MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	**101998900695610**
Data Deposito	**30/07/1998**
Data Pubblicazione	**30/01/2000**

Priorità	9-205018
Nazione Priorità	JP
Data Deposito Priorità	

Sezione	**Classe**	**Sottoclasse**	**Gruppo**	**Sottogruppo**
G	02	B		

Titolo

ACCOPPIATORE OTTICO E SUO METODO DI PRODUZIONE

RM 98 A 000510

SIB-91712

F17003

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE INDUSTRIALE dal titolo:
"ACCOPPIATORE OTTICO E SUO METODO DI PRODUZIONE"
della società giapponese KYOCERA CORPORATION
con sede in KYOTO (GIAPPONE)

ÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇÇ

DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un accoppiatore ottico che viene impiegato in sistemi di comunicazione ottici basati su fibre ottiche, in sistemi di elaborazione di informazione ottici come computer ottici e di un metodo per la sua produzione.

Tecnica precedente

La figura 7 è una vista in prospettiva che mostra un accoppiatore ottico convenzionale P in cui un elemento di guida d'onda ottica di LN 34 che è fatto di un monocristallo di niobato di litio (LN: LiNb03), è montato su un elemento ottico. Nell'elemento di guida ottica di LN 34, per esempio, è formata una guida d'onda ottica 35 sulla

S.I.B.
ROMA

superficie di un sostrato di LN, e l'indice di rifrazione della guida d'onda ottica 35 è più elevato di quello di LN, oppure, in aggiunta a ciò, un campo elettrico, un campo magnetico, suono o simili vengono applicati alla guida d'onda ottica 35 per modulare l'intensità di uscita ottica, la direzione di deviazione della luce, la polarizzazione della luce o simili.

Questo accoppiatore ottico P viene strutturato montando e fissando un sostrato per montare un elemento ottico 31, il sostrato 31 essendo fatto di Si, ecc.., su un sostrato di base 32, e formando scanalature a V 33 per montare una fibra ottica ad entrambe le estremità del sostrato per montare l'elemento ottico 31. Il sostrato per montare l'elemento ottico 31 viene lavorato alla macchina con precisione in maniera tale che quando fibre ottiche vengono montate nelle scanalature a V 33, le posizioni dei nuclei delle fibre ottiche sono allineate con le posizioni del nucleo della guida d'onda ottica 35 dell'elemento di guida d'onda ottica di LN 34. Non ha importanza se la scanalatura a V 33 vanga procurata su solamente una estremità del sostrato per montare l'elemento ottico 31.

S.I.B.
ROMA

In anni recenti, nel campo della comunicazione con filo, per ottenere una più grande capacità di comunicazione, è stato posto nel pratico impiego il sistema di comunicazione a fibre ottiche, principalmente per linee di trasmissione che vengono denominate sistemi di transito. Tali sistemi di transito comprendono sistemi di trasmissione a canale e sistemi di accesso che collegano stazioni locali. Una comunicazione a fibre ottiche non è limitata a sistemi di transito. Sta ora venendo introdotta nelle linee di abbonati che collegano uffici e famiglie con stazioni locali. Inoltre, l'applicazione di una comunicazione a fibre ottiche è in espansione in altri campi come rete di area locale (LAN) e CATV (community antenna television, cable TV).

E' fortemente desiderato ottenere una prestazione più elevata e ridurre il costo degli accoppiatori ottici che vengono impiegati in questa tecnologia di comunicazione a fibre ottiche. A questo fine, è promettente impiegare sistemi di guida d'onda ottica integrati (elementi a circuito ottico).

Tuttavia, una connessione ottica tra un elemento di guida d'onda ottica integrato e una

S.I.B.
ROMA

fibra ottica richiede un preciso allineamento, che porta via molto tempo ed era causa di un aumentato costo nel passato.

La tecnica precedente per collegare un elemento di guida d'onda ottica ed una fibra ottica è quale segue :

un fascio di luce viene guidato attraverso una guida d'onda ottica. Una fibra ottica è collegata all'estremità di uscita fascio di luce della guida d'onda ottica, e la luce emergente dalla fibra ottica viene controllata da un ricettore di luce. La posizione della fibra ottica viene regolata finemente per massimizzare la quantità di luce guidata. Questo metodo di connessione ottica tra una fibra ottica ed una guida d'onda ottica, viene denominato metodo di allineamento attivo. Questo metodo, tuttavia, richiede una trasmissione del fascio di luce attraverso la guida d'onda di luce ed una successiva regolazione, è, a sua volta, molto tempo per l'allineamento degli assi ottici di ciascun elemento di guida d'onda ottica, ed è costoso.

Quale risultato, è stato proposto il seguente metodo di allineamento passivo quale metodo che migliora la complessità di allineamento dell'asse

S.I.B.
ROMA

ottico del sopra menzionato metodo di allineamento attivo.

