間で発生する応力が相互に相殺される構成を有する。これにより、半導体チップ10の端面にストレスが生じることを防止し、安定した光学特性を得られる構成となる。

30

【0035】

光学多層膜13において、中央に位置する第2層13bは、例えば酸化窒化チタン(TiON)で形成される。このTiONは引張の応力を発生する材料である。従って、これを挟む層(第1層13a, 第3層13c)は、第2層13bと逆の性質である圧縮の応力を発生する材料で形成される。この材料としては、例えばフッ化マグネシウム(MgF)が存在する。但し、この他にも例えばフッ化シリコン(SiF)等を用いてもよい。尚、本実施形態において、各材料の組成比は限定されないため、これを省略して説明する。

40

【0036】

また、光学多層膜13における各層は、上述にもあるように、それぞれの条件で反射防止膜として機能するように設計されている。以下、この設計手順も含め、光半導体装置100Aの製造方法について図面を用いて詳細に説明する。但し、本実施形態では、半導体チップ10として上記したDFBレーザに限定されず、如何なる光半導体素子を使用してもよいため、以下の説明では半導体チップ10の製造方法を省略する。

【0037】

図5は、本実施形態による光半導体装置100Aの製造プロセスを示す断面図である。尚、図5では、上記と同様にA-A'断面図を用いる。

50

【0038】

本製造プロセスでは、まず、完成後の光半導体装置100Aを封止するための樹脂200の屈折率に基づいて、第3層13cの条件(材料、膜厚、成膜方法等)を大まかに決定する。即ち、樹脂200と同程度の屈折率を有し、第3層13cの外側(半導体チップ10と反対側)の面で反射された光が第3層13cを伝播する光で減衰(又はキャンセル)される膜厚を有するような第3層13cが形成される条件を大まかに決定する。

【0039】

次に、第1層13a及び第2層13bからなる多層膜が樹脂200に対して反射防止膜として作用するように、第1層13a及び第2層13bを設計する。これは、樹脂200の屈折率に基づいて、第1層13a、第2層13bの材料や膜厚や成膜方法を決定することで行われる。

10

【0040】

その後、第1層13a、第2層13b及び第3層13cより成る光学多層膜13が特性評価の際の条件(大気や真空)下で反射防止膜として作用するように、第3層13cを設計する。これは、上記で決定した条件と、第1層13a及び第2層13bの構成とを考慮して行われる。

【0041】

このように、光学多層膜13の構成を設計すると、次に、図5(a)に示すように、製造した半導体チップ10に対して上記の光学多層膜13を形成する。この過程では、まず、半導体チップ10における所定の面上に第1層13aを成膜する。これは蒸着法やエピタキシャル成長法等、如何なる方法を用いも良い。本実施形態では第1層13aを膜厚が62.0nmのMgF膜で形成する。また、この際、第1層13aの屈折率が1.37となるように形成する。

20

【0042】

次に、図5(b)に示すように、形成した第1層13a上に第2層13bを成膜する。但し、この成膜には、第1層13aとの密着性やストレスを鑑みてイオンアシスト蒸着法を用いる。図6にイオンアシスト蒸着するための装置構成を示す。但し、本実施形態では、第2層13bとして膜厚が70.0nmのTiON膜を形成する場合について説明する。また、この最、第2層13bの屈折率が2.48となるように形成する。

【0043】

図6を参照すると、イオンアシスト蒸着装置は、装置室51の上側に半導体チップ10を装着する回転ドーム52が回転部52aにより回転可能に取り付けられている。また、蒸着室51の下側の一方の角には、原料物質収納用のカートリッジ式ハース53が回転ドーム52の基板装着面に対向して取り付けられている。また、カートリッジ式ハース53内の原料に電子を照射するための電子ガン54が設けられている。

30

【0044】

更に、蒸着室51の下側の別の隅には、カウフマン型のイオンガン56(直径80mm、ドーム中心まで1100mm)が回転ドーム52の基板装着面に対向して取り付けられている。このイオンガン56は、イオン化ガス導入口57から導入されたガスを内部にあるフィラメントから放出される熱電子によりイオン化し、イオン加速電極58の印加電圧によって回転ドーム52に向けて放出する。

40

【0045】

また、蒸着室51の側壁のうちイオンガン56と回転ドーム52との間の領域には、ガス導入口59が設けられている。このガス導入口59から導入されるガスは、自動圧力調整器60により流量が調整される。また、蒸着室51のうちガス導入口59と反対側の側壁には排気口61が形成され、その近傍には水晶振動子式蒸着速度モニタ62が取り付けられている。

