



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 37 977 T2** 2008.02.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 864 886 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 37 977.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 400 544.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.03.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.09.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/12** (2006.01)

H01S 3/08 (2006.01)

G02B 6/26 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9702993 **13.03.1997** **FR**

(73) Patentinhaber:

Avanex Corp., Fremont, Calif., US

(74) Vertreter:

**Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, NL, SE

(72) Erfinder:

**Leclerc, Denis, 91430 Igny, FR; Mestric, Roland,
75007 Paris, FR**

(54) Bezeichnung: **Herstellungsverfahren von integrierten optischen Schaltungen zur Minimierung der optischen Kopplungsverluste**

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 auf ein Verfahren zum Herstellen integrierter optischer Schaltungen, die Wellenleiter umfassen, die unterschiedliche Strukturen, insbesondere unterschiedliche vertikale und seitliche Strukturen, besitzen. Dieses Verfahren ermöglicht insbesondere das Verbessern der Kopplung zwischen den verschiedenen Leitern und folglich das Minimieren der optischen Verluste.

[0002] Die integrierten optischen Schaltungen sind so konzipiert, dass sie mehrere optische Komponenten mit unterschiedlichen Strukturen und Funktionen umfassen können. Diese Schaltungen werden in zwei Stufen hergestellt. In einer ersten Stufe werden die verschiedenen aktiven und/oder passiven Komponenten in einem so genannten End-zu-End-Kopplungsverfahren, das in der angelsächsischen Terminologie auch "butt coupling" genannt wird, auf einem Substrat integriert. Danach werden in einer zweiten Stufe die Wellenleiter von verschiedenen Komponenten in Form von Streifen geätzt, derart, dass sie die seitliche Einschließung des Lichtes gewährleisten können.

[0003] WO 96/09668 betrifft eine Halbleitervorrichtung mit einem Wellenleiter variabler Breite. Die Breite des Leiters nimmt zum Eintritt und zum Austritt des Lichtes hin progressiv ab.

[0004] EP 0 642 041 beschreibt eine optische Streifen-Halbleiterkomponente. Die Komponente umfasst eine führende Struktur und eine Steuerstruktur, die über der führenden Struktur angefertigt ist.

[0005] Das "Butt-coupling"-Verfahren, das das Integrieren der optischen Komponenten ermöglicht, ist heutzutage sehr gebräuchlich. Die schematischen Darstellungen der [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#) zeigen Längsschnittansichten einer integrierten optischen Schaltung im Verlauf der verschiedenen Schritte dieses "Butt-coupling"-Verfahrens.

[0006] Dieses Verfahren besteht darin, zuerst auf einem Substrat verschiedene Schichten **2**, **3**, **4** wachsen zu lassen, die beispielsweise dazu bestimmt sind, eine passive Struktur zu bilden. Dieser Schichtenstapel ist beispielsweise aus einer ersten Schicht aus Indiumphosphid (InP), einer zweiten Schicht aus quaternärem Material **3**, die geeignet ist, als Wellenleiter zu dienen, und schließlich einer dritten InP-Schicht **4** gebildet.

[0007] Anschließend wird in einem herkömmlichen und optimierten Ätzverfahren wenigstens ein Hohlraum **5** in diesem Schichtenstapel ausgebildet. Dieser Hohlraum **5** ist für die Integration eines anderen Typs von optischer Komponente wie beispielsweise

eines Halbleiterlasers reserviert.

[0008] Diese aktive Komponente wird hergestellt, indem mehrere Schichten **6**, **7** und **8** durch Epitaxie wachsen gelassen werden. Die Schicht **7** bildet den Wellenleiter und ist beispielsweise aus einem quaternären Material gebildet, während die anderen Schichten **6** und **8** beispielsweise aus InP gebildet sind. Die Struktur dieses Wellenleiters **7** ist von jener des passiven Leiters **3** verschieden. Die Grenzfläche oder Schnittstelle **9** zwischen den zwei Typen von Komponenten wird in der angelsächsischen Terminologie "butt joint" genannt.

[0009] In diesem Stadium der Herstellung der integrierten optischen Schaltungen müssen die verschiedenen Lichtleiter in Form von Streifen geätzt werden, derart, dass sie die seitliche Einschließung des Lichtes gewährleisten können. In den letzten Jahren sind zahlreiche Versuche unternommen worden, die Wellenleiter nach einem so genannten Selbstausrichtungsverfahren zu ätzen.

[0010] Dieses Verfahren besteht darin, die seitlichen Strukturen der Leiter mit Hilfe einer einzigen Maske **10**, wie sie durch die schematische Darstellung einer Draufsicht einer Schaltung in [Fig. 2](#) gezeigt ist, in einem Schritt zu definieren. Der mit ZA bezeichnete Bereich entspricht der aktiven Zone, während der mit ZP bezeichnete Bereich der passiven Zone entspricht.

[0011] Jedoch erfordert dieses Selbstausrichtungsverfahren das Schließen eines Kompromisses hinsichtlich der Vorgehensweise bei der Herstellung der Streifen der Wellenleiter. Ein solcher Kompromiss ist nicht ohne Folgen für die Leistungen der endgültigen Vorrichtung.

[0012] Tatsächlich werden die verschiedenen aktiven und passiven optischen Komponenten herkömmlicherweise getrennt hergestellt und die Strukturen dieser Wellenleiter nach völlig verschiedenen und optimierten Techniken definiert. Wenn zwei unterschiedliche Strukturen stumpf angesetzt werden und wenn die Ätzung ihrer Wellenleiter mittels einer einzigen Maske **10** ausgeführt wird, werden nun aber im Allgemeinen eine einzige Technik und nicht zwei Techniken angewandt.

[0013] Die Zusammensetzung der bei Selbstausrichtung verwendeten Maske **10** ist im Allgemeinen von jener der Masken, die in den herkömmlichen Verfahren, in denen jede der optischen Komponenten für sich genommen hergestellt wird, verschieden. Tatsächlich kann diese Zusammensetzung vorzugsweise metallisch anstatt aus Harz oder Silicium sein. Dieser Unterschied in der Zusammensetzung bringt eine Modifikation der Ätztechnik, die angewandt wird, um die Strukturen der Wellenleiter zu definieren, mit

sich. Aus diesem Grund erfordert das Selbstausrichtungsverfahren das Schließen eines Kompromisses hinsichtlich der Ätztechnik, um alle Strukturen von Wellenleitern gleichzeitig zu definieren.

[0014] Die bis jetzt durchgeführten Versuche zum Erreichen eines zufrieden stellenden Kompromisses sind ergebnislos geblieben und ermöglichen in keinem der Fälle, das Inbetrachtziehen einer Massenfertigung von integrierten optischen Schaltungen.

[0015] Ein erstes zu lösendes Problem besteht folglich darin, eine andere Lösung zum Herstellen von integrierten optischen Schaltungen mittels gegenwärtig angewandter und optimierter Fertigungstechniken für jedes der Elemente, die diese Schaltungen bilden, zu finden.

[0016] Die Anmelderin hat deshalb in Betracht gezogen, die unterschiedlichen optischen Komponenten durch das "Butt-coupling"-Verfahren zu integrieren und danach die seitlichen Strukturen der Wellenleiter durch ein so genanntes Wiederausrichtungsverfahren zu definieren. Dieses Wiederausrichtungsverfahren besteht insbesondere darin, die Wellenleiter mit unterschiedlichen Strukturen ausgehend von mehreren Masken, die eventuell eine unterschiedliche Zusammensetzung besitzen und das Anwenden häufig angewandter und optimierter Techniken ermöglichen, für jeden Strukturtyp zu definieren.

[0017] [Fig. 3](#) stellt schematisch eine Draufsicht einer integrierten optischen Schaltung dar, die eine aktive Zone ZA und eine passive Zone ZP umfasst, auf der zwei Maskentypen **10** bzw. **12**, die für die Herstellung eines Streifens aus aktivem Wellenleiter und für die Herstellung von zwei Streifen aus passiven Wellenleitern verwendet werden, angeordnet sind.

