



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 060 410 A1** 2008.01.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 060 410.5**

(22) Anmeldetag: **20.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **03.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01S 5/20** (2006.01)
H01S 5/02 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2006 030 251.6 30.06.2006

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

(72) Erfinder:

**Eichler, Christoph, Dr., 93105 Tegernheim, DE;
Härle, Volker, Dr., 93164 Laaber, DE; Rumbolz,
Christian, 93138 Lappersdorf, DE; Strauß, Uwe,
Dr., 93077 Bad Abbach, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

DE10 2004 030603 A1

DE 102 54 457 A1

US2005/01 84 497 A1

US2004/01 84 497 A1

US2002/00 94 002 A1

US 58 89 295 A

US 58 89 295 A

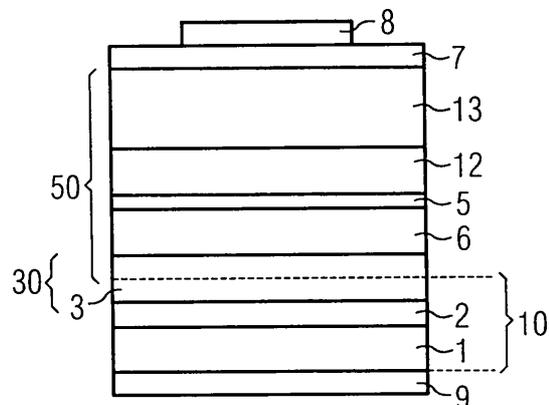
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Kantenemittierender Halbleiterlaserchip**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein kantenemittierender
Halbleiterlaserchip mit

- einem Trägersubstrat (1),
- einer Zwischenschicht (2), die eine Haftung zwischen dem Trägersubstrat (1) und einer Bauelementstruktur (50) des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips vermittelt, und
- der Bauelementstruktur (50) mit einer aktiven Zone (5), die zur Strahlungserzeugung vorgesehen ist, angegeben.



Beschreibung

[0001] Es wird ein kantenemittierender Halbleiterlaserchip angegeben.

[0002] Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen verbesserten kantenemittierenden Halbleiterlaserchip anzugeben. Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, die Verspannungen und die Wellenführung in einem Halbleiterlaser zu optimieren.

[0003] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips umfasst der kantenemittierende Halbleiterlaserchip ein Trägersubstrat.

[0004] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips umfasst der kantenemittierende Halbleiterlaserchip ferner eine Zwischenschicht, die eine Haftung zwischen dem Trägersubstrat und einer Bauelementstruktur des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips vermittelt.

[0005] Beispielsweise ist das Trägersubstrat mittels der Zwischenschicht an einer Nuttschicht aus Halbleitermaterial mechanisch befestigt. Die Nuttschicht zeichnet sich vorzugsweise durch eine geringe Versetzungsdichte aus. Die dem Trägersubstrat abgewandte Oberfläche der Halbleiterschicht dient dann als Aufwachsfläche für epitaktisch hergestellte Halbleiterschichten – zum Beispiel die Bauelementstruktur des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips. Weiter ist es möglich, dass das Trägersubstrat mittels der Zwischenschicht direkt auf die epitaktisch gewachsene Bauelementstruktur des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gebondet ist.

[0006] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips umfasst die Bauelementstruktur eine aktive Zone, die zur Strahlungserzeugung vorgesehen ist. Das heißt, bei Bestromen des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips wird in dieser aktiven Zone elektromagnetische Strahlung erzeugt und/oder verstärkt, welche dann als Laserstrahlung den kantenemittierenden Halbleiterlaserchip verlässt.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips umfasst der kantenemittierende Halbleiterlaserchip ein Trägersubstrat und eine Zwischenschicht, die eine Haftung zwischen dem Trägersubstrat und einer Bauelementstruktur des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips vermittelt, wobei die Bauelementstruktur eine aktive Zone umfasst, die zur Strahlungserzeugung vorgesehen ist.

[0008] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips bildet

die Zwischenschicht zumindest einen Teil einer Mantelschicht des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips. Dazu weist die Zwischenschicht beispielsweise einen deutlich geringeren Brechungsindex als das sie umgebende Halbleitermaterial auf. Aufgrund des geringen Brechungsindex der Zwischenschicht wird die im Halbleiterlaserchip erzeugte optische Welle vom Trägersubstrat sowie von Schichten, die zwischen Trägersubstrat und Zwischenschicht liegen, abgeschirmt, wodurch so genannte Substratmoden – das heißt das Eindringen der optischen Welle in das Substrat – wirkungsvoll verhindert wird. Dadurch, dass die Zwischenschicht einen Teil der Mantelschicht des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips bildet, kann die Dicke einer epitaktisch gewachsenen Mantelschicht verringert werden.

[0009] Beispielsweise bei Nitrid-basierten Laserdioden werden die Materialien InGaN – aktive Zone –, GaN-Wellenleiter, Kontaktschicht, Substrat – und AlGaN-Mantelschichten (so genannte Claddingschichten) – verwendet, die im unverspannten Fall eine unterschiedliche Gitterkonstante haben. Dies resultiert in Verspannungen im Schichtsystem, die die Lasereigenschaften und möglichen Wachstumsparameter beschränken. Je weiter die Emissionswellenlänge von etwa 405 nm, – das heißt wenig Indium und wenig Aluminium – in Richtung blau beziehungsweise grün verschoben wird, desto mehr Indium wird in der aktiven Zone benötigt, um die Emissionswellenlänge einzustellen. Da mit größer werdender Wellenlänge aber auch der Brechungsindexkontrast zwischen GaN und AlGaN abnimmt, wird für eine vergleichbar gute Wellenführung gleichzeitig ein höherer Aluminiumanteil und/oder eine größere Schichtdicke benötigt. Damit vergrößert sich die Gitterfehlpassung zwischen AlGaN-Mantelschicht und aktiver Zone – InGaN – zunehmend mit längerer Wellenlänge, wodurch sich starke Verspannungen im Material bilden, die die Materialqualität begrenzen. Die gleiche Problematik ergibt sich analog auch für kurzwellige Laser mit einer Emissionswellenlänge < 405 nm. Insbesondere für Wellenlängen < 360 nm gilt darüber hinaus, dass in der Laserstruktur enthaltenes GaN in diesem Wellenlängenbereich stark absorbiert. Daher werden zur Erreichung hoher Lebensdauern defektreduzierte AlGaN-Substrate benötigt. Eine Möglichkeit besteht darin, die Laserdioden auf defektreduziertem GaN zu wachsen, wobei dieses im Hinblick auf die Gitterkonstante vor allem für geringe aluminium- und indiumhaltige Schichten geeignet ist. Zur Reduzierung der Substratmode eignen sich dicke Mantelschichten besonders gut. Bei langen Wellenlängen nimmt die benötigte Manteldicke stark zu und der Füllfaktor in der aktiven Zone ab.

