



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 11 301 T2** 2007.03.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 353 205 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 11 301.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 021 994.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.09.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.10.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.03.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 6/30** (2006.01)  
**G02B 6/42** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**77464 14.02.2002 US**

(73) Patentinhaber:

**Avago Technologies Fiber IP (Singapore) Pte. Ltd.,  
Singapore, SG**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049  
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Trott, Gary R., San Mateo, CA 94402, US**

(54) Bezeichnung: **Ausrichtung einer Faseranordnung mit Hilfe von Justagemarkierungen**

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

### Hintergrund

**[0001]** Planare Lichtwellenschaltungen, wie z. B. Wellenleiter-Gitter und optische Schalter, steuern die Leitwegführung von optischen Signalen. Um diese Steuerung oder Leitung zu erreichen, sind optische Eingangs- und Ausgangs-Fasern mit der planaren Lichtwellenschaltung (PLC; planar lightwave circuit) verbunden. Ein übliches Verfahren zum Ausrichten und Verwalten von mehr als einer Faser ist das Verwenden von Faseranordnungen.

**[0002]** [Fig. 1A](#) zeigt das Beispiel eines optischen Schalters **100** mit vier Faseranordnungen **110A**, **110B**, **110C** und **110D** für vier Sätze aus optischen Fasern **112**. Die vier Faseranordnungen **110A**, **110B**, **110C** und **110D** sind mit einer optischen Platte **120** verbunden, die eine PLC bilden. Bei diesem Beispiel umfassen Faseranordnungen **110A** und **110D** optische Fasern **112**, die optische Signale in die optische Platte **120** eingeben, und Faseranordnungen **110B** und **110C** umfassen optische Fasern **112**, die optische Signale empfangen, die aus der optischen Platte **120** ausgegeben werden.

**[0003]** Im Allgemeinen kann die optische Platte **120** aus jeglichem Material hergestellt sein, in dem optische Wellenleiter erzeugt werden können. Diese Materialien weisen allgemein einen niedrigen optischen Verlust für die Zielwellenlänge auf, und ein Brechungsindexprofil kann senkrecht zu der Ausbreitungsrichtung erzeugt werden, um das Licht zu führen. Bei dem Beispiel aus [Fig. 1A](#) ist die optische Platte **120** aus einem optischen Material hergestellt, wie z. B. geschmolzener Silika, die selektiv mit Unreinheiten dotiert ist, um optische Wellenleiter zu bilden, aber Wellenleiter können in anderen Strukturen gebildet sein, wie z. B. in Halbleiterlasern und Lithium-Niobat-Modulatoren (LiNbO<sub>3</sub>-Modulatoren).

**[0004]** Die optische Platte **120** umfasst zwei Beispielsätze aus optischen Wellenleitern **122** und **124**. Optische Wellenleiter **122** sind mit optischen Fasern **112** in Faseranordnungen **110A** und **110C** ausgerichtet, und optische Wellenleiter **124** sind mit Fasern **112** in Faseranordnungen **110B** und **110C** ausgerichtet. Schaltstellen **126**, die die Wege der optischen Signale auswählen, sind an den Schnittbereichen von optischen Wellenleitern **122** und **124** vorgesehen.

**[0005]** In Betrieb können die Schaltstellen **126** individuell ein- oder aus-geschaltet werden, so dass ein optisches Signal, das in einen optischen Wellenleiter **122** oder **124** eingegeben wird, entweder an einer der Schaltstellen **126** entlang des Wellenleiters **122** oder **124** in einen anderen optischen Wellenleiter **124** oder **122** reflektiert wird oder durch jede Schaltstelle **126** entlang dem optischen Wellenleiter **122** oder **124** ver-

läuft. Bei einer spezifischen Implementierung umfasst jede Schaltstelle **126** einen Graben in der optischen Platte **120**, der entweder mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, um die Schaltstelle **126** transparent zu machen, oder mit einer Gasblase gefüllt ist, um die Schaltstelle **126** reflektierend zu machen. Eine integrierte Schaltung (nicht gezeigt), die der optischen Platte **120** zugrunde liegt, kann die Flüssigkeit in einer bestimmten Schaltstelle **126** selektiv erwärmen, um die Gasblase zu erzeugen, die diese Schaltstelle **126** einschaltet, und diese Schaltstelle **126** reflektierend macht.

**[0006]** Der optische Schalter **100** kann ein optisches Signal von einer optischen Faser **112** in der Faseranordnung **110A** z. B. in jegliche der optischen Fasern **112** in der Faseranordnung **110B** leiten, dadurch, dass die entsprechenden Schaltstellen **126** reflektierend gemacht werden. Alternativ, wenn keine Schaltstellen **126** entlang des optischen Wellenleiters **122** reflektierend ist, verläuft das optische Signal von der optischen Faser **112** in der Faseranordnung **110A** durch die optische Platte **120** zu einer optischen Faser **112** in der gegenüberliegenden Faseranordnung **110C**.

**[0007]** Eine ordnungsgemäße Operation des optischen Schalters **100** erfordert, dass die Beabstandung von optischen Fasern **112** an jeder Faseranordnung **110A**, **110B**, **110C** oder **110D** mit der Beabstandung der Eingangs/Ausgangs-Bereiche für die entsprechenden optischen Wellenleiter **122** oder **124** übereinstimmt. Zusätzlich dazu müssen die optischen Fasern **112** präzise mit den optischen Wellenleitern **122** oder **124** und mit den optischen Fasern **112** bei anderen Faseranordnungen ausgerichtet sein, um ein maximales Verhalten zu erreichen. Ein Herstellen und Ausrichten von Faseranordnungen mit der erforderlichen Präzision kann Schwierigkeiten darstellen, da Wellenleiter **122** und **124** üblicherweise Abmessungen von ungefähr 10 µm oder weniger aufweisen und eine standardmäßige optische Faser **112** einen Durchmesser von 125 µm und einen Kern mit 10 µm im Durchmesser aufweist. Die Kerne der optischen Fasern **112** tragen die optischen Signale und müssen zur Übertragung von optischen Signalen zu oder von dem entsprechenden Wellenleiter ausgerichtet sein. Dementsprechend muss für ein maximales Verhalten die Beabstandung und Ausrichtung der optischen Fasern **112** üblicherweise innerhalb von wenigen 10 Mikrometern genau sein.

