



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 01 801 T2 2004.03.04**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 115 012 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 01 801.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 400 037.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.01.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.07.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.03.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.03.2004**

(51) Int Cl.7: **G02B 6/12**
G02B 6/42

(73) Patentinhaber:

Corning Inc., Corning, N.Y., US

(74) Vertreter:

**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**Beguín, Alain Marcel, Corning, US; Hiller, Dietmar,
Corning, US; Fondeur, Barthelemy L.B.M.,
Corning, US; Kamoun, Moez, Corning, US; Piehler,
Julia Alyson, Corning, US; Sutherland, James
Scott, Corning, US**

(54) Bezeichnung: **Wellenleiter mit vertiefter Anzapfstelle für die optische Überwachung von optischen Bauelementen**

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

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Verbesserungen in dem Gebiet planarer photonischer Vorrichtungen, und insbesondere Aspekte von Systemen und Verfahren zum optischen Überwachen in photonischen Vorrichtungen.

2. Technischer Hintergrund

[0002] In einer planaren photonischen Vorrichtung ist es wünschenswert, zahlreiche diskrete optische Komponenten in ein einziges kompaktes Gehäuse zu integrieren, um die Verpackungskosten und den Platzbedarf der Vorrichtung zu verringern. Optische Signale innerhalb dieser Vorrichtungen werden durch ein Feld einzelner Wellenleiter geführt, die auf einem planaren Substrat gefertigt worden sind, das innerhalb des Gehäuses versiegelt ist.

[0003] In bestimmten planaren photonischen Vorrichtungen, wie etwa manchen Vorrichtungen, die beim Wellenlängen-Divisionsmultiplexen (WDM) verwendet werden, oder anders angeordneten Vorrichtungen ist es wünschenswert, ein Überwachen der optischen Signale durchzuführen, die durch einzelne Wellenleiter innerhalb des versiegelten Gehäuses geführt werden. Jedoch ist es wegen der topologischen Einschränkungen der Vorrichtungen schwierig, einen Zugriff auf die einzelnen Wellenleiter für Überwachungszwecke auf eine kompakte Weise ohne eine Unterbrechung der Funktion der Vorrichtung oder eine signifikante Dämpfung einer optischen Energie bereitzustellen. Das Problem eines Überwachens einzelner Wellenleiter wird zunehmend schwierig, wenn planare photonische Vorrichtungen immer komplexer werden.

[0004] In einer planaren photonischen Vorrichtung ist es wünschenswert, dass eine Anzahl diskreter optischer Komponenten und Wellenleiter in einem einzigen Gehäuse integriert sind. Diese Komponenten und Wellenleiter werden auf einem planaren Substrat in einer Reihe von Herstellungsschritten gebildet. Die resultierende Vorrichtung kann signifikant kompakter als eine vergleichbare Vorrichtung sein, die aus diskreten Komponenten aufgebaut ist. Eine derartige Vorrichtung zeigt typischerweise auch eine potenziell höhere Zuverlässigkeit, niedrigere Herstellungskosten und eine geringere optische Signalverschlechterung auf.

[0005] Bestimmte planare photonische Vorrichtungen sind für Systeme entwickelt worden, die ein Wellenlängen-Divisionsmultiplexen (WDM) verwenden. Beim WDM wird die Gesamtrate einer Datenübertragung durch ein Übertragen mehrfacher Datenströme gleichzeitig entlang einer einzigen optischen Faser erhöht. Jeder Datenstrom weist seine eigene eindeutige Wellenlänge auf. Die Datenströme werden in ein multiplexiertes Datensignal kombiniert. Nach einer

Übertragung wird das kombinierte Datensignal dann zurück in einzelne Datenströme demultiplexiert.

[0006] In einem Übertragungssystem unter Verwendung von WDM ist es häufig notwendig, Betriebsweisen einzeln auf unterschiedlichen Wellenlängen zu überwachen, zu konditionieren und durchzuführen. Da die Anzahl von Wellenlängen, die in diesen Systemen verwendet werden, zunimmt, und die Betriebsweisen, die auf den Wellenlängen durchgeführt werden, komplexer werden, nimmt der Umfang der Ausrüstung, der für das System benötigt wird, auch zu. Die zunehmende Komplexität hat Anstrengungen motiviert, das Volumen, das von einer derartigen Komponente der optischen Übertragungsausrüstung eingenommen wird, zu verringern.

[0007] In einer planaren photonischen Vorrichtung können Wellenleiter innerhalb der Vorrichtung in Feldern auf dem planaren Substrat der Vorrichtung gefertigt werden, so dass jede der mehrfachen Wellenlängen einzeln innerhalb des gleichen zusammenhängenden planaren Felds betrieben werden kann. Komponenten, die unterschiedliche optische Funktionen durchführen, können alternativ zusammen in eine einzelne planare photonische Vorrichtung zusammen hybridisiert oder integriert werden. Diese Integration verringert das Volumen, das zum Verpacken einer getrennten Vorrichtung für jede optische Funktion und/oder jede Wellenlänge erforderlich ist. Beispielsweise kann eine planare optische Komponente einen integrierten Demultiplexer zum Demultiplexieren eines multiplexierten Eingangssignals in einzelne Signale für eine Verarbeitung und/oder einen integrierten Multiplexer oder einen Kombiniierer zum Kombinieren der verarbeiteten einzelnen Signale in ein multiplexiertes Signal, integriert oder hybridisiert mit anderen Funktionen, wie etwa einer Entzerrung oder einer Überwachung, einschließen.

[0008] In WDM und anderen Anwendungen ist es häufig notwendig, eine optische Überwachung am Beginn, am Ende und in der Mitte derartiger Komponenten sowohl zur Steuerung der Komponente selbst als auch des optischen Übertragungssystems als Ganzem durchzuführen. Jedoch kann in planaren photonischen Vorrichtungen, insbesondere solchen, die angeordnet sind und/oder mehrfache integrierte Funktionen enthalten, ein Zugriff auf das Signal ohne eine Unterbrechung ihrer Funktion schwierig sein.

[0009] Der Grund, dass ein optisches Überwachen problematisch ist, besteht in der Topologie des Felds der Wellenleiter innerhalb der planaren photonischen Vorrichtung. Wegen der Herstellungstechniken, die verwendet werden, muss jeder Wellenleiter in dem Feld der Wellenleiter typischerweise in der gleichen Ebene liegen, parallel zu der Ebene, die durch das Substrat der Vorrichtung definiert ist. Zusätzlich können die optischen Wellenleiter auf dem Substrat nicht zu scharf gewinkelt oder gebogen werden, ohne Biegeverluste herbeizuführen. Weiter schafft, wenn optische Wellenleiter einander kreuzen, dies potenziell eine hohe Dämpfung und/oder ein unannehmbar ho-

hes Übersprechen unter Wellenleitern.

[0010] Bei einer Methode werden Anzapf-Wellenleiter verwendet, um optische Signale zu überwachen, die durch das Feld von Wellenleitern laufen. Wie sein Name nahelegt, ist ein Anzapf-Wellenleiter ein "Sporn"-Wellenleiter, der einen Durchgangswellenleiter, der einen kleinen Teil des optischen Signals, das durch den Durchgangswellenleiter geführt wird, anzapft, schneidet oder evaneszent ankoppelt. Der angezapfte Teil des Signals wird dann zu einer Photodiode oder zu einer anderen Erfassungsvorrichtung geführt. Jedoch wird, unter Vorgabe der Einschränkungen, dass sämtliche Wellenleiter, einschließlich Anzapf-Wellenleitern, in der gleichen Ebene liegen, dass die Wellenleiter nicht zu eng gewinkelt oder gebogen werden dürfen und dass die Wellenleiter einander nicht kreuzen dürfen, die Verwendung von Anzapf-Wellenleitern zunehmend problematisch, wenn planare photonische Vorrichtungen komplexer werden.

[0011] Die US 5170448 beschreibt ein Verfahren zum Aufnehmen von Licht von einem Polymerwellenleiter durch ein Platzieren einer facettierten Nut in dem Wellenleiter, wodurch ein Teil des Lichts, das sich durch den Wellenleiter ausbreitet, von der Facettierung in einem schrägen Winkel reflektiert wird.

[0012] Die GB 2315595 beschreibt eine Vorrichtung zum Wiederausrichten von Licht von einem Wellenleiter auf einen Chip, der eine Schicht aus Silizium, die von einem Substrat durch eine Isolationsschicht getrennt ist, umfasst, wobei die Vorrichtung eine reflektive Facette umfasst, die in einer Aussparung der Siliziumschicht gebildet ist, wobei die Facette positioniert ist, Licht von einem Wellenleiter zu empfangen, der in oder auf einem Niveau der Siliziumschicht gebildet ist und derart gewinkelt ist, Licht in einer gewünschten Richtung zurückzurichten.

[0013] Diese Dokumente lehren Einrichtungen zum Aufnehmen und Überwachen von Licht von einem Wellenleiter durch ein zurückrichten von Licht aus der Ebene des Wellenleiters heraus. Jedoch bleibt ein Bedarf für einen variablen optischen Abschwächer, der innerhalb einer kompakten und planaren photonischen Vorrichtung niedriger Dämpfung integriert werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Dieses Erfordernis wird durch die vorliegende Erfindung angesprochen. Eine erste Ausführungsform der Erfindung stellt einen variablen optischen Abschwächer bereit, der einen Durchgangswellenleiter zum Führen eines optischen Signals umfasst. Der Durchgangswellenleiter bildet ein Mach-Zehnder-Interferometer, das obere und untere Arme aufweist, wobei zumindest einer der Arme des Mach-Zehnder-Interferometers ein Heizkissen aufweist, das nahe daran angebracht ist, um eine Phasenfehlpassung zwischen den jeweiligen Teilen des optischen Signals, das durch die oberen und unteren

Arme geführt wird, thermooptisch zu induzieren. Ein Anzapf-Wellenleiter ist an den Durchgangswellenleiter gekoppelt, wobei der Anzapf-Wellenleiter einen Teil des optischen Signals in eine Anzapf-Aufnahme divertiert, die in dem Pfad des Anzapf-Wellenleiters angeordnet ist, derart, dass der Teil des optischen Signals, das in den Anzapf-Wellenleiter divertiert wird, in die Anzapf-Aufnahme eintritt. Die Anzapf-Aufnahme weist eine Mündung in der Nähe einer größeren Fläche des variablen optischen Abschwächers auf, und ein Lichtsensor ist in der Nähe der Mündung der Anzapf-Aufnahme zum Überwachen von Licht, das in die Anzapf-Aufnahme eingetreten ist, angebracht.