[0010] Der hier beschriebene kantenemittierende Halbleiterlaserchip ermöglicht unter anderem eine gezielte Einstellung der Substrat-Gitterkonstante. Ferner ermöglicht der kantenemittierende Halbleiter-

laserchip unter anderem für gitterangepasste Epitaxie auf defektarmen Substraten erstmals eine Reduktion der benötigten Manteldicke und einen erhöhten Füllfaktor in der aktiven Zone bei gleichzeitig verbessertem Verspannungshaushalt der aktiven Zone.

[0011] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips bildet die Zwischenschicht eine Mantelschicht des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips. In dieser Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips wird auf eine epitaktisch gewachsene Mantelschicht auf der Seite der aktiven Zone, die der Zwischenschicht zugewandt ist, vollständig verzichtet. Die Zwischenschicht übernimmt hier die Aufgabe der Mantelschicht. Durch den vorzugsweise starken Brechungsindexsprung zwischen der Zwischenschicht und dem Wellenleiter des Halbleiterlasers, der der Zwischenschicht zugewandt ist, wird die im Halbleiterlaser erzeugte optische Welle sehr stark geführt, wodurch vorteilhaft der Füllfaktor in der aktiven Zone erhöht werden kann.

[0012] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips ist die Zwischenschicht elektrisch isolierend. Die Zwischenschicht enthält dabei vorzugsweise ein Siliziumnitrid und/oder ein Siliziumoxid. Die Zwischenschicht kann dabei beispielsweise eines der folgenden Materialien enthalten oder aus einem der folgenden Materialien bestehen: SiO_2 , Si_3N_4 .

[0013] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips vermittelt die Zwischenschicht einen elektrischen Kontakt zwischen dem Trägersubstrat und der aktiven Zone. Das heißt die Zwischenschicht ist elektrisch leitfähig. Über die Zwischenschicht wird beispielsweise p-seitig ein elektrischer Strom in die aktive Zone des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips eingepreßt. Beispielsweise kann die Zwischenschicht in diesem Fall aus einem transparenten leitfähigen Oxid (TCO-transparent conductive oxide) wie zum Beispiel ITO gebildet sein oder dieses Material enthalten.

[0014] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips vermittelt die Zwischenschicht eine Haftung zwischen dem Trägersubstrat und einer Nutzschiicht, wobei auf die der Zwischenschicht abgewandten Seite der Nutzschiicht zumindest ein Teil der Bauelementstruktur epitaktisch abgeschieden ist. Bei dem Trägersubstrat kann es sich dabei zum Beispiel um ein kostengünstiges weil defektreiches GaN-Trägersubstrat handeln. Das Trägersubstrat ist mittels der Zwischenschicht mit der Nutzschiicht verbunden, bei der es sich beispielsweise um eine defekt- und versetzungsarme epitaktisch gewachsene Schichtenfolge handeln kann. Zumindest ein Teil der Bauelementstruktur

wird epitaktisch auf diese Nutzschiicht abgeschieden, welche dann selbst funktionelle Aufgaben im kantenemittierenden Halbleiterlaserchip übernehmen kann.

[0015] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips bildet die Nutzschiicht zumindest einen Teil einer Mantelschiicht oder einer Wellenleiterschicht des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips. Das bedeutet, die Nutzschiicht übernimmt im kantenemittierenden Halbleiterlaserchip die Aufgabe einer Mantelschiicht oder einer Wellenleiterschicht. Diese Schichten oder zumindest Teile dieser Schichten sind dann nicht gemeinsam epitaktisch mit den übrigen Schichten der Bauelementstruktur hergestellt, sondern auf diese Schichten ist die Bauelementstruktur aufgebracht, beispielsweise epitaktisch abgeschieden.

[0016] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips ist die Zwischenschicht eine Bondschiicht. Das heißt die Zwischenschicht dient zum Ronden des Trägersubstrats an die Nutzschiicht oder direkt an die Bauelementstruktur. Beispielsweise enthält oder besteht die Zwischenschicht dazu aus zumindest einem der folgenden Materialien: SiO_2 , Si_3N_4 , SiN , ITO , Al_2O_3 , Ta_2O_5 , HfO_2 , ZnO .

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips ist der Brechungsindex des Materials, aus dem die Zwischenschicht gebildet ist, kleiner als der Brechungsindex des Materials, aus dem die Nutzschiicht gebildet ist. Auf diese Weise kommt es zwischen Nutzschiicht und Zwischenschicht zu einem Brechungsindexsprung, der, wie weiter oben beschrieben, ein Eindringen der im Halbleiterlaserchip erzeugten optischen Welle in das Trägersubstrat ganz oder zumindest teilweise verhindern kann.

[0018] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips umfasst der kantenemittierende Halbleiterlaserchip zwei Zwischenschichten, wobei die aktive Zone zwischen den beiden Zwischenschichten angeordnet ist. Das heißt sowohl an der n-Seite als auch an der p-Seite des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips ist eine Zwischenschicht angeordnet, die beispielsweise eine Bondschiicht bildet. Vorzugsweise sind die Zwischenschichten in diesem Fall elektrisch leitfähig und dienen zum n-seitigen beziehungsweise p-seitigen Einprägen eines Stroms in die aktive Zone.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips ist zwischen der Zwischenschicht und der Nutzschiicht beziehungsweise zwischen der Zwischenschicht und der Bauelementstruktur teilweise ein Material angeordnet, das elektrisch isolierend ist und/oder einen

kleineren Brechungsindex als die Zwischenschicht aufweist. Auf diese Weise ist beispielsweise ein indexgeführter kantenemittierender Halbleiterlaserchip realisiert.