**[0008]** [Fig. 1B](#) zeigt eine Querschnittsansicht einer Faseranordnung **110**. Die Faseranordnung **110** umfasst ein Substrat **115** mit V-Rillen **116**, in denen die optischen Fasern **112** vorliegen. Das Substrat **115** ist üblicherweise aus demselben Material hergestellt wie die optische Platte (z. B. geschmolzenem Silika), um einen übereinstimmenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE; coefficient of thermal ex-

pansion) zu liefern, aber auch andere Materialien, wie z. B. Silizium, können ebenfalls verwendet werden.

**[0009]** Eine Präzisionsbearbeitung des Substrats **115** kann V-Rillen **116** mit konsistenter Form und Beabstandung erzeugen. Eine solche Bearbeitung kann z. B. Schritt- und Wiederholungs-Techniken verwenden, die eine V-Rille **116** in das Substrat **115** schleifen, dann das Substrat **115** um die erforderliche Distanz zum Schleifen der nächsten V-Rille **116** in dem Substrat **115** bewegen. Eine Ausrüstung, die eine Präzisionsstufe umfasst, die das Substrat **115** zum Schleifen positioniert, kann die erforderliche Präzision für die Beabstandung von V-Rillen **116** erreichen. Getrennte mechanische Operationen jedoch, wie z. B. das Schneiden eines Randes **118** des Substrats **115**, erfordern allgemein das Neubefestigen des Substrats **115** an unterschiedlichen Ausrüstungsteilen, was größere Abweichungen verursacht als die erforderliche Ausrichtungspräzision. Dementsprechend kann die Position des Randes **118** des Substrats **115** relativ zu den V-Rillen **116** um  $\pm 25 \mu\text{m}$  variieren.

**[0010]** Ein exemplarischer Prozess zum Ausrichten von Faseranordnungen **110A**, **110B**, **110C** und **110D** mit der optischen Platte **120**, wie in [Fig. 1A](#), umfasst einen Grobausrichtungsprozess und einen feinen Ausrichtungsprozess. Der grobe Ausrichtungsprozess richtet Faseranordnungen **110A**, **110B**, **110C** und **110D** und die optische Platte **120** mit einer ausreichenden Präzision aus, um einen gewissen Lichtfluss durch die erforderlichen Wege zu schaffen. Ein Feinausrichtungsprozess misst die Intensität der ausgegebenen optischen Signale und stellt die Positionen und Orientierungen von Anordnungen **120** ein, um den optischen Leistungsfluss durch den Schalter **100** zu maximieren. Eine Feinausrichtung kann computergesteuert sein unter Verwendung bekannter „Hügelerklimmungs“- bzw. Gradienten-Algorithmen, die die optimale Position und Orientierung für die Faseranordnungen **110A**, **110B**, **110C** und **110D** finden.

**[0011]** Eine grobe Ausrichtung einer Anordnung **110** und einer optischen Platte **120** richtet die Kerne **114** von optischen Fasern **112** mit entsprechenden optischen Wellenleitern **122** oder **124** in der optischen Platte **120** so aus, dass optische Signale durch den optischen Schalter **100** fließen. Eine grobe Ausrichtung basiert anfänglich auf dem Identifizieren und Übereinstimmen physischer Merkmale der Faseranordnung **110** und der optischen Platte **120**. Kerne **114** jedoch, die ausgerichtet sein sollen, sind von anderen Abschnitten der optischen Fasern **112** nicht unterscheidbar, und die optischen Fasern **112**, die ihre Schutzumhüllung für eine genaue Anordnung entfernt haben, sind transparent und daher schwierig unter Verwendung von Maschinen oder menschlicher Sehkraft zu identifizieren. Merkmale, wie z. B. V-Ril-

len **116** oder ihre Ränder sind ähnlich schwierig zu identifizieren, insbesondere wenn das Substrat **115** transparent ist. Separate, mechanisch hergestellte Merkmale, wie z. B. Ränder **118** des Substrats **115**, die einfacher zu identifizieren sein können, unterliegen Abweichungen, die viel größer sind als jene, die bei der groben Ausrichtung erforderlich sind.

**[0012]** Die Schwierigkeiten beim Identifizieren zuverlässiger Referenzmerkmale für eine grobe Ausrichtung bedeutet üblicherweise, dass die grobe Ausrichtung manuell ausgeführt wird. Zusätzlich dazu ist eine Ausrichtung ausschließlich basierend auf der offensichtlichen Position der Merkmale häufig nicht in der Lage, eine angemessene optische Leistungsübertragung für den Feinausrichtungsprozess zu liefern. Dementsprechend muss die grobe Ausrichtung ferner einen Suchprozess umfassen, der die Fasernordnungen systematisch verschiebt oder neu orientiert, bis eine Konfiguration mit einer ausreichenden optischen Leistungsübertragung für den Feinausrichtungsprozess erreicht ist. Solche Grobausrichtungsverfahren können eine Stunde oder mehr benötigen, während eine computergesteuerte feine Ausrichtung üblicherweise in zwei bis zehn Minuten fertiggestellt werden kann. Dementsprechend besteht ein Bedarf nach Strukturen und Techniken, die die Zeit reduzieren können, die zum Ausrichten von Faseranordnungen bei optischen Schaltern oder anderen PLCs benötigt werden.

**[0013]** D1: Cohen M. S. u. a.: „Passive Laser-Fiber Alignment By Index Method“ IEEE Photonics Technology Letters, IEEE Inc. New York, US, Band 3, Nr. 11, 1. Dezember 1991 (1991-12-01) Seiten 987–987, XP000232697 ISSN: 1041–1135, offenbart einen Prozess zum Anordnen und Ausrichten von Komponenten eines Laserfasermoduls. Ein Laserchip ist mit einer ersten Justiermarke und einer Mehrzahl von optischen Wegen versehen. Ein Faserträger ist mit einer zweiten Justiermarke versehen. Eine Positionseinstellung des Laserchips relativ zu dem Faserträger wird ausgeführt, während eine Justiermarke durch die Ausrichtungsplatte mit Hilfe eines Mikroskops betrachtet wird. Nach dem korrekten Positionieren des Faserträgers wird der Laserchip so bewegt, dass die Justiermarken die auf dem Laserchip vorgesehen sind, mit jenen der Ausrichtungsplatte benachbart sind.