【0046】

回転ドーム52の中央の上には、反射光によって膜厚をモニタする第1の光電式膜厚モニタ63が設けられている。この第1の光電式膜厚モニタ63は、回転ドーム52の中央

50

にあるモニタ用ガラス基板 64 の表面に形成された膜の膜厚をモニタする。また、第 1 の光電式膜厚モニタ 63 に対向し且つイオンガン 56 と電子ガン 54 との間の位置には、第 2 の光電式膜厚モニタ 65 が取り付けられている。この第 2 の光電式膜厚モニタ 65 は、モニタ用ガラス基板 64 表面の膜の膜厚を透過光によって測定する。

【0047】

このようなイオンアシスト蒸着装置を用いて TiON 膜を形成するにあたり、まず、モニタ用ガラス基板 64 の周囲の回転ドーム 52 の下面に、第 1 層 13a が形成された半導体チップ 10 を装着し、また、原材料である Ti_3O_5 を充填したカートリッジ式ハース 53 を蒸着室 51 内に装着する。次に、排気口 61 から蒸着室 51 内のガスを排気する。更に、イオン化ガス導入口 57 を通してイオンガン 56 内に酸素 (O_2) ガスを供給し、イオン加速電極 58 に 1 kV の電圧を印加してイオンガン 56 内に 20 mA のイオン電流を流す。これにより、酸素がイオン化されて蒸着室 51 内に放出される。

10

【0048】

また、ガス導入口 59 を通して窒素 (N_2) ガスを蒸着室 51 内に導入する。このとき、ガス導入口 59 から導入されるガスの流量が自動圧力調整器 60 により所定の流量に調整される。また、電子ガン 54 から放出される電子ビームは、磁界によって軌跡が 180 度変えられ、カートリッジ式ハース 53 内の Ti_3O_5 に照射される。これにより、蒸気化された Ti_3O_5 が、開かれたシャッタ 55 を介して回転ドーム 52 の下面へ放出される。

20

【0049】

この際、電子ガン 54 内の電極に例えば 6.0 kV の電圧を印加する。このように蒸気化された酸化チタンとイオン化された酸素及び窒素とを、回転ドーム 52 の下の半導体チップ 10 とその側方のモニタ用ガラス基板 64 とのそれぞれに供給することで、TiON 膜が 0.03 ~ 0.08 nm/s の蒸着速度で成膜される。尚、蒸着速度は電子ガン 54 に流す電流量によって調整できる。

【0050】

また、TiON 膜の成長度合いは、回転ドーム 52 側の第 1 の光電式厚膜モニタ 63 により検出される。第 1 の光電式厚膜モニタ 63 は光源と光検出器とを有し、モニタ用ガラス基板 64 又はその表面に堆積した TiON 膜で反射された光源からの光を計測することで TiON の膜厚を測定する。

30

【0051】

また、TiON 膜の膜厚は、第 2 の光電式厚膜モニタ 65 によっても検出される。更に、カートリッジ式ハース 53 から蒸気化された物質の一部は、水晶振動式蒸着速度モニタ 62 内の水晶板の上に堆積する。従って、水晶振動式蒸着速度モニタ 62 は、その堆積量の増加によって生じる水晶板の振動数の変動に基づいて蒸着速度を測定する。

【0052】

このように第 2 層 13b までを成膜すると、図 5 (c) に示すように、成膜した第 2 層 13b 上に第 3 層を成膜する。これは蒸着法やエピタキシャル成長法等、如何なる方法を用いも良い。本実施形態では第 3 層 13c を膜厚が 100.0 nm の MgF 膜で形成する。また、この際、第 3 層 13c の屈折率は 1.37 となるように形成する。

40

【0053】

以上のように設計、製造した光半導体装置 100A に関する動作閾値電流の経時的変化を図 7 に示す。図 7 に示すように、本実施形態により、時間経過に対する光半導体装置 100A の動作閾値電流を安定化すること可能となる。即ち、本実施形態の構成を有することで、半導体チップ 10 の端面にストレスが生じることが防止され、光半導体装置 100A の光学特性が安定化された。これは、図 2 (a) に示すグラフと比較すると容易に理解できる。

【0054】

以上のように、本実施形態によれば、特性 (性能) 評価の際と、これを実際に使用する際とで同等に反射防止膜として機能する光学多層膜 13 が実現され、使用の際の光学特性

50

が仕様と異なる光半導体装置 100A を実現することができる。更に、引張と圧縮との応力を混在して配置することで、半導体チップ 10 にストレスが生じることを防止し、光半導体装置 100A の特性を安定化することが可能となる。尚、この効果は、樹脂 200 で光半導体装置 100A を封止した際により顕著に現れる。