[0018] Das Wiederausrichtungsverfahren besteht eigentlich darin, einerseits einen Teil der aktiven Zone ZA mittels einer Maske **10** und andererseits die gesamte passive Zone ZP zu schützen und anschließend den Lichtleiter der aktiven Struktur gemäß der oft verwendeten angepassten und optimierten Ätztechnik zu ätzen. In einer zweiten Stufe wird ein Teil der passiven Zone ZP mittels einer oder mehrerer anderer Masken **12** geschützt, während die gesamte aktive Zone ZA beispielsweise durch das Harz geschützt wird, und wird anschließend der Lichtleiter der passiven Struktur nach der üblicherweise angewandten angepassten und optimierten Ätztechnik geätzt.

[0019] Das in den [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) schematisch dargestellte Beispiel ermöglicht ein besseres Verständnis der Art und Weise, in der die unterschiedlichen Wellenleiter definiert werden. In einer ersten Stufe sind eine aktive Struktur und zwei passive Strukturen, die sich beiderseits der aktiven Struktur

befinden, nach dem "Butt-coupling"-Verfahren, wie es oben mit Bezug auf die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#) erläutert worden ist, auf einem Substrat **1** integriert worden. Die schematischen Darstellungen der [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) entsprechen einer Querschnittsansicht der ausgeführten integrierten Schaltung quer durch die aktive Struktur. Die schematischen Darstellungen **4D** und **4E** entsprechen ihrerseits einer Querschnittsansicht der ausgeführten integrierten Schaltung quer durch die passive Struktur.

[0020] Das Wiederausrichtungsverfahren besteht darin, in einer ersten Stufe einerseits die gesamte passive Zone und andererseits einen Teil der aktiven Struktur durch eine Maske **10** zu schützen und danach die Schichten **6**, **7** und **8**, die sich beiderseits dieser Maske **10** befinden, zu ätzen. Der so erhaltene Streifen aus aktiver Schicht, wie er in [Fig. 4B](#) gezeigt ist, wird anschließend in einer Mantelschicht **13** vergraben.

[0021] Anschließend werden in der Mantelschicht **13** Protonenimplantationsschritte ausgeführt, um den spezifischen elektrischen Widerstand des Materials zu erhöhen und folglich die Einschließung des Stroms in der aktiven Schicht zu verstärken. Im Übrigen wird durch Aufbringen eines Metallbelags auf den Streifen aus aktiver Schicht **7** eine Elektrode verwirklicht, um Strominjektionen in die aktive Struktur ausführen zu können.

[0022] In einer zweiten Stufe wird eine Maske **12** auf der passiven Struktur positioniert, um die Ätzung der passiven Leiter auszuführen ([Fig. 4D](#)).

[0023] Auf die Gesamtheit aus der aktiven und der passiven Struktur wird zuvor Harz aufgebracht, um einerseits die aktive Struktur zu schützen und andererseits die Positionierung der Masken **12** auf der passiven Struktur zu ermöglichen. Die Masken **12** sind beispielsweise aus einer Quarztafel gebildet, auf der die Prägungen, die den zu verwirklichenden passiven Leitern entsprechen, entworfen sind. Die Masken **12** werden auf die integrierte Schaltung aufgedrückt, wobei anschließend ihre Position so justiert wird, dass die entworfenen Prägungen auf den Wellenleiter der aktiven Komponente ausgerichtet sind. Diese Justierung ist unpräzise, da sie mit dem Auge erfolgt. Wenn die Masken **12** gut justiert sind, wird das Harz belichtet und die Prägung der Leiter auf das Harz übertragen. Die Streifen aus passivem Leiter werden dann gemäß der Form der Prägung geätzt, wobei anschließend das Harz durch ein Lösungsmittel entfernt wird. Im Gegensatz zu dem Streifen aus aktiver Schicht **7** werden die Wellenleiter mit passiver Struktur **3** nicht vergraben.

[0024] Die soeben beschriebene Wiederausrichtungsprozedur ist herkömmlich und dem Fachmann wohlbekannt.

[0025] Dieses Wiederausrichtungsverfahren ist sehr vorteilhaft, da es die herkömmlichen Verfahren, die optimiert und an die Fertigung jedes Strukturtyps angepasst sind, berücksichtigt. Jedoch bereitet es die Ausrichtung der verschiedenen Wellenleiter betreffend im Übrigen große Schwierigkeiten. Tatsächlich ist es sehr schwierig, die zum Definieren der verschiedenen Leiter bestimmten Masken korrekt zu positionieren, da diese Positionierung nur mit dem Mikroskop, d. h. mit dem Auge, geschehen kann. Aus diesem Grund ist eine Ausrichtung von zwei Wellenleitern mit unterschiedlichen Strukturen bei einem Fehler von weniger als $1\ \mu\text{m}$ ($10^{-6}\ \text{m}$) sehr schwer zu erzielen.

[0026] [Fig. 5](#) stellt schematisch eine Draufsicht von nach dem Wiederausrichtungsverfahren ausgerichteten zwei Leitern mit unterschiedlichen Strukturen dar. Der mit **3** bezeichnete Leiter ist beispielsweise ein Leiter mit passiver Struktur, und der mit **7** bezeichnete Leiter ist ein Leiter mit aktiver Struktur. Die zwei Wellenleiter **7** und **3** sind geringfügig, jedoch hinreichend falsch ausgerichtet, um große optische Kopplungsverluste hervorzurufen, was durch eine schlechte Überdeckung der verschiedenen optischen Wellenformen oder Moden M3, M7 der von den Leitern stammenden Wellen bedingt ist.

[0027] Die vorliegende Erfindung ermöglicht das Lösen dieses zweiten Problems, das sie ein Verfahren zum Herstellen von integrierten optischen Schaltungen vorschlägt, bei denen optische Kopplungsverluste stark verringert sind.

[0028] Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Herstellungsverfahren, wie es in dem Anspruch 1 beschrieben ist.

[0029] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung besitzen die Masken Enden, die den gekoppelten Endabschnitten der Leiter, die verbreitert sind, entsprechen.

[0030] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die Endabschnitte in Form von Kegeln erweitert, deren Erzeugende geradlinig oder gekrümmt sind.

[0031] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung betrifft eine integrierte optische Schaltung, wie sie in dem Anspruch 4 definiert ist.

[0032] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung weisen die gekoppelten Endabschnitte die Form von Kegeln auf, deren Erzeugende geradlinig oder gekrümmt sind.

[0033] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung umfasst die integrierte optische Schaltung eine aktive Zone, die einen Wellenleiter mit aktiver Struktur,

der in einer Mantelschicht vergraben ist, umschließt, und eine passive Zone, die in zwei Teile unterteilt ist, wobei ein erster Teil in der Mantelschicht vergraben ist und den (die) gekoppelten Endabschnitt(e) mit konischer Form des Leiters mit aktiver Struktur umschließt und ein zweiter Teil nicht vergraben ist und einen Wellenleiter mit passiver Struktur und seine(n) gekoppelten Endabschnitt(e) mit konischer Form aufweist.

[0034] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung umfasst die integrierte optische Schaltung eine aktive Zone, die einen Wellenleiter mit aktiver Struktur und seine(n) gekoppelten Endabschnitt(e) mit konischer Form, die in einer Mantelschicht vergraben sind, umschließt, und eine nicht vergrabene passive Zone, die einen Wellenleiter mit passiver Struktur und seine(n) gekoppelten Endabschnitt(e) mit konischer Form aufweist.