**[0014]** Die vorliegende Erfindung basiert auf der Aufgabe, ein Verfahren und eine optische Vorrichtung zu schaffen, die eine einfache und zuverlässige Ausrichtung der Position der optischen Anordnung relativ zu dem optischen Element ermöglichen.

**[0015]** Diese Aufgabe wird durch einen Prozess gemäß Anspruch 1 und durch eine optische Vorrichtung gemäß Anspruch 6 gelöst.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] **Fig. 1A** zeigt eine Draufsicht eines optischen Schalters mit angebrachten Faseranordnungen.

[0017] **Fig. 1B** ist eine Querschnittsansicht einer herkömmlichen Faseranordnung.

[0018] **Fig. 2A** zeigt eine Draufsicht eines optischen Schalters gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0019] **Fig. 2B** und **Fig. 2C** sind eine Querschnittsansicht von Faseranordnungen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung bzw. ein Beispiel, das zum Verständnis der Erfindung nützlich ist.

[0020] **Fig. 3** zeigt eine Draufsicht einer optischen Platte und einer Faseranordnung mit Justiermarken gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0021] **Fig. 4** zeigt eine perspektivische Ansicht einer mikroelektronischen Maschine, die Justiermarken für eine grobe Komponentenausrichtung verwendet.

[0022] Die Verwendung der gleichen Bezugszeichen in unterschiedlichen Figuren zeigt ähnliche oder identische Elemente an.

## Detaillierte Beschreibung

[0023] Gemäß einem Aspekt der Erfindung weisen eine Faseranordnung und ein optisches Element Justiermarken auf, die ein Grobausrichtungsprozess während der Anordnung einer optischen Vorrichtung verwendet. **Fig. 2A** zeigt eine schematische Draufsicht eines optischen Schalters gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Ein optischer Schalter **200** umfasst vier optische Anordnungen **210A**, **210B**, **210C** und **210D** und eine optische Platte **220**, die eine planare Lichtwellenschaltung (PLC) enthält. Jede der optischen Anordnungen **210A**, **210B**, **210C** und **210D** enthält mehrere optische Fasern **112** und eine Justiermarke **212**.

[0024] Die optische Platte **220** umfasst zwei Sätze aus optischen Wellenleitern **122** und **124**, die sich an Schaltstellen **126** schneiden, die herkömmliche Entwürfe aufweisen können. Die optische Platte **220** unterscheidet sich von bekannten optischen Platten primär durch die Hinzufügung von Justiermarken **222** zur Verwendung bei einer groben Ausrichtung von Faseranordnungen **210A** bis **210D** während einer Herstellung eines optischen Schalters **200**. Justiermarken **222** sind Regionen, die üblicherweise aus einem undurchlässigen Material hergestellt sind, wie z. B. Metall, einem Photoresist, oder einem Halbleiter, oder sich geätzte Regionen, die die Sichtbarkeit von Justiermarken **222** reflektieren, brechen oder ander-

weitig verbessern, unter Verwendung eines Prozesses, der mit einer präzisen Ausrichtung relativ zu Schaltstellen **126** strukturiert sein kann.

[0025] Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die optische Platte **220** eine Platte aus geschmolzenem Silika oder einem anderen Material optischer Güte, das verarbeitet wird, um Wellenleiter und Gräben an den Schaltstellen **126** zu bilden. Ein herkömmlicher Herstellungsprozess zum Erzeugen von Wellenleitern **122** und **124** beginnt mit dem Aufbringen oder Finden eines geeigneten Substrats für die untere Umhüllung. Das Kernmaterial, das einen etwas höheren Brechungsindex aufweist als die Umhüllung, wird auf die untere Umhüllung aufgebracht und dann unter Verwendung eines Photoresists und eines Ätzmittels strukturiert, um Strahlwege oder Wellenleiter **122** und **124** zu bilden. Eine obere Umhüllung wird dann über den Wellenleiter **122** und **124** aufgebracht, so dass, wenn sich ein optisches Signal entlang eines Wellenleiters **122** und **124** bewegt, ein Brechungsindexschritt in jeder Richtung senkrecht zu der Richtung der Ausbreitung ist. Das Licht bleibt somit in dem Wellenleiter. Ein Ätzen bildet dann Gräben in der optischen Platte **120** an Schnittpunkten der optischen Wellenleiter **122** mit den optischen Wellenleitern **124**. Weitere Beschreibungen von Techniken zum Bilden eines optischen Schalters sind z. B. enthalten in dem U.S.-Patent Nr. 6,324,316 mit dem Titel „Fabrication Of A Total Internal Reflection Optical Switch With Vertical Fluid Fill-Holes“ an Fouget u. a., und dem U.S.-Patent Nr. 6,195,478 mit dem Titel „Planar Lightwave Circuit-Based Optical Switches Using Micromirrors in Trenches“ an J. Fouquet.

[0026] Beim Herstellen einer optischen Platte **220** können herkömmlichen photolithographische Techniken, wie z. B. jene, die bei der Herstellung einer integrierten Schaltung bekannt sind, präzise die Stellen der optischen Wellenleiter **122** und **124** und die Abschnitte der optischen Platte **220** definieren, die entfernt werden, um Schaltstellen **126** zu bilden. Solche Prozesse verwenden allgemein Ausrichtungsmarkierungen auf der optischen Platte **220** beim Positionieren und Orientieren der optischen Platte **220** zum Verarbeiten. Gemäß einem Aspekt der Erfindung können Ausrichtungsmarkierungen, die für eine Ausrichtung einer Photolithographie gebildet und verwendet werden, ebenfalls als Justiermarken **222** für eine grobe Ausrichtung von Faseranordnungen **210A** bis **210D** zu der optischen Platte **220** verwendet werden. Alternativ können Justiermarken **222** speziell für eine Ausrichtung von Faseranordnungen **210A** bis **210D** gebildet sein.

