

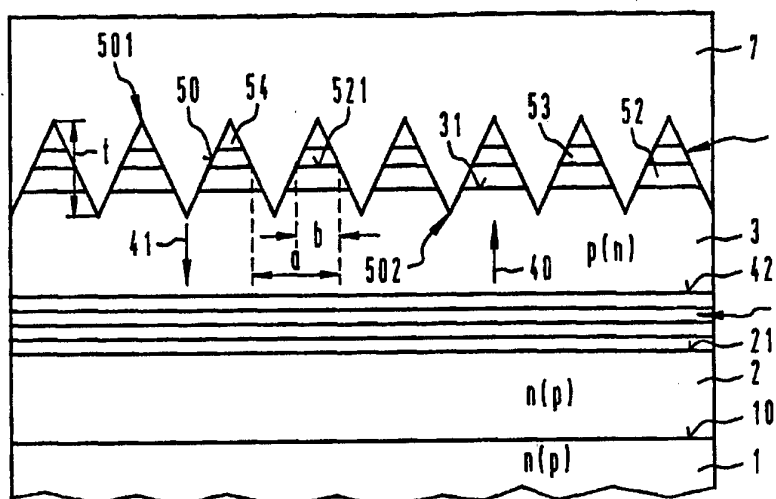
PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01S 3/085, 3/19	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/38890 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. December 1996 (05.12.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/00837 (22) Internationales Anmeldedatum: 13. Mai 1996 (13.05.96) (30) Prioritätsdaten: 195 20 043.8 31. Mai 1995 (31.05.95) DE (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): BORCHERT, Bernd [DE/DE]; Am Mühlbachbogen 44f, D-85368 Moosburg (DE). STEGMÜLLER, Bernhard [DE/DE]; Seefelderstrasse 18, D-86163 Augsburg (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: DFB LASER DIODE STRUCTURE WITH COMPLEX OPTICAL GRID COUPLING

(54) Bezeichnung: DFB-LASERDIODENSTRUKTUR MIT KOMPLEXER OPTISCHER GITTERKOPPLUNG



(57) Abstract

In the DFB laser diode structure of the invention with complex optical grid coupling, the grid consists of a layer (52) of volume-index semiconductor material and a layer (53) of volume absorption semiconductor material, where the two layers (52, 53) are superimposed and not mutually phase-shifted.

(57) Zusammenfassung

Bei der erfindungsgemäßen DFB-Laserdiodenstruktur mit komplexer optischer Gitterkopplung besteht das Gitter aus einer Schicht (52) aus Volumen-Indexhalbleitermaterial und aus einer Schicht (53) aus Volumen-Absorptionshalbleitermaterial, wobei die beiden Schichten (52, 53) übereinander liegen und nicht gegeneinander phasenverschoben sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	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
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Beschreibung

DFB-Laserdiodenstruktur mit komplexer optischer Gitterkopplung

Die Erfindung betrifft eine DFB-Laserdiodenstruktur mit komplexer optischer Gitterkopplung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10

Eine DFB-Laserdiodenstruktur der genannten Art ist aus der DE 41 24 872 A1 oder aus B. Borchert et al: Electronics Letters, Vol. 29 (1993) S. 210-211 bekannt. Bei dieser bekannten Struktur ist die Schicht aus dem Indexhalbleitermaterial in den definierten Vorsprüngen des optischen Gitters vorhanden, die Schicht aus dem Absorptionshalbleitermaterial befindet sich dagegen nur in den definierten Rücksprüngen dieses Gitters.

20 Diese Vorsprünge und Rücksprünge sind im Profil beispielsweise dreieckförmig ausgebildet. Dabei sollte die für die komplexe Gitterkopplung notwendige Schicht aus dem Absorptionshalbleitermaterial nur in den Spitzen der dreieckförmigen Rücksprünge des holografisch hergestellten Gitters ausgebildet sein. Dadurch hängt die Wirkung der komplexen Kopplung entscheidend davon ab, wie reproduzierbar die Gitterform des ein Bragg-Gitter bildenden Gitters hergestellt werden kann. Schwankungen in der Gitterform, die durch unvermeidliche Schwankungen der Technologieprozessparameter während der Gitterherstellung auftreten können, wirken sich bei dieser Realisierungsform der komplexen Kopplung deshalb besonders stark auf die Stärke der komplexen Kopplung und damit auf die spektralen Eigenschaften der DFB-Lasersdiodenstruktur aus.

35 Durch die im Anspruch 1 angegebene erfindungsgemäße DFB-Laserdiodenstruktur mit komplexer Gitterkopplung wird vorteilhafterweise eine verbesserte Reproduzierbarkeit der Gitter-

terstruktur bei der Herstellung erreicht. Überdies wird bei der erfindungsgemäßen Laserdiodenstruktur gegenüber der oben näher bezeichneten bekannten Diodenstruktur vorteilhafterweise eine verbesserte Monomodeausbeute und Monomode-Emission
5 über einen großen Temperaturbereich erhalten. Spektral einmodige DFB-Laserdiodenstrukturen sind Schlüsselkomponenten der optischen Nachrichtentechnik.

