



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 31 765 T2 2006.06.29

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 869 377 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 31 765.3

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 410 034.7

(96) Europäischer Anmeldetag: 01.04.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 07.10.1998

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 05.10.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 29.06.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 6/126 (2006.01)**  
**G02F 1/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**9704435** 07.04.1997 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, FR, GB, IT, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Schneider Electric Industries SAS,**  
**Rueil-Malmaison, FR**

(72) Erfinder:  
**Lang, Thiemo, 38050 Grenoble cedex 09, FR;**  
**Benech, Pierre, 38050 Grenoble cedex 09, FR**

(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **Integriertes optisches Bauelement mit Polarisationseffekt**

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 eingelebt, 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 Erfindung betrifft ein integriert-optisches Bauteil gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

**[0002]** In zahlreichen Anwendungen, in denen optische Sensoren und optische Übertragungseinrichtungen mit hohen Übertragungsraten eingesetzt werden, ist es von entscheidender Bedeutung, über einen genau definierten Polarisationszustand der Lichtwelle zu verfügen. Darüber hinaus stellt die Polarisationsempfindlichkeit anisotroper integriert-optischer Bauteile, die für den Einsatz in optischen Ein-/Ausschaltern, Umschaltern, Filtern und Verstärkern bestimmt sind, ein großes Problem dar, das durch die Verwendung von Einrichtungen, die eine Änderung der Polarisation erlauben, gelöst werden kann.

**[0003]** In der Druckschrift EP-A-129 463 wird eine integriert-optische Polarisationsseinrichtung mit räumlicher Polarisationssteilung beschrieben. In dieser Einrichtung werden Wechselwirkungsbereiche dadurch erzeugt, daß ein an sich stark anisotropes Substrat durch Dotierung oder Ionenaustausch gezielt verändert wird. Die Dotierung der Wechselwirkungsbereiche erfolgt derart, daß diese Bereiche einen effektiven Brechungsindex aufweisen, der kleiner bzw. größer ist als die Brechungsindizes eines Übertragungswellenleiters für die erste und zweite Polarisationsrichtung. Auf diese Weise wird die Komponente einer Welle mit der zweiten Polarisationsrichtung nicht mehr weitergeleitet.

**[0004]** Bei einer Einrichtung dieser Art wird das einer der Polarisierungen entsprechende Licht unterdrückt und kann nicht rückgewonnen werden. Es kommt daher zu einem Energieverlust und in einigen Fällen zu einem Informationsverlust. Mit einer Einrichtung dieser Art können nur zwei Polarisierungen geteilt, jedoch in keinem Fall eine Polarisationsrotation durchgeführt werden.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein integriert-optisches Bauteil mit Polarisationswirkung zu schaffen, in dem der Polarisationszustand des Lichts gezielt beeinflußt werden kann, d.h. dieser Polarisationszustand beibehalten oder gezielt verändert werden kann. Das Bauteil muß die Realisierung jeder Art von Polarisator oder die Durchführung einer Polarisationsrotation ermöglichen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Einrichtung gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst.

**[0007]** Laterale planare Streifenwellenleiter beeinflussen die Anisotropie des Übertragungswellenleiters durch mechanische Spannungen und geometrische Wirkungen, so daß ein Wellenleiter mit hoher

Doppelbrechung entsteht.

**[0008]** Nach einer ersten Weiterbildung der Erfindung umfaßt das Bauteil planare Streifenwellenleiter, die symmetrisch auf beiden Seiten des Übertragungswellenleiters angeordnet sind. Der Übertragungswellenleiter besitzt in diesem Fall Eigenschaften zum Halten des Polarisationszustands bei gleichzeitig maximaler Doppelbrechung des Übertragungswellenleiters.

**[0009]** Nach einer zweiten Weiterbildung der Erfindung umfaßt das Bauteil planare Streifenwellenleiter, die asymmetrisch auf beiden Seiten des Übertragungswellenleiters angeordnet sind. Durch diese asymmetrische Störung des Indexprofils werden die Eigenachse bzw. Eigenachsen des Übertragungswellenleiters geneigt, so daß sich Anordnungen herstellen lassen, mit denen der Polarisationszustand des Lichts verändert werden kann.

**[0010]** Um die Verluste zwischen dem Übertragungswellenleiter und dem planaren Streifenwellenleiter zu reduzieren, kann der planare Streifenwellenleiter in einem bestimmten Abstand von vorzugsweise einigen Zehntel Mikrometern vom Übertragungswellenleiter angeordnet werden.

**[0011]** Zur Erhöhung der mechanischen Spannungen kann das Bauteil mindestens einen zusätzlichen planaren Wellenleiter umfassen, der auf der dem Übertragungswellenleiter abgewandten Seite eines zugeordneten planaren Streifenwellenleiters, parallel zur Längsachse des Übertragungswellenleiters angeordnet ist.

**[0012]** Mehrere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den beigefügten Zeichnungen beispielhaft dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung unter Angabe weiterer Vorteile und Merkmale näher erläutert. Dabei zeigen

**[0013]** [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) drei besondere Ausgestaltungen eines erfindungsgemäßen Bauteils, bei denen die Störungen symmetrisch zur Längsachse des Übertragungswellenleiters ausgebildet sind.

**[0014]** [Fig. 4](#) die Änderung des effektiven Brechungsindexes in dem Bauteil aus [Fig. 3](#);

**[0015]** [Fig. 5](#) eine besondere Ausgestaltung der Erfindung, bei dem der Übertragungswellenleiter als Koppler ausgebildet ist;

**[0016]** [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zwei besondere Ausgestaltungen der Erfindung mit einem einzelnen planaren Streifenwellenleiter;

**[0017]** [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zwei besondere Ausgestaltungen der Erfindung mit mehreren planaren Strei-

fenwellenleitern, die abwechselnd auf beiden Seiten des Übertragungswellenleiters angeordnet sind.

[0018] [Fig. 1](#) zeigt einen Übertragungswellenleiter 1, der in integrierter Optik in ein Substrat 2 eingebracht ist. Durch links und rechts in [Fig. 1](#) eingezeichnete Pfeile wird die Ausbreitungsrichtung einer Lichtwelle im Wellenleiter 1 angezeigt. Nach einer vorzugsweisen Ausgestaltung ist das Substrat 2 als Glassubstrat ausgebildet, und der Wellenleiter 1 ist auf bekannte Weise durch Ionenaustausch eingebracht. Während des Ionenaustauschs bewirken mechanische Spannungen anisotrope Änderungen des Brechnungsindexes im Wellenleiter, so daß der daraus resultierende Wellenleiter 1 ein Wellenleiter mit Doppelbrechung ist. Ein Wellenleiter dieser Art weist jedoch keine ausreichende Doppelbrechung auf, um gezielte Polarisationswirkungen zu erzielen.

[0019] Durch Einbringen geeigneter zusätzlicher Spannungen oder Störungen in den Wellenleiter 1 läßt sich eine hohe Doppelbrechung des Leiters erzielen.