[0015] Ein vollständigeres Verständnis der vorliegenden Erfindung, wie auch weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung, werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung und den zugehörigen Zeichnungen offensichtlich werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] In den Zeichnungen zeigen:

[0017] **Fig. 1** eine Querschnittsseitenansicht eines Anzapf-Aufnahmeüberwachungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0018] **Fig. 2** ein Diagramm eines Energieentzerrers, der das Überwachungssystem, das in **Fig. 1** gezeigt ist, verkörpert, gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0019] **Fig. 3** ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Aufbauen einer planaren photonischen Vorrichtung, die die vorliegende Erfindung verkörpert, wie etwa jene in **Fig. 1** gezeigte, die zusammengesetzt werden kann, um den Entzerrer der **Fig. 2** zu bilden;

[0020] **Fig. 3A–H** eine ungefähre Querschnittsseitendarstellung einer planaren photonischen Vorrichtung, die gemäß dem in **Fig. 3** gezeigten Verfahren aufgebaut ist, gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0021] **Fig. 4** eine Unterseitenansicht einer länglichen Anzapf-Aufnahme **20** der **Fig. 1** gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0022] **Fig. 5** eine Oberseitensskizze der länglichen Anzapf-Aufnahme **20** der **Fig. 4**, gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0023] **Fig. 6A–C** einige der Schritte eines Ätzens von Gittern in einen Durchgangswellenleiter vor einem Ummanteln, um eine planare photonische Vorrichtung zu bilden, gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0024] **Fig. 7A–C** einige der Schritte beim Ätzen von Gittern in einen Durchgangswellenleiter nach einem Ätzen der Ummantelung, um die Aufnahme **620** für die planare photonische Vorrichtung zu bilden, gemäß der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

[0025] Die vorliegende Erfindung wird nun vollständiger unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen beschrieben werden, in welchen gegenwärtig

tig bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gezeigt sind. Jedoch kann die beschriebene Erfindung in verschiedenen Formen ausgeführt werden und sollte nicht ausgelegt werden, auf die hierin offenbarten beispielhaften Ausführungsformen beschränkt zu sein. Vielmehr sind diese repräsentativen Ausführungsformen im Detail beschrieben, so dass diese Offenbarung eingehend und vollständig sein wird und den Aufbau, den Betrieb, die Funktionalität und den potenziellen Umfang einer Anwendbarkeit der Erfindung Durchschnittsfachleuten vollständig vermitteln wird.

[0026] **Fig. 1** zeigt eine Querschnittsansicht **A-A'** der **Fig. 4** des Anzapf-Aufnahmeüberwachungssystemteils der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung **10** schließt ein planares Substrat **12**, eine Pufferschicht **14**, einen Anzapf-Wellenleiter **16**, einen Ummantelungswellenleiter **18**, eine Anzapf-Aufnahme **20**, einen Anzapf-Aufnahmespiegel **22**, einen Lichtsensor in der bevorzugten Form einer Photodiode **24** mit einem aktiven Bereich **26**, Photodiodenlötkontakten **28**, **30** und einer Index-angepassten Klebefüllung **32** ein.

[0027] Ein Wafer vorzugsweise in der Form einer SiO₂/Si-Hauptplatine wird beginnend mit einem planaren Substrat **12** gefertigt. Falls nötig, wird die untere Schicht oder "Unterlegung" **14**, die aus einem Material mit einer niedrigen Absorption bei der Signallängewellenlänge hergestellt ist, auf die Oberseite des Substrats **12** aufgebracht. Dann werden die Wellenleiter innerhalb der Vorrichtung einschließlich des Anzapf-Wellenleiters **16** auf der Oberseite der Unterlage **14** gebildet, um Pfade für die Ausbreitung optischer Signale bereitzustellen. Die Wellenleiter werden unter der oberen Schicht oder "Abdeckung" **18** versiegelt, die einen niedrigeren Brechungsindex als die Wellenleiter aufweist und typischerweise den gleichen Brechungsindex wie die Unterlage, wenn eine vorhanden ist, aufweist. Die Unterlage **14**, der Wellenleiter **16** und die Abdeckung **18** werden aus dotiertem Silizium gefertigt. Die Schichten sind durch das Niveau einer Dotierung definiert, die verwendet wird, um den Brechungsindex jeder Schicht zu steuern.

[0028] Um einen Zugriff auf das Ende des Anzapf-Wellenleiters **16** für Überwachungszwecke zu erhalten, wird ein Abschnitt des Wafers, wie etwa durch Ätzen, entfernt, um eine Anzapf-Aufnahme **20** zu bilden. Wie in **Fig. 1** gezeigt, weist die Anzapf-Aufnahme **20** ein im Wesentlichen hemisphärisches oder "schalen"-ähnliches Profil auf und verläuft von der oberen Oberfläche der Abdeckung **18** durch die Abdeckung **18** über den Anzapf-Wellenleiter **16** und herab in die Unterlage **14**. Der Anzapf-Wellenleiter **16** schließt die Anzapf-Aufnahme **20** ab. Somit unterbricht die Anzapf-Aufnahme **20** den Datenstrom, der von dem Wellenleiter **16** geführt wird, um Licht von ihm in das Innere der Anzapf-Aufnahme **20** zu diffundieren.

[0029] Der Anzapf-Wellenleiter **16** zapft einen kleinen Bruchteil von Licht, der als "Anzapf-Signal"

bezeichnet wird, von dem Hauptteil des Signals, das sich auf dem Durchgangspfad oder dem Durchgangswellenleiter der Vorrichtung, das als das "Durchgangssignal" bezeichnet wird, für Zwecke einer Überwachung ab. In einer planaren photonischen Vorrichtung kann dies auf verschiedene Arten mit nur einer geringen Dämpfung einer Signalintensität und vernachlässigbaren weiteren nachteiligen Effekten auf das Durchgangssignal erreicht werden. In **Fig. 1** kreuzt der Anzapf-Wellenleiter **16** beispielsweise den Durchgangswellenleiter und koppelt eine bestimmte Energie von dem Durchgangssignal. Alternativ wird Licht von einem Durchgangswellenleiter durch einen Anzapf-Wellenleiter abgezapft, der eine bestimmte Energie von dem Durchgangssignal in dem Durchgangswellenleiter evaneszent koppelt.

[0030] Es wäre auch innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung, eine Anzapf-Aufnahme direkt oberhalb des Durchgangswellenleiters zu bilden, ohne den Durchgangswellenleiter vollständig zu unterbrechen. In diesem Fall würde die Anzapf-Aufnahme einen Bruchteil des Lichts von dem Durchgangssignal evaneszent koppeln. Die Menge an Licht, die in die Anzapf-Aufnahme gekoppelt wird, würde von der Tiefe und Länge der Anzapf-Aufnahme abhängen. Diese letztere Anordnung weist den Vorteil eines vollständigen Eliminierens des Anzapf-Wellenleiters auf.

[0031] In der Anzapfung der **Fig. 6–7** wird Licht **600** durch Gitter **720** abgezapft, die zwischen der Abdeckschicht **18** und dem Durchgangswellenleiter oder planaren Wellenleiter **40** angeordnet sind. Diese Gitter **720** koppeln eine bestimmte Energie von dem Durchgangssignal in die Photodiode **24**. Anstelle einer Aufnahme in der Form einer Schale, die einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und einen Spiegel als Teil ihrer inneren Oberfläche aufweist, zu verwenden, kann ein Gitter **720** oberhalb des Durchgangswellenleiters **40** hergestellt sein, der einen kontrollierten Bruchteil des Lichts auskoppelt. In diesem Fall wird die Aufnahme eine geneigte, geringfügig kreisförmige oder jedwede andere Typen von Seitenwänden nach einem Ätzen aufweisen, um eine Kavität **620** zu bilden, um das Unterfüttern der Photodiode mit dem Füllmaterial **32** zuzulassen.

[0032] Das Füllmaterial **32**, vorzugsweise ein flüssiger Kleber, wird wieder zum Brechungsindex-Anpassen und mechanischen Verfestigen der Photodiodenanbringung verwendet, und auch um jedwede potenzielle Wellen **618** in der Abdeckung **18** zu entfernen. Die Gitter **720** können in dem Anzapf-Wellenleiter oder in dem Durchgangswellenleiter **40** geätzt werden. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 6A–C** können die Gitter **720** geätzt werden, bevor die Abdeckschicht **18** abgeschieden wird. Eine Aufnahme in der Form einer Schale oder irgendeinem anderen Typ einer Kavität **620** wird dann in **Fig. 6B** geätzt, um die Ummantelungswellen **680** aufgrund des vorhergehenden Gitterschritts in **Fig. 6A** herauszuätzen. Unter Bezugnahme auf **Fig. 6C** wird die Photodiode

über der Kavität **620** hybridisiert. Eine Hybridisierung schließt die Metallisierungsmaskenauslegung für Spiegel, elektrische Leitungen oder Heizkissen, die Ausrichtung und Bondierung von Photodioden und eine Kleberabscheidung ein.

[0033] Alternativ können die Gitter **720** nach der Schalen- oder Kavitäts-620-Ätzung in den **Fig. 7A–C** geätzt werden.

[0034] Somit kann die Anzapf-Aufnahme **20** in der Form einer Schale oder Kavität **620** unter Verwendung einer Anzahl unterschiedlicher Verfahren gebildet werden. Beispielsweise können die Anzapf-Schale oder -Aufnahme **20** der **Fig. 1** oder die Kavität **620** der **Fig. 6–7** durch ein Wegätzen von Material durch eine Maske gebildet werden, die das umgebende Material schützt. Dieses Ätzen kann steuerbar und ökonomisch durch die Verwendung eines Nassätzens mit einer gepufferten Flußsäure (HF)-Lösung in dem Fall einer Leitung in einer SiO₂-basierten Vorrichtung oder eines Kaliumhydroxids (KOH) in einer Si-basierten Vorrichtung ökonomisch ausgeführt werden. Die Verwendung einer Nassätztechnik erzeugt Anzapf-Aufnahmen in einer geeigneten Form im Wege niedriger Kosten. Alternativ kann der Prozess mit einem Trockenätzprozess, wie etwa einem reaktiven Ionenätzen, durchgeführt werden. Auch kann die Kavität oder ein anderes Loch durch einen physikalischen Prozess, um Material zu entfernen, wie etwa eine Ablation, ein Schneiden, ein Schleifen oder ein Bohren, gebildet werden.