Die erfindungsgemäße Laserdiodenstruktur hat außerdem den
10 Vorteil, daß eine relativ große Designfreiheit bei der Herstellung der komplexen Kopplungsstärke durch Verwendung der Volumenmaterialien besteht und eine bessere Langzeitstabilität durch wenige Grenzflächen, an denen Schichten aneinander-
grenzen, erhalten werden kann.

15 Volumenmaterial bedeutet, daß die aus einem solchen Material bestehende Schicht so dick ist, daß keine Quanteneffekte auftreten, wie dies bei dünnen Quantum-Well-Schichten der Fall ist.

20 Die erfindungsgemäße Laserdiodenstruktur hat außerdem den Vorteil der Realisierungsmöglichkeit eines technologietoleranten vergrabenen Gitters und der Möglichkeit einer gleichzeitigen Realisierung eines Gitters aus Indexmaterial und eines
25 Gitters aus Absorptionsmaterial.

Indexmaterial und Absorptionsmaterial bedeuten, daß das Indexmaterial für das betreffende Licht durchlässiger als das Absorptionsmaterial ist und das Absorptionsmaterial dieses
30 Licht stärker absorbiert als das Indexmaterial. Beim Indexmaterial herrscht der Realteil des komplexen Brechungsindex gegenüber dem Imaginärteil vor, während beim Absorptionsmaterial der Imaginärteil gegenüber dem Realteil vorherrscht.

35 Es sei darauf hingewiesen, daß es aus G.P. Li et al., Electronics Letters, Vol. 28 (1992), S. 1726-1727 bekannt ist, ein Gewinnngitter zu realisieren, indem das Bragg-Gitter

in die aus einer Multi-Quantum-Well-Struktur (MQW-Struktur) bestehende aktive Schicht der Laserdiodenstruktur geätzt wird. Dadurch, daß bei dieser Laserdiodenstruktur die aktive Schicht ganzflächig strukturiert wird, besteht die Gefahr
5 mangelnder Langzeitstabilität.

Aus W. T. Tsang et al., Applied Physics Letters, Vol. 60 (1992), S. 2580-2582 ist es bekannt, die komplexe Kopplung durch das Ätzen des Bragg-Gitters in eine zweite MQW-Struktur
10 zu erreichen, die zusätzlich zur aktiven MQW-Schicht dieser Laserdiodenstruktur entweder unterhalb oder oberhalb dieser letztgenannten Schicht und damit außerhalb des pn-Übergangs dieser Diodenstruktur liegt. Durch entsprechendes Design dieser MQW-Struktur kann entweder ein Gitter aus Indexmaterial
15 oder ein Gitter aus Absorptionsmaterial realisiert werden. Diese Gitterstruktur kann auch vergraben sein, wodurch die bei der oben näher bezeichneten bekannten Laserdiodenstruktur nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 vorhandene starke Abhängigkeit der komplexen Kopplungsstärke von den Technolo-
20 gieprozeßparametern verringert werden kann. Allerdings weist die Laserdiodenstruktur nach Tsang et al. viele Grenzflächen der zweiten ganzflächig strukturierten MQW-Struktur auf, die zu Langzeitstabilitätsproblemen führen, sowie einen eingeschränkten, durch Design einstellbaren Parameterraum in der
25 komplexen Gitterkopplung, der durch die dünnen MQW-Schichten bedingt ist.

Die erfindungsgemäße Laserdiodenstruktur verbindet den bei der Struktur nach der DE 41 24 872 A1 und der Struktur nach
30 Borchert et al. jeweils ebenfalls vorhandenen Vorteil der relativ großen Designfreiheit in der Einstellung der komplexen Kopplungsstärke durch Verwendung dicker Volumenmaterialien und der potentiell besseren Langzeitstabilität durch wenige Grenzflächen mit dem bei der Struktur nach Chang et al vor-
35 handenen Vorteil der Realisierungsmöglichkeit eines technologietoleranten vergrabenen Gitters und der gleichzeitigen Realisierung eines Gitters aus Indexmaterial und eines Gitters

aus Absorptionsmaterial. Gleichzeitig hängt vorteilhafterweise die Wirkung der komplexen Kopplung nicht wie bei der Struktur nach der DE 41 24 872 A1 oder Borchert et al. davon ab, wie reproduzierbar die Gitterform des Bragg-Gitters hergestellt werden kann, und sind vorteilhafterweise nicht wie bei der Struktur nach Chang et al viele Grenzflächen der zweiten MQW-Struktur, die potentielle Langzeitstabilitätsprobleme verursachen und nicht der durch die dünnen MQW-Schichten bedingte eingeschränkte, durch Design einstellbare Parameterraum in der komplexen Gitterkopplung vorhanden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist für die Herstellung von komplex gekoppelten DFB-Laserdioden mit Monomodeemission bei 1,3 μm und 1,55 μm Wellenlänge bis 100°C und insbesondere zur Herstellung von schnellen, billigen DFB-Lasermodulen geeignet.

Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Laserdiodenstruktur gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert.

Die Figuren 1 bis 4 zeigen in der jeweils gleichen Querschnittsdarstellung vier Ausführungsvarianten der erfindungsgemäßen Laserdiodenstruktur. Die Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich.