[0020] Diese zusätzlichen Spannungen oder Störungen werden erfindungsgemäß durch Strukturen erzielt, die mindestens einen planaren Streifenwellenleiter 3 umfassen, welcher seitlich zum Wellenleiter 1 angeordnet ist. Diese Strukturen, die den Wellenleiter 1 mit zusätzlichen Spannungen oder Störungen beaufschlagen, werden gleichzeitig mit dem Wellenleiter 1 in das Substrat eingebracht. Es muß dabei nämlich lediglich die zur Herstellung des Wellenleiters 1 bestimmte Maske angepaßt werden, so daß man durch Ionenaustausch gleichzeitig den Wellenleiter 1 und die planaren Wellenleiter 3 herstellen kann, ohne daß hierzu ein zusätzlicher Arbeitsschritt notwendig wäre.

[0021] Bei der gezeigten Ausgestaltung besteht ein planarer Streifenwellenleiter 3 aus mehreren lateralen Wellenleitern 4 der Breite  $l_1$  und der Länge  $l_1$ , die parallel zueinander sowie rechtwinklig zur Längsachse A des Wellenleiters 1 angeordnet und durch einen Abstand  $d$  voneinander getrennt sind.

[0022] In den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) schneidet der Wellenleiter 1 mit der Breite  $l_2$  rechtwinklig und in gleichmäßigen Abständen die symmetrisch auf beiden Seiten des Wellenleiters 1 angeordneten lateralen Wellenleiter 4. Die lateralen Wellenleiter 4 erhöhen in Ausbreitungsrichtung des Lichtes periodisch die laterale Komponente der auf den Wellenleiter 1 wirkenden Spannungen. Sie erhöhen damit auch periodisch die Doppelbrechung des Wellenleiters 1.

[0023] Da die lateralen Wellenleiter 4 schmal ausgebildet sind und rechtwinklig zur Achse A des Wellenleiters 1 verlaufen, treten nur geringe Verluste auf, und das durch den Wellenleiter 1 geführte Licht wird

kaum in die lateralen Wellenleiter abgelenkt.

[0024] Durch die symmetrische Einwirkung der Spannungen auf den Wellenleiter 1 läßt sich ein anisotroper Wellenleiter 1 mit guten Polarisationshalte-eigenschaften erzielen.

[0025] Zur Erhöhung der auf den Wellenleiter 1 wirkenden Spannungen können zusätzliche planare Wellenleiter 5 entsprechend der Darstellung in [Fig. 2](#) in das Substrat eingebracht werden. Ein Wellenleiter 5 der Breite  $l_3$  und der Länge  $l_2$  ist parallel zur Längsachse A des Wellenleiters 1, auf der dem Wellenleiter 1 abgewandten Seite eines zugeordneten planaren Streifenwellenleiters 3 angeordnet. So sind in [Fig. 2](#) Wellenleiter 5 auf beiden Seiten des Wellenleiters 1, in einem Abstand  $l_1$  von diesem an der Außenseite des Bauteils angeordnet. Der Abstand  $l_1$  muß ausreichend groß sein, um Verluste durch Kopplungen vom Wellenleiter 1 in den Wellenleiter 5 zu vermeiden.

[0026] Die in Figur gezeigte besondere Ausgestaltung unterscheidet sich von der Anordnung in [Fig. 2](#) dadurch, daß die lateralen Wellenleiter 4 nicht mit dem Wellenleiter 1 in Berührung stehen, sondern in einem Abstand  $e$  vom Wellenleiter 1 ausgebildet sind. Der Abstand  $e$ , der typischerweise kleiner als einige Zehntel Mikrometer ist, erlaubt die Reduzierung der Restkopplungen und damit der Verluste sowie eine Verbesserung der Lichtleitung durch den Wellenleiter 1. Die durch die Wellenleiter 4 auf den Wellenleiter 1 wirkenden Spannungen werden so im Vergleich zu den Ausgestaltungen gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) vermindert.

[0027] [Fig. 4](#) zeigt die Änderung der effektiven Brechungsindizes  $n_{TM}$  (durchgezogene Linie) und  $n_{TE}$  (gestrichelte Linie) für TM- und TE-Polarisation.

[0028] Da die Herstellung der Wellenleiter gleichzeitig erfolgt, hängen ihre effektiven Brechungsindizes im wesentlichen von ihren Abmessungen ab. Diese werden so gewählt, daß die effektiven Brechungsindizes in den planaren Streifenwellenleitern kleiner oder gleich den effektiven Brechungsindizes im Übertragungswellenleiter 1 sind und so optische Verluststrahlungen in Richtung der planaren Streifenwellenleiter verhindert werden. In der Praxis sind die effektiven Brechungsindizes eines Wellenleiters umso geringer, je schmäler der Wellenleiter ist.

[0029] Die Analyse der Änderung des effektiven Brechungsindexes in [Fig. 4](#) zeigt bei Betrachtung dieser Änderungen von links nach rechts, daß die Indizes  $n_{TM}$  und  $n_{TE}$  im zusätzlichen Wellenleiter 5 erste hohe Werte  $n_{1TM}$  und  $n_{1T}$  aufweisen, dann auf mittlere Werte  $n_{2TM}$  und  $n_{2TE}$  im planaren Streifenwellenleiter 3 absinken und anschließend in dem zwischen dem planaren Streifenwellenleiter 3 und dem

Wellenleiter **1** ausgebildeten Bereich sehr kleine Werte  $n_{3TM}$  und  $n_{3TE}$  annehmen, bevor sie im Wellenleiter **1** erneut auf hohe Werte  $n_{4TM}$  und  $n_{4TE}$  steigen. Die Indexänderungen verlaufen im Bezug zum Wellenleiter **1** symmetrisch. Der Abstand  $e$  zwischen den Wellenleitern **1** und **3** verbessert die Lichtleitung im Wellenleiter **1**. Die effektiven Brechungssindizes  $n_{1TM}$  und  $n_{1TE}$  des zusätzlichen Wellenleiters **5** sind größer als die effektiven Brechungssindizes  $n_{4TM}$  und  $n_{4TE}$  des Wellenleiters **1**.

**[0030]** Der große Abstand zwischen dem zusätzlichen Wellenleiter **5** und dem Wellenleiter **1** verhindert jede Verlustabstrahlung zwischen den beiden Wellenleitern, obwohl der zusätzliche Wellenleiter **5** aufgrund seiner großen Oberfläche höhere effektive Brechungssindizes aufweist als der Wellenleiter **1**.

**[0031]** Durch die in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten Bauteile lassen sich Wellenleiter mit sehr hoher Doppelbrechung erzielen, die ein gutes Verhalten bezüglich der Haltung des Polarisationszustands des Lichtes aufweisen. Sie können insbesondere für die Herstellung von Phasenverschiebern und Polarisatoren verwendet werden. Die Ausgestaltung nach [Fig. 3](#) kann aufgrund des in der TE-Mode wirksamen Tunneleffekts insbesondere zur Herstellung eines Polarisators verwendet werden.

