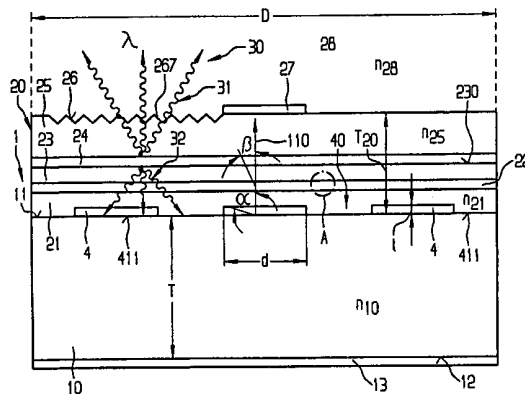


<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :</b> <b>H01L 33/00</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/60675</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 12. Oktober 2000 (12.10.00)
---	-----------	--

<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE00/00665</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 2. März 2000 (02.03.00)</p> <p><b>(30) Prioritätsdaten:</b>          199 14 716.7      31. März 1999 (31.03.99)      DE</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p><b>(72) Erfinder; und</b>  <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> HEINEN, Jochen [DE/DE]; Dianastr. 38, D-85540 Haar (DE).</p> <p><b>(74) Gemeinsamer Vertreter:</b> SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p>	<p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
---	--

**(54) Title:** OPTICAL SEMICONDUCTOR DIODE

**(54) Bezeichnung:** OPTISCHE HALBLEITERDIODE



**(57) Abstract**

The invention relates to an optical semiconductor diode (1) in which at least one intermediate layer (4) is positioned between an epitaxial layer stack (2) on a surface region (11) of a substrate (10) and said surface region. The intermediate layer contacts the surface region on its flat side such that it partly covers same and partly leaves it exposed and reflects a part (32) of a radiation (30) generated in the layer stack in the direction of the surface region.

**(57) Zusammenfassung**

Optische Halbleiterdiode (1), bei der zwischen einem epitaktischen Schichtenstapel (20) auf einem Oberflächenabschnitt (11) eines Substrats (10) und diesem Oberflächenabschnitt zumindest eine flächig an den Oberflächenabschnitt grenzende und den Oberflächenabschnitt teilweise bedeckende und teilweise freilassende Zwischenschicht (4) angeordnet ist, die für einen in Richtung zum Oberflächenabschnitt strahlenden Teil (32) einer im Schichtenstapel erzeugten Strahlung (30) reflektierend wirkt.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

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

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbajdschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

## Optische Halbleiterdiode

5 Die Erfindung betrifft gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1  
eine optische Halbleiterdiode mit einem auf einem Oberflä-  
chenabschnitt eines Substrats gewachsenen Schichtenstapel aus  
epitaktischen Schichten, die eine aktive Schicht zur Erzeu-  
10 gung optischer Strahlung enthalten, wobei ein Teil der er-  
zeugten Strahlung durch eine vom Oberflächenabschnitt des  
Substrats abgekehrte Oberfläche des Schichtenstapels und ein  
anderer Teil dieser Strahlung in Richtung zum Oberflächenab-  
schnitt des Substrats abstrahlt, und wobei das Substrat aus  
einem die erzeugte Strahlung absorbierenden Material besteht.

15

Dioden der genannten Art sind beispielsweise in Form von  
Leucht- oder Infrarotdioden allgemein bekannt.

Bei einer derartigen Diode strahlt ein großer Leistungsanteil  
20 des in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats ab-  
strahlenden anderen Teils der Strahlung in das Substrat und  
geht im Substrat durch Absorption verloren. Dadurch ist der  
externe Wirkungsgrad der Diode begrenzt.

25 Zur Erhöhung des externen Wirkungsgrads einer solchen Diode  
ist vorgeschlagen worden, im Schichtenstapel zwischen dem  
Oberflächenabschnitt des Substrats und der aktiven Schicht  
eine Schichtenfolge aus epitaktischen Schichten mit ab-  
wechselnd höherem und niedrigerem Brechungsindex anzuordnen,  
30 die für den anderen Teil der Strahlung als ein Bragg-  
Reflektor wirkt und diesen anderen Teil teilweise zum Sub-  
strat durchläßt und teilweise in Richtung zu der vom Oberflä-  
chenabschnitt des Substrats abgekehrten Oberfläche des  
Schichtenstapels reflektiert.

35

Der an der Schichtenfolge reflektierte Leistungsanteil des  
anderen Teils der Strahlung verstärkt den von der Diode abge-

strahlten einen Teil der Strahlung und verbessert so deren externen Wirkungsgrad.

Die als Bragg-Reflektor wirkende vorgeschlagene Schichtenfolge reflektiert Strahlung, die in einem Winkel von  $0^\circ$  bis  $25^\circ$  zur Normalen einer Schichtebene der Schichtenfolge auf diese Folge trifft.

Zur Verbesserung des externen Wirkungsgrads einer solchen Diode ist auch vorgeschlagen worden, im Schichtenstapel zwischen dem Oberflächenabschnitt des Substrats und der aktiven Schicht eine brechende Grenzfläche zwischen einer Schicht mit relativ niedrigem Brechungsindex des Schichtenstapels und einer an diese Schicht grenzenden Schicht mit relativ hohem Brechungsindex des Schichtenstapels auszubilden, wobei die Schicht mit dem relativ niedrigen Brechungsindex zwischen der aktiven Schicht und der Schicht mit dem relativ hohen Brechungsindex angeordnet ist.

Die brechende Grenzfläche läßt einen Leistungsanteil des in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats gestrahlten anderen Teils der Strahlung teilweise zum Oberflächenabschnitt des Substrats durch und reflektiert einen Leistungsanteil dieses anderen Teils unter Ausnutzung der Totalreflexion in Richtung zu der vom Oberflächenabschnitt des Substrats abgekehrten Oberfläche des Schichtenstapels.

Auch der an dieser brechenden Grenzfläche reflektierte Leistungsanteil des anderen Teils der Strahlung verstärkt den von der Diode abgestrahlten einen Teil der Strahlung und verbessert so deren externen Wirkungsgrad.