Bei den beiden Varianten nach den Figuren 1 und 2 ist auf der Oberfläche 10 eines Substrats 1 aus Halbleitermaterial eines Leitfähigkeitstyps, beispielsweise des einer n-Dotierung entsprechenden Typs, eine Mantelschicht 2 aus Halbleitermaterial des gleichen Leitfähigkeitstyps n aufgebracht. Auf der vom Substrat 1 abgekehrten Seite 21 der Mantelschicht 2 ist auf der Mantelschicht 2 eine laseraktive Schicht 4 aufgebracht. Die laseraktive Schicht 4 kann aus Volumenmaterial bestehen

oder ein Quantum-Well-Schicht aufweisen, beispielsweise eine MQW-Schicht sein, wie zeichnerisch angedeutet ist.

Auf der von der Mantelschicht 2 abgekehrten Seite 41 der laseraktiven Schicht 4 ist eine Mantelschicht 3 aus Halbleitermaterial des zum Material der Mantelschicht 2 entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps, im angenommenen Beispiel des einer p-Dotierung entsprechenden Typs, auf der laseraktiven Schicht 4 aufgebracht. Prinzipiell könnten auch die Mantelschicht 3 vom Leitfähigkeitstyp n und die Mantelschicht 2 und das Substrat 1 und vom Leitfähigkeitstyp p und sein.

Unter vorläufiger Nichtbeachtung des später zu beschreibenden Gitters 5 ist auf der von der laseraktiven Schicht 4 abgekehrten Seite 31 der Mantelschicht 3 eine Schicht 52 aus Indexhalbleitermaterial auf der Mantelschicht 3 aufgebracht. Auf der von der Mantelschicht 3 abgekehrten Seite 521 der Schicht 52 aus dem Indexmaterial ist eine Schicht 53 aus einem Absorptionshalbleitermaterial auf der Schicht 52 aus dem Indexmaterial aufgebracht.

In der Schicht 52 aus dem Indexmaterial und der Schicht 53 aus dem Absorptionsmaterial ist das optische Gitter 5 in Form einer von der laseraktiven Schicht 4 abgekehrten Reliefoberfläche 50 ausgebildet. Die Reliefoberfläche 50 definiert in Richtung 40 von der einen Mantelschicht 3 fortweisende Vorsprünge 501 und in der entgegengesetzten Richtung 41 zur einen Mantelschicht 3 weisende Rücksprünge 502 des Gitters 5.

Erfindungsgemäß besteht sowohl die Schicht 52 aus dem Indexmaterial als auch die Schicht 53 aus dem Absorptionsmaterial aus Volumenmaterial und überdies befinden sich sowohl die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexhalbleitermaterial als auch die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial zwischen der einen Mantelschicht 3 und der Reliefoberfläche 50 in den Vorsprüngen 501 des Gitters 5.

Beispielsweise sind die Vorsprünge 501 und Rücksprünge 502 des Gitters 5 langgestreckt ausgebildet und so angeordnet, daß ihre Längsachse senkrecht zur Zeichenebene steht. Außerdem weisen die Vorsprünge 501 und Rücksprünge 502 jeweils ein
5 dreieckförmiges Profil auf, so wie es in den Figuren dargestellt ist.

Die Tiefe t der Rücksprünge 502 muß mindestens so groß sein, daß wenigstens die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsma-
10 terial unterbrochen wird. Vorzugsweise sind die Rücksprünge 502 aber so tief, daß sowohl die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial als auch die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial unterbrochen wird. Die beiden Schichten 53 und 52 bilden in diesem Beispielfall parallele, im konstanten Ab-
15 stand nebeneinander angeordnete Streifen mit einer zur Zeichenebene senkrecht stehenden Längsachse und einer mittleren Breite b , die selbst als ein optisches Gitter mit einer Gitterkonstanten a aufgefaßt werden können.

20 Die Struktur nach der Figur 1 und die Struktur nach der Figur 2 unterscheiden sich im wesentlichen dadurch voneinander, daß bei der Struktur nach Figur 1 die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial und die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial unmittelbar aneinandergrenzen und bei der
25 Struktur nach Figur 2 die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial und die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial durch eine dünne Abstandsschicht 55 aus einem vorzugsweise eigenleitenden Halbleitermaterial voneinander getrennt sind.

30 Zur Realisierung eines vergrabenen Gitters 5, bei dem eine verbesserte Reproduzierbarkeit in der Gitterherstellung gegeben ist, ist es zweckmäßig, wenn sich zwischen den Schichten 52 und 53 aus dem Volumen-Index- und Volumen-Absorptionsmaterial und der Reliefoberfläche 50 eine weitere Schicht 54
35 aus einem vorzugsweise eigenleitenden Volumen-Halbleitermaterial befindet, die wie die Schichten 52 und 53 in den

Vorsprüngen 501 des Gitters 5 ausgebildet ist. Diese weitere Schicht 54 kann zum epitaktischen Aufwachsen einer an die Reliefoberfläche angrenzenden Schicht 7 aus einem Volumen-Halbleitermaterial des gleichen Leitfähigkeitstyps p wie die Mantelschicht 3 dienen, wobei das Volumenmaterial der Schicht 7 vorzugsweise das Volumenmaterial der weiteren Schicht 54 ist.

