



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 006 395 A1** 2005.09.01

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 006 395.0**

(22) Anmeldetag: **11.02.2005**

(43) Offenlegungstag: **01.09.2005**

(51) Int Cl.7: **H01S 5/183**

**H01S 5/187, H01S 5/20, H04B 10/04**

(30) Unionspriorität:

**10/779894 17.02.2004 US**

(71) Anmelder:

**JDS Uniphase Corp., San Jose, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,  
80539 München**

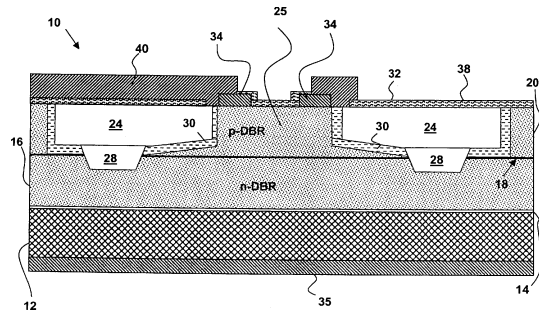
(72) Erfinder:

**Jiang, Wenbin, Thousand Oaks, Calif., US; Cheng,  
Michael Y., San Jose, Calif., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Indexgeführter VCSEL und ein Verfahren zur Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Ein zuverlässiger Hochfrequenz-VCSEL (10) weist einen unteren verteilten Bragg-Reflektor [DBR] (16), einen aktiven Bereich (18) und einen oberen DBR (20) auf. Ein zylindrisches Volumen (24) ist aus dem oberen DBR (20) geätzt, um eine Mesastruktur (25) mit einer unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) zu definieren, welche mit einer Seitenwand der Mesastruktur (25) einen Winkel ausbildet, welcher größer als  $90^\circ$  ist. Ein Isolationsgraben (28) ist in die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) geätzt, welcher konzentrisch mit der Mesastruktur (25) angeordnet ist und sich durch den aktiven Bereich (18) erstreckt. Ein Abschnitt der Seitenwand der Mesastruktur (25) und der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) sind mit Protonen implantiert. Der obere DBR (20) ist geglättet, indem dielektrische Materialien (32) mit geringem k-Wert verwendet werden und elektrisch n- und p-Kontakte (34, 35) sind mit gegenüberliegenden Seiten des aktiven Bereichs (18) gekoppelt, um dort Betriebsstrom zuzuführen.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft vertikal emittierende Laser und insbesondere Halbleiterlaser, welche zuverlässig bei hohen Frequenzen arbeiten.

**[0002]** Vertikal emittierende Laser (im Folgenden als VCSEL ("Vertical Cavity Surface Emitting Laser") bezeichnet) sind die vorherrschende Lichtquelle für optische Sender geworden, welche in lokalen Netzen mit kurzer Reichweite und bei Anwendungen für Netze aus Speicherlaufwerken (SAN), eingesetzt werden. Dabei wird eine optische Multimodenfaser zur Datenübertragung verwendet. VCSELs sind preiswerte Mikrohohraumvorrichtungen, welche mit hoher Geschwindigkeit, niedrigem Betriebsstrom und geringer Verlustleistung sowie mit wünschenswerten Strahleigenschaften arbeiten, was den konstruktiven optischen Aufbau und das Testen wesentlich vereinfacht. Um die Anwendung von VCSELs auf Anwendungen mit höherer Geschwindigkeit auszudehnen, muss der VCSEL in der Lage sein, bei Frequenzen von bis zu 10GHz zuverlässig zu arbeiten.

### Stand der Technik

**[0003]** Handelsübliche mit Oxiden abgegrenzte oder begrenzte VCSELs werden in der Praxis weithin eingesetzt. Aufgrund einer intrinsischen mechanischen Belastung, welche durch die Oxidation bei der Herstellung des VCSEL eingebracht wird, sind mit Oxiden abgegrenzte VCSELs jedoch nicht so zuverlässig, wie zum Beispiel mit Protonen (oder Ionen) implantierte VCSELs mit höheren Zufallsfehlerraten. VCSELs nach dem Stand der Technik, welche eine Oxidbegrenzung aufweisen, können bei 10GHz arbeiten, sind aber nicht zuverlässig. Mit Ionen implantierte VCSELs nach dem Stand der Technik arbeiten typischerweise bei ungefähr 1 GHz, sind aber zuverlässiger als VCSELs mit Oxidbegrenzung. Obwohl bestimmte Verfahren zur Minderung der Beanspruchung eingeführt werden können, um die Zufallsfehlerrate zu verringern, ist das Oxidationsverfahren bezüglich der Temperatur, Materialzusammensetzung und dem Gasdruck während der Herstellung der Vorrichtung zu empfindlich, weshalb das Verfahren der Oxidbegrenzung kein konsistentes Herstellungsverfahren für VCSELs ist.