Secondo questo metodo, un sostrato ed un elemento di guida d'onda ottica vengono fabbricati con elevata precisione in anticipo in modo che fibre ottiche possano avere una connessione ottica con l'elemento di guida d'onda ottica che viene montato su sostrato quando le fibre ottiche vengono giusto montate in scanalature a V simili sulla superficie del sostrato. Quale esempio specifico, è stato proposto un metodo in cui piazzole di elettrodo per unione a saldatura vengono formate su un elemento di guida d'onda ottica ed un sostrato di Si, ecc. per montare l'elemento, e la guida d'onda ottica viene posizionata relativamente alle scanalature a V nel sostrato, e l'elemento di guida d'onda ottica ed il sostrato vengono uniti (bonded) insieme impiegando l'effetto di autoallineamento dei materiali di saldatura accresciuti sulle piazzole di elettrodo, quindi fibre ottiche vengono montate e fissate nelle scanalature a V (brevetto U.S.A. No 4892.377).

Questo metodo consente una semplice connessione ottica ed è adatto ad una produzione in grande quantità. Tuttavia, siccome una precisione è

S.I.B.
ROMA

riproducibilità di posizionamento mediante l'effetto di autoallineamento dei materiali di saldatura non sono sufficienti, questo metodo non è stato collocato ancora nel pratico impiego. Un altro problema di questo metodo è il fatto che, quando l'elemento di guida d'onda ottica ed il sostrato differiscono per coefficiente di dilatazione termica, le giunzioni a saldatura andranno sottoposte a grandi sollecitazioni dovute alla temperatura elevata al momento della rifusione della lega di saldatura e dovute a variazioni di temperatura dell'intorno al momento dell'impiego; quale risultato, le giunzioni tendono a guastarsi ad una quota più elevata e pongono il problema dell'affidabilità.

Vi è un altro metodo, l'allineamento visivo. Secondo questo metodo, segni per l'allineamento sono marcati in anticipo sull'elemento di guida d'onda ottica e vicino alle scanalature a V del sostrato per un posizionamento preciso. Quindi, l'elemento e le scanalature a V vengono posizionati uno relativamente all'altro osservando questi segni attraverso un CCD, ecc., ed essi vengono fissati con lega per saldare come lega per saldare AuSu. Siccome questo metodo consegue una precisione di

S.I.B.
ROMA

posizionamento di un micrometro o sotto piuttosto facilmente, esso è ben nel corso di venir posto nel pratico impiego nel montaggio di elementi ottici di piccola dimensione come LD (diodo laser) e PD (foto diodo).

Tuttavia, l'applicazione di questo metodo ad una connessione ottica tra un elemento di guida d'onda ottica, che impiega un materiale avente un effetto elettrottico o effetto piezoelettrico, come LN, e una fibra ottica pone un problema. Siccome la dimensione dell'elemento di guida d'onda ottica è grande in generale, e l'elemento di guida d'onda ottica ed il sostrato di Si, ecc. differiscono grandemente per coefficiente di dilatazione termica, una deformazione grande tende a venire generata nel sostrato durante l'unione o dopo l'unione, che, a sua volta, impedisce l'ottenimento della desiderata precisione di allineamento oppure genera criccature in giunzioni del sostrato durante il servizio.

Sommario dell'invenzione

La presente invenzione viene fatta in vista dei sopra menzionati problemi della tecnica precedente, ed è intesa a fornire una struttura per realizzare un allineamento passivo con elevata

S.I.B.
ROMA

precisione in un accoppiatore ottico che ha un elemento ottico che è da accoppiare otticamente (collegare otticamente) ad una linea di trasmissione ottica su un sostrato, ed un metodo per la sua produzione. Più specificamente, si intende fornire una struttura che migliori la precisione di allineamento del metodo di allineamento visivo convenzionale e un metodo per la sua produzione, e fornire una struttura che migliori la precisione di allineamento dell'auto allineamento a materiale di saldatura convenzionale.

L'accoppiatore ottico secondo la presente invenzione è un accoppiatore ottico avente un primo sostrato avente una faccia principale con una scanalatura per montare una fibra ottica ed un elemento ottico montato nella suddetta faccia principale e da accoppiare otticamente con la fibra ottica,

caratterizzato dal fato che

un sostrato di base, di coefficiente di dilatazione termica che è sostanzialmente identico a detto elemento ottico, viene congiunto ad un'altra faccia principale di detto primo sostrato, e che

S.I.B.
ROMA

detto primo sostrato è diviso in più parti nella porzione per montare detto elemento ottico, e che

detto elemento ottico viene montato su dette parti multiple in detta porzione. Con questa sistemazione, delle sollecitazioni e deformazioni nel sostrato dopo giunzione vengono moderate per effettivamente controllare ed impedire fluttuazioni nella precisione di posizionamento della connessione ottica.

Preferibilmente detto sostrato è fatto di un monocristallo di Si, e preferibilmente, la differenza di coefficiente di espansione termica tra detto sostrato e detto sostrato di base viene tenuta entro ± 20%.

Preferibilmente, sulla faccia principale delle parti divise sono procurate sporgenze trapezoidali munite di protuberanze di lega per saldare e le temperature di fusione delle leghe per saldare di dette protuberanze di lega per saldare vengono variate da sporgenza a sporgenza.

Il metodo per produrre accoppiatore ottico secondo la presente invenzione comprende:

procurare una prima maschera per fare una scanalatura su una faccia principale di un sostrato

S.I.B.
ROMA

monocristallino;

procurare una seconda maschera su un'altra faccia principale di detto sostrato per configurare la porzione per montare un elemento ottico in più parti;

attaccare chimicamente dette due facce principali e dividere detto sostrato in dette più parti collegate l'una con l'altra mediante detta prima maschera;

unire (bonding) detto sostrato diviso su detto sostrato di base;

rimuovere detta prima maschera,

montare e fissare l'elemento ottico su dette parti multiple. Con questa sistemazione il sostrato può venir diviso direttamente e la porzione per montare un elemento ottico, che è stato diviso, può venir unita (bonded) direttamente sul sostrato di base senza disturbare la loro formazione.