[0035] Weitere Besonderheiten und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der Beschreibung, die als veranschaulichendes und nicht einschränkendes Beispiel erstellt worden ist, unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren, die zeigen:

[0036] die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1D](#), die bereits beschrieben worden sind, schematische Darstellungen von Querschnittsansichten einer integrierten optischen Schaltung im Verlauf der Fertigungsschritte nach dem "Butt-coupling"-Verfahren,

[0037] [Fig. 2](#), die bereits beschrieben worden ist, eine schematische Darstellung einer Draufsicht einer integrierten optischen Schaltung, die mit einer einzigen Maske versehen ist, die verwendet wird, um die unterschiedlichen Wellenleiter nach dem Selbstausrichtungsverfahren zu definieren,

[0038] [Fig. 3](#), die bereits beschrieben worden ist, eine schematische Darstellung einer Draufsicht einer integrierten optischen Schaltung, die mit zwei Typen von Masken versehen ist, die verwendet werden, um zwei Wellenleiter unterschiedlicher Struktur nach dem Wiederausrichtungsverfahren zu definieren,

[0039] die [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4A](#) schematische Darstellungen von Querschnittsansichten einer integrierten optischen Schaltung im Verlauf der Fertigungsschritte, die dazu bestimmt sind, unterschiedliche Strukturen von Wellenleitern gemäß dem Wiederausrichtungsverfahren zu definieren,

[0040] [Fig. 5](#), die bereits beschrieben worden ist, eine schematische Darstellung einer Draufsicht von zwei Typen von Wellenleitern, die gemäß dem Wiederausrichtungsverfahren hergestellt und ausgerichtet sind,

[0041] [Fig. 6A](#) eine schematische Darstellung einer

Draufsicht einer integrierten optischen Schaltung gemäß der Erfindung, die mit zwei Typen von Masken versehen ist, die dazu verwendet werden, zwei Wellenleiter mit unterschiedlichen Strukturen zu definieren,

[0042] [Fig. 6B](#) eine Querschnittsansicht gemäß A-A der Schaltung von [Fig. 6A](#),

[0043] [Fig. 6C](#) eine Querschnittsansicht gemäß B-B der Schaltung von [Fig. 6A](#),

[0044] [Fig. 7A](#) eine Draufsicht von zwei Wellenleitern mit unterschiedlichen Strukturen in einer integrierten optischen Schaltung gemäß der Erfindung,

[0045] [Fig. 7B](#) eine Querschnittsansicht von drei verschiedenen Teilen der Schaltung von [Fig. 7A](#),

[0046] [Fig. 8](#) eine perspektivische Ansicht der Schaltung von [Fig. 7A](#),

[0047] [Fig. 9](#) eine perspektivische Ansicht einer integrierten optischen Schaltung gemäß einer Ausführungsvariante,

[0048] [Fig. 10](#) ein Kennlinienschema, das den Überdeckungsgrad der optischen Wellenformen von zwei Wellenleitern mit unterschiedlichen Strukturen als Funktion der Falschrichtung dieser Leiter und der seitlichen Größe der Wellenformen der von diesen Leitern stammenden Wellen wiedergibt.

[0049] Die [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#) und [Fig. 6C](#) repräsentieren eine Draufsicht einer integrierten optischen Schaltung gemäß der Erfindung, die mit Masken versehen ist, die dazu bestimmt sind, die Form von zwei Typen von Wellenleitern zu definieren, bzw. Querschnittsansichten gemäß A-A und B-B der Maske **10**, die dazu vorgesehen ist, den aktiven Leiter zu definieren. In diesem Beispiel umfasst die optische Schaltung eine aktive Komponente des Typs Halbleiterlaser und zwei passive Komponenten, die sich beiderseits der aktiven Komponente befinden.

[0050] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf dieses Beispiel begrenzt; nach demselben Verfahren kann eine Vielzahl von integrierten optischen Schaltungen, die mehrere Typen von aktiven Komponenten und/oder passiven Komponenten umfassen, hergestellt werden. So kann die Erfindung auch auf die Integration von zwei aktiven Komponenten wie beispielsweise eines Lasers und eines Modulators, die jeweils eine Struktur besitzen, die entweder vergraben oder nicht vergraben ist, angewandt werden.

[0051] In der schematischen Darstellung von [Fig. 6A](#) entspricht der mit ZA bezeichnete Bereich der aktiven Zone, während der mit ZP bezeichnete Bereich der passiven Zone entspricht. Zum Definieren

des Wellenleiters der aktiven Komponente bzw. des Wellenleiters der passiven Komponente werden zwei Typen von Masken **10** und **12** verwendet.

[0052] Vorteilhafterweise besitzen die zum Herstellen der verschiedenen Wellenleiter verwendeten Masken keine konstante Breite. Tatsächlich sind die Enden der verschiedenen Leiter, die dazu bestimmt sind, gekoppelt zu werden, so konzipiert, dass die Größe der Wellenform der Lichtwellen verbreitert ist.

[0053] Dazu sind die Enden der jeden Lichtleiter definierenden Masken, die den gekoppelten Enden dieser Leiter entsprechen, in Form von Kegeln entworfen. Die Erzeugenden dieser Kegel können geradlinig oder auch leicht gekrümmt sein.

[0054] In dem in [Fig. 6A](#) gezeigten Beispiel ist die aktive Komponente an jedem ihrer Enden mit einer passiven Komponente gekoppelt. Folglich sind die zwei Enden der Maske **10** in Form eines Kegels entworfen. Im Übrigen ist die zum Definieren des aktiven Wellenleiters verwendete Maske **10** beiderseits der aktiven Zone ZA verlängert.

[0055] Jedoch ist es ganz und gar möglich, in einer Ausführungsvariante eine Maske mit den Abmessungen der aktiven Zone ZA zu verwenden. Außerdem wird im Fall, in dem die aktive Komponente nur mit einer einzigen anderen Komponente gekoppelt ist, ein einziges Ende, das dem gekoppelten Ende entspricht, in Form eines Kegels entworfen und eventuell in die passive Zone verlängert.

[0056] [Fig. 6B](#) stellt schematisch eine Querschnittsansicht gemäß A-A der mit der Maske **10** versehenen Schaltung von [Fig. 6A](#) dar. In dieser Zone umfasst die Schaltung einen Stapel von Schichten **6**, **7**, **8**, die der aktiven Zone ZA entsprechen, und einen Stapel von Schichten **2**, **3**, **4**, die der passiven Zone ZP entsprechen. Die Schicht **7** repräsentiert die aktive Schicht und ist beispielsweise aus einem quaternären Material hergestellt. Die Maske **10** weist dann eine Breite **11** auf, die der Breite entspricht, die der Wellenleiter **7** aufweisen muss, um eine gute seitliche Einschließung des Lichtes zu gewährleisten.

[0057] [Fig. 6C](#) stellt schematisch eine Querschnittsansicht gemäß B-B der mit der Maske **10** versehenen Schaltung von [Fig. 6A](#) dar. In dieser Zone umfasst die Schaltung einen Stapel von Schichten **2**, **3**, **4**, die der passiven Zone entsprechen. Die Schicht **3** repräsentiert einen passiven Wellenleiter. Die Maske **10** weist in diesem Bereich eine Breite **12** auf, die größer als die Breite **11** derselben Maske ist, die sich über der aktiven Zone ZA befindet. Diese Breite **12** nimmt mit wachsendem Abstand von der aktiven Zone kontinuierlich zu. Das konische Ende des Leiters ermöglicht somit das Verbreitern der Größe der Wellenform der Lichtwelle, die den aktiven Wellenleiter **7** verlässt.

[0058] Das erfindungsgemäße Verfahren, das das Definieren der Wellenleiter der verschiedenen aktiven und passiven Komponenten ermöglicht, besteht darin, in einer ersten Stufe einen Teil der aktiven Zone ZA und einen Teil der passiven Zone ZP durch die Maske **10** an den konischen Enden zu schützen und danach die Schichten **6**, **7**, **8** und **2**, **3**, **4**, die sich beiderseits dieser Maske **10** befinden, zu ätzen. Der so erhaltene aktive Leiter mit den konischen Enden wird anschließend in einer Mantelschicht vergraben.

[0059] In einer zweiten Stufe wird die aktive Zone mit einer Schutzschicht bedeckt und werden die Masken **12** an einem konischen Ende über der passiven Struktur positioniert, um die Ätzung der passiven Leiter auszuführen.