[0035] Unter Bezugnahme zurück auf **Fig. 1** divergiert Licht, das aus dem Anzapf-Wellenleiter **16** in das Innere der Anzapf-Aufnahme **20** austritt, und wird von den Wänden und dem Boden der Anzapf-Aufnahme reflektiert oder gestreut. Das hemisphärische Profil oder der kreisförmige Querschnitt der Durchgangsform der Anzapf-Aufnahme **20** verursacht es, dass Licht, das in der Anzapf-Aufnahme **20** aufgenommen wird, aufwärts zu der oberen Oberfläche des Wafers hin reflektiert wird. Ein Aufnahme des Lichts in dem aktiven Bereich **26** der Photodiode kann durch die Abscheidung einer Beschichtung eines reflektierenden Materials in die Anzapf-Aufnahme **20** verstärkt werden, um einen Spiegel **22** zu bilden. In der vorliegenden Ausführungsform wird Gold (Au) für diesen Zweck verwendet. Vorzugsweise werden eine Sputter-Abscheidung von Gold und ein dickes Photoresist für die zur Spiegelstrukturierung oder die Maskenauslegung verwendet.

[0036] Jedoch können andere Materialien, wie etwa Aluminium (Al) und andere Abscheidungsverfahren, auch verwendet werden. Die reflektierende Oberfläche wird unter Verwendung beispielsweise der Techniken eines Sputterns oder eines Verdampfens abgedeckt, obwohl andere Verfahren verwendet werden können. Das Beschichten kann auch wirken, es zu verringern oder zu verhindern, dass Licht zurück in die planare Vorrichtung koppelt. Wie in **Fig. 1** in der vorliegenden Ausführungsform gezeigt, ist die Beschichtung auf der Seite der Anzapf-Aufnahme **20**

gegenüberliegend der Richtung, von welcher sich das Licht in die Anzapf-Aufnahme **20** ausgebreitet hat, abgeschieden. Dies kann beispielsweise durch ein Aufrechterhalten einer bestimmten Orientierung des Wafers in einer Verdampfungskammer während der Abscheidung des reflektierenden Materials oder durch ein Maskieren jenes Abschnitts der Anzapf-Aufnahme, für welche es unerwünscht wäre, ein in hohem Maße reflektierendes Material aufzuweisen, erreicht werden.

[0037] Die Photodiode **24** oder ein anderer Typ von Lichtsensoren ist auf der Oberseite des Wafers angebracht, um die Vorrichtung **10** derart zu bilden, dass ihr aktiver Bereich **26** Licht aufnimmt, das aufwärts von der Anzapf-Aufnahme **20** reflektiert oder gestreut wird. Ein Paar elektrischer Kontakte, ein n-Kontakt **28** und ein p-Kontakt **30**, sind an der oberen Oberfläche des Wellenleiters auf jeder Seite der Mündung der Anzapf-Aufnahme **20** befestigt. Diese Kontakte können auch zur dualen Funktion eines physikalischen Befestigens der Photodiode an der planaren Vorrichtung dienen. Nachdem die Photodiode **24** in Position gelötet oder anderweitig befestigt ist, wird die Anzapf-Aufnahme **20** mit einem transparenten Material, wie etwa Epoxid **32**, mit einem Brechungsindex, der an jenen des Anzapf-Wellenleiters **16** angepasst ist, gefüllt. Dies stellt es sicher, dass Licht, das auf die Anzapf-Aufnahme **22** auftrifft, in die Anzapf-Aufnahme diffundiert wird, anstelle zu dem Substrat herab oder sonst wohin innerhalb der Leitungsschichten reflektiert zu werden.

[0038] Das Epoxid oder andere Füllmaterial **32** ist vorzugsweise ein flüssiger Kleber. Ein Unterfüllen der Photodiode wird am besten mit einem flüssigen Material ausgeführt, um den Schalenabschnitt der Aufnahme **20** ohne Luftblasen ideal zu füllen. Jedoch muss, solange die Photodiode von dem Kleber umgeben ist oder anderweitig ausreichend befestigt ist, nicht die gesamte Aufnahme **20** mit Kleber unterfüllt werden. Der Kleber, der in diesem Fall verwendet wird, ist der vom Typ EPO-TEK **353 ND**, erhältlich von Epoxy Technology, Inc.. Dieser flüssige Kleber wird erstens als ein gutes Indexanpassmittel gewählt, um Rückreflexionen zu vermeiden (der Index von Silizium beträgt ungefähr 1,46, und der Index dieses Klebers beträgt 1,56). Zweitens ist dieser Kleber in ausreichendem Maße eine fließende Flüssigkeit, wobei sie weniger viskos als andere Kleber ist. (Ihre Viskosität bei 23°C liegt zwischen 3000 und 5000 cps verglichen mit anderen Klebern: Viskosität von ungefähr 48.000 cps für EPO-TEK 353ND-T beispielsweise). Diese Viskosität stellt sicher, dass Kleberausbreitung unter der Photodiode **24** komplett und ohne Blasen sein wird. Drittens wird nach einem Aushärten dieses Klebers bei 80°C das Verfestigen der Photodiodeanbringung sichergestellt.

[0039] Um das Verteilen oder Tunneln des Füllmaterials **32** unterhalb der Photodiode **24** weiter zu erleichtern, kann die Aufnahme von einer im Wesentlichen Schalenform in eine längliche Version modifi-

ziert werden. Die **Fig. 4** und **5** zeigen eine derartige Anzapf-Aufnahme in der Form einer länglichen "Z"-förmigen Mulde **420**, die einen kreisförmigen Querschnittskörperabschnitt **20** unterhalb des Lichtsensors und ein Paar von gegenüberliegenden Endabschnitten oder Becken **402** und **404**, die vor und hinter dem Lichtsensor zum Verteilen des Füllmaterials **32** durch die "Z"-förmige Mulde **420** angeordnet sind, aufweist. Die Schale, die in dem Querschnittskörperabschnitt **20** gebildet ist, wird dann verwendet, um die Photodiode **24** mit dem Kleber oder einem anderen Füllmaterial **32** zu unterfüllen. Der kreisförmige Querschnittskörperabschnitt **20** wird wahlweise länger als eine einfachere Schalenform ausgeführt, derart, dass der Kleber oder ein anderes Füllmaterial **32** nach der Photodioden-Bondierung getunnelt oder verteilt werden kann, wobei von der Photodiode so viel wie möglich bedeckt wird und Luftblasen gleichzeitig verhindert werden. Wahlweise können die gegenüberliegenden Endabschnitte oder Becken **402** und **404**, die Dimensionen von ungefähr $80\ \mu\text{m} \times 135\ \mu\text{m}$ aufweisen, beide oder einzeln vorhanden sein, um ein Becken an dem (den) Ende(n) dieser langen Schalenmulde von ungefähr $450\ \mu\text{m}$ bereitzustellen, um das Füllmaterial **32** zu laden. Vorzugsweise würde die Schale dann länger in der Richtung senkrecht zu dem Anzapf-Wellenleiter **16** sein, wie in **Fig. 5** zu ersehen.

[0040] Eine Aufnahme von Licht nach einem Streuen weist den Vorteil eines Minimierens einer Polarisationsabhängigkeit des Ansprechens der Photodiode auf. Die Photodiode kann, wenn gewünscht, mit ihrer aktiven Seite aufwärts gerichtet angebracht werden. In diesem Fall würde es ein Infrarot-(IR-)transparentes Substrat zulassen, dass Licht durch das Photodiodensubstrat in den aktiven Bereich der Photodiode passiert. Alternativ kann die Photodiode, oder ein Abschnitt der Photodiode, wobei die aktive Seite aufwärts, abwärts oder seitlich orientiert ist, innerhalb der Anzapf-Aufnahme platziert werden, um das Licht vor und/oder nach einem Streuen von den Aufnahmewänden aufzufangen.

[0041] Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform eine elektrische Verbindung mit der Photodiode durch ein Löten sowohl der nals auch der p-Kontakte an elektrische Leiter auf der planaren Wellenleitervorrichtung erreicht wird, kann ein leitfähiger Kleber anstelle von Lötmedium verwendet werden. Alternativ kann die elektrische Verbindung durch ein Drahtbondieren ausgeführt werden. Eine Thermokompression kann zum Photodioden-Bondieren verwendet werden. Überdies scheidet eine Drahtbondierungsausrüstung vorzugsweise Goldstifte für die Photodiodenanbringung ab.

[0042] Es ist auch möglich, dass die Photodioden elektrisch und/oder mechanisch auf einem getrennten Träger angebracht werden, der über der planaren Wellenleitervorrichtung befestigt ist, derart, dass jede Photodiode bezüglich ihrer jeweiligen Anzapf-Aufnahme ausgerichtet ist. Überdies kann, um Verarbei-

tungsschritte zu reduzieren, eine große Anzahl von Photodioden in Form von Feldern in einem einzigen Schritt angebracht werden.

[0043] Eine Anwendung für die vorliegende Erfindung besteht in der Steuerung eines planaren Felds variabler optischer Abschwächer (VOAs). Ein VOA kann leicht und zweckmäßig mit anderen planaren Vorrichtungen, wie etwa Teilern, Kombiniern, Wellenlängen-Divisionsmultiplexern und Wellenlängen-Divisionsdemultiplexern integriert werden. Der Abschwächer kann ein Mach-Zehnder-Interferometer sein, wie etwa das in **Fig. 2** gezeigte, das unten stehend diskutiert wird, in welchem die Intensität des Lichts, das durch den Abschwächer läuft, variabel durch eine Verwendung des thermooptischen Effekts abgeschwächt werden kann. In dieser Anwendung verursacht ein differentielles Erwärmen eines oder beider Arme des Interferometers eine Phasenfehlanpassung von Licht, das getrennt in den beiden Armen des Interferometers läuft, und eine Abschwächung eines Teils des gesamten Lichts am Punkt einer Rekombination an dem Ende des Interferometers. Diese Abschwächung ist proportional zu dem Betrag einer erzeugten Phasenfehlanpassung, die von der Änderung in dem Brechungsindex abhängig ist, die durch das differentielle Erwärmen herbeigeführt wird.

[0044] Ein Weg eines Aufrechterhaltens einer Steuerung des Abschwächers besteht darin, eine Lichtintensität vor und/oder nachdem sie durch den Abschwächer passiert ist, zu messen. Durch ein Messen der Intensität der Anzapf-Signale und ein Einstellen des VOAs, bis die gewünschte Intensität erreicht ist, oder durch ein Vergleichen der Intensitäten der Anzapf-Signale vor und nach dem VOA und ein Einstellen des VOAs, bis die gewünschten relativen Intensitäten erreicht sind, kann der VOA gesteuert werden. Der VOA kann beispielsweise für eine Energieentzerrung verschiedener Wellenlängen eines demultiplexierten Signals verwendet werden.