[0027] **Fig. 2B** und **Fig. 2C** zeigen Querschnittsansichten von entsprechenden optischen Anordnungen **210** und **210'** gemäß einem Ausführungsbeispiel und einem Beispiel, das zum Verständnis der Erfindung

nützlich ist. Optische Anordnungen **210** und **210'** sind allgemeine Versionen von optischen Anordnungen **210A**, **210B**, **210C** und **210D**, insofern, als Positionen der optischen Fasern **112** und Justiermarken **212** bei optischen Anordnungen **210** und **210'** nicht notwendigerweise mit den Positionen von übereinstimmenden Strukturen bei jeglicher bestimmten der optischen Anordnungen **210A**, **210B**, **210C** und **210D** übereinstimmen. Faseranordnungen **210A**, **210B**, **210C** und **210D** können sich nach Bedarf unterscheiden, um mit optischen Wellenleitern **122** oder **124** oder Justiermarken **222** auf der optischen Platte **220** übereinzustimmen. Genauer gesagt können linke und rechte Anordnungen an unterschiedlichen Seiten der optischen Platte **220** angebracht sein.

[0028] [Fig. 2B](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der Faseranordnung **210**, bei der die Justiermarke **212** in einer Rille **116** in einem Substrat **215** vorliegt. Das Substrat **215** kann auf jeglichen Materialien hergestellt sein, die geeignet sind zum Anbringen an der optischen Platte **220** und zum Halten der optischen Fasern **112**. Bei einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sind das Substrat **215** und die optische Platte **220** aus demselben Material hergestellt (z. B. geschmolzener Silika), aber das Substrat **215** kann alternativ ein Halbleiter- oder Keramik-Substrat sein.

[0029] Rillen **116** können in dem Substrat **215** mit einer Beabstandung maschinell hergestellt sein, die eng gesteuert wird (z. B. innerhalb einer Toleranz von  $\pm 1 \mu\text{m}$ ). Rillen **116** sind vorzugsweise V-Rillen, um optische Fasern **112** besser in den richtigen Positionen zu halten. Solche Rillen können unter Verwendung einer Präzisions-Säge- oder -Schleif-Ausrüstung gebildet werden. Im Allgemeinen ist eine Ausrüstung für mechanische Prozesse wie Sägen oder Schleifen nicht in der Lage, Ausrichtungsmarkierungen zu verwenden oder anderweitig Justiermarken **212** zu erzeugen, die Positionen aufweisen, die für die erforderliche Genauigkeit zuverlässig sind.

[0030] Gemäß einem Aspekt der Erfindung kann die Justiermarke **212** in einer der präzise beabstandeten Rillen sein. [Fig. 2B](#) stellt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dar, bei dem die Justiermarke **212** ein undurchlässiges, zylindrisches Objekt in einer der Rillen **116** ist. Um eine konsistente Referenzposition zu liefern, sollte der Durchmesser eines zylindrischen Objekts höchst einheitlich sein (z. B. um weniger als  $\pm 1 \mu\text{m}$  im Durchmesser entlang der Länge des Objekts variieren), und ungefähr der gleiche sein, wie der einer optischen Faser **124**, so dass das Objekt gut in die Rille **116** einpasst. Einige Beispiele von geeigneten zylindrischen Objekten umfassen undurchlässige Fasern, Präzisionsnadeln und Drähte.

[0031] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Justiermarke **112** eine kohlen-

stoffbeschichtete, optische Faser. Kohlenstoffbeschichtete Fasern sind in der Technik bekannt und handelsüblich von Lieferanten wie z. B. Sumitomo Electric Lightwave Corp., Fujikura America, Inc., oder Corning Inc. erhältlich. Kohlenstoffbeschichtete Fasern weisen wünschenswerterweise einen präzise gesteuerten Durchmesser von  $125 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$  auf, denselben wie andere standardmäßige optische Fasern, und weisen dieselben thermischen und mechanischen Eigenschaften (z. B. denselben thermischen Ausdehnungskoeffizienten) wie die optischen Fasern **112** auf. Kohlenstoffbeschichtete Fasern liefern ferner einen hohen Kontrast mit vielen Materialien, die für das Substrat **215** verwendet werden können. Genauer gesagt liefern kohlenstoffbeschichtete Fasern einen hohen Kontrast, wenn das Substrat **215** transparent ist. Zusätzlich dazu kann die undurchlässige Beschichtung mit Sensoren vom Interferometertyp erfasst werden, wenn das Substrat transparent oder nicht transparent ist.

[0032] Das Beispiel, das zu Verständnis der Erfindung von [Fig. 2C](#) nützlich ist, stellt eine Faseranordnung **210'** mit einer Justiermarke **212'** dar, die eine sichtbare Region auf dem Substrat **215** ist. Die sichtbare Region **212'** weist eine Position auf, die sich auf die Rillen **216** bezieht, die zu einer Präzision von ungefähr  $\pm 1 \mu\text{m}$  genau ist. Photolithographische Prozesse und eine Strukturierung können die erforderliche Genauigkeit zur Bildung der sichtbaren Region **212'** erreichen. Im Allgemeinen verwenden solche photolithographischen Prozesse Silizium für das Substrat **215**, da die Kristallstruktur in einem Siliziumsubstrat **215** das Ätzen von V-Rillen **216** ermöglicht.

[0033] Ein grober Ausrichtungsprozess kann Justiermarken **212** und **222** verwenden, um Faseranordnungen **210A**, **210B**, **210C** und **210D** für eine Anbringung an die optische Platte **220** zu positionieren. Die grobe Ausrichtung beginnt mit dem Identifizieren der Positionen der Justiermarken **212** und **222** auf einer Faseranordnung **210**, was manuell oder mit einem computergesteuerten Prozess durchgeführt werden kann.

[0034] Für einen manuellen Prozess liefern Justiermarken **212** und **222** einen visuellen Kontrast, der das Identifizieren von Merkmalen ermöglicht, die ausgerichtet sein müssen, um die gewünschte grobe Ausrichtung zu liefern. Genauer gesagt kann eine Person, die eine Faseranordnung **210** mit einer optischen Platte **220** ausrichtet, die Faseranordnung bewegen, bis Justiermarken **212** und **222** abgeglichen sind oder eine andere Zielkonfiguration erreichen. Da die Justiermarken **212** und **222** genaue Positionen aufweisen und einfach identifiziert werden können, liefert das zuverlässige Ausrichten von Justiermarken **212** und **222** eine Konfiguration, die ausreichend optische Leistung für einen Feinausrichtungsprozess überträgt, und eine weitere Suchoperation ist allge-



mein nicht erforderlich.