[0060] Auf die Gesamtheit aus der aktiven und der passiven Struktur wird zuvor Harz aufgebracht, um einerseits die aktive Struktur zu schützen und andererseits die Positionierung der Masken **12** auf der passiven Struktur zu ermöglichen. Die Masken **12** sind beispielsweise aus einer Quarztafel gebildet, auf der die Prägungen, die den zu verwirklichenden passiven Leitern entsprechen, entworfen sind. Die Masken **12** werden auf die integrierte Schaltung aufgedrückt, wobei anschließend ihre Position so justiert wird, dass die entworfenen Prägungen auf den Wellenleiter der aktiven Komponente ausgerichtet sind. Wenn die Masken **12** gut justiert sind, wird das Harz belichtet und die Prägung der Leiter auf das Harz übertragen. Die Streifen aus passivem Leiter werden dann gemäß der Form der Prägung geätzt, wobei anschließend das Harz durch ein Lösungsmittel entfernt wird. Im Gegensatz zu dem Streifen aus aktiver Schicht **7** werden die Wellenleiter mit passiver Struktur **3** nicht vergraben.

[0061] Die [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) repräsentieren eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen integrierten optischen Schaltung bzw. Querschnittsansichten von drei verschiedenen Teilen dieser Schaltung. Die Draufsicht von [Fig. 7A](#) zeigt die Form jedes Wellenleiters. Die integrierte optische Schaltung umfasst zwei Zonen ZA und ZP, die der aktiven Zone bzw. der passiven Zone entsprechen. In dem Beispiel von [Fig. 7A](#) ist die passive Zone ZP ihrerseits in zwei Teile ZPE und ZPD unterteilt, die im Folgenden ausführlich beschrieben werden.

[0062] Die gestrichelten Linien, die sich in der aktiven Zone ZA befinden, repräsentieren die Spur des Wellenleiters **7** der aktiven Komponente. Dieser Wellenleiter ist in Form eines Streifens geätzt und in einer Mantelschicht **13** vergraben. Seine Breite ist beispielsweise gleich $1,2\ \mu\text{m}$. Dieser Wellenleiter **7** ist auch in der gegenüberliegenden Querschnittsansicht von [Fig. 7B](#) dargestellt. Seine Dicke ist beispielsweise gleich $0,4\ \mu\text{m}$. Vorzugsweise ist diese aktive Schicht **7** aus einem quaternären Material herge-

stellt, das eine Breite des verbotenen Bandes besitzt, die nahe bei der Nutzwellenlänge von $1,55\ \mu\text{m}$ liegt, d. h. als Wellenlänge ausgedrückt, gleich $1,5\ \mu\text{m}$ ist. Die Mantelschicht **13** ist ihrerseits aus einem InP-Material hergestellt. Dieses Material ist mit Trägern des Typs p überdotiert, um die Einschließung des Lichtes in der aktiven Schicht **7** zu verbessern. Das Bezugszeichen **1** bezeichnet das Substrat, auf dem die Schaltung verwirklicht ist. Das Bezugszeichen **11** bezeichnet einen Metallbelag, der auf den Streifen aus aktiver Schicht **7** aufgebracht ist und als Elektrode dient, die für das Injizieren des Stroms in die aktive Struktur geeignet ist.

[0063] Der Übergang zwischen der aktiven Zone ZA und der passiven Zone ZP befindet sich an der Grenzfläche **9**, die in der angelsächsischen Terminologie mit "butt joint" bezeichnet wird.

[0064] Vorteilhafterweise umfasst die passive Zone ZP zwei verschiedene Teile, wobei der eine, ZPE, in der Mantelschicht **13** vergraben ist, und der andere, ZPD, nicht vergraben ist. Die nicht vergrabene Zone ZPD entspricht dem Leiter mit passiver Struktur **3**, während die vergrabene Zone ZPE dem konischen Ende des Wellenleiters mit aktiver Struktur **7** entspricht.

[0065] Dazu ist die zum Definieren des Streifens aus aktiver Schicht **7** verwendete Maske über die aktive Zone ZA hinaus verlängert und bedeckt folglich einen Teil der passiven Zone ZP. Dieser Teil ZPE passiver Zone wird folglich in derselben Weise wie die aktive Schicht **7**, also wie zuvor mit Bezug auf die [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) erläutert worden ist, geätzt und danach vergraben.

[0066] Vorzugsweise entspricht dieser Teil ZPE passiver Zone dem konischen Ende des aktiven Leiters. Folglich entsprechen die in dieser Zone ZPE gezeigten gestrichelten Linien der Spur des konischen Endes **14** des Lichtleiters **7**, der in einer Mantelschicht vergraben ist.

[0067] Dieser konische Teil ermöglicht das Verbreitern der Größe der Wellenform der Lichtwelle, die von dem Lichtleiter **7** stammt. Er ist beispielsweise auf einer Länge von $200\ \mu\text{m}$ verwirklicht und weist eine maximale Breite von einigen Mikrometern, beispielsweise von $5\ \mu\text{m}$, auf.

[0068] In der gegenüberliegenden [Fig. 7B](#) ist eine Querschnittsansicht dieser Zone ZPE schematisch dargestellt. Der Wellenleiter **14** besitzt beispielsweise eine Dicke von $1\ \mu\text{m}$. Er ist vorteilhafterweise aus einem quaternären Material hergestellt, das eine Breite des verbotenen Bandes besitzt, die, als Wellenlänge ausgedrückt, gleich $1,1\ \mu\text{m}$ ist, und in der InP-Mantelschicht **13** vergraben ist. In diesem Teil ist die Mantelschicht nicht notwendigerweise mit Trägern des Typs

p dotiert.

[0069] Da der zweite Teil ZPD der passiven Zone ZP nicht vergraben ist, ist der Wellenleiter **3** in durchgezogenen Linien gezeigt. Die Breite dieses Leiters ist etwas größer als jene des Leiters **7** mit aktiver Struktur. Sie beträgt beispielsweise 2,5 µm. Vorteilhafterweise ist das Ende dieses Leiters **3**, das mit jenem des aktiven Leiters **7** gekoppelt ist, ebenfalls in Form eines Kegels **16** geätzt, derart, dass die Größe der Wellenform der von diesem Leiter stammenden Welle verbreitert ist. Die Länge dieses Kegels **16** kann beispielsweise gleich 200 µm sein, während seine maximale Breite einige Mikrometer betragen kann und beispielsweise 6 µm erreichen kann.

[0070] Die Querschnittsansicht dieses Teils ZPD ist in der gegenüberliegenden [Fig. 7B](#) schematisch dargestellt. Diese Zone ist eigentlich aus einem Stapel von mehreren Schichten **2**, **3** und **4** zusammengesetzt, die durch Epitaxie auf einem Substrat **1** entstanden sind. Der passive Leiter **3** weist dieselbe Dicke wie in der vergrabenen passiven Zone ZPE auf. Die tiefere Schicht **2** und die höhere Schicht **4** sind vorzugsweise aus Indiumphosphid hergestellt und besitzen ebenfalls eine Dicke von 1 µm.

[0071] Das Substrat **1**, auf dem die Schaltung verwirklicht ist, weist beispielsweise eine Dicke von 300 µm auf.

[0072] Gemäß einem besonderen Aspekt der Erfindung sind die konischen Enden **14** und **16** der zwei Wellenleitertypen **3** und **7** um einen bestimmten Abstand voneinander getrennt. Diese Trennung **15** entspricht einer seitlich nicht geführten Zone, die als planare Führungszone oder neutrale Zone bezeichnet werden kann. In dieser Zone bleibt die Lichtwelle dagegen vertikal geführt.

[0073] Das Vorhandensein dieser Zone **15** ist im Wesentlichen durch die Fertigungstechnik bestimmt. Tatsächlich werden im Verlauf des Fertigungsverfahrens die verschiedenen Masken nicht stumpf aneinander gesetzt, sondern absichtlich voneinander beabstandet, um das Ausbleiben einer Überdeckung der Prozesse des Ätzens der verschiedenen Leiter zu gewährleisten. Eine solche Überdeckung würde sehr starke Verschlechterungen der optischen Funktionen der Leiter oder gar eine vollständige Zerstörung der Leiter nach sich ziehen.

