DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 237 384 A1

4(51) G 02 B 6/30

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 02 B / 276 399 0 (22) 16.05.85 (44) 09.07.86

(71) Friedrich-Schiller-Universität Jena, 6900 Jena, August-Bebel-Straße r4, DD
(72) Fuchs, Hans-Jörg, Dr.; Kley, Ernst-Bernhard; Rasch, Andreas, DD

(54) Optisches Koppelelement für optische Wellenleiter und Verfahren zu seiner Herstellung

(57) Die Erfindung betrifft ein optisches Koppelelement zur vorzugsweise nichtlösbaren Verbindung von optischen wellenleitenden Schichten oder Streifen und ein Verfahren zur Herstellung desselben. Ziel der Erfindung ist die Senkung des Aufwandes und die Erhöhung der Ausbeute bei der Herstellung von Kopplern. Gleichzeitig soll der aufwendige und wenig reproduzierbare Polierprozeß an der Stirnseite der Wellenleiter abgelöst werden. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das Koppelelement aus einer in ein Substrat ein- oder aufgebrachten Schicht, z. B. einem Streifenwellenleiter besteht, dessen zur Kopplung vorgesehene freiliegende Stirnfläche von der Substratkante zurückgesetzt ist. Die wellenleitende Schicht enthält senkrecht zur Stirnfläche eine zur Aufnahme und seitlichen Fixierung des Kerns der Lichtleitfaser vorgesehene nutenförmige Aussparung. Das Verfahren zur Herstellung garantiert eine von der Substratkante bis zu einer gewünschten Entfernung reichende Stufe und eine senkrecht zur Stufenkante in die Substratoberfläche eingebrachte Nut, die als Justiermarke zur Positionierung weiterer Funktionselemente und zur Aufnahme des Kerns einer Lichtleiterfaser vorgesehen ist. Die verbleibende Substratoberfläche wird insgesamt oder streifenweise mit wellenleitenden Eigenschaften versehen, so daß über die Stirnfläche der Nut, die als Stirnfläche eines Wellenleiters fungiert, Licht in den Wellenleiter eingekoppelt werden kann.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

Erfindungsanspruch:

