



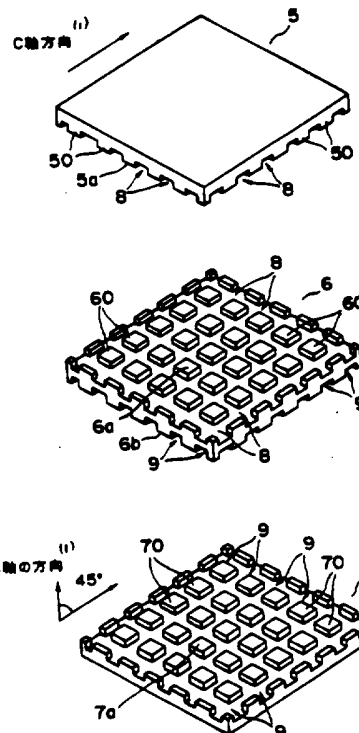
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) 国際特許分類6<br>G02B 27/28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | A1 | (11) 国際公開番号<br>WO96/20423<br><br>(43) 国際公開日<br>1996年7月4日 (04.07.96)                                                     |
| (21) 国際出願番号 PCT/JP95/02740<br>(22) 国際出願日 1995年12月27日 (27.12.95)<br><br>(30) 優先権データ<br>特願平6/338571 1994年12月27日 (27.12.94) JP<br>特願平7/94451 1995年3月27日 (27.03.95) JP<br>特願平7/179224 1995年7月14日 (14.07.95) JP<br>特願平7/269388 1995年9月21日 (21.09.95) JP<br>特願平7/337260 1995年12月25日 (25.12.95) JP<br><br>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)<br>株式会社 トーキン(TOKIN CORPORATION)[JP/JP]<br>〒982 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号 Miyagi, (JP)<br>(72) 発明者; および<br>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)<br>大沢隆二(OSAWA, Ryuji)[JP/JP]<br>〒982 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号<br>株式会社 トーキン内 Miyagi, (JP)<br>(74) 代理人<br>弁理士 後藤洋介, 外(GOTO, Yosuke et al.)<br>〒105 東京都港区西新橋1丁目4番10号 第三森ビル Tokyo, (JP) |    | (81) 指定国<br>CA, CN, KR, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).<br><br>添付公開書類 国際調査報告書 |

(54) Title : OPTICAL DEVICE ASSEMBLY FOR OPTICAL ISOLATOR AND PRODUCTION METHOD THEREOF

(54) 発明の名称 光アイソレータ用光学素子組立体及びその製造方法

#### (57) Abstract

A method of production of an optical device assembly for an optical isolator. The assembly comprises at least three optical devices, i.e., a polarizer (50), a Faraday rotator (60) and an analyzer (70), that are aligned on an optical axis. A sheet (5) for the polarizer, a sheet (6) for the Faraday rotator and a sheet (7) for the analyzer are bonded by soldering, and the stack of sheets is cut to produce at one time a plurality of optical device assemblies (2) for optical isolators. This method is suited to mass-productibility and can drastically reduce the cost of the optical device assembly.



(1) ... C axis direction

(57) 要約

偏光子50、ファラデー回転子60、及び検光子70の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置されることにより構成されている光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法である。偏光子材料板5、ファラデー回転子材料板6、及び検光子材料板7を半田接合し、これら半田接合された光学材料板を切断して複数の光アイソレータ用光学素子組立体2を一時に製造することを特徴とする。本発明は、量産性に優れ、光学素子組立体のコストを大幅に低減させることができる。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

|    |           |    |             |    |          |    |            |
|----|-----------|----|-------------|----|----------|----|------------|
| AL | アルバニア     | DK | デンマーク       | LK | スリランカ    | PT | ポルトガル      |
| AM | アルメニア     | DE | ドイツ         | LR | リベリア     | RO | ルーマニア      |
| AT | オーストリア    | EE | エストニア       | LS | レソト      | RU | ロシア連邦      |
| AZ | アゼルバイジャン  | FI | フィンランド      | LT | リトアニア    | SD | スーダン       |
| AU | オーストラリア   | FR | フランス        | LU | ルクセンブルグ  | SE | スウェーデン     |
| BB | バルバドス     | GB | ガボン         | LV | ラトヴィア    | SG | シンガポール     |
| BE | ベルギー      | GE | イギリス        | MC | モナコ      | SI | スロヴェニア共和国  |
| BG | ブルガリア     | GR | ギリシャ        | MD | モルドバ     | SK | スロヴァキア共和国  |
| BJ | ベナン       | GU | ギニア         | MG | マダガスカル   | SN | セネガル       |
| BR | ブラジル      | HN | ハンガリー       | MK | マケドニア共和国 | SZ | スワジランド     |
| BY | ベラルーシ     | IE | アイアスランド     | ML | マリ       | TD | チャド        |
| CA | カナダ       | IT | イタリア        | MN | モンゴル     | TG | トーゴ        |
| CC | 中央アフリカ共和国 | JP | 日本          | MR | モーリタニア   | TJ | タジキスタン     |
| CF | コンゴ       | KE | ケニア         | MW | マラウイ     | TM | トルクメニスタン   |
| CH | スイス       | KG | キルギスタン      | MX | メキシコ     | TR | トルコ        |
| CI | コート・ジボアール | KP | 朝鮮民主主義人民共和国 | NE | ニジェール    | TT | トリニダード・トバゴ |
| CM | カメルーン     | KZ | カザフスタン      | NL | オランダ     | UA | ウクライナ      |
| CN | 中国        | LI | リヒテンシュタイン   | NO | ノルウェー    | UG | ウガンダ       |
| CZ | チェコ共和国    |    |             | NZ | ニュージーランド | US | 米国         |
| DE | ドイツ       |    |             | PL | ポーランド    | UZ | ウズベキスタン共和国 |
|    |           |    |             |    |          | VN | ヴェトナム      |

## 明 細 書

### 光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法

#### 技術分野

本発明は、光通信、光計測等に使用されるファラデー効果を利用した光アイソレータに属し、更に詳しくは、光アイソレータの部品である光学素子組立体の製造方法に属する。

#### 背景技術

近年、半導体レーザを光源とした光通信システムや、半導体レーザを使用した光応用機器が広範に利用されて来ており、更にその用途及び利用規模が拡大されている。

これら光通信システムや光応用機器の精度や安全性を向上させるためには、半導体レーザへの戻り光を除去することが有効であるが、この戻り光除去手段として光アイソレータが使用されている。

従来の光アイソレータの一般的な構成は、偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子を一直線に沿って配置して成る光学素子組立体と、磁界発生用の永久磁石と、これら光学素子組立体及び永久磁石を固定し保護するためのホルダーとで構成されている。

従来、光学素子同士を互いに固定する方法、及び光学素子をホルダーに固定する方法として、有機接着剤による固定法が用いられてきたが、この固定法では、長期に渡って接着力を維持するのが困難であり、特に、温度、温湿度等の環境変化によって接着力が低下していた。

このため、光通信用中継器等の様に長期間に渡って高度の信頼性を要求される光アイソレータにおいては、有機接着剤による固定法に代わり、金属融着法による固定法を用いて構成された光アイソレータが提案されている。

この金属融着法による接着は、ガス・タービン・ブレード、マグネトロンやマイクロ波電子管の真空窓、高出力高周波伝播送信管等の幅広い分野で応用され、

実用化されている技術である。この金属融着法は、光アイソレータにおいては各光学素子のアパーチャの周囲に形成されたメタライズ膜を介して光学素子同士を接着したり、或は光学素子とホルダーとを接着するのに用いられている。

このメタライズ膜の材料は、被接着材料により多少異なるが、一般的には、密着力確保のため、下地層として、Cr、Ta、W、Ti、Mo、Ni、若くはPtの内の1種類の金属からなる層、又はこれらの金属の内の少なくとも1種類の金属を含む合金からなる層が形成され、また、最表層として、Au、Ni、Pt等が使用される。更に、下地層と最表層の間の中間層として、Ni、Pt等からなる層が形成されることもある。

また、融着用金属としては、Au-Sn合金、Pb-Sn合金、Au-Ge合金等の半田材や各種ろう材が使用されるが、密着強度が大きく融着温度も比較的低いAu-Sn合金半田が密着強度及び作業性の点で優れているため、金属融着固定用材料として望ましい。

上述のメタライズ膜の形成方法としては、メッキ法によるウェットプロセス、並びに真空蒸着法及びスパッタリング法等のドライプロセスが知られているが、光学素子の光学面又は反射防止膜にキズが発生したり、ゴミが付着するのを防止するために、ドライプロセスが多用されている。

ここで、第29図及び第30図に従来の金属融着型光アイソレータの製造方法を示す。先ず、第29図(a)に示すように、外部ホルダー42と金メッキ処理された端部ホルダー40とをレーザーで溶接し、その中にリング状の永久磁石3、リング状の半田14、表裏両面にメタライズ膜10が形成された偏光子50、リング状の半田14、金メッキされた内部リング15、リング状の半田14、片面にメタライズ膜10が形成されたファラデー回転子60の順で配置し、これらを熱処理炉に入れ、これらの半田付けを行う。この部品をA部品とすることにする。

一方、第29図(b)に示すように、片面にメタライズ膜10が形成された検光子70は、金メッキされた端部ホルダー41の上にリング状の半田14を介在させて配置され、これらを熱処理炉に入れ、これらの半田付けを行う。この部品をB部品とすることにする。

この後、第30図(a)に示すように、所定の波長の光線を検光子側(B部品)

から入れ、偏光子側（A部品）から出射される光のパワーが最低になるように、検光子70を回転させ、光のパワーが最低になった所でB部品をA部品に嵌め込み、その後、レーザー溶接機によって端部ホルダー40、41と外部ホルダー42とを溶接し、これにより、第30図（b）に示すように、A部品とB部品とが組み合わされ、一つの光アイソレータ1ができる。

しかしながら、従来の製造方法では量産性及びコストに重大な問題があった。即ち、偏光子、検光子及びファラデー回転子の各光学素子は、それぞれ、10mm角以上の大きさの光学材料板に反射防止膜を形成した後に、1.6mm角程度のサイズに切断して作製される。この後、第31図に示すように、1個の光学素子20は、支持板17及びマスク押さえ18から成る固定治具に固定される。この固定治具により、1個の光学素子20は、メタルマスク19によりアパーチャと成るべき領域をマスキングされ、真空蒸着法又はスパッタリング法のドライプロセスによりメタライズ膜が所定の形状に形成される。

この従来の製造方法では、光学材料板を1個分の光学素子に切断した後の洗浄や、その後の光学素子を固定治具にセッティングするための工程に非常に多くの手間が掛り、大量の光学素子にメタライズ膜を形成することが困難であった。

更に、先に述べたように、偏光子、ファラデー回転子及び端部ホルダーを半田接着したA部品と、検光子及び端部ホルダーを半田接着したB部品とを一組ずつ角度調整を行いながら固定するため工数が掛り、コスト低減の障害になっていた。

また、光学素子を複数個切り出せる大きさの偏光子材料板、ファラデー回転子材料板及び検光子材料板の各光学材料板を直接半田接着する方法も検討され、半田材料からなる薄膜を真空蒸着法によりメタライズ膜上に形成する方法が実施された。しかし、光学素子全体の面積に対して半田膜が形成される部分の面積が小さいため、半田材料の利用効率が非常に悪く、十分な接着状態を得るためには半田膜として数 $\mu$ m以上の厚い膜が必要となり、コストが上昇してしまい実用的ではなかった。

本発明の技術的課題は、以上に述べた問題点を解決して量産性に優れて、安価に製造できる高信頼性光アイソレータの製造方法を供しようとするものである。

## 発明の開示

請求の範囲第1項記載の発明によれば、偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置されることにより構成されている光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法であって、複数の前記偏光子を切り出すことが可能な偏光子材料板、複数の前記ファラデー回転子を切り出すことが可能なファラデー回転子材料板、及び複数の前記検光子を切り出すことが可能な検光子材料板の少なくとも3枚の光学材料板を用意し、前記偏光子材料板の前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面、前記ファラデー回転子材料板の前記偏光子材料板及び検光子材料板に対向する光学面、並びに前記検光子材料板の前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面の各光学面において光透過用のアパーチャと成るべき領域以外の部分にメタライズ膜を形成するメタライズ膜形成工程と、該メタライズ膜形成工程後、前記偏光子材料板の偏光方向に対して前記検光子材料板の偏光方向が実質的に $45^\circ$ 傾いた状態になるように前記各光学材料板を積み重ね、前記各光学面に形成されたメタライズ膜の部分で、前記各光学材料板を互いに半田付けする半田付け工程と、該半田付け工程後、前記各光学材料板を切断して、複数の前記光学素子組立体を切り出す切断工程とを有することを特徴とする光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第2項記載の発明によれば、前記半田付け工程の前に、前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面と前記偏光子材料板に対向する光学面の内、少なくとも一方の光学面に、前記各光学材料板を前記光学素子組立体単位で切り分けるための第1の溝を形成し、更に前記検光子材料板に対向する光学面と前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面の内、少なくとも一方の光学面に、前記第1の溝と同じパターンの第2の溝を形成する溝形成工程を付加し、前記切断工程において、前記第1及び第2の溝の部分で前記各光学材料板を切断することを特徴する請求の範囲第1項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第3項記載の発明によれば、前記溝形成工程の後に前記メタライズ膜形成工程が行われ、該メタライズ膜形成工程において、前記メタライズ膜を前

記第1及び第2の溝を構成する壁面にも形成し、前記切断工程において、前記メタライズ膜が形成された壁面を有する部分が前記各光学素子の側面に段部として残るように前記第1及び第2の溝の部分をそれらの中央部で切断することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第4項記載の発明によれば、偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置され、前記各光学素子がそれらの光学面のアパーチャの周辺に形成されたメタライズ膜を介して半田接合されている光アイソレータ用光学素子組立体において、前記各光学素子の側面に段部が形成され、該段部にメタライズ膜が形成され、該段部に形成されたメタライズ膜を介して永久磁石のめっき部に半田接合されることを特徴とする光アイソレータ用光学素子組立体が得られる。

請求の範囲第5項記載の発明によれば、前記半田付け工程において、前記メタライズ膜により範囲を定められた前記各光学材料板のアパーチャの同一箇所を通過する光軸が前記光学面に直交する直線に対して傾くように、前記各光学材料板を積み重ね、この状態で前記各光学材料板を前記メタライズ膜の部分で半田付けし、前記切断工程において、前記光軸に沿って前記各光学材料板を切断することを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第6項記載の発明によれば、偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置され、前記各光学素子がそれらの光学面のアパーチャの周辺に形成されたメタライズ膜を介して半田接合されている光アイソレータ用光学素子組立体において、前記各光学素子の光学面に直交する直線が、前記各アパーチャの同一箇所を通過する光軸に対して傾いており、前記各光学素子の側面が、同一平面上で並び且つ前記光軸と平行であることを特徴とする光アイソレータ用光学素子組立体が得られる。

請求の範囲第7項記載の発明によれば、前記半田付け工程の後に、前記各光学材料板の光学面に撥水性を有する表面改質剤を塗布する表面改質工程を行い、該表面改質工程の後に、前記切断工程を行うようにしたことを特徴とする請求の範

図第1項又は第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第8項記載の発明によれば、前記表面改質工程において用いられる表面改質剤が、シラン系カップリング剤であることを特徴とする請求の範囲第7項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第9項記載の発明によれば、前記表面改質工程において用いられる表面改質剤が、フルオロアルキルシランであることを特徴とする請求の範囲第7項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第10項記載の発明によれば、前記メタライズ膜形成工程において、前記メタライズ膜によって範囲を定められる前記アパーチャが該メタライズ膜により完全に取り囲まれるように、前記メタライズ膜を形成することを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

請求の範囲第11項記載の発明によれば、前記メタライズ膜形成工程において前記メタライズ膜の形成のために使用されるメタルマスクが、前記アパーチャと成るべき領域を覆うマスク部と、該マスク部同士を接続する橋部とを有し、且つ前記マスク部が前記アパーチャと成るべき領域を覆っている時に、前記橋部が前記光学面から離れるように形成されているものであることを特徴とする請求の範囲第10項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法が得られる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施形態の溝形成工程を示す斜視図であり、

第2図は第1の実施形態のメタライズ膜形成工程を示す斜視図であり、

第3図は第1の実施形態の半田付け工程を示し、(a)は溝に半田を挿入した状態を示す断面図、(b)は半田付けが完了した状態を示す断面図であり、

第4図は第1の実施形態における作用を模式的に示し、(a)は半田材を溝に入れた状態の断面図、(b)は半田材が融けた状態の断面図であり、

第5図は第1の実施形態の変形例における作用を模式的に示し、(a)は半田材を溝に入れた状態の断面図、(b)は半田材が融けた状態の断面図であり、

第6図は第1の実施形態の切断工程を示し、(a)は切断前の状態の断面図、(b)は切断後の状態の断面図であり、

第7図は第1の実施形態により得られた光学素子組立体を用いて構成されたアイソレータの断面図であり、

第8図は第1の実施形態の変形例におけるメタライズ膜形成工程を示す斜視図であり、

第9図は本発明の第2の実施形態におけるメタライズ膜形成工程終了時の光学材料板の要部を示す斜視図であり、

第10図は第2の実施形態により得られた光学素子組立体をマグネットに挿入し接合する状態を示し、(a)は接合した状態の一部切欠き斜視図、(b)は挿入時の断面図であり、