[0020] Der hier beschriebene kantenemittierende Halbleiterlaser macht sich mit anderen Worten unter anderem die folgenden Überlegungen zu nutze: In die Laserstruktur wird eine Zwischenschicht mit niedrigem Brechungsindex eingefügt, z.B. SiO_2 , Si_3N_4 , ITO. Gleichzeitig wird die Defektdichte der Epitaxieschichten gering gehalten. Dazu wird zum Beispiel die Laserstruktur auf eine Nuttschicht mit geringer Versetzungsdichte aufgewachsen, welches durch einen Lateral Cleave Prozess hergestellt wird. Dabei wird zum Bunden der Nuttschicht auf den Träger die Zwischenschicht mit deutlich geringerem Brechungsindex als GaN – zum Beispiel SiO_2 , SiN, Si_3N_4 , ITO – verwendet, welches im kantenemittierenden Halbleiterlaserchip gleichzeitig als Mantelschicht oder zumindest als Teil desselben wirkt. Aufgrund des geringen Brechungsindex der Zwischenschicht wird dabei die optische Welle vom darunter liegenden Material – das heißt zum Beispiel dem Trägersubstrat – abgeschirmt, wodurch eine Substratmode wirkungsvoll verhindert wird. Die verbleibende Manteldicke direkt über der Zwischenschicht kann dabei so gewählt werden, dass ein Optimum zwischen optischen und elektrischen Eigenschaften eingestellt wird. So kann zum Beispiel für bessere Querleitfähigkeit eine gewisse Manteldicke über der Zwischenschicht stehen bleiben. Für den Fall eines vertikalen Stromtransports durch das Bauelement zum Beispiel mit einer ITO-Zwischenschicht kann eine Rest-Mantelschichtdicke verwendet werden um mögliche Absorptionen an der Zwischenschicht zu verhindern. Die Rest-Mantelschicht kann aber auch ganz weggelassen werden. In diesem Fall wirkt die Zwischenschicht direkt als Mantelschicht, wobei die optische Welle auf Grund des starken Brechungsindexsprungs zum Wellenleiter sehr stark geführt wird, wodurch der Füllfaktor in der aktiven Zone erhöht werden kann. Durch die verschiedenen möglichen Manteldicken kann dabei die Verspannung in der aktiven Zone gezielt eingestellt werden, zum Beispiel kann die Verspannung ohne AlGaIn-Mantelschicht auf relaxiertes GaN eingestellt werden. Für UV-Laser kann dementsprechend ein relaxiertes AlGaIn-Substrat hergestellt werden, beziehungsweise für langwellige Laser ein indiumhaltiges Substrat.

[0021] Das Optimum zwischen optischen Eigenschaften und guter Bondbarkeit kann darüber hinaus durch Verwendung mehrerer Schichten – zum Beispiel dünnes SiO_2 für gute Bondbarkeit an der Halbleitergrenzfläche, gefolgt von einem Siliziumnitrid mit höherem Brechungsindex für angepasste Wellenführung – eingestellt werden.

[0022] Im Folgenden wird der hier beschriebene

kantenemittierende Halbleiterlaserchip anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

[0023] [Fig. 1A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

[0024] [Fig. 1B](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0025] [Fig. 1C](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

[0026] [Fig. 2A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

[0027] [Fig. 2B](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel.

[0028] [Fig. 2C](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel.

[0029] [Fig. 3A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel.

[0030] [Fig. 3B](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem achten Ausführungsbeispiel.

[0031] [Fig. 4A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips, bei dem die elektromagnetische Strahlung in das Substrat gedrückt wird.

[0032] [Fig. 4B](#) zeigt in einer Auftragung die benötigte Dicke der Claddingschicht aufgetragen gegen die Wellenlänge der in der aktiven Zone des Lasers erzeugten elektromagnetischen Strahlung um Substrat-Moden zu unterdrücken.

[0033] [Fig. 4C](#) zeigt das elektrische Feld neben dem Ridge des Lasers der [Fig. 4A](#).

[0034] [Fig. 5A](#) zeigt in einer Auftragung den Füllfaktor der Laserstruktur aufgetragen gegen die Wellenlänge der in der aktiven Zone des Lasers erzeugten elektromagnetischen Strahlung.

[0035] [Fig. 5B](#) und [Fig. 5C](#) zeigen das elektrische Feld analog zur [Fig. 4C](#) bei 400 nm beziehungsweise bei 470 nm.

[0036] [Fig. 6A](#) zeigt das elektrische Feld bei einem

Laser wie er in der [Fig. 4A](#) gezeigt ist, mit einem Füllfaktor von 1,94%.

[0037] [Fig. 6B](#) zeigt das elektrische Feld bei einem Laser wie er in Verbindung mit einer der [Fig. 1, 2](#) oder [3](#) beschrieben ist, mit einem Füllfaktor von 2,23%.

[0038] In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0039] Die [Fig. 1A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

[0040] Beim kantenemittierenden Halbleiterlaserchip gemäß der Ausführungsform der [Fig. 1A](#) handelt es sich um einen Breitstreifenlaser. Der Halbleiterlaserchip umfasst ein Trägersubstrat **1**. Bei dem Trägersubstrat **1** handelt es sich im vorliegenden Ausführungsbeispiel um ein kostengünstiges, defektreiches GaN-Trägersubstrat.

[0041] Der Halbleiterlaserchip umfasst ferner eine Zwischenschicht **2**. Bei der Zwischenschicht **2** handelt es sich um eine Bondschicht, die eine mechanische Verbindung zwischen dem Trägersubstrat **1** und einer Nutzschiicht **3** vermittelt. Bei der Nutzschiicht **3** handelt es sich zum Beispiel um eine epitaktisch gewachsene Schicht, die InGaN enthält oder aus diesem besteht. Zur Herstellung wird dazu beispielsweise zuerst auf einem hochwertigen, versetzungsarmen, teuren GaN-Muttersubstrat eine verspannte Epitaxieschicht aus oder mit InGaN abgeschieden. Anschließend wird die Zwischenschicht **2** auf die der Muttersubstrat abgewandte Seite der Epitaxieschicht aufgebracht. Durch einen so genannten "lateral cleave"-Prozesses – beispielsweise durch Implantation von Wasserstoff – wird die Epitaxieschicht nachfolgend vom Muttersubstrat abgelöst und bildet die Nutzschiicht **3**. Ein solches Verfahren zur Herstellung eines Quasi-Substrats mit Nutzschiicht ist zum Beispiel in der Druckschrift WO 2005/004231 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt diesbezüglich hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0042] Beim in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Zwischenschicht **2** elektrisch leitfähig und besteht oder enthält zum Beispiel ITO.

[0043] Auf der Nutzschiicht **3** ist die Bauelementstruktur **50** des Halbleiterlasers epitaktisch abgeschieden. Die Bauelementstruktur **50** umfasst beispielsweise eine n-seitige Wellenleiterschicht **6**, eine

aktive Zone **5**, welche Einfach- oder Mehrfachquantentopfstrukturen, Barrierschichten sowie Spacer-schichten enthalten kann, welche auf die n-seitige Wellenleiterschicht **6** aufgebracht ist.

[0044] Auf die der n-seitigen Wellenleiterschicht **6** abgewandte Seite der aktiven Zone **5** ist eine p-seitige Wellenleiterschicht **12** abgeschieden. Der p-seitigen Wellenleiterschicht **12** folgt in Wachstumsrichtung eine p-seitige Mantelschicht **13** nach. Auf die p-seitige Mantelschicht **13** ist eine p-seitige Kontaktschicht **7** epitaktisch aufgewachsen oder aufgebracht. Ferner weist der kantenemittierende Halbleiterlaserchip einen p-Kontakt **8** und einen n-Kontakt **9** auf.