**[0035]** Für einen computergesteuerten Prozess ist entweder die optische Platte **220** oder die Faseranordnung **210** fest, während die andere auf einer Präzisionsstufe befestigt ist. Ein Bild einer Faseranordnung **210** und einer optischen Platte **220** wird dann gemacht und digitalisiert, und eine herkömmliche Computervisionsoftware identifiziert Justiermarken **212** und **222** in dem Bild, das mit den räumlichen Koordinaten der Faseranordnung **210** und der optischen Platte **220** korreliert ist. Im Gegensatz zu bekannten Faseranordnungen und optischen Platten, wo Merkmale, wie z. B. optische Fasern, schwierig zu identifizieren waren, liefern Justiermarken **212** und **222** einen hohen Bildkontrast, der eine zuverlässige Verwendung einer Computervision ermöglicht. Der Computer kann dann relative Positionen und Orientierungen der optischen Platte **220** oder Faseranordnung **210** bestimmen und die Präzisionsstufe anweisen, die optische Platte **220** oder die Faseranordnung **210** von der bestimmten Position zu einer Zielposition zu bewegen, die die gewünschte grobe Ausrichtung liefert. Die Zielposition hängt von den Orten der Justiermarken **212** und **222** ab und kann auf einfache Weise berechnet werden.

**[0036]** Ein alternativer, computergesteuerter, Grobausrichtungsprozess verwendet ein Interferometersystem, wie es z. B. von Keyence, Inc. erhältlich ist. Mit einem Interferometer können die Konturen der Oberflächen der Faseranordnung **210** und der optischen Platte **220** gemessen werden. Da Justiermarken **212** und **222** undurchlässig sind, können die Distanzen zu Punkten an den Justiermarken **212** und **222** präzise gemessen werden und stehen aus dem umliegenden Hintergrund heraus. Mehrere Punkte auf der Justiermarke **212** und **222** können verwendet werden, um die Position (x, y, z) und die Winkelausrichtung (gieren, stampfen, rollen) für eine Faseranordnung **210** und optische Platte **220** zu berechnen. Die Faseranordnung **210** kann dann relativ zu der optischen Platte **220** bewegt werden, bis Justiermarken **212** und **222** ihre relativen Zielpositionen aufweisen.

**[0037]** Als ein Beispiel einer bestimmten Struktur für Justiermarken stellt [Fig. 3](#) eine Faseranordnung **210** in der Nähe eines Abschnitts einer optischen Platte **220** mit einer möglichen Struktur für Justiermarken **222** dar. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Justiermarke **222** kreisförmige Formen **310**, die eine Computervision ohne Weiteres identifizieren kann. Zusätzlich dazu definieren rechtwinklige Regionen **320** eine Richtung und Position für Justiermarken **212**, die ohne Weiteres durch das menschliche Auge identifiziert werden können. Bei dem Ausführungsbeispiel aus [Fig. 3](#) sind zwei Justiermarken **212** an gegenüberliegenden Enden der Anordnung **210** vorgesehen, und die Zielposition, die eine grobe Ausrichtung erreicht, weist Justiermarken **212** auf,

die mit einem Zwischenraum zwischen den rechteckigen Regionen **320** ausgerichtet sind.

**[0038]** Eine praktisch endlose Vielzahl von anderen Konfigurationen ist für die Justiermarken möglich. Genauer gesagt kann jegliche Anzahl von Justiermarken **212** eingesetzt und irgendwo auf der Faseranordnung **210** angeordnet sein. Wenn Justiermarken **212** in Rillen sind, ist jegliche Rille, die nicht für eine optische Faser verwendet wird, zum Enthalten einer Justiermarke **212** verfügbar. Zusätzlich dazu können die Zielpositionen der Justiermarken **212** und **222** die Justiermarken **212** und **222** versetzt voneinander und nicht ausgerichtet aufweisen, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist.

**[0039]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nicht auf optische Systeme beschränkt, die eindimensionale Arrays aus optischen Fasern umfassen. [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, das eine mikroelektronische Maschine (MEM; micro electronic machine) **400** ist, die zweidimensionale Kollimatorarrays **410A** und **410B** umfasst, die mit Spiegelarrays **420A** und **420B** ausgerichtet sind. Herkömmliche Kollimatorarrays enthalten ein Array aus Kollimatorlinsen, die transparent sind, und von daher schwierig präzise auszurichten sein können. In Betrieb empfangen Kollimatoren **412** in dem Kollimatorarray **410A** und **410B** optische Eingangssignale von optischen Fasern. Kollimatoren **412** fokussieren die optischen Signale auf entsprechende Mikrospiegel in dem Spiegelarray **420A** oder **420B**. Der Winkel jedes Mikrospiegels in dem Spiegelarray **120A** oder **120B** ist um zwei Achsen einstellbar, um eine Reflexion eines empfangenen optischen Signals zu jeglichem Spiegel in dem Spiegelarray **120B** oder **120A** zu ermöglichen, und der Spiegel, der die reflektierten Signale empfängt, ist einstellbar, um das reflektierte optische Signal in die Kollimatoren **412** zu richten, die dem Empfangsspiegel entsprechen.

**[0040]** Justiermarken **414** und **424** auf den Kollimatorarrays **410A** und **410B** und den Spiegelarrays **420A** und **420B** helfen beim Ausrichten der Kollimatorarrays **410A** und **410B** mit den Spiegelarrays **420A** und **420B**. Gemäß einem Aspekt der Erfindung können ausgerichtete Prozesse, wie z. B. Photolithographie, die verwendet wird, um Kollimatorarrays **410A** und **410B** oder Spiegelarrays **420A** und **420B** zu bilden, Justiermarken **414** und **424** als sichtbare Regionen bilden, die die Positionsgenauigkeit aufweisen, die für den Ausrichtungsprozess erforderlich ist. Alternativ können mechanisch angeordnete Strukturen in dem Kollimatorarray **410A** oder **410B** durch Strukturen ersetzt werden, die besser sichtbar sind, um während der Ausrichtungsprozesse als Justiermarken **414** und **424** zu wirken. Zum Beispiel kann eine undurchlässige Linse eine der Kollimatorlinsen bei einem mechanischen Anordnungsprozess für ein Kollimatorarray ersetzen. Die undurchlässige

Linse kann dann als eine Justiermarke wirken, die zu derselben Präzision genau ist wie Kollimatorlinsen.