第11図は第2の実施形態により得られた光学素子組立体を用いて構成された光アイソレータの断面図であり、

第12図は本発明の第3の実施形態のメタライズ膜形成工程及び溝形成工程を示す斜視図であり、

第13図は第3の実施形態の半田付け工程及び切断工程を示す断面図であり、

第14図は第3の実施形態により得られた光学素子組立体を用いて構成された光アイソレータの断面図であり、

第15図は本発明の第4の実施形態の半田付け工程及び切断工程を示す断面図であり、

第16図は本発明の第5の実施形態の半田付け工程及び切断工程を示す断面図であり、

第17図は本発明の第6の実施形態の半田付け工程及び切断工程を示す断面図であり、

第18図は本発明の第7の実施形態の溝形成工程及びメタライズ膜形成工程を示す斜視図であり、

第19図は第7の実施形態の半田付け工程及び切断工程を示す断面図であり、

第20図は第7の実施形態において用いられている表面改質剤の構造式であり、

第21図は本発明の第7の実施形態に係る光アイソレータ及び比較例に係る光アイソレータの測定結果を示す図であり、

第22図は本発明の第8の実施形態による製造方法の溝形成工程後の光学材料板の斜視図であり、

第23図は第22図に示す光学材料板にメタライズ膜を形成するメタライズ膜形成工程を概略的に示す透視図であり、

第24図は第23図に示すメタライズ膜形成工程の際に使用されるメタルマスクの要部を示す斜視図であり、

第25図は第22図に示す光学材料板を半田付する半田工程を示し、(a)は半田付け前の状態を示す断面図、(b)は半田付け後の状態を示す断面図であり、

第26図は第25図に示される半田接合された光学材料板を切断する切断工程を示す側面図であり、

第27図は比較される製造方法のメタライズ膜形成工程で使用されるメタルマスクの平面図であり、

第28図は第8の実施形態に係る光アイソレータと比較例に係る光アイソレータの測定結果を示すグラフであり、

第29図は従来の光アイソレータの組立方法を示し、(a)はA部品の組立方法を示す断面図、(b)はB部品の組立方法を示す断面図であり、

第30図は従来の光アイソレータの組立方法を示し、(a)は、B部品をA部品に嵌め込む前の状態の断面図、(b)はB部品をA部品に嵌め込んだ状態の断面図であり、

第31図は従来のメタライズ膜形成の状況を示し、(a)は斜視図、(b)は断面図であり、

第32図は従来の傾斜ホルダーを用いて光学素子組立体を傾斜させた光アイソレータの断面図であり、

第33図は従来の製造方法により得られた光学素子組立体の透視図である。

発明を実施するための最良の形態

第1図乃至第7図を参照して、本発明の第1の実施形態について説明する。

先ず、第1図に示すように、複数の偏光子50を切り出すことが可能な偏光子材料板5、複数のファラデー回転子60を切り出すことが可能なファラデー回転子材料板6、及び複数の検光子70を切り出すことが可能な検光子材料板7の各光学材料板を用意する。偏光子材料板5及び検光子材料板7としては、反射防止膜が両面に形成されたルチル単結晶板を用いている。また、ファラデー回転子材料板6としては、反射防止膜が両面に形成されたガーネット単結晶板を用いている。

偏光子材料板5のファラデー回転子材料板6に対向する光学面5aと、ファラデー回転子材料板6の偏光子材料板5に対向する光学面6aに、各光学材料板を光学素子組立体単位で切り分けるための格子状の第1の溝8を形成する。更にファラデー回転子材料板6の検光子材料板7に対向する光学面6bと、検光子材料板7のファラデー回転子材料板6に対向する光学面7aに、第1の溝8と同じパターンで第2の溝9を形成する。偏光子材料板5に形成した溝8の方向は、ルチル単結晶のC軸に対して0°及び90°の2方向とし、検光子材料板7に形成した溝9の方向は、ルチル単結晶のC軸に対して45°及び135°の2方向とした。

以上の溝形成工程後、メタルマスクを使用して、偏光子材料板5のファラデー回転子材料板6に対向する光学面5a、ファラデー回転子材料板6の偏光子材料板5及び検光子材料板7に対向する光学面6a、6b、並びに検光子材料板7のファラデー回転子材料板6に対向する光学面7aの各光学面において光透過用のアパーチャ11と成るべき領域以外の部分にメタライズ膜10を形成した。この時の、メタライズ膜10の形成法は、RFマグネトロンスパッタリング法とし、使用金属はTi/Ni/Auであり、メタライズ膜10を3層膜とした。第2図は、偏光子材料板5に形成したメタライズ膜10を示すが、ファラデー回転子材料板6、及び検光子材料板7に形成されるメタライズ膜10も同様のものである。

以上のメタライズ膜形成工程後、第3図(a)に示すように、偏光子材料板5の偏光方向に対して検光子材料板7の偏光方向が実質的に45°傾いた状態にな

るように（本実施形態の場合、第1の溝8と第2の溝9とを合わせるようにすれば良い）、各光学材料板5, 6, 7を積み重ね、溝8, 9に棒状の半田材12を挿入し、熱処理炉により熔融・固化して、第3図（b）に示すように、各光学面5a, 6a, 6b, 7aに形成されたメタライズ膜10の部分で、各光学材料板5, 6, 7を互いに半田付けした。この時に用いた半田材12は、Au-Sn（Au：50atm%；融点418℃）である。

この様に、検光子材料板7の偏光方向を偏光子材料板5の偏光方向に対して45°回転した方向とすることによって、本実施形態により得られた光学素子組立体を用いて光アイソレータを構成したとき最大の消光比が得られるので、偏光子材料板5及び検光子材料板7に上述の方向に溝8, 9を形成することによって、従来行っていた検光子側から入射し、偏光子側から出射する光のパワーを最低になるよう検光子を回転させて調整するという工程を省略することができる。

また、光学材料板同士の半田接合において、充分な接着強度を広い範囲にわたって得るためには、半田工程の際に必要な最低限の半田が各光学材料板の広い範囲にわたって形成されたメタライズ膜の全てに流れ込むことが必要となる。本実施形態では、第4図（a）に模式的に示すように、光学材料5, 6の溝8に置かれた半田材12は、熱処理炉において、加熱され液体状になった後、第4図（b）に模式的に示すように、熔融した半田材12は、溝8により光学材料板の隅々にまで行き渡り、この溝8から毛管現象により対向するメタライズ膜10間に、半田接着に必要な量だけ入り込み、その後冷却することによりメタライズ膜10の部分で半田接着が行われる。この時、余分な半田材12は溝8に残るため、光が通過する部分に半田が入り込んで入射ロスを増大させることが起こらない。尚、第5図（a）に示すように、光学材料板5, 6の接着面の一方のみに溝8を形成した変形例の場合でも、第5図（b）に示すように、第4図（b）と同様に熔融した半田12がメタライズ膜10間にのみに流れ込むため、熔融した半田12がアパーチャ11の部分に入り込むことがない。

以上の半田付け工程後、第6図（a）において点線で示すように、溝8, 9に沿って半田接合された各光学材料板5, 6, 7を切断し、半田接合された各光学材料板5, 6, 7から、第4図（b）に示すように、複数の光学素子組立体2を

切り出した。

以上のようにして得られた光学素子組立体2に、端部ホルダー40、41、永久磁石3、外部ホルダー42を半田付けすることによって第7図に示す光アイソレータ1を作製した。この時に用いられる半田材は、光学材料板を半田付けする半田材12よりも融点の低いAu-Sn (Au: 80atm%; 融点252℃) とした。

以上説明した工程により、各光学素子におけるメタライズ膜の形成、及び各光学素子同士の半田接着を大量に処理でき、工程も大幅に省略できるため、コストの低減が図れる。

尚、溝の断面形状について、本実施形態では長方形としたが、半田材が挿入でき、半田接着時の余分な半田材を保持できれば良く、三角形、台形等の多角形、或いは半円状、楕円状であっても良い。

また、本実施形態では、溝8、9を格子状に配置したが、これに限らず、第8図に示す変形例のように、溝8(9)を一方向に沿って並設しても良い。

更に、反射防止膜の形成は、溝の形成の前でも後でも良い。

また、本実施形態により得られる光学素子組立体は、偏光子、ファラデー回転子、検光子の3枚の光学素子から成るいわゆる1段型光アイソレータ用のものであるが、本発明は、1段型光アイソレータを2個接続し、6枚の光学素子から成るいわゆる2段型光アイソレータ用の光学素子組立体に対しても適用でき、更にその中間の構成の5枚の光学素子から成るいわゆる1.5段型光アイソレータ用の光学素子組立体に対しても適用できる。

次に、第9図乃至第11図を参照して本発明の第2の実施形態について説明する。

本実施形態は、メタライズ膜形成工程において形成されるメタライズ膜の形状、及び材質、並びに切断工程における光学材料板の切断箇所を除き、第1の実施形態と同じである。

第9図は3枚の光学材料板をそれぞれ光学素子1個分だけ示してある。第9図から明らかなように、本実施形態の場合、メタライズ膜形成工程で形成されるメタライズ膜10は、光学面だけでなく、溝8、9を構成する壁面80、90にも

形成されている。このメタライズ膜10は、下地膜としてCrを $0.35\mu\text{m}$ 厚に形成し、中間膜としてNiを $0.35\mu\text{m}$ 厚に形成し、接合膜としてAuを $0.15\mu\text{m}$ 厚に形成し、3層膜とした。

その後、第1の半田材(Au-Sn：融点 $280^{\circ}\text{C}$ )12により、各光学材料板5, 6, 7を半田接合した。

その後、メタライズ膜10が形成された壁面80, 90を有する部分が、各光学素子50, 60, 70の側面に段部51, 61, 71として残るように、溝8, 9の中央で、半田接合された各光学材料板5, 6, 7を切断し、複数の光学素子組立体2を得た。

次に、第10図に示すように、円柱状で、中心軸方向に直立体状の穴30が形成され、その穴30の4隅に逃げ溝31が形成され、更に表面にNiめっき膜(膜厚 $10\mu\text{m}$ )32が施された永久磁石3に、光学素子組立体2を挿入し、第2の半田材(Pb-Sn： $175^{\circ}\text{C}$ )13により、光学素子組立体2をその側面で露出したメタライズ膜10を介して永久磁石3に半田接合し、光アイソレータ1を作製した。

因みに、従来型の光アイソレータでは、光学素子組立体の半田接合部は、接合された光学素子組立体の側面には露出していない。このため、この部分を利用して、光学素子組立体と永久磁石とを半田接合することはできない。本実施形態により得られる光学素子組立体の場合、上述のように、光学素子の側面に段部51, 61, 71があり、これらの段部51, 61, 71には、メタライズ膜10があるので、半田付け工程では、第11図に示すように、段部51, 61, 71のメタライズ膜10上にも第1の半田材12は流れ込む。従って、接合された光学素子組立体2の側面に、第1の半田材12を露出させることができ、この部分で第2の半田材13によって光学素子組立体2を永久磁石3に半田接合できる。

以上述べたように、本実施形態では、各光学素子に段部を形成し、メタライズ膜を光学素子組立体の側面に露出させ、この側面のメタライズ膜に付着した第1の半田材の部分で、第2の半田材により光学素子組立体を永久磁石に半田接合させることができ、この結果、端部ホルダー及び外部ホルダーを使用することなく、光アイソレータを作製することができる。

尚、メタライズ膜の材質、及び半田材の材質は、本実施形態において使用されたものに限定されない。

次に、本発明の第3の実施形態を第12図乃至第14図を参照して説明する。

本実施形態は、より優れた特性とするために、光学面に直交する直線に対して入射光の光軸が傾くようにしたものである。

本実施形態も、基本的に第1の実施形態と同様である。

先ず、複数の偏光子50が切り出せる大きさで縦横の長さが等しく所定の厚みをもった偏光子材料板5、複数のファラデー回転子60が切り出せる大きさで縦横の長さが偏光子材料板5と等しく所定の厚みをもったファラデー回転子材料板6、及び複数の検光子70を切り出せる大きさで縦横の長さが偏光子材料板5と等しく所定の厚みを持った検光子材料板7を用意する。

次に、偏光子材料板5の片面、ファラデー回転子材料板6の両面、及び検光子材料板7の片面にメタライズ膜10を形成する。その後、偏光子材料板5、ファラデー回転子材料板6、及び検光子材料板7のメタライズ膜10が形成された面上に格子状に溝8, 9を形成し、第12図に示す様に、偏光子材料板5のメタライズ膜10が形成された面と検光子材料板7のメタライズ膜10が形成された面でファラデー回転子材料板6を挟む様にし重ね合せる。溝8, 9は、各光学材料板の端を揃えて各光学材料板を重ね合せた時に対向するように形成されている。

光学材料板を重ね合せた後、第13図(a)に示す様に、溝8, 9の位置及びアパーチャ11の位置が互いにずれるように、偏光子材料板5、ファラデー回転子材料板6、検光子材料板7の端部を各光学材料板の光学面に対し直交する線に角度 $\theta$ で交差する直線上に位置させる。その後、溝8, 9に半田材12を挿入する。このように各光学材料板を互いにずらすことにより、各光学材料板のアパーチャの同一箇所を通過する光軸が、光学材料板の光学面に直交する直線に対して角度 $\theta$ で交差するようになる。

挿入された半田材12は、熱処理炉において、加熱され液体状になった後、第13図(b)に示す様に対向するメタライズ膜10間に毛管現象によって半田接着に必要な量だけ入り込み、その後冷却することにより半田接着が行われる。このとき、余分な半田材12は溝8, 9に残るため、光透過部分に半田材12が流

れ込み入射ロスを増大させる様なことが起こらない。

次に第13図(b)に点線で示される様に、偏光子材料板5の偏光子50、1個分の光透過領域、それに対応するファラデー回転子材料板6のファラデー回転子60、1個分の光透過領域、及びそれに対応する検光子材料板7の検光子70、1個分の光透過領域の一組と、この一組の光透過領域の各々を囲む各メタライズ膜10を含む部分を、光アイソレータ1個分の光学素子組立体2として切り出す。

この様にして、第13図(c)に示す様に、半田接合された各光学材料板から複数個の光学素子組立体2を得ることができる。

本実施形態で得られた光学素子組立体2を用いて第14図に示す光アイソレータ1を構成した。この光アイソレータ1は、光学素子組立体2と、永久磁石3と、端部ホルダー40、41と、外部ホルダー43とから成る。第14図から明らかなように、本実施形態により得られた光学素子組立体2の各光学素子50、60、70は、断面形状が平行四辺形である六面体と成り、この光学素子組立体2は、永久磁石3内に配置され、永久磁石3の金属メッキされた内壁に半田接合されている。この光アイソレータ1は、従来の例えば第32図に示す様な光アイソレータの光学素子組立体2を傾けて設置したものに比べ、各光学素子50、60、70の光学面におけるメタライズ膜10部分以外の殆どの領域を使用することができる。即ち、アパーチャの大きさを同じにした場合、本実施形態により得られた光学素子組立体の方が小型化できる。更に、従来のように傾けて設置するための傾斜ホルダー43を省略できることにより、従来品に比べ小型化及び低コスト化が図れる。

次に第15図を参照して本発明の第4の実施形態について説明する。

まず、第3の実施形態と同様に、複数の偏光子50が切り出せる大きさで縦横の長さが等しく所定の厚みをもった偏光子材料板5、縦横の長さが偏光子材料板5と等しく所定の厚みをもったファラデー回転子材料板6、及び縦横の長さが偏光子材料板5と等しく所定の厚みをもった検光子材料板7を用意する。

次に、偏光子材料板5の片面、ファラデー回転子材料板6の両面、及び検光子材料板7の片面にメタライズ膜10を形成する。その後、偏光子材料板5、ファ

ラデー回転子材料板 6、及び検光子材料板 7 のメタライズ膜 10 が形成された面上に格子状に溝 8、9 を形成し、第 12 図に示すものと同様に、偏光子材料板 5 のメタライズ膜 10 が形成された面と検光子材料板 7 のメタライズ膜 10 が形成された面でファラデー回転子材料板 6 を挟む様にし重ね合わせる。ここで各光学材料板 5、6、7 の溝 8、9 は、第 15 図 (a) に示す様に、各光学材料板 5、6、7 の端部をそろえた時に各光学材料板の光学面に対し直交する直線に角度  $\theta$  で交差する直線上に並ぶ様に形成してある。このように構成することにより、各光学材料板のアパーチャの同一箇所を通過する光軸が、各光学材料板の光学面に直交する直線に対して角度  $\theta$  で交差するようになる。

各光学材料板 5、6、7 を重ね合せた後、溝 8、9 に半田材 12 を挿入する。挿入された半田材 12 は、熱処理炉において、加熱され液体状になった後、第 15 図 (b) に示す様に、対向するメタライズ膜 10 間に毛管現象によって半田接着に必要な量だけ入り込み、その後冷却することにより半田接着が行われる。

次に第 15 図 (b) に点線で示される様に、偏光子材料板 5 の偏光子 50、1 個分の光透過領域、それに対応するファラデー回転子材料板 6 のファラデー回転子 60、1 個分の光透過領域、及びそれに対応する検光子材料板 7 の検光子 70、1 個分の光透過領域の一組と、この一組の光透過領域の各々を囲む各メタライズ膜 10 を含む部分を、光アイソレータ 1 個分の光学素子組立体 2 として切り出す。