Der Brechungsindexsprung an der brechenden Grenzfläche sollte möglichst groß sein, um die Totalreflexion unter großen Einfallswinkeln der Strahlung von mehr als  $70^\circ$  zur Normalen der Zwischenschicht ausnutzen zu können. Ein großer Brechungsindex

dexsprung wird in erster Linie dadurch erhalten, daß der relativ niedrige Brechungsindex möglichst klein gewählt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, aufzuzeigen, wie  
5 bei einer Diode der eingangs genannten Art ein noch höherer externer Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

10

Gemäß dieser Lösung ist bei einer Diode der eingangs genannten Art zwischen dem Schichtenstapel und dem Oberflächenabschnitt des Substrats zumindest eine flächig an den Oberflächenabschnitt des Substrats grenzende und diesen Oberflächenabschnitt teilweise bedeckende und teilweise freilassende  
15 Zwischenschicht angeordnet, die für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats strahlenden anderen Teil der erzeugten Strahlung reflektierend wirkt.

20 Diese Lösung hat den Vorteil, daß von dem in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats abgestrahlten Teils der Strahlung, wie später näher erläutert, ein größerer Leistungsanteil als bisher vor Eintritt in das absorbierende Substrat reflektiert und zur Verstärkung des von der Diode  
25 abgestrahlten einen Teils der Strahlung verwendet werden kann, so daß ein insgesamt höherer externer Wirkungsgrad der Diode zu erzielen ist.

Die Zwischenschicht darf den Oberflächenabschnitt des Substrats nicht ganz, sondern nur teilweise bedecken und muß einen Teil dieses Abschnitts für ein Beginnen des epitaktischen Wachsens des Schichtenstapels auf dem Substrat freilassen.  
30 Andererseits soll die Zwischenschicht nach dem Wachsen des Schichtenstapels ganz von diesem Stapel bedeckt sein. Beides  
35 hat zur Folge, daß die Zwischenschicht vor dem epitaktischen Wachsen des Schichtenstapels auf dem Oberflächenabschnitt aufgebracht werden muß.

Da die aufgebraachte Zwischenschicht eine gewisse Dicke aufweist, definiert sie eine Stufe auf dem Oberflächenabschnitt, die beim nachfolgenden epitaktischen Aufwachsen des Schichtenstapels Wachstumsstörungen verursachen kann.

Wachstumsstörungen können unabhängig davon u.a. auch auftreten, wenn z.B. die Zwischenschicht aus einem Material besteht, in welchem keine einkristallinen Verhältnisse vorliegen oder ein Kristallgitter des Materials der Zwischenschicht und ein Kristallgitter eines Materials des Schichtenstapels nicht zusammenpassen.

Zumindest für das Wachsen der aktiven Schicht des Schichtenstapels sind aber derart geordnete einkristalline Verhältnisse erforderlich, daß spätestens vor dem Wachsen der aktiven Schicht an der Oberfläche des bis dahin gewachsenen Teils des Schichtenstapels, auf dem die aktive Schicht gewachsen wird, einkristalline Verhältnisse vorliegen und keine gestörten Kristallgefüge mehr vorhanden sind.

Um dies sicherzustellen, sind bei einer bevorzugten und vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Diode eine Dicke und eine zum Oberflächenabschnitt des Substrats parallele Abmessung der Zwischenschicht so klein bemessen, daß beim epitaktischen Wachsen des Schichtenstapels auf dem die Zwischenschicht aufweisenden Oberflächenabschnitt des Substrats ein durch die Zwischenschicht gestörtes Kristallwachstum vor dem epitaktischen Wachsen der aktiven Schicht wieder in ein geordnetes einkristallines Wachstum übergeht.

Diese Maßnahme kann unter Umständen dazu führen, daß die zum Oberflächenabschnitt des Substrats parallele Abmessung der Zwischenschicht im Vergleich zu einer zu diesem Abschnitt parallelen Abmessung des strahlungserzeugenden Schichtenstapels der Diode sehr klein und dadurch auch die Wirkung der Zwi-

schenschicht hinsichtlich der Verbesserung des externen Wirkungsgrades der Diode entsprechend unbedeutend ist.

Dieses Problem läßt sich in einfacher und vorteilhafter Weise  
5 dadurch lösen, daß zwischen dem Schichtenstapel und dem Oberflächenabschnitt des Substrats mehrere jeweils flächig an den Oberflächenabschnitt des Substrats grenzende Zwischenschichten vorhanden sind, die gemeinsam den Oberflächenabschnitt teilweise bedecken und teilweise freilassen und ganz vom  
10 Schichtenstapel bedeckt sind, und deren jede für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats strahlenden anderen Teil der erzeugten Strahlung reflektierend wirkt.

Bei dieser Lösung können ausnahmslos Zwischenschichten verwendet  
15 werden, deren jede so ausreichend klein bemessen ist, daß bei dieser Schicht ein Kristallwachstum des Schichtenstapels der Diode vor dem epitaktischen Wachsen der aktiven Schicht des Stapels wieder in ein geordnetes einkristallines Wachstum übergeht.

20

Auf dem Oberflächenabschnitt des Substrats kann eine Vielzahl derartig klein bemessener einzelner Zwischenschichten flächig verteilt sein, deren jede ihren Beitrag zur Verbesserung des externen Wirkungsgrads der Diode leistet, wobei sich die Beiträge  
25 summieren und gemeinsam einen stark verbesserten externen Wirkungsgrad der Diode ergeben.

Zwischen jeweils zwei benachbarten dieser Zwischenschichten sollte ein Zwischenraum freibleiben, in welchem der Oberflächenabschnitt des Substrats für ein Beginnen des epitaktischen Wachstums des Schichtenstapels auf dem Substrat freiliegt. Der Zwischenraum kann eine kleinere Abmessung als eine  
30 klein bemessene Zwischenschicht aufweisen.

35 Diese Zwischenschichten werden vorzugs- und vorteilhafterweise zumindest im Bereich des strahlenden Schichtenstapels der Diode möglichst gleichmäßig verteilt auf dem Oberflächenab-

schnitt des Substrats angeordnet, so daß eine möglichst gleichmäßig auf diesen Bereich verteilte Reflexion gegeben ist.