Preferibilmente, detto sostrato monocristallino è un sostrato di Si, detta scanalatura è una scanalatura a V, e detto attacco chimico è un attacco chimico anisotropo.

L'accoppiatore ottico secondo la presente invenzione è un accoppiatore ottico comprendente: un primo sostrato avente una faccia principale con

S.I.B.
ROMA

una scanalatura per montare una fibra ottica; ed un elemento ottico montato su detta faccia principale e per venir otticamente accoppiato con la fibra ottica,

caratterizzato dal fatto che la porzione per montare l'elemento ottico di detto primo sostrato è munita di sporgenze trapezoidali multiple munite di protuberanze di lega per saldare, e le temperature di fusione di dette protuberanze di lega per saldare variano da sporgenza a sporgenza. Così l'unione (bonding) tra il sostrato e l'elemento ottico può venire effettuata a gradini utilizzando l'effetto di autoallineamento delle leghe per saldare; quindi un posizionamento può venir effettuato con elevata pressione.

Inoltre, preferibilmente, le altezze di dette sporgenze vengono variate l'una dall'altra. Quale risultato, durante l'unione del sostrato e dell'elemento ottico, l'elemento ottico viene a gradini a contatto con sporgenze multiple attraverso leghe per saldare. Ciò migliora inoltre la precisione di posizionamento.

Secondo la presente invenzione, con una struttura in cui un sostrato di base, il cui coefficiente di dilatazione termica è

S.I.B.
ROMA

sostanzialmente identico a quello dell'elemento ottico, viene unito (bonded) sul retro di un sostrato, ed il sostrato munito di una porzione per montare un elemento ottico, che è divisa in più parti, oppure con una struttura in cui una porzione per montare un elemento ottico su una faccia principale di un sostrato è munita di sporgenze trapezoidali multiple su cui sono formate protuberanze di lega per saldare, e le temperature di fusione delle leghe per saldare differiscono da sporgenza a sporgenza, la presente invenzione ha eccellenti effetti per cui l'unione del sostrato e dell'elemento da montare sul sostrato può venir fatta con un'elevata precisione di posizionamento attraverso semplici gradini impiegando l'effetto di autoallineamento della lega per saldare, e che anche se il sostrato e l'elemento ottico differiscono per coefficiente di dilatazione termica, sollecitazioni e deformazioni che vengono generate nel sostrato durante l'unione e dopo l'unione vengono moderate per sopprimere effettivamente ed impedire fluttuazioni nella precisione di posizionamento della connessione ottica e, a sua volta, per dar luogo a prodotti di elevata affidabilità a costo più basso.

S.I.B.
ROMA

Inoltre, quando deve prodursi un accoppiatore ottico, in cui la porzione per montare un elemento ottico del sostrato e divise in parti, attraverso un passo di procurare una prima maschera per la formazione di una scanalatura a V su una faccia principale del sostrato di Si, un passo di procurare una seconda maschera per formare la porzione per montare un elemento ottico che è da dividere sull'altra faccia principale del sostrato, un passo di impartire un attacco chimico anisotropo sulle due facce principali, successivamente un passo di unire (bonding) il sostrato sul sostrato di base, ed un passo di rimuovere la prima maschera, la presente invenzione ha effetti eccellenti che il sostrato può venire direttamente diviso senza danneggiare il sostrato di base, per formare la porzione per montare un elemento ottico, e che la porzione divisa per montare un elemento ottico può venire unita (bonded) sul sostrato di base senza disturbare la formazione della porzione divisa.

Breve descrizione dei disegni

La figura 1 mostra un accoppiatore ottico di una realizzazione della presente invenzione,

la figura 1 (a) è una vista in pianta

S.I.B.
ROMA

accoppiatore ottico P1, e

la figura 1 (b) è una vista laterale di esso.

La figura 2 mostra i passi di produzione accoppiatore ottico P1,

la figura 2 (a) è una vista in pianta accoppiatore ottico P1, e

la figura 2 (b) è una vista laterale di esso.

La figura 3 mostra i passi di produzione accoppiatore ottico P1,

la figura 3 (a) è una vista in pianta accoppiatore ottico P1, e

la figura 3 (b) è una vista laterale di esso.

La figura 4 mostra i passi di produzione accoppiatore ottico P1,

la figura 4 (a) è una vista in pianta accoppiatore ottico P1, ed

la figura 4 (b) è una vista laterale di esso.

La figura 5 è una vista in prospettiva di un accoppiatore ottico P2 secondo una realizzazione della presente invenzione.

La figura 6 mostra un metodo di unione (bonding) del sostrato e dell'elemento ottico accoppiatore ottico P2,

la figura 6 (a) è una vista laterale che mostra lo stato prima dell'unione (bonding),

S.I.B.
ROMA

la figura 6 (b) è una vista laterale al momento di un allineamento grossolano,

la figura 6 (c) è una vista laterale al momento di un allineamento fine.

La figura 7 è una vista in prospettiva di un accoppiatore ottico convenzionale P.