1. Koppelelement zur vorzugsweise nichtlösbaren Verbindung von optischen Wellenleitern, **dadurch gekennzeichnet,** daß es aus einer in ein Substrat ein- oder aufgebrachten wellenleitenden Schicht, insbesondere einem oder mehreren Streifenwellenleitern besteht, deren zur Kopplung vorgesehene freiliegende Stirnfläche von der Substratkante zurückgesetz sind.
2. Koppelelement nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die wellenleitende Schicht eine zur Aufnahme und seitlichen Fixierung des Kerns einer Lichtleitfaser vorgesehene nutenförmige Aussparung enthält, die senkrecht zur Stirnfläche verläuft und deren Breite und Tiefe dem Durchmesser des Kerns der Lichtleitfaser angepaßt sind und deren Länge um ein Vielfaches größer als ihre Breite ist.
3. Verfahren zur Herstellung von Koppelelementen für die vorzugsweise nichtlösbare Verbindung wellenleitender Schichten oder Streifen mit Lichtleitfasern, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein vorbereitetes Substrat mit einer belichtungs- und strukturierungsfähigen Schicht oder einem Schichtsystem belegt wird, daß anschließend durch einen Belichtungs- und physikalisch-chemischen Abtragungsprozeß in die Oberfläche des Substrates eine Strukturierung erfolgt, die zu einer von der Substratkante bis zu einer gewünschten Entfernung reichenden Stufe und mindestens einer senkrecht zur Stufenkante in die Substratoberfläche eingebrachten nutenförmigen Aussparung führt, die als Justiermarken zur Positionierung weiterer verfahrensmäßig auf- oder einzubringender Funktionsbauelemente und zur späteren Aufnahme des Kerns einer Lichtleitfaser vorgesehen ist und deren Breite und Tiefe daher dem Durchmesser dieses Kerns angepaßt sind und daß danach die verbleibende Substratoberfläche in ihrer Gesamtheit oder streifenweise mit wellenleitenden Eigenschaften derart versehen wird, daß jede Nut ihre geradlinige Fortsetzung findet in einem Streifenwellenleiter derart, daß über die in der Nut entstehende Stirnfläche des Wellenleiters Licht in den Wellenleiter eingekoppelt werden kann.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein optisches Koppelelement zur vorzugsweise nichtlösbaren Verbindung von optischen wellenleitender Schichten oder Streifen und ein Verfahren zur Herstellung desselben.
Die Hauptanwendung wird in der Ankopplung von Monomode-Fasern an Wellenleiter, die sich auf $LiNbO_3$-Substraten befinde und z. B. durch Diffusion hergestellt werden, gesehen.
Derartige Schicht- oder Streifenwellenleiter in $LiNbO_3$-Substraten entsprechen in ihren Eigenschaften den Anforderungen, die bei der Kopplung zwischen Fasern und Streifenwellenleitern hinsichtlich der Übereinstimmung ihrer Ausbreitungscharakteristika gestellt werden müssen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, Streifenwellenleiter über eine Stirnflächenkopplung mit anderen Wellenleitern zu verbinden. Dabei spielt die Beschaffenheit der Stirnfläche für die Qualität des Koppeleffektes eine entscheidende Rolle (/1, 2, 3, 4/). Bekanntermaßen werden deshalb die Endflächen mit hohem Aufwand poliert, um einen Kantenradius unter 0,5 μm und eine geringe Rauhtiefe z erreichen. Der Poliervorgang führt jedoch häufig zu Randausbrüchen, wodurch die Bearbeitungszeit erheblich verlängert wird oder der Wellenleiter sogar als unbrauchbar verworfen werden muß.
Für eine Massenfertigung von Wellenleitern, wie sie z. B. für den Einsatz in der Nachrichtentechnik notwendig wäre, ist der bekannte normale Polierprozeß ungeeignet.
Es ist außerdem notwendig, für eine Stirnflächenkopplung von Wellenleiterfasern an das die Streifenwellenleiter enthaltende Substrat Führungselemente aus Si für die Fasern anzubringen, insbesondere anzukleben. Diese Klebeverbindungen sind jedoch thermisch sehr anfällig, insbesondere bei wechselnden Einsatztemperaturen ist die Gefahr einer Dejustierung sehr hoch. Hinzu kommt, daß die Maßtoleranz zwischen Koppel- und Führungselement sehr eng begrenzt ist.
Diese Forderungen und die Schwierigkeiten bei ihrer Einhaltung führen zu einer geringen Gutausbeute bei der Herstellung von Koppelelementen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Senkung des Aufwandes und die Erhöhung der Ausbeute bei der Herstellung von Koppiern. Die Justierung der Wellenleiter und anderer Bauelemente auf dem Substrat soll erleichtert werden. Der Montageaufwand bei der Herstellung der Verbindung Faser–Streifenwellenleiter soll sich wesentlich verringern.

