(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 040 769 B4** 2018.06.21

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 040 769.5**
(22) Anmeldetag: **31.08.2006**
(43) Offenlegungstag: **15.03.2007**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **21.06.2018**

(51) Int Cl.: ***H01S 5/028*** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2005-256833 **05.09.2005** **JP**

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Prüfer & Partner mbB Patentanwälte Rechtsanwalt, 81479 München, DE

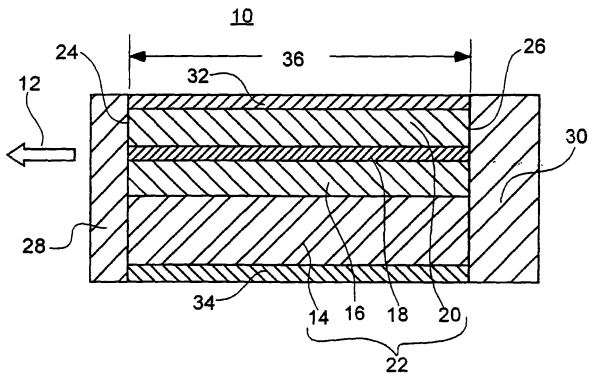
(72) Erfinder:
Matsuoka, Hiromasu, Itami, Hyogo, JP; Nakagawa, Yasuyuki, Tokyo, JP; Shiga, Toshihiko, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**6 396 864**	**B1**
US	**6 618 409**	**B1**
US	**2003 / 0 156 614**	**A1**
US	**2003 / 0 210 722**	**A1**
US	**2004 / 0 238 828**	**A1**
US	**2005 / 0 127 383**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Halbleiterlaservorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung mit:
einem Halbleiterlaserhauptteil (36), der einen Resonator (22) enthält und eine vordere Endfläche (24) und eine hintere Endfläche (26), die zueinander zeigen, aufweist, wobei der Resonator (22) zwischen der vorderen und der hinteren Endfläche (24, 26) ausgebildet ist und die vordere Endfläche (24) Laserlicht (12) emittiert,
einer ersten Reflexionsschicht aus einer einzelnen ersten dielektrischen Schicht (38) mit einem vorbestimmten Reflexionsgrad, einer Dicke, die einer optischen Länge von λ/4 entspricht, und einer ersten thermischen Leitfähigkeit, die aus entweder einem Al-haltigen dielektrischen Material oder aus Siliziumnitrid besteht, wobei die erste Reflexionsschicht auf der vorderen Endfläche (24) des Halbleiterlaserhauptteils (36) angeordnet ist, welche Laserlicht emittiert, und
einer ersten Oberflächenschutzschicht (40) aus Tantaloxid, die auf der ersten dielektrischen Schicht (38) und in Kontakt zu dieser angeordnet ist, wobei die erste Oberflächenschutzschicht (40) eine zweite thermische Leitfähigkeit aufweist, die geringer ist als die erste thermische Leitfähigkeit, eine Dicke von 20 nm oder weniger und mehr als 0 nm aufweist und den vorbestimmten Reflexionsgrad der ersten Reflexionsschicht in dem Bereich von 3% oder weniger ändert,
einer zweiten Reflexionsschicht mit einem vorbestimmten Reflexionsgrad, die auf der hinteren Endfläche (26) des Halbleiterlaserhauptteils (36) angeordnet ist und aus einer mehrlagigen Schicht ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Halbleiterlaservorrichtung zur Verwendung in beispielsweise elektronischen Informationsvorrichtungen und spezieller auf eine Halbleiterlaservorrichtung, bei der Reflexionsgradsteuerschichten auf den Endflächen des Resonators vorgesehen sind.

[0002] US 6,396,864 B1 beschreibt Halbleiterlaserdioden, deren Endflächen mit einer Beschichtung versehen sind, welche die thermische Leitfähigkeit an den Endflächen erhöht zur Vermeidung einer temperaturabhängigen Degradation der Endflächen und des COD-Phänomens. Hierzu sollte die Beschichtung eine höhere thermische Leitfähigkeit aufweisen als das Diodenmaterial. Zum Bereitstellen einer guten Hermetizität wird vorgeschlagen, die Schicht mit guter Wärmeleitfähigkeit mit HfO_2, SiN_x, SiC, SiO_2, ZrO_2 oder TiO_2 zu überziehen, wobei letztere Schicht ebenfalls das Reflexionsvermögen beeinflußt.

[0003] US 2003/0210722 A1 beschreibt eine Laservorrichtung, deren lichtemittierende Endfläche mit einem dreilagigen Film versehen ist, wobei die äußerste Schicht aus einem Material aus der Gruppe bestehend aus Al_2O3, ZrO_2, HfO_2 oder SiO_2 versehen ist. Die andere Endfläche ist mit einer amorphen Siliziumschicht überzogen.

[0004] US 2003/0156614 A1 beschreibt einen Halbleiterlaser, bei dem an der hoch reflektierenden Endfläche eine wasserstoffhaltige amorphe Siliziumschicht vorgesehen ist. Zur besseren Haftung der Schicht auf der Endfläche ist zwischen Schicht und Endfläche eine dünne Siliziumnitridschicht eingebracht.

[0005] US 6,618,409 B1 beschreibt ein Verfahren zum Passivieren der Endflächen eines Halbleiterlasers. Speziell soll gewährleistet sein, daß eine amorphe, wasserstoffhaltige Siliziumschicht frei von Sauerstoff ist. Die amorphe Siliziumschicht dient dabei als Passivierungsschicht und wird mit einer Reflexionsschicht überzogen, welche aus Si, Al_2O_3, Ta_2O_5, Si_3N_4 oder Nb_2O_5 bestehen kann.

[0006] US 2004/0238828 A1 offenbart eine integrierte optische Halbleitervorrichtung, die eine Antireflexionsbeschichtung mit einer geringeren Dicke aufweist. Die Vorrichtung umfasst eine Lichterzeugungsregion und eine Lichtmodulationsregion mit einer ersten Endfläche zum Ausgeben von Licht, das in der Lichterzeugungsregion erzeugt und in der Lichtmodulationsregion moduliert wird. Die erste Endfläche stellt eine Antireflexionsbeschichtung bereit, die eine erste Schicht, die der lichtmodulierenden Region am nächsten ist, und eine zweite Schicht umfasst. Die erste Schicht hat einen ersten Brechungsindex und die zweite Schicht hat einen zweiten Brechungsindex, der größer als der erste Brechungsindex ist.

[0007] Bei einem Halbleiterlaser wird eine Laseroszillation zwischen der vorderen und der hinteren Endfläche des Resonators dergestalt erzeugt, daß beispielsweise ein Laserstrahl von der vorderen Endfläche emittiert wird. Zum wirkungsvollen Emittieren des Laserstrahls sind Reflexionsgrad-Steuerschichten auf der vorderen und der hinteren Endfläche des Resonators vorgesehen zum geeigneten Einstellen des Reflexionsgrades dieser Endflächen .

[0008] Speziell ist die auf der vorderen Endfläche vorgesehene Reflexionsgrad-Steuerschicht eine dielektrische Schicht, die dergestalt ausgebildet ist, daß sie den Reflexionsgrad der vorderen Endfläche verringert. Die Reflexionsgrad-Steuerschicht auf der hinteren Endfläche ist andererseits eine dielektrische Schicht, die so ausgebildet ist, daß sie den Reflexionsgrad der hinteren Endfläche erhöht. Aluminiumoxidschichten oder Mehrlagenschichten einschließlich einer Aluminiumoxidschicht werden als diese dielektrischen Schichten verwendet.

[0009] Aluminiumoxid hat im wesentlichen den gleichen linearen Expansionskoeffizienten wie GaAs, welches ein Baumaterial für Halbleiterlaser ist. Wenn eine Aluminiumoxidschicht als eine dielektrische Schicht auf einer GaAs-Oberfläche ausgebildet wird, haften deshalb beide sicher aufeinander. Weiterhin hat Aluminiumoxid eine hohe thermische Leitfähigkeit. Aufgrund dieser Vorteile wird eine Aluminiumoxidschicht als eine erste Lage einer dielektrischen Schicht verwendet, die auf einem aus GaAs gebildeten Resonator haftet.

[0010] Speziell wird eine Einzellagen-Aluminiumoxidschicht als eine Reflexionsgrad-Steuerschicht mit einem niedrigen Reflexionsgrad verwendet, welche auf der lichtemittierenden vorderen Endfläche des Resonators vorgesehen ist. Die Verwendung einer Einzellagen-Aluminiumoxidschicht ist dadurch vorteilhaft, daß: der Reflexionsgrad der Schicht durch Einstellen ihrer Dicke auf einen gewünschten Wert gesetzt werden kann und, verglichen zu Mehrlagenkonfigurationen, bei denen eine Mehrzahl von Lagen aufeinandergeschichtet ist, der Herstellungsvorgang verkürzt werden kann.

[0011] Andererseits ist eine Reflexionsgrad-Steuerschicht mit einem hohen Reflexionsgrad auf der hinteren Endfläche des Resonators vorgesehen. Eine aus Aluminiumoxid und Silizium ausgebildete Mehrlagenschicht wird als diese Reflexionsgrad-Steuerschicht mit hohem Reflexionsgrad verwendet. Da Aluminiumoxid eine gute Haftung auf einer GaAs-Oberfläche zeigt, wird eine Aluminiumoxidschicht mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge eines ganzzahligen Vielfachen von λ/4 als die dielektri-

sche Schicht der ersten Lage der Mehrlagenschicht verwendet, welche auf der hinteren Endfläche des Resonators haftet, wobei λ die Wellenlänge des Laserstrahls ist. Es sollte beachtet werden, daß aufeinanderfolgend auf einer Endfläche des Resonators ausgebildete Lagen hier im folgenden als eine erste Lage, eine zweite Lage, eine dritte Lage usw. bezeichnet werden. Dabei wird hier im folgenden die letzte Lage oder äußerste Lage in Kontakt zu dem äußeren Medium hier im folgenden als die Deckflächenlage bezeichnet.

[0012] Die dielektrische Schicht der zweiten Lage, die auf der dielektrischen Schicht der ersten Lage ausgebildet ist, ist so gewählt, daß sie eine Siliziumschicht mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 ist. Weiterhin sind die dielektrischen Schichten der dritten und vierten Lage, die auf dieser Siliziumschicht ausgebildet sind, so gewählt, daß sie eine Aluminiumoxidschicht bzw. Siliziumschicht mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 sind. Weiterhin ist eine Aluminiumoxidschicht mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 als die dielektrische Schicht der fünften Lage in Kontakt zu dem äußeren Medium (beispielsweise Luft) ausgebildet.

[0013] Wenn jedoch eine Aluminiumoxidschicht für einen bestimmten Zeitraum einer Umgebung mit erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit ausgesetzt wird, dringt Feuchtigkeit in die Schicht ein. Dadurch wird in hohem Maße der unmittelbar nach der Ausbildung der Schicht beobachtete Anfangswert des Reflexionsgrades der Schicht verändert. Ebenso dringt unter den gleichen Bedingungen Feuchtigkeit in eine Aluminiumnitridschicht ein. Dadurch wird in hohem Maße der unmittelbar nach der Ausbildung der Schicht beobachtete Anfangswert des Reflexionsgrades der Schicht verändert.