[0045] Zwischen der n-seitigen Wellenleiterschicht **6** und der Nutzschiicht **3** kann – wie in [Fig. 1A](#) gezeigt – ein Material epitaktisch abgeschieden werden, das in seiner Zusammensetzung der Nutzschiicht **3** entspricht. Die derart erzeugte Schicht bildet zusammen mit der Nutzschiicht **3** die n-seitige Mantelschicht **30** oder ein Teil dieser Mantelschicht. Es ist aber auch möglich, dass die n-seitige Wellenleiterschicht **6** direkt auf die Nutzschiicht **3** epitaxiert wird. In diesem Fall bildet die Nutzschiicht **3** die n-seitige Mantelschicht **30** oder zumindest einen Teil der n-seitigen Mantelschicht.

[0046] Für relativ langwellige – beispielsweise grüne – Laserstrahlung kann die Zwischenschicht **2** einen Teil der n-seitigen Mantelschicht bilden. Auf diese Weise kann die epitaktisch gewachsene n-seitige Mantelschicht möglichst dünn und damit möglichst defektarm gehalten werden.

[0047] Bei der Herstellung des in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschriebenen kantenemittierenden Halbleiterlaserchips kann nach der Epitaxie der Schichtenfolge die Chipprozessierung durchgeführt werden. Bei fehlender Kristallorientierung zwischen den Epitaxieschichten der Bauelementstruktur **50** und dem Trägersubstrat **1** ist es erforderlich, die Laserfacetten durch einen trockenchemischen Ätzprozess zu erzeugen. Vorteil dieses Verfahrens ist es, dass fertig prozessierte Bauteile im Waferverbund vorliegen und noch im Waferverbund getestet werden können.

[0048] Eine weitere Methode zur Erzeugung der Laserfacetten besteht darin, dass beispielsweise die Zwischenschicht **2** gezielt unterätzt wird. Auf diese Weise kann ein Überstand erzeugt werden, und die epitaktisch aufgewachsenen Schichten der Bauelementstruktur **50** können gebrochen werden. Die Bruchfläche bildet dann die entsprechenden Laserfacetten des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips.

[0049] Beim in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschriebenen Halbleiterlaserchip handelt es sich um einen Breitstreifenlaser mit einem streifenförmigen p-Kon-

takt 8.

[0050] Bei einer leitfähigen Zwischenschicht **2** – zum Beispiel ITO – kann im Bauteil ein vertikaler Strompfad verwendet werden. Dazu ist es von Vorteil, auf ein leitfähiges Trägersubstrat **1** mit ähnlicher thermischer Ausdehnung wie das Quasisubstrat **3** zu bonden.

[0051] Die [Fig. 1B](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Beim in Verbindung mit der [Fig. 1B](#) beschriebenen Halbleiterlaserchip handelt es sich um einen Oxidstreifenlaser. Im Unterschied zum in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschriebenen Halbleiterlaserchip ist bei diesem Laser ein elektrisch isolierendes, passivierendes Material **14** auf die der aktiven Zone **5** abgewandte Seite der Kontaktschicht **7** aufgebracht. In dem elektrisch passivierenden Material **14** ist eine Öffnung erzeugt, die mit einem p-Kontaktmaterial, das den p-Kontakt **8** bildet, aufgefüllt ist. Auf diese Weise ist ein Oxidstreifenlaser mit p-seitiger Strompfadbegrenzung realisiert.

[0052] Die [Fig. 1C](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zum in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschriebenen Halbleiterlaserchip ist bei diesem Halbleiterlaserchip eine Rippenwellenleiterstruktur in die p-seitigen Epitaxie-Schichten der Bauelementstruktur **50** strukturiert, beispielsweise geätzt. Vorzugsweise ist die Rippenwellenleiterstruktur bis zur p-seitigen Wellenleiterschicht **12** geätzt. Auf diese Weise ist ein so genannter "ridge wave guide"-Laser erzeugt. Diese Variante ist für Laser, die neben der hohen n-seitigen Wellenführung auch noch eine starke p-seitige Wellenwirkung und Stromeinprägung benötigen, besonders gut geeignet.

[0053] Die [Fig. 2A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Beim in Verbindung mit der [Fig. 2A](#) beschriebenen Halbleiterlaserchip ist die Zwischenschicht **2** elektrisch isolierend. Die Zwischenschicht enthält dazu vorzugsweise zumindest ein Siliziumnitrid und/oder ein Siliziumoxid. Beispielsweise ist die Zwischenschicht **2** aus einem der folgenden Materialien gebildet oder enthält zumindest eines der folgenden Materialien: SiO_2 , Si_3N_4 , SiN .

[0054] Bei elektrisch isolierender Zwischenschicht, die zum Beispiel aus einem Siliziumnitrid und/oder aus einem Siliziumoxid besteht, muss der kantenemittierende Halbleiterlaserchip mit n- und p-Kontakt auf der dem Trägersubstrat **1** abgewandten, epitaxiierten Seite prozessiert werden, siehe [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#).

[0055] Ausgangspunkt für die Epitaxie ist der weiter oben beschriebene lateral cleave Prozess – wie zur [Fig. 1](#) beschrieben – zur Erzeugung eines geeigneten Quasi-Substrates mit Nutschicht **3**. Die darin aufgebraachte Epitaxiestruktur entspricht der für eine leitfähige Zwischenschicht **2**, allerdings muss eine der unteren Mantel- oder Wellenleiterschichten beziehungsweise eine speziell eingeführte Schicht – zum Beispiel GaN/AlGa_N-Superlattice –, eine hohe Querleitfähigkeit aufweisen damit der n-Kontakt **9** eine homogene Stromeinprägung in die Diode zulässt. Hierbei kann die niedrigbrechende Zwischenschicht **2** Wellenführungsaufgaben des Mantels übernehmen. Die so prozessierten Laserdioden können wieder in den oben genannten Bauformen Breitstreifenlaser, [Fig. 2A](#), Oxidstreifenlaser, [Fig. 2B](#) und ridge waveguide Laser, [Fig. 2C](#) ausgeführt werden. Auch hier kann bei nicht angepasster Trägerorientierung das Facettenbrechen durch die oben beschriebenen Ätzschritte ersetzt werden.

[0056] Vorteil des hier beschriebenen kantenemittierenden Halbleiterlaserchips ist unter anderem die geringe Epitaxiegesamtschichtdicke, die defektarme, crackfrei, aktive Zone, die im Betrieb nur unter geringer thermischer Belastung steht und weniger Anlagenezeit und Prozessierung ohne Schaden verursachenden Ätzschritten an den Epitaxieschichten während der Herstellung. Durch die starke Wellenführung werden sehr gute Aspektverhältnisse mit großen Öffnungswinkeln möglich.