Realizzazioni

Accoppiatori ottici di realizzazioni della presente invenzione verranno descritti con riferimento alla figura 1 fino a figura 6. La figura 1 (a) è una vista in pianta di un accoppiatore ottico P1, e la figura 1 (b) è una vista laterale di esso. La figura 2 fino alla figura 4 mostrano passi di produzione dell'accoppiatore ottico P1 e, in ciascuna serie di rappresentazioni schematiche, (a) è una vista in pianta dell'accoppiatore ottico P1, e (b) è una vista laterale di esso. La figura 5 è una vista in prospettiva di un accoppiatore P2 di una realizzazione, e la figura 6 (a) fino (c) sono viste laterali che illustrano il metodo di unire (bonding) un sostrato ed un elemento ottico dell'accoppiatore ottico P2 attraverso l'impiego dell'effetto di autoallineamento di una lega per saldare.

S.I.B.
ROMA

In figura 1, 1 indica un sostrato, ed in una delle sue facce principali è formata una scanalatura a V 4 per montare una fibra ottica. 3 è una pellicola sottile di Cr/Au che viene procurata su una superficie del blocco 1a da unire (bond) con un sostrato di base 8. La pellicola sottile 3 ha una buona bagnabilità con la lega per saldare. 4 è la scanalatura a V per montare una fibra ottica. 6 è un intervallo che è presente tra blocchi 1a che vengono formati dividendo il sostrato 1 in più parti. 6a è una fessura che viene formata sopra l'intervallo 6. 7 è una lega per saldare come lega per saldare Au/Sn. 8 è il sostrato di base. 9 è una fibra ottica, e 10 è un elemento ottico come un elemento di guida d'onda ottica di LN. M indica un segno che è formato da, per esempio, una pellicola metallica. Questi segni sono formati su entrambe la faccia inferiore dell'elemento ottico 10 e la faccia superiore del sostrato 1. Due segni che sono formati sull'elemento ottico 10 e due segni che sono formati su sostrato 1 vengono allineati l'uno con l'altro, impiegando un raggio di luce che penetra attraverso l'elemento ottico per rendere visivo l'allineamento.

Nella realizzazione, il materiale per il

S.I.B.
ROMA

sostrato 1 viene scelto da materiali cristallini come Si che è adatto per una lavorazione fine, plastiche, e ceramiche che hanno una eccellente conducibilità termica. Il mono cristallo di Si è particolarmente preferito. Il sostrato di base 8 viene impostato per avere un coefficiente di dilatazione termica che è sostanzialmente identico a quello dell'elemento ottico 10. La differenza tra i due dovrebbe essere, per esempio, entro il 20%. Se il materiale del sostrato di base 8 è identico a quello dell'elemento ottico 10, essi hanno lo stesso coefficiente di dilatazione termica, tuttavia non è necessario impiegare lo stesso materiale. Materiali preferiti per il sostrato di base 8 includono LN, monocristallo di litio tantalato (LT), monocristallo di litio tetraborato (LBO), cristalli di ossidi come KH2PO4 (KDP), vetri come vetro BK7 (nome commerciale di HOYA Limited) e vetro di quarzo, e semiconduttori di Si, GaAs, InP, ecc. Questi materiali sono gli stessi materiali che vengono impiegati per l'elemento ottico 10 che è un elemento di guida d'onda ottica, elemento di guida d'onda ottica di semiconduttore oppure elemento di emissione di luce di semiconduttore come LD e LED, oppure questi materiali hanno coefficienti di

S.I.B.
ROMA

dilatazione termica che sono sostanzialmente identici a quello dell'elemento ottico 10.

Dal punto di vista di sopprimere le fluttuazioni della giunzione tra la fibra ottica 9 e l'elemento ottico 10, il coefficiente di dilatazione termica del sostrato di base 8 può differire da quello dell'elemento ottico 10 di circa ± 20%. In particolare, è desiderabile impostare il coefficiente di espansione termica del sostrato di base 8 ad una valore che è tra il coefficiente di dilatazione termica dell'elemento ottico 10 e quello del sostrato 1. Con questa sistemazione, fluttuazioni nelle giunzioni dovute a una differenza di coefficiente di dilatazione termica possono venire moderate effettivamente. Si dovrebbe notare che, quando il coefficiente di dilatazione termica del sostrato 1 è A, se il coefficiente di dilatazione termica dell'elemento ottico è in un intervallo da 0,8A a 1,2A, i loro coefficienti di dilatazione termica sono considerati come quelli sostanzialmente identici.

La scanalatura a V 4 viene facilmente formata mediante attacco chimico anisotropo, ecc., e la fibra ottica 9 viene stabilmente montata nella scanalatura a V. La sezione della scanalatura può

S.I.B.
ROMA

essere concava, semicircolare, come pure sagomata a V. La scanalatura a V 4 può venire formata mediante attacco chimico anisotropo con KOH, attacco chimico a secco come attacco ionico reattivo, fotolitografia, taglio meccanico, ecc.

L'elemento ottico 10 può essere un elemento di guida d'onda ottica, un elemento di guida d'onda ottica di semiconduttore, un elemento di emissione di luce di semiconduttore come LD ed LED, oppure un elemento di ricezione di luce di semiconduttore come PD. L'elemento ottico 10 può essere munito di elettrodi, per un input di segnali oppure di elettrodi per input di campo elettrico, campo magnetico, suono, onde di superficie elastiche, per modulare la luce.