**[0004]** Mit Ionen implantierte VCSELs sind im Vergleich dazu zuverlässiger. Jedoch arbeiten mit Ionen implantierte Vorrichtungen bei höherer Geschwindigkeit schlecht, weshalb ihre Anwendung auf Datenraten von ungefähr 1 Gbps beschränkt ist. Die Geschwindigkeit eines mit Ionen implantierten VCSEL wird durch mehrere Faktoren eingeschränkt. Ein Faktor ist das Fehlen einer guten Indexführung für den optischen Modus. Ein anderer Faktor ist eine Größenbegrenzung aufgrund einer großen Implantierungstiefe, wobei die typische Implantierungstiefe

mehr als drei Mikrometer groß sein kann. Darüber hinaus weist die Implantierung eine Verteilung mit einer großen Streuung und einer großen Standardabweichung auf. Bei einer großen Implantatverteilung und der schwachen Strombegrenzung eines stark dotierten Spiegels beträgt die Größe typischerweise mehr als 20 Mikrometer, wobei die Geschwindigkeit auf weniger als 2GHz begrenzt ist.

**[0005]** Daher existiert eine Nachfrage nach einer Entwicklung eines zuverlässigen Hochleistungs-VCSEL zur optischen Hochgeschwindigkeitsübertragung.

### Aufgabenstellung

**[0006]** Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen neuen und verbesserten VCSEL bereitzustellen, welcher zuverlässig bei hohen Frequenzen arbeitet.

**[0007]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, einen neuen und verbesserten VCSEL mit verringertem Leckstrom und verringerter Kapazität bereitzustellen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen vertikal emittierenden Laser nach Anspruch 1 und 8 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines vertikal emittierenden Hochfrequenzlasers nach Anspruch 9 und 16 gelöst. Die abhängigen Ansprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0009]** Kurz gesagt, wird erfindungsgemäß ein zuverlässiger vertikal emittierender Hochfrequenzlaser (VCSEL) bereitgestellt, um die gestellten Aufgaben der vorliegenden Erfindung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform davon zu lösen. Der VCSEL weist einen unteren verteilten Bragg-Reflektor, einen aktiven Bereich, welcher auf dem unteren verteilten Bragg-Reflektor angeordnet ist, und einen oberen verteilten Bragg-Reflektor, welcher auf dem aktiven Bereich angeordnet ist, auf. Ein zylindrisches Volumen ist aus dem oberen verteilten Bragg-Reflektor derart geätzt, dass eine Mesastruktur mit einer im Wesentlichen vertikalen Seitenwand, welche konzentrisch von dem zylindrischen Volumen umgeben ist, definiert wird. Ein Isolationsgraben ist in eine untere Oberfläche des zylindrischen Volumens konzentrisch mit der Mesastruktur geätzt. Ein Implantierungsbereich ist in dem zylindrischen Volumen, wobei ein Abschnitt der Seitenwand der Mesastruktur und ein Abschnitt des oberen verteilten Bragg-Reflektors unterhalb der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens einbezogen ist, ausgebildet. Das zylindrische Volumen ist mit einem dielektrischen oder isolierenden Material gefüllt, um den VCSEL für eine weitere Isolierung und Passivierung zu glätten. Elektrische Kontakte sind mit gegenüberliegenden

Seiten des aktiven Bereichs gekoppelt, um dort einen Betriebsstrom zuzuführen.

**[0010]** Die angestrebten Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden darüber hinaus durch ein neuartiges Herstellungsverfahren für einen vertikal emittierenden Hochfrequenzlaser gelöst. Das Verfahren beinhaltet ein Bereitstellen eines unteren verteilten Bragg-Reflektors auf einem Substrat, eines aktiven Bereichs auf dem unteren verteilten Bragg-Reflektor und eines oberen verteilten Bragg-Reflektors auf dem aktiven Bereich. Das Verfahren beinhaltet auch ein Ätzen eines zylindrischen Volumens aus dem oberen verteilten Bragg-Reflektor, um eine Mesastruktur mit einer im Wesentlichen vertikalen Seitenwand zu definieren, wobei sich das zylindrische Volumen zu einer unteren Oberfläche benachbart zu dem aktiven Bereich in den oberen verteilten Bragg-Reflektor erstreckt, und ein Ätzen eines Isolationsgrabens in die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens, welcher konzentrisch mit der Mesastruktur angeordnet ist und sich durch den aktiven Bereich erstreckt. Das Verfahren weist darüber hinaus einen Schritt eines Implantierens eines Abschnitts der Seitenwand der Mesastruktur und der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens und ein Glätten des oberen verteilten Bragg-Reflektors auf. Schließlich werden elektrische n- und p-Kontakte mit gegenüberliegenden Seiten des aktiven Bereichs gekoppelt, um dort einen Betriebsstrom zuzuführen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0011]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert.

**[0012]** [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen vertikal emittierenden Hochgeschwindigkeitslasers; und

**[0013]** [Fig. 2](#) ist eine vereinfachte Draufsicht des in [Fig. 1](#) dargestellten vertikal emittierenden Hochgeschwindigkeitslasers.