[0045] **Fig. 2** zeigt ein Diagramm einer planaren photonischen Vorrichtung **34** (nicht maßstäblich gezeichnet), die die vorliegende Erfindung verkörpert. Die veranschaulichte Vorrichtung ist ein Energieentzerrer, der beispielsweise verwendet werden kann, um Raumumschaltungs-, Wellenlängenselektions- und Wellenlängenkonversionskomponenten in einem optischen Signalverarbeitungssystem zu verbinden. Er kann in einer Sender-Vorgewichtung und einer Konditionierung gemischter Datenraten, wie auch in einem Energieentzerrer in sowohl In-line- als auch Empfängeranwendungen verwendet werden.

[0046] Der Eingang in die Vorrichtung wird durch optische Fasern bereitgestellt. In der vorliegenden Ausführungsform sind die optischen Fasern in einen Block von Materialien in einem Feld **36** eingebettet, um eine Ausrichtung zu erleichtern und die Faser an dem planaren Substrat zu sichern. Der Faserblock **36** empfängt acht getrennte Signaleingänge bei unterschiedlichen Wellenlängen auf acht getrennten Fasern **38** von einem Sender oder Demultiplexer. In ei-

ner alternativen Ausführungsform kann, falls gewünscht, ein Demultiplexer-Schalter oder eine andere Vorrichtung an dem Eingang hybridisiert werden, um eine weitere Stufe einer Integration zuzulassen.

[0047] Die acht Fasereingänge werden acht planaren Wellenleitern **40** zugeführt, die die acht Signale zu einem ersten Feld von acht Anzapfungen **42** führen, um das Signal in jedem zu überwachen. Ein Bruchteil jedes Durchgangssignals wird von jedem planaren Wellenleiter unter Verwendung eines Anzapf-Wellenleiters **44**, der durch den Durchgangswellenleiter an einer Y-Verbindung kreuzt, ausgekoppelt. Dieses angezapfte Licht wird dann zu einer Anzapf-Aufnahme **46**, wie etwa die in **Fig. 1** gezeigte, geführt und endet darin. Das angezapfte Licht wird dann von den Wänden der Anzapf-Aufnahme **46** gestreut, und ein Teil des gestreuten Lichts wird dann von einer Photodiode **48** aufgenommen, die über der Öffnung der Anzapf-Aufnahme **46** positioniert ist. In der vorliegenden Ausführungsform ist der aktive Bereich der Photodioden abwärts gerichtet und deckt die Öffnung der Aufnahme ab. Die elektrischen Verbindungen der n- und p- Sperschichten der Photodiode sind beide auf der gleichen Seite der Photodiode wie der aktive Bereich. Wie oben beschrieben und in **Fig. 1** gezeigt, ist eine elektrische Ausführung mit einem Lötmedium an den elektrischen Leitungen auf der Oberfläche der Komponente ausgeführt. Die Photodiode ist auch mechanisch mittels eines Lötmittels an der Oberfläche der Komponente befestigt.

[0048] Die Durchgangssignale werden dann einem Feld von acht VOAs **50** zugeführt, die verwendet werden, um den Energiepegel des eigentlichen Wellenlängensignals, der dorthin durchläuft, einzustellen. Jeder VOA in dem Feld schließt obere und untere Arme **52**, **54** ein. Einer oder beide Arme jedes VOA **54** schließt ein Heizkissen **56** ein, das verwendet wird, um die relative Phase des Signals in den beiden Armen thermooptisch zu steuern. Nachdem die Signale durch das Feld der VOAs gelaufen sind, werden die Signale dann einem zweiten Feld von Anzapfungen **58** für einen zweiten Durchgang einer Überwachung zugeführt. Wie oben beschrieben, wird ein Vergleich der gemessenen Pegel des optischen Signals in jedem Durchgangswellenleiter vor und nach jedem jeweiligen VOA verwendet, um den gewünschten Pegel einer Abschwächung in dem VOA zu bestimmen. Die acht getrennten Signale werden dann einem 8×1-Kombinierer **60** zugeführt, der optisch an die Durchgangswellenleiter gekoppelt ist, und der kombinierte Ausgang wird einem einzigen optischen Faserausgang **62** zugeführt.

[0049] Der Energieentzerrer, der in **Fig. 2** gezeigt ist, kann hinsichtlich einer Anzahl von Aspekten modifiziert werden, ohne von dem Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise kann ein Wellenlängen-Divisionsmultiplexer (WDM) anstelle des 8×1-Kombinierers **60** verwendet werden, oder der Kombinierer **60** kann gänzlich entfernt werden. Weiter kann, falls gewünscht, ein Wellenlän-

gen-Divisionsdemultiplexer an die planaren Wellenleiter **40** gekoppelt werden, was es zulässt, dass der Energieentzerrer einen multiplexierten Eingang auf einer optischen Signalfaser empfängt. In dieser Ausführungsform kann ein Teiler anstelle des Demultiplexers verwendet werden.

[0050] Wie oben diskutiert, kann eine planare photonische Vorrichtung potenziell beträchtlich weniger Raum einnehmen als eine entsprechende Komponente, die aus diskreten Komponenten aufgebaut ist. Eine beispielhafte Implementierung der Vorrichtung **34**, die in **Fig. 2** gezeigt ist, würde, wenn sie verpackt ist, nur einen Bruchteil des Raums einnehmen, der von einer Vorrichtung, die eine ähnliche Funktion aufweist, aber aus diskreten mikrooptischen und/oder anderen ausgedehnten Strahlvorrichtungen aufgebaut ist, eingenommen wird. Weiter erfordert die Vorrichtung, die in **Fig. 2** gezeigt ist, nur neun Faserverzweigungsverbindungen, acht für den Eingang und eine für den Ausgang. Wenn sie aus diskreten fasergekoppelten Komponenten aufgebaut wäre, würde die Vorrichtung dreiunddreißig Verbindungen benötigen.

[0051] **Fig. 3** zeigt ein Flussdiagramm einer ersten Ausführungsform eines Verfahrens **64** zum Herstellen des Energieentzerrers, der in **Fig. 2** gezeigt ist. Jeder Schritt des Verfahrens ist in den Verfahren **3A-H** in einer groben Darstellung veranschaulicht, um nur die Schritte und nicht die resultierenden Strukturen zu zeigen, welche nicht maßstäblich oder mit einer Querschnittsgenauigkeit gezeichnet sind. In einem ersten Schritt **66** wird, wie in **Fig. 3A** veranschaulicht, die untere Schicht oder "Unterlage" **84** auf ein planares Substrat **82** abgeschieden, und eine durchgehende Schicht eines Wellenleitermaterials **86** wird auf der Oberseite der Unterlage **84** abgeschieden. In einem Schritt **68**, der in **Fig. 3B** veranschaulicht ist, wird die durchgehende Schicht des Wellenleitermaterials verwendet, um sämtliche der Durchgangswellenleiter und Anzapf-Wellenleiter innerhalb der Vorrichtung zu fertigen, indem unerwünschte Teile des Materials weggeätzt werden. Unter Bezugnahme auf **Fig. 3B** sind die resultierenden Wellenleiter in einer groben Querschnittsdarstellung entlang einer geschlängelten diagonalen Linie über die Draufsicht der **Fig. 2** veranschaulicht, um grob so viel von den Strukturen wie möglich darzustellen. Für Zwecke einer Veranschaulichung sind in **Fig. 3B** ein Anzapf-Wellenleiter **88** und die oberen und unteren Arme **90**, **92** eines VOAs, wie etwa eines der VOAs in dem in **Fig. 2** gezeigten Feld **50**, das oben beschrieben ist, gezeigt. In einem Schritt **70**, der in **Fig. 3C** veranschaulicht ist, wird die Überzugsschicht oder "Abdeckung" über sowohl der freigelegten Unterlage **84** als auch den geätzten Wellenleitern **88**, **90**, **92** abgeschieden.

[0052] In einem Schritt **72**, der in **Fig. 3D** veranschaulicht ist, wird eine Anzapf-Aufnahme **96** durch die Abdeckung **94**, den Anzapf-Wellenleiter **88** und die Unterlage **84** geätzt. Wie oben beschrieben, en-

det jeder Anzapf-Wellenleiter **88** in einer Anzapf-Aufnahme **96**. In einem Schritt **74**, der in **Fig. 3E** veranschaulicht ist, werden die metallischen Elemente der Komponenten abgeschieden. Diese schließen einen Anzapf-Spiegel **98**, ein Heizkissen **100** für den VOA und elektrische Leitungen **102** für die Photodiode ein. In einem Schritt **76**, der in **Fig. 3F** veranschaulicht ist, werden die Photodioden-Lötkekissen **104** in einer Position über den elektrischen Leitungen **102** abgelegt. In einem Schritt **78**, der in **Fig. 3G** veranschaulicht ist, werden Photodioden **106** an den Lötkekissen **94** angebracht, wobei ihre jeweiligen aktiven Bereiche **108** der Mündung der Anzapf-Aufnahme **96** gegenüberstehen. In einem Schritt **80**, der in **Fig. 3H** veranschaulicht ist, wird die Anzapf-Aufnahme mit einem Füllmaterial, wie etwa Epoxid **110**, das den Brechungsindex der Anzapf-Leitung anpasst, gefüllt. Wie oben diskutiert, stellt die Verwendung eines Füllmaterials mit einem geeignet gewählten Brechungsindex sicher, dass Licht, das in die Anzapf-Aufnahme eintritt, in der korrekten Richtung gestreut werden wird.

[0053] Es wird für Durchschnittsfachleute offensichtlich sein, dass verschiedene Modifikationen und Variationen in der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden können, ohne von dem Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Somit ist beabsichtigt, dass das vorliegende Patent die Modifikationen und Variationen dieser Erfindung abdeckt, vorausgesetzt, dass sie in dem Umfang der angehängten Ansprüche liegen.