**[0041]** Obwohl die Erfindung Bezug nehmend auf bestimmte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist die Beschreibung nur ein Beispiel der Anwendung der Erfindung und sollte nicht als Einschränkung genommen werden. Genauer gesagt, obwohl die obigen Ausführungsbeispiele eine Ausrichtung von optischen Anordnungen mit bestimmten optischen Elementen beschreiben, wie z. B. einer planaren Lichtwellenschaltung oder einer MEM-Vorrichtung, können Ausrichtungsprozesse gemäß der Erfindung Justiermarken beim Ausrichten einer optischen Anordnung mit anderen optischen Elementen, wie z. B. Gittern, Flüssigkristallen, einer anderen optischen Anordnung oder jeglichem optischen Element verwenden, das eine präzise Ausrichtung für Operationen an mehreren optischen Signalen erfordert. Verschiedene andere Anpassungen und Kombinationen von Merkmalen der Ausführungsbeispiele, die offenbart sind, liegen innerhalb des Schutzbereichs der Erfindung, der durch die Ansprüche definiert ist.

### Patentansprüche

1. Ein Prozess zum Herstellen einer optischen Vorrichtung, der folgende Schritte aufweist:  
Herstellen einer optischen Anordnung (**210**, **210'**, **410A**), die eine erste Justiermarke (**212**, **212'**, **414**) und eine Mehrzahl von optischen Wegen (**112**, **412**) umfasst, wobei die erste Justiermarke eine undurchlässige Faser (**212**) ist, die mechanisch an der optischen Anordnung (**210**, **210'**, **410A**) befestigt ist;  
Herstellen eines optischen Elements (**220**, **420A**) mit einer zweiten Justiermarke (**222**, **424**); und  
Bewegen der optischen Anordnung relativ zu dem optischen Element, bis die erste und zweite Justiermarke relative Zielpositionen aufweisen, wobei die relativen Zielpositionen berechnet sind, um die optische Anordnung mit dem optischen Element auszurichten.

2. Der Prozess gemäß Anspruch 1, bei dem das Herstellen der optischen Anordnung das mechanische Befestigen von optischen Fasern (**112**) an einem Substrat (**215**) aufweist, wobei die optischen Fasern die Mehrzahl von optischen Wegen liefern.

3. Der Prozess gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem das Herstellen der optischen Anordnung folgendes aufweist:  
Ätzen eines Substrats (**215**), um eine Mehrzahl von Rillen (**216**) in dem Substrat zu bilden;  
Befestigen von optischen Fasern (**112**) in den Rillen; und  
Bilden einer Struktur auf dem Substrat, die die erste Justiermarke (**212'**) umfasst, wobei der Ätz- und Bildungsprozess miteinander ausgerichtet sind.

4. Der Prozess gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die optische Anordnung ein Array (**410A**) aus Kollimatorlinsen aufweist.

5. Der Prozess gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das optische Element eine Mehrzahl von optischen Wegen aufweist und die relativen Zielpositionen optische Wege in der optischen Anordnung jeweils mit den optischen Wegen in dem optischen Element (**220**, **420A**) ausrichten.

6. Eine optische Vorrichtung, die folgende Merkmale aufweist:  
eine optische Anordnung (**210**, **410A**), die eine erste Justiermarke (**212**, **414**) und eine Mehrzahl von optischen Wegen (**112**, **412**) umfasst, wobei die erste Justiermarke eine undurchlässige Faser (**212**) aufweist; und  
ein optisches Element (**220**, **420A**) mit einer zweiten Justiermarke (**222**, **424**), wobei die erste und zweite Justiermarke relative Zielpositionen aufweisen, bei denen die optischen Wege der optischen Anordnung mit entsprechenden optischen Wegen (**122**, **124**) in dem optischen Element ausgerichtet sind.

7. Die optische Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der die optische Anordnung eine Faseranordnung aufweist, die optische Fasern auf einem Substrat umfasst, wobei die optischen Fasern optische Wege liefern.

8. Die optische Vorrichtung gemäß Anspruch 6 oder 7, bei der das optische Element ein Element aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, bestehend aus Gittern, einer planaren Lichtwellenschaltung, Flüssigkristallen und mikroelektronischen bearbeiteten Vorrichtungen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

