PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation [5] :
H01S 3/085, 3/103, 3/101

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 94/13044**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. Juni 1994 (09.06.94)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP93/03301

(22) Internationales Anmeldedatum: 24. November 1993 (24.11.93)

(30) Prioritätsdaten:
92120671.0 3. December 1992 (03.12.92) EP
(34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist: DE usw.

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

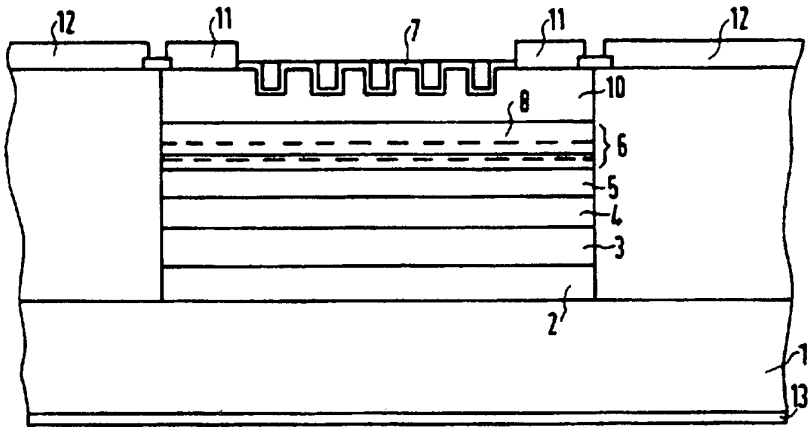
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: KÖCK, Anton [DE/DE]; Grimmeisenstrasse 19, D-81927 München (DE). GORNIK, Erich [DE/DE]; Knöbelstrasse 4, D-80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: TUNABLE SURFACE-EMITTING LASER DIODE

(54) Bezeichnung: ABSTIMMBARE OBERFLÄCHENEMITTIERENDE LASERDIODE



(57) Abstract

In a tunable surface-emitting laser diode, an active layer (5) and a tuning layer (3) are arranged transversely to each other between contact layers (2, 6), in the manner of a TTG laser diode, and are mutually separated by a central layer (49), so that these layers may be separately driven by appropriately doping the surrounding semiconductor material. Above a radiation-generating area, the semiconductor has at its surface a spatially periodical structure provided with a thin metal film (7), so that when the laser diode is operated a directed surface-radiation may be emitted by exciting the surface plasmon polaritons and its direction of propagation may be regulated by tuning its wavelenght.

(57) Zusammenfassung

Abstimmbare oberflächenemittierende Laserdiode, bei der nach Art der TTG-Laserdiode eine aktive Schicht (5) und eine Abstimmschicht (3) transversal zueinander zwischen Kontaktschichten (2, 6) angeordnet und durch eine Zentralschicht (4) voneinander getrennt sind, so daß bei geeigneter Dotierung des umgebenden Halbleitermateriales diese Schichten getrennt ansteuerbar sind, und bei der oberhalb eines für Strahlungserzeugung vorgesehenen Bereiches das Halbleitermaterial an der Oberfläche eine räumliche periodische Strukturierung, die mit einem dünnen Metallfilm (7) versehen ist, aufweist, so daß bei Betrieb der Laserdiode von der Oberfläche Strahlung mittels Anregung von Oberflächenplasmonpolaritonen gerichtet ausgesandt wird und durch Abstimmung der Wellenlänge der Strahlung diese Abstrahlrichtung variiert werden kann.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	**GA**	Gabon	**MR**	Mauretanien
AU	Australien	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MW**	Malawi
BB	Barbados	**GE**	Georgien	**NE**	Niger
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**NL**	Niederlande
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland	**NO**	Norwegen
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**NZ**	Neuseeland
BJ	Benin	**IE**	Irland	**PL**	Polen
BR	Brasilien	**IT**	Italien	**PT**	Portugal
BY	Belarus	**JP**	Japan	**RO**	Rumänien
CA	Kanada	**KE**	Kenya	**RU**	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	**KG**	Kirgisistan	**SD**	Sudan
CG	Kongo	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**SE**	Schweden
CH	Schweiz	**KR**	Republik Korea	**SI**	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	**KZ**	Kasachstan	**SK**	Slowakei
CM	Kamerun	**LI**	Liechtenstein	**SN**	Senegal
CN	China	**LK**	Sri Lanka	**TD**	Tschad
CS	Tschechoslowakei	**LU**	Luxemburg	**TG**	Togo
CZ	Tschechische Republik	**LV**	Lettland	**TJ**	Tadschikistan
DE	Deutschland	**MC**	Monaco	**TT**	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	**MD**	Republik Moldau	**UA**	Ukraine
ES	Spanien	**MG**	Madagaskar	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	**ML**	Mali	**UZ**	Usbekistan
FR	Frankreich	**MN**	Mongolei	**VN**	Vietnam

ABSTIMMBARE OBERFLÄCHENEMITTIERENDE LASERDIODE

Die vorliegende Erfindung betrifft eine oberflächenemittierende Laserdiode, bei der unterschiedliche Abstrahlrichtungen realisierbar sind.