[0014] Wenn der Halbleiterlaser in inertem Gas oder trockener Luft in einer hermetisch abgeschlossenen Umgebung verwendet wird, muß solch ein Eindringen von Feuchtigkeit in die Aluminiumoxidschicht oder die Aluminiumnitridschicht nicht berücksichtigt werden. Andererseits kann jedoch bei hoher Umgebungsfeuchtigkeit Feuchtigkeit in diese Schichten eindringen.

[0015] Wenn ein Oszillieren des Lasers in einer Umgebung hoher Feuchtigkeit bewirkt wird, verändert sich der Reflexionsgrad der Aluminiumoxidschicht, wenn die Temperatur der vorderen Endregion des Halbleiterlasers ansteigt, was die Ausgangseigenschaften des Halbleiterlasers nachteilig beeinflußt. Weiterhin kann die Veränderung des Reflexionsgrades und der Schichtqualität der Aluminiumoxidschicht zu einer COD(Catastrophic Optical Damage, d.h. katastrophaler optischer Schaden)-Verschlechterung der emittierenden Endfläche des Halbleiterlasers führen.

[0016] Eine COD-Degradation bzw. -verschlechterung bezieht sich auf ein Phänomen, bei dem eine auf einer Endfläche eines Halbleiterlaser-Resonators ausgebildete Schicht Wärme erzeugt und dadurch sich als ein Ergebnis des Absorbierens des Laserstrahls aufheizt, was zum Schmelzen der Schicht und allmählich zu einer Beschädigung der Resonatorendfläche führt.

[0017] Bei einem bekannten Beispiel einer Bauform mit einer Reflexionsgrad-Steuerschicht beinhaltet die Endflächenschutzschicht (oder Reflexionsgrad-Steuerschicht) auf der Laserlicht-emittierenden Endflächenseite eines Halbleiterlaserchips: eine Al_2O_3-Schicht einer ersten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, eine SiO_2-Schicht einer zweiten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, eine Al_2O_3-Schicht einer dritten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 und eine SiO_2-Schicht einer vierten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4. (Siehe beispielsweise die Spalte oben rechts auf Seite 2 und **Fig. 1** der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 3-259585 (1991).)

[0018] Bei einem anderen bekannten Beispiel beinhaltet die Schicht niedrigen Reflexionsgrades auf der Laserlicht-emittierenden Endflächenseite eines roten Halbleiterlaserchips mit einer Oszillationswellenlänge λ von 660 nm: eine Al_2O_3-Schicht einer ersten Lage mit einem Brechungsindex n1 von 1,638 und einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, SiO_2-Schichten einer zweiten und vierten Lage mit einem Brechungsindex (n2, n4) von 1,489 und einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 und eine Ta_2O_5-Schicht einer dritten Lage mit einem Brechungsindex n3 von 2,063 und einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4. (Siehe beispielsweise die Absätze [0019] bis [0020] und **Fig. 1** der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2004-296903.)

[0019] Bei noch einem anderen bekannten Beispiel beinhaltet die Schicht eines hohen Reflexionsgrades auf der hinteren Endfläche eines Halbleiterlaserchips: eine Al_2O_3-Schicht einer ersten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/2, eine SiO_2-Schicht einer zweiten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, eine Ta_2O_5-Schicht einer dritten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, eine SiO_2-Schicht einer vierten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, eine Ta_2O_5-Schicht einer fünften Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4, eine SiO_2-Schicht einer sechsten Lage mit einer Dicke entspre-

chend einer optischen Länge von λ/4, eine Ta_2O_5-Schicht einer siebten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 und eine SiO_2-Schicht einer achten Lage mit einer Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/2. (Siehe beispielsweise die Absätze [0040] bis [0047] und **Fig. 3** der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2004-327581.)

[0020] Bei noch einem anderen bekannten Beispiel beinhaltet die auf der vorderen Endfläche des Resonators eines Halbleiterlasers mit einer Oszillationswellenlänge von 800 nm ausgebildete Mehrlagenschicht: eine dielektrische Al_2O_3-Schicht einer ersten Lage mit einer Dicke d1 und einem Brechungsindex n1, eine dielektrische TiO_2-Schicht einer zweiten Lage mit einer Dicke d2 und einem Brechungsindex n2 und eine dielektrische SiO_2-Schicht einer dritten Lage mit einer Dicke d3 und einem Brechungsindex n3. Zum Setzen des Reflexionsgrades der vorderen Endfläche auf 13% werden bei dieser Anordnung die Dicken und die Brechungsindizes dieser dielektrischen Schichten so gewählt, daß $n1 \cdot d1 = 0{,}095$, $n2 \cdot d2 = 0{,}20 \cdot \lambda$ und $n3 \cdot d3 = 0{,}235$ gilt. (Siehe beispielsweise die Absätze [0023] bis [0024] und **Fig. 2** der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2001-119096.)

[0021] Noch ein anderes bekanntes Beispiel bezieht sich auf eine Vorrichtung zur optischen Übertragung, die ein nichthermetisches optisches Modul beinhaltet, in welchem Siliziumoxidschichten auf den Endflächen der Vorrichtung als Oxidationsverhinderungsschichten ausgebildet sind. Da eine solche Vorrichtung unter Bedingungen einer erhöhten Temperatur und Feuchtigkeit (ohne spezielle Einrichtung) nicht eine hinreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber einer zunehmenden Schädigung erzielen kann, wird das folgende Herstellungsverfahren verwendet unter der Annahme, daß die Lage in Kontakt zu dem äußeren Medium aus einer Siliziumnitridschicht ausgebildet ist. Zunächst wird eine Vorrichtung mit einer Resonatorlänge von 600 µm durch einen Spaltvorgang hergestellt. Danach wird eine Reflexionsschicht mit einem Reflexionsgrad von 95% auf der hinteren Endfläche ausgebildet. Diese Schicht beinhaltet drei geschichtete Hauptteile, von denen jeder aus einer Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von $\lambda/(4n_{Sio2})$ und einer amorphen Siliziumschicht mit einer Dicke von $\lambda/(4n_{a\text{-}Si})$ hergestellt ist, wobei λ die Oszillationswellenlänge ist. Hiernach wird eine Siliziumnitridschicht mit einer Dicke von $\lambda/(2n_{SiNx})$ ausgebildet. Was die vordere Endfläche anbelangt, so ist ein geschichteter Hauptteil, der aus einer Siliziumoxidschicht und einer amorphen Siliziumschicht, wie jenen, die oben in Zusammenhang mit der hinteren Endfläche beschrieben wurden, ausgebildet ist, auf der vorderen Endfläche ausgebildet. (Dieser geschichtete Hauptteil hat einen Reflexionsgrad von 70%.) Hiernach wird eine Siliziumnitridschicht mit einer Dicke von $\lambda/(2n_{SiNx})$ ausgebildet wie in dem Falle der hinteren Endfläche. (Siehe beispielsweise die Absätze [0007], [0008] und [0012], die Absätze [0028] bis [0030] und **Fig. 1** der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2000-68586.)

[0022] Wenn die Reflexionsgrad-Steuerschicht auf einer Endfläche eines Resonators eine Einzellagenschicht aus Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid ist oder wenn sie eine Mehrlagenschicht ist, die eine Aluminiumoxidschicht oder Aluminiumnitridschicht als ihre Deckflächenlagenschicht enthält, neigt Feuchtigkeit dazu, in die Deckflächenlagenschicht einzudringen und dadurch deren Reflexionsgrad zu verändern, wie oben beschrieben, was die Möglichkeit einer COD-Degradation erhöht.

[0023] Wenn die Reflexionsgrad-Steuerschicht eine Mehrlagenschicht ist und ihre Deckflächenlagenschicht eine Schicht mit einer höheren Feuchtigkeitsbeständigkeit als Aluminiumoxid- und Aluminiumnitrid-Schichten, beispielsweise eine Siliziumoxidschicht, ist, tritt andererseits eine COD-Degradation aufgrund der Veränderung des Reflexionsgrades der Deckflächenlagenschicht, welche als ein Ergebnis der in die Deckflächenlagenschicht eindringenden Feuchtigkeit verursacht wird, nicht notwendigerweise auf. Da die Deckflächenlagenschicht ebenfalls die Reflexionsgrad-Steuerschicht bildet, muß sie jedoch eine bestimmte Dicke aufweisen, beispielsweise eine Dicke entsprechend einer optischen Länge von λ/4 oder λ/2. Wenn die Deckflächenlagenschicht eine niedrigere thermische Leitfähigkeit als die Aluminiumoxid- oder Aluminiumnitrid-Schicht darunter aufweist, stellt in diesem Fall die Deckflächenlagenschicht nicht eine so große thermische Diffusion wie die Schicht der Lage darunter bereit, was in einer erhöhten Möglichkeit einer COD-Degradation resultiert. Weiterhin ist es schwierig, Materialien für eine Mehrlagenschicht, die einen gewünschten Reflexionsgrad aufweist und deren Deckflächenlagenschicht eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Feuchtigkeit aufweist, auszuwählen, was in einem stark verringerten Grad an Freiheit beim Design der Reflexionsgrad-Steuerschicht resultiert.

[0024] Die vorliegende Erfindung wurde zum Lösen der obigen Probleme ersonnen. Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Halbleiterlaservorrichtung bereitzustellen, bei der Oberflächenschichten mit einem einfachen Aufbau und einer verringerten Tendenz zum Erleiden einer COD-Degradation auf den Endflächen des Resonators vorgesehen sind zum Erzielen einer hohen Zuverlässigkeit.

[0025] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Halbleiterlaservorrichtung gemäß Anspruch 1.

[0026] Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0027] Bei der Halbleiterlaservorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung schirmt die auf der Reflexionsgrad-Steuerschicht angeordnete Oberflächenschutzschicht die Reflexionsgrad-Steuerschicht gegenüber dem externen Medium ab, ohne den Reflexionsgrad der Reflexionsgrad-Steuerschicht zu verändern, wodurch die Veränderung des Reflexionsgrades der Reflexionsgrad-Steuerschicht aufgrund einer Veränderung der äußeren Umgebung verhindert wird. Sogar wenn die Oberflächenschutzschicht eine niedrige thermische Leitfähigkeit aufweist, kann weiterhin die gesamte Oberflächenschicht einschließlich der Reflexionsgrad-Steuerschicht und der Oberflächenschutzschicht gute Wärmedissipationseigenschaften aufrechterhalten, indem die Dicke der Oberflächenschutzschicht verringert ist, was in einer verringerten COD-Degradation des Halbleiterlasers resultiert. Weiterhin bestehen die Reflexionsgrad-Steuerschicht und die Oberflächenschutzschicht aus zwei getrennten Schichten, nämlich der Reflexionsgrad-Steuerschicht und der Oberflächenschutzschicht, welche nicht den Reflexionsgrad der Reflexionsgrad-Steuerschicht beeinträchtigt. Dies vergrößert den Grad an Freiheit beim Entwurf der Reflexionsgrad-Steuerschicht und der Oberflächenschutzschicht. Dadurch ist es möglich, eine Halbleiterlaservorrichtung bereitzustellen, bei der Oberflächenschichten mit einem einfachen Aufbau und einer verringerten Tendenz zum Erleiden einer COD-Degradation auf den Endflächen des Resonators vorgesehen sind zum Erzielen einer hohen Zuverlässigkeit.