Patentansprüche

1. Variabler optischer Abschwächer, umfassend einen Durchgangswellenleiter (**40**) zum Führen eines optischen Signals, wobei der Durchgangswellenleiter ein Mach-Zehnder-Interferometer bildet, das obere und untere Arme (**52, 54, 90, 92**) aufweist, wobei zumindest einer der Arme des Mach-Zehnder-Interferometers ein Heizkissen (**56, 100**) aufweist, das in der Nähe dazu angebracht ist, um eine Phasen-Fehlpassung zwischen den jeweiligen Teilen des optischen Signals, das durch die oberen und unteren Arme (**52, 54, 90, 92**) geführt wird, thermo-optisch zu induzieren, gekennzeichnet durch:
einen Anzapf-Wellenleiter (**44, 16, 88**), der an den Durchgangswellenleiter (**40**) gekoppelt ist, wobei der Anzapf-Wellenleiter (**44, 16, 88**) einen Teil des optischen Signals an eine Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620, 96**) divertierte, die in dem Pfad des Anzapf-Wellenleiters (**44, 16, 88**) angeordnet ist, derart, dass der Teil des optischen Signals, der in den Anzapf-Wellenleiter (**44, 16, 88**) divertierte ist, in die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620, 96**) eintritt, wobei die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620, 96**) eine Mündung in der Nähe einer äußeren Fläche des variablen optischen Abschwächers aufweist; und
einen Lichtsensor (**48, 44, 106**), der in der Nähe der Mündung der Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620, 96**) be-

festigt ist, um Licht aufzuzeichnen, das in die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620, 96**) eingetreten ist.

2. Variabler optischer Abschwächer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 96**) eine reflektierende innere Fläche aufweist, die Licht, das in die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 96**) von dem Anzapf-Wellenleiter (**44, 16, 88**) eingetreten ist, zu einem aktiven Bereich (**26, 108**) des Lichtsensors (**48, 24, 106**) hin streut.

3. Variabler optischer Abschwächer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der inneren Fläche des Anzapf-Aufnehmers darauf abgeschieden einen Spiegel (**22, 98**) zum Streuen von Licht aufweist, das in die Anzapf-Aufnahme (**20, 96**) eingetreten ist.

4. Variabler optischer Dämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der inneren Fläche der Anzapf-Aufnahme darauf abgeschieden ein Gitter (**720**) zum Streuen von Licht aufweist, das in die Anzapf-Aufnahme (**620**) eingetreten ist.

5. Variabler optischer Abschwächer nach einem voranstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620**) mit einem Füllmaterial (**32**) gefüllt ist, das einen Brechungsindex aufweist, der an jenen des Anzapf-Wellenleiters (**44, 16, 40**) angepasst ist.

6. Variabler optischer Abschwächer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Material ein ausgehärteter Flüssigkleber zum Sichern des Lichtsensors (**48, 24**) ist.

7. Variabler optischer Abschwächer nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzapf-Aufnahme eine längliche "Z"-förmige Mulde (**420**) umfasst, die ein Körperteil (**20**) von kreisförmigem Querschnitt unterhalb des Lichtsensors (**24**) und ein Paar von gegenüber liegenden Endteilen (**402, 404**) aufweist, die vor und hinter dem Lichtsensor (**24**) zum Spreizen des Füllmaterials (**32**) durch die "Z"-förmige Mulde (**420**) angeordnet sind.

8. Variabler optischer Abschwächer nach einem voranstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzapf-Aufnahme (**46, 20, 620**) eine Kavität umfasst.

9. Energie-Entzerrer (**34**) zum Entzerren von Signalpegeln unter einer Vielzahl optischer Wellenleiter, wobei jeder ein jeweiliges getrenntes optisches Signal führt, wobei der Energie-Entzerrer (**34**) ein Feld variabler optischer Abschwächer (**50**) gemäß einem voranstehenden Anspruch umfasst, wobei der Durchgangswellenleiter (**40**) jedes variablen optischen Abschwächers in dem Feld (**50**) optisch mit einer der Vielzahl von Wellenleitern gekoppelt ist.

10. Energie-Entzerrer nach Anspruch 9, weiter umfassend eine Kombinationseinheit (60), die mit den optischen Wellenleitern nach dem Feld variabler optischer Abschwächer (50) gekoppelt ist, um die jeweiligen getrennten optischen Signale in ein einziges Signal zu kombinieren.

11. Energieentzerrer nach Anspruch 9, weiter umfassend einen Multiplexer, der mit den optischen Wellenleitern nach dem Feld der variablen optischen Abschwächer (50) gekoppelt ist, um die jeweiligen getrennten optischen Signale in ein einziges multiplexiertes Signal zu multiplexieren.

12. Energieentzerrer nach einem der Ansprüche 9 bis 11, weiter umfassend einen Demultiplexer, der mit den optischen Wellenleitern vor dem Feld der variablen optischen Abschwächer (50) gekoppelt ist, um ein multiplexiertes Eingangssignal in getrennte, demultiplexierte Signale zu demultiplexieren.

13. Energieentzerrer nach einem der Ansprüche 9 bis 11, weiter umfassend einen Teiler, der mit den optischen Wellenleitern vor dem Feld der variablen optischen Abschwächer (50) gekoppelt ist, um ein einziges Eingangssignal in getrennte Signale zu teilen.

14. Verfahren zum Herstellen eines variablen optischen Abschwächers, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst

- a) Abscheiden einer Unterkleidungsschicht (84) und einer Schicht eines Wellenleitermaterials (86) auf einem planaren Substrat (82);
- b) Ätzen von Wellenleitern (88, 90, 92) in das Wellenleitermaterial (86), wobei die Wellenleiter (88, 90, 92) einen Durchgangswellenleiter und einen Anzapf-Wellenleiter, der optisch an den Durchgangswellenleiter derart gekoppelt ist, dass ein Teil eines optischen Signals, das durch den Durchgangswellenleiter geführt wird, in dem Anzapf-Wellenleiter (88) divertiert wird, einschließen;
- c) Abscheiden einer Überkleidungsschicht (94) auf die Wellenleiter (88, 90, 92);
- d) Bereitstellen eines Zugangs zu dem Anzapf-Wellenleiter (88) durch ein Ätzen einer Anzapf-Aufnahme (96) durch die Überkleidungsschicht (94) über dem Anzapf-Wellenleiter (88), wobei die Anzapf-Aufnahme (96) eine Öffnung in der Nähe einer äußeren Fläche der Vorrichtung aufweist, wobei die Anzapf-Aufnahme (96) in dem Pfad des Anzapf-Wellenleiters (88) derart angeordnet ist, dass der Teil des optischen Signals, der in den Anzapf-Wellenleiter (88) divertiert wird, in die Anzapf-Aufnahme (96) eintritt;
- e) Anbringen eines Lichtsensors (106) in der Nähe der Öffnung der Anzapf-Aufnahme (96) zum Erfassen von Licht, das in die Anzapf-Aufnahme (96) eingetreten ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, weiter ein-

schließend den folgenden Schritt (d1) zwischen den Schritten (d) und (e):

(d1) Abscheiden einer Schicht eines reflektierenden Materials innerhalb der Anzapf-Aufnahme, um einen Anzapf-Aufnahmespiegel (98) zu bilden, der Licht, das in die Anzapf-Aufnahme (96) eintritt, zu der Öffnung der Anzapf-Aufnahme (96) hin streut.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schritt (d) die Anzapf-Aufnahme (96) unter Verwendung einer Nassätztechnik gebildet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schritt in (d) die Anzapf-Aufnahme (96) unter Verwendung einer Fluorwasserstoffsäure-(HF-) Nassätztechnik gebildet wird, um einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt herauszuätzen.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG.1