この様にして、第 15 図 (c) に示す様に、半田接合された各光学材料板から複数個の光学素子組立体 2 を得ることができる。

第 16 図は、本発明の第 5 の実施形態による光学素子組立体の製造方法の工程を示す断面図である。

本実施形態は、第 3 の実施形態と近似している。しかし、第 3 の実施形態では、メタライズ膜 10 を形成した後に溝 8、9 を形成したが、本実施形態では、その逆に成っている。即ち、本実施形態では、先ず、偏光子材料板 5 の片面、ファラデー回転子材料板 6 の両面、及び検光子材料板 7 の片面に溝 8、9 を形成する。ここで溝 8、9 は、各光学材料板の端部を揃えて各光学材料板を重ね合せた時に対向する位置になるように形成する。この溝 8、9 を形成した後で、偏光子材料板 5 の片面、ファラデー回転子材料板 6 の両面、及び検光子材料板 7 の片面にメ

タライズ膜 10 を形成する。

その後、第 3 の実施形態と同様の工程を行なうことにより、複数個の光学素子組立体 2 を一時に製造することができる。

第 17 図は本発明の第 6 の実施形態による光学素子組立体の製造方法の工程を示す断面図である。

本実施形態は、第 4 の実施形態と近似している。しかし、第 4 の実施形態では、メタライズ膜 10 を形成した後に溝 8, 9 を形成したが、本実施形態では、その逆に成っている。即ち、本実施形態では、先ず、偏光子材料板 5 の片面、ファラデー回転子材料板 6 の両面、及び検光子材料板 7 の片面に溝 8, 9 を形成する。ここで溝 8, 9 は、第 17 図 (a) に示すように、各光学材料板 5, 6, 7 の端部を揃えた時に各光学材料板の光学面に対し直交する直線に角度  $\theta$  で交差する直線上に並ぶ様に形成する。この溝 8, 9 を形成した後で、偏光子材料板 5 の片面、ファラデー回転子材料板 6 の両面、及び検光子材料板 7 の片面にメタライズ膜 10 を形成する。

その後、第 4 の実施形態と同様の工程を行なうことにより、複数個の光学素子組立体 2 を一時に製造することができる。

尚、第 3 乃至第 6 の実施形態において、半田材 12 を溝 8, 9 に挿入して半田接合した図を示したが、メタライズ膜 10 上に蒸着法、スパッタリング法またはイオンプレーティング法による半田材からなる薄膜を形成して半田接合しても良く、半田材の設置方法に関して、第 3 乃至第 4 の実施形態に制限されない。

また、第 3 乃至第 6 の実施形態において、溝 8, 9 のずれる方向は、第 12 図における X 軸方向のみでも、Y 軸方向のみでも、X 軸と Y 軸とに挟まれた任意の方向でもよい。

また、第 3 乃至第 6 の実施形態において、偏光子材料板 5 及び検光子材料板 7 は、ルチル単結晶からなる光学材料板を用いた。また、ファラデー回転子材料板 6 は、ガーネット単結晶からなる光学材料板を用いた。これらの偏光子材料板 5、ファラデー回転子材料板 6、及び検光子材料板 7 の各々の縦横のサイズは、11 mm × 11 mm とした。また偏光子材料板 5 及び検光子材料板 7 の厚みは 0.4 mm とし、ファラデー回転子 6 の厚みは 0.485 mm とした。また、各光学材

料板の光学面に対して直交する直線と、この直線と交差する直線とのなす角度  $\theta$  は、4度とした。

次に、表面改質工程を付加したことを特徴とする第7の実施形態について説明する。

前述の実施形態においては、切断工程をする際に、切削粉、冷却水、光学材料固定用ワックス等の異物が、半田接合された光学材料板の間に入り込み、洗浄してもこの異物を取り除くことができずに、歩留まりが低下することがあったが、本実施形態は、これを防止するものである。

第18図乃至第20図を参照して、第7の実施形態について説明する。第18図に示すように、板面が11mm×11mmのサイズのルチル単結晶からなる板状の光学材料板を偏光子材料板5及び検光子材料板7とし、又、11mm×11mmの同一面積を持つ板状のガーネットをファラデー回転子材料板6とした。これらの光学材料板に対して、第1の実施形態と同様にして、溝8、9を形成し、次に、メタライズ膜10を形成した。その後、第19図(a)，(b)に示すように、各光学材料板5，6，7を半田材12により、互いに接合した。

この後、イソプロピルアルコールを溶媒として第20図に示す構造式を持つパーフルオロアルキルシラン〔東芝シリコン(株)製〕の0.5wt%溶液に半田接合した光学材料板を30分間ディッピングし、120℃で1時間乾燥した。このようにして、各光学材料板5，6，7の表面に撥水性を有する表面改質材を塗布した。

その後、第19図(c)に示すように、ダイシングソーにより、半田接合した光学材料板を溝8，9の部分で切断し、1.6mm×1.6mmのサイズの光アイソレータ25個分の光学素子組立体2を切り出した。

次に、本実施形態の作用効果について説明する。光学材料表面に形成されている反射防止膜として、通常、2～3層の屈折率が異なる材料の薄膜が形成されている。このうちで、最表面に形成される材料として多く使用されているものは、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、及び $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜である。これらの材料は、表面エネルギーが高く、非常に活性であり、切削粉、水垢、ワックス等の塵埃に対して、強固に付着するよう反応する。

従って、撥水性の表面改質剤を反射防止膜の表面に塗布することにより、表面エネルギーを下げ、冷却水やワックスと表面改質剤との接触角を大きくし、光学材料板間の隙間に冷却水やワックスが侵入するのを防ぐことができる。更に、切削粉が侵入した場合も、表面改質剤によって強固に付着せず、簡単な洗浄によって除去できる。

ここで、撥水性の表面改質剤としては、ふっ素系の樹脂に反応性の高い基を末端に持たせ、基材との密着力を高めたものが望ましい。この末端基として、反射防止膜として使用されている  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、及び  $\text{Al}_2\text{O}_3$  に最も強力に反応するものには、一般に、カップリング剤と呼ばれるものが有効で、シラン系カップリング剤及びチタネート系カップリング剤がある。この中で、シラン系カップリング剤は、酸化物表面の  $(-\text{OH})$  基、 $(-\text{COOH})$  基と化学反応し、強固に結合するため、表面改質剤として非常に好ましい。

更に、炭素の直鎖の官能基がふっ素に置換されたものは、フルオロアルキルシランと呼ばれ、反射防止膜に塗布した場合、表面に強固に結合しつつ、表面エネルギーを下げるため、切断時の切削粉、冷却水、及び光学材料固定用ワックスが、隙間に入り込むのを防止し、更に、一旦、侵入した上記の塵においても、簡単な洗浄により除去でき、特に望ましい。

一般に、これらのカップリング剤の働きは、被処理面上を1分子厚さに被覆できれば、十分な効果が得られ、それ以上に厚く被覆しても効果は変わらない。従って、溶剤により、0.01～5wt%程度の濃度で希釈した溶液中に、半田接合した光学材料をディッピングした後、加熱処理することで、光学材料表面の改質処理が行える。

本実施形態の有効性を確認するために、本実施形態と一部工程の異なる製造方法（以下、「比較例」という）により光学素子組立体を作製した。この比較例は、パーフルオロアルキルシランの塗布を行わずに切断を行った点のみ本実施形態と異なる。

本実施形態及び比較例により作製された光学素子組立体をマグネット中に固定して光アイソレータを構成し、この挿入損失を比較した。

本実施形態及び比較例に係る光アイソレータの挿入損失のヒストグラムを第2

1 図に示す。

結晶自身の透過損失としては、ルチル単結晶 1 枚当り 0. 0 1 d B であり、ガーネット単結晶 1 枚は、0. 1 5 d B であるため、3 枚の結晶で 0. 1 7 d B の損失となり、それ以上の損失の殆どが、切断工程において光学材料板の光学面に付着した切削粉、水垢、ワックス等の塵による損失となる。

第 2 1 図から明らかなように、比較例に係る光アイソレータでは、損失が大きく、しかも、ばらついているのに対して、本実施形態に係る光アイソレータでは、殆ど結晶自身の損失分だけであり、ほぼ揃っている。これは、塵が各素子の隙間に残っておらず、本実施形態の効果が十分であったことを示している。

以上、述べたように、本実施形態によれば、半田接合された光学材料板の表面に撥水性の表面改質剤を塗布し、その後に切断することにより、切削粉、冷却水、及び光学材料固定用ワックスが、この隙間に入り込むのを防止し、更に、一旦、侵入した異物についても、簡単な洗浄により除去でき、歩留を向上した光学素子組立体の製造方法を提供できる。

尚、本実施形態において、表面処理剤の処理方法として、ディッピング法を使用した但、本実施形態の意図するところは、光学材料板表面を表面処理することにより、処理方法について、本実施形態のものに制限されない。

更に、本実施形態において、フルオロアルキルシランとして、直鎖炭素数 7 のものを使用した但、製法により、この直鎖炭素数を変更したものも合成でき、本実施形態と同様な効果が得られるため、フルオロアルキルシランの直鎖炭素数について、本実施形態のものに制限されない。

次に本発明の第 8 の実施形態について詳細に説明する。本実施形態は、第 7 の実施形態と同様の目的を有するものである。

第 2 2 図乃至第 2 8 図を参照して、先ず、第 2 2 図に示すように、1 1 m m × 1 1 m m のサイズのルチル単結晶（厚さ 1 m m）からなる光学材料板を偏光子材料板及 5 び検光子材料板 7 とし、また、1 1 m m × 1 1 m m（厚さ 0. 5 m m）のガーネットをファラデー回転子材料板 6 とした。偏光子材料板 5 は、複数の偏光子 5 0 を切り出すことができる大きさのものであり、同様に、ファラデー回転子材料板 6 も複数のファラデー回転子 6 0 を切り出すことができる大きさのもの

であり、更に、検光子材料板 7 も複数の検光子 70 を切り出すことができる大きさのものである。

偏光子材料板 5 のファラデー回転子材料板 6 に対向する光学面 5 a、及びファラデー回転子材料板 6 の偏光子材料板 5 に対向する光学面 6 a に、それぞれ、縦及び横のピッチが 1.6 mm である第 1 の溝 8 を形成し、更に、ファラデー回転子材料板 6 の検光子材料板 7 に対向する光学面 6 b、及び検光子材料板 7 のファラデー回転子材料板 6 に対向する光学面 7 a に、それぞれ、第 1 の溝 8 と同じパターンの第 2 の溝 9 を形成した。この第 2 の溝 9 は、偏光子材料板 5 の偏光方向に対して検光子材料板 7 の偏光方向が実質的に  $45^\circ$  傾いた状態にある時に、第 1 の溝 8 と対向するように成っている。第 1 及び第 2 の溝 8, 9 により、1.6 mm 角の光学素子組立体 2 が 25 組得られるようにした。

以上の溝形成工程後、第 23 図に示すように、偏光子材料板 5 のファラデー回転子材料板 6 に対向する光学面 5 a、ファラデー回転子材料板 6 の偏光子材料板 5 及び検光子材料板 7 に対向する光学面 6 a, 6 b、並びに検光子材料板 7 のファラデー回転子材料板 6 に対向する光学面 7 a の各光学面に、メタライズ膜 10 を形成した。この時、メタライズ膜 10 は、各光学面のアパーチャ 11 と成るべき領域を覆わないように形成される。このメタライズ膜 10 により、各光学面において、アパーチャ 11 の範囲が定められるように成っている。また、このメタライズ膜 10 は、アパーチャ 11 となるべき領域を完全に取り囲むように形成されている。このようにメタライズ膜 10 を形成することにより、後述する半田付け工程において、相対向するメタライズ膜 10 間に半田層 12' が形成され、これらメタライズ膜 10 及び半田層 12' により、アパーチャ 11 の部分に生じた隙間 13 は完全に塞がれる。従って、第 31 図に示すように、アパーチャ 11 の部分に生じた隙間 13 に通じる開口が構成されることがなく、後述する切断工程において、異物 16 が隙間 13 に侵入することがない。

本実施形態においては、メタライズ膜 10 の形成をスパッタリングにより行った。このスパッタリングの際に、第 24 図に示すメタルマスク 140 を用いた。このメタルマスク 140 は、アパーチャ 11 となるべき領域を覆う円板状のマスク部 141 と、マスク部 141 同士を連結する棒状の橋部 142 と、これらを支持

するフレーム部143とから成り、勿論、マスク部141と橋部142との間は、空間144と成っている。橋部142の光学材料板側面142aは、マスク部141の光学材料板側面141aよりも、第24図上、低く成っており、従って、マスク部141がアパーチャ11となるべき領域を覆っている時、橋部142は、光学面から離れるように成っている。このメタルマスク140のマスク部141の直径は $\phi 1.45$  mmであり、橋部142の幅は0.2 mmである。また、マスク部141及びフレーム部143の厚みは0.2 mmであり、橋部142の厚みは0.1 mmである。

以上のメタライズ膜形成工程後、第25図(a)に示すように、第1及び第2の溝8, 9にそれぞれ半田材12を配置し、偏光子材料板5の偏光方向に対して検光子材料板7の偏光方向が実質的に $45^\circ$ 傾いた状態になるように、偏光子材料板5、ファラデー回転子材料板6、及び検光子材料板7を積み重ね、この状態でこれらの光学材料板を熱処理炉(図示せず)内に入れて半田材12を加熱する。加熱されて液体状になった半田材12は、第25図(b)に示すように、毛管現象により相対向するメタライズ膜10の間に流れ込む。その後、加熱を止めると半田材12は固まり半田層12'と成り、この半田層12'により偏光子材料板5、ファラデー回転子材料板6、及び検光子材料板7は、メタライズ膜10の部分で互いに接合される。尚、本実施形態の場合、検光子材料板7のファラデー回転子材料板6に対向する面にも第2の溝9が形成され、しかもこの第2の溝は、偏光子材料板5の偏光方向に対して検光子材料板7の偏光方向が実質的に $45^\circ$ 傾いた状態にある時に第1の溝8と対向するように形成されているので、第1の溝8と第2の溝9とを合わせるようにして偏光子材料板5、ファラデー回転子材料板6、及び検光子材料板7を積み重ねれば、検光子材料板7の偏光方向が偏光子材料板5の偏光方向に対して実質的に $45^\circ$ 傾いた状態になるように成っている。

以上の半田付け工程後、第25図(b)に示すように、半田接合された光学材料板5, 6, 7を、第1及び第2の溝8, 9の部分で切断する。この切断工程により、第26図に示すように、半田接合された光学材料板から複数の光学素子組立体2が切り出される。

本実施形態においては、光学材料板5, 6, 7のアパーチャ11となるべき領

域を完全に取り囲むように光学材料板 5、6、7 の光学面上にメタライズ膜 10 が形成されるので、半田接合された光学材料板 5、6、7 を側面から見たとき、アパーチャ 11 の周囲はすべてメタライズ膜 10 及び半田層 12' によって遮蔽されている。このため、アパーチャ 11 の部分に生じた隙間に通じる開口が構成されることがなく、従って、半田接合された光学材料板 5、6、7 を切断する時に、切削粉、冷却水、固定用ワックス等の異物がアパーチャ 11 の部分に生じた隙間に侵入することがない。

本実施形態においては、光学材料板 5、6、7 同士の接着力を高めて信頼性を向上させるために、光学材料板 5、6、7 の表面に形成されている反射防止膜をアパーチャ 11 となるべき領域を除いてスパッタエッチングした後に、メタライズ膜 10 をスパッタリングにより形成するように成っている。このスパッタエッチングの際のアパーチャ 11 となるべき領域のマスクとしてフォトリジスト膜を用いると、このフォトリジスト膜は、スパッタエッチングに耐えられない。従って、このスパッタエッチングにおいては、メタルマスクを使用しなければならない。このメタルマスクは、メタライズ膜をスパッタリングにより形成する際にも用いられるが、この従来のメタルマスクを用いては、メタライズ膜の形状をアパーチャとなるべき領域を完全に取り囲むような形状にすることはできない。なぜならば、メタルマスクには、アパーチャを覆うマスク部分を支持するための橋部が必要であり、この橋部に接する光学材料板の部分には、メタライズ膜が形成されないからである。この点に関し、本発明者は、鋭意研究の結果、解決策を見いだした。即ち、アパーチャを覆うメタルマスクのマスク部が光学材料板の光学面と接触している状態において、橋部が光学面から離れるようにメタルマスクを構成することにより、橋部の直下にある光学面にもメタライズ膜が形成されることを見いだした。このようにメタライズ膜が形成されるのは、橋部が光学面から僅かに離れていれば、めっき材から飛来する粒子が橋部の下側に回り込んで橋部直下の光学面にも付着するからである。

本実施形態の有効性を証明するために、本実施形態と一部工程の異なる製造方法（以下、「比較例」という）により光学素子組立体を製造した。本実施形態と比較例とでは、メタライズ膜形成工程において使用するメタルマスクが異なるだ

けであり、これ以外の工程は同じである。

比較例において、使用されるメタルマスクは、第27図に示されるものであり、正方向に仕切られた光学面（図示せず）の四隅にメタライズ膜を形成するものである。第27図において、メタルマスク150のハッチングのしていない部分は、光学面上にメタライズ膜を形成するための穴151であり、この穴151に囲まれたハッチング部分は、アパーチャとなるべき領域を覆うマスク部152である。穴151は、正方形であり、その対角線の長さは、1.5mmである。このメタルマスクを使用して形成されたメタライズ膜10は第33図のようになる。