[0057] Im Unterschied zum in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschriebenen Halbleiterlaser ist beim in Verbindung mit der [Fig. 2A](#) beschriebenen kantenemittierenden Halbleiterlaserchip eine Öffnung in der Bauelementstruktur **50** erzeugt, die bis zur n-seitigen Wellenleiterschicht **6** reicht. Auf die stellenweise freigelegte n-seitige Wellenleiterschicht **6** ist ein n-Kontakt **9** aufgebracht. In diesem Fall muss die n-seitige Wellenleiterschicht **6** besonders gut leitfähig sein und vor allem eine hohe Querleitfähigkeit aufweisen, damit eine homogene Stromeinprägung in die aktive Zone **5** mittels des n-Kontakts **9** ermöglicht ist. Alternativ dazu kann zwischen der n-seitigen Wellenleiterschicht **6** und der aktiven Schicht **5** eine spezielle Schicht – zum Beispiel eine GaN/AlGa_N-Superlattice-Schicht – eingeführt werden, die eine hohe Querleitfähigkeit aufweist.

[0058] Weiter kann die niederbrechende Zwischenschicht **2** zumindest einen Teil der Wellenführungsaufgaben der n-seitigen Mantelschicht **30** übernehmen. Mittels einer Verbindungsschicht **90** – zum Beispiel einer Lotschicht – kann der Halbleiterchip mechanisch auf einem Träger befestigt werden.

[0059] Der in Verbindung mit der [Fig. 2A](#) beschriebene Halbleiterlaserchip bildet einen Breitstreifenlaser, wie er in Verbindung mit der [Fig. 1A](#) beschrieben

ist.

[0060] Die [Fig. 2B](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel, das in Verbindung mit der [Fig. 2A](#) beschrieben ist, handelt es sich beim Halbleiterlaserchip der [Fig. 2B](#) um einen Oxidstreifenlaser, wie er auch in der [Fig. 1B](#) beschrieben ist.

[0061] Die [Fig. 2C](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zum in Verbindung mit der [Fig. 2A](#) beschriebenen Halbleiterlaserchip ist der in Verbindung mit der [Fig. 2C](#) beschriebene Halbleiterlaserchip als "ridge wave guide"-Laser ausgeführt, wie er schon in Verbindung mit der [Fig. 1C](#) beschrieben ist.

[0062] Sämtliche in Verbindung mit den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#), [Fig. 1C](#) sowie [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) beschriebenen Laserdioden können auch ohne n-Mantelschicht ausgeführt werden. Dabei übernimmt die Zwischenschicht 2 mit einem niedrigeren Brechungsindex als GaN die Aufgaben der n-Mantelschicht.

[0063] Die [Fig. 3A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel. In diesem Ausführungsbeispiel ist auf die n-Mantelschicht verzichtet. Die Zwischenschicht 2 grenzt direkt an die n-Wellenleiterschicht 6 des kantenemittierenden Halbleiterlasers an. Durch die Verwendung der Zwischenschicht 2 als Mantelschicht ist eine Strukturierung und/oder Passivierung der Mantelschicht möglich. Beispielsweise kann ein passivierendes Material 14 – wie in [Fig. 3A](#) gezeigt – zumindest stellenweise zwischen Zwischenschicht 2 und n-Wellenleiterschicht 6 eingebracht werden. Bei dem Passivierungsmaterial 14 handelt es sich zum Beispiel um zumindest eines der folgenden Materialien: SiO_2 , SiN, Si_3N_4 , GaN, AlGaIn. Die Schicht aus passivierendem Material 14 liegt besonders nahe an der n-Wellenleiterschicht 6 sowie der aktiven Zone 5 und ermöglicht somit im Zusammenspiel mit der Zwischenschicht 2 ein sehr wirkungsvolles optisches Confinement und eine gezielte Stromeinprägung in die aktive Zone 5. Dabei sind keine Schaden verursachenden Trockenätzschritte an Epitaxieschichten notwendig.

[0064] Zur Verwirklichung des Halbleiterlasers, wie er in Verbindung mit der [Fig. 3A](#) beschrieben ist, wird die Bauelementstruktur 50 auf einem defektarmen Quasi-Substrat, wie es weiter oben beschrieben ist, abgeschieden. Vor dem Aufbringen der Zwischenschicht 2 auf die Bauelementstruktur 50 erfolgt eine

Strukturierung der der aktiven Zone 5 abgewandten Seite der n-Wellenleiterschicht 6 mit dem passivierenden und/oder niedrigbrechenden Material 14, in das Kontaktöffnungen geätzt werden. Auf das passivierende Material 14 wird die Zwischenschicht 2 aufgebracht und auf den Träger gebondet. Die nachfolgende Prozessierung beschränkt sich auf das Aufbringen von n-Kontakt 9 und p-Kontakt 8 sowie der Erzeugung der Facetten nach dem weiter oben beschriebenen Verfahren.

[0065] Die derart hergestellte Strukturierung ermöglicht ein starkes elektrisches und optisches Confinement. Die hier beschriebene Strukturierung kann auch durch eine p-seitige Strukturierung, wie sie beispielsweise in Verbindung mit den [Fig. 1B](#) und [Fig. 1C](#) beschrieben ist, ergänzt werden.

[0066] Die [Fig. 3B](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips gemäß einem achten Ausführungsbeispiel. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist der Halbleiterlaser neben der n-seitigen Zwischenschicht 2 auch eine p-seitige Zwischenschicht 2 auf. Die Zwischenschichten 2 können dabei auch als p- und n-seitige Mantelschichten des Halbleiterlasers dienen. Zur Herstellung eines derartigen Halbleiterlasers wird die komplette Laserepitaxie auf defektarmen GaN-Substraten durchgeführt, wobei die p-seitige Mantelschicht ganz oder teilweise weggelassen wird. Nach dem Aufbringen der n-seitigen Zwischenschicht 2 wird auf das Trägersubstrat 1 umgebondet und die Bauelementstruktur 50 vom Aufwachssubstrat abgelöst.

[0067] Je nachdem, ob eine leitfähige oder eine elektrisch isolierende n-seitige Zwischenschicht 2 Verwendung findet, erfolgt die Prozessierung analog zu den in Verbindung mit den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#), [Fig. 1C](#) oder in Verbindung mit den [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#), [Fig. 2C](#) beschriebenen Verfahren.

[0068] Weiter ist es möglich, dass eine Strukturierung der p- und/oder n-seitigen Zwischenschichten 2, wie sie in Verbindung mit der [Fig. 3A](#) beschrieben ist, erfolgt.

[0069] Sämtliche in Verbindung mit den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#), [Fig. 1C](#), [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#), [Fig. 2C](#), [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) beschriebenen Ausführungsbeispiele lassen sich auch mit vertauschter p- und n-Seite der Epitaxieschichten und damit vertauschten p- und n-Kontakten verwirklichen.

[0070] Die [Fig. 4A](#) zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines kantenemittierenden Halbleiterlaserchips, bei dem die elektromagnetische Strahlung – das heißt die optische Welle – 15 in das Substrat 1 gedrückt wird. Der kantenemittierende Halbleiterlaserchip weist hier keine wie weiter oben beschriebe-

ne Zwischenschicht auf.

[0071] Die [Fig. 4B](#) zeigt in einer Auftragung die benötigte Dicke der Mantelschicht gegen die Wellenlänge der in der aktiven Zone **5** des Lasers erzeugten elektromagnetischen Strahlung, um Substratmoden zu unterdrücken.