I blocchi 1a accoppiatore ottico P1 possono venire formati dal sostrato 1, come la scanalatura 4 a V, mediante attacco chimico anisotropo con KOH, ecc.

Il metodo di produzione dell'accoppiatore ottico P1 della realizzazione verrà descritto attraverso i seguenti passi (1) fino a (6).

(1) Una seconda maschera 3 per formare blocchi 1a viene formata, come mostrato in figura 2, mediante lift-off sull'altra faccia principale (il

S.I.B.
ROMA

retro e la faccia opposta alla faccia in cui è formata la scanalatura V 4) del sostrato 1 di un monocristallo di Si. Il materiale della seconda maschera 3 è una pellicola sottile di Cr/Au che può resistere ad un attacco chimico anisotropo. Questa pellicola sottile di Cr/Au serve pure a bagnare la lega per saldare 7 quando il sostrato di base 8 e il sostrato 1 vengono uniti (bonded) con la lega per saldare successivamente. Circa la precisione della formazione di configurazione di maschera, sono sufficienti circa 10 micrometri. Una precisione di posizione di questo livello può venire ottenuta mediante semplice allineamento sulla base la parte piana di orientamento di sostrato 1. Sulla faccia di giunzione tra il blocco 1a ed il sostrato di base 8, la larghezza del fondo del blocco 1a nella direzione longitudinale del sostrato di base 8 è desiderabilmente circa 1 mm o meno. Questo è per ridurre qualsiasi deformazione che possa sorgere dovuto alla differenza di coefficiente di dilatazione termica tra essi. La ragione è come segue:

Il coefficiente di dilatazione termica di LN che è il materiale del sostrato di base 8 è 15,4 x 10^{-6} (asse a del cristallo) e 7,5 x 10^{-6} (asse c del

S.I.B.
ROMA

cristallo). Il coefficiente di dilatazione termica di Si che è il materiale del sostrato 1 è 2,6 x 10^{-6}. Quando il sostrato di base 8 che è LN Z tagliato che misura 2x50x1 mm e il sostrato 1 che è Si che misura 2x4x0,35 mm vengono uniti insieme con lega per saldare AuSn, ecc., e l'area di unione è circa 2x2 mm di larghezza e la temperatura di rifusione è circa 300°C, la deformazione risultante nel piano di unione è circa 8 micrometri in entrambe le direzioni dell'asse X e dell'asse Y. Le sollecitazioni che operano nel piano di unione deformeranno il sostrato 1 o distruggeranno le superfici unite. Per impedire tale deformazione o tale rottura, la larghezza del blocco 1a in direzione longitudinale del sostrato di base 1 è impostata a 1 mm o meno, e preferibilmente la larghezza del blocco 1a in entrambe le direzioni longitudinale e trasversale è impostata ad 1 mm o meno.

(2) Su una faccia principale (sommità) del sostrato 1, una pellicola di dielettrico come nitruro di silicio viene formata come prima maschera 2 che è per formare la scanalatura 4 a V oppure per fermare l'attacco chimico della fessura 6a. Una configurazione per formare la scanalatura a

S.I.B.
ROMA

V 4 viene formata nella prima maschera 2 mediante attacco chimico. A questo punto, configurazioni per posizionare il sostrato 1 relativamente all'elemento ottico 10 possono venir formate sulla prima maschera 2.

(3) Come mostrato in figura 3, con la prima maschera 2, entrambe la sommità ed il retro del sostrato 1 vengono sottoposti all'attacco chimico anisotropo per formare la scanalatura a V 4 sulla sommità del sostrato 1 e degli intervalli 6 sul retro del sostrato 1, intervalli 6 raggiungendo il lato di sommità di esso. In questo passo, l'attacco chimico degli intervalli 6 viene fermato mediante la prima maschera 2 che è formata sulla sommità, e le fessure 6a vengono formate sul lato di sommità del sostrato 1.

In pratica, un attacco chimico anisotropo viene fatto come segue. Un attacco chimico anisotropo utilizza il fatto che, quando viene impiegato un attaccante alcalino, la velocità di attacco del monocristallo di Si dipende significativamente dalla direzione del cristallo. Con questo attacco chimico anisotropo, vengono formate scanalature a V e scanalature trapezoidali invertite sulla superficie del sostrato 1

S.I.B.
ROMA

controllando con precisione la larghezza e la profondità. Attaccanti alcalini preferiti includono KOH, NaOH, EPW (etilendiamina + pirocatecolo + acqua), idrazina, e TMAH (idrossido di tetrametilammonio). La velocità di attacco chimico di questi attaccanti alcalini per il piano cristallografico (100) o (110) del monocristallo di silicio è circa diverse decina di volte fino a diverse centinaia di volte più grande che la velocità di attacco per il piano cristallografico (111). Quando i piani cristallografici del sostrato 1 vengono scelti in maniera tale che il piano (111) per cui la velocità di attacco chimica è piccola sostituisca un lato della scanalatura, può venire effettuata una lavorazione fine con meno sottosquadro sotto la maschera. In particolare, il rapporto di velocità di attacco di KOH è grande diverse centinaia di volte, ed è il più adatto per una lavorazione fine.