**[0014]** In [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Querschnittsansicht eines vertikal emittierenden Lasers (VCSEL) **10** dargestellt. Des Weiteren zeigt [Fig. 2](#), auf welche zusätzlich zu [Fig. 1](#) Bezug genommen werden kann, eine Draufsicht eines vollständigen VCSEL **10**. Der VCSEL **10** weist ein Substrat **12** auf, welches zum Beispiel ein geeignetes Einkristallhalbleitermaterial, wie z. B. Galliumarsenid (GaAs) oder ähnliches, sein kann. Wie es nach dem Stand der Technik bekannt ist, ist in den meisten Fällen eine dünne Pufferschicht **14** desselben Materials vorhanden, um eine glatte kristalline Oberfläche für weitere Wachstumsprozesse sicherzustellen. Die Schicht **14** wird in dieser Offenbarung als Teil des Substrats betrachtet. Ein unterer Spiegelstapel oder ein verteilter Bragg-Reflektor

(DBR ("Distributed Bragg Reflector")) **16** wächst auf der oberen Oberfläche des Substrats **12**. Ein aktiver Bereich **18**, welcher, wie es nach dem Stand der Technik bekannt ist, Ummantelungsbereiche oder ähnliches (nicht dargestellt) auf gegenüberliegenden Seiten aufweisen kann, wächst auf der oberen Oberfläche des DBR **16**. Ein oberer Spiegelstapel oder verteilter Bragg-Reflektor (DBR) **20** wächst auf der oberen Oberfläche des aktiven Bereichs **18**. Es ist dem Fachmann bekannt, dass verschiedene Schichten und/oder Bereiche, welche vorab beschrieben sind, im Allgemeinen durch ein gut bekanntes kontinuierliches Verfahren epitaktisch wachsen bzw. gezogen werden. Auch die gewählte Aufdampfungs-technik soll den Umfang der Erfindung nicht einschränken. Zum Beispiel ist die Basisstruktur des VCSEL **10** bei dieser Ausführungsform ausgebildet worden, indem eine metallorganische chemische Aufdampfung (MOCVD ("Metal Organic Chemical Vapor Deposition")) verwendet wird. Der VCSEL **10** kann jedoch auch ausgebildet werden, indem eine chemische Aufdampfung, Zerstäubung ("Sputtering"), Molekularstrahl-Epitaxie oder Kombinationen davon verwendet werden. Darüber hinaus wird, obwohl nur ein einzelner VCSEL dargestellt ist, im Allgemeinen eine Mehrzahl von VCSELs in Deckschichten über einem ganzen Wafer aufgetragen oder ausgebildet, so dass eine große Anzahl von VCSELs gleichzeitig hergestellt wird.

**[0015]** Bei dieser Ausführungsform beinhaltet das Substrat **12** Galliumarsenid (GaAs). Die Wahl des Substratsmaterials und des Materials, welches in dem aktiven Bereich **18** vorhanden ist, hängt im Allgemeinen von einer angestrebten Betriebswellenlänge ab, welche bei dieser Ausführungsform ungefähr zwischen 0,7µm bis 1,0µm liegt. Dieser Wellenlängenbereich von 0,7µm bis 1,0µm wird typischerweise bei optischen Kommunikationsanwendungen, wie z. B. bei optischen Glasfasernetzen, eingesetzt. Jedoch können auch andere Wellenlängenbereiche für eine gegebene Anwendung geeignet sein.

**[0016]** Wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, weisen DBRs **16** und **20** einen Stapel von sich abwechselnden Materialschichten auf, wobei jede benachbarte Schicht einen anderen Brechungsindex besitzt. Zum Beispiel weisen die DBRs **16** und **20** bei dieser Ausführungsform abwechselnd Schichten eines Halbleitermaterials, wie z. B. abwechselnd Schichten einer AlGaAs-Legierung, mit unterschiedlichen Materialeigenschaften, um den Brechungsindex zu verändern, oder abwechselnd Schichten von Aluminiumarsenid (AlAs) und Galliumarsenid (GaAs) auf. Natürlich können die DBRs **16** und **20** auch andere geeignete reflektierende Materialien aufweisen, welche abwechselnd mit einem hohen und einem niedrigen Brechungsindex gestapelt sind. Darüber hinaus weist bei der bevorzugten Ausführungsform jede Schicht in den DBRs **16** und **20** eine Dicke auf,

welche ungefähr gleich einem Viertel der Betriebswellenlänge ist, um für eine erwünschte Reflexionseigenschaft zu sorgen. Während der untere DBR **16** mit einer Leitfähigkeit vom n-Typ und der obere DBR **20** mit einer Leitfähigkeit vom p-Typ dotiert dargestellt ist, könnten die Leitfähigkeiten natürlich auch genau andersherum sein, so dass die vorliegende Ausbildung nur als Beispiel anzusehen ist.

**[0017]** Der aktive Bereich **18** kann eine oder mehrere Quantenstrukturschichten mit einem Wellenlängenbandabstand aufweisen, wobei jede Quantenstrukturschicht Licht bei der Betriebswellenlänge emittiert. Zum Beispiel kann der aktive Bereich **18** Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs), Galliumarsenid (GaAs) oder Indiumgalliumarsenid (InGaAs) aufweisen. Natürlich kann der aktive Bereich **18** auch Quantenwannen oder andere Strukturen mit geeigneten Lichtemissionseigenschaften, wie z. B. Quanten-Dots oder ähnliche Strukturen, aufweisen. Die Quantenstrukturschichten, Quantenwannen, Quanten-Dots usw. sind in dem aktiven Bereich **18** in einer bekannten Weise beabstandet, um für die gewünschte Lichterzeugung zu sorgen.

