



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 21 272 T2 2004.02.05**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 917 260 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H01S 5/02**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 21 272.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 309 032.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.05.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.04.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.02.2004**

(73) Patentinhaber:

Agilent Technologies Inc., A Delaware Corp., Palo Alto, Calif., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, SE

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:

Barnard, Dr., Joseph Alan, London, GB

(54) Bezeichnung: **Elektrische Isolierung optoelektronischer Bauelemente**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf die elektrische Isolation von Komponenten in einem integrierten optoelektronischen Bauelement, wo zwei oder mehr aktive Regionen optisch gekoppelt sind, beispielsweise durch einen Wellenleiter. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf die Trennung einer Laserdiode mit verteilter Rückkopplung (DFB = distributed feed-back) und eines Elektroabsorptions(EA-) Modulators in einem monolithisch integrierten optoelektronischen Senderbauelement für eine Faseroptiktelekommunikationsverbindung.

[0002] Die optoelektronische Integration liefert das Potential für kostengünstige, zuverlässige und kompakte Komponenten, verbesserte Temperatur- und mechanische Stabilität, und eine sichergestellte Ausrichtung zwischen den Komponenten. Auf dem Gebiet der Senderbauelemente für Faseroptiktelekommunikation wurde die Integration einer Laserdiode mit einem Modulator, beispielsweise in einer vergrabenen Heterostruktur oder einem Stegstreifen vor vielen Jahren erreicht, siehe hierzu beispielsweise die Veröffentlichung von S. Tarucha und H. Okamoto in Appl. Phys. Lett., Bd. 22, S. 242–243, 1986, die sich auf ein Bauelement bezieht, das aus GaAs hergestellt ist. Um einen Betrieb bei $1,55\text{ }\mu\text{m}$ zu erreichen, werden heutzutage solche integrierten optoelektronischen Senderbauelemente normalerweise von auf einem Wafer hergestellt, der von einem $n^{++}\text{-InP}$ -Substrat aufgewachsen ist, auf dem eine Anzahl von Schichten aufgewachsen sind, einschließlich einer $p^{+}\text{-InP}$ -Aktivschicht, die durch eine $p^{++}\text{-GaInAs}$ Ternär- oder Abdeckungsschicht abgedeckt wird. Die Abdeckungsschicht weist einen relativ niedrigen Widerstand auf und dient daher als eine Kontaktschicht, mit der elektrische Kontakte hergestellt werden können.

[0003] Idealerweise sollte das Licht, das von der Laserdiode ausgegeben wird, eine stabile Wellenlänge und Intensität aufweisen. Aufgrund der integrierten Natur solcher Strukturen und der dichten physikalischen Nähe der Komponenten ist der elektrische Widerstand zwischen der Laserdiode und dem Modulator (der hierin als der Isolationswiderstand bezeichnet wird) etwa $1\text{--}10\text{ k}\Omega$, abhängig von der Leitfähigkeit des p -Kontaktmaterials und der Trennung der Kontakte. Es ist daher möglich, daß das elektrische Signal, das verwendet wird, um den Modulator zu modulieren, die Laserdiode nachteilig beeinträchtigen kann, was Wellenlängen- und/oder Intensitätsverschiebungen bewirkt. Der Isolationswiderstand muß daher zumindest um einige $100\text{ k}\Omega$ und vorzugsweise auf einige $\text{M}\Omega$ erhöht werden.

[0004] Mehrere Lösungsansätze zum Handhaben dieses Problems der elektrischen Isolation wurden vorgeschlagen. Ein Lösungsansatz ist, durch die Ternärabdeckungsschicht zu ätzen. Dies erhöht den Isolationswiderstand nur auf etwa $10\text{--}20\text{ k}\Omega$. Obwohl solches Ätzen den optischen Wellenleiter zwischen

der Laserdiode und dem Modulator nicht stört, ist dies eine nichtausreichende Isolation.

[0005] Eine Möglichkeit zum Erreichen einer ausreichenden Isolation ist in der Veröffentlichung von M. Suzuki u. a. im Journal of Lightwave Technology, Bd. 6, S. 779–785, 1988 offenbart. Eine Isolationsregion ist in dem Streifen zwischen der DFB-Laserdiode und dem EA-Modulator gebildet, durch Wegätzen sowohl der Abdeckungsschicht als auch der aktiven Schicht. Der Zwischenraum in der aktiven Schicht wurde dann mit einem passivierenden SiN -Film und einem Polyimid gefüllt. Obwohl ein relativ hoher Isolationswiderstand von $2,5\text{ M}\Omega$ erreicht wurde, leidet dieser Lösungsansatz unter dem Nachteil des Schneidens in den optischen Wellenleiter zwischen der Laserdiode und dem Modulator, was die optische Effizienz des Bauelements nachteilig beeinträchtigen kann oder die Kopplung zwischen den Komponenten reduzieren kann, aufgrund unerwünschter interner Reflexionen.

[0006] Eine weitere Verbesserung der oben erwähnten Lösung ist in dem Dokument US-A-5,484,559 (Fujitsu Ltd.) offenbart. Das zweite Ausführungsbeispiel in diesem Dokument ist ein integriertes optoelektronisches Bauelement mit zwei Komponenten: einem lichtemittierenden Element, d. h. einer Laserdiode und einem Lichtmodulator. Eine geerdete dritte Elektrode ist in der Isolationsregion auf einer Halbleiterkontaktschicht vorgesehen. Diese geerdete Elektrode liefert eine elektrostatische Abschirmung, wodurch vermieden wird, daß das Hochfrequenzsignal, das von der Elektrode des Lichtmodulators induziert wird, zu der Elektrode des lichtemittierenden Elements übertragen wird. Folglich kann dieses lichtemittierende Element auf stabile Weise arbeiten.