[0074] In der Praxis ergibt sich die Länge der Zone **15** aus einem auferlegten Abstand zwischen den Masken, die die zwei zu koppelnden Leiter definieren, wobei der Betrag dieses Abstandes größer als die Toleranz hinsichtlich der Positionierung der Masken für die angewandten Prozesse gewählt ist. Typischerweise wird ein Wert von etwa 4 bis 5 µm genommen. Die Breite der Zone **15** wird so groß gewählt,

dass das Ausbleiben einer seitlichen Führung der Wellenform in dieser Zone gewährleistet ist.

[0075] Es sei angemerkt, dass diese Zone sehr störend wäre, wenn die Größe der Wellenleiter nicht verbreitert wäre, da die von ihr verursachten optischen Verluste sehr groß im Verhältnis zu dem Überdeckungsgrad der optischen Wellenformen der verschiedenen Leiter wären. Gemäß der Erfindung ermöglicht folglich die Tatsache, dass die Größe der Leiter verbreitert ist, das Minimieren der nachteiligen Folgen dieser Zone **15**, indem eine auf den Abstand zwischen den Masken vergrößerte Toleranz zugelassen wird, ohne die optischen Verluste zu erhöhen.

[0076] Zum anderen ermöglicht die Tatsache, dass diese seitlich nicht geführte Zone **15** nicht mit der Grenzfläche **9**, die sich zwischen der aktiven Zone ZA und der passiven Zone ZP befindet, vermischt ist, das Verbessern des Übergangs zwischen diesen zwei Zonentypen ZA und ZP.

[0077] [Fig. 8](#) zeigt eine schematische perspektivische Darstellung der soeben beschriebenen Schaltung. Es werden die gleichen Bezugszeichen wie in den [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) verwendet, um die gleichen Elemente zu bezeichnen.

[0078] In einer Ausführungsvariante ist es ferner möglich, derart vorzugehen, dass der Leiter mit aktiver Struktur **7** und ein konisches Ende **14** die aktive Zone ZA nicht überschreiten. In diesem Fall umfasst die passive Zone ZP nur einen einzigen Teil, der nicht vergraben ist, wobei die Grenzfläche oder "butt joint" mit der planaren Führungszone vermischt ist.

[0079] Diese Ausführungsvariante ist in der perspektivischen Ansicht von [Fig. 9](#) gezeigt. Der aktive Leiter **7** und sein konisches Ende **14** sind in der aktiven Zone ZA verwirklicht und in einer Mantelschicht **13** eingegraben. Der passive Leiter **3** und sein konisches Ende **16** sind in der passiven Zone ZP verwirklicht und nicht eingegraben. Die Grenzfläche oder "butt joint" zwischen der aktiven Zone ZA und der passiven Zone ZP ist dann mit der seitlich nicht geführten Zone **15** vermischt.

[0080] [Fig. 10](#) stellt schematisch die Kennlinien A und B dar, die die Änderung des Überdeckungsgrades der optischen Wellenformen von zwei Wellenleitern mit unterschiedlichen Strukturen in Abhängigkeit von ihrer Falschsausrichtung bei nicht verbreiterten Leitergrößen und bei bis auf 6 µm verbreiterten Leitergrößen zeigen.

[0081] Im Fall der Kennlinie A, d. h. wenn die Leitergröße nicht verbreitert ist, entspricht eine Falschsausrichtung zwischen den unterschiedlichen Leitern von 1 µm optischen Kopplungsverlusten von 5 dB, d. h. einem Überdeckungsgrad der optischen Wellenfor-

men von lediglich 30%.

[0082] Wenn andererseits die Größe der Leiter auf 6 µm verbreitert ist (Kennlinie B) sind die optischen Kopplungsverluste bei einer Falschalignment zwischen den unterschiedlichen Leitern von 1 µm weit aus geringer und betragen etwa 0,5 dB, was einem Überdeckungsgrad der optischen Wellenformen von 90% entspricht.

[0083] Folglich ermöglicht diese Verbreiterung der Größe der Wellenleiter das Lockern der Toleranzen der Ausrichtung dieser Leiter.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen integrierter optischer Schaltungen, die wenigstens zwei Wellenleiter (**7**, **3**) mit unterschiedlichen Strukturen umfassen, wobei zwei Endabschnitte, die zu dem einen bzw. zu dem anderen dieser Leiter (**7**, **3**) gehören, miteinander gekoppelt sind, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Herstellen eines ersten Leiters (**7**) durch Ätzen mittels einer ersten Maske (**10**),
- in einem späteren und hiervon verschiedenen Schritt Herstellen des anderen so genannten zweiten Leiters (**3**) durch Ätzen mittels einer zweiten Maske (**12**), die von der ersten Maske (**10**) verschieden ist, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass jede der Masken (**10**, **12**) derart ist, dass die gekoppelten Endabschnitte verbreitert sind, derart, dass die seitliche Größe der Wellenform der Lichtwellen, die die Endabschnitte verlassen, verbreitert ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Masken (**10**, **12**) Enden besitzen, die den gekoppelten Endabschnitten der Leiter, die verbreitert sind, entsprechen.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Endabschnitte in Form von Kegeln (**14**, **16**) erweitert sind, deren Erzeugende geradlinig oder gekrümmt sind.

4. Integrierte optische Schaltung mit wenigstens zwei Wellenleitern (**7**, **3**) mit unterschiedlichen Strukturen, wobei zwei Endabschnitte, die zu dem einen bzw. zu dem anderen der Leiter (**7**, **3**) gehören, miteinander gekoppelt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die gekoppelten Endabschnitte voneinander nur durch eine seitlich nicht geführte Zone (**15**) getrennt sind und in der Weise erweitert sind, dass die seitliche Größe der Wellenform der Lichtwellen, die von den Endabschnitten ausgehen werden, verbreitert ist.

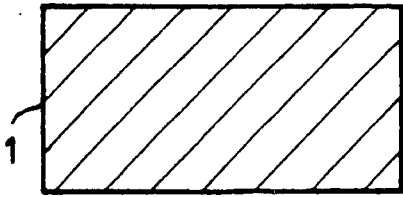
5. Integrierte optische Schaltung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gekoppelten Endabschnitte die Form von Kegeln (**14**, **16**) aufwei-

sen, deren Erzeugende geradlinig oder gekrümmt sind.

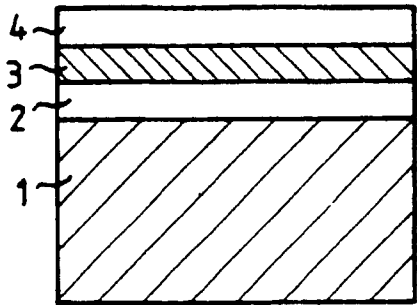
6. Integrierte optische Schaltung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine aktive Zone (ZA), die einen Wellenleiter (**7**) mit aktiver Struktur, der in einer Mantelschicht (**13**) vergraben ist, umschließt, und eine passive Zone (ZP), die in zwei Teile unterteilt ist, umfasst, wobei ein erster Teil (ZPE) in der Mantelschicht (**13**) vergraben ist und den (die) gekoppelten Endabschnitt(e) mit konischer Form des Leiters mit aktiver Struktur umschließt und ein zweiter Teil (ZPD) nicht vergraben ist und einen Wellenleiter (**3**) mit passiver Struktur und seine(n) gekoppelten Endabschnitt(e) (**16**) mit konischer Form aufweist.

7. Integrierte optische Schaltung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine aktive Zone (ZA), die einen Wellenleiter (**7**) mit aktiver Struktur und seine(n) gekoppelten Endabschnitt(e) (**14**) mit konischer Form, die in einer Mantelschicht (**13**) vergraben sind, umschließt, und eine nicht vergrabene passive Zone (ZP), die einen Wellenleiter (**3**) mit passiver Struktur und seine(n) gekoppelten Endabschnitt(e) (**16**) mit konischer Form aufweist, umfasst.