- 5 Eine Zwischenschicht kann beispielsweise eine ausreichend dünne spiegelnde Metallschicht sein, die den Vorteil hat, daß die auf diese Schicht treffende Strahlung vollständig reflektiert wird.
- 10 Relativ dazu einfacher herzustellen ist eine Diode, bei der eine Zwischenschicht eine für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats gestrahlten Teil der erzeugten Strahlung reflektierend wirkende brechende Grenzfläche definiert.
- 15 Beispielsweise kann die Zwischenschicht ganz aus einem Material bestehen, das im Vergleich zu einem Brechungsindex des Materials des Substrats einen kleineren Brechungsindex aufweist. Die brechende Grenzfläche ist in diesem Fall die
- 20 Grenzfläche zwischen dem Oberflächenabschnitt des Substrats und der flächig an diesen Abschnitt grenzenden Zwischenschicht. Diese Grenzfläche wirkt totalreflektierend. Für eine Totalreflexion unter großen Einfallswinkeln zur Normalen des Oberflächenabschnitts des Substrats an dieser brechenden
- 25 Grenzfläche sollte die Brechungsindexdifferenz zwischen dem größeren Brechungsindex des Substrats und dem kleineren Brechungsindex der Zwischenschicht möglichst klein sein.

Eine vorteilhafte Zwischenschicht, die eine brechende Grenzfläche definiert, weist ein Oxid oder Nitrid des Materials

30 des Substrats auf.

Eine solche Zwischenschicht kann auf einfache Weise dadurch hergestellt werden, daß an einer Oberfläche des Substrats das

35 Material des Substrats bis zu einer bestimmten Tiefe oxidiert oder nitriert wird. Dadurch entsteht unter dieser Oberfläche eine ganzflächige Schicht aus dem Oxid oder Nitrid des Mate-



rials des Substrats, die eine der bestimmten Tiefe entsprechende Dicke aufweist.

5 Aus dieser Schicht kann jede gewünschte reflektierend wirkende Zwischenschicht durch bereichsweises Entfernen der Schicht um die gewünschte Zwischenschicht herum bis zum Material des Substrats erzeugt werden. Die brechende Grenzfläche der gewünschten Zwischenchicht besteht aus der Grenzfläche zwischen dem Material des Substrats und dem darauf verbliebenen Oxid  
10 oder Nitrid dieses Materials.

Der höhere externe Wirkungsgrad der Diode ergibt sich im Vergleich zu einer bereits vorgeschlagenen Diode, die einen Bragg-Reflektor oder eine reflektierend wirkende brechende  
15 Fläche im Schichtenstapel aufweist, im wesentlichen dadurch, daß die reflektierend wirkende Zwischenschicht zwischen dem Schichtenstapel und dem Oberflächenabschnitt des Substrats, gleichgültig ob diese aus Metall besteht oder eine reflektierend wirkende brechende Grenzfläche definiert, ein ungleich  
20 höheres Reflexionsvermögen hat oder haben kann. Dieses Reflexionsvermögen ist oder kann so hoch sein, daß die Zwischenschicht, obgleich sie im Bereich des strahlenden Schichtenstapels der Diode nur einen Teil des Oberflächenabschnitts des Substrats bedeckt, immer noch einen größeren Leistungsanteil des in Richtung zu diesem Oberflächenabschnitt abgestrahlten Teils der in der aktiven Schicht erzeugten Strahlung reflektiert, als es der Reflektor oder die reflektierend  
25 wirkende brechende Fläche im Schichtenstapel einer bereits vorgeschlagenen Diode vermag.

30

Vorteilhafterweise kann der externe Wirkungsgrad der Diode darüber hinaus noch verbessert werden, wenn im Schichtenstapel zwischen einer Zwischenschicht und der aktiven Schicht  
35 zumindest eine Schicht angeordnet ist, die für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats strahlenden anderen Teil der erzeugten Strahlung reflektierend wirkt.

Eine im Schichtenstapel angeordnete und für diesen anderen Teil der Strahlung reflektierend wirkende Schicht kann vorteilhafterweise eine zusätzliche Verbesserung des bereits verbesserten externen Wirkungsgrads der Diode bringen.

5

Dies insbesondere dann, wenn eine im Schichtenstapel angeordnete reflektierend wirkende Schicht unter einem Reflexionswinkel reflektiert, der verschieden von einem Reflexionswinkel einer reflektierend wirkenden Zwischenschicht ist.

10

Diese Maßnahme kann beispielsweise realisiert werden, wenn eine im Schichtenstapel angeordnete und für den anderen Teil der erzeugten Strahlung reflektierend wirkende Schicht eine Schichtenfolge aus epitaktischen Schichten mit abwechselnd relativ höherem und niedrigerem Brechungsindex aufweist, die für den anderen Teil der Strahlung als ein Bragg-Reflektor wirkt.

15

Der besondere Vorteil ist in diesem Fall darin zu sehen, daß die eine oder mehreren reflektierend wirkenden Zwischenschichten bei großen Einfallswinkeln zur Normalen des Oberflächenabschnitts des Substrats und der Bragg-Reflektor bei kleinen Einfallswinkeln zu dieser Normalen reflektieren, so daß in diesem Fall nahezu die gesamte Leistung des in Richtung zum Oberflächenabschnitt des Substrats strahlenden anderen Teils der erzeugten Strahlung reflektiert wird.

20

25

Die erfindungsgemäße Diode kann als Leuchtdiode, Infrarotdiode oder UV-Diode realisiert und verwendet werden

30

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

Figur 1 einen vertikalen Schnitt längs der Linie II-II in Figur 2 durch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Diode,

35

Figur 2 eine Draufsicht auf den Oberflächenabschnitt des Substrats Beispiels nach Figur 1 bei entferntem Schichtenstapel der Diode und die Verteilung der mehreren Zwischenschichten dieser Diode auf dem Oberflächenabschnitt zeigend, und

Figur 3 den Ausschnitt A in Figur 1 in vergrößerter Darstellung, zeigend die in Form eines Bragg-Reflektors ausgebildete reflektierend wirkende Schicht im Schichtenstapel des Ausführungsbeispiels.