**[0032]** Der in [Fig. 5](#) dargestellte Übertragungswellenleiter **1** ist als Koppler mit zwei parallelen Wellenleitern **1a** und **1b** ausgebildet. In der dargestellten Ausgestaltung erfolgt die Einkopplung des Lichts in das Bauteil über den Eingang des Wellenleiters **1a** und der Lichtaustritt teilweise aus dem Wellenleiter **1a** und durch Kopplung aus dem Wellenleiter **1b**. Die Wechselwirkungen zwischen den beiden Wellenleitern haben allgemein eine Neigung der Eigenachsen der beiden Wellenleiter **1a** und **1b** zur Folge. Eine solche Rotation der Eigenachsen macht es jedoch schwierig, den Polarisationszustand im Koppler zu steuern. Durch Verwendung von Strukturen der mit Bezug auf [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) beschriebenen Art kann diese Neigung der Eigenachsen der Wellenleiter **1a** und **1b** vermindert oder sogar vollkommen kompensiert werden. In [Fig. 5](#) sind zwei planare Streifenwellenleiter **3** symmetrisch auf beiden Seiten der aus den beiden Wellenleitern **1a** und **1b** bestehenden Anordnung angeordnet. Wie in [Fig. 2](#) ist es möglich, zusätzliche planare Wellenleiter **5** vorzusehen, und die Wellenleiter **3** können wie in [Fig. 3](#) in einem Abstand  $e$  vom jeweiligen Wellenleiter **1a** bzw. **1b** angeordnet werden.

**[0033]** In [Fig. 5](#) ist ein planarer Streifenwellenleiter **6** in dem zwischen den Wellenleitern **1a** und **1b** ausgebildeten Zwischenbereich angeordnet. Der planare Streifenwellenleiter **6** in diesem Zwischenbereich besteht aus mehreren parallel zueinander verlaufenden Zwischenwellenleitern, die in der Verlängerung der

lateralen Wellenleiter **4** der planaren Wellenleiter **3** angeordnet sind. Die Breite  $l_4$  der Wellenleiter **7** ist geringer als die Breite  $l_1$  der entsprechenden Wellenleiter **4**. So wird durch die lateralen planaren Streifenwellenleiter **3** die Doppelberechnung der Wellenleiter **1a** und **1b** periodisch erhöht und gleichzeitig die Neigung ihrer Eigenachsen kompensiert oder reduziert. Der planare Streifenwellenleiter **6** im Zwischenbereich kann zur Erzielung einer besseren Kompensation der Eigenachsenneigung entfallen.

**[0034]** Ein symmetrisches Bauteil mit wechselwirkenden Wellenleitern gemäß [Fig. 5](#) kann insbesondere für adiabatische oder richtungsabhängige Koppler mit Polarisationshaltung, für Y-Verzweigungen, für Polarisationssteiler sowie für Sternkoppler ("phased array") verwendet werden. Durch geeignete Wahl der Abmessungen sowie des Abstands der Wellenleiter **4** und **7** können die Verluste minimiert, die Eigenachsen der Wellenleiter **1a** und **1b** ausgerichtet und so ihre Polarisationshalteeigenschaften bei gleichzeitiger Maximierung der Doppelbrechung des Übertragungswellenleiters verbessert werden.

**[0035]** In [Fig. 6](#) bis [Fig. 9](#) sind Bauteile dargestellt, bei denen die auf den Übertragungswellenleiter wirkenden Strukturen asymmetrisch ausgebildet sind. Dadurch kann die Neigung der Eigenachsen des Übertragungswellenleiters beeinflusst und so die Polarisierung einer über den Leiter geführten Lichtwelle gezielt verändert werden.

**[0036]** Das in [Fig. 6](#) gezeigte Bauteil entspricht bauartgemäß dem Bauteil aus [Fig. 2](#), weist jedoch nur einen planaren Streifenwellenleiter **3** auf, der einem, auf einer Seite des Übertragungswellenleiters **1** angeordneten zusätzlichen planaren Wellenleiter **5** zugeordnet ist. Diese Asymmetrie hat aufgrund der Geometrie und der Spannungen im Wellenleiter **1** eine asymmetrische Verteilung des Indexfeldes sowie eine Winkelrotation  $\varnothing$  seiner Eigenachsen in bezug zu den Eigenachsen einer symmetrischen Struktur zur Folge, bei der die Achsen rechtwinklig bzw. parallel zur Oberfläche des Substrats verlaufen. Durch die Eigenschaften des planaren Streifenwellenleiters **3** lässt sich der Polarisationszustand des Lichts am Ausgang des Wellenleiters **1** gezielt beeinflussen. Entspricht beispielsweise  $L_3$  der halben Überlagerungslänge der TE und TM-Moden, erfährt eine über den Wellenleiter **1** geführte Lichtwelle eine Rotation ihrer linearen Polarisationsebene um  $2\varnothing$ . Bei TE bzw. TM-Anregung und einem Rotationswinkel von  $\varnothing = 45^\circ$  erhält man auf diese Weise einen TE/TM-Polarisationswandler. Bei einem Rotationswinkel von  $\varnothing = 22,5^\circ$  dreht sich die Polarisationsebene um  $45^\circ$ , was bei ausschließlicher TE- bzw. ausschließlicher TM-Einkopplung am Eingang des Wellenleiters einer gleichen Lichtverteilung zwischen TE- und TM-Moden entspricht.

**[0037]** Bei einer Länge L3 entsprechend einem Viertel der TE/TM-Überlagerungslänge und einem Rotationswinkel von  $\varnothing = 45^\circ$  wird an dem Ende des Wellenleiters **1**, das dem Ende des planaren Wellenleiters **3** zugeordnet ist, eine TE- bzw. TM-Welle in eine Kreiswelle umgewandelt. So wird die gewünschte Phasenverschiebung zwischen den Polarisierungen durch die Länge L3 des planaren Streifenwellenleiters **3** bestimmt. Die Neigung der Eigenachsen des Übertragungswellenleiters **1** hängt von der Breite I1, der Länge L1 und vom Abstand d zwischen den lateralen Wellenleitern **4** des planaren Streifenwellenleiters **2** ab.

**[0038]** Wie in [Fig. 1](#) kann auch bei dem Bauteil gemäß [Fig. 6](#) der zusätzliche planare Wellenleiter **5** entfallen. Der planare Streifenwellenleiter **3** kann entsprechend der Darstellung in [Fig. 7](#) in einem Abstand e vom Wellenleiter **1** angeordnet sein.

**[0039]** Bei den Anordnungen gemäß [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) sind planare Streifenwellenleiter **3** mit einer Periodenlänge Lp abwechselnd auf beiden Seiten des Wellenleiters **1** angeordnet. In [Fig. 8](#) stehen die planaren Streifenwellenleiter **3** wie in [Fig. 6](#) in Berührung mit dem Wellenleiter **1**, während sie bei der Anordnung nach [Fig. 9](#) genauso wie in [Fig. 7](#) in einem Abstand e vom Wellenleiter **1** angeordnet sind.

**[0040]** Ein planarer Streifenwellenleiter **3** bewirkt wie in [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) eine Rotation der Eigenachsen des Wellenleiters **1** um  $+\varnothing$  bzw.  $-\varnothing$ . Es lässt sich zeigen, daß mit planaren Streifenwellenleitern **3** der Länge L3 entsprechend der halben Überlagerungslänge der TE- und TM-Moden und bei einem Rotationswinkel  $\varnothing$  die Polarisierung der eintretenden Welle sich am Ende des ersten planaren Streifenwellenleiters um  $+2\varnothing$ , am Ende des, auf der gegenüberliegenden Seite angeordneten zweiten planaren Streifenwellenleiters um  $-4\varnothing$  und am Ende des dritten planaren Streifenwellenleiters um  $+6\varnothing$  gedreht hat. Allgemeiner ausgedrückt beträgt nach einer Anzahl von n, in Längsrichtung abwechselnd auf beiden Seiten des Wellenleiters **1** angeordneten planaren Streifenwellenleitern die Rotation der Polarisierung  $(-1)^n 2n\varnothing$ . Auf diese Weise lassen sich große und genaue Rotationswinkel des Polarisationszustands erzielen. Durch Anordnung eines Polarisators am Ende des Wellenleiters **1** arbeitet die Anordnung wie ein optisches Doppelbrechungsfilter vom Typ SOLC.