[0007] Eine weitere Möglichkeit zum Erreichen eines hohen Grads an elektrischer Isolation ohne Wegätzen der Abdeckungs- und der aktiven Schicht und ohne nachteiliges Beeinträchtigen der optischen Leistungsfähigkeit des Bauelements ist es, eine Tiefprotonimplantation in der Region zwischen der Laserdiode und dem Modulator zu verwenden. M. Aoki und H. Sano haben in „OFC '95 Optical Fibre Communication" Summaries of Papers Presented at the Conference on Optical Fibre Communication, Bd. 8, S. 25–26, pub. Optical Society of America, 1995, berichtet, daß diese Technik eine elektrische Isolation von mehr als $1\text{ M}\Omega$ erreichen kann. Es wird davon ausgegangen, daß dieser Lösungsansatz einen Isolationswiderstand von bis zu $10\text{ M}\Omega$ erreichen könnte. Keiner der anderen Prozeßschritte im Zusammenhang mit der Herstellung eines solchen integrierten optoelektronischen Bauelements erfordert jedoch eine solche Proton- oder Ionimplantation und daher erfordert dieser Lösungsansatz eine Investition in ein zusätzliches Element einer sehr aufwendigen Produktionsausrüstung.

[0008] Gemäß der Erfindung ist ein integriertes optoelektronisches Bauelement vorgesehen, das zu-

mindest zwei optoelektronische Komponenten umfaßt, die auf dem gleichen Substrat hergestellt sind, wobei zwei der optoelektronischen Komponenten durch eine elektrische Isolationsregion getrennt sind; durch einen Wellenleiter optisch über die Isolationsregion verbunden sind; und durch eine Kontaktschicht abgedeckt sind, durch die ohmsche Kontakte hergestellt werden, um die Komponenten zu betreiben, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Kontaktschicht durch die Isolationsregion erstreckt, von der ein Massekontakt hergestellt ist, um die Kontaktschicht in der Isolationsregion zu erden, und so die beiden optoelektronischen Komponenten elektrisch voneinander zu isolieren.

[0009] Der Massekontakt kann dann alle Streuströme von einer der beiden Komponenten ziehen, die die Leistungsfähigkeit der anderen Komponente nachteilig beeinträchtigen könnten. In dem Fall, in dem die Komponente eine Laserdiode ist und die andere Komponente ein Modulator ist, beispielsweise ein EA-Modulator zum Modulieren des Ausgangs der Laserdiode, können Streumodulationsströme bei der Modulationsfrequenz zu dem Massekontakt gezogen werden, um ein Wellenlängen- oder Intensitätsschirpen der anderweitig beständig vorgespannten Laserdiode zu verhindern.

[0010] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung bedeckt eine Passivierungsschicht die Abdeckungsschicht, um einen Umgebungsschutz für das Bauelement zu liefern. Die Passivierungsschicht kann dann Kontaktfenster in der Passivierungsschicht aufweisen, durch die die Kontakte hergestellt werden.

[0011] Im allgemeinen weist das integrierte Bauelement eine Masseebene auf, beispielsweise entweder das Substrat oder eine Schicht, die auf dem Substrat aufgewachsen ist. In vielen Fällen ist das Bauelement so hergestellt, daß das Substrat eine Masseebene ist. Der Massekontakt von der Abdeckungsschicht kann dann zu der Masseebene hergestellt werden. Falls ein Kontaktfenster für das Substrat vorgesehen ist, kann ein Massekontakt praktischerweise durch dieses Fenster zu der Masseebene hergestellt werden. Es wäre jedoch möglich, daß der Massekontakt beispielsweise durch einen Draht oder einen anderen geeigneten Massepunkt hergestellt wird. Die Masseebene muß nicht notwendigerweise bei Null Volt bezüglich der Masse sein, sondern bei einem geeigneten Potential bezüglich der Komponenten, um Streuströme weg von einer oder mehreren der Komponenten zu ziehen. Es kann jedoch der Fall sein, daß zumindest eine der Komponenten durch die Masseebene geerdet wird.

[0012] Es kann oft der Fall sein, daß sich eine Passivierungsschicht über das Bauelement erstreckt, und bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung grenzt diese Bauelementpassivierungsschicht an die Abdeckungspassivierungsschicht. Das Fenster zu dem Substrat kann sich dann durch die Bauelementpassivierungsschicht erstrecken, um

eine praktische Route zu der Masseebene zu liefern. [0013] Es kann praktisch sein, einen oder jeden der Kontakte durch Aufbringen einer leitfähigen Schicht aufzubringen, und nicht durch Verwendung von Drähten. Diese aufgebrachte leitfähige Schicht kann dann ein oder mehrere Fenster bedecken. Vorzugsweise sind die Kontakte so aufgebracht, daß die Kontakte alle Kontaktfenster vollständig überdecken. Die aufgebrachte leitfähige Schicht/Schichten können dann als ein Typ von Passivierungsschicht in dem Bereich der Fenster wirken, die nicht anderweitig durch die vorher erwähnte Passivierungsschicht geschützt sind.