[0072] Die [Fig. 4C](#) zeigt das elektrische Feld in der Nähe des ridges des Lasers der [Fig. 4A](#).

[0073] Die [Fig. 5A](#) zeigt in einer Auftragung den Füllfaktor der Laserstruktur aufgetragen gegen die Wellenlänge der in der aktiven Zone **5** des Lasers erzeugten elektromagnetischen Strahlung. Wie in der [Fig. 5A](#) dargestellt ist, sinkt der Füllfaktor der Laserstruktur der [Fig. 4A](#) wegen dem abnehmenden Brechungsindexkontrast mit zunehmender Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung **15**.

[0074] Die [Fig. 5B](#) und [Fig. 5C](#) zeigen das elektrische Feld analog zur [Fig. 4C](#) bei einer Wellenlänge der in der aktiven Zone **5** des Lasers erzeugten elektromagnetischen Strahlung **15** von 400 nm beziehungsweise 470 nm.

[0075] Die [Fig. 6A](#) zeigt das elektrische Feld bei einem Laser, wie er in der [Fig. 4A](#) gezeigt ist, mit einem Füllfaktor von 1,94%. Die [Fig. 6B](#) zeigt das elektrische Feld bei einem Laser, wie er in Verbindung mit einer der [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) oder [3C](#) beschrieben ist. Dabei findet eine SiO₂-Zwischenschicht **2** Verwendung. Der Füllfaktor ist in diesem Fall 2,23%. Das heißt die optische Welle **15** wird wegen dem großen Brechungsindexsprung an der Zwischenschicht **2** stärker geführt. Aufgrund der Zwischenschicht **2** verbessert sich der Füllfaktor des Lasers also um zirka 15% gegenüber dem in Verbindung mit der [Fig. 4A](#) beschriebenen Lasers ohne Zwischenschicht **2**.

[0076] Insgesamt ergibt sich aus dem in Verbindung mit den [Fig. 4A](#), [Fig. 4B](#), [Fig. 4C](#), [Fig. 5A](#), [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#), [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#) angestellten Überlegungen, dass eine Zwischenschicht **2** aus einem niederbrechenden Material, die die Wellenleiteraufgaben einer Mantelschicht zumindest teilweise übernimmt, dass der Füllfaktor der aktiven Zone stark verbessert werden kann.

[0077] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

[0078] Diese Patentanmeldung beansprucht die Pri-

orität der deutschen Patentanmeldung 102006030251.6, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Patentansprüche

1. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip mit – einem Trägersubstrat (**1**), – einer Zwischenschicht (**2**), die eine Haftung zwischen dem Trägersubstrat (**1**) und einer Bauelementstruktur (**50**) des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips vermittelt, wobei die Bauelementstruktur (**50**) eine aktive Zone (**5**), umfasst, die zur Strahlungserzeugung vorgesehen ist.

2. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß dem vorherigen Anspruch, bei dem die Zwischenschicht (**2**) zumindest den Teil einer Mantelschicht (**3**, **30**) des kantenemittierenden Halbleiterlasers bildet.

3. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht (**2**) eine Mantelschicht (**30**) des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips bildet.

4. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht (**2**) elektrisch isolierend ist.

5. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht (**2**) einen elektrischen Kontakt zwischen dem Trägersubstrat (**1**) und der aktiven Zone (**5**) vermittelt.

6. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht zumindest eines der folgenden Materialien enthält oder aus zumindest einem der folgenden Materialien besteht: ein Siliziumoxid, ein Siliziumnitrid, ein transparentes und leitfähiges Oxid, ein Aluminiumoxid, ein Tantaloxid, ein Hafniumoxid, ein Zinkoxid.

7. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht (**2**) eine Haftung zwischen dem Trägersubstrat (**1**) und einer Nuttschicht (**3**) vermittelt, wobei auf die Nuttschicht (**3**) zumindest ein Teil der Bauelementstruktur (**50**) epitaktisch abgedepositioniert ist.

8. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Nuttschicht (**3**) zumindest einen Teil einer Mantelschicht (**30**) oder einer Wellenleiterschicht (**6**) des kantenemittierenden Halbleiterlaserchips bildet.

9. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip ge-

mäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht (3) eine Bondschicht ist.

10. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Brechungsindex des Materials, aus dem die Zwischenschicht (2) gebildet ist, kleiner ist als der Brechungsindex des Materials aus dem die Nuttschicht (3) gebildet ist.

11. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, aufweisend zwei Zwischenschichten (2), wobei die aktive Zone (5) zwischen den beiden Zwischenschichten angeordnet ist.

12. Kantenemittierender Halbleiterlaserchip gemäß zumindest einem der vorherigen Ansprüche, bei dem zwischen der Zwischenschicht (2) und der Nuttschicht (3) stellenweise ein Material angeordnet ist, das elektrisch isolierend ist und/oder einen kleineren Brechungsindex als die Zwischenschicht (2) aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG 2A