In der EP-A-0 442 002 ist ein strahlungserzeugendes Halbleiterbauelement beschrieben, bei dem an der Oberfläche des Halbleitermateriales räumliche periodische Strukturierungen vorhanden sind, die mit einem dünnen Metallfilm überzogen sind. An der Oberfläche dieses Metallfilmes werden Oberflächenplasmonpolaritonen durch in der aktiven Schicht erzeugte Photonen angeregt. Durch diese Anregung von Oberflächenmoden wird eine extrem gebündelte Abstrahlung von der Oberfläche erzielt. Oberflächenplasmonpolaritonen sind transversal elektrische (TE) oder transversal magnetische (TM) Oberflächenmoden, die sich an der Grenzfläche zweier verschiedener Medien ausbreiten können. Für die Anregung dieser Moden bedarf es einer geeigneten periodischen Strukturierung der Grenzfläche, die bei dem beschriebenen Bauelement durch eine z. B. durch Ätzen erzeugte räumliche Strukturierung der Halbleiteroberfläche ausgebildet ist. Die bei herkömmlichen strahlungserzeugenden Bauelementen auftretenden Verlustmechanismen, die den Wirkungsgrad begrenzen, können umgangen werden, wobei gleichzeitig eine deutlich verringerte Linienbreite des abgestrahlten Lichtes und eine drastische Erhöhung der externen Quantenausbeute erreicht wird. Die Abstrahlung erfolgt darüber hinaus mit einer definierten Polarisationsrichtung, die durch die Anordnung und Ausrichtung der periodischen Oberflächenstrukturierung festgelegt ist.

In der EP-A-0 360 011 ist eine abstimmbare DFB-Laserdiode beschrieben, bei der die aktive Schicht und die Abstimmschicht transversal zueinander angeordnet sind und über eine Zwischenschicht, die sich dazwischen befindet, getrennt ange-

steuert werden können. Diese in der Fachwelt als TTG-DFB-Laserdiode bekannte Laserdiode existiert inzwischen in verschiedenen Modifikationen, die insbesondere verschiedene Anordnungen der für die Stromzuführungen erforderlichen Kontakte betreffen. Derartige Dioden lassen sich auf leitfähigen und auf semiisolierenden Substraten aufbauen. Die Schichtstruktur kann im einzelnen an die jeweiligen Erfordernisse, insbesondere bei der Herstellung hochintegrierter Bauelemente, angepaßt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine oberflächenemittierende Laserdiode anzugeben, die extrem gebündelt abstrahlt und deren Abstrahlrichtung ohne Veränderung des strukturellen Aufbaus oder der Anordnung der Diode variiert werden kann.

Diese Aufgabe wird mit der abstimmbaren Laserdiode mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die vorliegende Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Kombination eines der TTG-Laserdiode ähnlichen Schichtaufbaus mit einer Oberflächengestaltung, die die Anregung von Oberflächenmoden gestattet. Diese erfindungsgemäße Laserdiode wird im folgenden anhand verschiedener Ausführungsbeispiele, die in den Figuren 1 bis 6 dargestellt sind, beschrieben.

Fig. 1 bis 3 zeigen jeweils eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Laserdiode im Querschnitt.
Fig. 4 zeigt einen Längsschnitt der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform.
Fig. 5 und 6 zeigen jeweils Schnittaufsichten der Laserdioden der Figuren 1 bzw. 3.

Bei der erfindungsgemäßen Laserdiode ist transversal zu einer aktiven Schicht eine Abstimmschicht vorgesehen. Diese Abstimmschicht unterscheidet sich durch den Energiebandabstand

des verwendeten Halbleitermateriales von der aktiven Schicht. Damit wird erreicht, daß in der Abstimmschicht keine Strahlung erzeugt wird. Die aktive Schicht und die Abstimmschicht sind zwischen dotierten Halbleiterschichten angeordnet, wobei diese Halbleiterschichten so dotiert sind, daß in die aktive Schicht und in die Abstimmschicht getrennt Ströme injiziert werden können. Zu diesem Zweck ist z. B. eine zwischen der aktiven Schicht und der Abstimmschicht angeordnete Zentralschicht für den einen Leitfähigkeitstyp dotiert, während zwei jeweils auf der gegenüberliegenden Seite der aktiven Schicht und der Abstimmschicht angeordnete Kontaktschichten für den entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp dotiert sind. Wenn diese Zentralschicht und die beiden Kontaktschichten jeweils getrennt voneinander z. B. über leitfähig dotiertes Halbleitermaterial mit je einem Kontakt verbunden sind, können durch Anlegen geeigneter Potentiale an diese Kontakte unabhängig voneinander steuerbare Ströme an die aktive Schicht und an die Abstimmschicht angelegt werden. Damit läßt sich die Wellenlänge der in der aktiven Schicht erzeugten Strahlung abstimmen. Oberhalb des für Strahlungserzeugung in der aktiven Schicht vorgesehenen Bereiches ist die räumliche periodische Strukturierung in der Oberfläche des Halbleitermateriales angeordnet. An der Außenseite des dünnen darauf aufgebrachten Metallfilmes können dann bei Betrieb der Laserdiode Oberflächenmoden angeregt werden, die zu einer Lichtabstrahlung von der Oberfläche führen. Die Abstrahlrichtung hängt dabei von der Wellenlänge des Lichtes und der Periodenlänge der Strukturierung ab. Bei gegebener Periodenlänge kann daher die Abstrahlrichtung durch Ändern der Wellenlänge variiert werden.