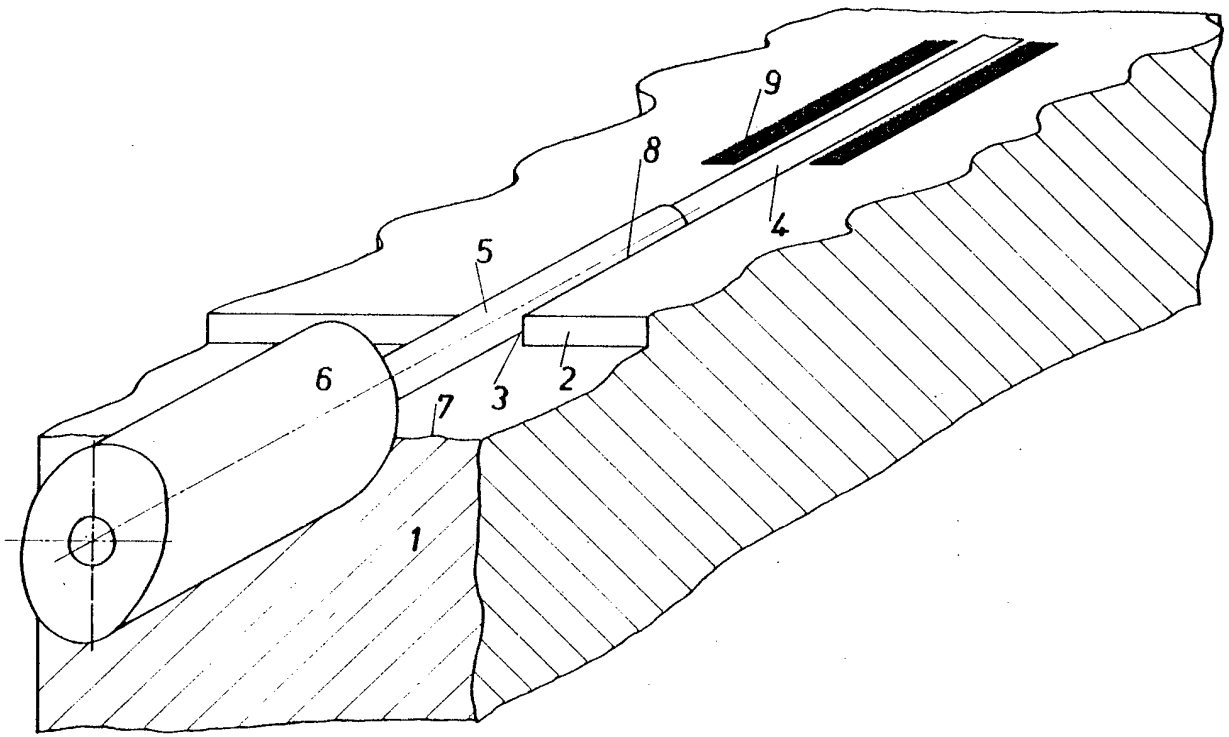
Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den aufwendigen und hinsichtlich seiner Wirksamkeit wenig reproduzierbaren Polierprozeß an der Stirnfläche der Wellenleiter abzulösen.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit einem Koppelelement zur vorzugsweise nichtlösbaren Verbindung von optischen Wellenleitern erfindungsgemäß dadurch, daß es aus einer in ein Substrat ein- oder aufgebrachten wellenleitenden Schicht, insbesondere einem Streifenwellenleiter besteht, deren zur Kopplung vorgesehene freiliegende Stirnfläche von der Substratkante zurückgesetzt ist. Weiterhin ist als erfindungswesentlich anzusehen, daß die wellenleitende Schicht eine zur Aufnahme und seitlichen Fixierung des Kerns einer Lichtleitfaser vorgesehene nutenförmige Aussparung enthält, die senkrecht zur Stirnfläche verläuft und deren Breite und Tiefe dem Durchmesser des Kerns der Lichtleitfaser angepaßt sind und deren Länge um ein Vielfaches größer als ihre Breite ist. Die Herstellung des erfindungsgemäßen Kopplers erfolgt erfindungsgemäß dadurch, daß ein vorbereitetes Substrat mit einer belichtungs- und strukturierungsfähigen Schicht oder einem Schichtsystem belegt wird, daß anschließend durch einen Belichtungs- und physikalisch-chemischen Abtragsprozeß in die Oberfläche des Substrates eine Strukturierung erfolgt, die zu einer von der Substratkante bis zu einer gewünschten Entfernung reichenden Stufe und mindestens einer senkrecht zur Stufenkante in der Substratoberfläche eingebrachten nutenförmigen Aussparung führt, die als Justiermarken zur Positionierung weiterer verfahrensmäßig auf- oder einzubringender Funktionsbauelemente und zur späteren Aufnahme des Kerns einer Lichtleiterfaser vorgesehen ist und deren Breite und Tiefe daher dem Durchmesser dieses Kerns angepaßt sind und daß danach die verbleibende Substratoberfläche in ihrer Gesamtheit oder streifenweise mit wellenleitenden Eigenschaften derart versehen wird, daß jede Nut ihre geradlinige Fortsetzung findet in einem Streifenwellenleiter derart, daß über die in der Nut entstehende Stirnfläche des Wellenleiters Licht in den Wellenleiter ein- oder ausgekoppelt werden kann. Die Vorzüge der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß die Fasern einfach, ohne zusätzlich notwendige und anzubringende Halte- oder Führungselemente, an die Streifenwellenleiter angekoppelt werden können. Nach Einbringung und Herstellung der neuen Stirnseite besteht die Möglichkeit, zusätzliche Anforderungen auf dem Wellenleitersubstrat anzubringen. Dabei kann deren Positionierung derart erfolgen, daß von den ursprünglich angebrachten Aussparungen als Justiermarken Gebrauch gemacht wird.
Bei der Herstellung der Wellenleiter wird die sonst notwendige Justierung dadurch vereinfacht, daß die Belichtung bis zur neuen Stirnfläche ohne Schwierigkeiten erfolgen kann. Dadurch wird eine hohe Justiergenauigkeit erreicht und die Reproduzierbarkeit bei der Herstellung derartiger Koppelelemente bedeuted erhöht.