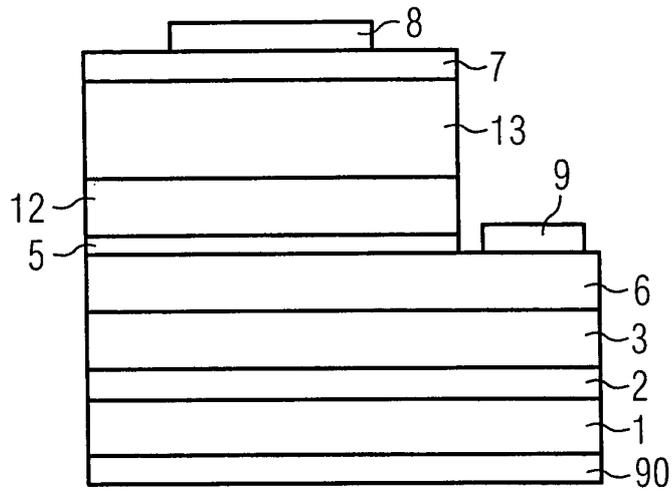


FIG 2B

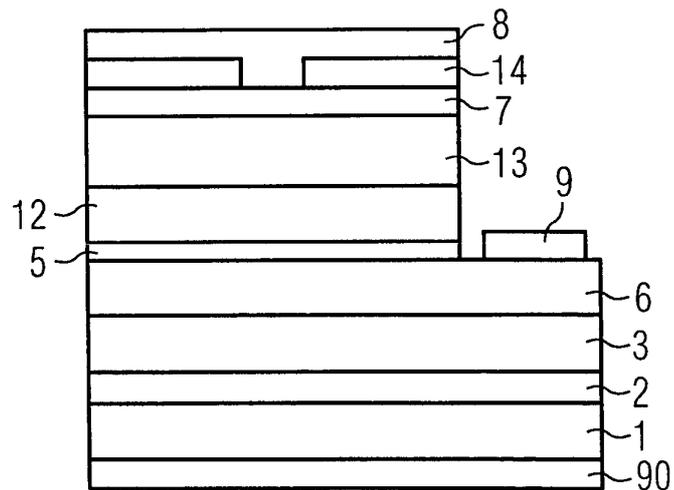


FIG 2C

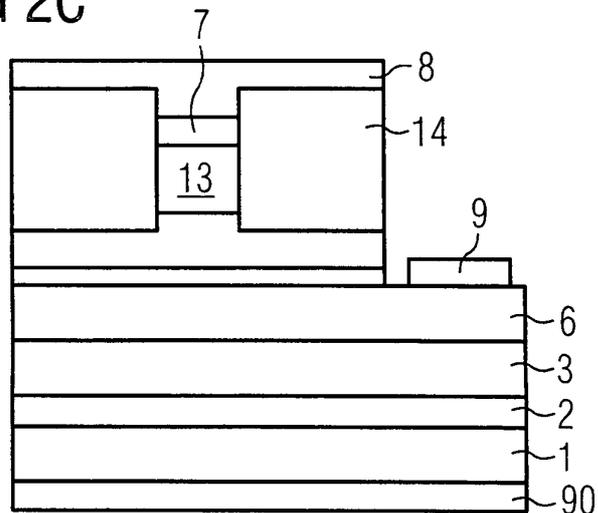


FIG 3A

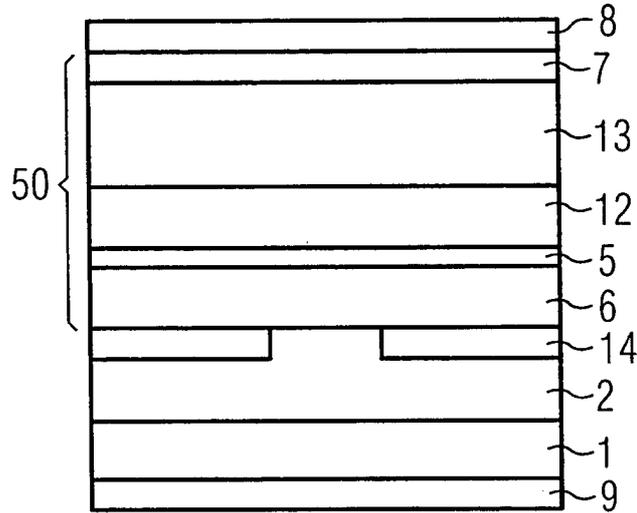


FIG 3B

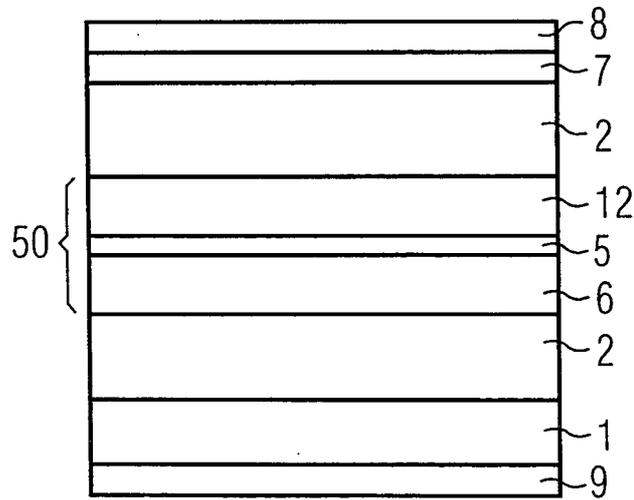


FIG 4A

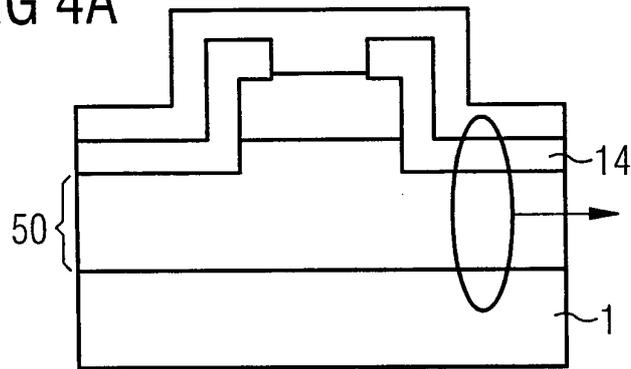


FIG 4B