**[0018]** Wenn die Basisstruktur einschließlich des unteren DBR **16**, des aktiven Bereichs **18** und des oberen DBR **20** vollendet ist, wird ein Ätzverfahren in einem ringförmigen Bereich durchgeführt, um von dem oberen DBR **20** ein zylindrisches Volumen **24** zu entfernen, um eine Mesastruktur **25** in dem oberen DBR **20** zu definieren. Das Ätzverfahren wird durch den DBR **20** hindurch in einige Spiegelpaare des aktiven Bereichs **18** hinein fortgesetzt. Darüber hinaus wird das Ätzverfahren derart durchgeführt, dass mehr Spiegelpaare in der Nähe der Basis der Mesastruktur **25** verbleiben und wenige Spiegelpaare verbleiben, wenn sich der seitliche Abstand von der Mesastruktur **25** (innerhalb des Volumens **24**) erhöht. Das heißt, der Winkel zwischen der vertikalen Seite der Mesastruktur **25** und der umgebenden oberen Oberfläche des DBR **20** ist größer als 90 Grad. Dieses "Abrunden" der Mesastruktur-Ecken verringert den Effekt der Belastung in dem kristallinen Material und erhöht die Zuverlässigkeit. Des Weiteren wird die Mesastruktur **25** ausgebildet, um für einen optischen Begrenzungsbereich und einen Stromabgrenzungsbereich zu sorgen.

**[0019]** Wenn das Volumen **24** einmal weggeätzt ist, wie es vorab beschrieben ist, wird ein zweiter Ätzschritt in dem konzentrischen zylindrischen Volumen **24** ausgeführt, um einen Isolationsgraben **28** auszubilden, welcher von der Mesastruktur **25** beabstandet ist und welcher sich durch die verbleibenden Spiegelpaare in dem oberen DBR **20**, den aktiven Bereich **18** und in den unteren DBR **16** erstreckt. Der Isolationsgraben **28** (und das Volumen **24**) erstreckt sich konzentrisch um die Mesastruktur **25** und ist vorhanden, um den Leckstrom und die Kapazität der Vorrichtung

zu verringern. Der Ätzschritt für den Graben kann vor oder nach einem Implantierungsschritt ausgeführt werden, was im Folgenden im Detail beschrieben wird und was von dem Nutzen und der Kontinuität der verschiedenen Schritte abhängt. Zum Beispiel kann ein erster Ätzschritt, welchem sofort ein zweiter Ätzschritt folgt, vorteilhafter sein, als dazwischen einen Implantierungsschritt durchzuführen.

**[0020]** Wenn zumindest das die Mesastruktur definierende Ätzverfahren abgeschlossen ist, wird ein Protonenimplantierungsverfahren auf der Seitenwand der Mesastruktur **25** und auf den verbleibenden DBR-Spiegelpaaren direkt unter dem Volumen **24** ausgeführt, um einen Implantierungsbereich **30** auszubilden. Im Allgemeinen reichen die Spiegelpaare, welche neben der Mesastruktur **25** verbleiben, aus, so dass der Protonenimplantierungsbereich **30** dicht neben der Mesastruktur **25** angeordnet wird, aber sich nicht in den aktiven Bereich **18** erstreckt. Wo sich jedoch die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens **24** seitlich mit einem größeren Abstand von der Mesastruktur **25**, z. B. neben dem Isolationsgraben **28**, erstreckt, beginnt sich der Implantierungsbereich **30** allmählich in den aktiven Bereich **18** zu erstrecken. Bei einer speziellen Ausführungsform reicht das Implantat von einem bis vier DBR-Schichtpaaren oder ungefähr von 0,1 bis 0,5µm. Dies wurde erreicht, indem eine Implantierungsenergie in einem Bereich von ungefähr 30 bis 70KV bei der Protonenimplantierung verwendet wurde.

**[0021]** Das Ätzen des zylindrischen Volumens **24**, welches die Seitenwand der Mesastruktur **25** einschließt, bewirkt eine kristalline Beschädigung mit freien elektronischen Bindungen und Fehlern an der geätzten Oberfläche, was wiederum ein unerwünschtes Einfangen der Träger und eine nicht strahlende Rekombination der Träger bewirkt. Jedoch weist der Implantierungsbereich **30** einen hohen Widerstand gegenüber einem elektrischen Stromfluss auf, so dass der elektrische Strom nicht in den implantierten Bereichen fließt, weshalb eine nicht strahlende Rekombination der Träger in den beschädigten kristallinen geätzten Bereichen nicht auftreten kann. Da der Implantierungsbereich auch auf der Oberfläche angeordnet ist und relativ dünn ist, sind tiefe Implantierungen nicht erforderlich und das gesamte Implantierungsverfahren kann sehr genau gesteuert werden. Da das Implantat neben der Oberfläche (sehr flach) angeordnet ist, kann darüber hinaus eine weniger komplizierte Protonenimplantierung verwendet werden. Dabei sollte angemerkt werden, dass die meisten Implantierungen in VCSELs nach dem Stand der Technik fast durch den vollständigen oder sogar ganz durch den vollständigen oberen Spiegelstapel vorgenommen werden, was die leichteren Ionenimplantierungen erforderlich macht. Der Implantierungsbereich **30** ist vorhanden, um einen Stromfluss bzw. eine Rekombination der Träger aufzuhalten oder zu