**[0041]** Durch unabhängige Änderung des Rotationswinkels und der Länge L3 jedes Abschnitts des Wellenleiters **1** mit geneigten Eigenachsen lässt sich auf sehr einfache Weise jede beliebige Polarisations-Übertragungsfunktion erzielen und ein Bandfilter mit schmalem Nutzband realisieren, das insbesondere in optischen Sensoren und in der optischen Kommunikation eingesetzt werden kann.

**[0042]** Die in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gezeigten Anordnungen können auch dann eingesetzt werden, wenn wie in [Fig. 5](#) der Übertragungswellenleiter aus zwei parallelen, gekoppelten Übertragungswellenleitern **1a** und **1b** besteht. Auf diese Weise kann die Rotation ihrer Eigenachsen asymmetrisch beeinflußt werden, so daß sich Bauteile zur Veränderung der Polarisierung einer Lichtwelle herstellen lassen, die mit optischen Fasern nur sehr schwer oder gar nicht zu realisieren wären.

**[0043]** Planare Streifenwellenleiter können auch in asymmetrischer Form, abwechselnd auf beiden Seiten eines asymmetrischen Kopplers angeordnet werden, der aus zwei parallelen Übertragungswellenleitern **1a** und **1b** unterschiedlicher Breite besteht. Sie können so den vom asymmetrischen Koppler erzeugten Rotationswinkel kompensieren und gleichzeitig die beiden effektiven Brechungsindizes der zwei parallelen Wellenleiter **1a** und **1b** für einen ersten Polarisationszustand (beispielsweise TM) synchronisieren und für den anderen, rechtwinklig zum ersten ausgerichteten Polarisationszustand (TE) keine Synchronisation bewirken. In einem solchen Fall kommt es für den synchronisierten Polarisationszustand (TM) zur Kopplung zwischen dem die einfallende Welle führenden Wellenleiter **1** und dem zweiten Wellenleiter **1b** des Kopplers, während für den nicht synchronisierten Polarisationszustand (TE) keine Kopplung eintritt. Dadurch lässt sich insbesondere ein kompakter TE/TM-Polarisationsteiler geringer Bau-länge herstellen.

**[0044]** Sämtliche oben beschriebenen Strukturen, mit denen mechanische Spannungen im Übertragungswellenleiter erzeugt werden, arbeiten passiv. Für ihren Betrieb ist eine externe Einstellung daher nicht erforderlich. Allerdings kann durch Aufbringen einer zusätzlichen planaren Schicht auf die gesamte Oberfläche des Bauteils eine genauere Steuerung der Doppelbrechung und des Rotationswinkels der Eigenachsen des Übertragungswellenleiters erzielt werden.

**[0045]** Darüber hinaus können auf bekannte Weise die Phasenverschiebung zwischen TE- und TM-Wellen sowie der Winkel  $\varnothing$  durch thermooptische, elektrooptische, chemooptische oder sonstige Wirkung verändert werden, so daß insbesondere steuerbare optische Filter für asymmetrische Strukturen hergestellt und gegebenenfalls eine Achsrotation für symmetrische Strukturen erzeugt werden können.

**[0046]** Die Erfindung ist nicht auf das oben beschriebene Verfahren des Ionenaustauschs beschränkt, sondern kann vielmehr in Verbindung mit jedem anderen bekannten Verfahren der integrierten Optik eingesetzt werden. Die Wellenleiter können in oder auf das Substrat eingebracht werden. In Abhängigkeit vom verwendeten Verfahren kann es zu unter-

schiedlichen Wirkungsweisen der eine Anisotropie im Übertragungswellenleiter verursachenden Strukturen kommen. Die Änderungen der Anisotropie des Wellenleiters können durch geometrische Wirkung oder durch mechanische Spannungen erzeugt werden. In allen Fällen kann das Bauteil einfach und genau, lediglich durch bestimmte geometrische Anordnung von planaren Streifenwellenleitern **3** sowie gegebenenfalls von zusätzlichen planaren Wellenleitern **5** hergestellt werden.

### Patentansprüche

1. Integriert-optisches Bauteil, mit dem sich die Polarisierung einer Lichtwelle steuern lässt und das ein Substrat **(2)**, mindestens einen, auf das oder in das Substrat **(2)** eingebrachten Übertragungswellenleiter **(1; 1a, 1b)**, der eine Übertragungslängsachse **(A)** definiert, deren eines Ende zur Einkopplung der Lichtwelle dient, sowie mindestens einen, auf das oder in das Substrat **(2)** eingebrachten, planaren Streifenwellenleiter **(3)** umfaßt, der seitlich zum Übertragungswellenleiter **(1; 1a, 1b)** angeordnet ist und aus mehreren parallel zueinander verlaufenden, jeweils durch einen Abstand **(d)** voneinander getrennten und rechtwinklig zur Längsachse **(A)** des Übertragungswellenleiters **(1, 1a, 1b)** ausgerichteten lateralen Wellenleitern **(4)** besteht, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Übertragungswellenleiter **(1; 1a, 1b)** und der planare Streifenwellenleiter **(3)** gleichzeitig hergestellt werden und zusammen eine Wellenleiteranordnung bilden, deren Profil der effektiven Brechungsindeizes für TE- und TM-Polarisation so ausgebildet ist, daß die effektiven Brechungsindeizes für TE- und TM-Polarisation der genannten Wellenleiteranordnung in den lateralen Wellenleitern des Streifenwellenleiters ( $n_{2TM}$ ,  $n_{2TE}$ ) kleiner oder gleich den effektiven Brechungsindeizes für TE- und TM-Polarisation der genannten Wellenleiteranordnung im Übertragungswellenleiter ( $n_{4TM}$ ,  $n_{4TE}$ ) sind.

2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es planare Streifenwellenleiter **(3)** umfaßt, die symmetrisch auf beiden Seiten des Übertragungswellenleiters **(1; 1a, 1b)** angeordnet sind.

3. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es planare Streifenwellenleiter **(3)** umfaßt, die asymmetrisch auf beiden Seiten des Übertragungswellenleiters **(1; 1a, 1b)** angeordnet sind.

4. Bauteil nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der planare Streifenwellenleiter **(3)** in einem bestimmten, vorzugsweise einige Zehntel Mikrometer betragenden Abstand **(e)** vom Übertragungswellenleiter **(1, 1a, 1b)** angeordnet ist.

5. Bauteil nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens ei-

nen zusätzlichen planaren Wellenleiter **(3)** umfaßt, der auf der dem Übertragungswellenleiter abgewandten Seite des zugeordneten planaren Streifenwellenleiters **(3)**, parallel zur Längsachse **(A)** des Übertragungswellenleiters **(1, 1a, 1b)** angeordnet ist.

6. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Übertragungswellenleiter aus zwei parallelen Wellenleitern **(1a, 1b)** besteht, wobei die Lichtwelle in den Eingang eines der beiden parallelen Wellenleiter **(1a)** eingekoppelt wird.