【0055】

また、本実施形態において、半導体チップ 10 には上記した DFB レーザに限らず、例えばファブリ・ペロー型レーザや面発光レーザや発光ダイオードや光変調器等、種々の光半導体素子を適用することが可能である。

【0056】

〔第 2 の実施形態〕

次に、本発明の第 2 の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。第 1 の実施形態では、半導体チップ 10 と接する第 1 層 13a を MgF で形成していた。しかしながら、本発明者らは、第 1 層 13a に MgF 膜を適用した場合、図 8 に示すように、この MgF 膜（第 1 層 13a のみ）に 1 μm 角程度の亀裂が生じる可能性が存在することを見いだした。

10

【0057】

そこで、本実施形態では、このような不具合を解消するために、第 1 層 13a を例えば酸化シリコン (SiO) で形成する。これにより、亀裂が生じない光学多層膜 13 が形成され、光半導体装置 100A の光学特性を安定化することができる。

【0058】

尚、SiO を用いた第 1 層 13a の形成は、例えば蒸着法やエピタキシャル成長法等、如何なる方法を用いても良い。本実施形態では第 1 層 13a を膜厚が 50.0 μm の SiO 膜で形成する。また、この際、第 1 層 13a の屈折率は 1.45 となるように形成する。

20

【0059】

以上のように構成することで、本実施形態では、第 1 の実施形態による効果の他に、第 1 層 13a に亀裂が生じることを防止でき、より光半導体装置 100A の光学特性を安定化することができる。尚、他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0060】

〔第 3 の実施形態〕

次に、本発明の第 3 の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。第 1 の実施形態では、3 層構造の光学多層膜 13 を反射防止膜として機能させていた。本実施形態では同様な構成に新たな層を追加することで、反射膜又は半透過膜を形成する場合について図面を用いて詳細に説明する。

30

【0061】

図 9 は、本実施形態による光半導体装置 300 の概略構成を示す断面図である。尚、図 9 では半導体チップ 10 の光軸に沿った断面図を示す。

【0062】

図 9 を参照すると明らかなように、光半導体装置 300 は、第 1 の実施形態と同様な半導体チップ 10 の一方の端面又は両端面に第 4 層 14 が形成されており、この第 4 層 14 上に第 1 の実施形態と同様な光学多層膜 13 が形成されている。この第 4 層 14 は、光学多層膜 13 における第 1 層 13a よりも高い屈折率を有するように構成される。このように、光学多層膜 13 と半導体チップ 10 との間に第 1 層 13a よりも高い屈折率の第 4 層 14 を設けることで、第 4 層 14 を含む光学多層膜全体を反射膜として機能させることが可能となる。また、他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

40

【0063】

〔他の実施形態〕

以上、説明した実施形態は本発明の好適な一実施形態にすぎず、本発明はその趣旨を逸脱しない限り種々変形して実施可能である。

50

【 0 0 6 4 】

以上説明したように、本発明によれば、応力の制御性に富む酸化窒化チタンを用いることで、低屈折率光学膜として有用なフッ化マグネシウムの応力を酸化窒化チタンで制御できるため応力が低減された光学多層膜及びそれを有する光半導体装置を製造することが可能となる。更に、本発明では、最低でも3層の多層構造を有することで光学多層膜内部に複数の反射面が形成されるため、高屈折率光学膜である第2層の膜厚を光学距離に換算した1/4波長より薄くした場合でも、反射光の干渉を起こさせることが可能となる。尚、本発明においては酸化窒化チタンあるいはフッ化マグネシウムはそれぞれの元素のみで構成されているという意味に限定されるのではなく、それぞれの元素に微量な他の元素が混在していても、その光学特性あるいは応力が同等であれば、その範疇である。

10

【 0 0 6 5 】

また、本発明によれば、光学多層膜の最表層が気体に接する場合と、最表層の屈折率と類似する樹脂などによって封止される場合とで、その光学特性の変動を抑えることが可能である。即ち、最表層の材料と類似の屈折率を持つ樹脂によって封止する場合、最表層はその外側の材料とともに光学的には均質であると近似できる点に着目し、最表層との最表面の層と空気あるいは不活性の気体との屈折率差を加味して生じる第1の光学特性と、当該最表層とその外側の材料との屈折率差を加味しない場合に生じる第2の光学特性とを実質的に同じに設計することで、樹脂などの充填前後で光学特性の変動を防止し、樹脂などを充填する前に測定された光学特性が、樹脂などの充填後も変わらないように構成される。