[0014] Es kann wünschenswert sein, die Streuströme, die durch den Massekontakt gezogen werden, zu beschränken, beispielsweise um das Überhitzen aufgrund von ohmschen Verlusten zu verhindern, oder um einen Spannungsabfall für die Komponenten zu vermeiden. Daher kann ein Widerstand in Reihe mit dem Stromweg zur Masse vorgesehen sein. Zumindest ein Teil dieses Widerstands kann praktischerweise durch die Abdeckungsschicht geliefert werden, die mit Abmessungen hergestellt werden kann, die von dem Material der Abdeckungsschicht abhängen, um zumindest 1 K Ω zwischen einer Komponente und dem Massekontakt zu liefern.

[0015] Die Erfindung wird nun mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beispielhaft beschrieben.

[0016] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines herkömmlichen integrierten optoelektronischen Bauelements, das eine DFB-Laserdiode in Reihe mit einem EA-Modulator umfaßt;

[0017] **Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht eines integrierten optoelektronischen Bauelements gemäß der Erfindung, das eine DFB-Laserdiode in Reihe mit einem EA-Modulator umfaßt, die durch eine Isolationsregion getrennt sind, von der ein Massekontakt zu einer Masseebene hergestellt ist;

[0018] **Fig. 3** ist eine perspektivische Ansicht des Bauelements von **Fig. 2** das mit plattierten Anschlußflächen gezeigt ist, die an dem Bauelement befestigt sind; und

[0019] **Fig. 4** ist ein Schaltbild des Bauelements von **Fig. 2** und **3**, das zeigt, wie der Massekontakt die beiden Komponenten isoliert.

[0020] **Fig. 1** zeigt, nicht maßstabsgerecht, ein integriertes herkömmliches optoelektronisches Bauelement **1**, das zwei Komponenten umfaßt, nämlich eine DFB-Laserdiode **2** und einen EA-Modulator **4**, der für die Verwendung als ein Sender in einer Hochgeschwindigkeitsfaseroptikverbindung geeignet ist die bei 1,55 μm arbeitet. Derzeit arbeiten Hochgeschwindigkeitsverbindungen bei 2,5 oder 10 Gbit/s und Bitraten von bis zu 40 Gbit/s wurden im Labor demonstriert.

[0021] Das Bauelement **1** ist in Waferform aufgewachsen, von einem n+-InP-Substrat **6**, das auf etwa 10^{19} cm^{-3} dotiert ist, auf dem eine 2 μm dicke n+-InP-Pufferschicht **8** aufgewachsen ist, die auf etwa

10^{18} cm^{-3} dotiert ist. Die Laserdiode weist eine $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ aktive Schicht **10** auf, die etwa 100 nm bis 300 nm dick ist, und diese wird durch eine weitere Pufferschicht **12** bedeckt, hier eine „Umhüllungs“-Schicht, die aus $\text{p}^+\text{-InP}$ gebildet ist. Das DFB-Gitter für die Laserdiode kann in der $\text{n}^+\text{-InP}$ -Pufferschicht oder in der $\text{p}^+\text{-InP}$ -Abdeckungsschicht enthalten sein. Die aktive Region des DFB-Lasers und des EA-Modulators umfaßt normalerweise eine Mehrquantenmuldenstruktur (MQW structure; MQW = Multiple Quantum Well). Die MQW-Struktur ist insbesondere in dem Modulatorabschnitt vorteilhaft, wo die Absorptionskante des Modulators durch Anlegen eines elektrischen Feldes zu längeren Wellenlängen verschoben werden kann (der quantenbeschränkte Stark-Effekt).

[0022] Die Ausgangsfläche **9** des Modulators ist antireflexbeschichtet für eine gute Übertragung durch die Fläche, und die Rückfläche **11** der Laserdiode kann reflektierend beschichtet sein oder unbeschichtet sein.

[0023] Die Umhüllung oder obere Pufferschicht **12** ist aufgewachsen, um etwa 2 μm dick zu sein, und auf derselben ist eine 100 nm bis 200 nm dicke Abdeckungsschicht aufgebracht. Die Abdeckungsschicht ist aus $\text{p}^+\text{-GaInAs}$ gebildet, hochdotiert auf etwa 10^{19} cm^{-3} um einen guten ohmschen Kontakt mit geringem Widerstand für die elektrische Verbindung zu der Laserdiode **2** zu liefern. Dann wird der Wafer unter Verwendung einer gut bekannten Herstellungstechnologie mit einer Oxidschicht beschichtet, hier SiO_2 (nicht dargestellt), die durch einen plasmagestützten chemischen Dampfaufbringungsprozeß (PECVD = Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) aufgebracht wird. Diese Oxidschicht wird photolithographisch strukturiert und trocken geätzt, um die Abdeckungsschicht **16** und fast 200 nm der Pufferschicht zu entfernen, außer entlang eines 3 μm breiten Stegstreifens **14**. Der Stegstreifen **14** steht daher etwa 2 μm über der umgebenden Oberfläche hoch. Schließlich wird die PECVD-Oxidschicht von dem Stegstreifen entfernt, um die Abdeckungsschicht **16** erneut freizulegen.

[0024] Der Stegstreifen **14** hat den Effekt des Führens einer optischen Mode **15** entlang einer aktiven Region **17** unterhalb des Streifens **14**.

[0025] Der Stegstreifen **14** erstreckt sich von der Laserdiode **2** durch eine Isolationsregion **18** bis zum EA-Modulator **4**. Der EA-Modulator weist eine ähnliche Struktur auf wie diejenige, die für die Laserdiode beschrieben wurde, außer daß die Absorptionskante des nicht vorgespannten Modulators bei einer kürzeren Wellenlänge ist (typischerweise 30 nm bis 100 nm kürzer) als das Gewinnmaximum und die Emissionswellenlänge der Laserdiode.