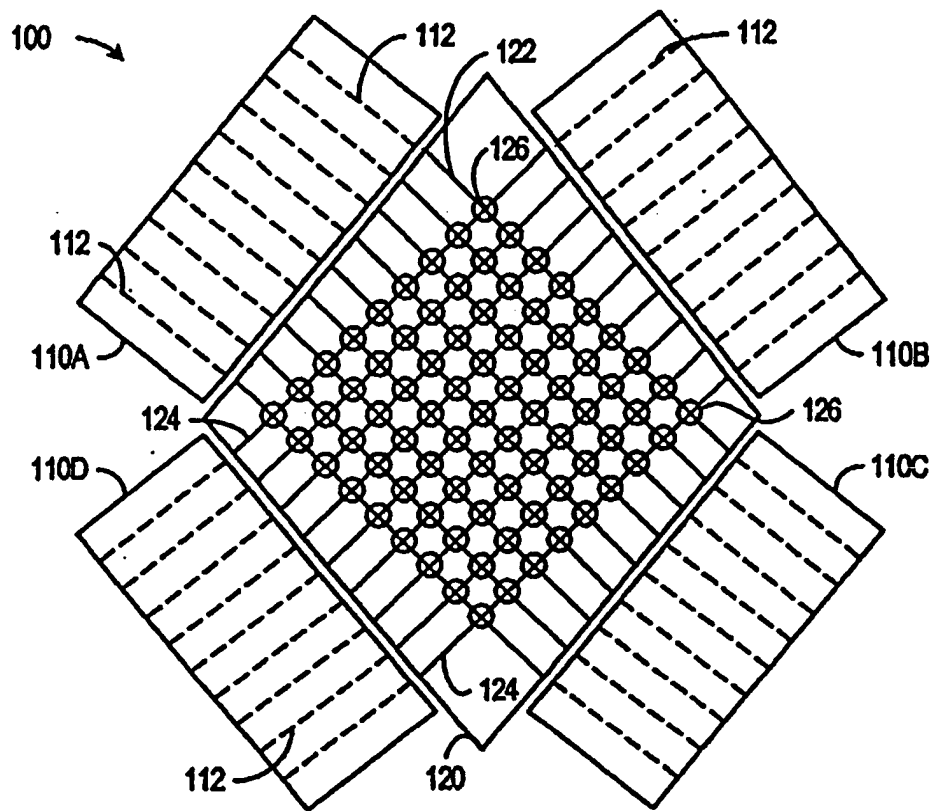


FIG. 1A

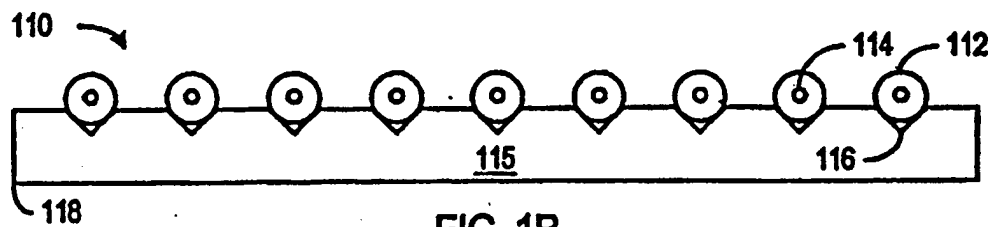
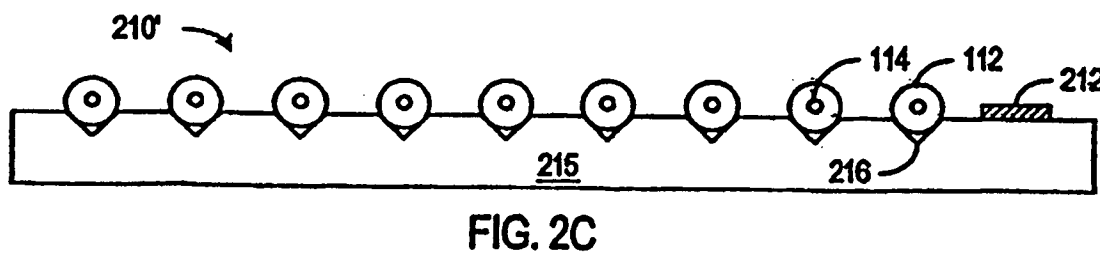
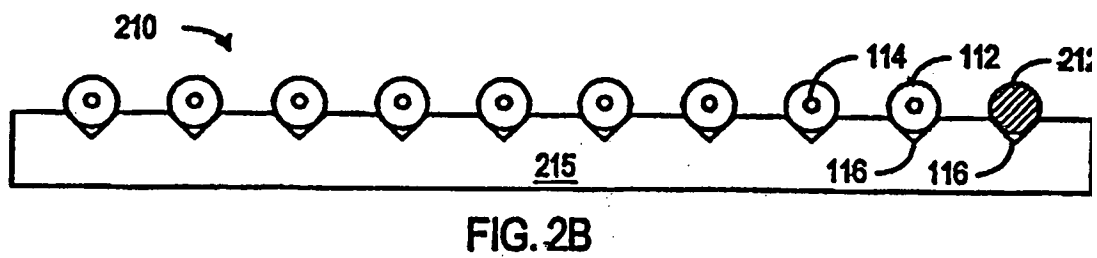
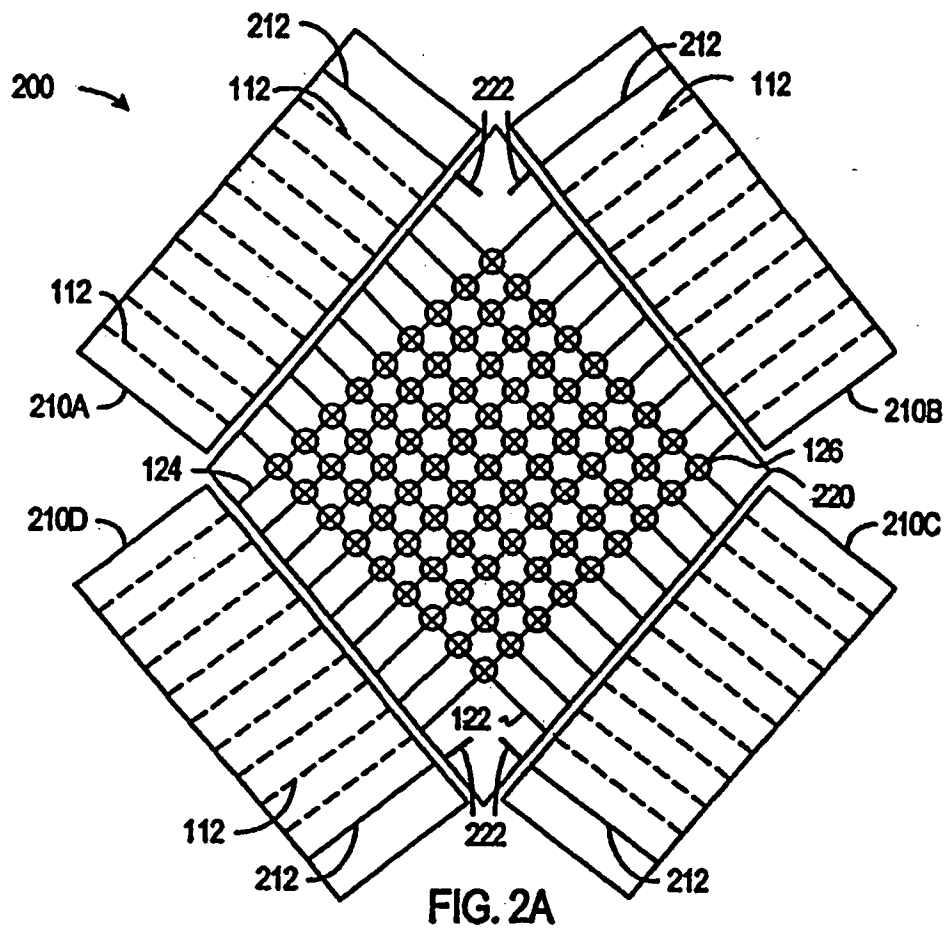