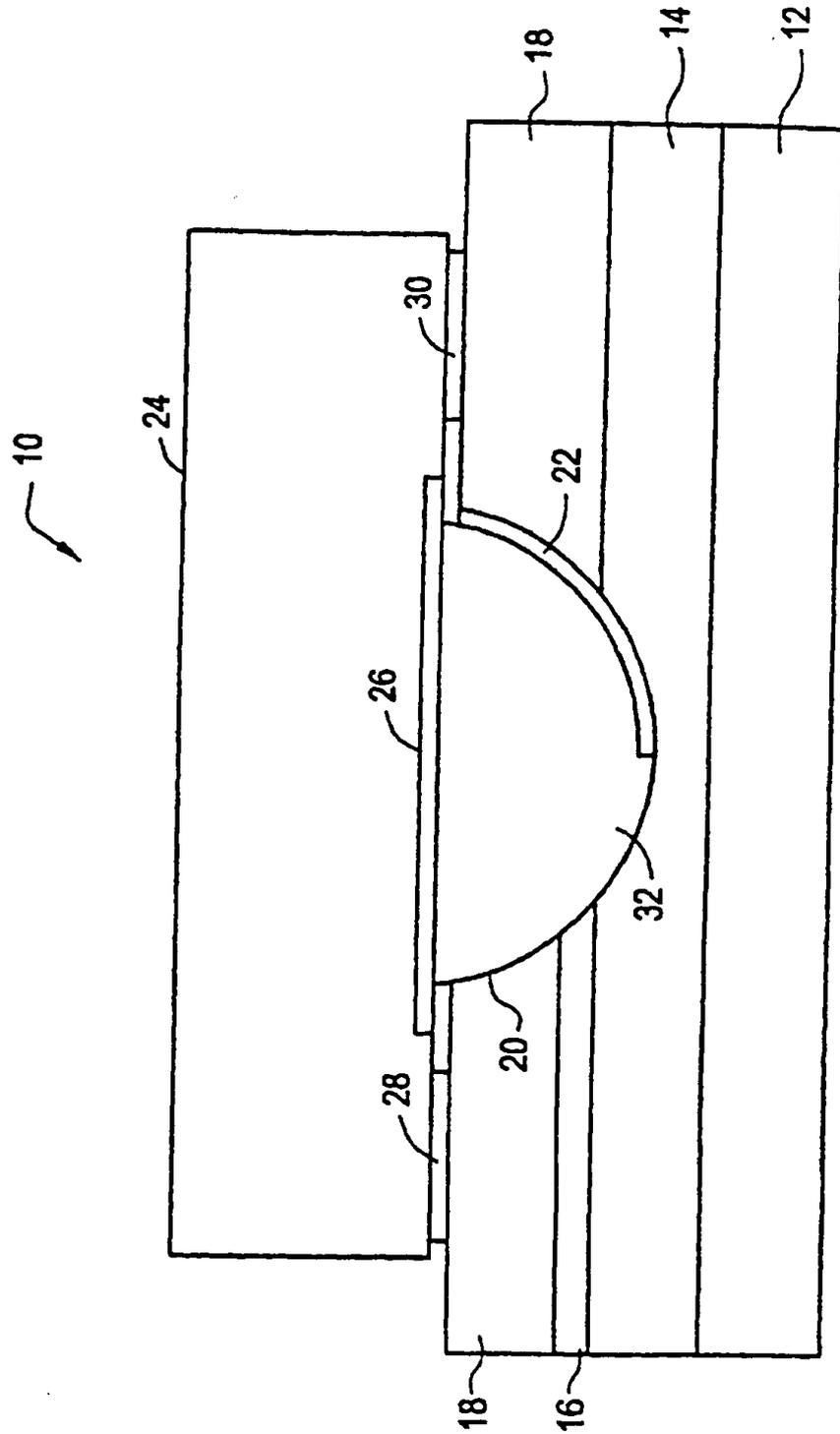


FIG.2

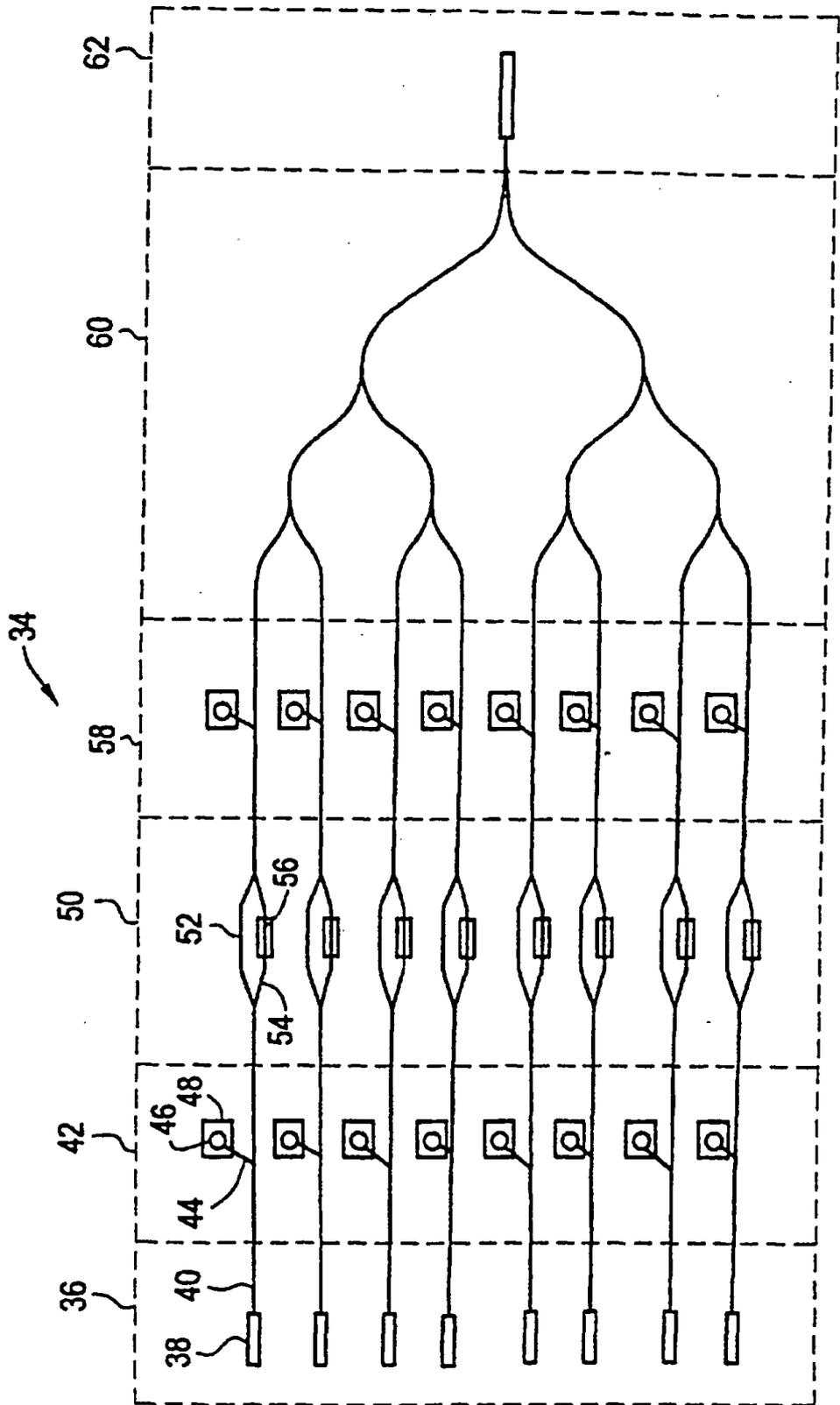


FIG.3

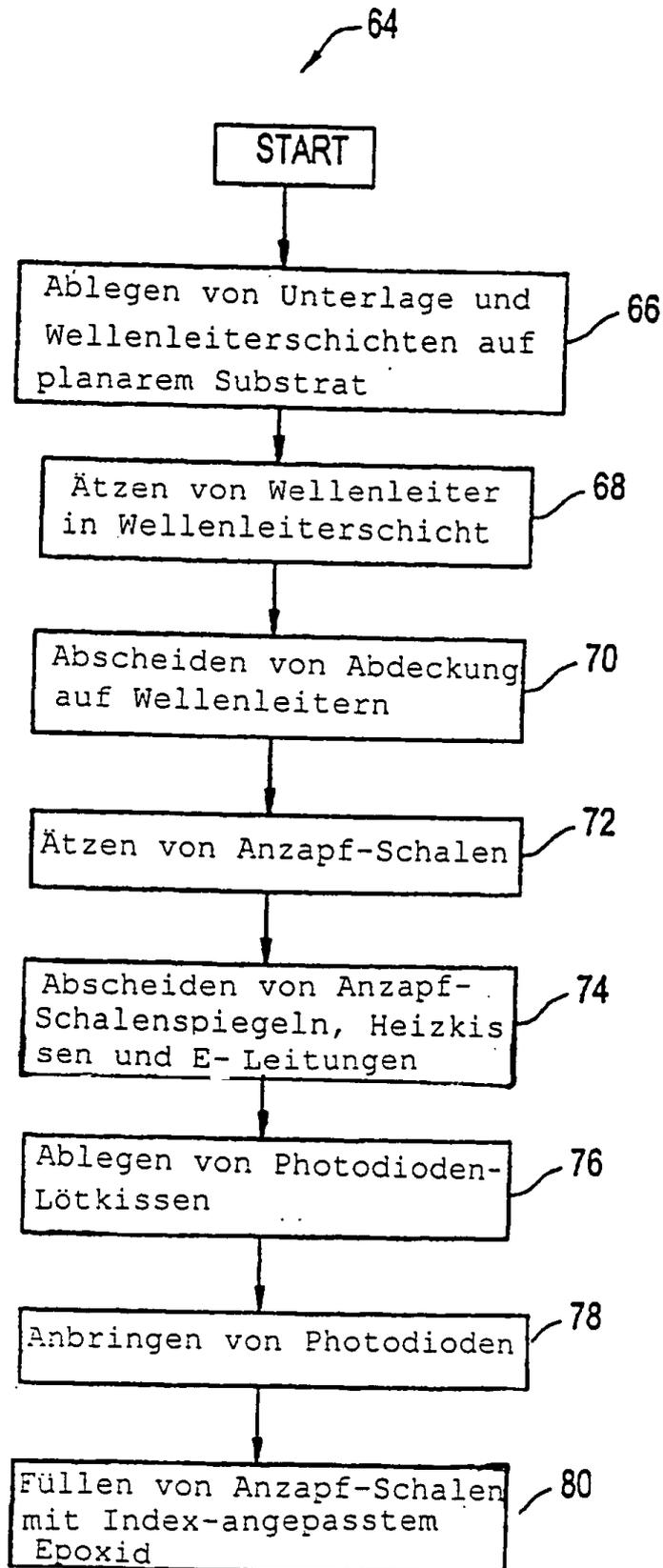


FIG.3A

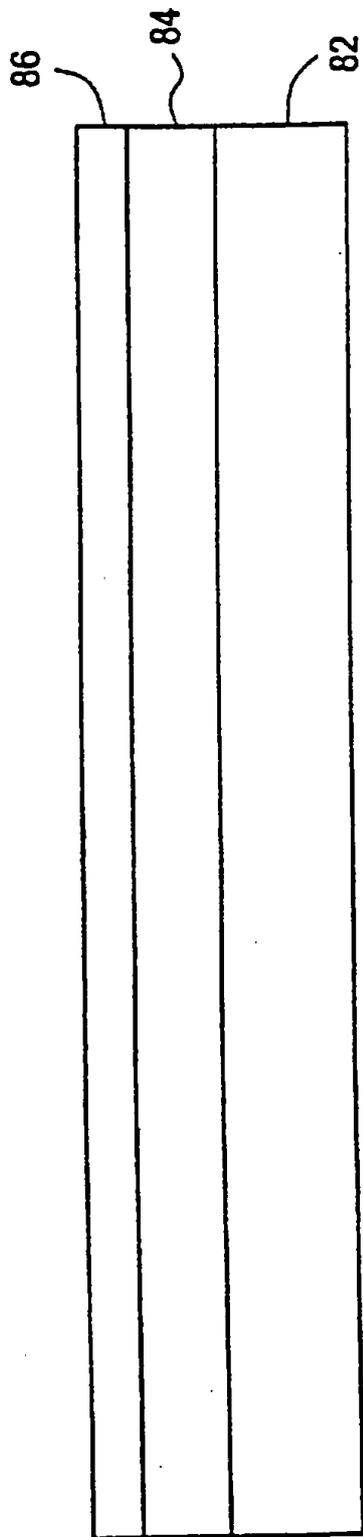


FIG.3B

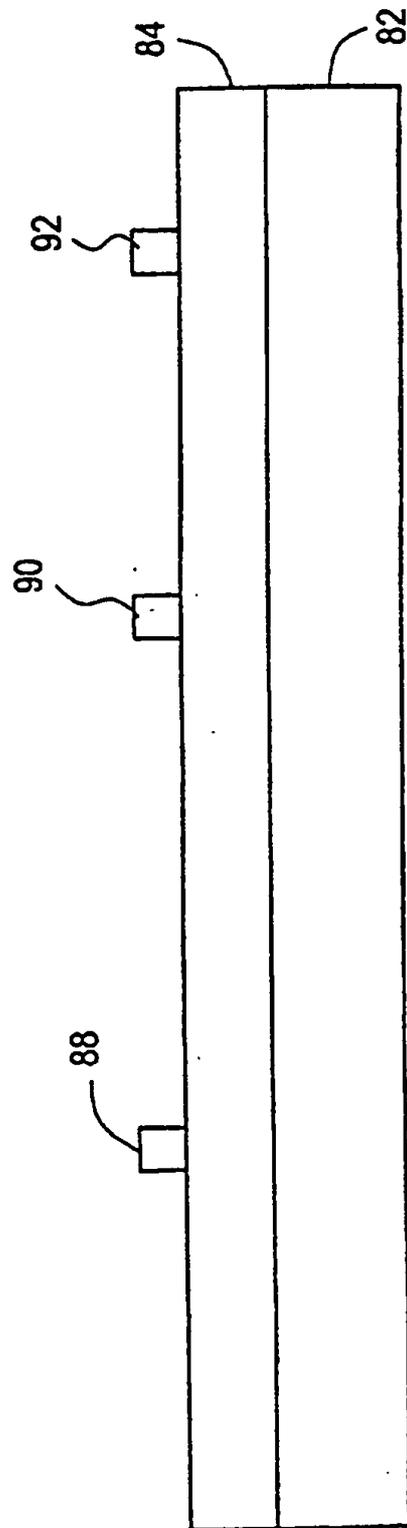


FIG.3C

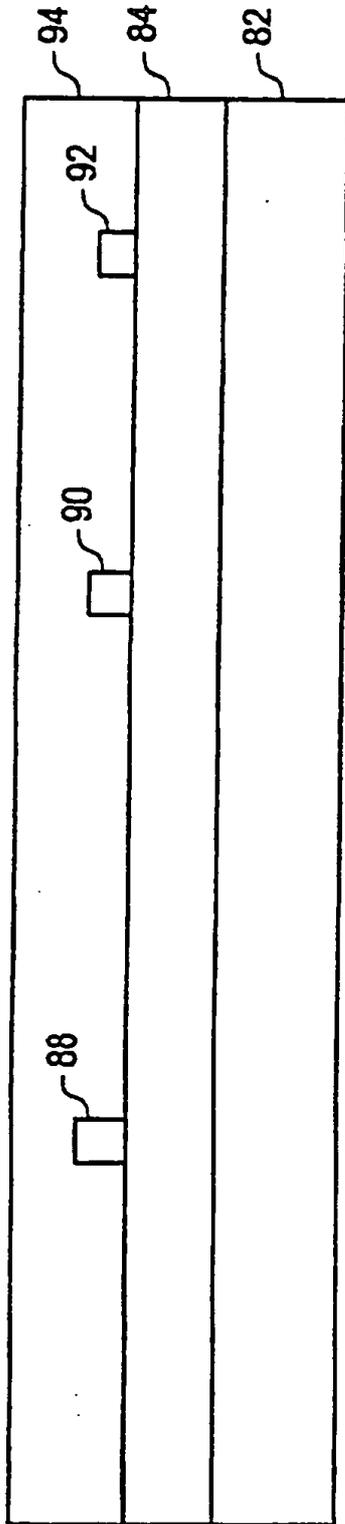