[0026] Die Isolationsregion **18** umfaßt einen Zwischenraum **20**, der an einem ähnlichen Prozeß geätzt wird wie derjenigen, der oben beschrieben ist, um die Abdeckungsschicht **16** vollständig zu entfernen, und falls nötig, die Oberseite der oberen

$\text{p}^+\text{-InP}$ -Pufferschicht **12**. Das Ätzen des Zwischenraums **20** endet kurz vor der Tiefe, die Reflexionen bewirken würde und Licht stört, das durch die aktive Region **17** geleitet wird, die sich unter dem Streifen **14** erstreckt. Aufgrund der Notwendigkeit, den Isolationswiderstand zu maximieren, ohne die optischen Eigenschaften des Stegwellenleiters nachteilig zu beeinträchtigen, und außerdem der Notwendigkeit, die photolithographische Struktur mit dem Steg **14** zwischen den Komponenten **2**, **4** auszurichten, ist das Positionieren und Ätzen des Zwischenraums ein sehr kritischer Prozeß. Es ist sehr schwierig, diese Ausrichtung in einer Herstellungsumgebung zu erreichen. Die so hergestellte Isolationsregion **18** verdoppelt etwa den Isolationswiderstand zwischen der Laserdiode **2** und dem Modulator **4**. Eine Protonimplantation könnte verwendet werden, um diesen Isolationswiderstand weiter auf 1 bis 10 M Ω zu erhöhen.

[0027] Die Abdeckungsschicht **16**, die Seiten des Stegstreifens **14** und die umgebende obere Pufferschicht **10** werden dann mit einer PECVD-Oxidschicht **22** beschichtet, hier eine SiO_2 -Schicht. Diese wird in einem ähnlichen Prozeß wie demjenigen, der oben beschrieben wurde, strukturiert und geätzt, um zwei Kontaktfenster auf dem Stegstreifen **14** zu öffnen, eines, **24**, über der Laserdiode und das andere, **26**, über dem Modulator.

[0028] Dann wird unter Verwendung gut bekannter Techniken auf dem Bauelement **1** Metall in zwei Stufen vakuum aufgedampft, zunächst mit einer TiPt-Schicht, die unter Verwendung eines Abhebeprozesses strukturiert wird und dann der Endaufbringung einer TiAu-Schicht gefolgt von Metallnaßätzen in photolithographisch definierten Bereichen. Die verbleibende TiAu-Schicht bildet zwei Kontakte **28**, **30**, die die Kontaktfenster **24**, **26** überdecken, um gute ohmsche Kontakte durch die Abdeckungsschicht mit der Laserdiode **2** und dem Modulator **4** herzustellen. Sechs andere metallisierte Bereiche **31** bis **36** sind ebenfalls gebildet, die keine elektrische Verbindung herstellen, aber auf denen Anschlußflächen (nicht gezeigt) plattiert werden können, um einen physikalischen Schutz für den Stegstreifen **14** zu liefern.

[0029] Obwohl dies nicht dargestellt ist, würde das Substrat **6** auf herkömmliche Weise auf ein Wärmesenke gelötet.

[0030] Das herkömmliche Bauelement ist etwa 700 μm lang (d. h. in der Richtung des Stegs **14**) und etwa 300 μm breit. Die Längen der Laserdiode **2**, der Zwischenraumisolationsregion **18** und des Modulators **4** sind etwa 450 μm , 50 μm bzw. 200 μm .

[0031] Die Fig. 2 und 3 stellen, nicht maßstabsgeerecht, ein integriertes optoelektronisches Bauelement **101** gemäß der Erfindung dar. Dieses Bauelement **101** ist ähnlich wie das herkömmliche Bauelement **1**, das oben beschrieben wurde, und daher werden ähnliche Merkmale mit Bezugszeichen dargestellt, die um **100** inkrementiert sind.

[0032] Das Bauelement **101** weist eine Isolationsregion **118** auf, die etwa 70 μm lang ist, und daher et-

was länger ist als die herkömmliche Isolationsregion **18**. Dies ermöglicht ausreichend Platz für ein Isolationskontaktfenster **140**, das zu einer ununterbrochenen Abdeckungsschicht **116** gebildet ist, die sich zwischen der Laserdiode **102** und dem Modulator **104** erstreckt. Das Isolationskontaktfenster **140** wird auf gleiche Weise und zur gleichen Zeit gebildet wie die Kontaktfenster **124**, **126** für die Komponenten **102**, **104**. Dies ist sehr viel praktischer als die Bildung des oben beschriebenen Isolationszwischenraums, wodurch die Notwendigkeit vermieden wird, die Isolationsregion in einem getrennten Prozeßschritt von der Ausrichtung der Kontaktfenster auszurichten.

[0033] Bei einem getrennten Prozeßschritt vor dem Ätzen der Kontakt- und Isolationsfenster wird ein Massekontaktfenster **142** zu dem Substrat in dem Bauelement gebildet, das durch die Pufferschichten **108**, **112**, die aktive Schicht **110** und etwa 2 µm in das 100 µm dicke Substrat **106** verläuft. Bei diesem Pegel ist das Substrat eine effektive Masseebene für die Komponenten **102**, **104**. Dann werden während der Aufbringung der PEVCD-Oxidschicht **122** über der Abdeckungsschicht und der Oberfläche an jeder Seite des Stegs die Seiten **144** und die Basis (nicht gezeigt) des Massefensters **142** ebenfalls in der Oxidschicht bedeckt. Das Oxid, das die Basis des Massefensters **142** bedeckt, wird dann in dem gleichen Prozeßschritt entfernt, der die Kontaktfenster **124**, **126** und das Isolationsfenster **140** öffnet.