20

【 0 0 6 6 】

更に、本発明によれば、第1の光学特性と第2の光学特性とが、最終的なデバイス形態（たとえば樹脂封止された形態）で要求される光学特性とともに満たすことで、最表層が気体であるか、その他の材料で充填されているかの違いなく、所望の光学特性を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 7 】

【 図 1 】本発明の第1の実施形態による光半導体装置100Aの概略構成を示す断面図である。

【 図 2 】光半導体装置における動作閾値電流の経時的变化を示すグラフであり、(a)は応力を発生する光学多層膜を有する光半導体装置の特性を示し、(b)は応力を発生しない光学多層膜を有する光半導体装置の特性を示す。

30

【 図 3 】本発明の第1の実施形態による光半導体装置100Aの構成を示す斜視図である。

【 図 4 】図3に示す光半導体装置100AのA-A'断面図である。

【 図 5 】本発明の第1の実施形態による光半導体装置100Aの製造プロセスを示す断面図である。

【 図 6 】図5に示す製造プロセスにおいて第2層13bを成膜する際に使用するイオンアシスト蒸着装置の構成を示す図である。

【 図 7 】本発明の第1の実施形態による光半導体装置100Aにおける動作閾値電流の経時的变化を示すグラフである。

40

【 図 8 】第1層13aにフッ化マグネシウムを使用し且つ第2層13bに酸化窒化チタンを使用した場合に第1層13aに生じた亀裂を示す図である。

【 図 9 】本発明の第3の実施形態による光半導体装置300の構成を示す断面図である。

【 符号の説明 】

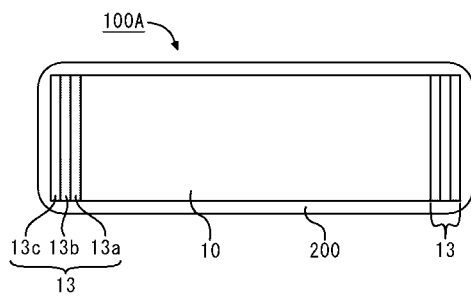
【 0 0 6 8 】