FIG.3D

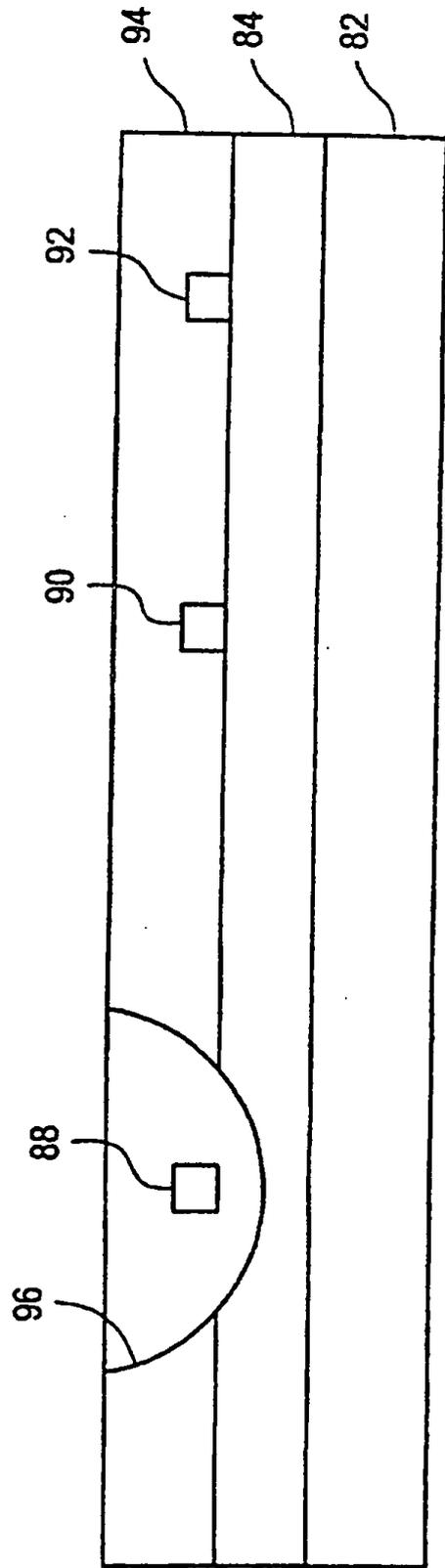


FIG.3E

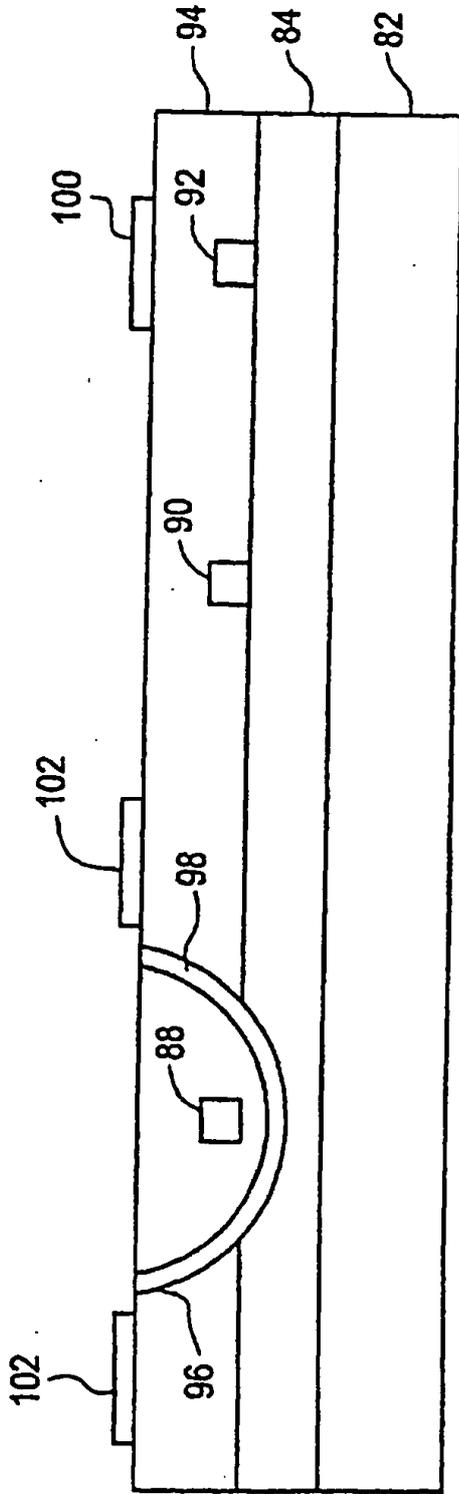


FIG.3F

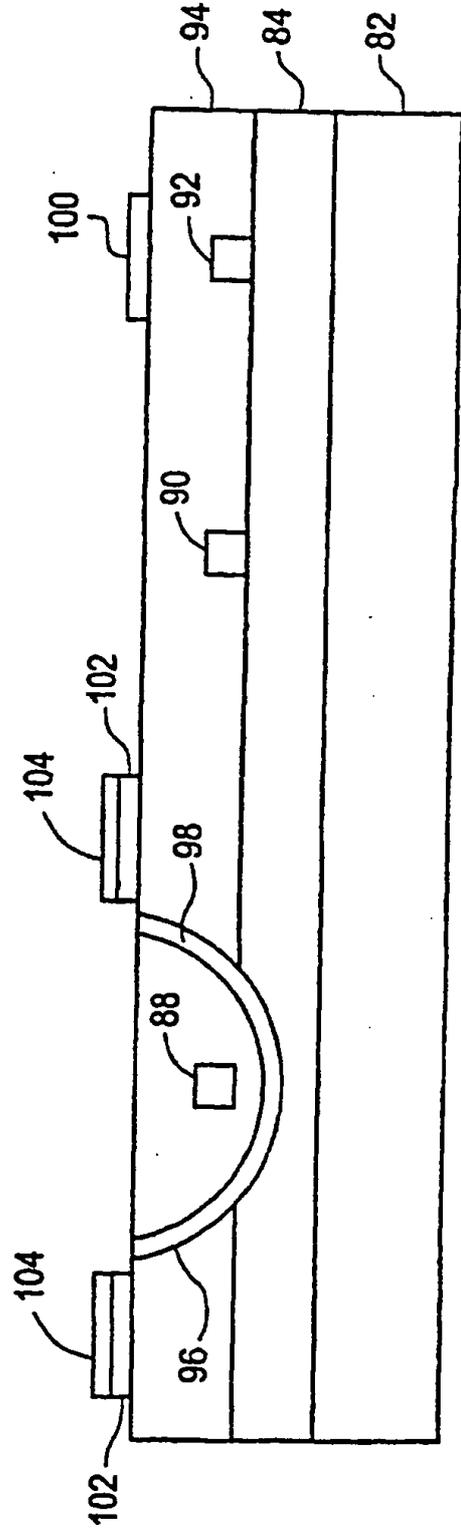


FIG.3G

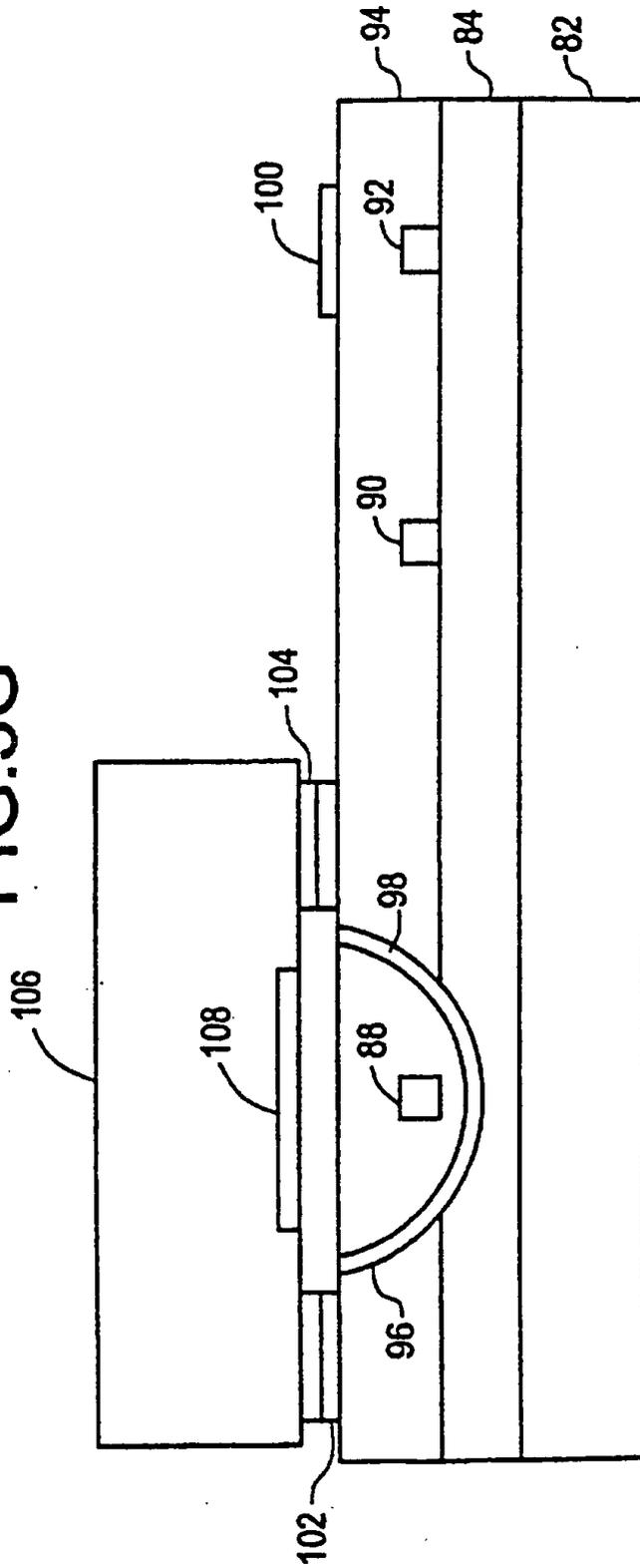


FIG.3H

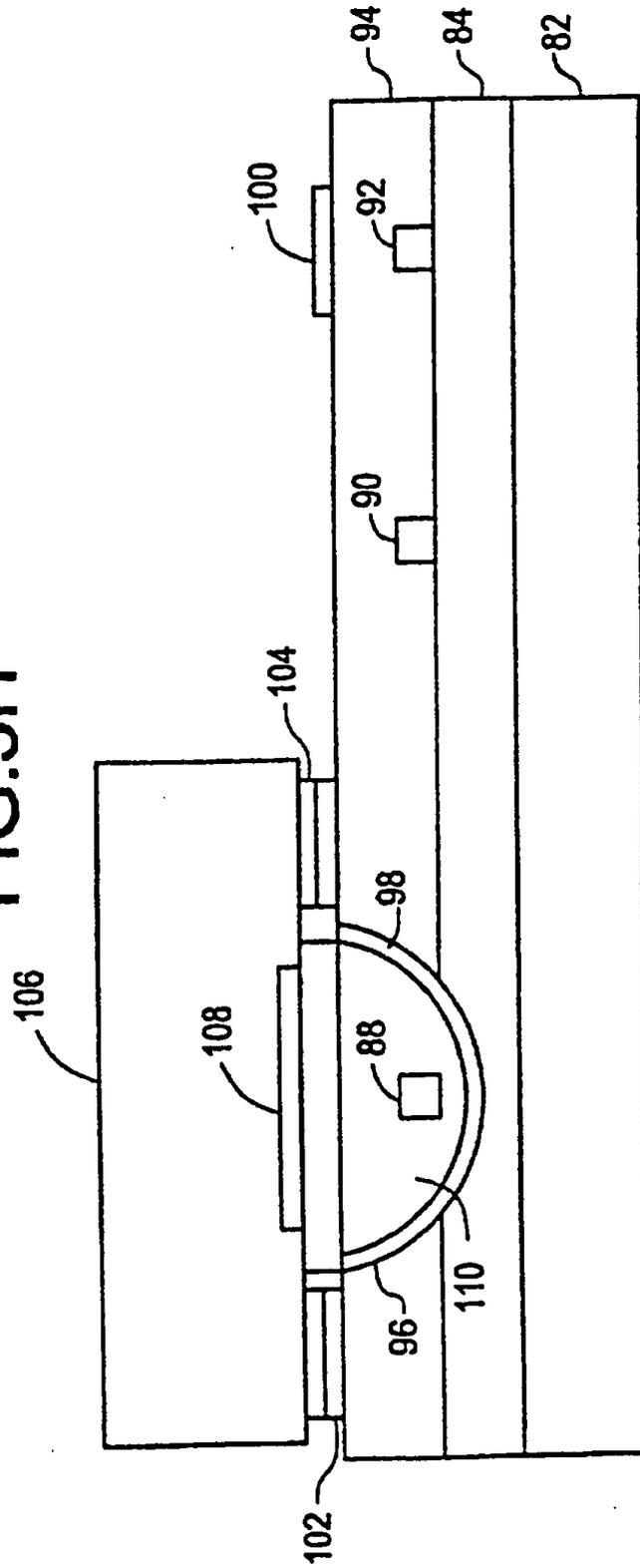


FIG. 4

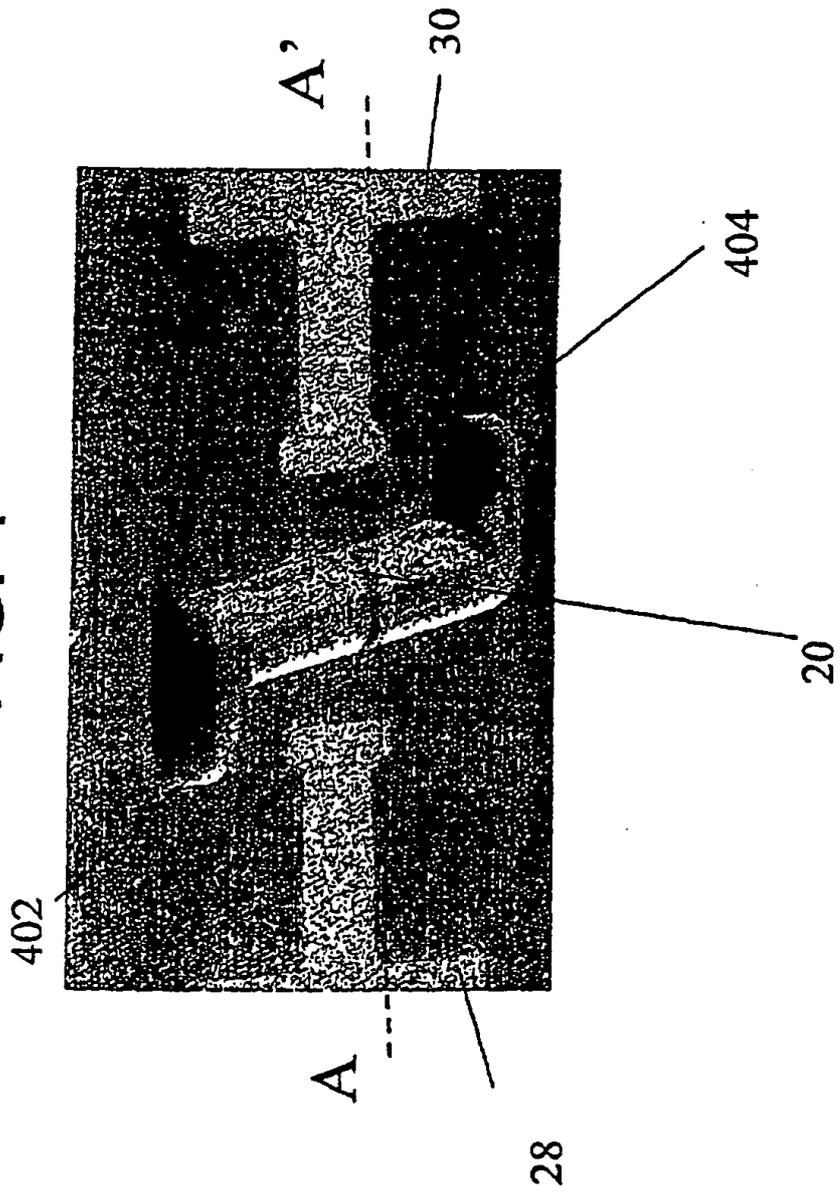