Die Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich.

Das in Figur 1 dargestellte Ausführungsbeispiel der generell mit 1 bezeichneten optische Halbleiterdiode weist einen auf einem Oberflächenabschnitt 11 eines Substrats 10 gewachsenen Schichtenstapel 20 aus epitaktischen Schichten 21, 22, 23, 24 und 25 auf, die eine aktive Schicht 24 zur Erzeugung optischer Strahlung 30 enthalten.

Das Substrat 10 und die zwischen dessen Oberflächenabschnitt 11 und der aktiven Schicht 24 des Schichtenstapels 20 befindlichen Schichten 21, 22 und 23 dieses Stapels 20 bestehen jeweils aus Halbleitermaterial ein und desselben Leitfähigkeitstyps, und die auf der vom Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 abgekehrten Seite der aktiven Schicht 24 befindliche Schicht 25 des Schichtenstapels 20 besteht aus dem zum einen Leitfähigkeitstyps entgegengesetzten anderen Leitfähigkeitstyp.

Beispielsweise und ohne Beschränkung der Allgemeinheit sind das Substrat 10 und die Schichten 21, 22 und 23 des Leitfähigkeitstyps P und die Schicht 25 des Leitfähigkeitstyps N

Jede einzelne der Schichten 21, 23 und 25 kann jeweils homogen aus einem Material oder inhomogen aus einer Folge von Lagen bestehen, deren Material sich wenig voneinander unter-

scheidet, beispielsweise nur durch eine unterschiedliche stöchiometrische Zusammensetzung der sonst gleichen chemischen Stoffe und/oder eine unterschiedliche Dotierung.

- 5 Die aktive Schicht 24 ist im Übergang vom einen zum anderen Leitfähigkeitstyp, beim Beispiel im P-N-Übergang von der P-dotierten Schicht 23 zur N-dotierten Schicht 25 des Schichtenstapels 20 angeordnet und kann aus üblichen Materialien bestehen, wie sie beispielsweise für herkömmliche LEDs und  
10 Infrarotdioden bekannt sind verwendet werden.

Die optische Strahlung 30 wird dadurch erzeugt, daß der Übergang vom einen zum anderen Leitfähigkeitstyp elektrisch in Durchlaßrichtung betrieben wird. Dazu ist beispielsweise auf  
15 einem vom Schichtenstapel 20 und damit vom einen Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 abgekehrten anderen Oberflächenabschnitt 12 des Substrats 10 ein elektrischer Kontakt 13 und auf einer vom einen Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 abgekehrten Oberfläche 26 des Schichtenstapels 20 ein weiterer elektrischer Kontakt 27 aufgebracht. Zwischen den beiden Kontakten 13 und 27 ist in bekannter Weise eine in Durchlaßrichtung des Übergangs vom einen zum anderen Leitfähigkeitstyp gepolte elektrische Spannung zur Erzeugung eines die  
20 optische Strahlung 30 in der aktiven Schicht 24 verursachenden elektrischen Stromes in diesem Übergang anzulegen.

Ein Teil 31 der erzeugten Strahlung 30 wird von der aktiven Schicht 24 in Richtung zu der vom Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 abgekehrten Oberfläche 26 des Schichtenstapels  
30 20 abgestrahlt, die an ein Medium 28 mit einem im Vergleich zu einem Brechungsindex  $n_{25}$  der Schicht 25 vom anderen Leitfähigkeitstyp des Schichtenstapels 20 kleineren Brechungsindex  $n_{28}$  grenzt und aus der dieser Teil 31 der Strahlung 30 möglichst verlustfrei austreten soll.

35

Das Medium 28 besteht vielfach aus Luft. In diesem Fall ist der kleinere Brechungsindex  $n_{25}$  im wesentlichen gleich 1, so

daß die Brechungsindexdifferenz  $n_{25} - n_{27}$  nahezu gleich  $n_{25} - 1$  und damit relativ maximal ist. Je größer die Brechungsindexdifferenz  $n_{25} - n_{27}$  ist, desto ungünstiger ist sie für einen möglichst verlustfreien Austritt des Teils 31 der Strahlung 30 aus der Oberfläche 26 des Schichtenstapels 20.

Um einen möglichst verlustfreien Austritt des Teil 31 der Strahlung 30 aus der Oberfläche 26 des Schichtenstapels 20 auch in dem Fall einer hohen und sogar der relativ maximalen Brechungsindexdifferenz  $n_{25} - n_{27}$  zu erreichen, weist diese Oberfläche 26 vorteilhafterweise kleine lokale Unebenheiten auf, die möglichst gleichmäßig über diese Fläche 26 verteilt und in der Figur 1 symbolisch durch eine Sägezahnlinie 267 angedeutet sind. Beispielsweise sind die Unebenheiten 267 durch eine Aufrauung der Oberfläche 26 erzeugt.

Neben dem einen Teil 31 wird ein anderer Teil 32 der von der aktiven Schicht 20 erzeugten Strahlung 30 in Richtung zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 gestrahlt. Naturgemäß ist der Betrag  $|n_{21} - n_{10}|$  der Brechungsindexdifferenz  $n_{21} - n_{10}$  zwischen dem Brechungsindex  $n_{21}$  der Schicht 21 des Schichtenstapels 20 und dem Brechungsindex  $n_{10}$  des Substrats 10 klein, so daß der andere Teil 32 allenfalls mit geringem Verlust aus der Schicht 21 durch den Oberflächenabschnitt 11 in das Substrat 10 austritt.

Da bei den gattungsgemäßen Dioden, zu denen die Diode 1 gehört, das Substrat 10 aus einem die erzeugte Strahlung 30 absorbierenden Material besteht, wird Leistung des anderen Teils 32 der Strahlung 30 im Substrat 10 absorbiert. Üblicherweise ist die Dicke  $T$  zwischen den voneinander abgekehrten Oberflächenabschnitten 11 und 12 des Substrats 10 so groß, daß der ganze andere Teil 32 der Strahlung 30 im Substrat 10 absorbiert wird und damit unwiederbringlich verloren geht.