Das durch die Schicht 7 erzeugte vergrabene Gitter 5 hat den Vorteil, daß ein Gitter 5 mit einem Tastverhältnis b/a von 50 % eingestellt werden kann, das eine maximale Unempfindlichkeit gegen technologisch bedingte Schwankungen in der Gitterform gewährleistet.

Die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial ist vorzugsweise zwischen der Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial und der weiteren Schicht 54 bzw. der Reliefoberfläche 50 angeordnet.

Um mögliche Instabilitäten der komplex gekoppelten DFB-Laserdiodenstruktur zu vermeiden, sind die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial und die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial vom zueinander entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp. Dabei ist es zweckmäßig, wenn die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial vom gleichen Leitfähigkeitstyp wie die eine Mantelschicht 3, im Beispielsfall vom Typ p ist.

Die erfindungsgemäße Laserdiodenstruktur nach den Figuren 1 und 2 läßt sich vorteilhafterweise in nur zwei Epitaxieschritten herstellen, wobei die erste Epitaxie alle Schichten bis einschließlich zur weiteren Schicht 54 erzeugt. Die zweite Epitaxie ist im wesentlichen die Überwachung des Gitters 5 mit der Schicht 7.

Die beiden erfindungsgemäßen Laserdiodenstrukturen nach den Figuren 3 und 4 unterscheiden sich von den erfindungsgemäßen Laserdiodenstrukturen nach den Figuren 1 und 2 dadurch, daß

sich auf der von der laseraktiven Schicht 4 abgekehrten und das Gitter 5 bildenden Reliefoberfläche 50 ein an diese Reliefoberfläche angrenzender Körper nicht in Form der Schicht 7 nach den Figuren 1 und 2, sondern in Form des Substrats 1 aus dem Halbleitermaterial des Leitfähigkeitstyps der Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial befindet, wobei dieses Substrat 1 eine der Reliefoberfläche 50 gegenüberliegende und zu dieser Reliefoberfläche 50 komplementäre Substratoberfläche 10 aufweist.

10

Komplementär bedeutet in diesem Zusammenhang, daß die Substratoberfläche 10 genau dort in Richtung 41 zur laseraktiven Schicht 4 weisende Vorsprünge 101 aufweist, wo die Reliefoberfläche 50 in Richtung 41 zur laseraktiven Schicht 4 weisende Vertiefungen aufweist, und genau dort in Richtung 40 von der laseraktiven Schicht 4 weisende Rücksprünge 102 aufweist, wo die Reliefoberfläche 50 in Richtung 40 von der laseraktiven Schicht 4 weisende Vorsprünge 501 aufweist. Dementsprechend ragt in jeden Rücksprung 102 des Substrats 1 ein Vorsprung 501 der Reliefoberfläche 50 und in jeden Rücksprung 502 der Reliefoberfläche 50 ein Vorsprung der Substratoberfläche 10.

Alle übrigen Teile der Strukturen nach den Figuren 3 und 4, die zu Teilen der Strukturen nach den Figuren 1 und 2 gleich sind, sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Beschreibung solcher Teile ist bereits im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 beschrieben worden und wird nicht wiederholt.

Die Struktur nach Figur 3 unterscheidet sich von der Struktur nach Figur 4 genauso wie die Struktur nach Figur 1 von der Struktur nach Figur 2, d.h. bei der Struktur nach Figur 3 grenzen die Schicht 52 aus dem Volumen-Indexmaterial und die Schicht 53 aus dem Volumen-Absorptionsmaterial unmittelbar aneinander, während bei der Struktur nach Figur 4 diese Schichten 52 und 53 durch eine dünne Abstandsschicht 55 voneinander getrennt sind.

Ein geringfügiger Unterschied zwischen den Strukturen nach den Figuren 3 und 4 und den Strukturen nach den Figuren 1 und 2 liegt überdies darin, daß unter der Annahme, daß bei allen Strukturvarianten die Mantelschicht 2 vom Leitfähigkeitstyp n ist, das Substrat 1 bei den Strukturen nach den Figuren 1 und 2 ebenfalls vom Typ n sein muß, während bei den Strukturen nach den Figuren 3 und 4 das Substrat 1 vom Leitfähigkeitstyp p sein muß. Die Verhältnisse kehren sich um, wenn bei allen Strukturvarianten die Mantelschicht 2 vom Leitfähigkeitstyp p ist.

Ein weiterer Unterschied besteht noch darin, daß bei den Strukturen nach den Figuren 3 und 4 die Schicht 54 nicht so notwendig ist, wie bei den Strukturen nach den Figuren 1 und 2, weil die Schichten 53 und 52 unmittelbar auf die Substratoberfläche 10 aufgewachsen werden können.