FIG. 6A

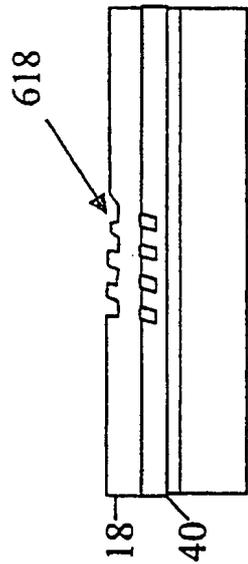


FIG. 6B

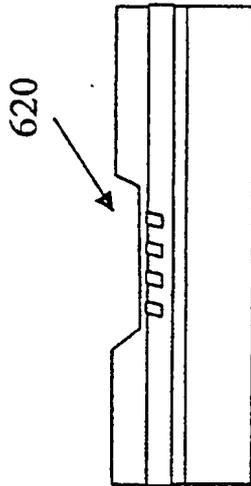


FIG. 6C

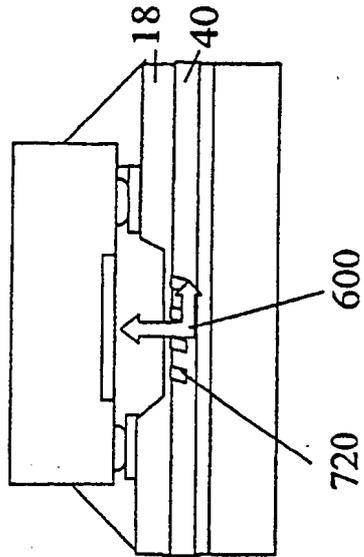


FIG. 7A

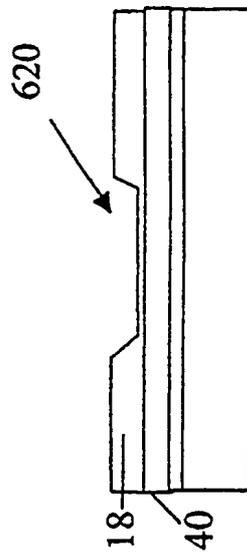


FIG. 7B

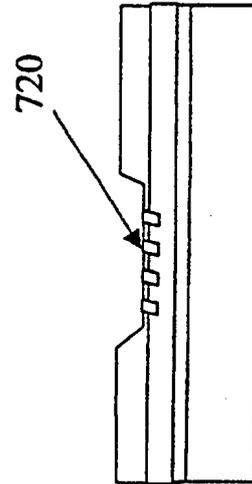


FIG. 7C