Um dies möglichst zu verhindern, ist zwischen dem Schichtenstapel 20 und dem Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 zumindest eine Zwischenschicht 4 angeordnet, die flächig an den Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 grenzt, die diesen Oberflächenabschnitt 11 teilweise bedeckt und teilweise  
5 freiläßt und die für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 strahlenden anderen Teil 32 der erzeugten Strahlung 30 reflektierend wirkt.

10 "Reflektierend wirken" bedeutet, daß die Zwischenschicht 4 den anderen Teil 32 der Strahlung 30 stärker reflektiert, als möglicherweise der Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 aufgrund einer geringen Brechungsindexdifferenz zwischen dem Substrat 10 und der angrenzenden epitaktischen Schicht 21 des  
15 Schichtenstapels 20.

Dies bedeutet wiederum, daß für die Zwischenschicht 4 Materialien in Betracht zu ziehen sind, die sich vom Material der epitaktischen Schichten 21, 22, 23 und 25 stark unterscheiden  
20 und insbesondere für ein epitaktisches Wachstum der Zwischenschicht 4 auf dem Substrat 10 und/oder ein epitaktisches Wachstum von Schichten des Schichtenstapels 20 auf der Zwischenschicht 4 nicht geeignet sind.

25 Damit dennoch der Schichtenstapel 20 epitaktisch auf dem Substrat 10 gewachsen werden kann, ist es notwendig, daß die Zwischenschicht 4 den Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 nicht ganz, sondern nur teilweise bedeckt, so daß von diesem Abschnitt 11 ein Teil freibleibt, auf dem mit dem epitak-  
30 tischen Wachsen der Schicht 21 des Schichtenstapels 20 begonnen werden kann.

Nach dem epitaktischen Wachsen des Schichtenstapels 20 müssen in der aktiven Schicht 24 des Schichtenstapels 20 aus Strahlungserzeugungsgründen geordnete einkristalline Verhältnisse  
35 vorliegen.

Um dies zu erreichen, dürfen spätestens vor dem Wachsen der aktiven Schicht 24 des Schichtenstapels 20 an der vom Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 abgekehrten Oberfläche des bis dahin gewachsenen Teils des Schichtenstapels 20, auf  
5 der die aktive Schicht gewachsen wird, d.h. im Beispiel auf der Oberfläche 230 der Schicht 23 des Stapels 20, keine gestörten Kristallgefüge mehr vorhanden sein, sondern es müssen dort geordnete einkristalline Verhältnisse vorliegen.

10 Bei gattungsgemäßen Dioden haben die Schichtenstapel 20 vorgegebene Dicken  $T_{20}$  in der Größenordnung von  $10 \mu\text{m}$ , die auch bei der hier beschriebenen erfindungsgemäßen Diode 1 beibehalten werden sollten.

15 Um bei einer solchen geringen Dicke  $T_{20}$  des Schichtenstapels 20 eine geordnete einkristalline Verhältnisse aufweisende aktive Schicht 24 des Schichtenstapels 20 erhalten zu können, sind eine Dicke  $t$  und eine zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 parallele Abmessung  $d$  der Zwischenschicht 12 so  
20 klein bemessen, daß beim epitaktischen Wachsen des Schichtenstapels 20 auf dem die Zwischenschicht 12 aufweisenden Oberflächenabschnitt 11 ein durch die Zwischenschicht 12 gestörtes Kristallwachstum vor dem epitaktischen Wachsen der aktiven Schicht 24 wieder in ein geordnetes einkristallines  
25 Wachstum übergeht.

Mit dieser Maßnahme wird auch erreicht, daß der die aktive Schicht 24 mit den geordneten einkristallinen Verhältnissen aufweisende Schichtenstapel 20 wie in Figur 1 dargestellt die  
30 Zwischenschicht 4 ganz bedeckt.

Allerdings kann diese Maßnahme unter Umständen, beispielsweise in dem Fall, daß die Dicke  $t$  der Zwischenschicht 4 nach unten auf einen von null verschiedenen minimalen Wert be-  
35 grenzt ist, dazu führen, daß die zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 parallele Abmessung  $d$  der Zwischenschicht 4 im Vergleich zu einer zu diesem Abschnitt 11 parallelen Ab-

messung D des strahlungserzeugenden Schichtenstapels 20 der Diode 1 sehr klein und dadurch auch die Wirkung der Zwischenschicht 4 hinsichtlich der Verbesserung des externen Wirkungsgrades der Diode 1 entsprechend unbedeutend ist.

5

Dem kann dadurch begegnet werden, daß zwischen dem Schichtenstapel 20 und dem Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 mehrere jeweils flächig an den Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 grenzende Zwischenschichten 4 vorhanden sind, die gemeinsam den Oberflächenabschnitt 11 teilweise bedecken und teilweise freilassen und deren jede für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 strahlenden anderen Teil 32 der erzeugten Strahlung 30 reflektierend wirkt.

10

Beim Ausführungsbeispiel ist nach den Figuren 1 und 2 diese Maßnahme realisiert. Gemäß Figur 2 sind auf dem Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 mehrere horizontale Reihen aus jeweils mehreren einzelnen Zwischenschichten 4 angeordnet, die durch einen gemeinsamen Zwischenraum 40 voneinander getrennt sind, in welchem der Oberflächenabschnitt 11 für ein Beginnen des epitaktischen Wachsens des Schichtenstapels 20 freiliegt.

15

20

Die Form und Größe der einzelnen Zwischenschichten 4 relativ zueinander sind prinzipiell beliebig wählbar. Beispielsweise sind alle dargestellten Zwischenschichten 4 rechteckig, insbesondere quadratisch ausgebildet und beispielsweise mit horizontal ausgerichteten Seiten angeordnet.

25

Der Abstand  $d_{12}$  zwischen benachbarten einzelnen Zwischenschichten 4 ist nach unten dadurch begrenzt, daß in diesem Abstand  $d_{12}$  das Beginnen des epitaktischen Wachsens des Schichtenstapels 20 möglich sein muß.