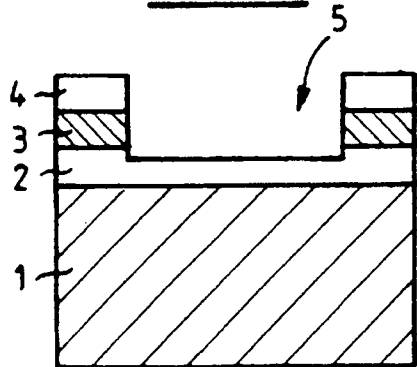
Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



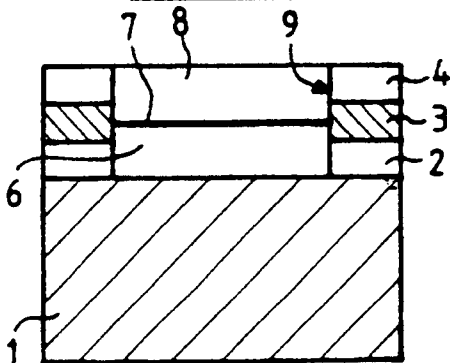
FIG_1A



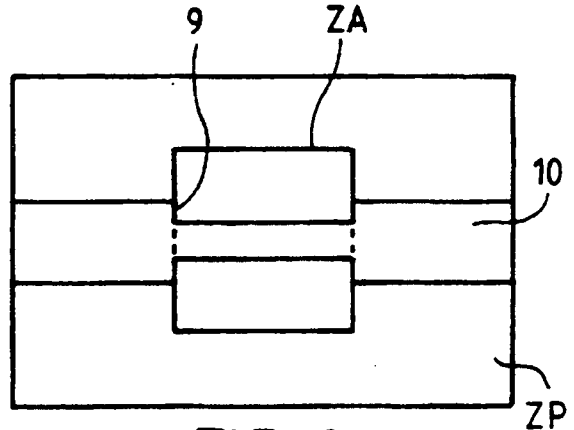
FIG_1B



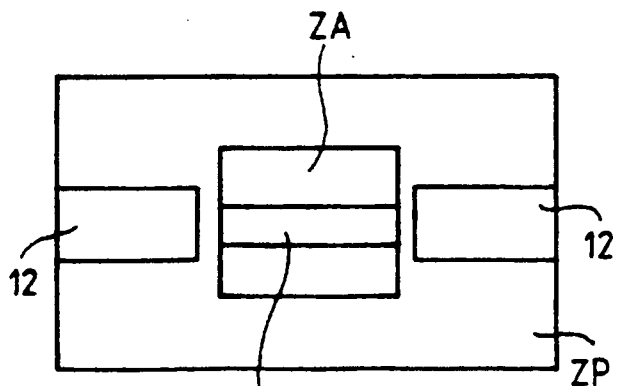
FIG_1C



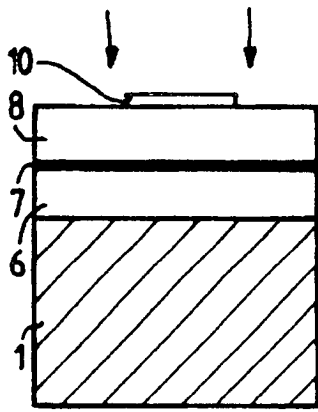
FIG_1D