[0034] Bei einem Herstellungsebene wird ein TiPt/TiAu-Leiter **146** zwischen das Isolationskontaktfenster **140** und das Massekontaktfenster **142** aufgebracht, zur gleichen Zeit wie die Komponentenleiter **128**, **130** aufgebracht werden. Ein 10 µm Zwischenraum trennt die Leiter **128**, **130** von dem Masseleiter **146**. Dieses Verfahren ist ziemlich praktisch, da es keine zusätzlichen Prozeßschritte gibt. Es wurde jedoch beobachtet, daß sich für Bauelemente, die unter speziellen Verarbeitungsbedingungen erzeugt werden, der Übergang zwischen dem TiPt und dem n++-Substrat wie eine Schottky-Diode verhält. Es wird daher bevorzugt, wenn der Abschnitt des Leiters **146** entfernt von dem Stegstreifen in einem getrennten Prozeßschritt aus einer einzigen Schicht aus Au-GeNi oder einer AuSn-Legierung gebildet wird.

[0035] Obwohl es möglich wäre, einen anderen Weg zur Masse bereitzustellen als durch Aufbringen des Leiters **146** von dem Isolationskontaktfenster **140** zu dem Massekontaktfenster **142**, beispielsweise mit einem freistehenden geerdeten Draht, der mit dem Isolationskontaktfenster verbunden ist, wird davon ausgegangen, daß die oben beschriebene integrierte Konstruktion besonders vorteilhaft ist, weil dieselbe die Leitung von Streuströmen mit sehr hoher Frequenz (in der Größenordnung von 1 bis 10 GHz oder sogar höher) ermöglicht, die durch die Modulation induziert werden.

[0036] Das oben beschriebene Bauelement weist eine relativ geringe Integrationsdichte auf. Aufgrund des großen Raums, der durch den Bereich zu der lin-

ken Seite (wie es gezeichnet ist) des Stegs benötigt wird, kann das Massefenster **142** im Vergleich zu den Kontaktfenstern **124**, **126** und dem Isolationsfenster **140** relativ groß sein. Bei diesem Beispiel ist das Massefenster 50 µm breit (in der Richtung des Stegs **14**) und 100 µm lang. Die Ausrichtung des Massefensters bezüglich der anderen Merkmale ist daher nicht so kritisch wie die Ausrichtung des Abdeckungsschichtzwischenraums **20** des herkömmlichen Bauelements. Ferner ist die Tiefe des Massefensters nicht kritisch um einen guten Weg zu der Masse in dem Substrat **106** zu erreichen. Dieses Ausführungsbeispiel des Bauelements ist daher für eine Herstellungsumgebung sehr gut geeignet.

[0037] Mit Bezugnahme auf **Fig. 3** ist eine Au-Kontaktanschlußfläche **158** an den metallisierten Bereich **128** plattiert, und Au-Schutzanschlußflächen **162**, **163**, **165**, **166** sind an metallisierte Bereiche **132**, **133**, **135**, **136** plattiert. Die Kontaktanschlußfläche **158** ist nur vorgesehen, um das Anfangstesten der Laserdiode zu ermöglichen. Nach dem Testen kann das Bauelement dann in eine Industriestandardverpackung (nicht gezeigt) verpackt werden, mit einer optischen Einmodenfasern, die mit einer sphärischen Linse an der Ausgangsfläche des Modulators **104** gekoppelt ist, und mit Goldverbindungsdrähten, die auf die metallisierten Bereiche **128** und **130** gelötet sind.

[0038] Der Zweckmäßigkeit halber werden in **Fig. 4** die gleichen Bezugszeichen verwendet wie oben, um im allgemeinen äquivalente Schaltungselemente zu bezeichnen. **Fig. 4** zeigt elektrisch, wie die Isolationsregion **118** dazu beiträgt, die beständige Laserdiode **102** vor einer elektrischen Störung von dem Modulator **104** zu isolieren.

[0039] Die Laserdiode ist durch V_{LD} bei etwa 1,6 V in Durchlaßrichtung vorgespannt, und der Modulator ist mit einer Modulation V_M in Sperrichtung vorgespannt, die zwischen -0,5 V (durchlässig) und -2,0 V (absorbierend) bei bis zu 10 Gbit/s oder höher moduliert ist. Bei Fehlen eines Isolationsmerkmals würde ein Streustrom von der Laserdiode **102** zu dem Modulator **104**, der zwischen 0,5 mA und 0,9 mA schwankt, Wellenlängen- oder Intensitätschirpen des Lasers bewirken.

[0040] Die ununterbrochene Abdeckungsschicht **116** zwischen der Laserdiode **102** und dem Modulator **104** liefert einen relativ geringen Widerstandsweg R_i -Weg zu dem Isolationsfenster und zu der Substratmasse **106** durch den Leiter **146**. Alle Streuströme in der Umhüllung oder der oberen Pufferschicht **112**, die einen Widerstandswert von $5 \times 10^{-4} \Omega m$ aufweist (etwa zehn mal höher als die für die Abdeckungsschicht) wird auch zu der Abdeckungsschicht **116** zwischen den Komponenten **102**, **104** und von dort zu der Masse **106** gezogen. Bei dem vorliegenden Beispiel ist der Wert von R_i vorzugsweise etwa 2 bis 3 K Ω . Ein Wert für R_i unter etwa 1 K Ω könnte eine übermäßige Erwärmung der Laserdiode bewirken, was zu einer Wellenlängenverschiebung der Laserdiode führt.