In Fig. 1 ist auf ein leitfähiges Substrat 1 eine Schichtfolge, die im Querschnitt gezeichnet ist, aufgebracht. Zunächst ist eine untere Kontaktschicht 2 aufgebracht. Darauf befinden sich nacheinander die Abstimmschicht 3, die Zentralschicht 4 und die aktive Schicht 5. Eine obere Kontaktschicht 6 enthält ein DFB-Gitter 8. Diese Kontaktschicht 6 ist durch eine Deckschicht 10 bedeckt, deren Oberfläche die räumliche

periodische Strukturierung aufweist. Das DFB-Gitter 8 dient der Erzeugung einer Laserresonanz. Anstelle dieses DFB-Gitters 8 oder zusätzlich dazu können an den longitudinalen Begrenzungen der aktiven Schicht 5 Spiegelendflächen, ggf. mit darauf aufgebrachten Spiegelschichten zur Verspiegelung, vorhanden sein, so daß der Laserresonator ein Fabry-Perot-Laser ist. In Fig. 1 ist der Schichtaufbau streifenförmig und seitlich durch Halbleitermaterial begrenzt. Der Schnitt verläuft dabei quer zur Längsrichtung des Streifens. In der Deckschicht 10 befindet sich eine zweidimensional angeordnete periodische räumliche Strukturierung, wie sie ähnlich in Schrägaufsicht in Fig. 5 dargestellt ist. Auf dieser Strukturierung befindet sich ein dünner Metallfilm 7, der vorteilhaft z. B. Silber, Gold oder Aluminium ist. Die periodische Strukturierung kann auch direkt in der oberen Kontaktschicht 6 vorhanden sein. Die Deckschicht 10 ist dann überflüssig. Ebenso kann die Anordnung von aktiver Schicht 5 und Abstimmschicht 3 vertauscht sein, d. h. die Abstimmschicht ist dann bezüglich des Substrates 1 oberhalb der aktiven Schicht angeordnet. Ein DFB-Gitter 8 kann auch an anderer Stelle innerhalb der Schichtfolge angeordnet sein. Bei vorhandenen Spiegelendflächen ist ein Gitter überflüssig. Es kann aber zusätzlich oder statt derer vorhanden sein, z. B. als DBR-Gitter. Ebenso kann die untere Kontaktschicht 2 entfallen, wenn die Strominjektion durch ein leitfähiges Substrat 1 erfolgt. Die Dicke des Metallfilms 7 beträgt typisch zwischen 0,01 µm und 0,1 µm.

Die Kontakte 11, 12, 13 auf der Oberseite bzw. auf der der Schichtfolge abgewandten Unterseite des Substrates 1 sind jeweils auf dotierten Halbleitermaterialien aufgebracht. Der Kontakt 11 befindet sich in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 auf dem mit der oberen Kontaktschicht 6 elektrisch leitend verbundenen Halbleitermaterial. Der seitlich zu dem Streifen mit der Schichtfolge angeordnete Bereich, auf dem der Kontakt 12 aufgebracht ist, und die Zentralschicht 4 sind dazu entgegengesetzt dotiertes Halbleitermaterial. Die untere Kontakt-

schicht 2 besitzt ebenso wie das Substrat 1 eine Dotierung mit demselben Vorzeichen wie die obere Kontaktschicht 6. Um parasitäre Ströme zu vermeiden, können an verschiedenen Stellen mit unerwünschten pn-Übergängen zusätzliche Isolationsbereiche oder sperrende pn-Übergänge angeordnet sein, die der Übersichtlichkeit halber in Fig. 1 weggelassen sind.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 kann im Materialsystem von GaAs z. B. das Substrat 1 GaAs sein, die Kontaktschichten 2, 6 und die Zentralschicht 4 jeweils AlGaAs und die Abstimmschicht 3 und die aktive Schicht 5 jeweils GaAs. Die aktive Schicht 5 kann auch eine Quantum-well-Struktur sein mit einer Folge dünner Schichten unterschiedlichen Energiebandabstandes, in dem Ausführungsbeispiel z. B. Schichten aus abwechselnd GaAs und InGaAs. Die gegebenenfalls vorhandene Deckschicht 10 ist ebenfalls AlGaAs. Das Substrat 1 und die Kontaktschichten 2, 6 (ggf. auch die Deckschicht 10) sind z. B. p-leitend dotiert. Die Zentralschicht 4 ist in dem Fall n-leitend dotiert. Mögliche Zusammensetzungen sind z. B. für die Zentralschicht 4 $(Al_{0,35}Ga_{0,65})As$ und für die Kontaktschichten 2, 6 z. B. $(Al_{0,3}Ga_{0,7})As$. Typische Schichtdicken sind:
untere Kontaktschicht 2 z. B. 1000 nm, die Abstimmschicht 3 z. B. 250 nm, die Zentralschicht 4 z. B. 500 nm, die aktive Schicht 5 z. B. 90 nm, die obere Kontaktschicht 6 im Ausführungsbeispiel ohne Deckschicht z. B. 400 nm bis 1300 nm. Die in Fig. 4 eingezeichneten typischen Abmessungen der gitterförmigen Strukturierung der Oberfläche sind z. B. 1300 nm für die Länge Lg der Gitterperiode, 100 nm für die Höhe h der Strukturierung (d. h. die Differenz zwischen maximalem und minimalem Abstand des Metallfilms 7 von der aktiven Schicht 5), z. B. 25 nm für die Dicke d des Metallfilms 7 und z. B. zwischen 100 und 500 nm für die Dicke eines eventuell auf den Metallfilm 7 aufgebrachten Dielektrikums. Die Resonatorlänge, d. h. der Abstand von Spiegelendfläche zu Spiegelendfläche zu Spiegelendfläche, beträgt z. B. 500 µm, die Länge des zu

Spiegelendfläche, beträgt z. B. 500 µm, die Länge des strukturierten Bereiches der Oberfläche in Längsrichtung des Resonators z. B. 100 µm.