[0028] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Teilquerschnittsansicht der vorderen Oberflächenschicht und ihres Nachbarbereichs bei dem Halbleiterlaser einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 eine Teilquerschnittsansicht der hinteren Oberflächenschicht und ihres Nachbarbereichs bei dem Halbleiterlaser einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4 ein Diagramm, das die Wellenlängenabhängigkeit des Reflexionsgrades des vorderen Endes eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei dem eine Aluminiumoxidschicht auf der vorderen Endfläche ausgebildet ist und eine Siliziumoxidschicht auf der Aluminiumoxidschicht ausgebildet ist,

Fig. 5 ein Diagramm, das die Wellenlängenabhängigkeit des Reflexionsgrades des hinteren Endes eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei dem eine fünflagige Schicht auf der hinteren Endfläche ausgebildet ist und eine Siliziumoxidschicht auf der fünflagigen Schicht ausgebildet ist,

Fig. 6 bis **Fig. 9** Diagramme, die das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der Siliziumoxidschichten mit Dicken von 5 nm, 10 nm, 20 nm bzw. 50 nm bei einem Halbleiterlaser gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen,

Fig. 10 bis **Fig. 13** Diagramme, die das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten von Tantaloxidschichten mit Dicken von 5 nm, 10 nm, 20 nm bzw. 50 nm bei einem Halbleiterlaser einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen, und

Fig. 14 ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Dicke und dem Reflexionsgrad einer Tantaloxidschicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0029] Bei allen Figuren sind die im wesentlichen gleichen Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Erste Ausführungsform

[0030] **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es sollte beachtet werden, daß in **Fig. 1** und den folgenden Figuren gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder entsprechende Komponenten hindeuten.

[0031] Speziell zeigt **Fig. 1** einen Querschnitt eines Halbleiterlasers 10 entlang einer zu der Wellenleiterrichtung des Halbleiterlasers parallelen Ebene. In der Figur kennzeichnet der Pfeil aus dem Halbleiterlaser **10** austretendes Licht **12**.

[0032] Der Halbleiterlaser **10** kann beispielsweise ein roter Halbleiterlaser mit einer Oszillationswellenlänge von 660 nm sein.

[0033] Der Halbleiterlaser **10** beinhaltet ein n-Typ-GaAs-Substrat 14, eine n-Typ-Hülllage 16, eine aktive Lage **18** und eine p-Typ-Hülllage 20. Die n-Typ-Hülllage 16, die aktive Lage **18** und die p-Typ-Hülllage 20, die zusammen einen Resonator **22** bilden, sind aufeinanderfolgend über dem n-Typ-GaAs-Substrat 14 ausgebildet. Weiterhin ist auf der Deckfläche der p-Typ-Hülllage 20 eine p-Elektrode 32 angeordnet und auf der rückseitigen Oberfläche des GaAs-Substrats 14 ist eine n-Elektrode 34 angeordnet.

[0034] Ein Halbleiterhauptteil **36** ist aus dem GaAs-Substrat 14, dem auf dem GaAs-Substrat 14 ausgebildeten Resonator **22**, der p-Elektrode 32 und der n-

Elektrode 34 zusammengesetzt. Der entsprechende Brechungsindex des Halbleiterlaserhauptteils **36** ist beispielsweise 3,817.

[0035] Für die Spaltungsoberfläche, die die Endfläche des Resonators 22 beinhaltet, welche hauptsächlich Laserlicht emittiert, wird angenommen, daß sie mit der vorderen Endfläche **24** des Halbleiterlaserhauptteils **36** zusammenfällt. Andererseits wird von der Spaltungsoberfläche, die durch den Halbleiterlaserhauptteil **36** zu der vorderen Endfläche **24** zeigt, angenommen, daß sie mit der hinteren Endfläche **26** des Halbleiterlaserhauptteils **36** zusammenfällt. Weiterhin ist eine vordere Oberflächenschicht **28** haftend auf der Oberfläche der vorderen Endfläche **24** des Halbleiterlaserhauptteils **36** ausgebildet, während eine hintere Oberflächenschicht **30** haftend auf der hinteren Endfläche **26** des Halbleiterlaserhauptteils **36** ausgebildet ist.

[0036] Fig. 2 ist eine Teilquerschnittsansicht der vorderen Oberflächenschicht und ihres Nachbarbereichs bei dem Halbleiterlaser einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0037] Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die Schicht der ersten Lage der vorderen Oberflächenschicht **28**, die zum Liefern eines niedrigen Reflexionsgrades von ungefähr 3% bestimmt ist, eine Aluminiumoxidschicht 38. Die Aluminiumoxidschicht **38** ist eine erste dielektrische Schicht, die als eine Reflexionsgrad-Steuerschicht wirkt, und ist haftend auf der vorderen Endfläche **24** des Halbleiterlaserhauptteils **36** ausgebildet. Sie hat einen Brechungsindex von 1,65 und eine Dicke von 100 nm entsprechend einer optischen Länge von λ/4.

[0038] Eine Siliziumoxid(SiOx)-Schicht 40 ist haftend auf der Aluminiumoxidschicht **38** als eine Oberflächenschutzschicht ausgebildet. Sie hat einen Brechungsindex von 1,45 und eine Dicke von beispielsweise 5 nm.

[0039] Fig. 3 ist eine Teilquerschnittsansicht der hinteren Oberflächenschicht und ihres Nachbarbereichs bei dem Halbleiterlaser einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0040] Wie in **Fig. 3** gezeigt, beinhaltet die hintere Oberflächenschicht **30**, die zum Liefern eines hohen Reflexionsgrades von ungefähr 75% bestimmt ist: eine fünflagige Schicht **42** als eine Reflexionsgrad-Steuerschicht, die haftend auf der hinteren Endfläche **26** des Halbleiterlaserhauptteils **36** ausgebildet ist und eine Siliziumoxidschicht **40** als eine Oberflächenschutzschicht, die haftend auf der fünflagigen Schicht **42** ausgebildet ist.

[0041] Die fünflagige Schicht **42** beinhaltet eine Aluminiumoxidschicht 38 als eine dielektrische Schicht einer ersten Lage, die haftend auf dem Halbleiterlaserhauptteil **36** ausgebildet ist. Die Aluminiumoxidschicht **38** weist eine gute Haftung zu GaAs auf. Sie hat einen Brechungsindex von 1,65 und eine Dicke von 100 nm entsprechend einer optischen Länge von λ/4.

[0042] Die fünflagige Schicht **42** beinhaltet weiterhin eine Siliziumschicht **44** als eine dielektrische Schicht einer zweiten Lage. Die Siliziumschicht **44** hat einen Brechungsindex von 3,0 und eine Dicke von 55 nm entsprechend einer optischen Länge von λ/4.

[0043] Die fünflagige Schicht **42** beinhaltet weiterhin dielektrische Schichten einer dritten bis fünften Lage. Die dielektrischen Schichten der dritten und fünften Lage sind ähnlich zu der Aluminiumoxidschicht **38** der ersten Lage und die dielektrische Schicht der vierten Lage ist ähnlich zu der Siliziumschicht **44** der zweiten Lage.

[0044] Bei dem wie oben beschrieben aufgebauten Halbleiterlaser **10** wird ein hohes Potential an die p-Elektrode 32 angelegt, während ein niedriges Potential an die n-Elektrode 34 angelegt wird. Dies ruft eine Laseroszillation in dem Resonator **22** zwischen der vorderen Oberflächenschicht **28** des niedrigen Reflexionsgrades und der hinteren Oberflächenschicht **30** des hohen Reflexionsgrades hervor, wodurch von der vorderen Endfläche **24** des Halbleiterlaserhauptteils **36** ein Laserstrahl durch die vordere Oberflächenschicht **28** emittiert wird.

[0045] Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Wellenlängenabhängigkeit des Reflexionsgrades des vorderen Endes eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Dabei ist auf der vorderen Endfläche eine Aluminiumoxidschicht ausgebildet und auf der Aluminiumoxidschicht eine Siliziumoxidschicht ausgebildet.

[0046] Eine Einzellagen-Aluminiumoxidschicht hat gute Eigenschaften als eine Reflexionsgrad-Steuerschicht, da ihr Reflexionsgrad relativ frei durch Beeinflussen ihrer Dicke eingestellt werden kann. In einer Umgebung mit erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit liefert dieses Material jedoch nicht notwendigerweise eine zufriedenstellende Feuchtigkeitsbeständigkeit. Deshalb ist eine Siliziumoxidschicht, die eine höhere Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweist, auf der Aluminiumoxidschicht als eine Oberflächenschutzschicht ausgebildet.

[0047] Wenn die Aluminumoxidschicht **38** und die Siliziumoxidschicht **40** auf der vorderen Endfläche des Halbleiterlasers ausgebildet sind, wie in **Fig. 4** gezeigt, hat das vordere Ende einen erzeugten Reflexionsgrad von 2,9% gegenüber Licht einer Wellenlänge von 660 nm.

[0048] Wenn lediglich die Aluminiumoxidschicht auf der vorderen Endfläche des Halbleiterlasers ausgebildet ist, hat zum Vergleich das vordere Ende einen Reflexionsgrad von 2,8% gegenüber Licht einer Wellenlänge von 660 nm und die charakteristische Wellenlängenabhängigkeitskurve des Reflexionsgrades des vorderen Endes ist annähernd identisch zu jener, die in **Fig. 4** gezeigt ist.

[0049] Dies bedeutet, daß Ausbilden der ungefähr 5 nm dicken Siliziumoxidschicht **40** auf einer Reflexionsgrad-Steuerschicht, in diesem Falle der Aluminiumoxidschicht **38**, .resultiert in einer Veränderung des Reflexionsgrades von lediglich 0,1%.

[0050] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Wellenlängenabhängigkeit des Reflexionsgrades des hinteren Endes eines Halbleiterlasers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei dem eine fünflagige Schicht auf der hinteren Endfläche ausgebildet ist und eine Siliziumoxidschicht auf der fünflagigen Schicht ausgebildet ist.

[0051] Die fünfte Lage dieser fünflagigen Schicht ist eine Aluminiumoxidschicht **38**, die nicht notwendigerweise eine zufriedenstellende Feuchtigkeitsbeständigkeit in einer Umgebung mit erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit liefert. Deshalb ist die Siliziumoxidschicht **40**, die eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweist, auf der Aluminiumoxidschicht **38** als eine Oberflächenschutzschicht ausgebildet. Wenn die fünflagige Schicht **42** und die Siliziumoxidschicht **40** auf der hinteren Endfläche des Halbleiterlasers ausgebildet sind, wie in **Fig. 5** gezeigt, hat das hintere Ende einen erzeugten Reflexionsgrad von 77,0% gegenüber Licht mit einer Wellenlänge von 660 nm.