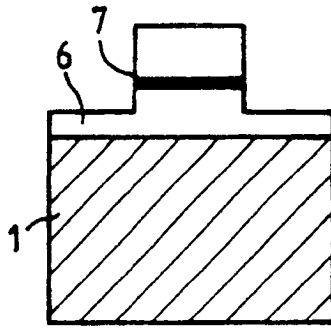
FIG_2



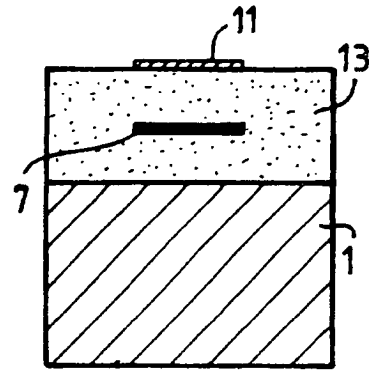
FIG_3



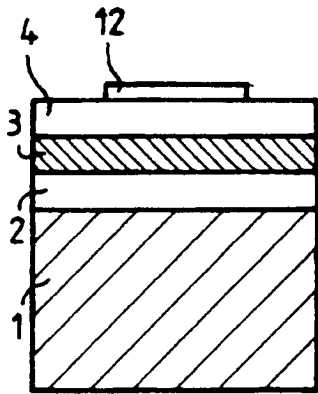
FIG_4A



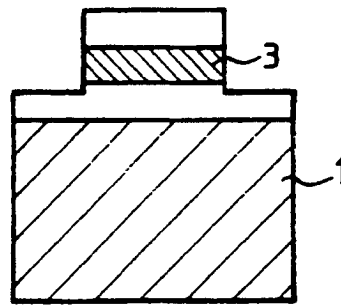
FIG_4B



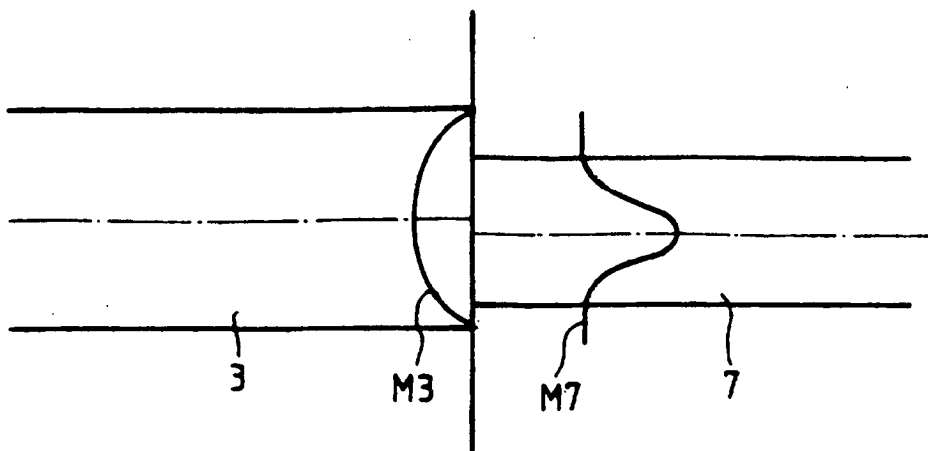
FIG_4C



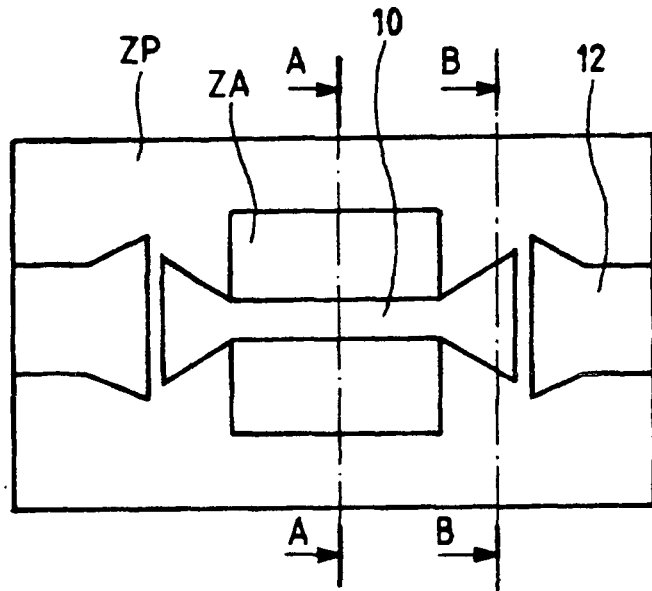
FIG_4D



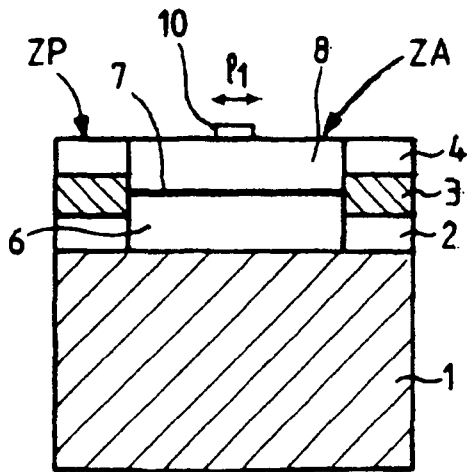