本実施形態及び比較例により作成された光学素子組立体をそれぞれマグネットの中に固定し、挿入損失を比較した。

本実施形態により得られた光学素子組立体を用いた光アイソレータ（以下、「本実施形態に係る光アイソレータ」という）、及び比較例により得られた光学素子組立体を用いた光アイソレータ（以下、「比較例に係る光アイソレータ」という）の挿入損失のヒストグラムを第28図に示す。

結晶自身の透過損失としては、ルチル単結晶1枚当たり0.01dBであり、ガーネット単結晶1枚は0.15dBであるため、3枚の結晶で0.17dBの損失となり、それ以上の損失の殆どが、切削粉、水垢、ワックス等の異物による損失となる。

第28図から明らかなように、比較例に係る光アイソレータでは損失が大きく、しかもばらついているのに対して、本実施形態に係る光アイソレータでは殆ど結晶自身の損失分だけであり、ほぼ揃っている。

これは、異物がアパーチャに生じた隙間に存在せず、本実施形態の効果が十分であったことが分かる。

尚、本実施形態の特徴部分は、アパーチャとなるべき領域を完全に取り囲むようにメタライズ膜を形成する点にあり、メタライズ膜形成工程は、本実施形態のようなスパッタリングによるメタライズ膜形成工程に限られない。これ以外のメタライズ膜の形成法としては、例えば、光学面全面に形成されたメタライズ膜上にフォトレジストによるパターンを形成した後、エッチングによりメタライズ膜の不要部分を除去するフォトエッチング法や、予め光学面のメタライズ膜を形成

する必要のない部分にフォトリジストを形成し、その後、光学面全面にメタライズ膜を形成し、レジスト膜とその上に形成されたメタライズ膜を除去するリフトオフ法によって行なうこともできる。

また、本実施形態のメタライズ膜形成工程において使用されたメタルマスクはあくまでも一例であり、本発明において用いられるメタルマスクは、スパッタリング時において、橋部が光学面から離れていれば良く、本実施形態において使用されたメタルマスクの形状に限定されない。更に、アパーチャの形状は円形以外に、多角形、ダ円形でも良く、アパーチャの形状は、本実施形態のものに限定されない。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、半導体レーザを光源とした光通信システムや、半導体レーザを使用した光応用機器等において使用される光アイソレータの光学素子組立体の製造方法として優れている。

### 請求の範囲

1. 偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置されることにより構成されている光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法であって、

複数の前記偏光子を切り出すことが可能な偏光子材料板、複数の前記ファラデー回転子を切り出すことが可能なファラデー回転子材料板、及び複数の前記検光子を切り出すことが可能な検光子材料板の少なくとも3枚の光学材料板を用意し、前記偏光子材料板の前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面、前記ファラデー回転子材料板の前記偏光子材料板及び検光子材料板に対向する光学面、並びに前記検光子材料板の前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面の各光学面において光透過用のアパーチャと成るべき領域以外の部分にメタライズ膜を形成するメタライズ膜形成工程と、

該メタライズ膜形成工程後、前記偏光子材料板の偏光方向に対して前記検光子材料板の偏光方向が実質的に $45^\circ$ 傾いた状態になるように前記各光学材料板を積み重ね、前記各光学面に形成されたメタライズ膜の部分で、前記各光学材料板を互いに半田付けする半田付け工程と、

該半田付け工程後、前記各光学材料板を切断して、複数の前記光学素子組立体を切り出す切断工程と

を有することを特徴とする光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

2. 前記半田付け工程の前に、前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面と前記偏光子材料板に対向する光学面の内、少なくとも一方の光学面に、前記各光学材料板を前記光学素子組立体単位で切り分けるための第1の溝を形成し、更に前記検光子材料板に対向する光学面と前記ファラデー回転子材料板に対向する光学面の内、少なくとも一方の光学面に、前記第1の溝と同じパターンの第2の溝を形成する溝形成工程を付加し、前記切断工程において、前記第1及び第2の溝の部分で前記各光学材料板を切断することを特徴する請求の範囲第1項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

3. 前記溝形成工程の後に前記メタライズ膜形成工程が行われ、該メタライズ膜形成工程において、前記メタライズ膜を前記第1及び第2の溝を構成する壁面に

も形成し、前記切断工程において、前記メタライズ膜が形成された壁面を有する部分が前記各光学素子の側面に段部として残るように前記第1及び第2の溝の部分をそれらの中央部で切断することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

4. 偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置され、前記各光学素子がそれらの光学面のアパーチャの周辺に形成されたメタライズ膜を介して半田接合されている光アイソレータ用光学素子組立体において、前記各光学素子の側面に段部が形成され、該段部にメタライズ膜が形成され、該段部に形成されたメタライズ膜を介して永久磁石のめっき部に半田接合されることを特徴とする光アイソレータ用光学素子組立体。

5. 前記半田付け工程において、前記メタライズ膜により範囲を定められた前記各光学材料板のアパーチャの同一箇所を通過する光軸が前記光学面に直交する直線に対して傾くように、前記各光学材料板を積み重ね、この状態で前記各光学材料板を前記メタライズ膜の部分で半田付けし、前記切断工程において、前記光軸に沿って前記各光学材料板を切断することを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

6. 偏光子、ファラデー回転子、及び検光子の少なくとも3つの光学素子が一光軸上に整列させて配置され、前記各光学素子がそれらの光学面のアパーチャの周辺に形成されたメタライズ膜を介して半田接合されている光アイソレータ用光学素子組立体において、前記各光学素子の光学面に直交する直線が、前記各アパーチャの同一箇所を通過する光軸に対して傾いており、前記各光学素子の側面が、同一平面上で並び且つ前記光軸と平行であることを特徴とする光アイソレータ用光学素子組立体。

7. 前記半田付け工程の後に、前記各光学材料板の光学面に撥水性を有する表面改質剤を塗布する表面改質工程を行い、該表面改質工程の後に、前記切断工程を行うようにしたことを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

8. 前記表面改質工程において用いられる表面改質剤が、シラン系カップリング剤であることを特徴とする請求の範囲第7項記載の光アイソレータ用光学素子組

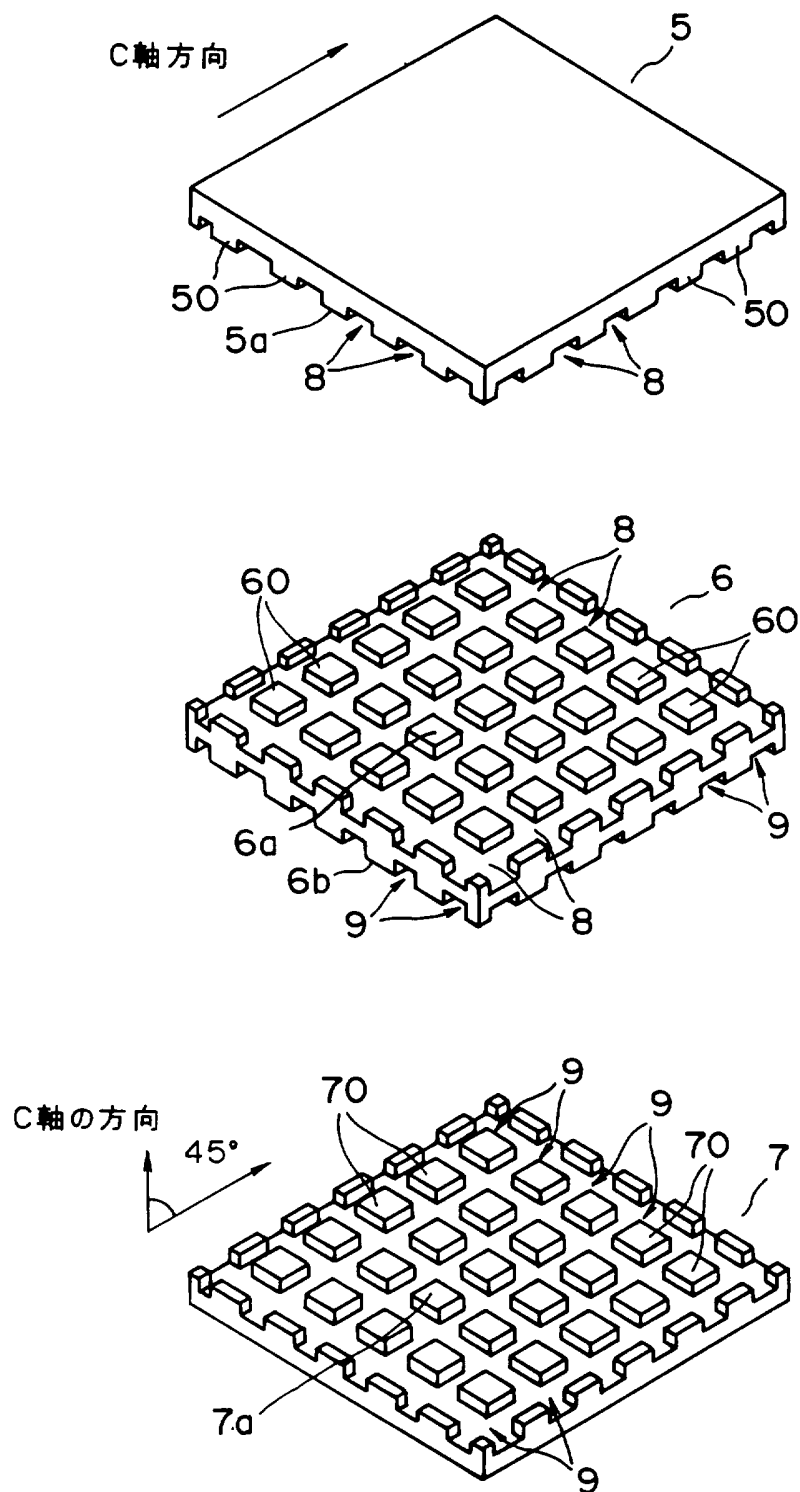
立体の製造方法。

9. 前記表面改質工程において用いられる表面改質剤が、フルオロアルキルシランであることを特徴とする請求の範囲第7項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

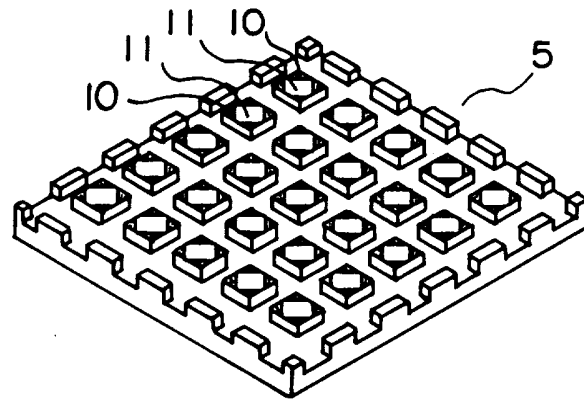
10. 前記メタライズ膜形成工程において、前記メタライズ膜によって範囲を定められる前記アパーチャが該メタライズ膜により完全に取り囲まれるように、前記メタライズ膜を形成することを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

11. 前記メタライズ膜形成工程において前記メタライズ膜の形成のために使用されるメタルマスクが、前記アパーチャと成るべき領域を覆うマスク部と、該マスク部同士を接続する橋部とを有し、且つ前記マスク部が前記アパーチャと成るべき領域を覆っている時に、前記橋部が前記光学面から離れるように形成されているものであることを特徴とする請求の範囲第10記載の光アイソレータ用光学素子組立体の製造方法。

第 1 図

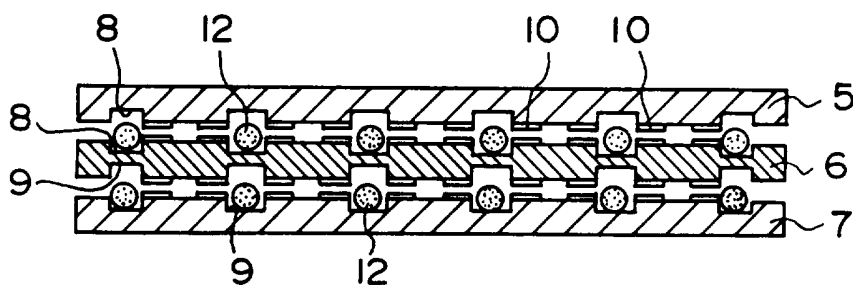


第 2 図

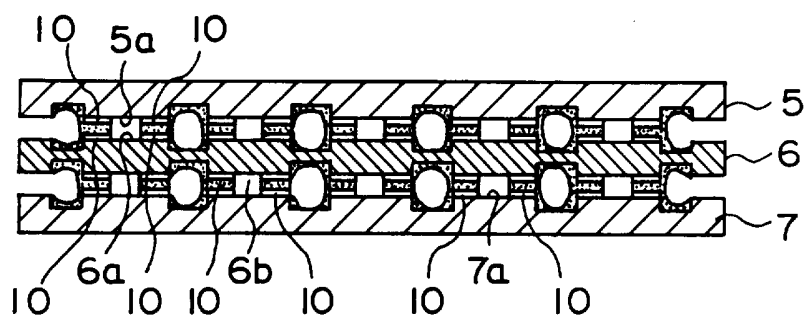


第 3 図

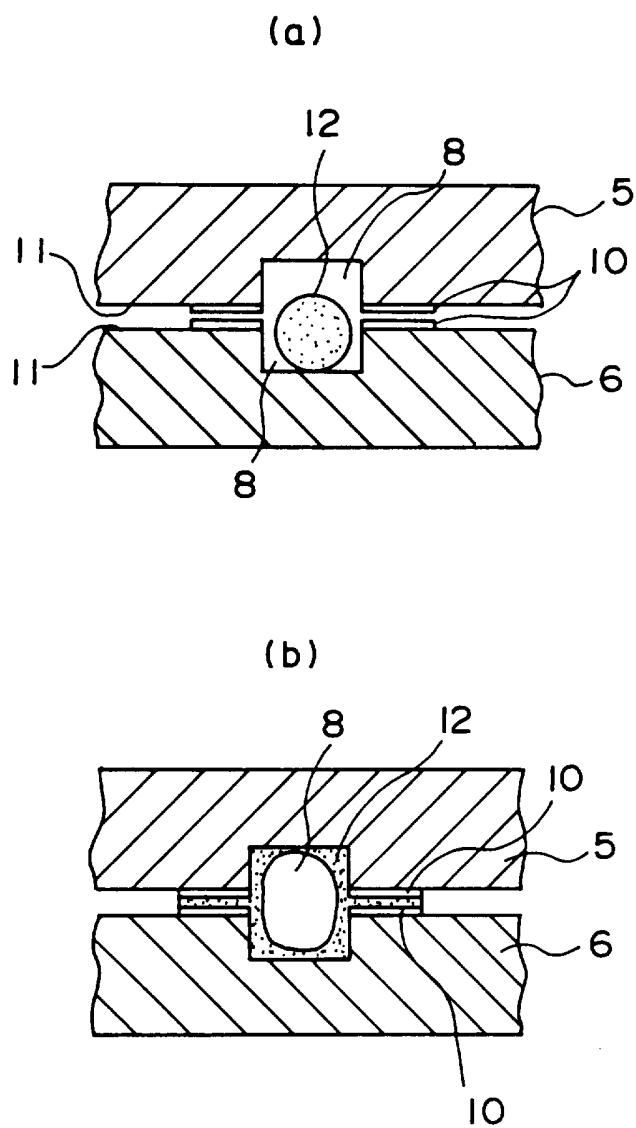
(a)



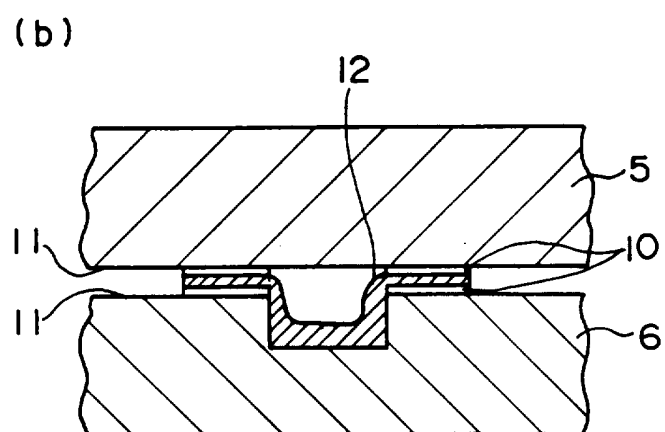
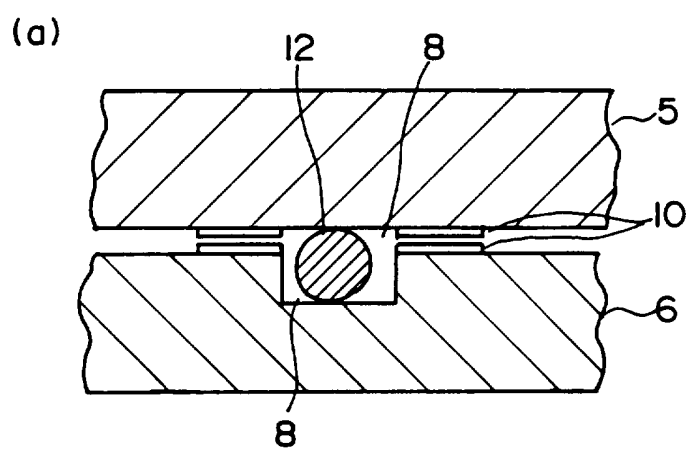
(b)