[0052] Wenn lediglich die fünflagige Schicht auf der hinteren Endfläche des Halbleiterlasers ausgebildet ist, hat zum Vergleich das hintere Ende einen Reflexionsgrad von 77,1% gegenüber Licht einer Wellenlänge von 660 nm und die charakteristische Wellenlängenabhängigkeitskurve des Reflexionsgrades des hinteren Endes ist annähernd identisch zu jener, die in **Fig. 5** gezeigt ist.

[0053] Dies bedeutet, daß Ausbilden der ungefähr 5 nm dicken Siliziumoxidschicht **40** auf einer Reflexionsgrad-Steuerschicht, in diesem Fall der fünflagigen Schicht **42**, resultiert in einer Reflexionsgradänderung von lediglich 0,1%.

[0054] Im folgenden wird nun das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der Siliziumoxidschicht **40** beschrieben.

[0055] **Fig. 6** bis **Fig. 9** sind Diagramme, die das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der Siliziumoxidschichten mit Dicken von 5 nm, 10 nm, 20 nm bzw. 50 nm bei einem Halbleiterlaser gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0056] Dieses Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der in den **Fig. 6** bis **Fig. 9** gezeigten Siliziumoxidschichten wurde erhalten unter Verwendung der folgenden Schritte: Ausbilden jeder Siliziumoxidschicht auf einer 100 nm dicken Aluminiumoxidschicht mit einer entsprechenden Dicke; Messen des Spektrums des Reflexionsgrades (in jeder Figur durch die gestrichelte Linie a angedeutet) jeder Siliziumoxidschicht unmittelbar nach dem obigen Schichtbildungsschritt; Durchführen eines Feuchtigkeitsbeständigkeitstests auf jeder Siliziumoxidschicht bei 120°C und 100% relativer Luftfeuchte für 100 Stunden; und Messen des Spektrums des Reflexionsgrades (in jeder Figur durch die durchgezogene Linie b gekennzeichnet) jeder Siliziumoxidschicht nach dem obigen Feuchtigkeitsbeständigkeitstestschritt. **Fig. 6** bis **Fig. 9** zeigen die Meßergebnisse, bei denen die gemessenen Reflexionsgrad-Spektralwerte vor und nach dem Feuchtigkeitsbeständigkeitstest verglichen werden.

[0057] Wie in **Fig. 6** gezeigt, ist das nach dem Feuchtigkeitsbeständigkeitstest gemessene Reflexionsgrad-Spektrum der 5 nm dicken Siliziumoxidschicht im wesentlichen identisch zu jenem das unmittelbar nach der Ausbildung der Schicht gemessen wurde. Dies bedeutet, es gab im wesentlichen keine Änderung bei dem Reflexionsgrad-Spektrum, was anzeigt, daß die Siliziumoxidschicht eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweist.

[0058] Die anderen Siliziumoxidschichten mit Dicken von 10 nm, 20 nm bzw. 50 nm zeigten ebenfalls diese Tendenz, wie durch die Diagramme von **Fig. 7** bis **Fig. 9** gezeigt.

[0059] Die Größen und Gestalten der Reflexionsgrad-Spektren dieser Siliziumoxidschichten waren jedoch untereinander geringfügig unterschiedlich, da sie unterschiedliche Dicken aufwiesen. Obwohl die Siliziumoxidschichten mit Dicken von 20 nm oder weniger im wesentlichen das gleiche Referenzspektrum zeigten, war das Reflexionsgrad-Spektrum der 50 nm dicken Siliziumoxidschicht beachtlich unterschiedlich zu jenem der 20 nm dicken Siliziumoxidschicht.

[0060] Obwohl gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Dicke der Siliziumoxidschicht **40 5** nm ist, kann sie deshalb auf mehr als 5 nm gesetzt werden und bis zu ungefähr 20 nm gewählt werden zum Vergrößern der Feuchtigkeitsbeständigkeit, während ein hinreichendes Reflexionsvermögen der Aluminiumoxidschicht aufrechterhalten wird.

[0061] Eine Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von ungefähr 10 nm wird jedoch bevorzugt verwendet unter Berücksichtigung der Kontrollierbarkeit des Siliziumoxidschichtbildungsvorgangs.

[0062] Weiterhin hat die Siliziumoxidschicht **40** eine niedrigere thermische Leitfähigkeit als die darunter angeordnete Aluminiumoxidschicht **38**. Unter dem Gesichtspunkt der Wärmeableitung ist es daher im Hinblick auf die Wärmeableitung um so besser, je dünner die Siliziumoxidschicht **40** ist. Eine Siliziumoxidschicht mit einer Dicke von ungefähr 10 nm wird dennoch bevorzugt verwendet unter Berücksichtigung der Kontrollierbarkeit des Siliziumoxidschichtbildungsvorgangs.

[0063] Wie oben beschrieben, verbessert die auf der Aluminiumoxidschicht **38** ausgebildete Siliziumoxidschicht **40** das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten des vorderen Endes, während der Reflexionsdraht der Aluminiumoxidschicht **38** beibehalten wird. Da die Siliziumoxidschicht **40** eine verringerte Dicke aufweisen kann, kann weiterhin eine hohe Wärmeableitung erzielt werden, wodurch die COD-Degradation der vorderen Oberflächenschicht **28** verhindert wird.

[0064] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist somit die Siliziumoxid(SiOx)-Schicht 40 als eine Oberflächenschutzschicht haftend auf der Aluminiumoxidschicht **38** ausgebildet. Diese Anordnung verhindert ein Schwanken des Reflexionsgrades des vorderen Endes sogar, wenn die Temperatur des Laserlicht-emittierenden Endflächenbereichs oder vorderen Endflächenbereichs ansteigt aufgrund der Laseroszillation in dem Halbleiterlaser **10** in einer nicht hermetischen Umgebung, welche kein inertes Gas oder trockene Luft enthält. Als ein Ergebnis verändern sich die Ausgangseigenschaften des Halbleiterlasers und der Reflexionsgrad und die Schichtqualität der vorderen Oberflächenschicht nicht, was eine COD-Degradation verhindert.

[0065] Wie oben beschrieben, verbessert das Ausbilden der Siliziumoxidschicht **40** auf der Aluminiumoxidschicht **38** das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten des vorderen Endes. Weiterhin erhöht ein Verringern der Dicke der Siliziumoxidschicht **40** die Wärmeableitung von dem vorderen Ende. Es sollte bemerkt werden, daß diese Wirkungen nicht nur dann erzielt werden können, wenn eine Siliziumoxidschicht **40** auf der Aluminiumoxidschicht 38 ausgebildet ist, sondern ebenfalls, wenn sie auf der fünflagigen Schicht **42** ausgebildet ist, welche als die Reflexionsgrad-Steuerschicht auf der hinteren Endfläche verwendet wird. Man beachte, daß die vordere Oberflächenschicht **28** eine Aluminiumoxidschicht **38** beinhaltet und die hintere Oberflächenschicht **30** die fünflagige Schicht **42** beinhaltet.

[0066] Wenn eine Siliziumoxidschicht als die Deckflächenlagenschicht einer Reflexionsgrad-Steuerschicht verwendet wird, muß sie weiterhin, wie in den obigen Patentpublikationen beschrieben, eine Dicke entsprechend der optischen Länge aufweisen, die erforderlich ist zum Erzielen des vorbestimmten Reflexionsgrades. Dies bedeutet, daß eine notwendige Verringerung der Dicke der Siliziumoxidschicht nicht möglich sein kann, was das Erzielen einer hohen Wärmeableitung für die gesamte Oberflächenschicht verhindern kann. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform beinhalten die vordere Oberflächenschicht **28** und die hintere Oberflächenschicht **30** jeweils eine dünne Siliziumoxidschicht (**40**) als eine Oberflächenschutzschicht zusätzlich zu der Aluminiumoxidschicht **38** oder der fünflagigen Schicht **42**.

[0067] Dies bedeutet, eine Oberflächenschutzschicht (eine Siliziumoxidschicht **40**) ist an jedem Ende auf der Reflexionsgrad-Steuerschicht vorgesehen und diese Oberflächenschutzschicht ist so angepaßt, daß sie nicht das Reflexionsvermögen der Reflexionsgrad-Steuerschicht beeinträchtigt. Sogar wenn die Oberflächenschutzschicht eine niedrige thermische Leitfähigkeit aufweist, kann die gesamte Oberflächenschicht einschließlich der Referenzsteuerschicht gute Wärmeableitungseigenschaften aufweisen durch Verringern der Dicke der Oberflächenschutzschicht.

[0068] Da die vordere Oberflächenschicht **28** und die hintere Oberflächenschicht **30** aus zwei getrennten Schichten ausgebildet sind, nämlich einer Reflexionsgrad-Steuerschicht und einer Oberflächenschutzschicht, welche nicht den Reflexionsgrad der Reflexionsgrad-Steuerschicht beeinträchtigt, können diese Oberflächenschichten weiterhin eine hinreichende schützende Abschirmung gegenüber der Umgebung des externen Mediums, beispielsweise einer Umgebung mit erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit, liefern, während ein geeigneter Reflexionsgrad beibehalten wird. Dies vergrößert den Freiheitsgrad beim Entwurf der vorderen Oberflächenschicht **28** und der hinteren Oberflächenschicht **30**.

[0069] **Fig. 10** bis **Fig. 13** sind Diagramme, die das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der Tantaloxidschichten mit Dicken von 5 nm, 10 nm, 20 nm bzw. 50 nm bei einem Halbleiterlaser einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

[0070] Dies bedeutet, während die **Fig. 6** bis **Fig. 9** das Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der Siliziumoxidschichten zeigen, zeigen die **Fig. 10** bis **Fig. 13** jenes der Tantaloxidschichten.

[0071] Dieses Feuchtigkeitsbeständigkeitsverhalten der Tantaloxidschichten wurde durch die folgenden Schritte erhalten: Ausbilden jeder Tantaloxidschicht bis zu einer entsprechenden Dicke auf einer 100 nm dicken Aluminiumoxidschicht; Messen des Reflexionsgrad-Spektrums (in jeder Figur durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet) jeder Tantaloxidschicht unmittelbar nach dem obigen Schichtbildungsschritt; Durchführen eines Feuchtigkeitsbeständigkeitstests

an jeder Tantaloxidschicht bei 120°C und 100% relativer Luftfeuchte für 100 Stunden; und Messen des Reflexionsgrad-Spektrums (durch die durchgezogene Linie b gekennzeichnet) jeder Tantaloxidschicht nach dem obigen Feuchtigkeitsbeständigkeitsteststeschritt. **Fig. 10** bis **Fig. 13** zeigen die Meßergebnisse, die die Reflexionsgrad-Spektralwerte, die vor und nach dem Feuchtigkeitsbeständigkeitstest gemessen wurden, vergleichen.