30

Eine zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 parallele Abmessung einer einzelnen Zwischenschicht 4, beispielsweise die horizontale Abmessung  $d$  und/oder die vertikale Abmessung

35



$d_1$  in Figur 2, wird vorzugsweise so klein wie möglich gewählt, ist aber größer als die Hälfte einer vorbestimmten Wellenlänge  $\lambda$  zu wählen, die in der von der Diode 1 abgestrahlten optischen Strahlung 30 enthalten ist.

5

Bei einer konkreten Ausführung des Ausführungsbeispiels der Diode 1 sind danach eine ungleich größere Anzahl einzelner Zwischenschichten 4 auf dem Oberflächenabschnitt 11 des Substrats vorhanden, als in den Figuren 1 und 2 dargestellt sind.

10

Durch eine möglichst gleichmäßige Verteilung der einzelnen Zwischenschichten 4 auf dem Oberflächenabschnitt 11 wird vorteilhafterweise erreicht, daß der mit diesen Zwischenschichten 4 bedeckte Oberflächenabschnitt 11 für den in Richtung dieses Abschnitts 11 gestrahlten anderen Teil 32 der in der aktiven Schicht 24 erzeugten optischen Strahlung 30 quasi wie eine kontinuierliche reflektierende Fläche wirkt, die einen Leistungsanteil dieser anderen Teils 32 reflektiert.

15

20

Dieser reflektierte Leistungsanteil breitet sich durch den Schichtenstapel 20 in Richtung zu dessen vom Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 abgekehrten Oberfläche 26 aus, bei der er aus der Diode 1 austritt und dabei den einen Teil 31 der von der aktiven Schicht 24 erzeugten optischen Strahlung 30 verstärkt.

25

Die Zwischenschichten 4 des Ausführungsbeispiels sind beispielsweise durch eine für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 gestrahlten anderen Teil 32 der erzeugten Strahlung 30 reflektierend wirkende brechende Grenzfläche definiert, die vorzugsweise die Grenzfläche 411 zwischen der Zwischenschicht 4 und dem Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 ist.

30

35

Die Zwischenschicht 4 besteht in diesem Fall homogen aus einem Material mit einem Brechungsindex  $n_4$ , der kleiner als der

Brechungsindex  $n_{10}$  des Substrats 10 ist, so daß die Grenzschicht 411 totalreflektierend für den anderen Teil 32 der Strahlung 30 wirkt. Die Dicke  $t$  der Zwischenschicht 4 ist zumindest in diesem Fall Zwischenschicht 4 größer als die Hälfte der vorbestimmten Wellenlänge  $\lambda$  zu wählen, die in der von der Diode 1 abgestrahlten optischen Strahlung 30 enthalten ist.

Die Zwischenschicht 4 kann bei dieser Ausführung besonders einfach hergestellt werden, wenn sie aus einem Oxid oder Nitrid des Materials des Substrats 10 besteht, wobei der zusätzliche Vorteil gegeben ist, daß die Brechungsindexdifferenz  $n_{10} - n_4$  zwischen dem Brechungsindex  $n_{10}$  des Substrats 10 und dem Brechungsindex  $n_4$  der Zwischenschicht 4 und damit der zu einer Normalen 110 des Oberflächenabschnitts 11 des Substrats 10 gemessene Totalreflexionswinkel besonders groß sind.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Diode 1 ist im Schichtenstapel 20 zwischen einer Zwischenschicht 4 und der aktiven Schicht 24 zumindest eine epitaktische Schicht 22 angeordnet ist, die für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10 strahlenden anderen Teil 32 der erzeugten Strahlung 30 reflektierend wirkt. Diese Schicht 22 reflektiert bereits einen Leistungsanteil des anderen Teils 32 der Strahlung 30 bevor dieser auf eine Zwischenschicht 4 trifft und dort noch einmal reflektiert wird.

Der von der Schicht 22 reflektierte Leistungsanteil und der von einer Zwischenschicht 4 reflektierte Leistungsanteil können sich summieren und gemeinsam die Strahlungsleistung der von der Diode 1 abgestrahlten Strahlung 30 über die mit der Zwischenschicht 4 allein bereits erreichte Vergrößerung dieser Strahlungsleistung hinaus erhöhen.

Die Schicht 22 kann sich wie in der Figur 1 dargestellt in Richtung parallel zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats

10 kontinuierlich über die ganze Abmessung D des strahlungs-  
erzeugenden Schichtenstapels 20 der Diode 1 in dieser Rich-  
tung erstrecken.

5 Allerdings sollte die Schicht 22 so ausgebildet sein, daß sie  
den in Richtung zum Oberflächenabschnitt 11 des Substrats 10  
gestrahlten anderen Teil 32 der erzeugten Strahlung 30 unter  
einem anderen Reflexionswinkel zur Normalen 110 als eine Zwi-  
schenschicht 4 reflektiert.

10

In der Figur 1 ist der Reflexionswinkel an einer Zwischen-  
schicht 4 mit  $\alpha$  und der Reflexionswinkel an der Schicht 22  
mit  $\beta$  bezeichnet.

15 Voneinander verschiedene Reflexionswinkel  $\alpha$  und  $\beta$  können da-  
durch erreicht werden, daß die reflektierend wirkende Schicht  
22 wie in Figur 3 angedeutet eine Schichtenfolge aus epitak-  
tischen Schichten 221, 222, ... 22m (m ist eine ganze Zahl  
größer 2) mit abwechselnd relativ höherem Brechungsindex  $n_1$   
20 und relativ niedrigerem Brechungsindex  $n_2$  aufweist, die für  
den anderen Teil 32 der erzeugten Strahlung 30 als ein Bragg-  
Reflektor wirkt.

Beispielsweise kann in diesem Fall eine Zwischenschicht 4 un-  
25 ter einem Reflexionswinkel  $\alpha$  von annähernd  $70^\circ$  reflektieren  
und die Schicht 22 so gestaltet sein, daß diese unter einem  
Reflexionswinkel  $\beta$  von annähernd  $20^\circ$  reflektiert. Da der eine  
und andere Teil 31 bzw. 32 der in der aktiven Schicht 24 er-  
zeugten Strahlung 30 jeweils im wesentlichen in allen Winkeln  
30 zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  zur Normalen 110 des Oberflächenab-  
schnitts 11 des Substrats 10 von der aktiven Schicht 24 ab-  
strahlt, wird in diesem Fall vorteilhafterweise im Bereich  
jeder Zwischenschicht 4 nahezu die ganze Leistung des anderen  
Teils 32 der Strahlung 30 reflektiert.