Fig. 2 zeigt eine alternative Ausführungsform, bei der Spiegelschichten 19, 20 für die Ausbildung einer vertikalen Laserresonanz ober- bzw. unterhalb der Kontaktschichten 2, 6 angeordnet sind. Die obere Spiegelschicht 20 kann entfallen, wenn der Metallfilm 7 eine ausreichende Reflexionswirkung besitzt. Zwischen den Spiegelschichten 19, 20 sind wie in Fig. 1 übereinander die untere Kontaktschicht 2, die Abstimmschicht 3, die Zentralschicht 4, die aktive Schicht 5 und die obere Kontaktschicht 6 angeordnet. Mit den Pfeilen sind verschiedene durch Abstimmen der Wellenlänge mögliche Abstrahlrichtungen angedeutet. In Fig. 2 sind außerdem Detektoren D1, D2, ..., Dn, die in verschiedenen Abstrahlrichtungen angeordnet sind, eingezeichnet. Statt der Detektoren können Glasfasern oder Anschlüsse für Glasfasern vorgesehen sein, in die das von der Laserdiode emittierte Licht jeweils gerichtet werden kann.

Für den für die Abstimmung vorgesehenen Teil der erfindungsgemäßen Laserdiode kommen im Prinzip alle Modifikationen, wie sie von der TTG-Laserdiode bekannt sind, in Frage. Als Beispiel ist in Fig. 3 eine Anordnung gezeichnet, bei der alle Kontakte auf der Oberseite angeordnet sind und das Substrat 1 semiisolierendes Material ist. Bei dieser Laserdiode ist außerdem beispielhaft ein vereinfachter Aufbau dargestellt, bei dem die Schichtfolge nur die Kontaktschicht 2, die Abstimmschicht 3, die Zentralschicht 4, die aktive Schicht 5 und die Kontaktschicht 6 umfaßt. Die räumliche periodische Strukturierung befindet sich unmittelbar in der Oberfläche dieser oberen Kontaktschicht 6. Alternativ zu der zweidimensionalen Strukturierung der Figuren 1 und 2 ist hier eine eindimensionale Strukturierung mit periodischer Abfolge in Längsrichtung des Laserstreifens gezeichnet. Eine derartige Strukturierung ist im Ausschnitt in einer perspektivischen Aufsicht in Fig.

6 dargestellt. Ein zu Fig. 3 gehörender Längsschnitt ist in Fig. 4 dargestellt. In Fig. 4 sind die Länge Lg der Periode der Struktierung, die Höhe h dieser Strukturierung und der minimale Abstand a des Metallfilmes 7 von der aktiven Schicht 5 eingezeichnet. Durch die Pfeile oberhalb sind wieder verschiedene Abstrahlrichtungen angedeutet. Bei dieser Laserdiode sind Spiegelschichten als Spiegelendflächen 9 vorgesehen.

Um eine getrennte Stromzuführung in die aktive Schicht 5 und in die Abstimmschicht 3 zu ermöglichen, ist in das semiisolierende Substrat 1 eine Zuführungsschicht 14 eingebettet, die z. B. durch Implantieren von Dotierstoff vor dem Überwachsen hergestellt wird. Der Kontakt 11 befindet sich unmittelbar auf der dotierten Kontaktschicht 6. Die untere Kontaktschicht 2 ist für denselben Leitungstyp dotiert, ebenso die Zuführungsschicht 14 und der darauf aufgebrachte laterale Bereich 17. Auf diesem lateralen Bereich 17 befindet sich ein Kontakt 18. Der Anschluß der entgegengesetzt dotierten Zentralschicht 4 erfolgt über den entsprechend dotierten zweiten lateralen Bereich 16, auf dem der Kontakt 12 aufgebracht ist. Auch bei Verwendung eines semiisolierenden Substrates stehen für die Schichtanordnung im einzelnen alle Modifikationen, die von TTG-Laserdioden auf semiisolierendem Substrat her bekannt sind, für die erfindungsgemäße Laserdiode zur Verfügung. So kann insbesondere die Laserdiode nach Fig. 3 durch ein DFB-Gitter oder durch Spiegelschichten zur Ausbildung eines Vertikalresonators ergänzt sein. Für die periodische Strukturierung der Oberfläche kommen alle dem Fachmann aus der zitierten EP-A-0 442 002 bekannten Ausführungsformen in Frage. Für die anhand der Figuren 1 bis 4 beschriebenen Ausführungsformen ist diese Strukturierung zusätzlich durch die Figuren 5 und 6 veranschaulicht. Die periodische Strukturierung kann durch parallel zueinander ausgerichtete Gräben gebildet sein, die bei einer Laserdiode mit Horizontalresonator nicht in der Ausbreitungsrichtung des Lichtes in dem Resonator verlaufen. Die Strukturierung kann in allen Richtungen in der Schichtebene der aktiven Schicht periodisch

sein. Das ist z. B. bei einer kreuzweisen Anordnung von Gräben oder Stegen der Fall. Zwei Scharen parallel zueinander angeordneter Gräben oder Stege mit jeweils gleichen Abständen zu den nächstgelegenen Gräben bzw. Stegen sind z. B. senkrecht zueinander angeordnet. Als Periodenlänge im Sinn der Ansprüche sind dann die für die Eigenschaft der Oberflächenmoden charakteristischen Abmessungen aufzufassen, also die Längen der Periodizität in den zwei jeweils auf einer Schar von Gräben bzw. Stegen senkrecht stehenden Richtungen. In Fig. 5 ist auch das DFB-Gitter 8 eingezeichnet, wobei die frontale Ansicht senkrecht zur Zeichenebene in Fig. 5 der frontalen Ansicht senkrecht zur Zeichenebene in Fig. 1 entspricht. Die frontale Ansicht von Fig. 6 ist ein Ausschnitt aus Fig. 4. Die durch den Pfeil in Fig. 6 bezeichnete Blickrichtung liefert einen entsprechenden Ausschnitt aus Fig. 3.