verhindern, was eine Fehlstellenpropagierung von der geätzten Seitenwand der Mesastruktur **25** in den aktiven Bereich **18** aktiviert, um die Zuverlässigkeit des VCSEL **10** wesentlich zu verbessern. Daher wird eine Kombination von Ätz- und Implantierungsverfahren mit all den Vorteilen der beiden Verfahren und keinem oder nur wenigen ihrer Nachteile verwendet, um den VCSEL **10** herzustellen.

**[0022]** Der VCSEL **10** wird dann geglättet, wobei ein Dielektrikum Benzocyclobuten (BCB) (Cyclotene™ von Dow) oder einige Polyimide **32** verwendet werden, um für eine bessere Metallisierungsüberdeckung zu sorgen und die Kapazität der Vorrichtung für einen Hochgeschwindigkeitsbetrieb zu verringern. Darüber hinaus ist BCB ein dielektrisches Material mit einem geringen k-Wert und hilft weiterhin, die parasitären Kapazitäten des VCSEL zu verringern. Ein p-Kontaktmetallring **34** ist konzentrisch auf der oberen Oberfläche der Mesastruktur **25** angeordnet und eine n-Kontaktmetallschicht **35** ist auf die rückseitige Oberfläche (untere Oberfläche in [Fig. 1](#)) des Substrats **12** aufgebracht. Eine isolierende und passivierende Beschichtung **38** von einigen geeigneten Siliziumoxidnitriden, Siliziumnitriden oder ähnlichem wird auf die oberen Oberflächen des VCSEL **10** aufgebracht. Eine Öffnung ist zumindest über einem Abschnitt des p-Kontaktmetallrings **34** in der Beschichtung **38** vorhanden. Eine obere Bondpad-Metallschicht **40** ist im Kontakt mit dem freiliegenden Abschnitt des p-Kontaktmetallrings **34** angeordnet und erstreckt sich über einen geeigneten Abschnitt der Beschichtung **38**.

**[0023]** Somit ist ein zuverlässiger Hochleistungs-VCSEL für optische Hochgeschwindigkeitsübertragungen offenbart. Die neuen und verbesserten VCSELs sind ausgelegt, um zuverlässig bei hohen Frequenzen mit einem verringerten Leckstrom und mit einer verringerten Kapazität zu arbeiten. Die neuen und verbesserten VCSELs werden hauptsächlich hergestellt, indem eine geeignete Mischung eines Ätzverfahrens und eines flachen Implantierungsverfahrens verwendet wird, um eine Vorrichtung bereitzustellen, welche alle Vorteile dieser beiden Verfahren aufweist, während alle Nachteile davon im Wesentlichen vermieden werden.

### Patentansprüche

1. Vertikal emittierender Laser, umfassend einen unteren verteilten Bragg-Reflektor (**16**), einen aktiven Bereich (**18**), welcher auf dem unteren verteilten Bragg-Reflektor (**16**) angeordnet ist, einen oberen verteilten Bragg-Reflektor (**20**), welcher auf dem aktiven Bereich (**18**) angeordnet ist, ein zylindrisches Volumen (**24**), welches aus dem oberen verteilten Bragg-Reflektor (**20**) entfernt worden ist und eine Mesastruktur (**25**) mit einer im Wesentlichen vertikalen Seitenwand, welche konzentrisch von dem zylindrischen Volumen (**24**) umgeben ist, definiert, wobei ein Isolationsgraben (**28**) in einer unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (**24**) konzentrisch zu der Mesastruktur (**25**) ausgebildet ist,

einen Implantierungsbereich (**30**), welcher einen Abschnitt der Seitenwand der Mesastruktur (**25**) und einen Abschnitt des oberen verteilten Bragg-Reflektors (**20**) unterhalb der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (**24**) aufweist, ein glättendes Material (**32**), welches das zylindrische Volumen füllt (**24**), und elektrische n- und p-Kontakte (**34**, **35**), welche mit gegenüberliegenden Seiten des aktiven Bereichs (**18**) gekoppelt sind, um dort einen Betriebsstrom zuzuführen.

2. Vertikal emittierender Laser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (**24**) mit der Seitenwand der Mesastruktur (**25**) einen Winkel ausbildet, welcher größer als 90 Grad ist.

3. Vertikal emittierender Laser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (**24**) derart ausgebildet ist, dass mehr Spiegelpaare des oberen verteilten Bragg-Reflektors (**20**) neben der Mesastruktur (**25**) vorhanden sind und mit zunehmendem lateralen Abstand von der Mesastruktur (**25**) weniger Spiegelpaare vorhanden sind.