Il piano cristallografico (100) viene scelto come sommità del sostrato 1, ed i bondi dell'apertura di maschera sono linee rette parallele a oppure perpendicolari alla direzione (011). Quindi, la scanalatura a V 4 e gli intervalli 6 vengono formati mediante attacco

S.I.B.
ROMA

chimico ad umido anisotropo. I loro lati sono piani cristallografici (111) che sono inclinati ad un angolo di 54,74° con la sommità del sostrato 1. Di conseguenza, la configurazione di maschera si riflette correttamente nei suoi lati della scanalatura V 4, ecc., e quando un dispositivo ottico come una fibra ottica viene trattenuto da questi lati, verrà ottenuta una precisione di posizionamento confrontabile a quella della maschera. La profondità della scanalatura a V 4 che viene formata sulla sommità del sostrato 1 e la scelta tra la scanalatura a V 4 e la scanalatura trapezoidale invertita vengono controllate dal tempo di attacco.

Le scanalature a V 4, ecc. che vengono formate mediante attacco chimico ad umido anisotropo hanno una precisione di posizionamento di, per esempio, ± 0,5 micrometri o al di sotto. In figura 2 ed in figura 3 i segni M sono coperti dalla prima maschera.

(4) Come mostrato in figura 4, prima dell'unione (bonding), uno strato di lega per saldare 7, che è una pellicola di lega per saldare da Au/Sn di circa 3 micrometri di spessore, viene formata sulla faccia da unire nel sostrato di base 8

S.I.B.
ROMA

(sostrato di LN Z tagliato). Il sostrato di base 8 è unito sul retro del sostrato 1. Esso è unito (bonded) e fissato mediante fissaggio a rifusione, riscaldamento in un forno, oppure riscaldamento su una piastra calda, quando viene rimossa la prima maschera 2.

(5) Uno strato di lega per saldare 7 per unire l'elemento ottico 10, che è una pellicola di lega per saldare AuSn di circa 3 μm di spessore, viene formato nella porzione per montare l'elemento ottico 10 sulla sommità del sostrato 1 mediante il metodo lift-off. I passi fino a questo punto vengono effettuati mediante i processi convenzionali per fette. Il sostrato conformato, comprendente il sostrato 1 ed il sostrato di base 8, può venire prodotto in grande quantità rendendo le fette in piastrine.

Attraverso il metodo sopra menzionato, intervalli 6 e fessure 6a possono venire formati senza danneggiare la faccia di unione (bonding). Inoltre, attraverso un metodo giusto simile a quello menzionato sopra, una parte del retro del sostrato 1 può venire attaccata chimicamente per formare una linea di trasmissione d'onda ad elevata frequenza o simili che utilizza lo strato d'aria

S.I.B.
ROMA

tra il sostrato 1 ed il sostrato di base 8.

(6) Come mostrato in figura 1, l'elemento ottico 10 è montato sulla porzione per montare dell'elemento ottico 10 sul sostrato 1 in maniera tale che il bordo di guida d'onda ottica (parte di emissione di luce o parte di ricezione di luce) l'elemento ottico 10 è otticamente connesso alla fibra ottica 9 che è da montare nella scanalatura a V 4, quindi la lega per saldare 7 viene riscaldata e fusa, ed un aggiustamento di posizione viene fatto attraverso l'impiego dell'effetto di autoallineamento della lega per saldare 8, e l'elemento ottico 10 è unito sul sostrato 1. Di seguito, la fibra ottica 9 viene montata nella scanalatura a V 4, e l'estremità incidente del fascio di luce oppure l'estremità emergente del fascio di luce della fibra ottica 9 viene attestata e fissata contro il bordo di guida d'onda ottica (parte di emissione di luce o parte di ricezione di luce) dell'elemento ottico 10 per completare una connessione ottica tra l'elemento ottico 10 e la fibra ottica 9. Una giunzione dell'elemento ottico 10 e del sostrato 1 può venire effettuata senza utilizzare l'effetto di autoallineamento della lega per saldare 7. Essa può venire effettuata mediante

S.I.B.
ROMA

il metodo di allineamento visivo. Tuttavia, viene preferito il metodo di autoallineamento. In questo caso, qualsiasi apparecchiatura per rivelazione di posizione come una camera CCD, non è necessaria.

Nella realizzazione, con riguardo alla formazione e al fissaggio dei blocchi 1a, possono venire impiegati metodi diversi da quelli sopra menzionati. Per esempio, il sostrato 1 può venire tagliato mediante il metodo di formazione di piastrine ecc. ed i blocchi 1a possono venire uniti (bonded), uno ad uno, sul sostrato 1. Tuttavia, il metodo della realizzazione ha gli eccellenti effetti che blocchi 1a possono venire direttamente formati dal sostrato 1 ed i blocchi 1a possono venire uniti senza disturbare la loro formazione. L'unione (bonding) dei blocchi 1a può venire effettuata con un adesivo diverso dalla lega per saldare 7.