[0041] Obwohl die vorliegende Erfindung insbesondere für das Beispiel einer DFB-Laserdiode in Reihe mit einem EA-Modulator beschrieben wurde, ist die Erfindung auf jedes Paar oder jede Anzahl von optoelektronischen Komponenten anwendbar, die monolithisch auf einem Substrat integriert sind, bei denen Streuströme von einer Komponente von der anderen Komponente isoliert werden müssen. Beispielsweise kann ein optischer Wellenleiter mit einer Trennung in zwei Wellenleiter bei einem Y-Übergang elektrisch angetriebene oder modulierte aktive optische Regionen in zwei oder drei der Arme des „Y“ haben, beispielsweise ein optischer Verstärker oder Modulator. Es kann dann wünschenswert sein, eine Isolationsregion an dem Übergang der drei Arme zu liefern, mit der die zwei oder drei optisch aktiven Regionen elektrisch isoliert werden.

[0042] Ein weiteres Beispiel eines optoelektronischen Bauelements, bei dem es einen Bedarf nach einer elektrischen Isolation zwischen optisch gekoppelten Komponenten gibt, wären abstimmbare DFB-Laserdioden. Diese können aus zwei oder drei in Reihe geschalteten Abschnitten gebildet werden, mit einem abstimmbaren Bragg-Gitterabschnitt, der an einen Dauerzustandsverstärkungsabschnitt angrenzt.

[0043] Optoelektronische Bauelemente gemäß der Erfindung liefern eine praktische und ökonomische Einrichtung zum elektrischen Isolieren integrierter optoelektronischer Komponenten. Die beteiligten Prozessschritte können ähnlich sein wie andere Standardschritte, die bei der Herstellung solcher Bauelemente verwendet werden. Es gibt keinen Bedarf an zusätzlicher aufwendiger Prozeßausrüstung, die in anderen Schritten nicht verwendet wird, wie z. B. Ionenstrahlimplantationsausrüstung. Die Toleranzen bei der Ausrichtung der Isolationsregion, und Massekontakte oder -fenster können im Vergleich zu denjenigen herkömmlicher Isolationsregionen reduziert werden.

Patentansprüche

1. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101), das zumindest zwei optoelektronische Komponenten (102, 104) umfaßt, die auf dem gleichen Substrat (106) hergestellt sind, wobei zwei der optoelektronischen Komponenten (102, 104) durch eine elektrische Isolationsregion (118) getrennt sind; durch einen Wellenleiter (110) optisch über die Isolationsregion verbunden sind; und durch eine Kontaktschicht (116), durch die ohmsche Kontakte (124, 128; 126, 130) hergestellt werden, um die Komponenten (102, 104) zu betreiben, abgedeckt sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich die Kontaktschicht (116) durch die Isolationsregion (118) erstreckt, von der ein Massekontakt (140, 142, 146) hergestellt ist, um die Kontaktschicht (116) in der Isolationsregion (118) zu erden, und so die beiden optoelektronischen Komponenten (102, 104) elektrisch voneinander zu isolie-

ren.

2. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß Anspruch 1, bei dem eine (102) der beiden optoelektronischen Komponenten eine Laserdiode ist, und die andere (104) der beiden optoelektronischen Komponenten ein Modulator zum Modulieren des Ausgangssignals der Laserdiode (102) ist.

3. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Kontaktschicht (116) durch eine Passivierungsschicht (122) abgedeckt ist, wobei die Passivierungsschicht Kontaktfenster (124, 126, 140) aufweist, durch die die Kontakte hergestellt werden.

4. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Bauelement eine Masseebene (106) aufweist, wobei der Massekontakt (140, 142, 146) von der Kontaktschicht (116) zu der Masseebene hergestellt wird.

5. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß Anspruch 4, bei dem ein Kontaktfenster (142) in das Bauelement für den Massekontakt zu der Masseebene (106) vorgesehen ist.

6. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß Anspruch 5, bei dem sich eine Passivierungsschicht (122) über das Bauelement erstreckt, wobei sich das Fenster (142) in das Bauelement durch die Passivierungsschicht (122) erstreckt.

7. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem zumindest eine der optoelektronischen Komponenten (102, 104) durch die Masseebene (106) geerdet ist.