FIG_4E



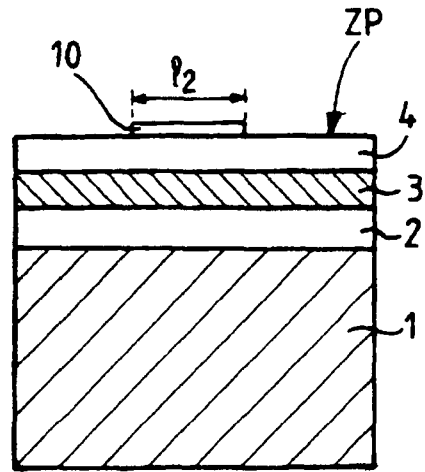
FIG_5



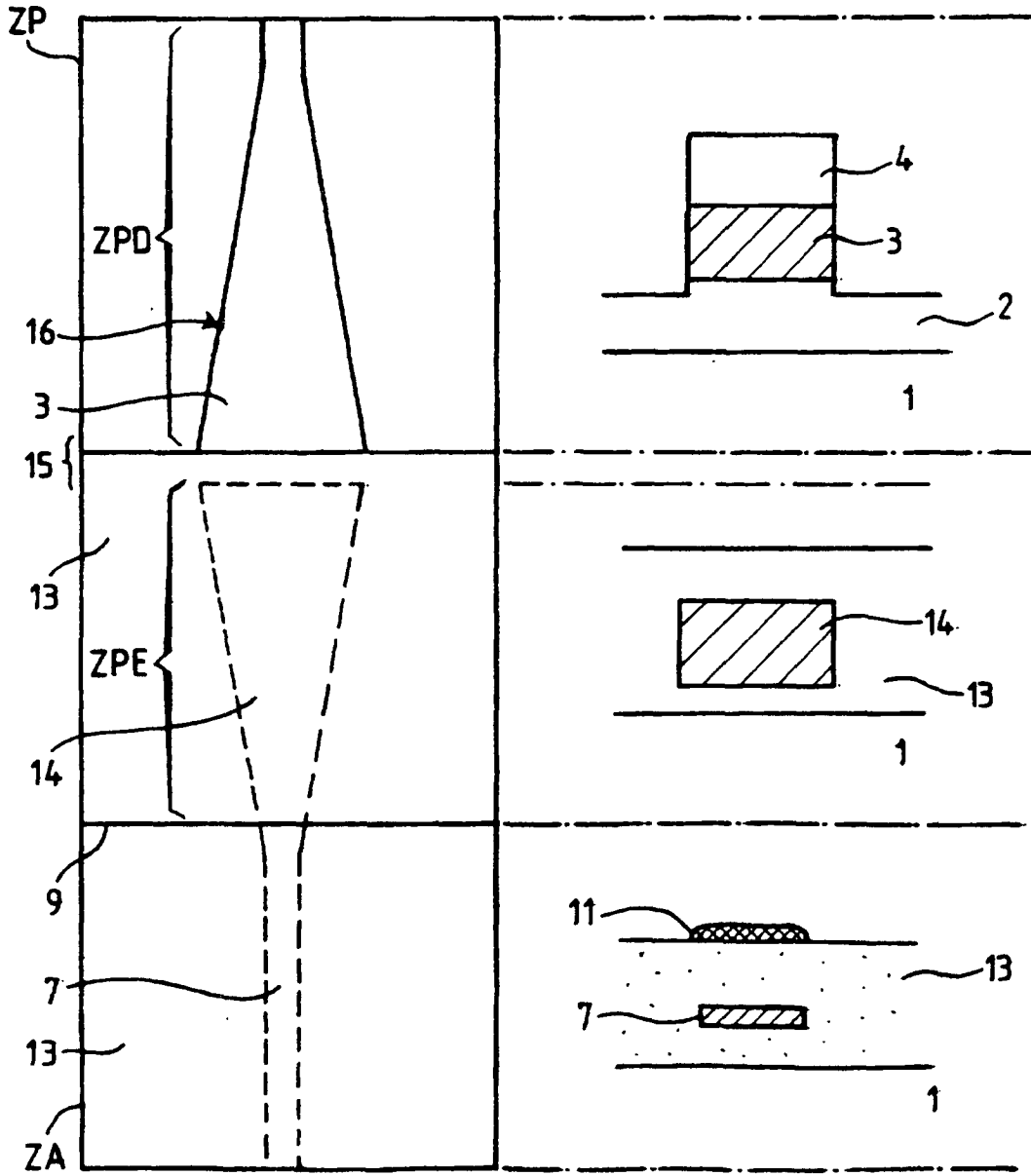
FIG_6A



FIG_6B



FIG_6C



FIG_7A

FIG_7B

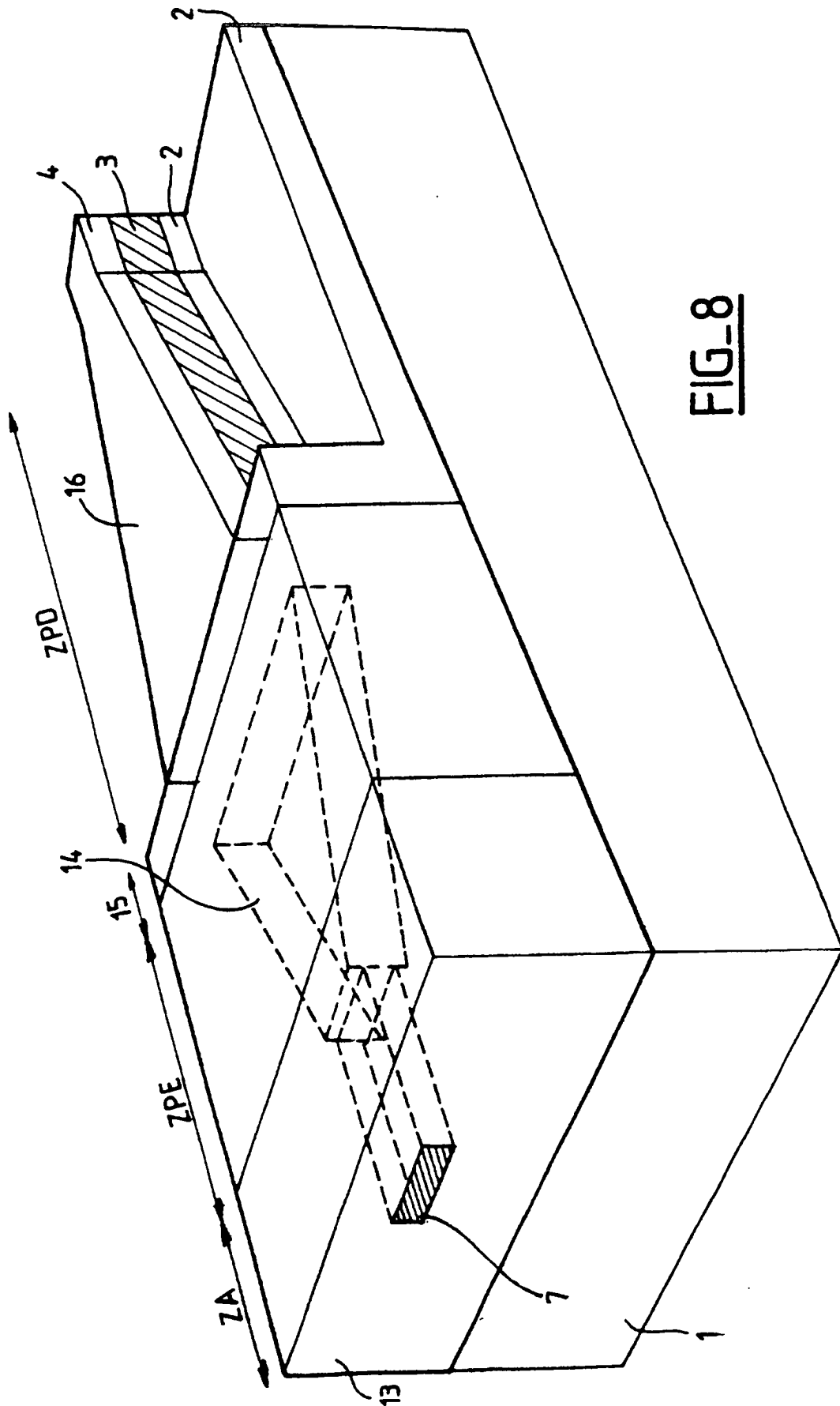
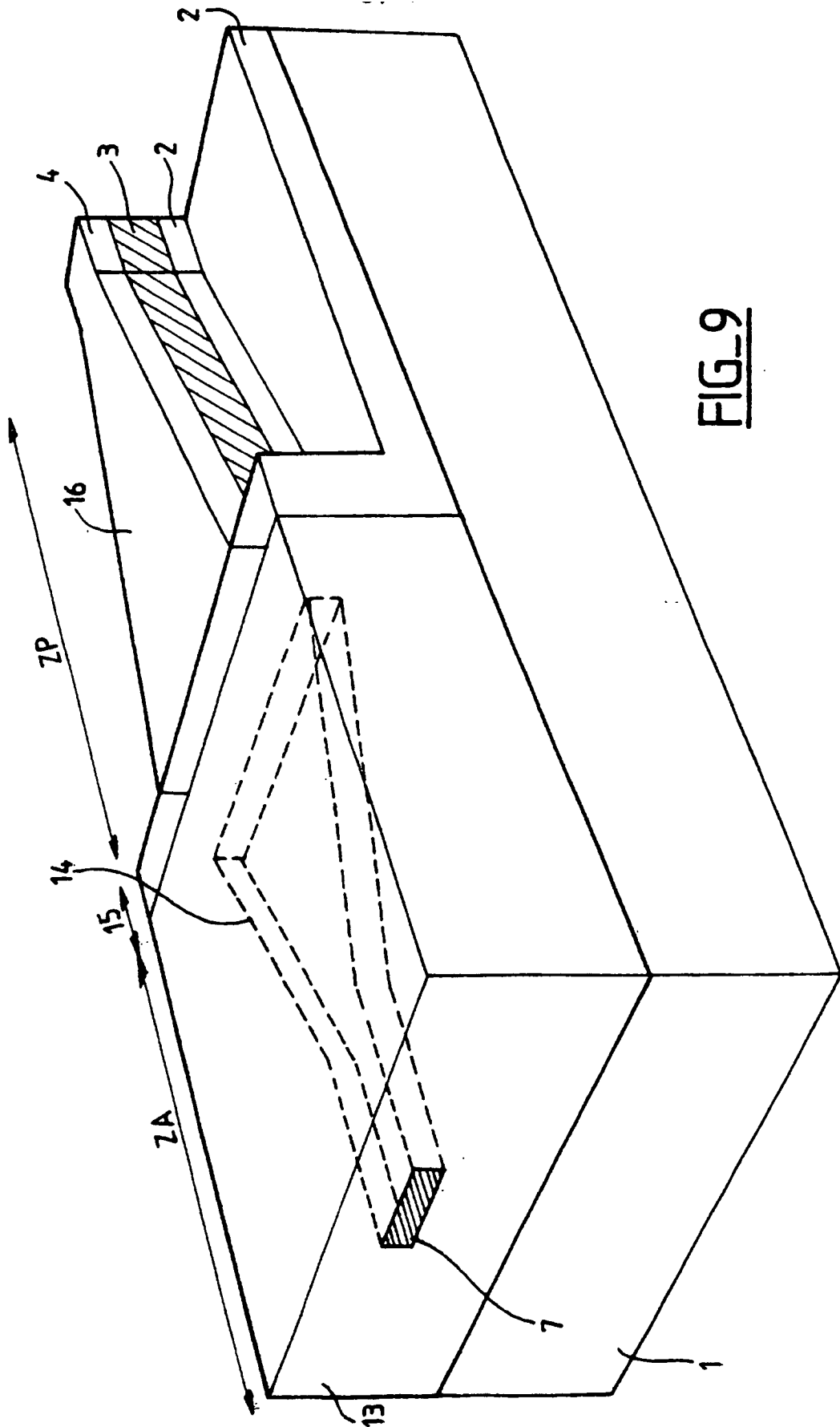


FIG-8



FIG_9

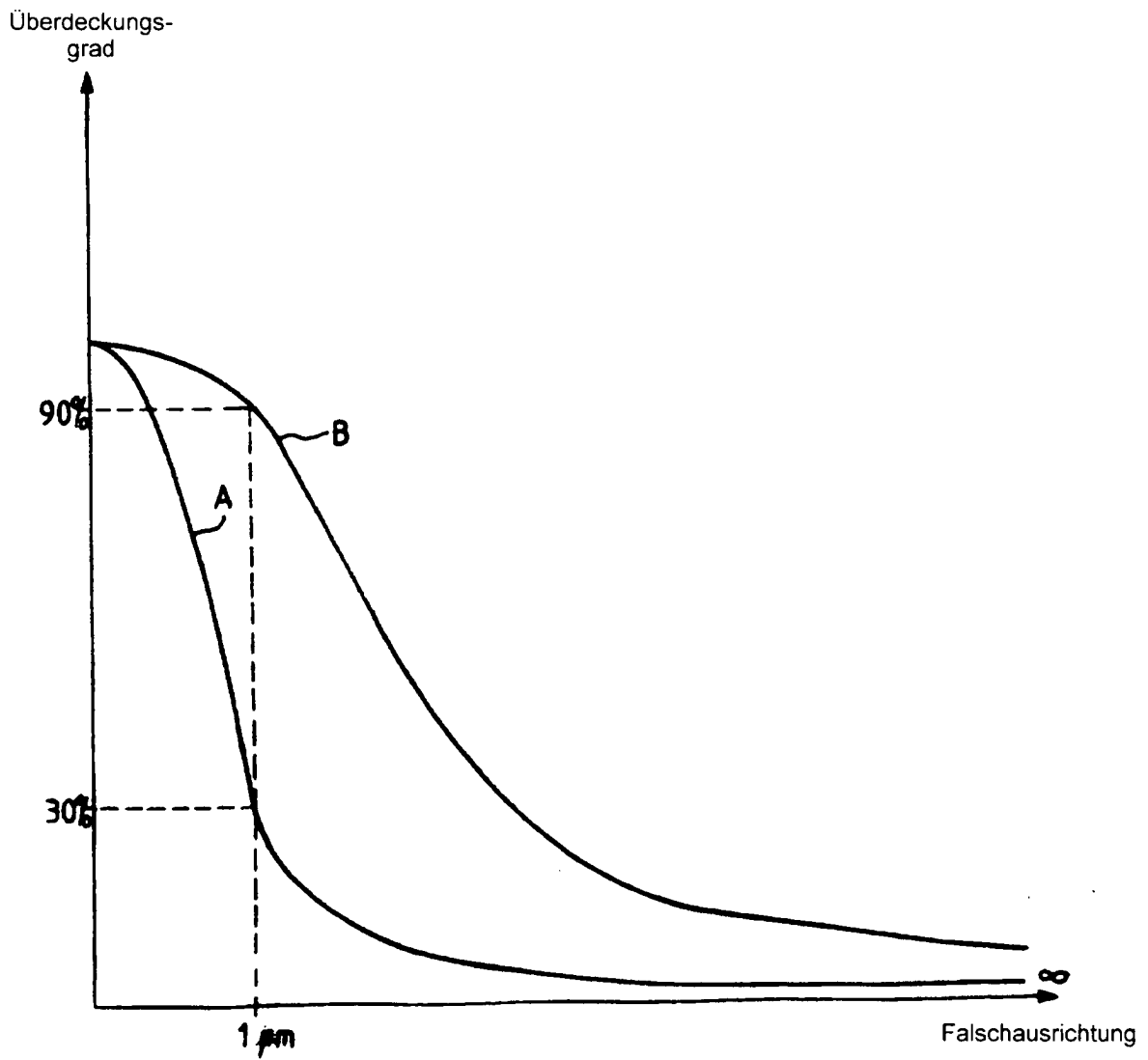


FIG. 10