[0072] In jeder der **Fig. 10** bis **Fig. 13** ist das nach dem Feuchtigkeitsbeständigkeitstest gemessene Reflexionsgrad-Spektrum der Tantaloxidschicht im wesentlichen identisch zu jenem, das unmittelbar nach der Ausbildung der Schicht gemessen wurde. Dies bedeutet, es gab im wesentlichen keine Änderung an dem Referenzspektrum, was zeigt, daß die Tantaloxidschicht eine hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit aufweist.

[0073] Deshalb können anstelle der Siliziumoxidschicht **40** der vorliegenden Ausführungsform die vordere Oberflächenschicht **28** und die hintere Oberflächenschicht **30** eine Tantaloxidschicht beinhalten, was die gleiche Wirkung erzeugt.

[0074] **Fig. 14** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Dicke und dem Reflexionsgrad einer Tantaloxidschicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0075] In diesem Beispiel ist die erste Lage der vorderen Oberflächenschicht eine Aluminiumoxidschicht wie bei der vorderen Oberflächenschicht **28** des Halbleiterlasers **10** mit einer Oszillationswellenlänge von 660 nm. Die Aluminiumoxidschicht hat einen Brechungsindex von 1,645 und eine Dicke von 83 nm und daher einen Reflexionsgrad von 6%. Die obige Tantaloxidschicht mit einem Brechungsindex von 2,0 ist auf dieser Aluminiumoxidschicht ausgebildet. Das Diagramm von **Fig. 14** zeigt die Beziehung zwischen der Dicke und dem Reflexionsgrad der dadurch ausgebildeten Tantaloxidschicht.

[0076] Wie in **Fig. 14** gezeigt, ändert sich über einen Dickenbereich von 20 nm oder weniger der Reflexionsgrad der Tantaloxidschicht nicht sehr stark mit ihrer Dicke. Tatsächlich ändert sich der Reflexionsgrad über diesen Bereich von 3% auf 6%. Die Änderungsrate des Reflexionsgrades mit der Dicke ist jedoch hoch, wenn die Dicke **20** nm übersteigt.

[0077] Diese Tendenz ist die gleiche wie jene, die durch die oben beschriebene Siliziumoxid-Oberflächenschutzschicht gezeigt wird. Deshalb hat die Tantaloxid-Oberflächenschutzschicht vorzugsweise eine Dicke von 20 nm oder weniger.

[0078] Wie oben beschrieben hat bei dem Halbleiterlaser **10** der Halbleiterlaserhauptteil **36**, der den Resonator **22** enthält, die vordere Oberflächenschicht **28** und die hintere Oberflächenschicht **30** auf seiner vorderen bzw. hinteren Endfläche. Jede Oberflächenschicht beinhaltet: eine Einzellagen-Reflexionsgrad-Steuerschicht (d.h. eine Aluminiumoxidschicht 38) oder eine Mehrlagen-Reflexionsgrad-Steuerschicht einschließlich einer Aluminiumoxidschicht **38** als der Deckflächenlagenschicht; und eine Siliziumoxidschicht **40**, die auf der Aluminiumoxidschicht **38** ausgebildet ist und eine Dicke von 20 nm oder weniger aufweist. Durch diese Anordnung schützt die Siliziumoxidschicht **40** die Aluminiumoxidschicht **38** gegenüber Feuchtigkeit in der Luft ohne Veränderung des Reflexionsgrades der Reflexionsgrad-Steuerschicht, die die Aluminiumoxidschicht enthält. Dadurch ist es möglich, die Veränderung im Reflexionsgrad der Reflexionsgrad-Steuerschicht aufgrund einer Veränderung der Umgebungsatmosphäre zu verhindern. Obwohl die Siliziumoxidschicht **40** eine geringere thermische Leitfähigkeit als die Aluminiumoxidschicht **38** aufweist, kann weiterhin die gesamte Oberflächenschicht **28** oder **30** gute Wärmedissipationseigenschaften beibehalten, indem die Dicke der Siliziumoxidschicht verringert wird, was in einer verringerten COD-Degradation resultiert.

[0079] Somit weist die Halbleiterlaservorrichtung der vorliegenden Erfindung auf: einen Halbleiterlaserhauptteil, der einen Resonator enthält und eine vordere Endfläche und eine hintere Endfläche aufweist, die zueinander zeigen, wobei der Resonator zwischen der vorderen und der hinteren Endfläche ausgebildet ist und die vordere Endfläche hauptsächlich Laserlicht emittiert; eine Reflexionsgrad-Steuerschicht, die auf der vorderen oder hinteren Endfläche des Halbleiterlaserhauptteils angeordnet ist und entweder aus einer ersten dielektrischen Schicht oder einer mehrlagigen Schicht, die die erste dielektrische Schicht, welche so angeordnet ist, daß sie die am weitesten von der vorderen oder hinteren Endfläche entfernte Lage der Lagen in der mehrlagigen Schicht ist, beinhaltet, ausgebildet ist, wobei die erste dielektrische Schicht eine erste thermische Leitfähigkeit aufweist; und eine auf der ersten dielektrischen Schicht der Reflexionsgrad-Steuerschicht angeordnete Oberflächenschutzschicht, die eine Dicke von 20 nm oder weniger aufweist und eine zweite thermische Leitfähigkeit unterschiedlich zu der ersten thermischen Leitfähigkeit aufweist. Durch diese Anordnung schützt die auf der Reflexionsgrad-Steuerschicht angeordnete Oberflächenschutzschicht die Reflexionsgrad-Steuerschicht vor dem externen Medium ohne den Reflexionsgrad der Reflexionsgrad-Steuerschicht zu verändern, wodurch die Veränderung des Reflexionsgrades der Reflexionsgrad-Steuerschicht aufgrund einer Veränderung der äußeren Umgebung verhindert wird.

[0080] Sogar wenn die Oberflächenschutzschicht eine niedrige thermische Leitfähigkeit aufweist,

kann weiterhin die gesamte Oberflächenschicht einschließlich der Reflexionsgrad-Steuerschicht und der Oberflächenschutzschicht gute Wärmeableitungseigenschaften beibehalten, indem die Dicke der Oberflächenschutzschicht verringert wird, was in einer verringerten COD-Degradation des Halbleiterlasers resultiert.

[0081] Weiterhin bestehen die Reflexionsgrad-Steuerschicht und die Oberflächenschutzschicht aus zwei getrennten Schichten, nämlich der Reflexionsgrad-Steuerschicht und der Oberflächenschutzschicht, welche nicht den Reflexionsgrad der Reflexionsgrad-Steuerschicht beeinträchtigt. Dies vergrößert den Grad der Freiheit beim Entwurf der Reflexionsgrad-Steuerschicht und der Oberflächenschutzschicht.

[0082] Dadurch ist es möglich, eine Halbleiterlaservorrichtung bereitzustellen, bei der Oberflächenschichten mit einem einfachen Aufbau und einer verringerten Tendenz zum Erleiden einer COD-Degradation auf den Endflächen des Resonators bereitgestellt werden zum Erzielen einer hohen Zuverlässigkeit.

[0083] Es sollte beachtet werden, daß, obwohl die vorliegende Ausführungsform unter Bezugnahme auf den Fall beschrieben wurde, in dem die Reflexionsgrad-Steuerschichten Aluminiumoxidschichten sind, die vorliegende Erfindung nicht auf diese spezielle Gestaltung beschränkt ist. Die Reflexionsgrad-Steuerschichten können dielektrische Schichten aus einem Aluminium enthaltenden Oxid oder Nitrid, wie z.B. Aluminiumnitrid, sein oder Siliziumnitridschichten sein, die die gleiche Wirkung wie die Aluminiumoxidschichten hervorrufen.

[0084] Obwohl die vorliegende Ausführungsform mit Bezug auf den Fall beschrieben wurde, in dem die Oberflächenschutzschichten aus Siliziumoxid (SiOx) oder Tantaloxid ausgebildet sind, ist die vorliegende Erfindung nicht auf Oberflächenschutzschichten aus diesen speziellen Materialien beschränkt. Die Oberflächenschutzschichten können aus einem Material ausgebildet sein, das aus der Gruppe ausgewählt wurde, welche aus Siliziumoxid (SiOx), Tantaloxid, Zirkoniumoxid, Nioboxid und Hafniumoxid besteht, was die gleiche Wirkung erzeugt.

[0085] Obwohl die vorliegende Ausführungsform mit Bezug auf den Fall beschrieben wurde, bei dem eine Reflexionsgrad-Steuerschicht und eine Oberflächenschutzschicht über jeder der vorderen und hinteren Endflächen eines Halbleiterlasers vorgesehen sind, wobei die Oberflächenschutzschicht auf der Reflexionsgrad-Steuerschicht ausgebildet ist, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese spezielle Gestaltung beschränkt. Lediglich eine der Endflächen kann diese Schichten darauf aufweisen.

[0086] Somit ist die Halbleiterlaservorrichtung der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in elektronischen Informationsvorrichtungen geeignet.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung mit:
einem Halbleiterlaserhauptteil (36), der einen Resonator (22) enthält und eine vordere Endfläche (24) und eine hintere Endfläche (26), die zueinander zeigen, aufweist, wobei der Resonator (22) zwischen der vorderen und der hinteren Endfläche (24, 26) ausgebildet ist und die vordere Endfläche (24) Laserlicht (12) emittiert,
einer ersten Reflexionsschicht aus einer einzelnen ersten dielektrischen Schicht (38) mit einem vorbestimmten Reflexionsgrad, einer Dicke, die einer optischen Länge von λ/4 entspricht, und einer ersten thermischen Leitfähigkeit, die aus entweder einem Al-haltigen dielektrischen Material oder aus Siliziumnitrid besteht, wobei die erste Reflexionsschicht auf der vorderen Endfläche (24) des Halbleiterlaserhauptteils (36) angeordnet ist, welche Laserlicht emittiert, und
einer ersten Oberflächenschutzschicht (40) aus Tantaloxid, die auf der ersten dielektrischen Schicht (38) und in Kontakt zu dieser angeordnet ist, wobei die erste Oberflächenschutzschicht (40) eine zweite thermische Leitfähigkeit aufweist, die geringer ist als die erste thermische Leitfähigkeit, eine Dicke von 20 nm oder weniger und mehr als 0 nm aufweist und den vorbestimmten Reflexionsgrad der ersten Reflexionsschicht in dem Bereich von 3% oder weniger ändert,
einer zweiten Reflexionsschicht mit einem vorbestimmten Reflexionsgrad, die auf der hinteren Endfläche (26) des Halbleiterlaserhauptteils (36) angeordnet ist und aus einer mehrlagigen Schicht (42) besteht, welche eine zweite dielektrische Schicht (38) einschließt, die entweder aus einem Al-haltigen dielektrischen Material oder aus Siliziumnitrid besteht und eine Dicke aufweist, welche einer optischen Länge von λ/4 entspricht, sowie die erste thermische Leitfähigkeit aufweist, wobei die zweite dielektrische Schicht (38) so angeordnet ist, dass sie die von der hinteren Endfläche (26) am weitesten entfernte Lage der Lagen in der mehrlagigen Schicht (42) ist, und
einer zweiten Oberflächenschutzschicht (40) aus Tantaloxid, die auf der zweiten dielektrischen Schicht (38) und in Kontakt zu dieser angeordnet ist, wobei die zweite Oberflächenschutzschicht (40) eine zweite thermische Leitfähigkeit aufweist, die geringer ist als die erste thermische Leitfähigkeit, eine Dicke von 20 nm oder weniger und mehr als 0 nm aufweist und den vorbestimmten Reflexionsgrad der zweiten Reflexionsschicht in dem Bereich von 3% oder weniger ändert.

2. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, bei der:
die erste dielektrische Schicht (38) eine Aluminiumoxidschicht ist, und

die Oberflächenschutzschicht (40) eine Dicke von ungefähr 10 nm aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

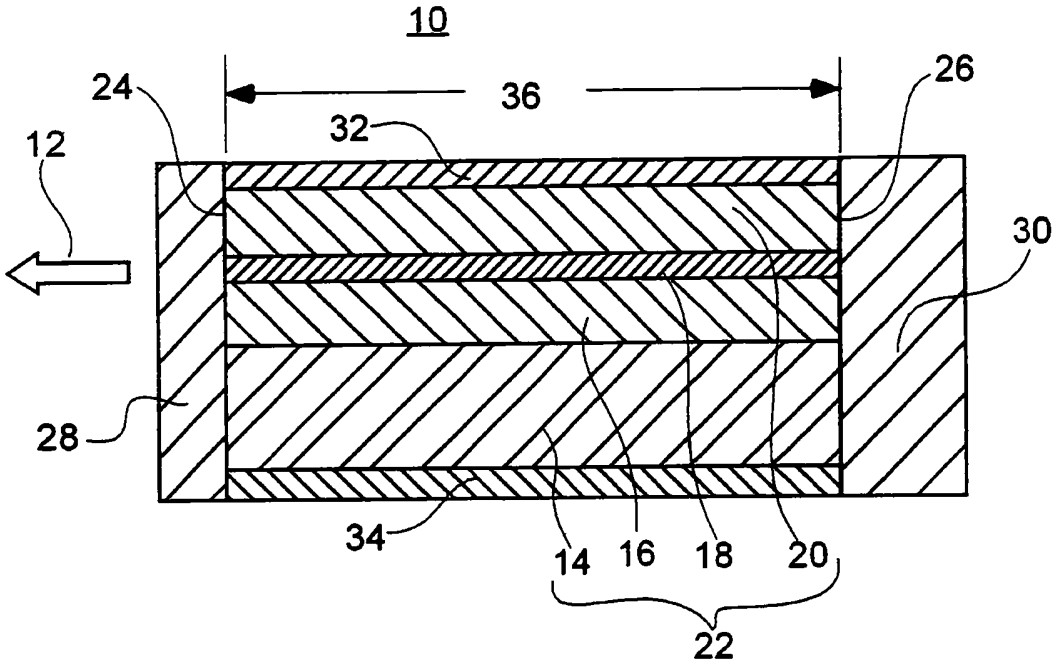


Fig. 2

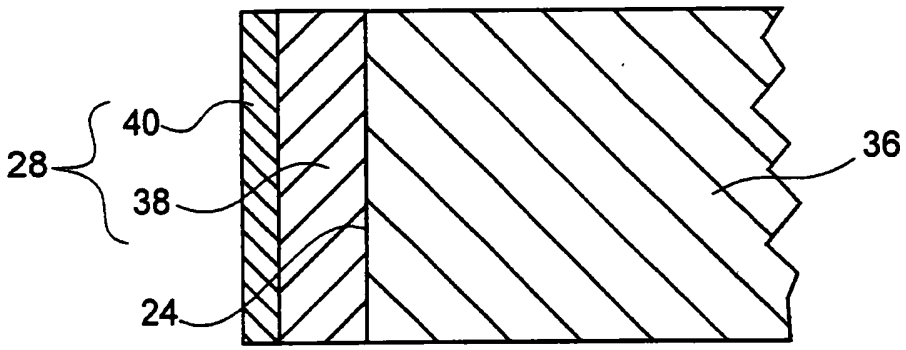


Fig. 3

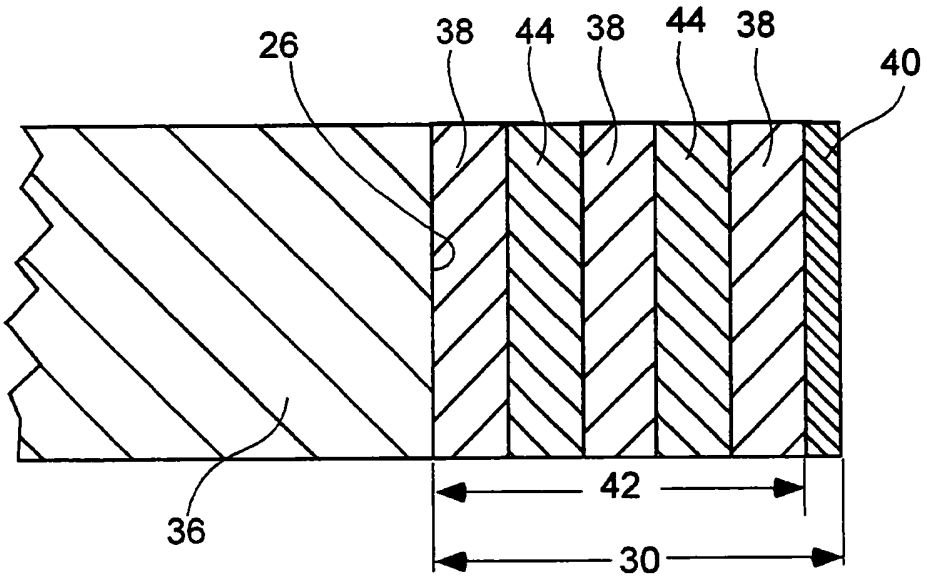


Fig. 4

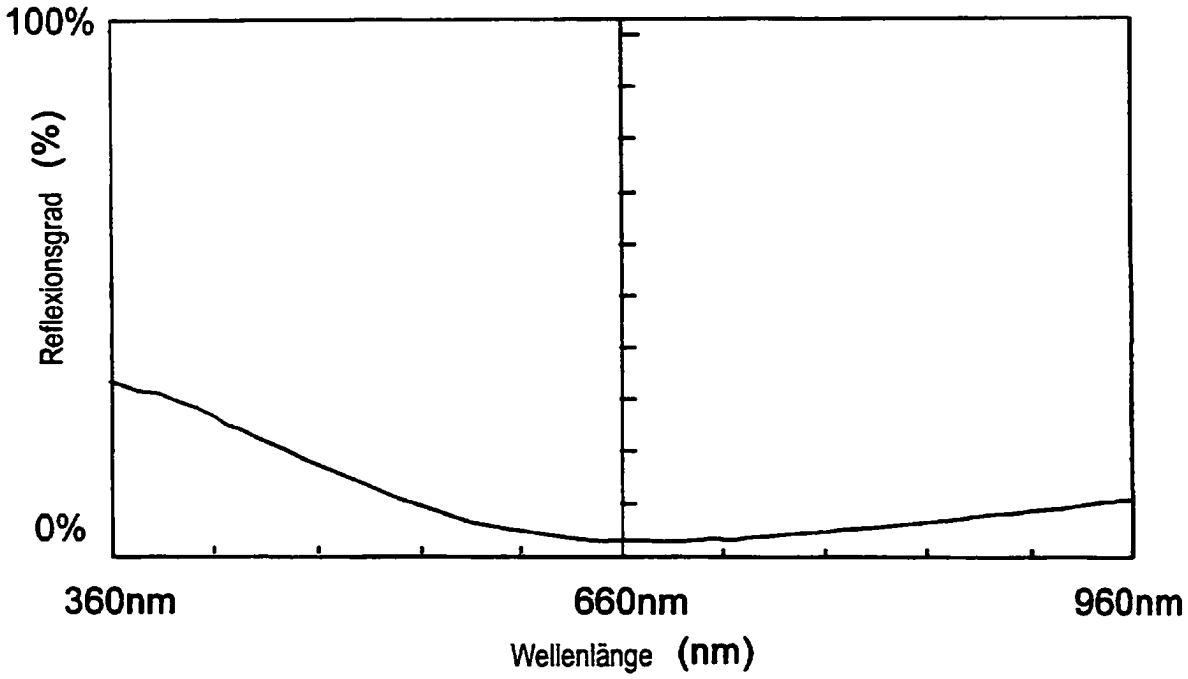

100%
Reflexionsgrad (%)
0%
360nm
660nm
960nm
Wellenlänge (nm)

Fig. 5

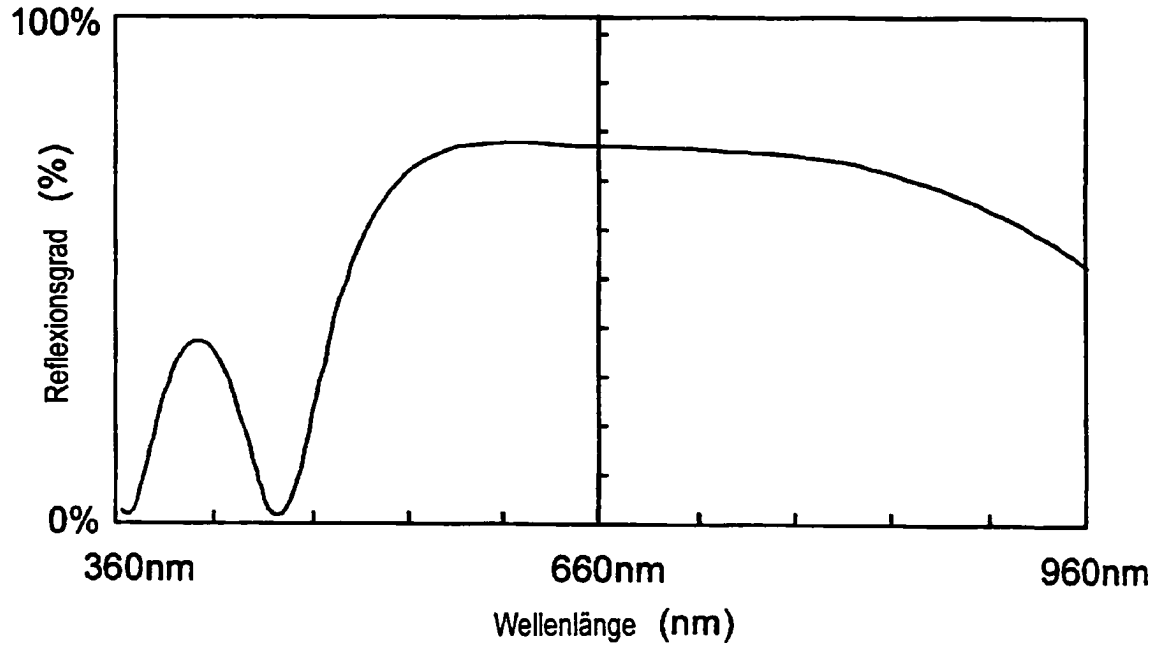

100%
Reflexionsgrad (%)
0%
360nm
660nm
960nm
Wellenlänge (nm)