第 4 図

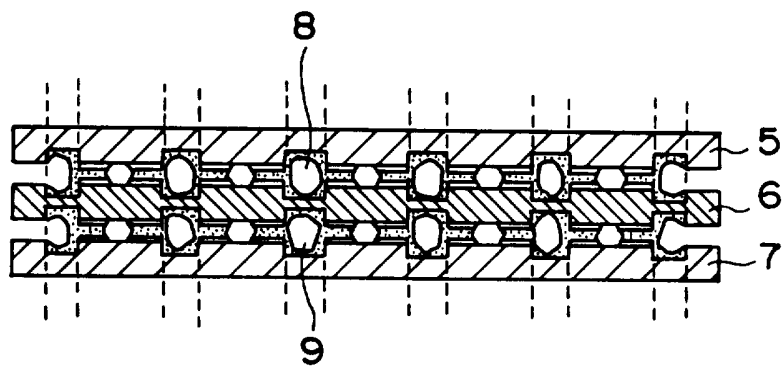


第 5 図

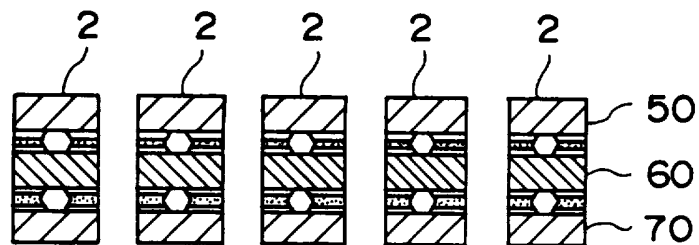


第 6 図

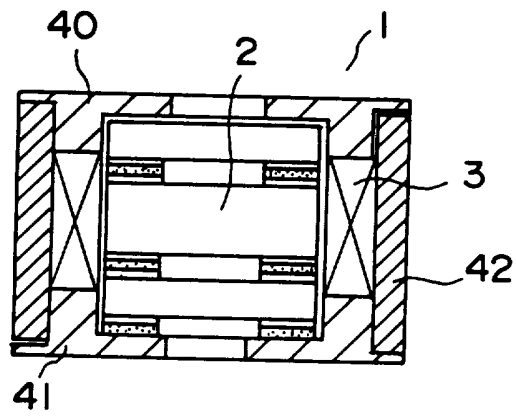
(a)



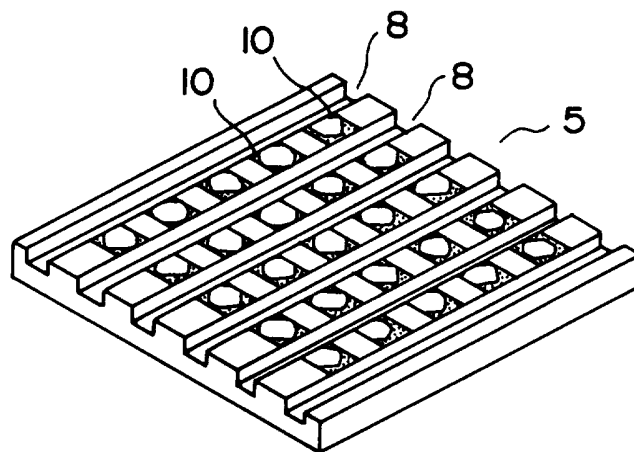
(b)



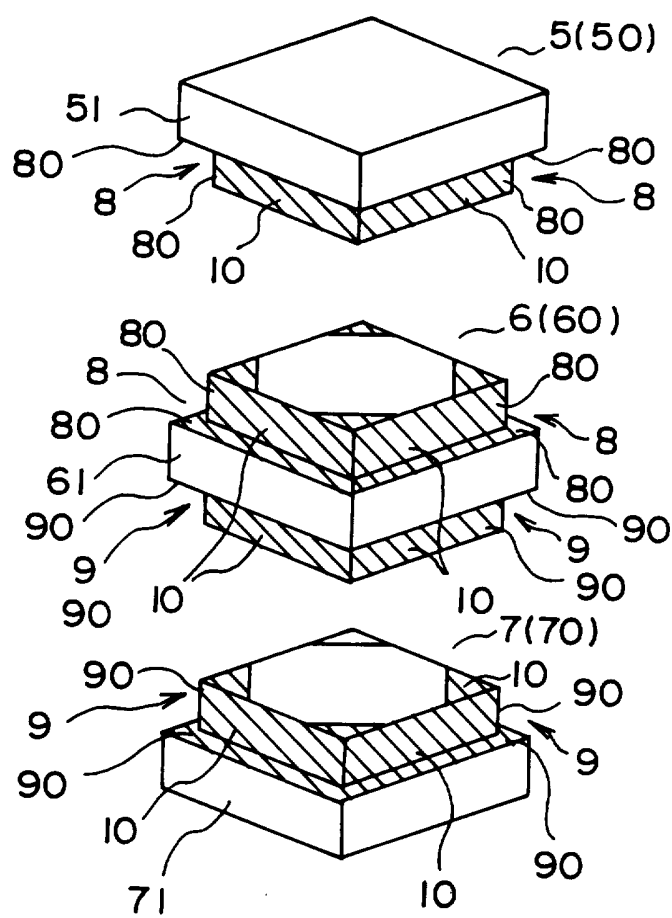
第 7 図



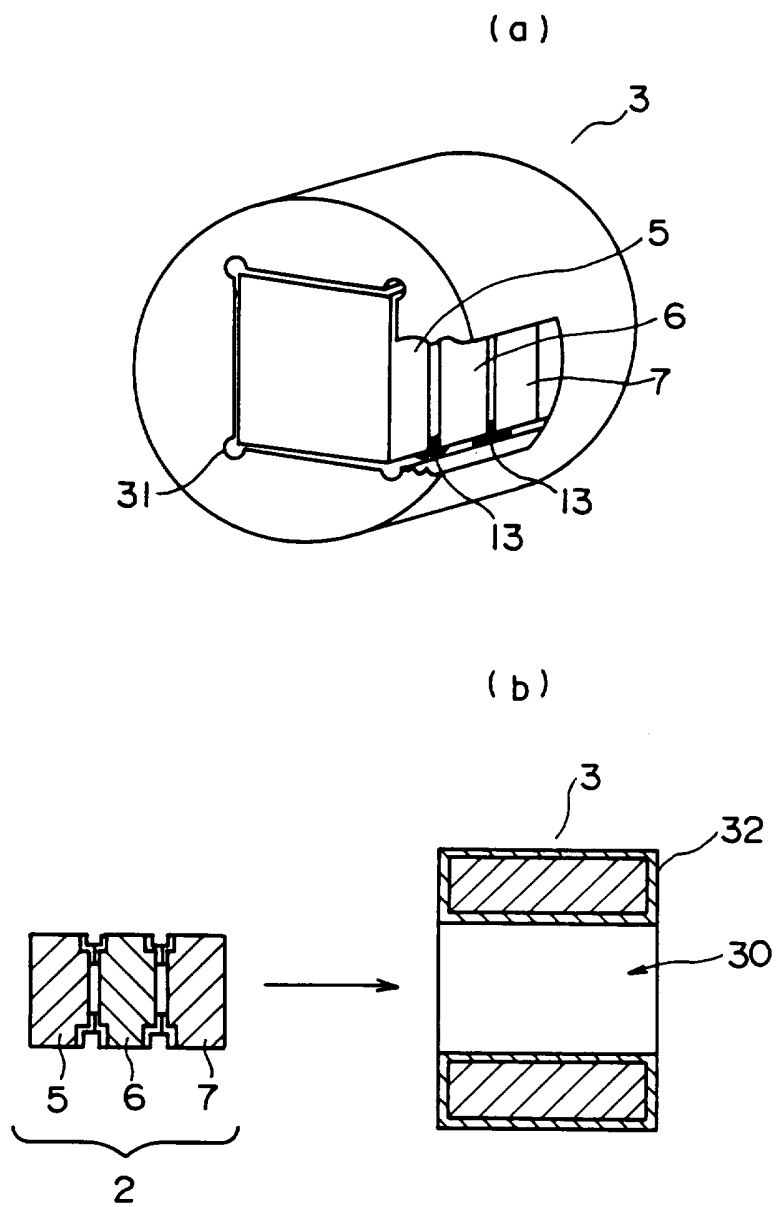
第 8 図



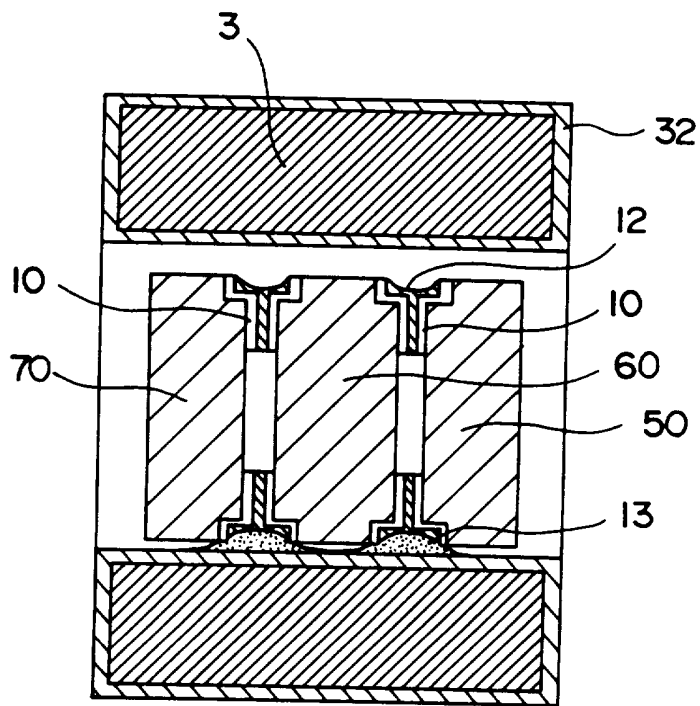
第 9 図



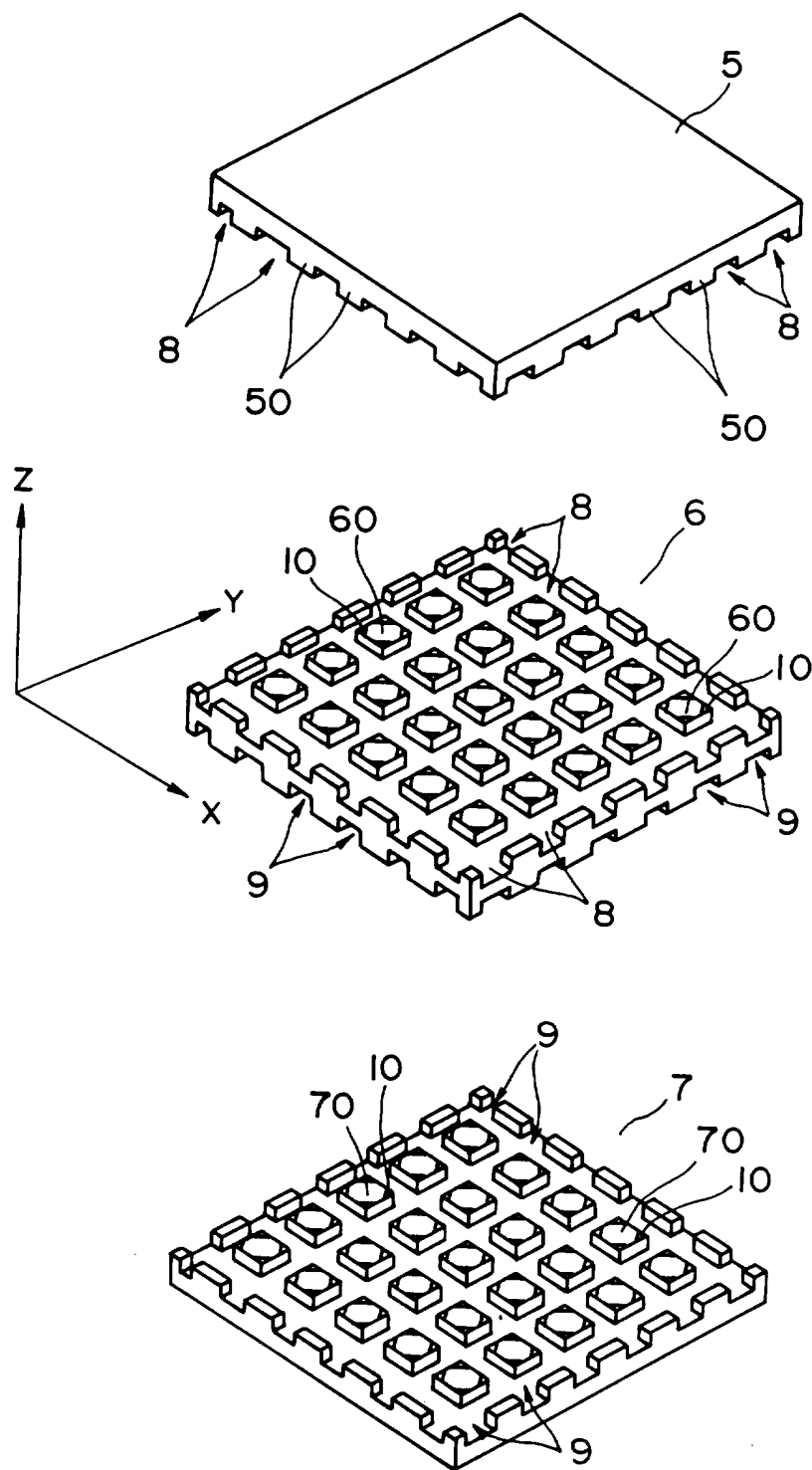
第 10 図



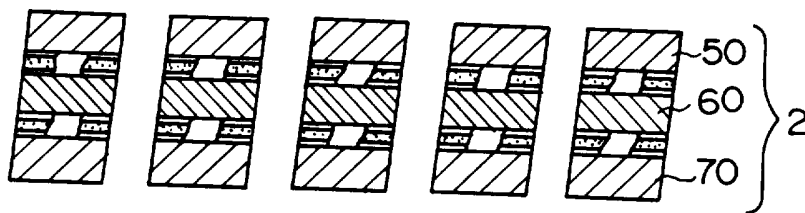
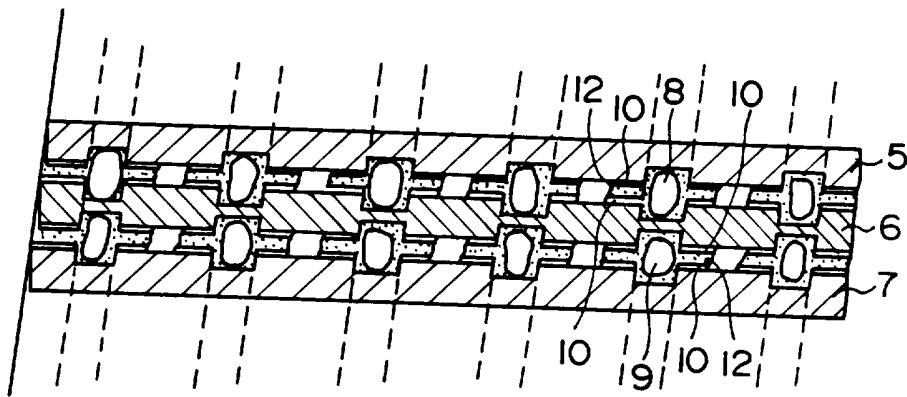
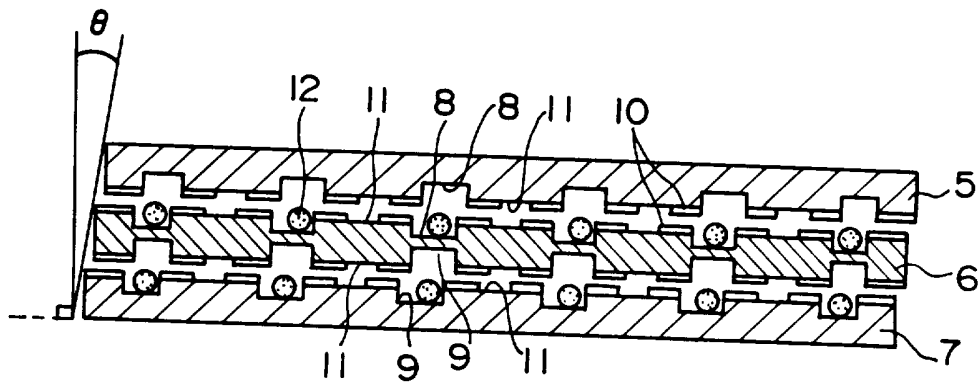
第 11 図