7. Bauteil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß es Zwischenwellenleiter **(7)** umfaßt, die in der Verlängerung der lateralen Wellenleiter **(4)** des planaren Streifenwellenleiters **(3)**, in einem zwischen den beiden parallelen Wellenleitern **(1a, 1b)** des Übertragungswellenleiters ausgebildeten Zwischenbereich angeordnet sind.

8. Bauteil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite **(l4)** der Zwischenwellenleiter **(3)** kleiner ist als die Breite **(l1)** der lateralen Wellenleiter **(4)** des zugeordneten planaren Streifenwellenleiters **(3)**.

9. Bauteil nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es eine auf der gesamten Oberfläche des Bauteils aufgebrachte zusätzliche Planarschicht umfaßt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

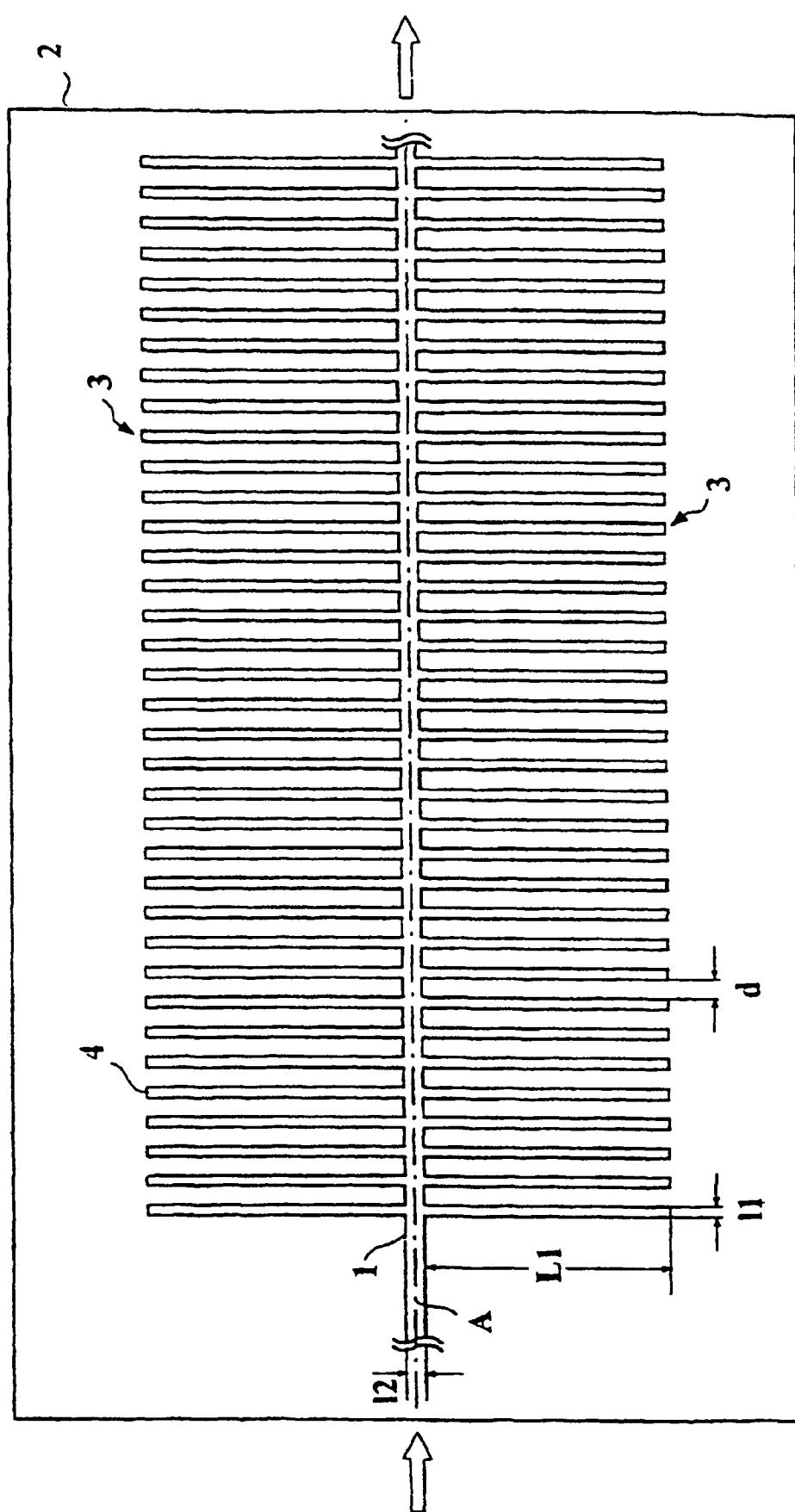


Fig. 1

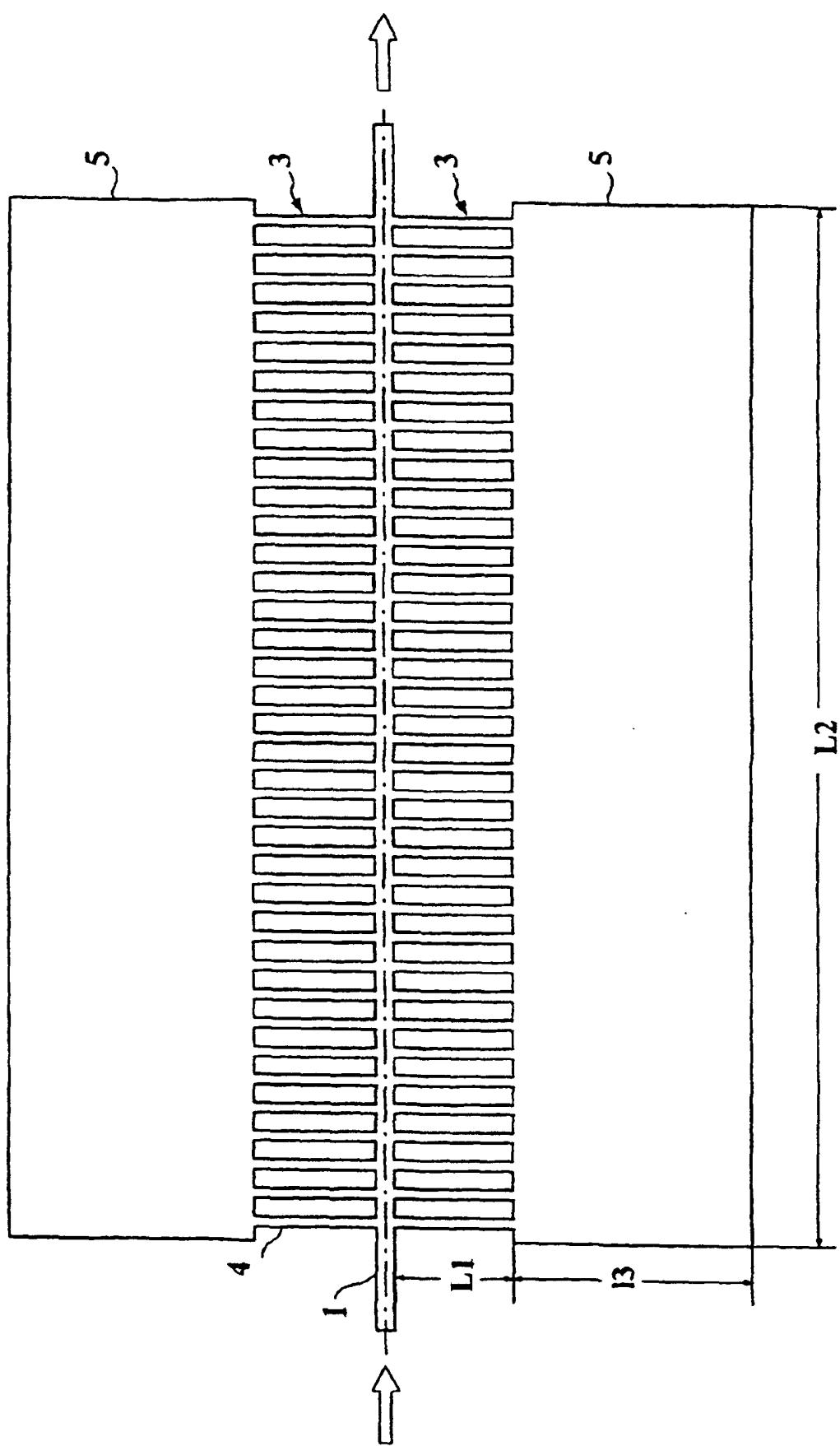


Fig. 2

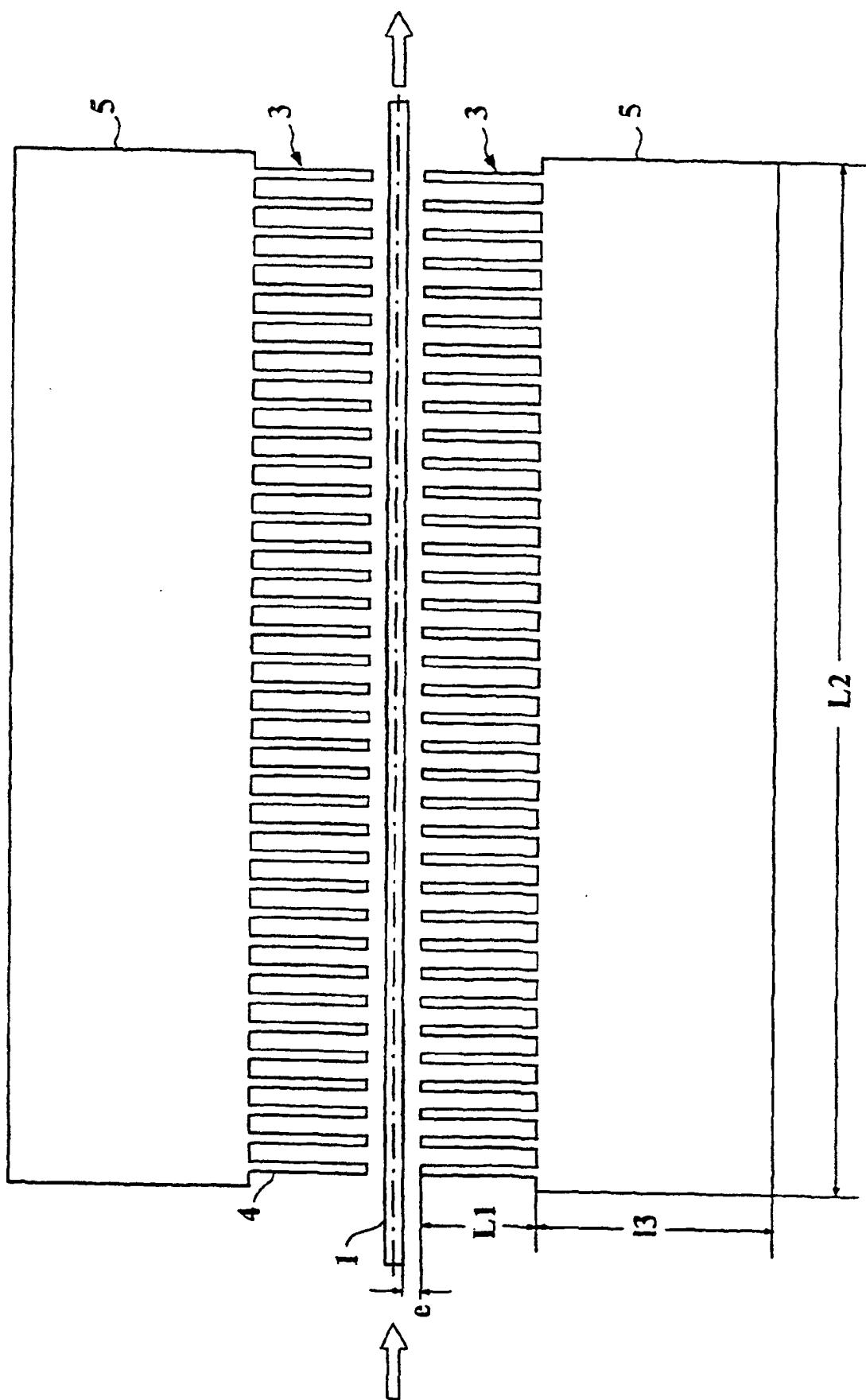