Die Strukturen nach den Figuren 3 und 4 haben den Vorteil, daß bei der Herstellung dieser Struktur nur eine Epitaxie erforderlich ist. Zunächst wird die Substratoberfläche 10 so strukturiert, daß sie die Vorsprünge 101 und die Rücksprünge 102 aufweist und dann werden sämtliche Schichten mit einer einzigen Epitaxie aufgewachsen. Bei Verwendung der Schicht 54 können die Wachstumsparameter bei der Epitaxie so eingestellt werden, daß die Schicht 54 nicht nur in den Spitzen der Rücksprünge 102 vorhanden ist, sondern die ganze Substratoberfläche 10 bedeckt.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Strukturen nach den Figuren 1 und 2 besteht das Substrat aus n-dotiertem InP, die Mantelschicht aus n-dotiertem InP, die aktive Schicht 4 aus einer MQW-Struktur, die Mantelschicht 3 aus p-dotiertem InP, die Schicht 52 aus Volumen-Indexmaterial aus p-dotiertem InGaAsP, die Schicht 53 aus Volumen-Absorptionsmaterial aus n-dotiertem InGaAs, die weitere Schicht 54 aus Volumen-Halbleitermaterial aus InP und die Schicht 7 aus Volumen-

Halbleitermaterial aus p-dotiertem InP. Die Abstandsschicht 55 besteht aus InP.

Bei einem Ausführungsbeispiel der Strukturen nach den Figuren 3 und 4 besteht das Substrat 1 aus p-dotiertem InP, die Schicht 54 aus Volumen-Halbleitermaterial, soweit vorhanden, aus InP, die Schicht 53 aus Volumen-Absorptionsmaterial aus n-dotiertem InGaAs, die Schicht 52 aus Volumen-Indexmaterial aus p-dotiertem InGaAsP, die Mantelschicht 3 aus p-dotiertem InP, die aktive Schicht 4 aus einer MQW-Struktur und die Mantelschicht 2 aus n-dotiertem InP.

Die Abstandsschicht 55 besteht aus InP.

Bei diesen Ausführungsbeispielen könnte bei 1,55 μm Wellenlänge das quaternäre InGaAsP der Schicht 53 eine Bandgapwellenlänge von 1,15 μm aufweisen, während das ternäre InGaAs der Schicht 53 aus Volumen-Absorptionsmaterial eine Bandgapwellenlänge von 1,66 μm aufweisen könnte.

Patentansprüche

1. DFB-Laserdiodenstruktur mit komplexer optischer Gitterkopplung, bestehend aus
- 5 - einer zwischen zwei optischen Mantelschichten (2, 3) aus Halbleitermaterial zueinander entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps (n, p) angeordneten laseraktiven Schicht (4),
 - einer auf einer von der laseraktiven Schicht (4) abgekehrten Seite (31) einer (3) der beiden Mantelschichten (2, 3)
 - 10 angeordneten Schicht (52) aus einem Indexhalbleitermaterial,
 - einer auf einer von der einen Mantelschicht (3) abgekehrten Seite (521) der Schicht (52) aus Indexhalbleitermaterial angeordneten Schicht (53) aus einem Absorptionshalbleitermaterial, und
 - 15 - einem in der Schicht (52) aus dem Indexhalbleitermaterial und der Schicht (53) aus dem Absorptionshalbleitermaterial ausgebildeten optischen Gitter (5) in Form einer von der laseraktiven Schicht (4) abgekehrten Reliefoberfläche (50), die in Richtung (40) von der laseraktiven Schicht (4) weisende
 - 20 Vorsprünge (501) und in Richtung (41) zur laseraktiven Schicht (4) weisende Rücksprünge (502) des Gitters (5) definiert,
 - dadurch gekennzeichnet, daß
 - die Schicht (52) aus dem Indexmaterial und
 - 25 die Schicht (53) aus dem Absorptionsmaterial jeweils aus Volumenmaterial bestehen und sich sowohl die Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial als auch die Schicht (53) aus dem Volumen-Absorptionsmaterial zwischen der einen Mantelschicht (3) und der Reliefoberfläche (50) in den Vorsprüngen (501) des
 - 30 Gitters (5) befinden.
2. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß die Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial und die
- 35 Schicht (53) aus dem Volumen-Absorptionsmaterial vom zueinander entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp (p, n) sind.

3. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial vom gleichen Leitfähigkeitstyp (p) wie die eine Mantelschicht (3)
5 ist.

4. Laserdiodenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß sich zwischen den Schichten (52, 53) aus dem Volumen-Absorptions- und Volumen-Indexmaterial und der Reliefoberfläche (50) eine weitere Schicht (54) aus einem Volumenhalbleitermaterial befindet.

15 5. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß sich die Schicht (53) aus dem Volumen-Absorptionsmaterial zwischen der Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial und der weiteren Schicht (54) befindet.

20 6. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die weitere Schicht (54) aus eigenleitendem Volumenmaterial besteht.

25 7. Laserdiodenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß die Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial und die Schicht (53) aus dem Volumen-Absorptionsmaterial aneinandergrenzen.
30

8. Laserdiodenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial und die
35 Schicht (53) aus dem Volumen-Absorptionsmaterial durch eine Abstandsschicht (55) aus einem eigenleitenden Halbleitermaterial voneinander getrennt sind.

9. Laserdiodenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß sich auf der von der laseraktiven Schicht (4) abgekehrten
5 Seite der Reliefoberfläche (50) ein an die Reliefoberfläche
(50) angrenzender Körper (7; 1) aus einem Halbleitermaterial
vom Leitfähigkeitstyp (p; n) der Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial befindet.
- 10 10. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 4 und 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Körper (7; 1) aus dem Halbleitermaterial der weiteren
Schicht (54) besteht.
- 15 11. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Körper aus einer an die Reliefoberfläche (51) angrenzenden Schicht (7) besteht.
- 20 12. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Körper aus einem Substrat (1) mit einer der Relief-
oberfläche (50) gegenüberliegenden und zur Reliefoberfläche
(50) komplementären Substratoberfläche (10) besteht.
- 25 13. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 4 und 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß die weitere Schicht (54) und das Substrat (1) aus dem
gleichen Material bestehen.
- 30 14. Laserdiodenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Gitter (5) im Bereich der Schicht (52) aus dem Volumen-Indexmaterial ein Tastverhältnis (b/a) von im wesentlichen
35 50% aufweist.

15. Laserdiodenstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß das Halbleitermaterial der beiden Mantelschichten (2, 3)
aus InP, das Volumen-Indexmaterial aus InGaAsP und das Volumen-Absorptionsmaterial aus InGaAs besteht.

16. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 4 und 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß die weitere Schicht (54) aus InP besteht.

10

17. Laserdiodenstruktur nach Anspruch 8 und 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Abstandsschicht (55) aus InP besteht.

1 / 2

FIG 1

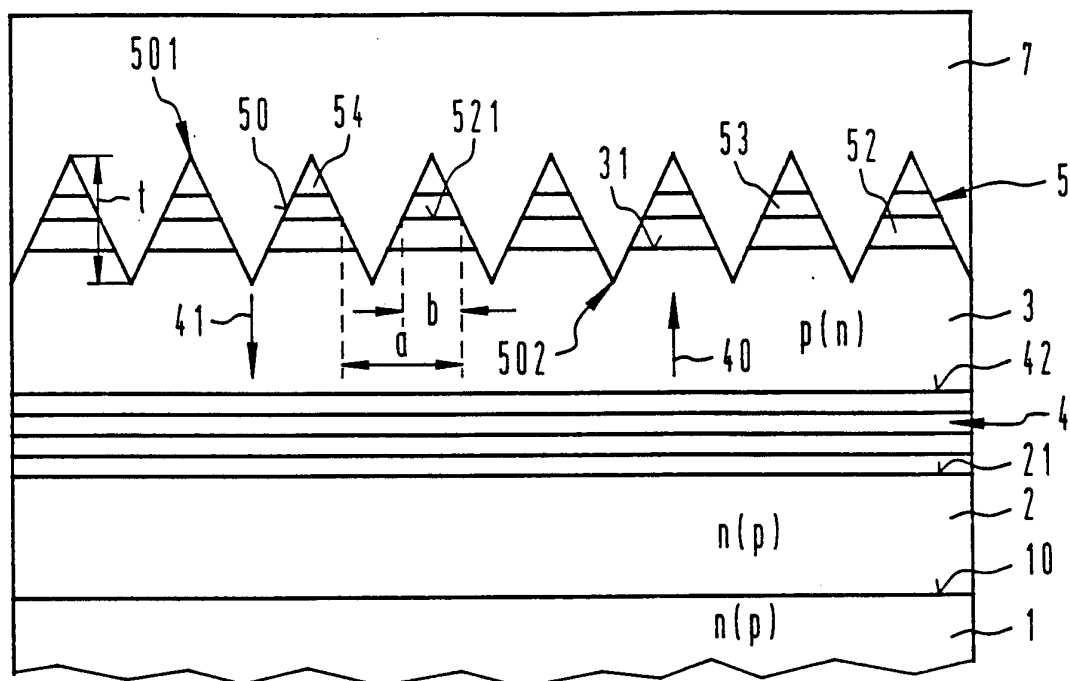
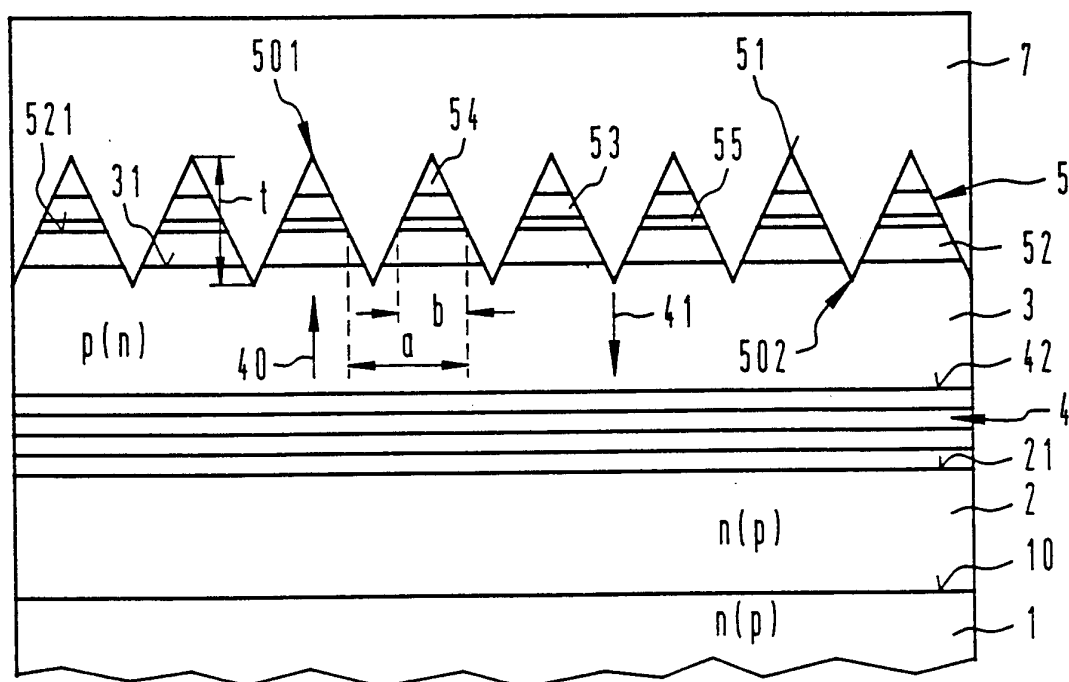