Für die Strukturierung der aktiven Schicht 5 und der Abstimmschicht 3 stehen die einschlägigen Möglichkeiten offen. Insbesondere kann die Abstimmschicht 3 eine Quantum-well-Struktur aufweisen. Zur Anregung von Oberflächenmoden höherer Ordnung (Oberflächenplasmonpolaritonen) kann der Metallfilm 7 durch eine Dielektrikumschicht bedeckt sein.

Im Fall einer Laserdiode mit streifenförmigem Horizontalresonator, durch den eine Ausbreitungsrichtung des Lichtes in der Ebene der aktiven Schicht festgelegt ist, erfolgt die Emission durch Anregung von Oberflächenmoden in der Ebene, die durch diese Ausbreitungsrichtung und die Senkrechte auf die Schichtebene festgelegt ist, falls die Strukturierung der Oberfläche primär in der Ausbreitungsrichtung periodisch ist. Das ist z. B. bei einer Strukturierung durch Gräben oder Stege, die senkrecht zur Längsrichtung des Resonators verlaufen, der Fall. Ist die Strukturierung der Oberfläche demgegenüber gleichartig, aber gedreht, dann erfolgt die Abstrahlung in diejenige Ebene, die durch die Senkrechte auf die Schichtebene und durch die Richtung kürzester Periodizität

der Strukturierung festgelegt ist, d. h. in eine entsprechend gedrehte Ebene. Über die Ausrichtung der Strukturierung der Oberfläche kann demnach relativ zu der Laserdiode eine Ausrichtung der durch Abstimmen der Wellenlänge ansteuerbaren Abstrahlrichtungen vorgenommen werden.

Die Bündelung der Strahlung, die bei Anregung von Oberflächenmoden ausgesendet wird, ist so gut, daß mit der erfindungsgemäßen Laserdiode eine genau definierte Abstrahlrichtung sehr gut eingehalten werden kann. Bereits durch eine geringe Änderung der Wellenlänge, d. h. mittels einer geringfügigen Änderung der entsprechenden Steuerspannung, kann eine deutliche Änderung der Abstrahlrichtung bewirkt werden. Kleine Spannungsänderungen rufen daher deutlich meßbare Winkelvariationen der Abstrahlrichtung hervor. Damit ist auf einfache Weise ein lichtemittierendes Bauelement mit elektrisch variierbarem Abstrahlwinkel realisierbar. Verschiedene Abstrahlrichtungen mit derselben Laserdiode sind realisierbar, ohne daß für jede Abstrahlrichtung entsprechende Vorkehrungen in dem strukturellen Aufbau der Laserdiode vorgenommen werden müssen oder sogar die Laserdiode als Ganzes gedreht werden müßte.

5 Patentansprüche

6 Figuren

Patentansprüche:

1. Abstimmbare oberflächenemittierende Laserdiode mit zwei durch eine Zentralschicht (4) getrennten Schichten, die parallel und bezüglich der Schichtebenen transversal zueinander angeordnet und aus Halbleitermaterialien mit unterschiedlichen Energiebandabständen sind und von denen eine als aktive Schicht (5) und eine als Abstimmschicht (3) vorgesehen ist und die elektrisch leitend mit Kontakten (11, 12, 13; 18) derart verbunden sind, daß eine getrennte Strominjektion in die aktive Schicht (5) und in die Abstimmschicht (3) erfolgen kann,
mit einer räumlichen periodischen Strukturierung, die in einem bezüglich der Schichtebenen transversal zu einem für Strahlungserzeugung in der aktiven Schicht (5) vorgesehenen Bereich angeordneten Bereich der Oberfläche einer äußersten Halbleiterschicht vorhanden und zumindest teilweise mit einem Metallfilm (7) bedeckt ist, wobei die Höhe (h) dieser Strukturierung und die Länge (Lg) jeweils einer Periode dieser Strukturierung, der miminale Abstand (a) dieses Metallfilms (7) von der aktiven Schicht (5) und die Dicke (d) dieses Metallfilms (7) so bemessen sind, daß im Betrieb der Laserdiode an der der aktiven Schicht (5) abgewandten Oberfläche dieses Metallfilms (7) Oberflächenmoden durch in der aktiven Schicht (5) erzeugte Photonen angeregt werden, und
mit Maßnahmen zur Erzielung einer Laserresonanz.

2. Laserdiode nach Anspruch 1,
bei der die Maßnahmen zur Erzielung einer Laserresonanz ein DFB-Gitter (8), das parallel und bezüglich der Schichtebenen transversal zu der aktiven Schicht (5) angeordnet ist, umfassen.

3. Laserdiode nach Anspruch 1 oder 2,
bei der die Maßnahmen zur Erzielung einer Laserresonanz senkrecht zu den Schichtebenen angeordnete Spiegelendflächen (9)

an zwei einander gegenüberliegenden Rändern der aktiven Schicht (5) umfassen.

4. Laserdiode nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Maßnahmen zur Erzielung einer Laserresonanz mindestens eine parallel und bezüglich der Schichtebenen transversal zu der aktiven Schicht (5) angeordnete Spiegelschicht (19, 20) umfassen.

5. Laserdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der der Metallfilm (7) mit einer Dielektrikumschicht bedeckt ist.

FIG 1

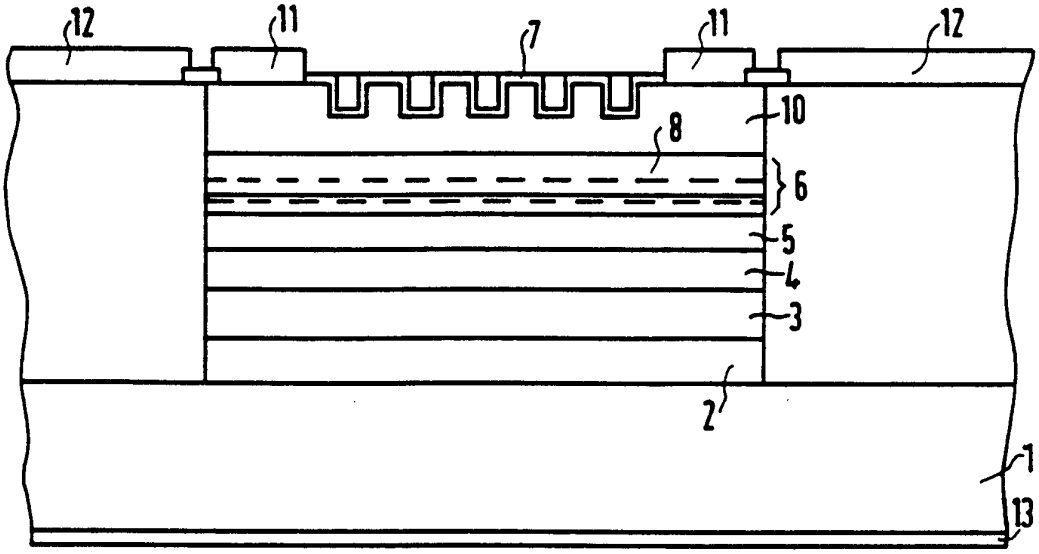


FIG 2

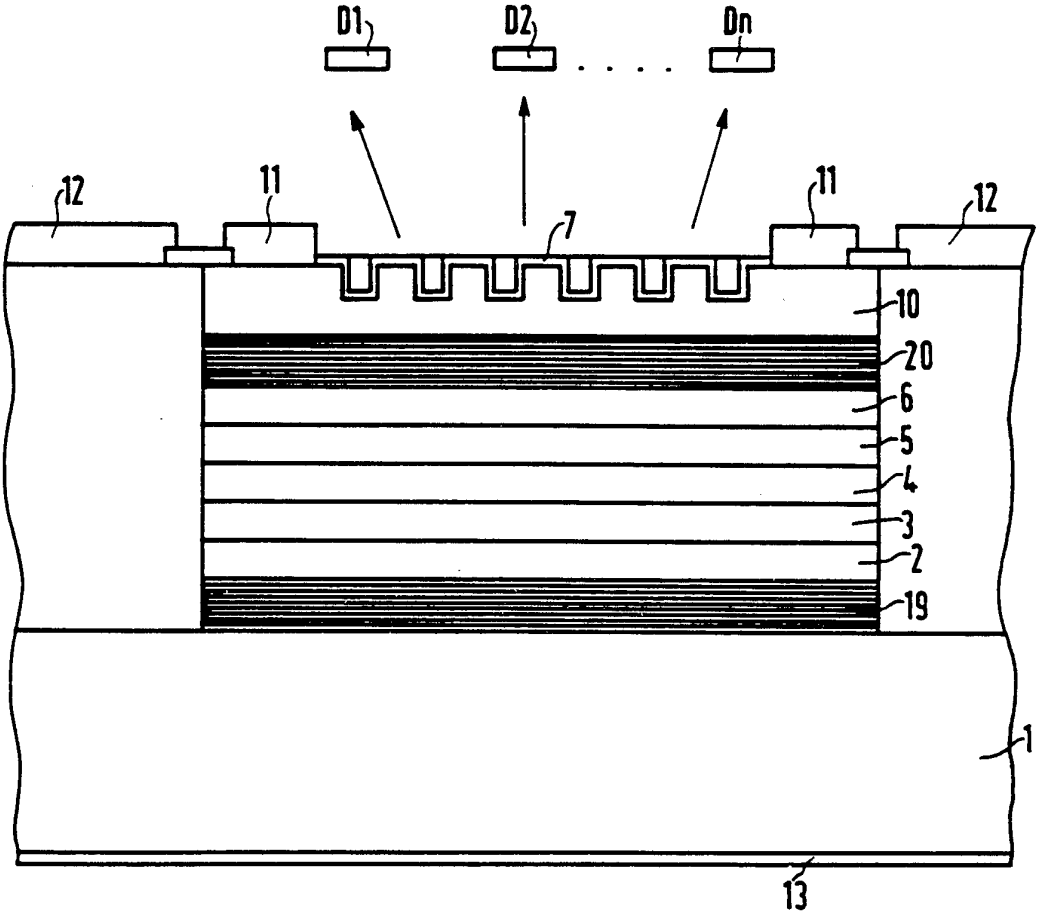


FIG 3

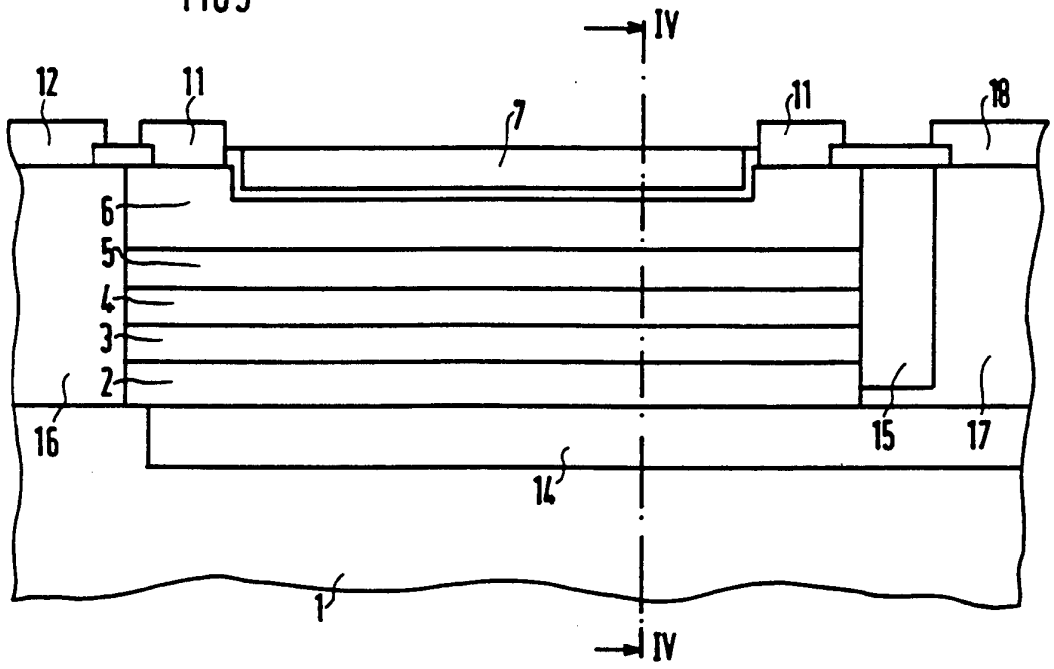


FIG 4

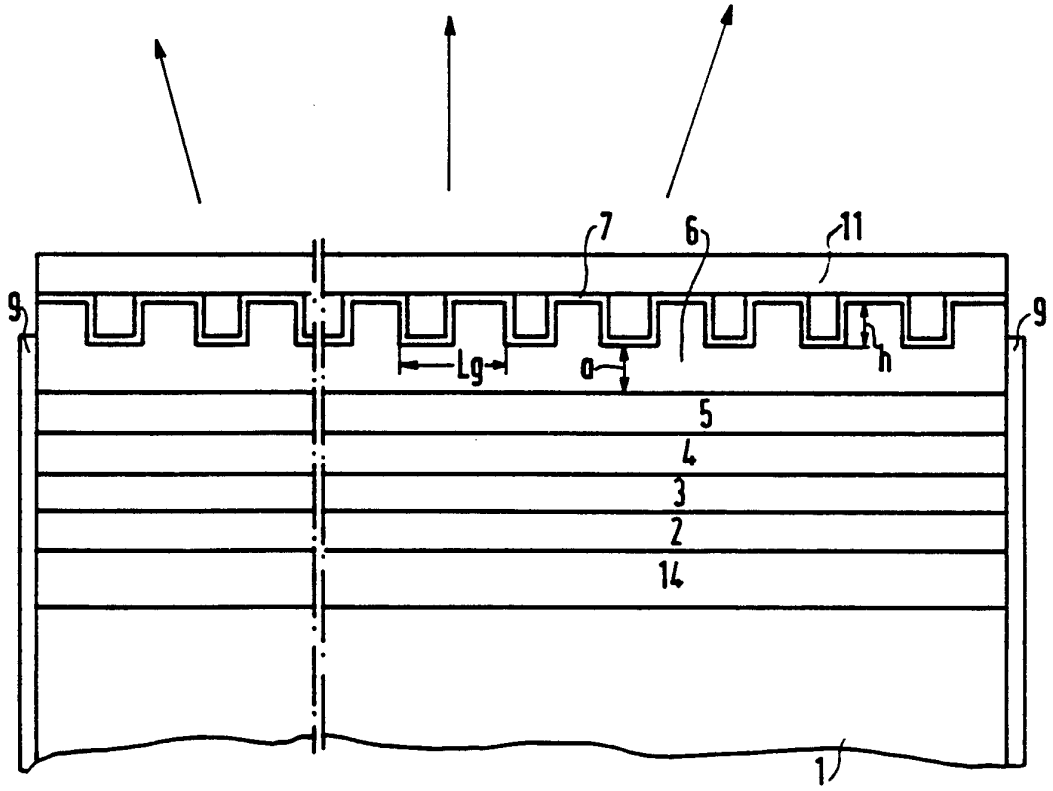


FIG5

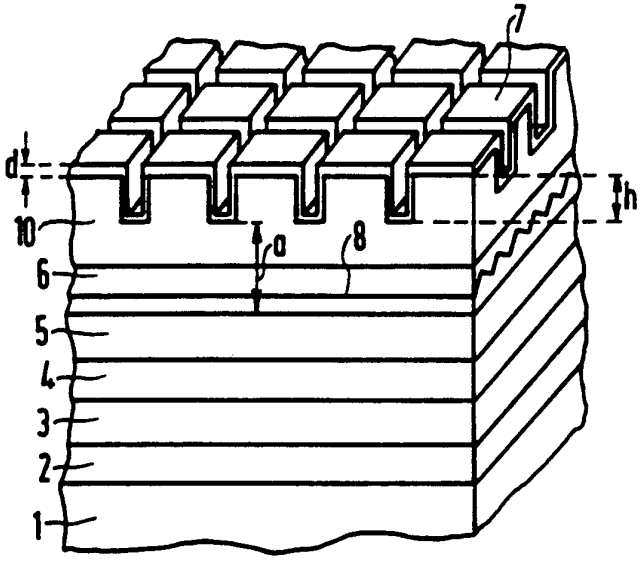
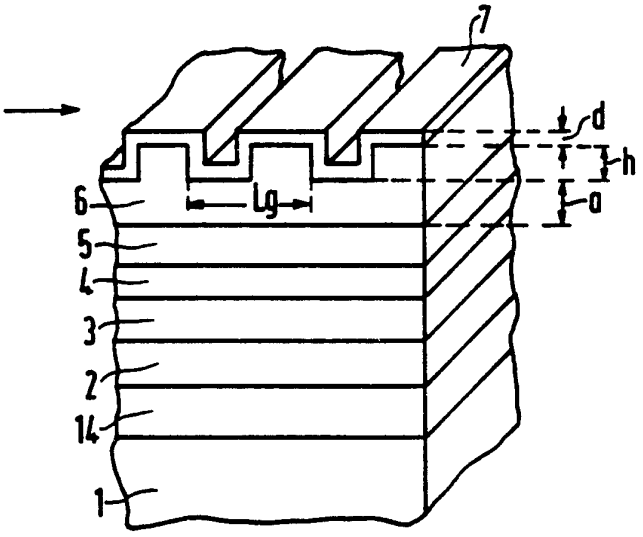


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte. onal Application No
PCT/EP 93/03301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 5 H01S3/085 H01S3/103 H01S3/101

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 5 H01S H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	MICROELECTRONIC ENGINEERING vol. 19, no. 1-4 , September 1992 pages 57 - 59 A. KÖCK ET AL. 'Surface Emitting Semiconductor Laserdiodes Based on Surface Mode Emission' see the whole document ---	1,2,5
Y	EP,A,0 360 011 (SIEMENS) 28 March 1990 cited in the application see the whole document ---	1,2,5
A	EP,A,0 442 002 (SIEMENS) 21 August 1991 cited in the application see column 1, line 55 - column 4, line 30 see column 5, line 13 - line 32; figures 1-11 --- -/--	1,3,5

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 February 1994	04. 03. 94

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016	Stang, I