Successivamente, verrà descritto l'accoppiatore ottico P2 mostrato in figura 2. Nel diagramma, 22 indica un sostrato di base di LN, ecc., ed 11 un elemento ottico come un elemento di guida d'onda ottica di LN. 12 è un sostrato, una scanalatura a V 13 per montare una fibra ottica viene formata in una faccia principale del sostrato

S.I.B.
ROMA

12, ed il sostrato 12 è unito (bonded) sul sostrato di base 22. 14a, 14b-17a,17b sono parti convesse trapezoidali multiple (di tipo terrazza) formate nella porzione per montare l'elemento ottico del sostrato 12. Una protuberanza di lega per saldare 18 è formata su ciascuna i queste parti convesse 14a, 14b-17a,17b. Fessure longitudinali 12a e fessure trasversali 12b vengono formate nel sostrato 12 tagliando (taglio a piastrina) dopo giunzione con il sostrato di base 22.

In questa realizzazione, i tipi dell'elemento ottico 11 ed i materiali del sostrato 12 sono identici a quelli della realizzazione sopra menzionata, ed il metodo di formazione di una scanalatura a V 12 è identico a quello della realizzazione sopra menzionata. Le parti convesse 14a, 14b - 17a,17b vengono formate costituendo uno strato di isolante elettrico come SiO_2 come circa 10 μm di spessore sul sostrato 12 e, dopo la formazione della scanalatura V 13, attaccando chimicamente questo strato isolante a formare pezzi di qualche centinaio di μm di larghezza e di circa 10 μm di spessore. Come menzionato sopra, è preferibile impiegare un isolante quale materiale per le parti convesse 14a, 14b-17a,17b come

S.I.B.
ROMA

menzionato sopra, e ciò impedisce effetti sfavorevoli sugli elettrodi, ecc. dell'elemento ottico.

E' desiderabile disporre le parti convesse 14a, 14b - 17a,17b simmetricamente intorno a una estensione della scanalatura V 13, e distanziarle ad intervalli sostanzialmente regolari lungo l'estensione della scanalatura a V 13. Le parti convesse sono pure disposte alla periferia della faccia di connessione dell'elemento ottico 11 e di una fibra ottica non illustrata e vicino alla scanalatura a V 13. Oppure esse possono essere disposte per serrarvi la scanalatura a V 13. Con tale disposizione, possono venire ottenute una resistenza di unione ed una precisione di posizionamento soddisfacenti. In figura 5, la scanalatura a V 13 si estende fino alla faccia di unione. Tuttavia, la scanalatura a V 13 può non essere presente nella faccia di unione.

Nella realizzazione, per esempio, è desiderabile rendere le altezze (spessori) delle parti convesse (14a,14b - 17a,17b) che sono disposte alla periferia della faccia di connessione e vicino alla scanalatura a V 13, cioè l'estremità di incidenza/uscita della luce e l'estremità

S.I.B.
ROMA

opposta, più elevate (più spesse) che le altezze (spessori) delle parti convesse 15a, 15b, 16a, 16b che sono disposte nell'area intermedia della giunzione. E' pure desiderabile rendere la temperatura di fusione TL delle leghe per saldare che sono formate sulle parti convesse 15a, 15b, 16a, 16b di minore altezza, inferiore alla temperatura di fusione TH delle leghe per saldare che sono formate sulle parti convesse 14a, 14b, 17a, 17b di altezza maggiore.

Con la struttura sopra menzionata, il sostrato 12 e l'elemento ottico 11 vengono uniti (bonded) insieme mentre le loro posizioni relative vengono regolate per gradini. La figura 6 mostra il suo metodo di unione. Su una faccia dell'elemento ottico 11 che è da unire al sostrato 12, pellicole metalliche (includenti pellicole di lega) 24b-27b, come pellicola sottile di Al e pellicola sottile di Cr/Au che hanno una buona bagnabilità con la lega per saldare, vengono procurate in posizioni corrispondenti alle parti convesse 14a, 14b - 17a,17b. In figura 6, non si possono vedere le parti convesse 14a, 15a, 16a, 17a. Quindi sono illustrate solamente pellicole metalliche 24b, 25b, 26b, 27b che corrispondono alle parti convesse 14b,

S.I.B.
ROMA

15b, 16b, 17b.

La figura 6(a) mostra la condizione prima dell'unione (bonding). L'elemento ottico 11 è posto sul sostrato 12, ma la posizione dell'elemento ottico 11 è leggermente fuori punto.

Successivamente, come mostrato in figura 6(b), l'elemento ottico 11 viene posto sul sostrato 12 il complesso viene riscaldato. Le pellicole metalliche 25a, 25b, 26a, 26b contattano le protuberanze 18 di lega per saldare sulle parti convesse 15a, 15b, 16a, 16d. Quando la temperatura raggiunge TL, le leghe per saldare sulle parti convesse 15a, 15b, 16a, 16b fonderanno per prime. Allo stesso tempo, dovuto all'effetto di autoallineamento delle leghe per saldare, l'elemento ottico 11 verrà spostato orizzontalmente e restituito nella sua appropriata posizione; così viene effettuato un allineamento grossolano. Ciò poichè le protuberanze 18 di lega per saldare sulle parti convesse 15a, 15b, 16a, 16b sono più grandi, e le loro forze di restituzione sono più grandi di quelle di protuberanze di lega per saldare più piccole, ma la loro precisione di posizionamento è inferiore.

Il riscaldamento e la solidificazione sopra menzionati delle leghe per saldare possono venire

S.I.B.
ROMA

effettuati mediante ben noti metodi come riscaldamento in un forno, riscaldamento su piastra calda e fissaggio a rifusione.