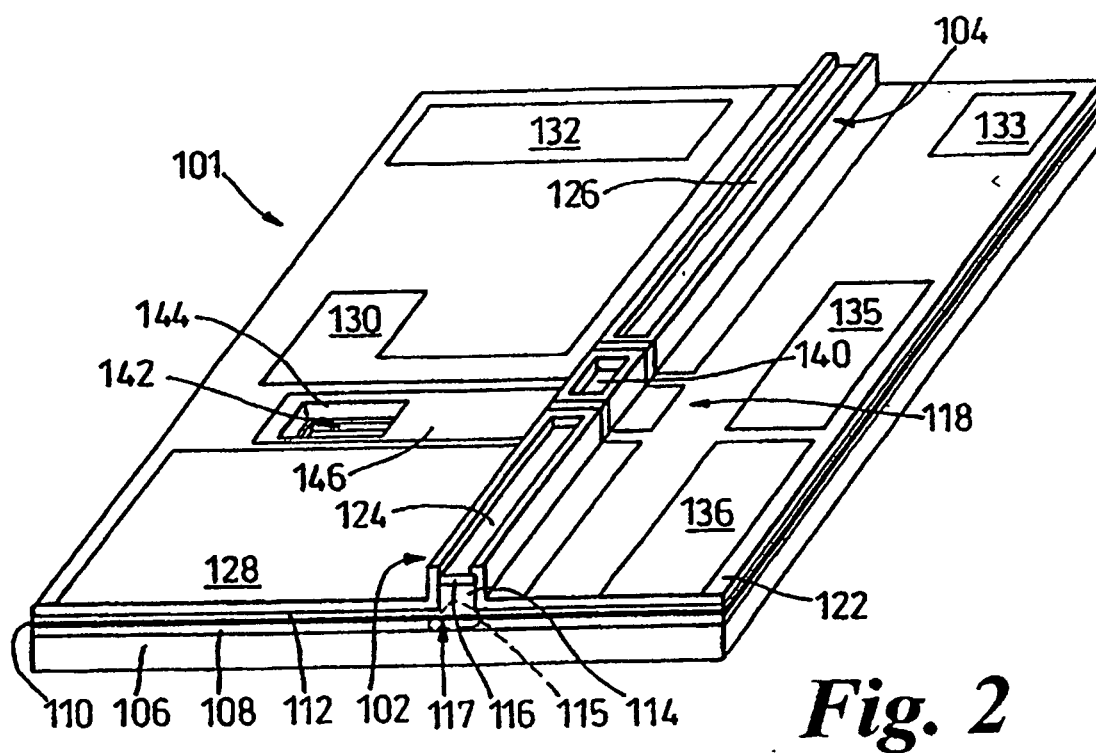
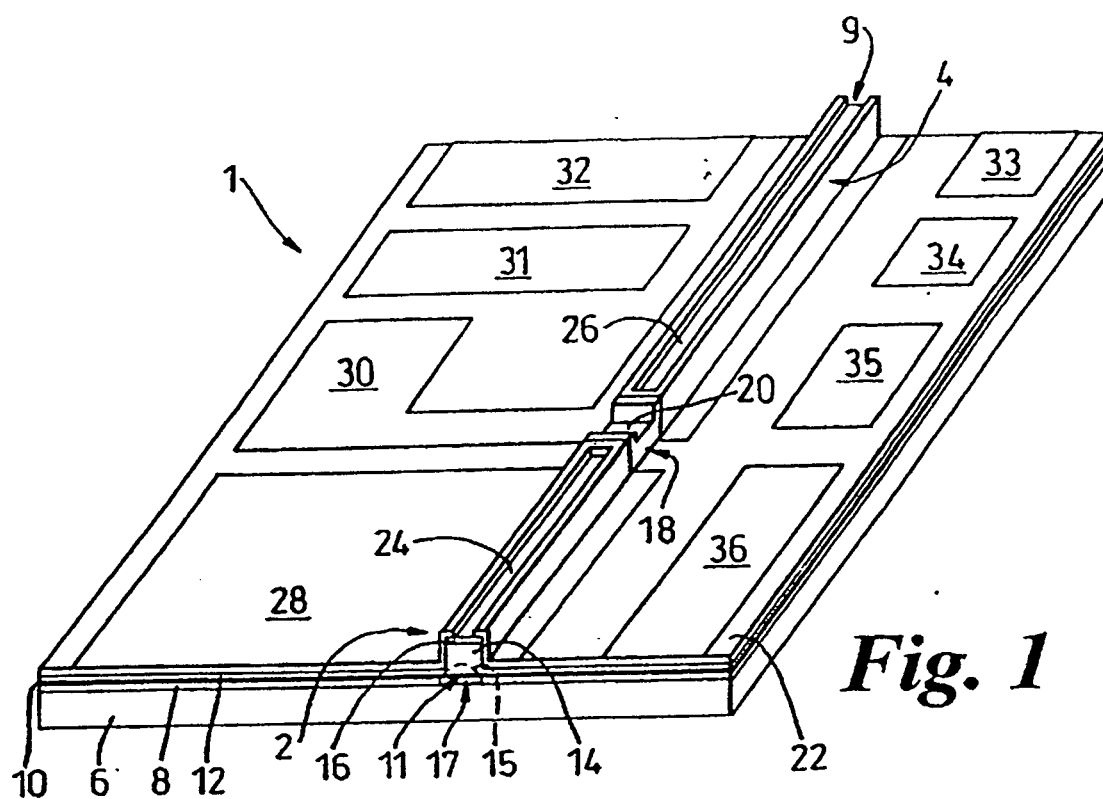
8. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Kontakte (124, 128; 126, 130; 140, 146) jeweils durch eine aufgebrachte leitende Schicht (128, 130, 146) hergestellt sind.

9. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß Anspruch 8, abhängig von Anspruch 5 oder Anspruch 6, bei dem die aufgebrachte leitende Schicht (128, 130, 146) ein oder mehr Fenster (124, 126, 140) abdeckt.

10. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Kontaktschicht (116) einen Widerstand von zumindest 1 k Ω zwischen einer optoelektronischen Komponente (102, 104) und dem Massekontakt (140, 142, 146) liefert.