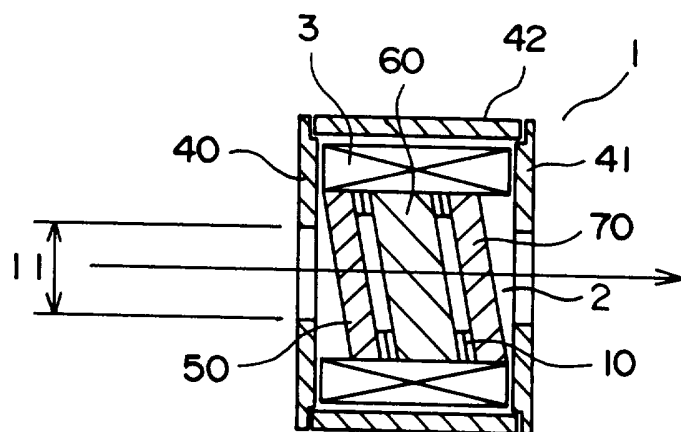
第 12 図



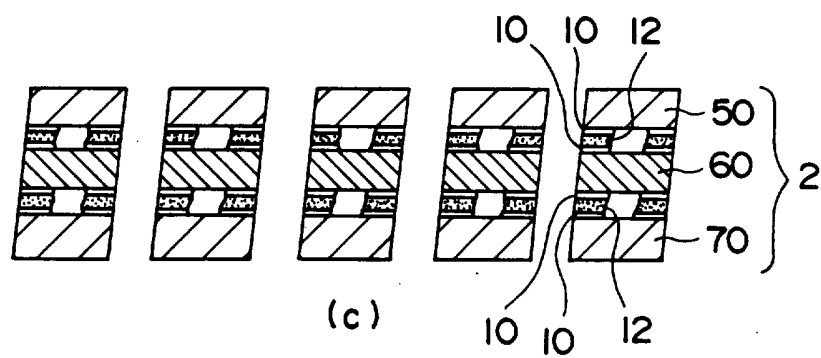
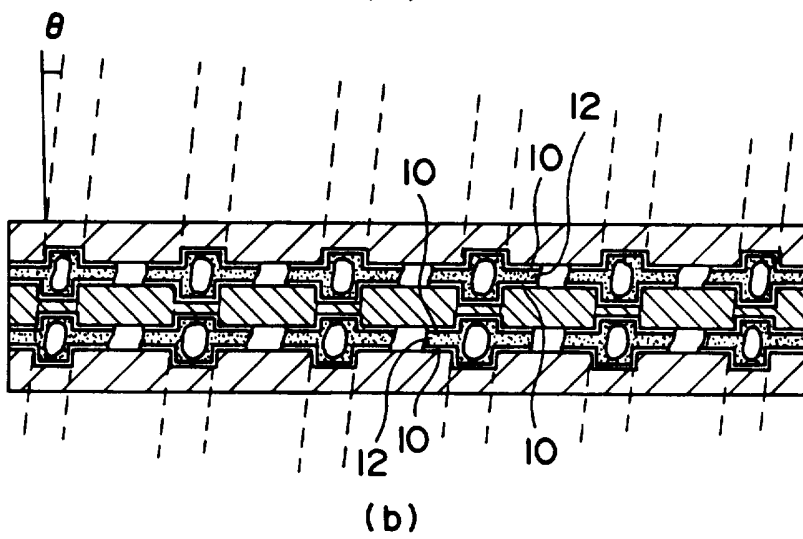
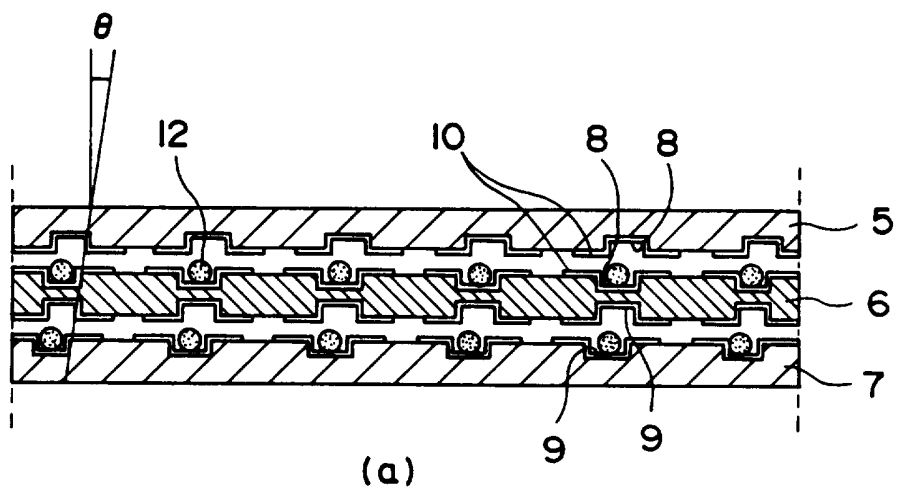
第 13 図



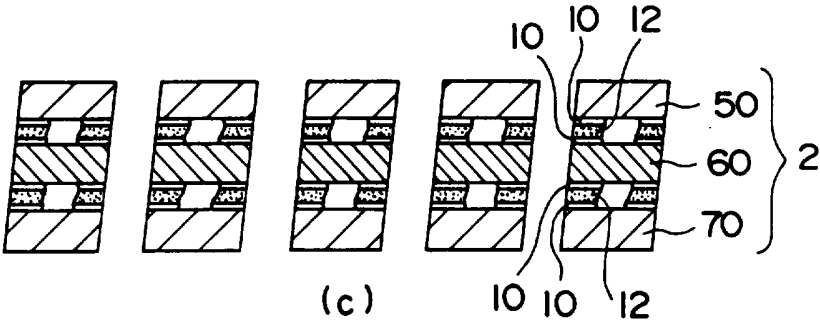
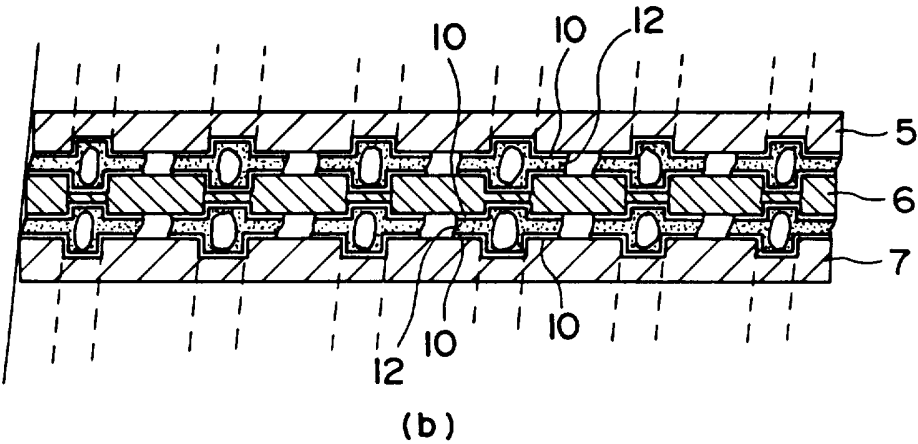
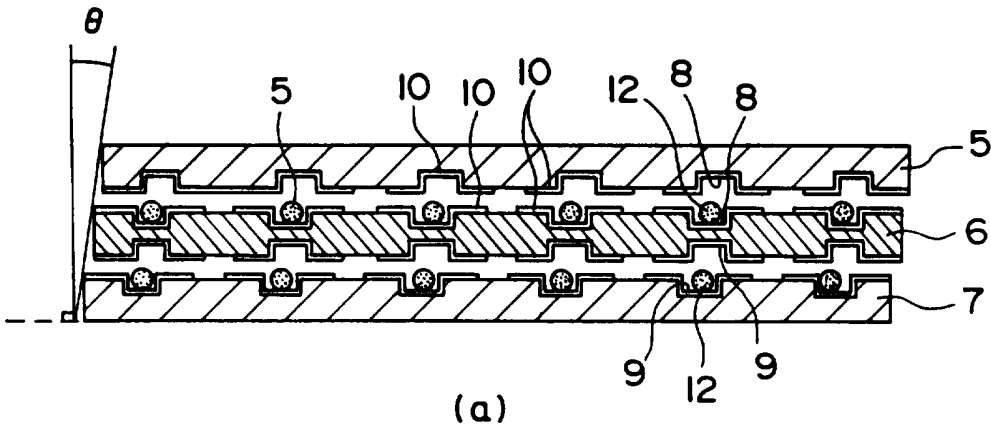
第 14 図



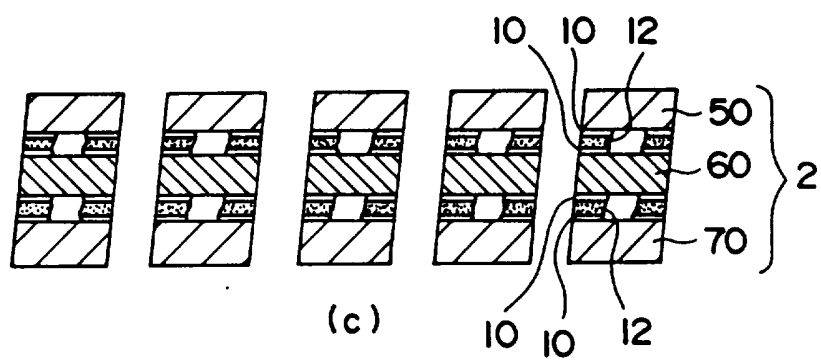
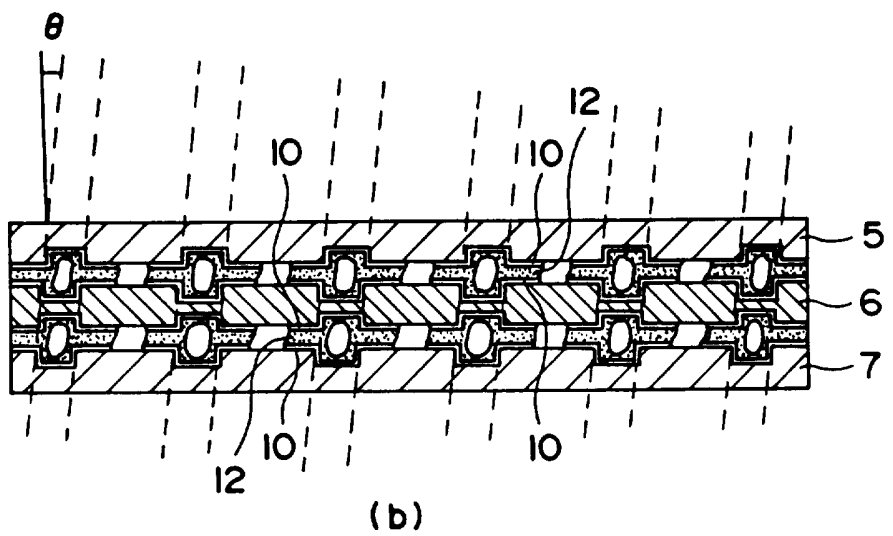
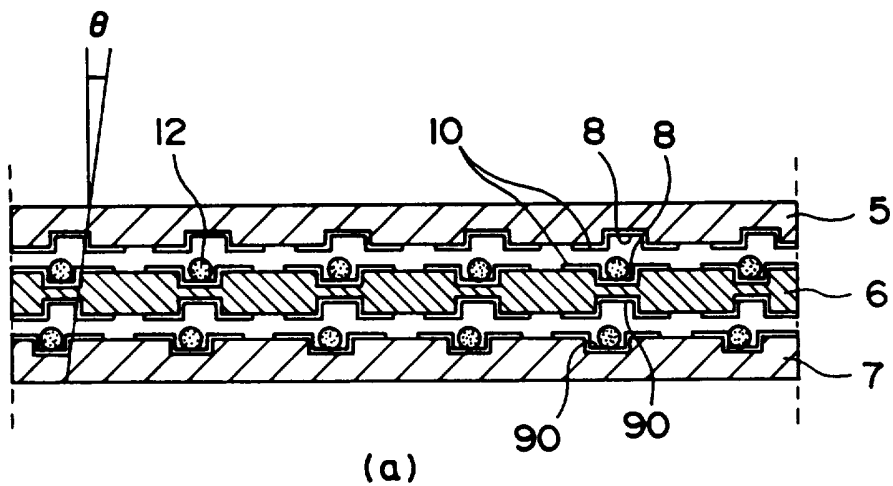
第 15 図



第 16 図

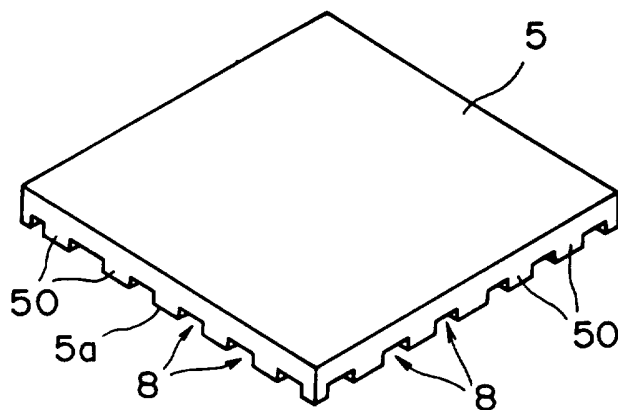


第 17 図

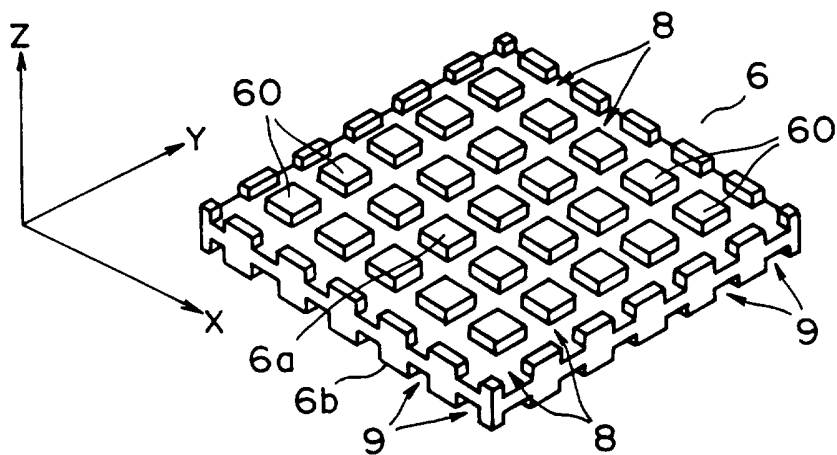


第 18 図

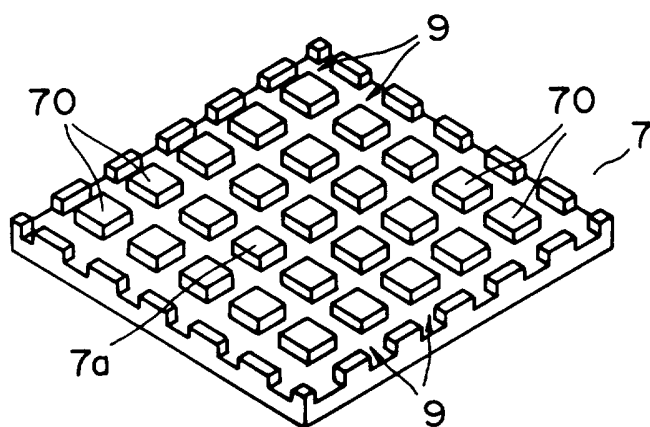
(a)



(b)

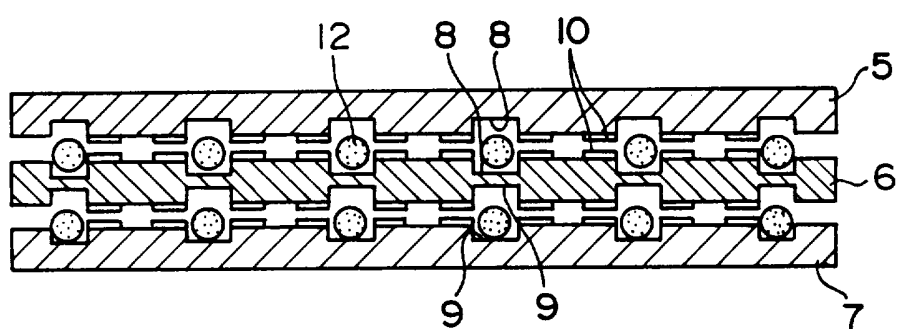


(c)

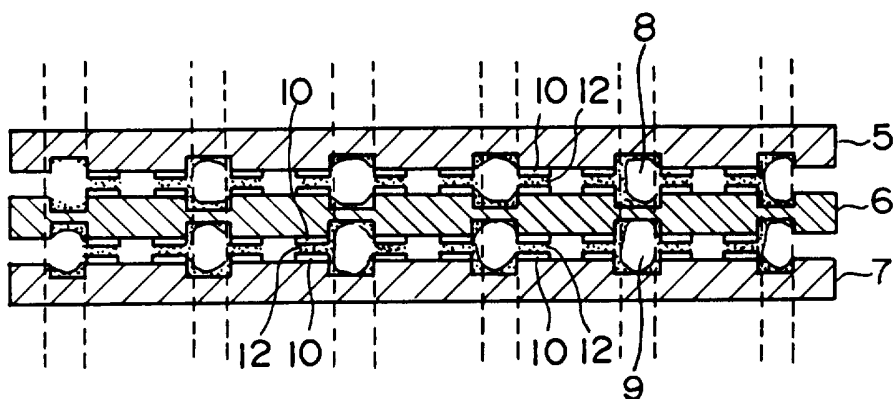


第 19 図

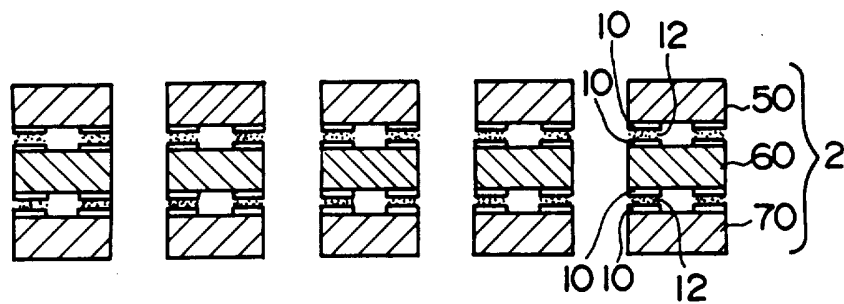
(a)