Fig. 6

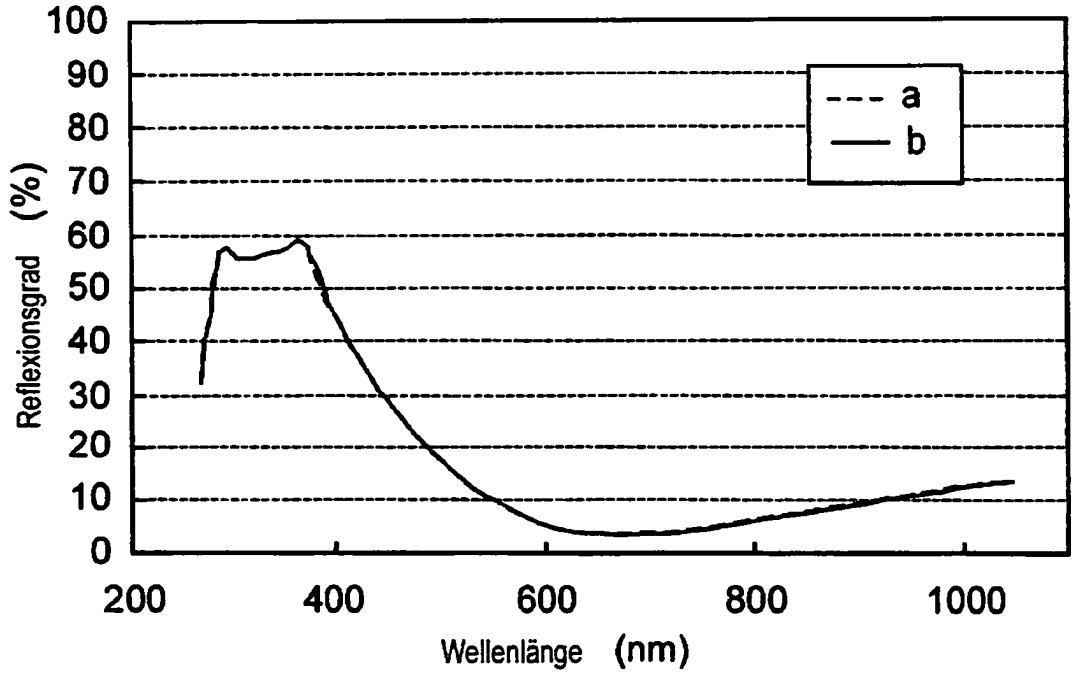

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 7

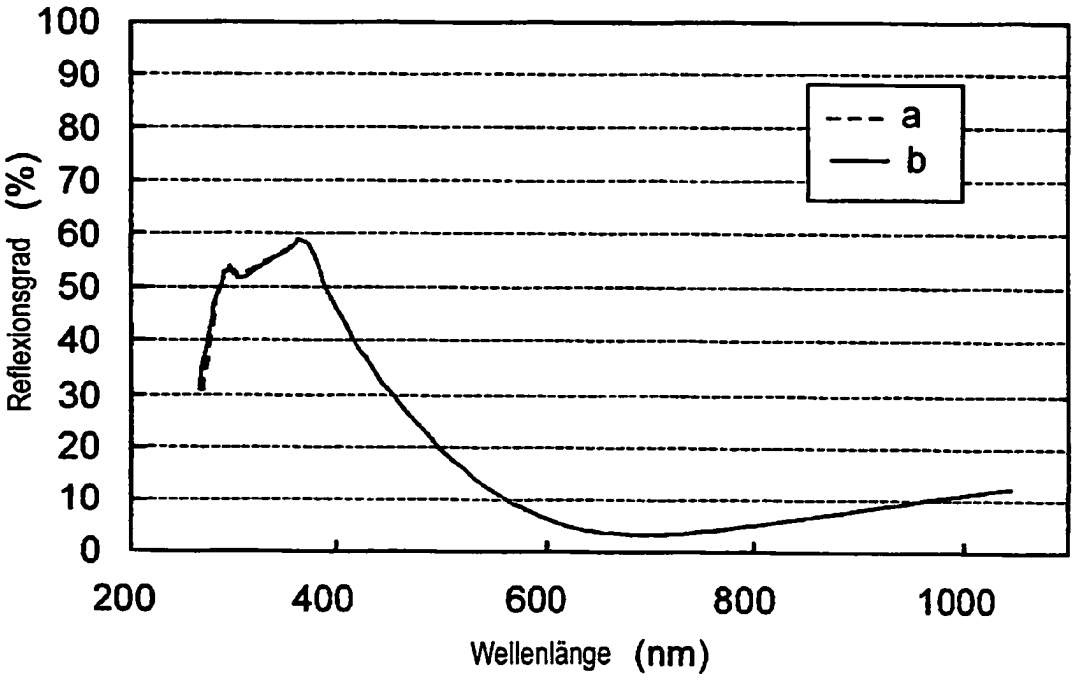

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 8

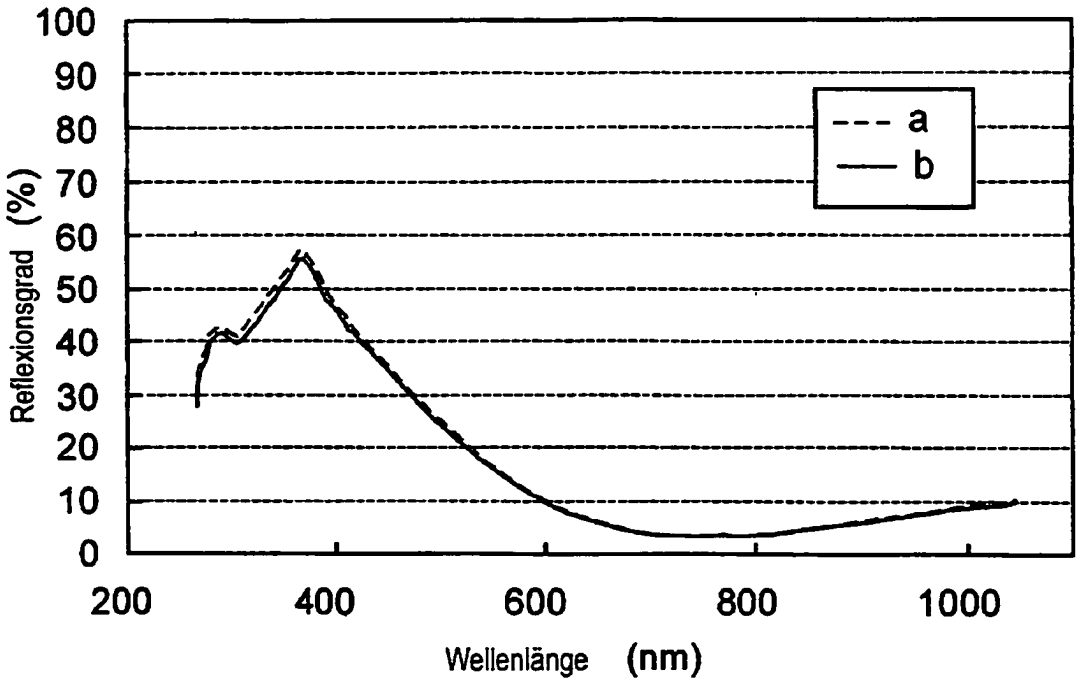

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 9

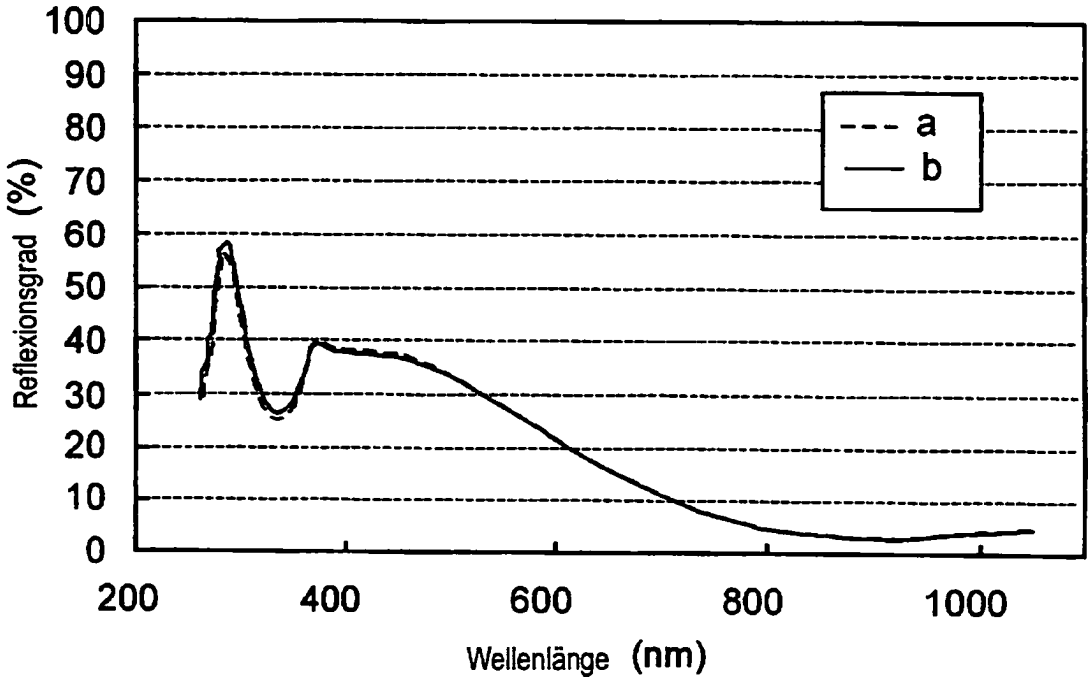

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 10

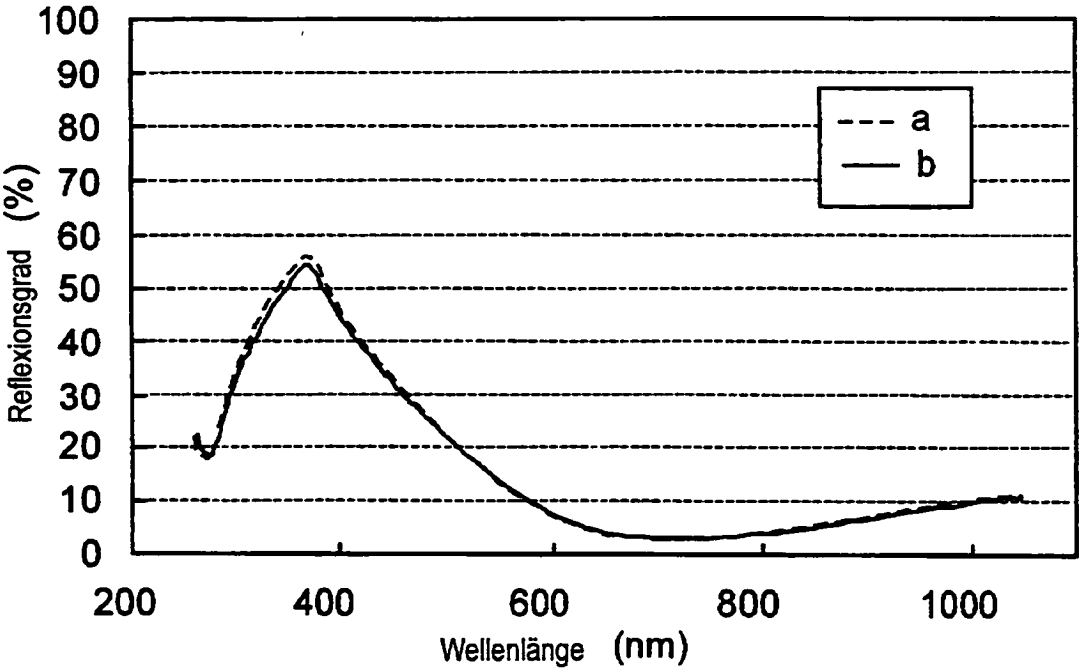

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 11