11. Ein integriertes optoelektronisches Bauelement (**101**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Kontaktschicht (**116**) eine dreifache Deckschicht ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



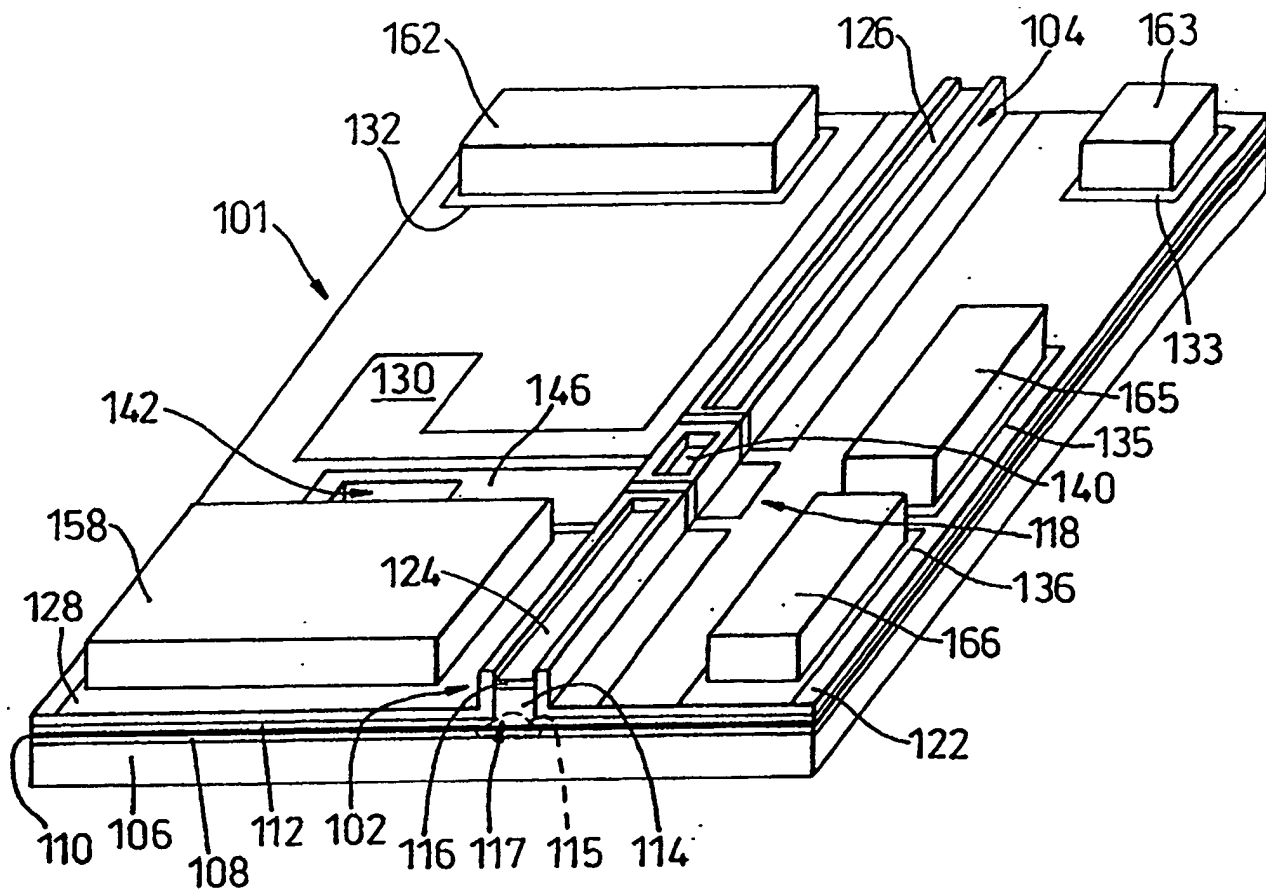


Fig. 3

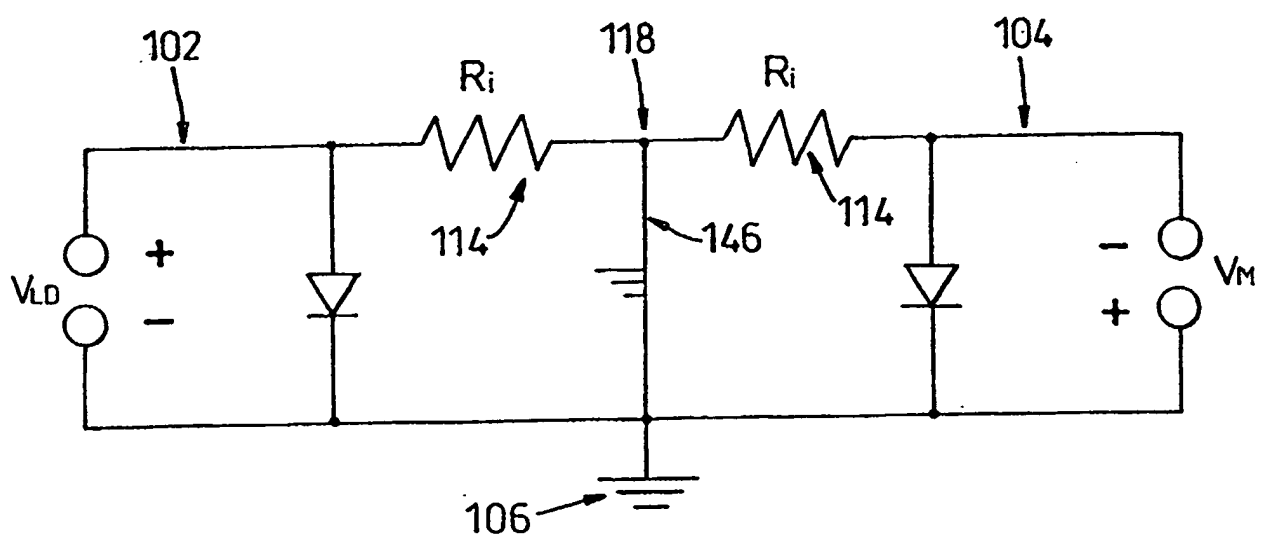


Fig. 4