4. Vertikal emittierender Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Implantierungsbereich (**30**) in der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (**24**) zu mindestens in den aktiven Bereich (**18**) neben dem Isolierungsgraben (**28**) erstreckt.

5. Vertikal emittierender Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das glättende Material (**32**), welches das zylindrische Volumen (**24**) füllt, ein dielektrisches Material mit einem niedrigeren k-Wert enthält.

6. Vertikal emittierender Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Implantierungsbereich (**30**) mindestens einige der Oberflächen des zylindrischen Volumens (**24**) umfasst.

7. Vertikal emittierender Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Implantierungsbereich (**30**) Protonenimplantate aufweist.

8. Vertikal emittierender Laser, umfassend einen unteren verteilten Bragg-Reflektor (**16**), welcher eine Mehrzahl von Spiegelementpaaren aufweist, einen aktiven Bereich (**18**), welcher auf dem unteren

verteilten Bragg-Reflektor (16) angeordnet ist, einen oberen verteilten Bragg-Reflektor (20), welcher eine Mehrzahl von Spiegelementpaaren aufweist und auf dem aktiven Bereich (18) angeordnet ist, ein zylindrisches Volumen (24), welches aus dem oberen verteilten Bragg-Reflektor (20) entfernt worden ist und eine Mesastruktur (25) mit einer im Wesentlichen vertikalen Seitenwand, welche konzentrisch von dem zylindrischen Volumen (24) umgeben ist, definiert, wobei ein Isolationsgraben (28) in einer unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) konzentrisch zu der Mesastruktur (25) ausgebildet ist, wobei die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) derart ausgebildet ist, dass mehr Spiegelpaare des oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) neben der Mesastruktur (25) vorhanden sind und mit zunehmendem lateralen Abstand von der Mesastruktur (25) weniger Spiegelpaare vorhanden sind, wobei die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) mit der Seitenwand der Mesastruktur (25) einen Winkel, welcher größer als 90 Grad ist, ausbildet, einen Implantierungsbereich (30), welcher benachbart zu einer Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) angeordnet ist und die Seitenwand der Mesastruktur (25) und den oberen verteilten Bragg-Reflektor (20), welcher die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) definiert, umfasst, ein glättendes Material (32), welches das zylindrische Volumen (24) füllt, und elektrische n- und p-Kontakte (34, 35), welche mit gegenüberliegenden Seiten des aktiven Bereichs (18) gekoppelt sind, um dort einen Betriebsstrom zuzuführen.

9. Verfahren zur Herstellung eines vertikal emittierenden Hochfrequenzlasers, die Schritte umfassend

Bereitstellen eines unteren verteilten Bragg-Reflektors (16) auf einem Substrat (12), eines aktiven Bereichs (18) auf dem unteren verteilten Bragg-Reflektor (16) und eines oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) auf dem aktiven Bereich (18),

Ätzen eines zylindrischen Volumens (24) aus dem oberen verteilten Bragg-Reflektor (20), um eine Mesastruktur (25) mit einer im Wesentlichen vertikalen Seitenwand zu definieren, wobei sich das zylindrische Volumen (24) in den oberen verteilten Bragg-Reflektor (20) zu einer unteren Oberfläche benachbart zu dem aktiven Bereich (18) erstreckt,

Ätzen eines Isolationsgrabens (28) in die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24), welcher konzentrisch zu der Mesastruktur (25) angeordnet ist und sich durch den aktiven Bereich (18) erstreckt,

Implantieren eines Abschnitts der Seitenwand der Mesastruktur (25) und der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24), und

Glätten des oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) und Koppeln von elektrischen n- und p-Kontakten (34, 35) mit gegenüberliegenden Seiten des aktiven Bereichs (18), um dort einen Betriebsstrom zuzuführen.

ren.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Ätzens des zylindrischen Volumens (24) ein Ätzen des zylindrischen Volumens (24) aufweist, so dass die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) mit der Seitenwand der Mesastruktur (25) einen Winkel ausbildet, welcher größer als 90 Grad ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Ätzens des zylindrischen Volumens (24), welcher dafür sorgt, dass die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) mit der Seitenwand der Mesastruktur (25) einen Winkel ausbildet, welcher größer als 90 Grad ist, ein Ätzen des zylindrischen Volumens (24) aufweist, so dass mehr Spiegelpaare des oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) neben der Mesastruktur (25) verbleiben und mit zunehmendem lateralen Abstand von der Mesastruktur (25) weniger Spiegelpaare verbleiben.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Implantierens eine Protonenimplantierung der Seitenwand der Mesastruktur (25) und der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Protonenimplantierung der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) ein Implantieren der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) aufweist, so dass sich das Implantat mindestens in den aktiven Bereich (18) neben dem Isolationsgraben (28) erstreckt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–13, dadurch gekennzeichnet, dass der Bereitstellungsschritt ein epitaktisches Wachsen des unteren verteilten Bragg-Reflektors (16) auf dem Substrat (12), ein epitaktisches Wachsen des aktiven Bereichs (18) auf dem unteren verteilten Bragg-Reflektor (16) und ein epitaktisches Wachsen des oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) auf dem aktiven Bereich (18) aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–14, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Glättens ein Füllen des zylindrischen Volumens mit einem Dielektrikum Benzocyclobuten (BCB) oder einem Polymidmaterial aufweist.