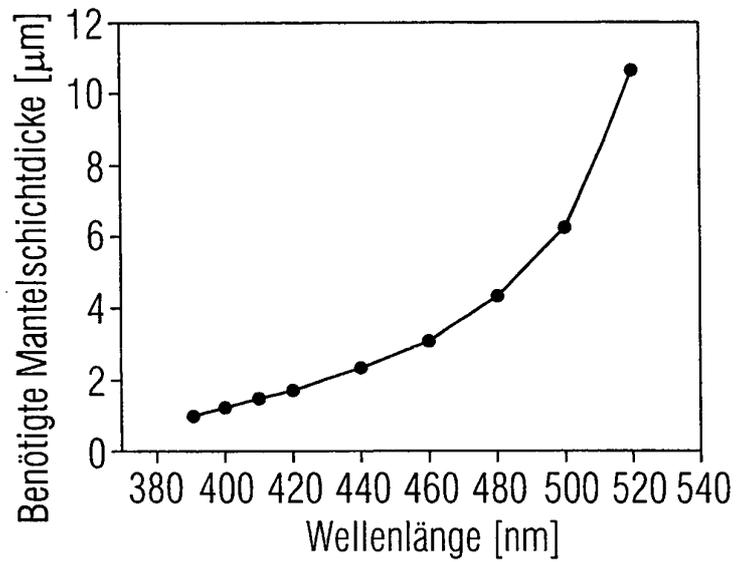


FIG 4C

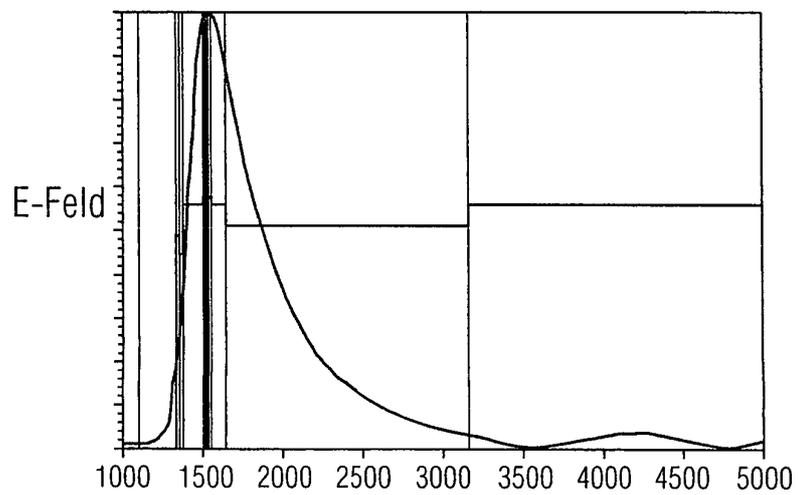


FIG 5A

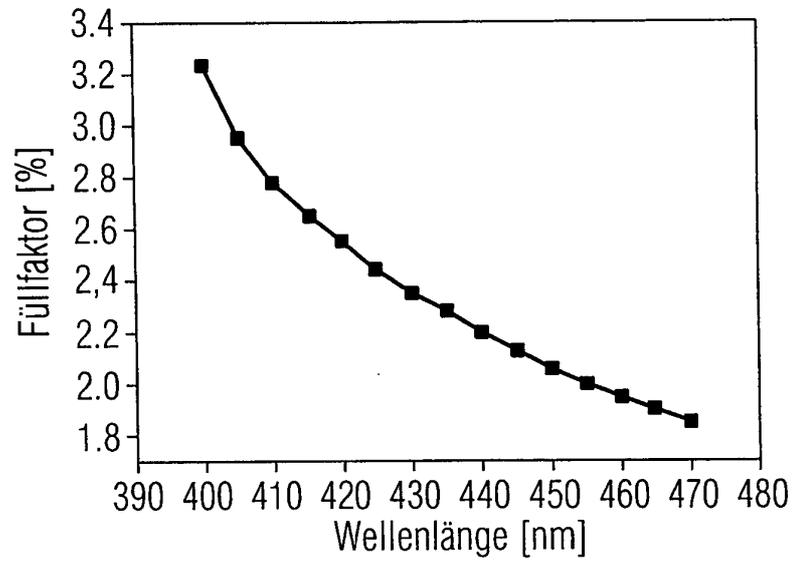


FIG 5B

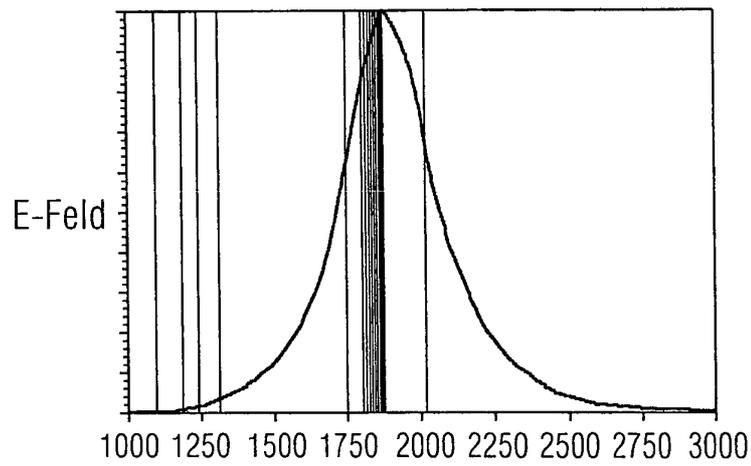


FIG 5C

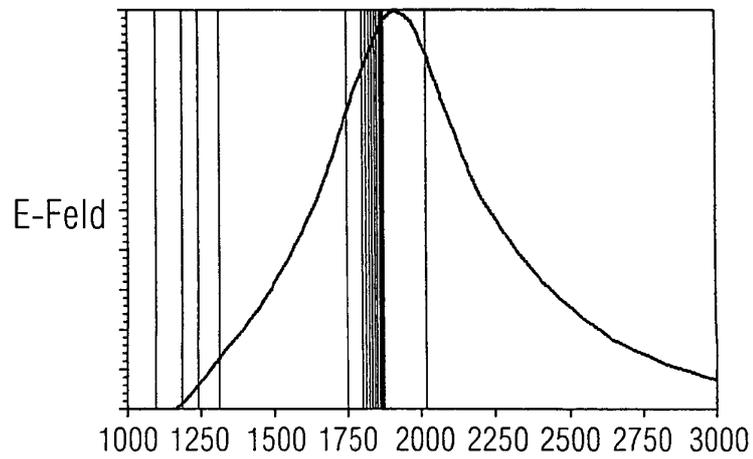


FIG 6A

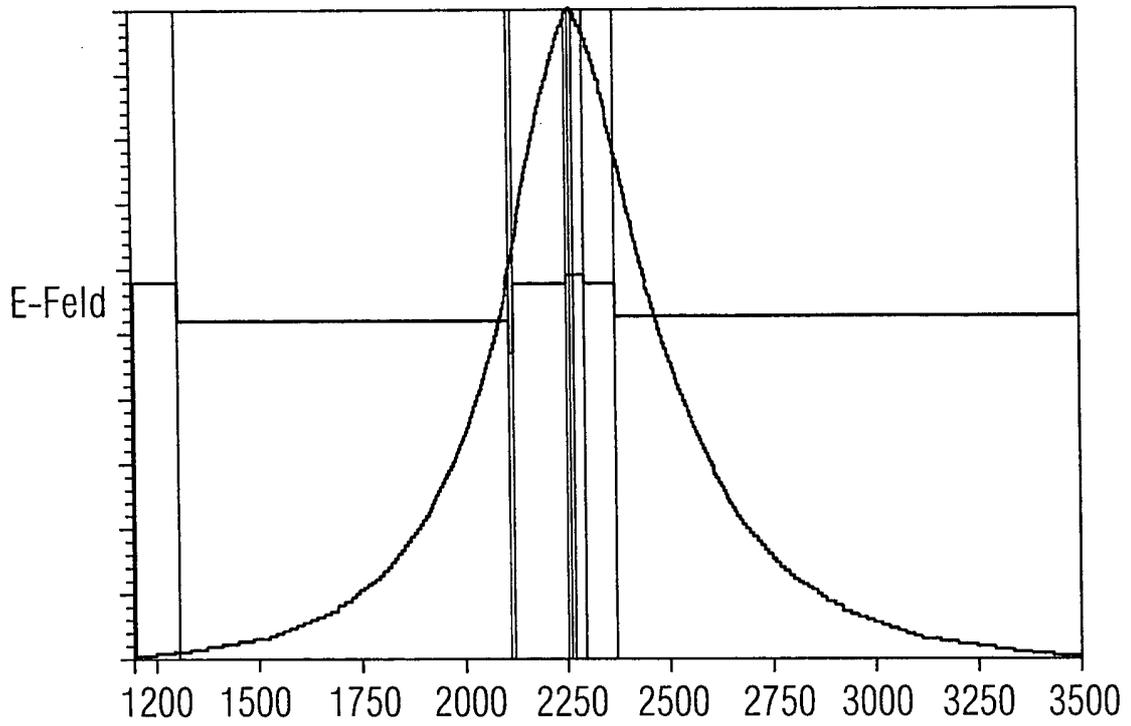


FIG 6B