FIG 2



2/2

FIG 3

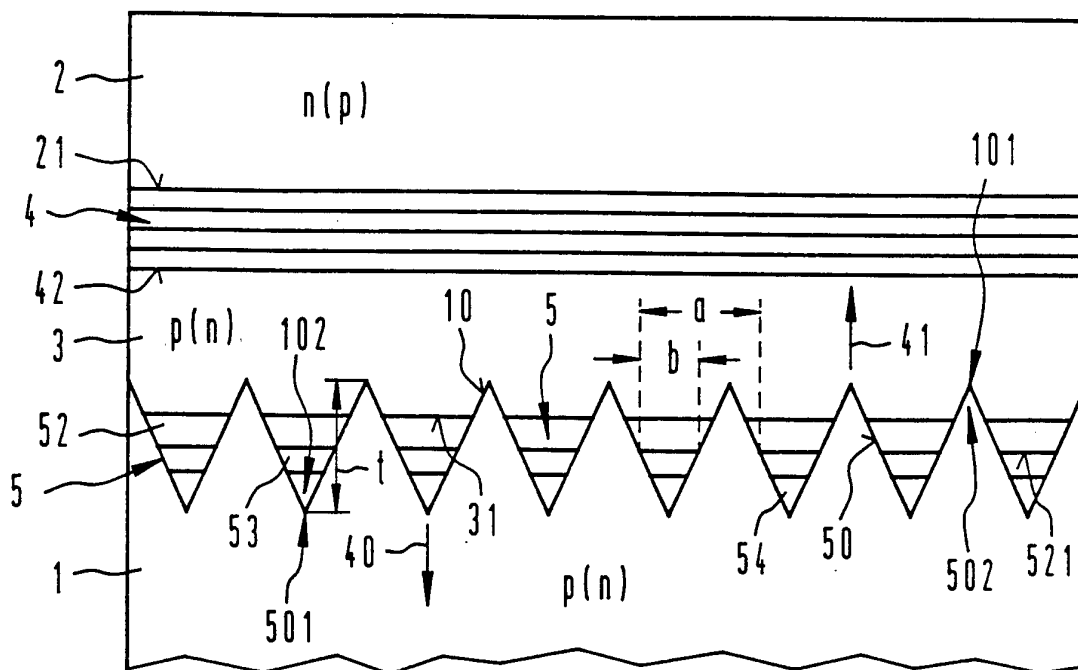
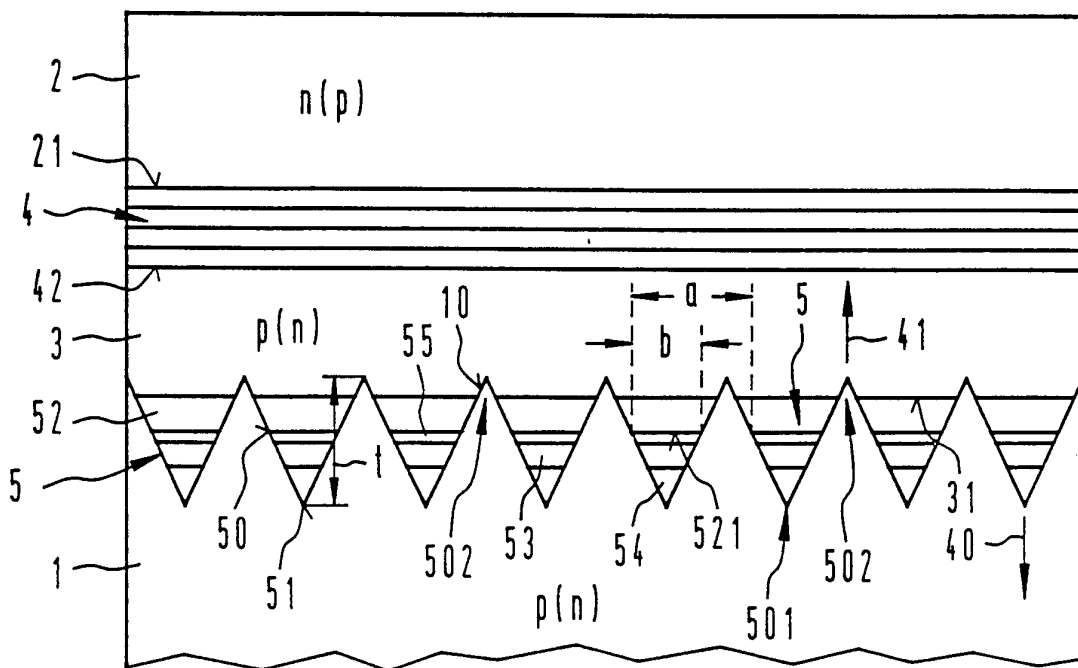