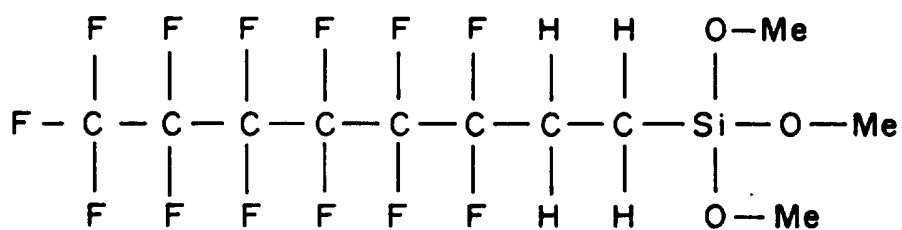
( b )



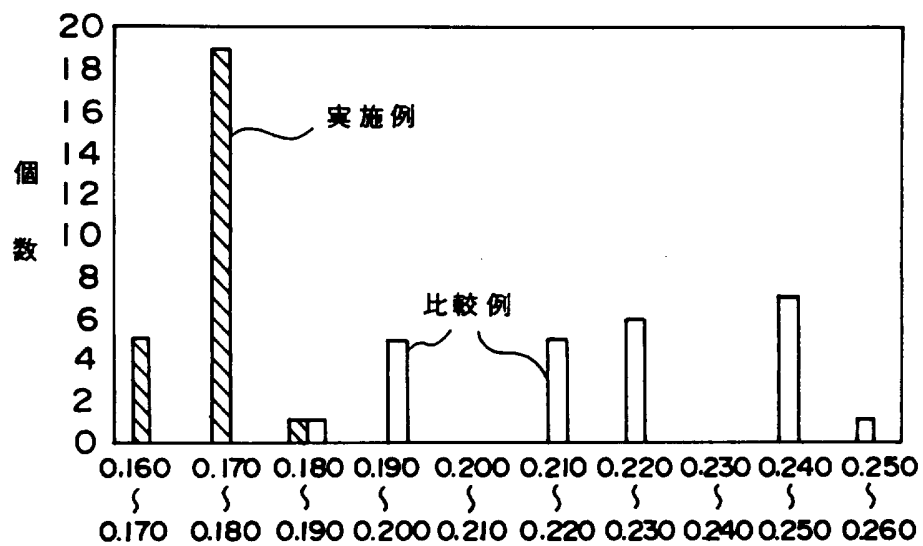
(c)