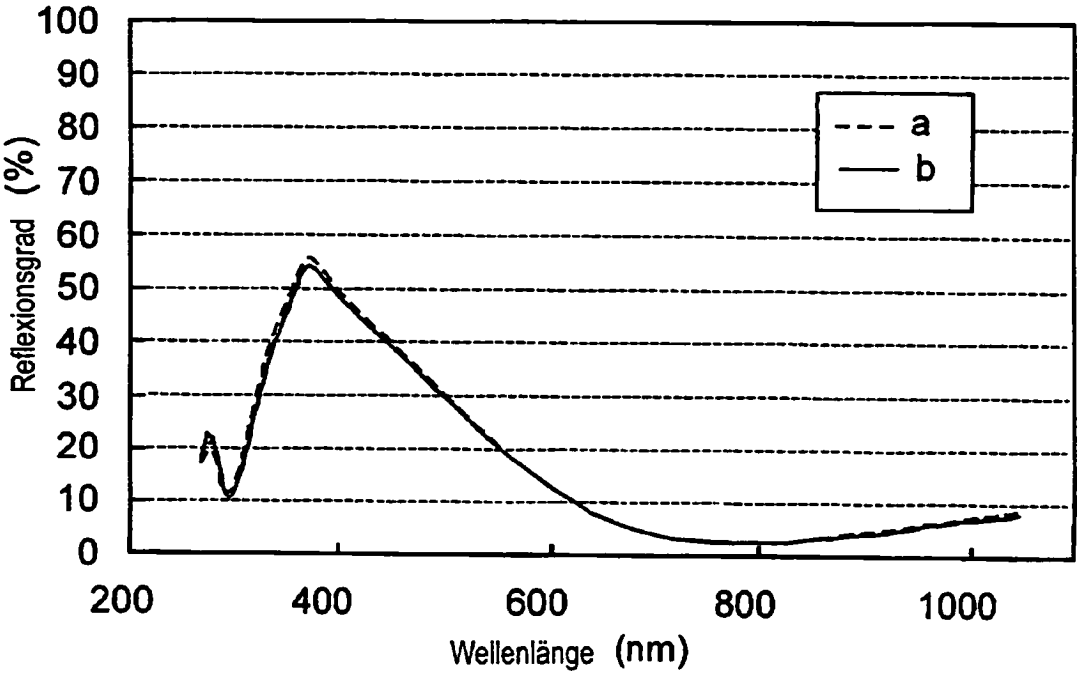

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 12

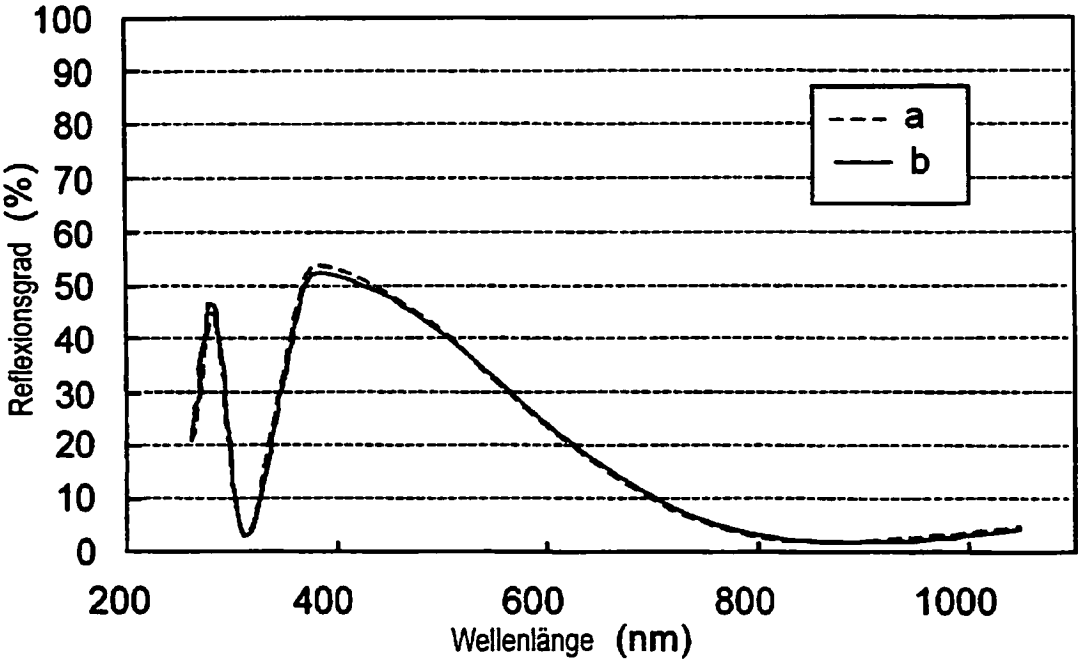

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 13

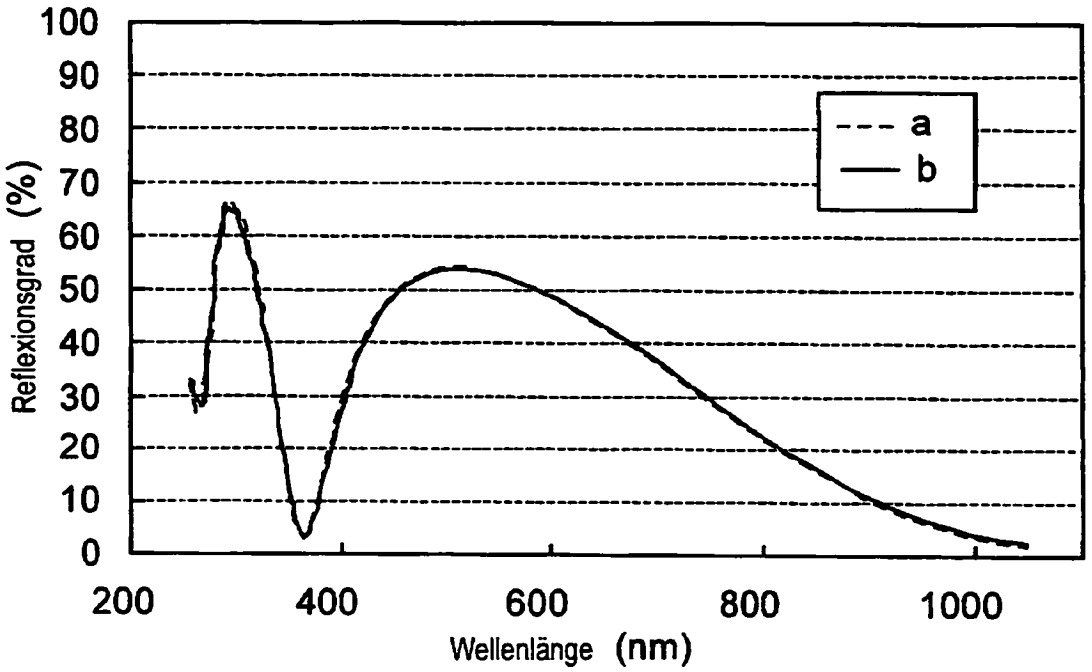
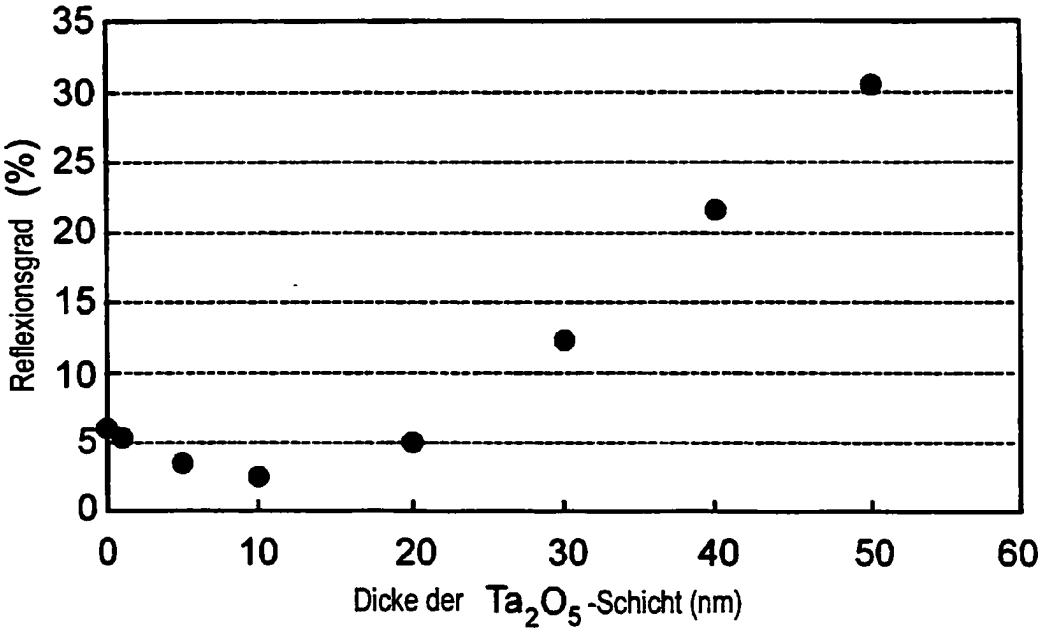

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Reflexionsgrad (%)
200
400
600
800
1000
Wellenlänge (nm)
a
b

Fig. 14


35
30
25
20
15
10
5
0
Reflexionsgrad (%)
0
10
20
30
40
50
60
Dicke der Ta_2O_5-Schicht (nm)