Ausführungsbeispiel

Das Wesen der Erfindung soll an einem in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Koppelelementes näher erläutert werden.
In einem $LiNbO_3$-Substrat 1 ist eine neue Stirnfläche 2 einschließlich einer nutenförmigen Aussparung 3 erzeugt und anschließend durch das erfindungsgemäße, anschließend beschriebene Justier- und Belichtungsverfahren die Möglichkeit geschaffen, einen Streifenwellenleiter 4 durch Eindiffusion herzustellen. Ebenso ist die Herstellung aufgebrachter Wellenleiter möglich. In die nutenförmige Aussparung 3 ist eine entmantelte Faser 6 mit ihrem Faserkern 5 eingelegt. Die Faser 6 behält ihren Mantel bis zur Substratkante 7. Sie ist mittels eines Klebers 8 auf dem Substrat und in der Aussparung fixiert. Der Wellenleiter ist z. B. mit einem Elektrodenpaar 9 versehen, welches der elektrooptischen Beeinflussung des Wellenleiters dient.
Das erfindungsgemäße Verfahren soll im folgenden anhand des technologischen Ablaufs der Herstellung eines erfindungsgemäßen Koppelelementes näher erläutert werden. Nach Reinigung des Substrates wird eine belichtungs- und strukturierungsfähige Deckschicht aufgebracht. Diese Schicht besteht z. B. aus Titan oder Tantal und hat die Aufgabe, für den weiteren Herstellungsprozeß als Maske zu dienen. Diese Schicht wird in bekannter Weise strukturiert und mittels Ionenstrahlätzung oder unter Zuhilfenahme ähnlicher Verfahren (Plasmaätzung, chemische Verfahren) geätzt. Danach werden entweder Ionen implantiert, die in der Lage sind, in $LiNbO_3$ Defekte zu erzeugen bis zu einer Tiefe von 0,5 μm, wonach eine naßchemische Ätzung der geschädigten Schicht erfolgt und eine weitere Vertiefung der Struktur mittels reaktiver Ionenätzung erfolgt oder eine sofortige Strukturübertragung mittels einer Ionenstrahlätzung oder eines ähnlichen Verfahrens. Im Anschluß an die Struktureinbringung erfolgt ein Abtragen der Maskierungsreste und es erfolgt eine erneute Beschichtung der mit den technologischen Marken versehenen Oberfläche mit den für die Herstellung der durch Diffusion erzeugten wellenleitenden Schichten notwendigen Substanzen, z. B. Titan. Diese Schichten werden danach strukturiert, z. B. mit einem elektronenlithografischen Gerät belichtet und mittels Ionenstrahl geätzt, wobei die Kanten der nutenförmigen Aussparung als Bezugsmarken für die Positionierung der Wellenleiter dienen. Nach Eindiffusion der wellenleitenden Bereiche besteht die Möglichkeit, Elektroden oder beliebige andere notwendige Funktionselemente aufzubringen, die ebenfalls nach den Kanten der nutenförmigen Aussparungen justiert werden.


9
8
4
5
6
7
3
2
1