35

Bei einer konkreten, nicht einschränkenden Ausführung des in  
den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels besteht das

Substrat 10 aus GaAs, die epitaktische Schicht 21 aus N-dotiertem InGaAlP, die als Bragg-Reflektor wirkende epitaktische Schicht 22 aus Schichten 221 bis 22m aus abwechselnd N-dotiertem InGaAlP und N-dotiertem InGaAlP, die epitaktische Schicht 23 aus N-dotiertem InGaAlP, die aktive Schicht 24 aus InGaAlP und die epitaktische Schicht 25 aus P-dotiertem InGaAlP. Jede Zwischenschicht 4 besteht aus  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{SiN}_x$ . Die Dicke T des Substrats 10 beträgt 50-200  $\mu\text{m}$ , die Dicke  $T_{20}$  des Schichtenstapels 20: 0,1-5  $\mu\text{m}$ , die Abmessungen d und  $d_1$  einer Zwischenschicht 4: 0,5-5  $\mu\text{m}$ , der Abstand  $d_{12}$  zwischen benachbarten Zwischenschichten 4: 0,1-2  $\mu\text{m}$  und die Dicke t einer Zwischenschicht 4: 0,05-1 $\mu\text{m}$ .

## Patentansprüche

1. Optische Halbleiterdiode (1) mit einem auf einem Oberflächenabschnitt (11) eines Substrats (10) gewachsenen Schichtenstapel (20) aus epitaktischen Schichten (21, 22, 23, 24, 25), die eine aktive Schicht (24) zur Erzeugung optischer Strahlung (30) enthalten, wobei ein Teil (31) der erzeugten Strahlung (30) durch eine vom Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) abgekehrte Oberfläche (26) des Schichtenstapels (20) und ein anderer Teil (32) dieser Strahlung (30) in Richtung zum Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) abstrahlt, und wobei das Substrat (10) aus einem die erzeugte Strahlung (30) absorbierenden Material besteht, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Schichtenstapel (20) und dem Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) zumindest eine flächig an den Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) grenzende und diesen Oberflächenabschnitt (11) teilweise bedeckende und teilweise freilassende Zwischenschicht (4) angeordnet ist, die für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) strahlenden anderen Teil (32) der erzeugten Strahlung (30) reflektierend wirkt.

2. Diode (1) nach Anspruch 1, wobei eine Dicke (t) und eine zum Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) parallele Abmessung (d) der Zwischenschicht (4) so klein bemessen sind, daß beim epitaktischen Wachsen des Schichtenstapels (20) auf dem die Zwischenschicht (4) aufweisenden Oberflächenabschnitt (11) ein durch die Zwischenschicht (4) gestörtes Kristallwachstum vor dem epitaktischen Wachsen der aktiven Schicht (24) wieder in ein geordnetes einkristallines Wachstum übergeht.

3. Diode (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei zwischen dem Schichtenstapel (20) und dem Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) mehrere jeweils flächig an den Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) grenzende Zwischenschichten (4) vorhanden sind, die gemeinsam den Oberflächenabschnitt

(11) teilweise bedecken und teilweise freilassen und deren jede für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) strahlenden anderen Teil (32) der erzeugten Strahlung (30) reflektierend wirkt.

5

4. Diode (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Zwischenschicht (4) eine für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) gestrahlten anderen Teil (32) der erzeugten Strahlung (30) reflektierend wirkende brechende Grenzfläche (411) definiert.

10

5. Diode (1) nach Anspruch 4, wobei eine Zwischenschicht (4) ein Oxid des Materials des Substrats (10) aufweist.

15 6. Diode nach Anspruch 4 oder 5, wobei eine Zwischenschicht (4) ein Nitrid des Materials des Substrats (10) aufweist.

7. Diode (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Schichtenstapel (20) zwischen einer Zwischenschicht (4) und der aktiven Schicht (24) zumindest eine Schicht (22) angeordnet ist, die für den in Richtung zum Oberflächenabschnitt (11) des Substrats (10) strahlenden anderen Teil (32) der erzeugten Strahlung (30) reflektierend wirkt.

20

25 8. Diode (1) nach Anspruch 7, wobei eine im Schichtenstapel angeordnete reflektierend wirkende Schicht (22) unter einem Reflexionswinkel ( $\beta$ ) reflektiert, der verschieden von einem Reflexionswinkel ( $\alpha$ ) einer reflektierend wirkenden Zwischenschicht (4) ist.

30

9. Diode (1) nach Anspruch 7 oder 8, wobei eine im Schichtenstapel (20) angeordnete und für den anderen Teil (32) der erzeugten Strahlung (30) reflektierend wirkende Schicht (22) eine Schichtenfolge aus epitaktischen Schichten (221, 222, ... 22n) mit abwechselnd relativ höherem und niedrigerem Brechungsindex ( $n_1$ ,  $n_2$ ) aufweist, die für den anderen Teil (32) der erzeugten Strahlung (30) als ein Bragg-Reflektor wirkt.