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 96/00837

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01S3/085 H01S3/19

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 6 H01S

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.
X	EP,A,0 507 956 (OPTICAL MEASUREMENT TECHNOLOGY) 14 October 1992 see page 5, line 16 - page 6, line 4 see page 8, line 3 - line 51 see page 9, line 18 - line 40	1,7,9, 11,15
A	see page 10, line 13 - line 34; figures 5,6,9	12
X	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 4, no. 7, 1 July 1992, pages 692-695, XP000289285 LUO Y ET AL: "Gain-coupled distributed feedback semiconductor lasers with an absorptive conduction-type inverted grating" see page 692, right-hand column, line 12 - page 693, left-hand column, line 32; figure 1	1-3,7,9, 11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ 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

23 August 1996

Date of mailing of the international search report

11.09.96

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Stang, I

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 96/00837

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, vol. 30, no. 6, June 1994, pages 1370-1380, XP000461368 W.T.TSANG ET AL.: "Long-wavelength InGaAsP/InP multiquantum well distributed feedback and distributed Bragg reflector lasers grown by chemical beam epitaxy" Abschnitt III see figure 6 ---	1,4,5, 10,12, 15,16
A	ELECTRONICS LETTERS, vol. 30, no. 1, 6 January 1994, page 39/40 XP000424685 ZOZ J ET AL: "Dynamic behaviour of complex-coupled DFB lasers with in-phase absorptive grating" see the whole document ---	1,15
E	EP,A,0 727 852 (AT&T) 21 August 1996 see the whole document -----	1,4-7, 10, 12-14,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 96/00837

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0507956	14-10-92	JP-A- 5029705	05-02-93
		JP-A- 4155987	28-05-92
		JP-B- 7044316	15-05-95
		DE-D- 69117488	04-04-96
		WO-A- 9207401	30-04-92
		US-A- 5289494	22-02-94

EP-A-727852	21-08-96	US-A- 5506859	09-04-96

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen
PCT/DE 96/00837

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01S3/085 H01S3/19

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 H01S

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.
X	EP,A,0 507 956 (OPTICAL MEASUREMENT TECHNOLOGY) 14. Oktober 1992 siehe Seite 5, Zeile 16 - Seite 6, Zeile 4 siehe Seite 8, Zeile 3 - Zeile 51 siehe Seite 9, Zeile 18 - Zeile 40	1,7,9, 11,15
A	siehe Seite 10, Zeile 13 - Zeile 34; Abbildungen 5,6,9	12
X	IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Bd. 4, Nr. 7, 1. Juli 1992, Seiten 692-695, XP000289285 LUO Y ET AL: "Gain-coupled distributed feedback semiconductor lasers with an absorptive conduction-type inverted grating" siehe Seite 692, rechte Spalte, Zeile 12 - Seite 693, linke Spalte, Zeile 32; Abbildung 1	1-3,7,9, 11

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ 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

23. August 1996

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11. 09. 96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde
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

Bevollmächtigter Bediensteter

Stang, I

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 96/00837

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Bd. 30, Nr. 6, Juni 1994, Seiten 1370-1380, XP000461368 W.T.TSANG ET AL.: "Long-wavelength InGaAsP/InP multiquantum well distributed feedback and distributed Bragg reflector lasers grown by chemical beam epitaxy" Abschnitt III siehe Abbildung 6 ---	1,4,5, 10,12, 15,16
A	ELECTRONICS LETTERS, Bd. 30, Nr. 1, 6.Januar 1994, Seite 39/40 XP000424685 ZÖZ J ET AL: "Dynamic behaviour of complex-coupled DFB lasers with in-phase absorptive grating" siehe das ganze Dokument ---	1,15
E	EP,A,0 727 852 (AT&T) 21.August 1996 siehe das ganze Dokument -----	1,4-7, 10, 12-14,16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 96/00837

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0507956	14-10-92	JP-A- 5029705	05-02-93
		JP-A- 4155987	28-05-92
		JP-B- 7044316	15-05-95
		DE-D- 69117488	04-04-96
		WO-A- 9207401	30-04-92
		US-A- 5289494	22-02-94

EP-A-727852	21-08-96	US-A- 5506859	09-04-96