- 10 半導体チップ
- 13 光学多層膜
- 13 a 第1層
- 13 b 第2層

50

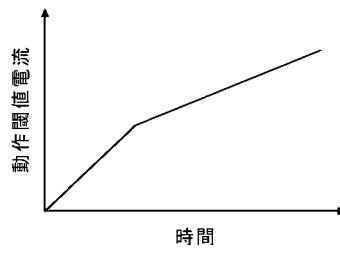
13c 第3層
100A、300 光半導体装置
200 樹脂

【図1】

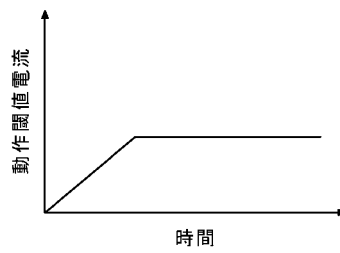


【図2】

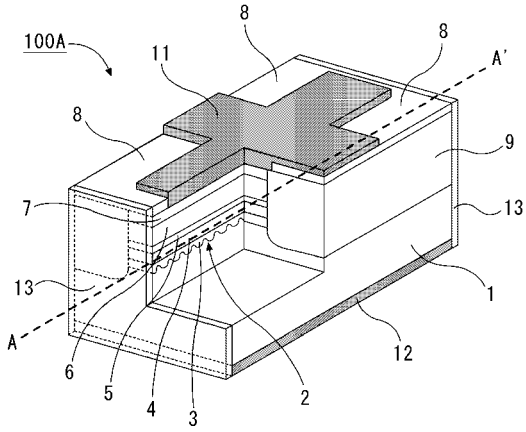
(a) 応力を発生する光学多層膜を有する光半導体装置の特性



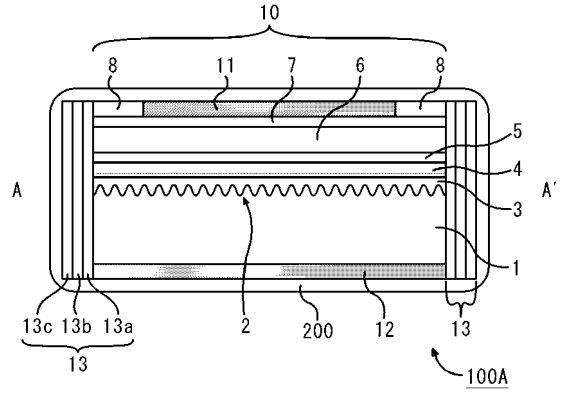
(b) 応力を発生しない光学多層膜を有する光半導体装置の特性



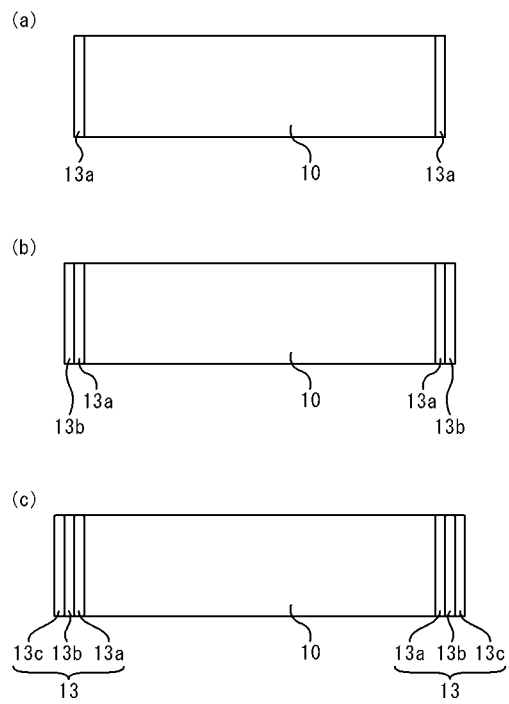
【 図 3 】



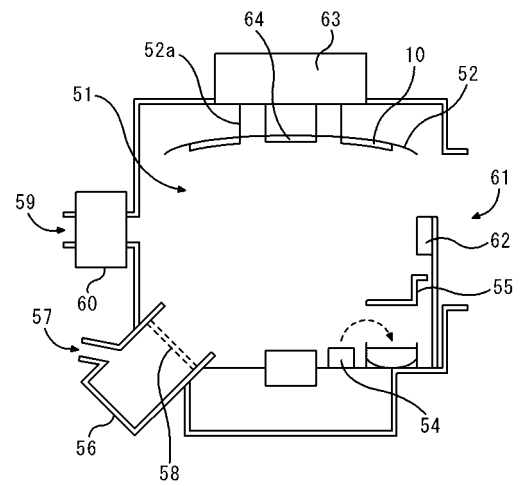
【 図 4 】



【 図 5 】

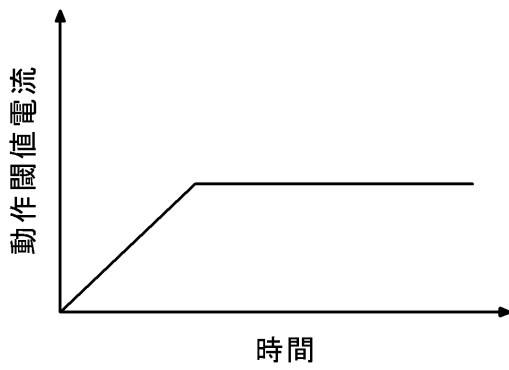


【 図 6 】

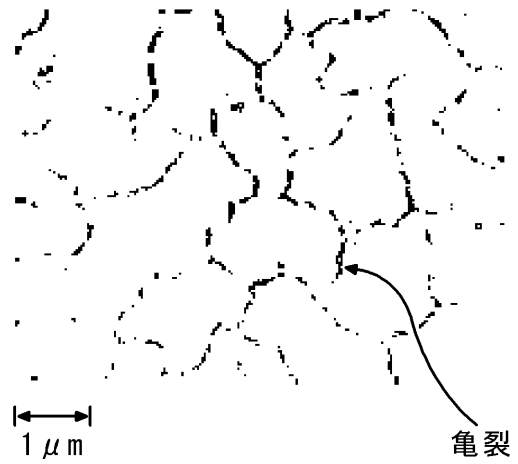


【 図 7 】

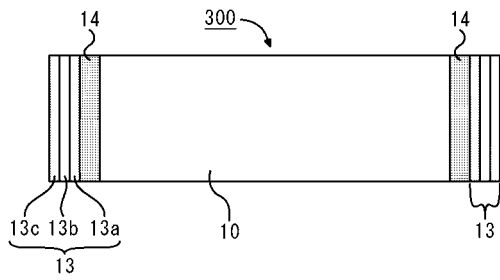
本発明の第 1 の実施形態による光半導体装置の特性



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4F100 AA06B AA06D AA12B AA21B AK01E AK52B AT00A BA05 BA07 BA10A
BA10C EH66B GB48 JG10A JL00 JL09
5F173 AL03 AL13 AR03