Fig. 3

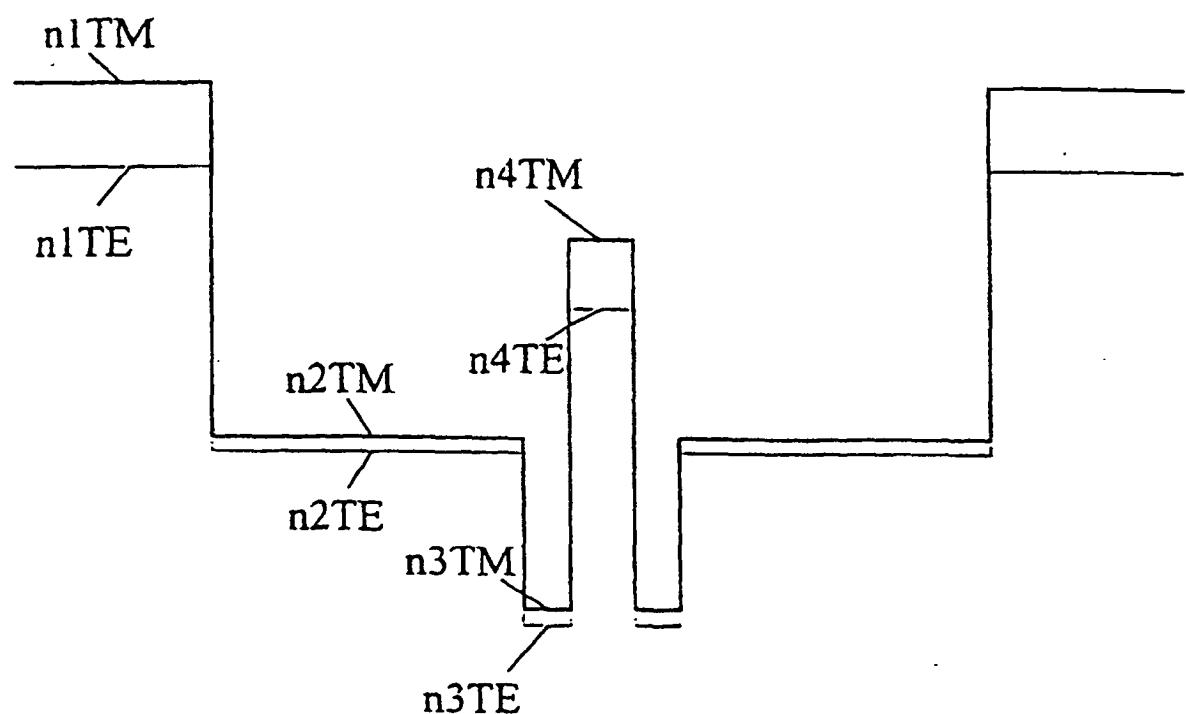


Fig. 4

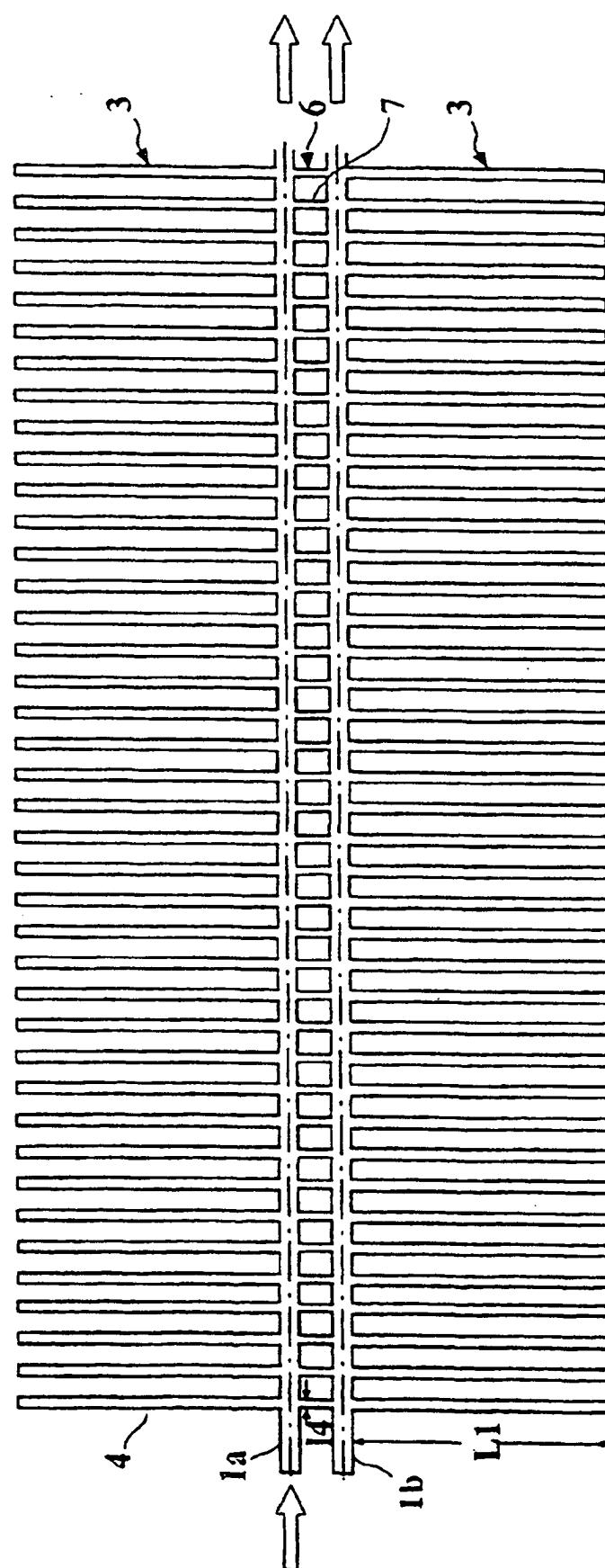


Fig. 5

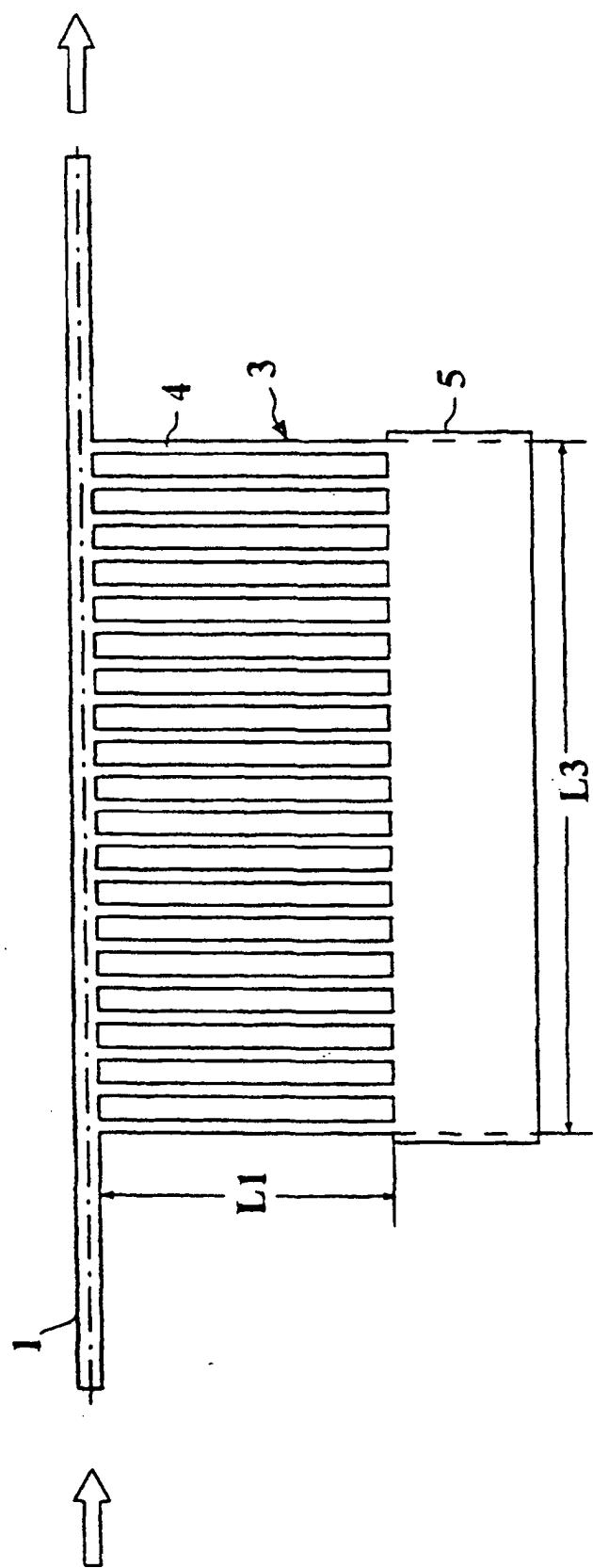


Fig. 6

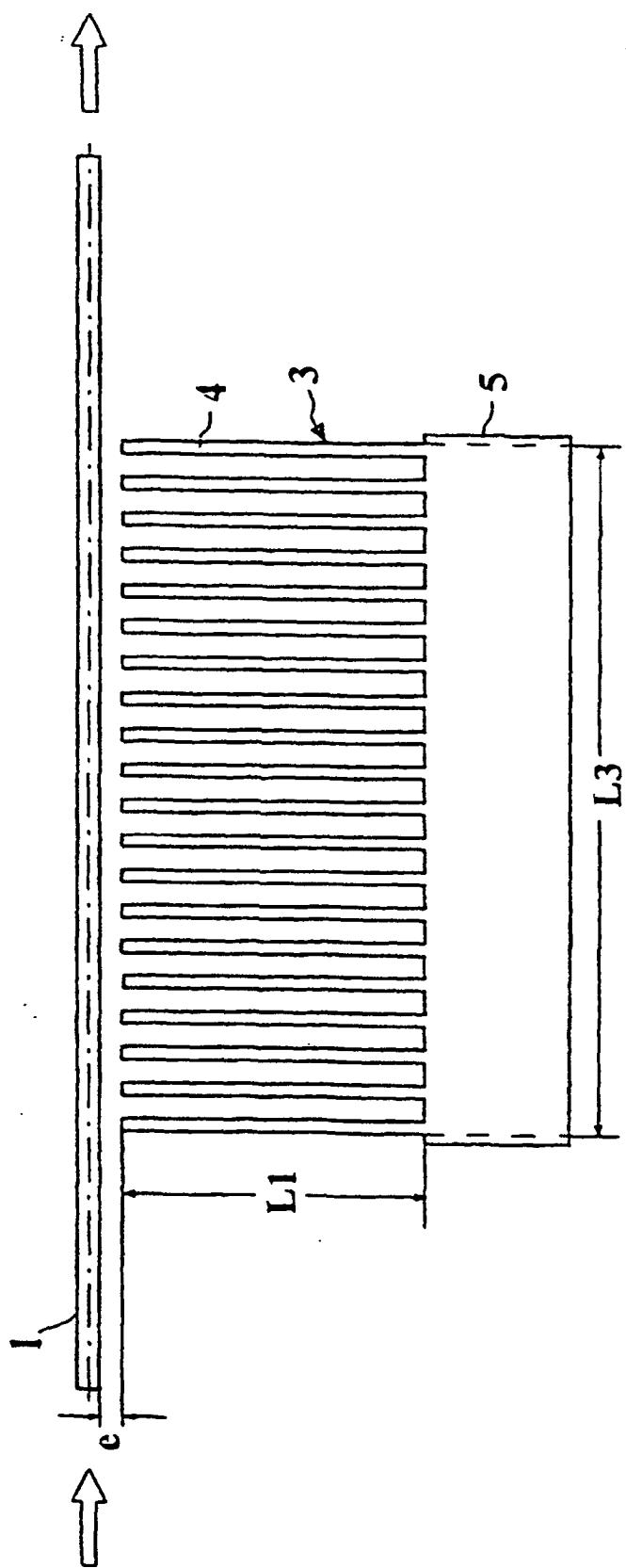


Fig. 7

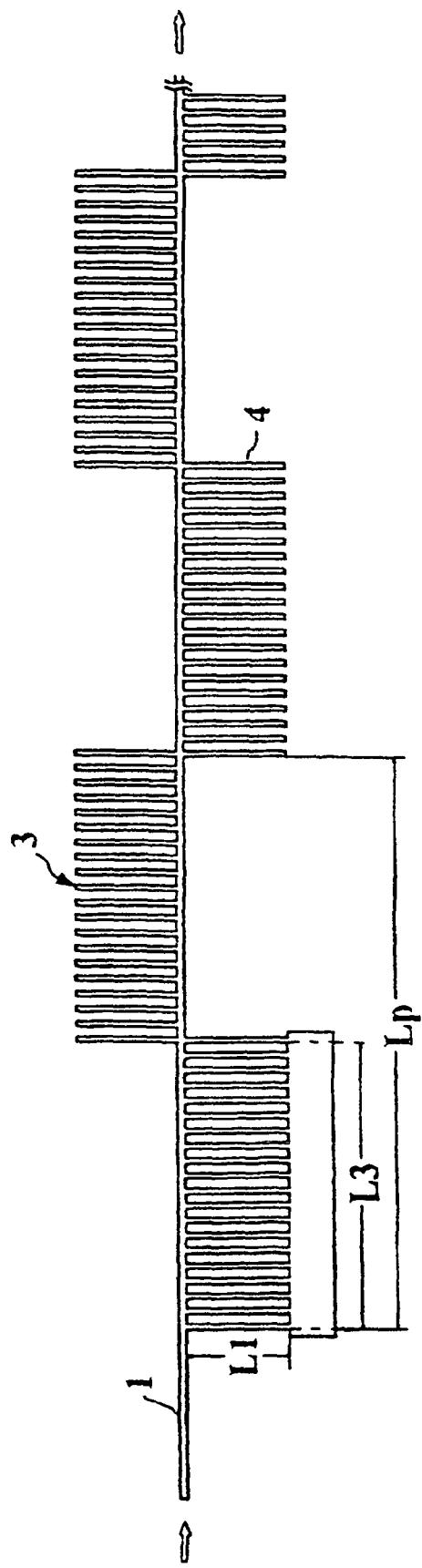
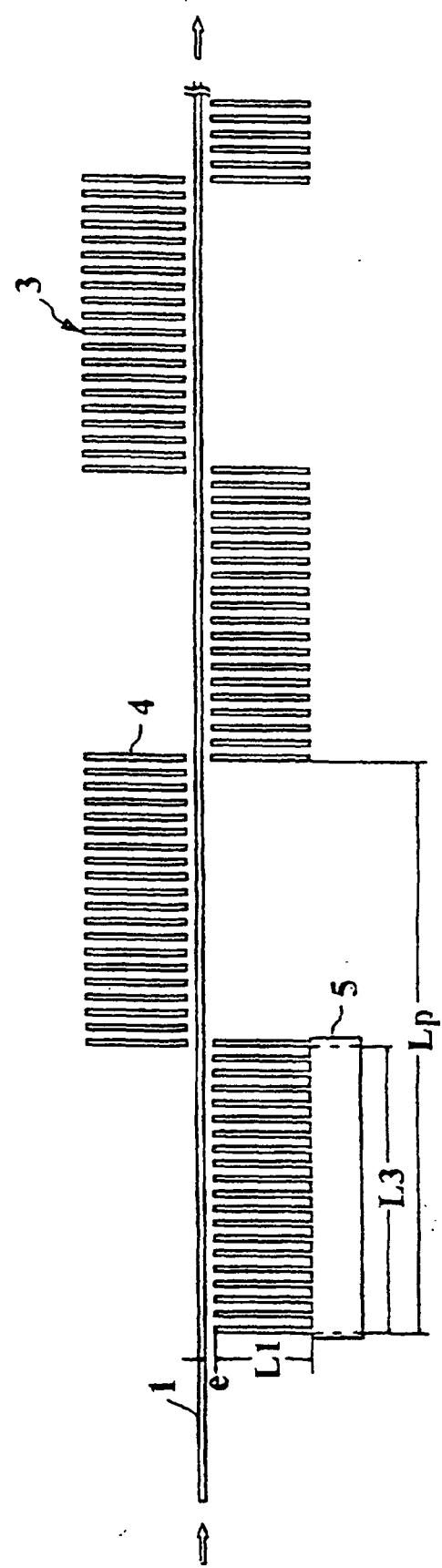


Fig. 8



6  
六