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING vol. 1362 , BELLINGHAM, USA pages 1 - 13 XP236368 E. GORNIK ET AL. 'Surface Plasmon Enhanced Light Emission in GaAs/AlGaAs Light Emitting Diodes' * paragraph 2,5,6 * see figures 1,3-5	1,3,5
A	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. SUPPLEMENTS, 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS, KOBE 30 September 1984 , TOKYO, JP pages 141 - 144 Y. KAN ET AL. 'Beam-Scannable Light Source with the Grating Output Coupler' * Paragraph 2 * see figures 1,4,6	1
A	US,A,4 874 953 (KATZ) 17 October 1989 see column 1, line 28 - column 2, line 6; figures 1,2,4	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 280 (E-356)(2003) 8 November 1985 & JP,A,60 123 084 (MATSUSHITA) 1 July 1985 see abstract	4

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte .onal Application No
PCT/EP 93/03301

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-0360011	28-03-90	JP-A-	2116188	27-04-90
		US-A-	5048049	10-09-91
EP-A-0442002	21-08-91	NONE		
US-A-4874953	17-10-89	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 93/03301

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 5 H01S3/085 H01S3/103 H01S3/101

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 5 H01S H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	MICROELECTRONIC ENGINEERING Bd. 19, Nr. 1-4 , September 1992 Seiten 57 - 59 A. KÖCK ET AL. 'Surface Emitting Semiconductor Laserdiodes Based on Surface Mode Emission' siehe das ganze Dokument ---	1,2,5
Y	EP,A,0 360 011 (SIEMENS) 28. März 1990 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1,2,5