第 20 図

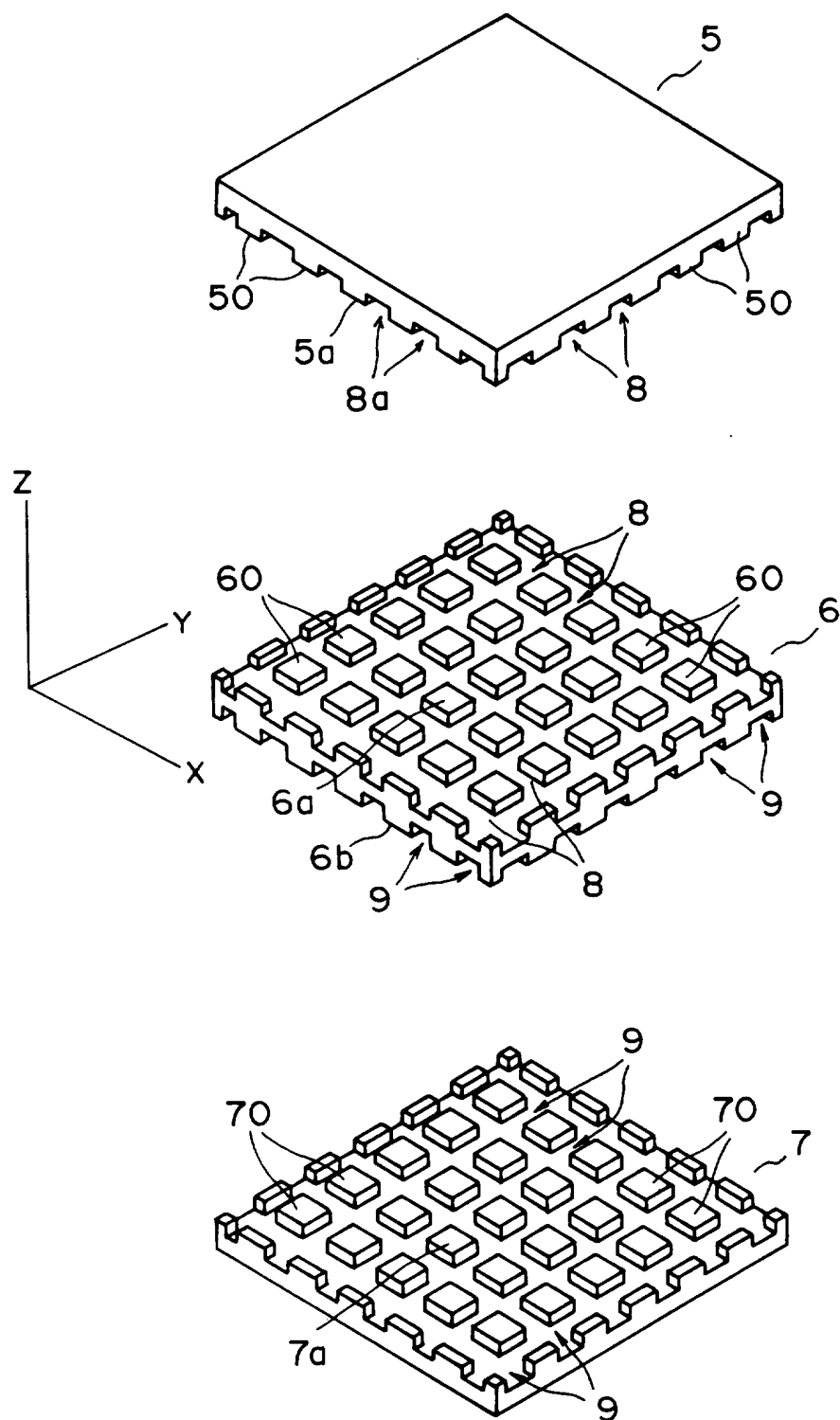


第 21 図

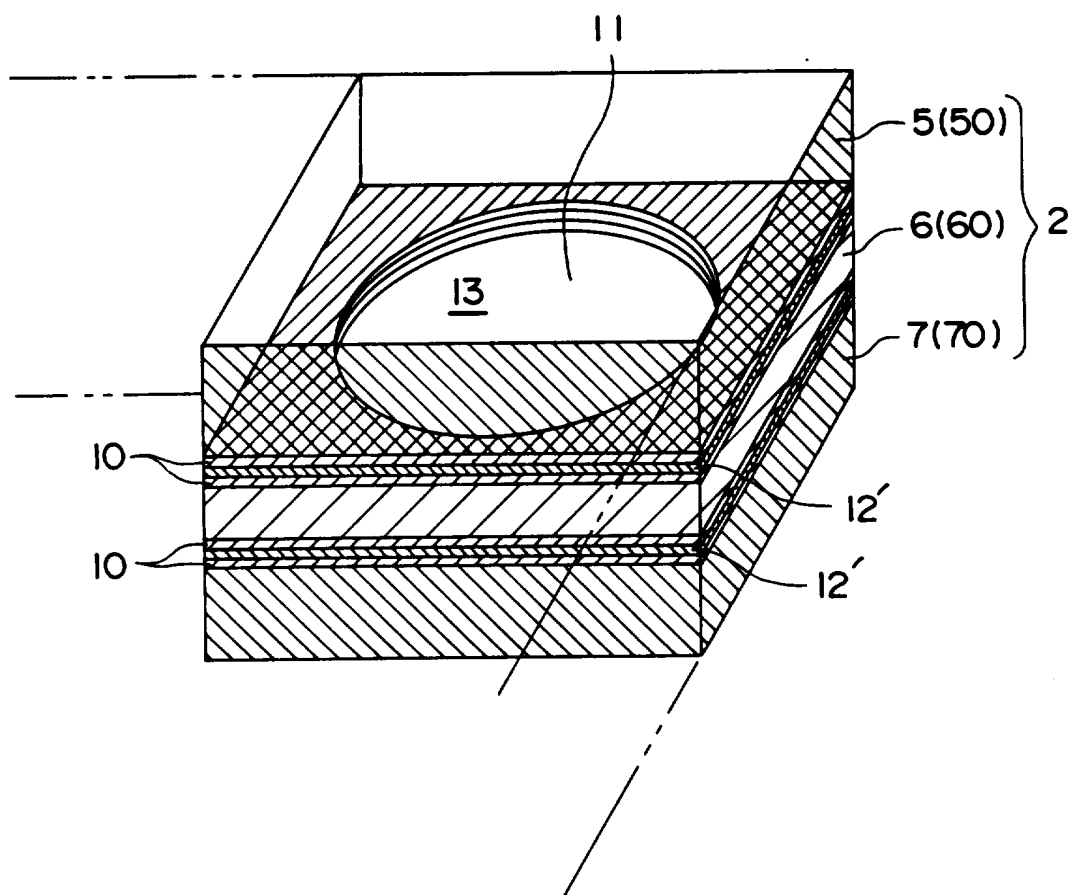


挿入損失

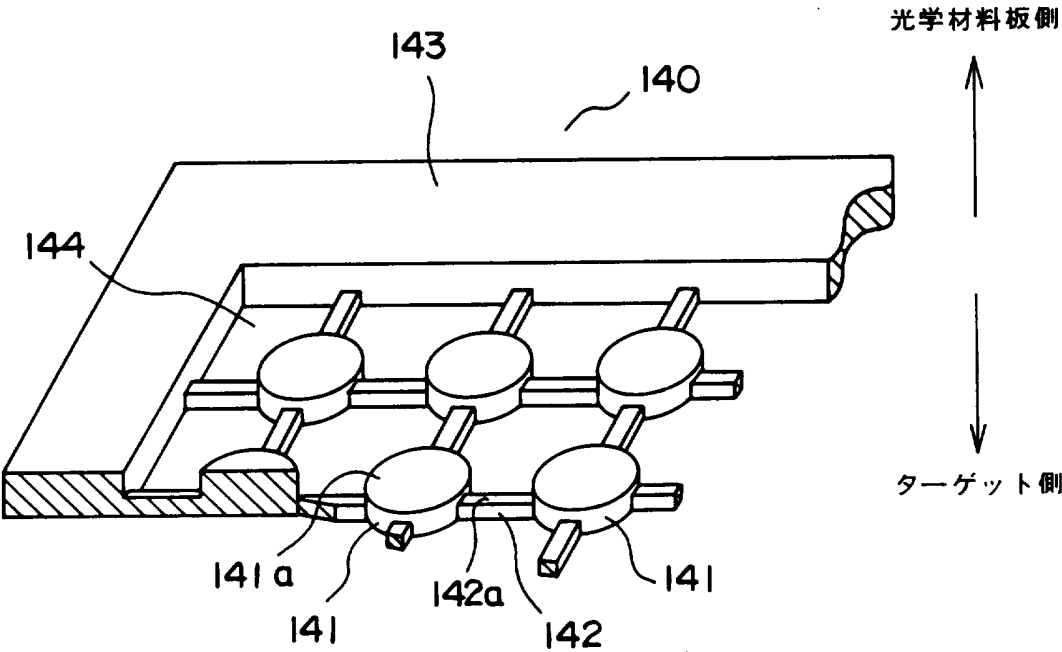
第 22 図



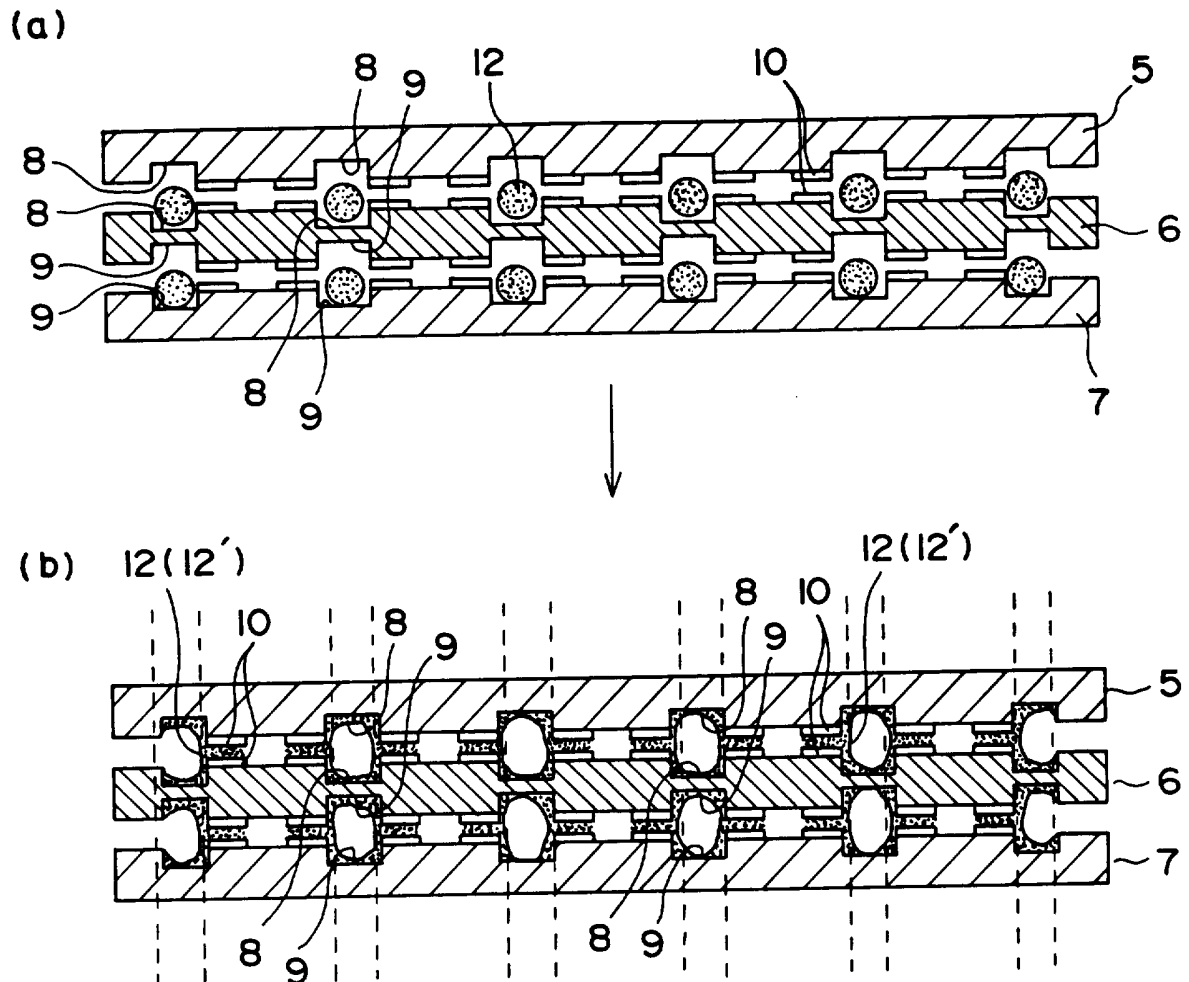
第 23 図



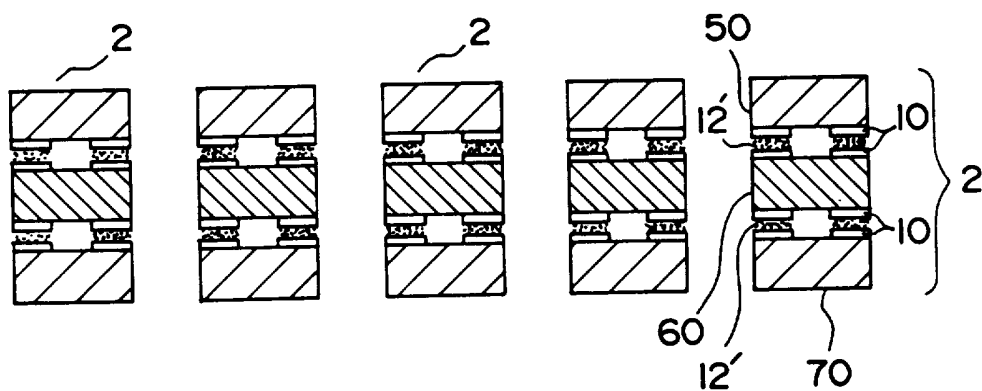
第 24 図



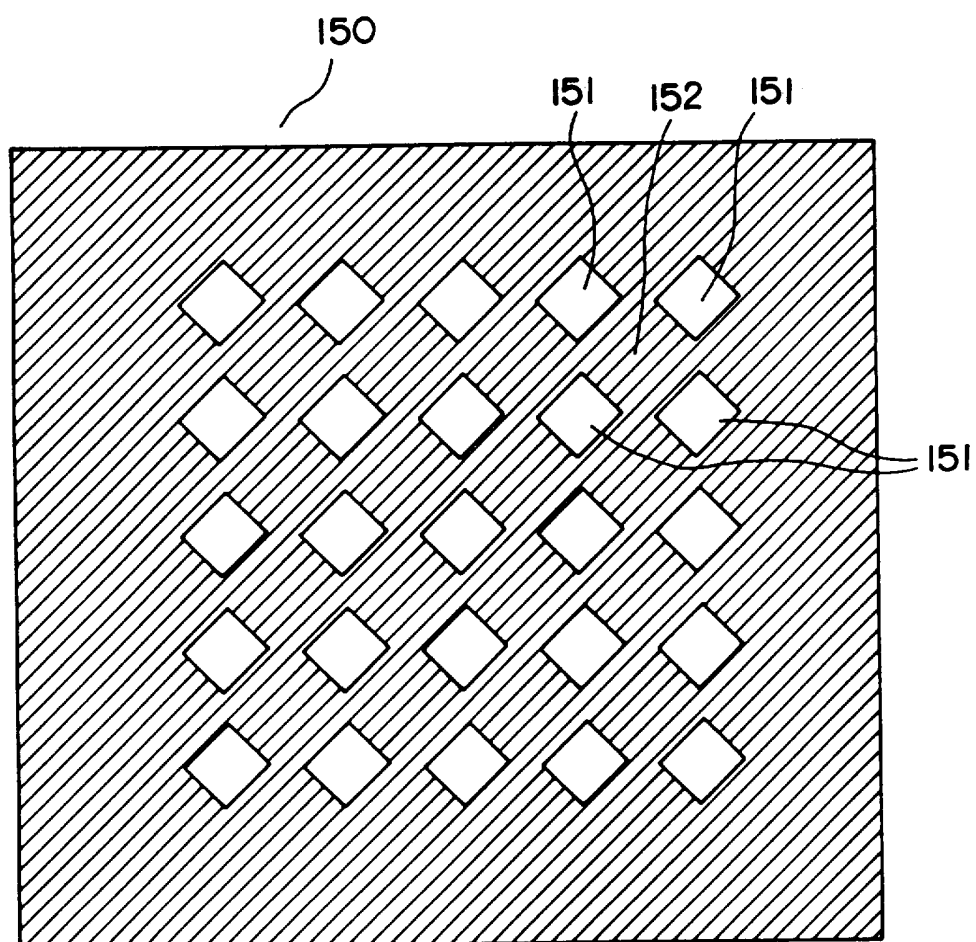
第 25 図



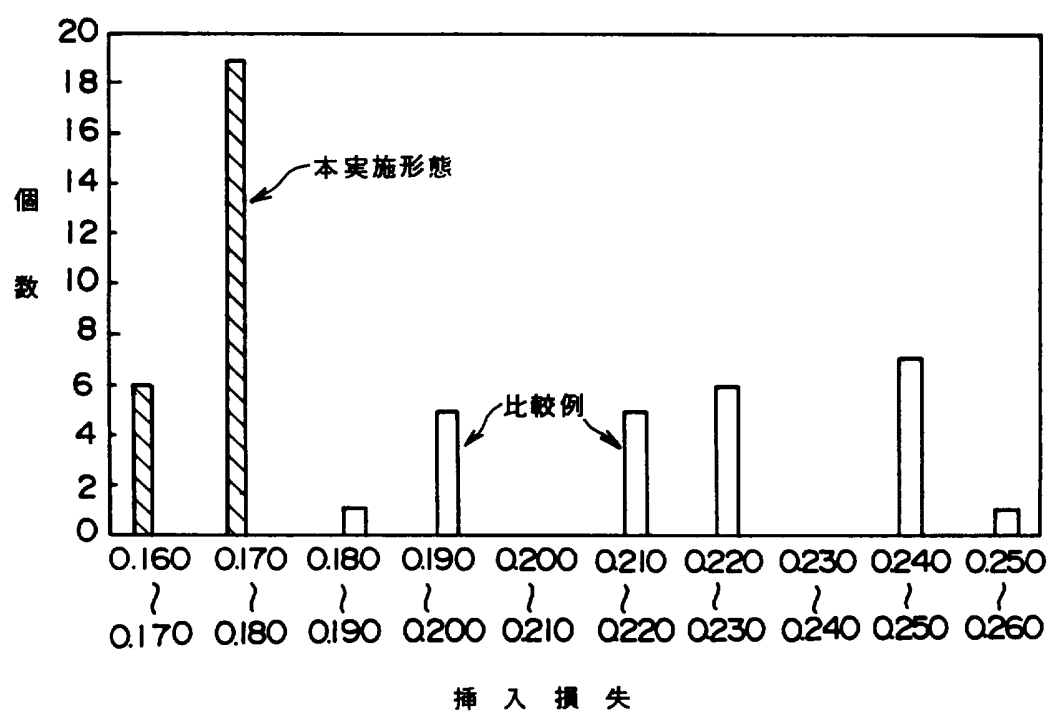
第 26 図



第 27 図

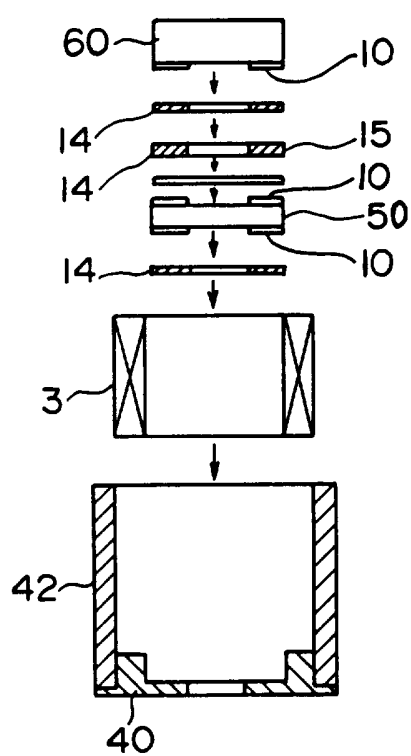


第 28 図

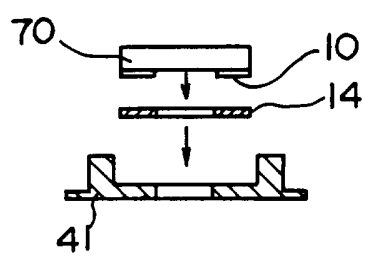


第 29 図

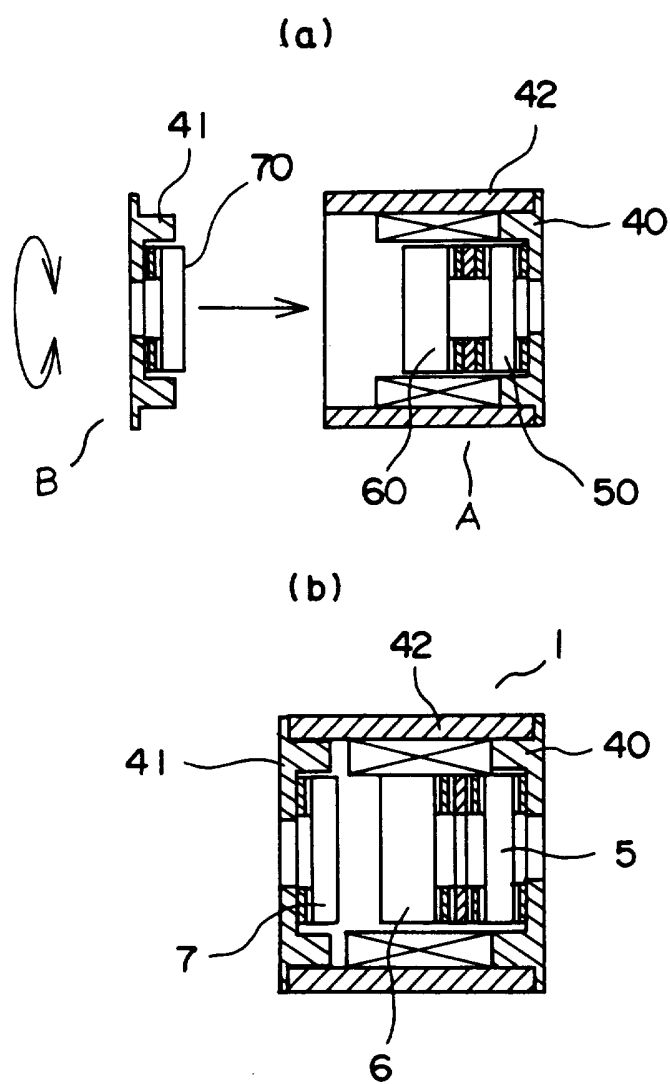
(a)



(b)

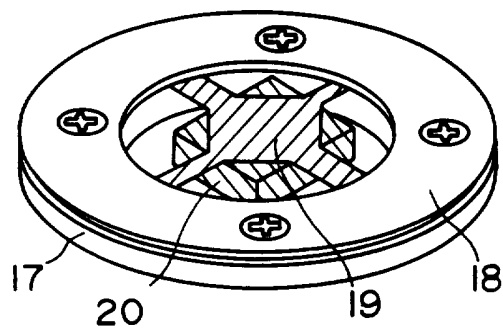


第 30 図

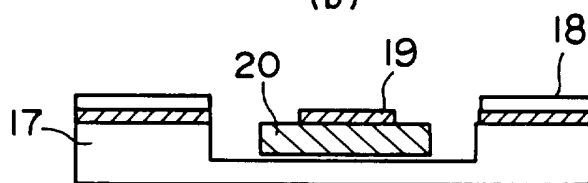


第 31 図

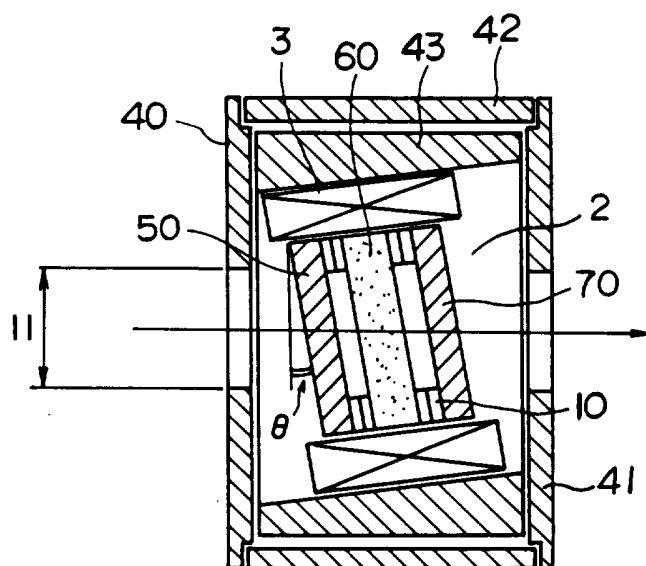
(a)



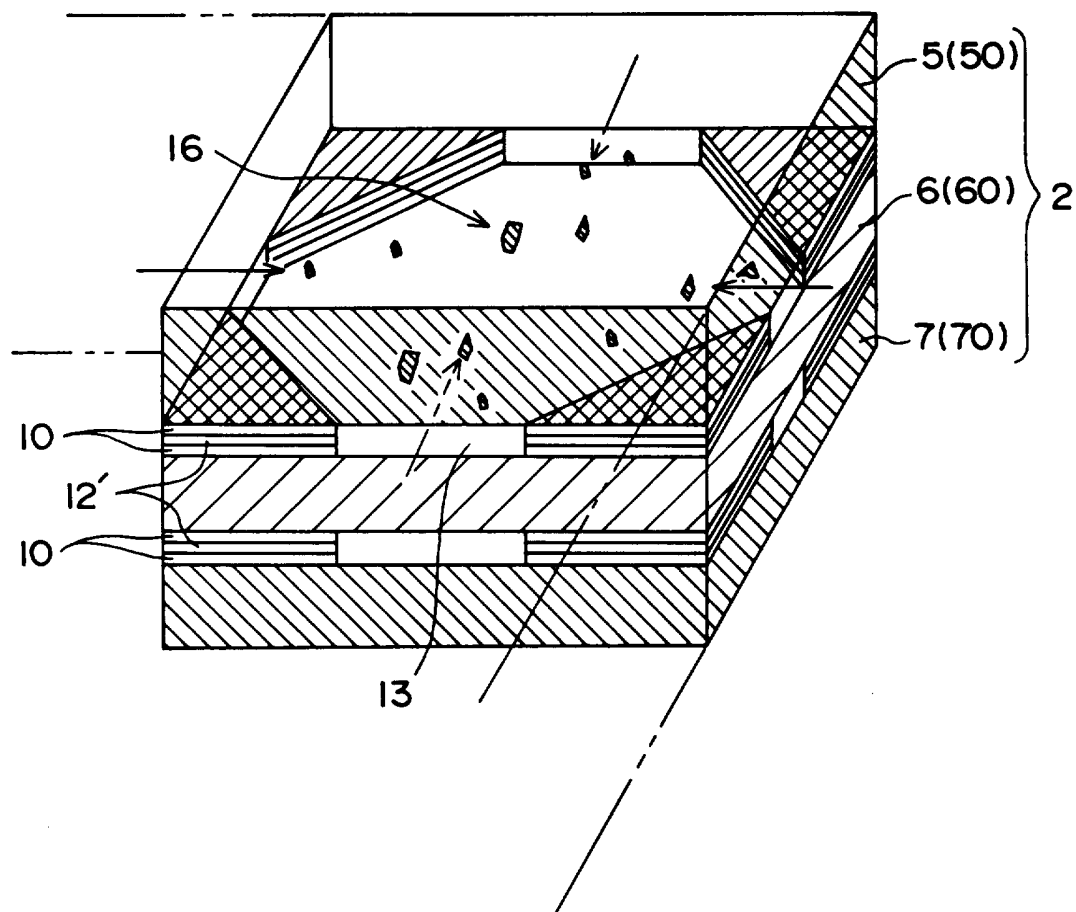
(b)



第 32 図



第 33 図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/02740

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> G02B27/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> G02B27/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1995

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                        | Relevant to claim No.          |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Y<br>A    | JP, 4-333818, A (NEC Corp.),<br>November 20, 1992 (20. 11. 92) (Family: none)                                             | 1-3, 5, 10<br>7-9, 11          |
| Y<br>A    | JP, 6-34861, A (Tokin Corp.),<br>February 10, 1994 (10. 02. 94),<br>Lines 45 to 47, left column, page 2<br>(Family: none) | 1-3, 5, 6,<br>10<br>4, 7-9, 11 |
| Y<br>A    | JP, 3-179317, A (Namiki Seimitsu Hoseki K.K.),<br>August 5, 1991 (05. 08. 91),<br>Claim 1 (Family: none)                  | 1-3, 5, 6,<br>10<br>4, 7-9, 11 |
| Y         | JP, 4-338916, A (Kyocera Corp.),<br>November 4, 1992 (04. 11. 92),<br>Claim 1 (Family: none)                              | 5, 6                           |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

March 11, 1996 (11. 03. 96)

Date of mailing of the international search report

April 2, 1996 (02. 04. 96)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/02740

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

- \* Claims 1 to 3, 5 and 7 to 11 describe a method of mass-producing an optical device assembly for an optical isolator.
- \* Claim 4 describes an optical device assembly for an optical isolator wherein a step portion is formed on each optical device, and a metallized film is formed at each step portion.
- \* Claim 6 describes an optical device assembly for an optical isolator wherein a straight line orthogonally crossing an optical plane of each optical device is inclined with respect to an optical axis and a side surface is parallel to the optical axis.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B27/28

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B27/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1971-1995年  
日本国公開実用新案公報 1971-1995年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                   | 関連する<br>請求の範囲の番号               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Y<br>A          | JP, 4-333818, A (日本電気株式会社),<br>20. 11月. 1992 (20. 11. 92) (ファミリーなし)                 | 1-3, 5, 10<br>7-9, 11          |
| Y<br>A          | JP, 6-34861, A (株式会社 トーキン),<br>10. 2月. 1994 (10. 02. 94),<br>第2頁左欄第45-47行 (ファミリーなし) | 1-3, 5, 6,<br>10<br>4, 7-9, 11 |

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日  
若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献  
(理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日  
の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と  
矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のため  
に引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規  
性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文  
献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性  
がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 03. 96

国際調査報告の発送日

02.04.96

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

津田俊明

2K

7625

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き). 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                    | 関連する<br>請求の範囲の番号               |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Y<br><br>A      | JP, 3-179317, A (並木精密宝石株式会社),<br>5. 8月. 1991 (05. 08. 91),<br>特許請求の範囲, 第1項 (ファミリーなし) | 1-3, 5, 6,<br>10<br>4, 7-9, 11 |
| Y               | JP, 4-338916, A (京セラ株式会社),<br>4. 11月. 1992 (04. 11. 92),<br>請求項1 (ファミリーなし)           | 5, 6                           |