16. Verfahren zur Herstellung eines vertikal emittierenden Hochfrequenzlasers, die Schritte umfassend:

epitaktisches Wachsen eines unteren verteilten Bragg-Reflektors (16) auf einem Substrat (12), epitaktisches Wachsen eines aktiven Bereichs (18) auf dem unteren verteilten Bragg-Reflektor (16) und epi-

taktisches Wachsen eines oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) auf dem aktiven Bereich (18), Ätzen eines zylindrischen Volumens (24) aus dem oberen verteilten Bragg-Reflektor (20), um eine Mesastruktur (25) mit einer im Wesentlichen vertikalen Seitenwand zu definieren, wobei der obere verteilte Bragg-Reflektor (20) derart geätzt wird, dass eine untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) mit der Seitenwand der Mesastruktur (25) einen Winkel ausbildet, welcher größer als 90 Grad ist, und wobei darüber hinaus das zylindrische Volumen (24) derart geätzt wird, dass mehr Spiegelpaare des oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) neben der Mesastruktur (25) verbleiben und mit zunehmendem lateralen Abstand von der Mesastruktur (25) weniger Spiegelpaare verbleiben,

Ätzen eines Isolationsgrabens (28) in die untere Oberfläche des zylindrischen Volumens (24), welcher konzentrisch mit der Mesastruktur (25) angeordnet ist und sich durch den aktiven Bereich (18) erstreckt, Implantieren eines Abschnitts der Seitenwand der Mesastruktur (25) und der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) mit Protonen, und Glätten des oberen verteilten Bragg-Reflektors (20) und Koppeln von elektrischen n- und p-Kontakten (34, 35) mit gegenüberliegenden Seiten des aktiven Bereiches (18), um dort einen Betriebsstrom zuzuführen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Implantierens der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) mit Protonen ein Implantieren der unteren Oberfläche des zylindrischen Volumens (24) aufweist, so dass sich das Implantat (30) mindestens in den aktiven Bereich (18) neben dem Isolationsgraben (28) erstreckt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Glättens ein Füllen des zylindrischen Volumens (24) mit einem Dielektrikum BCB oder einem Polyamid aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