A	EP,A,0 442 002 (SIEMENS) 21. August 1991 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 1, Zeile 55 - Spalte 4, Zeile 30 siehe Spalte 5, Zeile 13 - Zeile 32; Abbildungen 1-11 --- -/--	1,3,5

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. Februar 1994	04. 03. 94

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016	Stang, I

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING Bd. 1362 , BELLINGHAM, USA Seiten 1 - 13 XP236368 E. GORNIK ET AL. 'Surface Plasmon Enhanced Light Emission in GaAs/AlGaAs Light Emitting Diodes' * Abschnitte 2,5,6 * siehe Abbildungen 1,3-5	1,3,5
A	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. SUPPLEMENTS, 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS, KOBE 30. September 1984 , TOKYO, JP Seiten 141 - 144 Y. KAN ET AL. 'Beam-Scannable Light Source with the Grating Output Coupler' * Paragraph 2 * siehe Abbildungen 1,4,6	1
A	US,A,4 874 953 (KATZ) 17. Oktober 1989 siehe Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 6; Abbildungen 1,2,4	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 280 (E-356)(2003) 8. November 1985 & JP,A,60 123 084 (MATSUSHITA) 1. Juli 1985 siehe Zusammenfassung	4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 93/03301

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP-A-0360011	28-03-90	JP-A-	2116188	27-04-90
		US-A-	5048049	10-09-91
EP-A-0442002	21-08-91	KEINE		
US-A-4874953	17-10-89	KEINE		