35



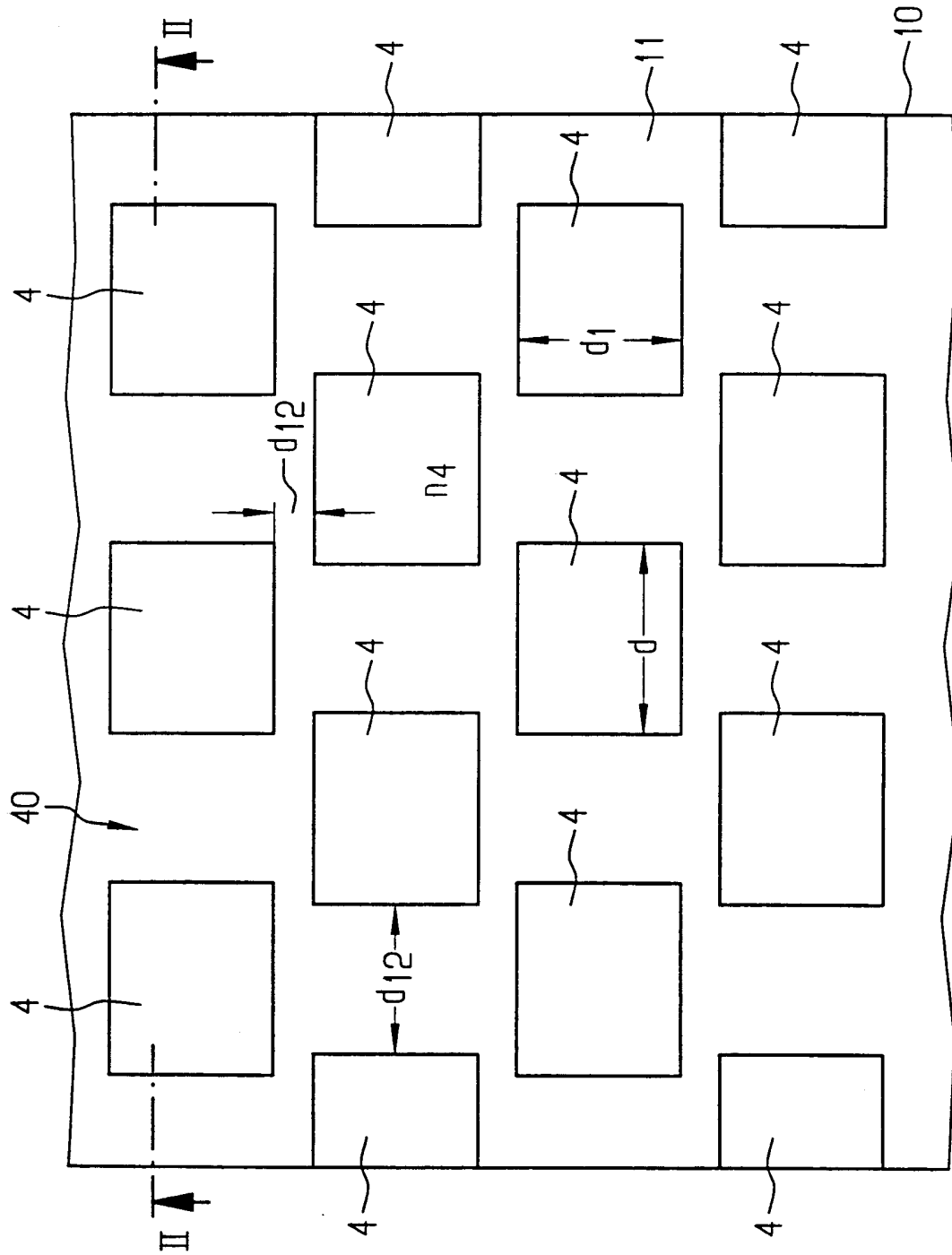


FIG 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/00665

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H01L33/00				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 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)				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	US 5 828 088 A (MAUK MICHAEL G) 27 October 1998 (1998-10-27)	1-6		
Y	column 7, line 50 -column 9, line 10; figure 1B ---	7-9		
X	US 5 457 328 A (ISHIMATSU SUMIO ET AL) 10 October 1995 (1995-10-10) abstract; figure 2 ---	1		
Y	US 5 614 734 A (GUIDO LOUIS J) 25 March 1997 (1997-03-25) abstract; figure 1 ---	7-9		
P, X	EP 0 951 076 A (HEWLETT PACKARD CO) 20 October 1999 (1999-10-20) column 6, line 5-12; figures 1,,2B --- -/--	1-6		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <span style="margin-left: 200px;"><input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.</span>				
° Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "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                 </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;">                     "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.                      "&amp;" document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			"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
"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			
12 July 2000	24/07/2000			
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	Werner, A			

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 00/00665
---

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 99 53578 A (DAWSON MARTIN DAVID ;MARTIN ROBERT WILLIAM (GB); UNIV STRATHCLYDE) 21 October 1999 (1999-10-21) page 7, line 13 -page 8, line 9; figures 1A,2A-2F <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">-----</div>	1-6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No PCT/DE 00/00665
---

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5828088	A	27-10-1998	NONE	
US 5457328	A	10-10-1995	JP 2898847 B JP 7015035 A	02-06-1999 17-01-1995
US 5614734	A	25-03-1997	NONE	
EP 0951076	A	20-10-1999	US 6046465 A JP 11330555 A	04-04-2000 30-11-1999
WO 9953578	A	21-10-1999	NONE	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

In: itionales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00665

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

IPK 7 H01L33/00

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 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.
X	US 5 828 088 A (MAUK MICHAEL G) 27. Oktober 1998 (1998-10-27)	1-6
Y	Spalte 7, Zeile 50 -Spalte 9, Zeile 10; Abbildung 1B	7-9
	---	
X	US 5 457 328 A (ISHIMATSU SUMIO ET AL) 10. Oktober 1995 (1995-10-10) Zusammenfassung; Abbildung 2	1
	---	
Y	US 5 614 734 A (GUIDO LOUIS J) 25. März 1997 (1997-03-25) Zusammenfassung; Abbildung 1	7-9
	---	
P,X	EP 0 951 076 A (HEWLETT PACKARD CO) 20. Oktober 1999 (1999-10-20) Spalte 6, Zeile 5-12; Abbildungen 1,,2B	1-6
	---	
	-/--	



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

12. Juli 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/07/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Werner, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	WO 99 53578 A (DAWSON MARTIN DAVID ; MARTIN ROBERT WILLIAM (GB); UNIV STRATHCLYDE) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) Seite 7, Zeile 13 -Seite 8, Zeile 9; Abbildungen 1A, 2A-2F -----	1-6

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00665

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5828088 A	27-10-1998	KEINE	
US 5457328 A	10-10-1995	JP 2898847 B JP 7015035 A	02-06-1999 17-01-1995
US 5614734 A	25-03-1997	KEINE	
EP 0951076 A	20-10-1999	US 6046465 A JP 11330555 A	04-04-2000 30-11-1999
WO 9953578 A	21-10-1999	KEINE	