FIG. 1B





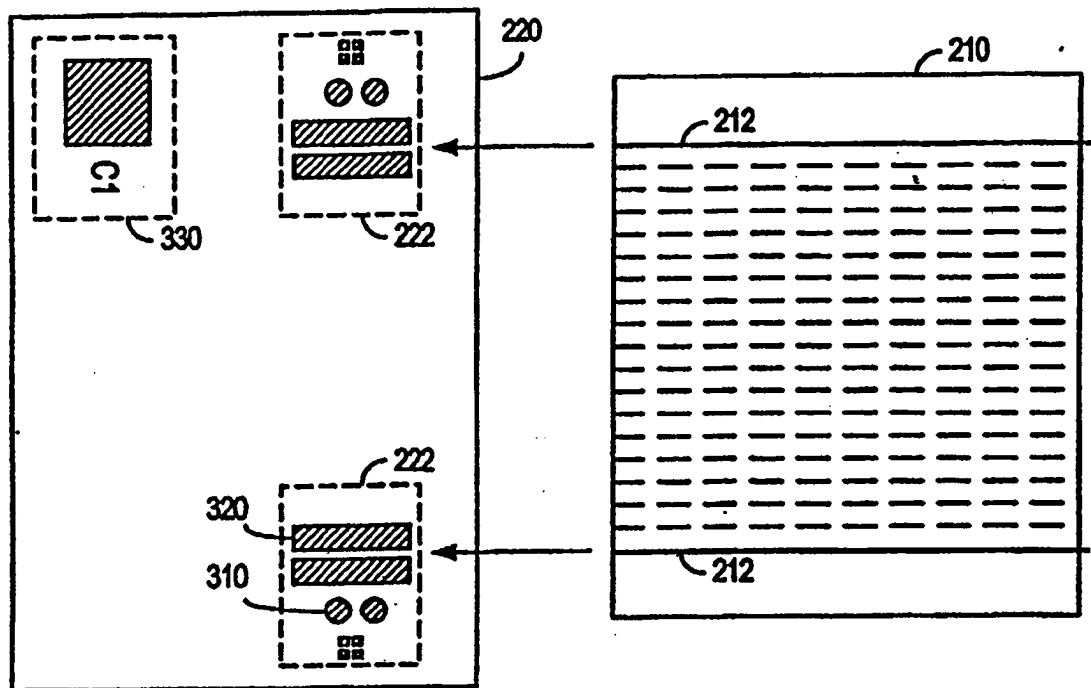


FIG. 3

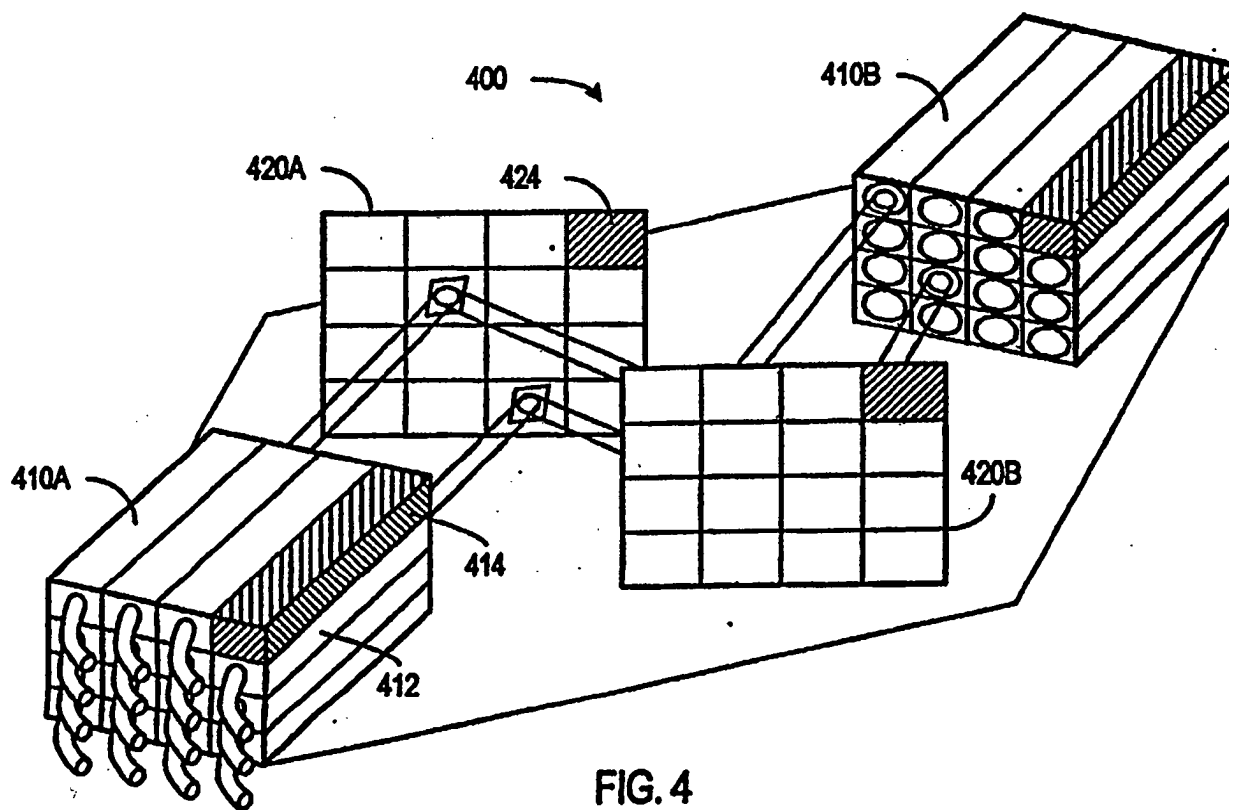


FIG. 4