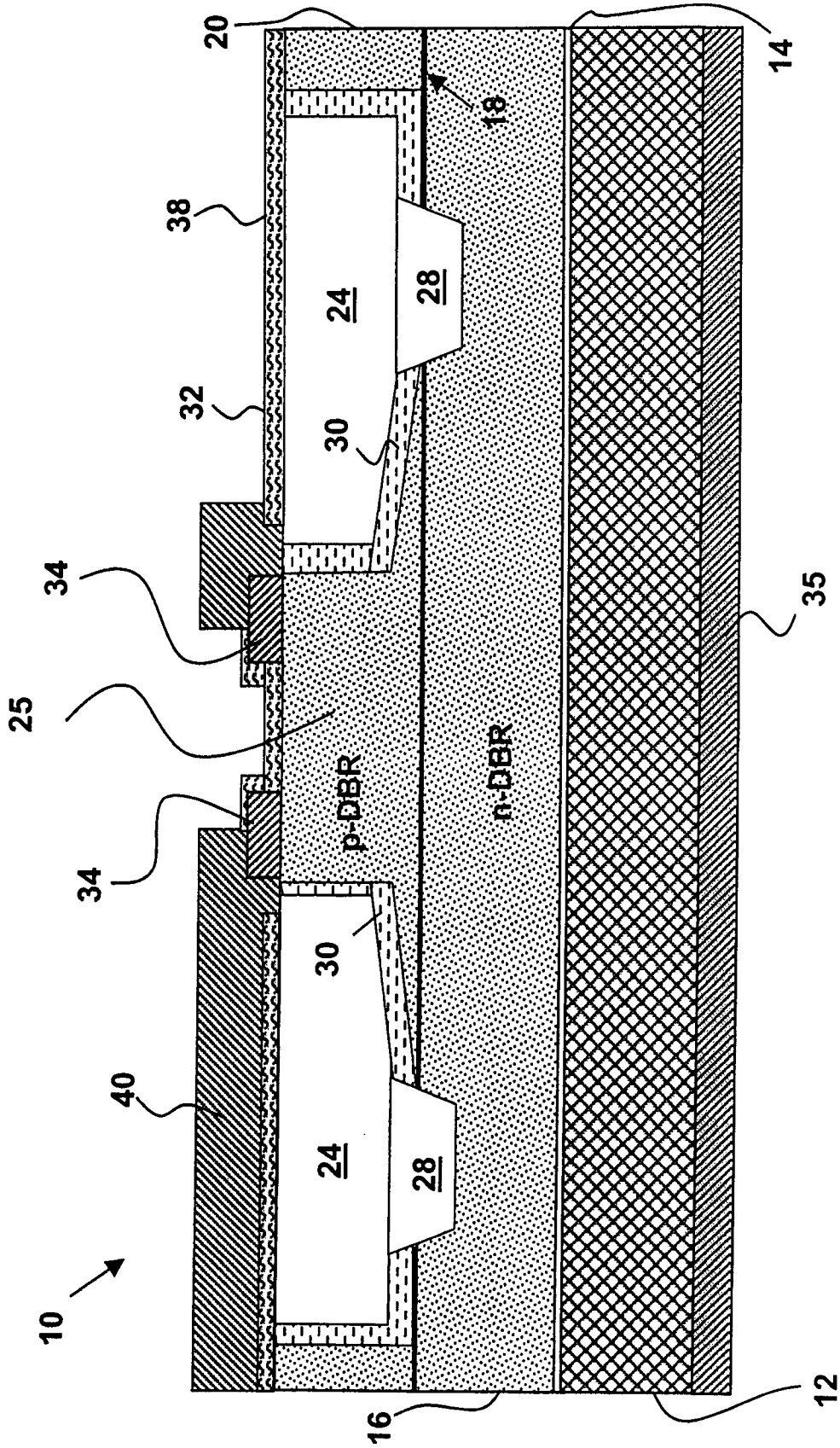


FIG. 1



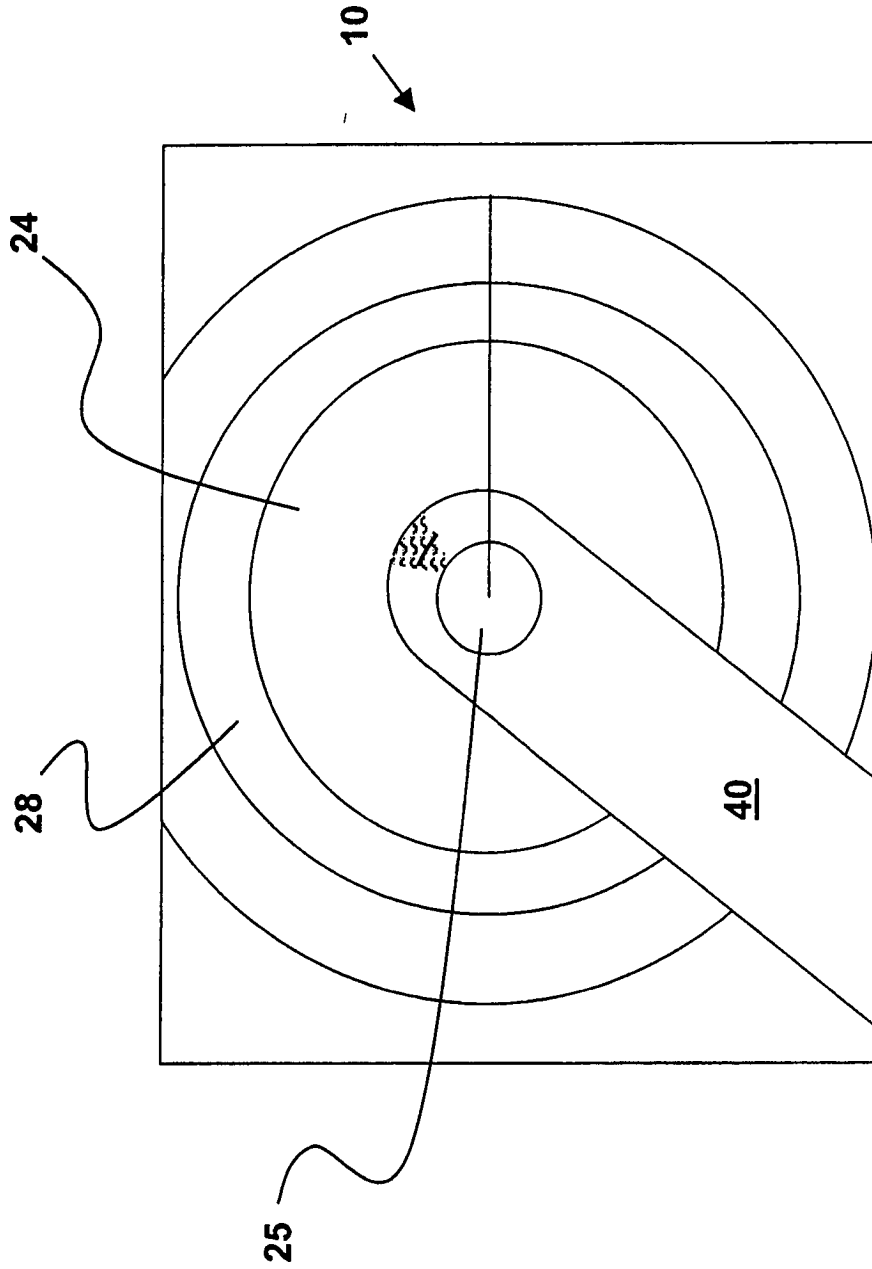


FIG. 2