Successivamente, quando viene continuato il riscaldamento, l'elemento ottico 11 scenderà gradualmente per il suo proprio peso, e le pellicole metalliche 24a, 24b, 27a, 27b contatteranno le protuberanze 18 di lega per saldare sulle parti convesse 14a, 14b, 17a, 17b. Quando la temperatura raggiunge TH, come mostrato in figura 6(c), le leghe per saldare sulle parti convesse 14a, 14b, 17a, 17b verranno fuse. A questo punto, dovuto all'effetto di autoallineamento delle leghe per saldare, viene effettuato un allineamento fine nella direzione orizzontale ed un aggiustamento fine nella direzione di altezza. Ciò poichè le protuberanze 18 di lega per saldare sulle parti convesse 14a, 14b, 17a, 17b sono piccole, e le loro forze di restituzione sono piccole ma la precisione di posizionamento risultante è elevata.

Così vengono ottenuti una precisione di posizionamento ed una resistenza di unione soddisfacenti attraverso il processo di autoallineamento in due stadi. In figura 6 viene illustrato il posizionamento in una direzione, ma

S.I.B.
ROMA

il posizionamento può venire effettuato bidimensionalmente in un piano.

Nella realizzazione, è desiderabile mantenere la differenza di temperatura di fusione di lega per saldare entro un intervallo da circa 0,1°C a circa 10°C. Se la differenza è meno di 0,1°C, tutte le leghe per saldare fonderanno rapidamente una dopo l'altra, rendendo difficile avere un appropriato intervallo; così sarà difficile effettuare un aggiustamento a gradini. D'altro canto, se la differenza è maggiore di 10°C, detto intervallo diverrà più lungo, ed un nuovo spostamento può venire determinato da una vibrazione esterna ecc., oppure le leghe per saldare che fondono per prime possono solidificare prima che le successive leghe per saldare fondano; ciò tende a rendere impraticabile l'aggiustamento.

E' desiderabile procurare protuberanze 18 di lega per saldare grosso modo semisferiche multiple, i cui diametri variano da circa 5 μm a circa 20 μm, sulle parti convesse 14a, 14b, 17a, 17b. Se i loro diametri sono materiali a 5 μm, le loro forze di restituzione per spostare l'elemento ottico 11, dovuto all'effetto di autoallineamento delle leghe per saldare, tende ad essere insufficiente. Se i

S.I.B.
ROMA

loro diametri superano 20 μm, lo spostamento dell'elemento ottico 11 sarà più grande, e la precisione di allineamento fine si deteriorerà. Per quanto concerne le parti convesse 15a, 15b, 16a, 16b, è desiderabile mantenere i diametri delle loro protuberanze in un intervallo da circa 100 μm a circa 200 μm. Se i diametri sono inferiori a 100 μm, lo spostamento dell'elemento ottico 11 dovuto all'effetto di autoallineamento delle leghe per saldare sarà piccolo e sarà difficile fare un allineamento grossolano, e se il diametro supera 200 μm, lo spostamento dell'elemento ottico 11 sarà grande, e la precisione dell'allineamento grossolano si deteriorerà.

La differenza in altezza delle parti convesse 14a, 14b - 17a, 17b corrisponde al diametro delle protuberanze 18 di lega per saldare sulle parti convesse 15a, 15b, 16a, 16b, ed è desiderabile mantenere la differenza un pò più piccola del diametro oppure entro un intervallo da circa 50 μm a circa 100 μm. Se la differenza in altezza è inferiore a 50 μm, lo spostamento dell'elemento ottico 11 dovuto all'effetto di autoallineamento della lega per saldare è piccolo ed è difficile effettuare l'allineamento. Se la

S.I.B.
ROMA

differenza supera 100 μm, lo spostamento dell'elemento ottico 11 diverrà più grande e la precisione di allineamento si deteriorerà.

Così, nella presente realizzazione, l'unione (bonding) del sostrato e dell'elemento ottico che è da montare sul sostrato viene effettuata mediante semplici gradini che utilizzano l'effetto di autoallineamento delle leghe per saldare, con elevata precisione di posizionamento e, anche quando il sostrato e l'elemento ottico differiscono per coefficiente di dilatazione termica l'uno dall'altro, sollecitazioni e deformazioni, che vengono generate nel sostrato durante l'unione e dopo l'unione del sostrato e dell'elemento ottico vengono moderate per impedire effettivamente fluttuazioni della precisione di posizionamento della connessione ottica.

Nell'applicazione della realizzazione di figura 5, le fessure 12b, ecc. possono venire tralasciate. La presente invenzione non è limitata alle realizzazioni rispettive, e varie modificazioni possono venire apportate entro un campo che non devia dallo spirito della presente invenzione.

Ollberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO E ARTIGIANATO
UFFICIO PROV. IND. COMM. E ART.
ROMA

S.I.B.
ROMA

RIVENDICAZIONI

1. Accoppiatore ottico avente un primo sostrato che ha una faccia principale con una scanalatura per montare una fibra ottica ed un elemento ottico montato su detta faccia principale e per essere otticamente accoppiato con la fibra ottica,

caratterizzato dal fatto che

un sostrato di base, di coefficiente di dilatazione termica che è sostanzialmente identico a detto elemento ottico, viene congiunto ad un'altra faccia principale di detto primo sostrato e che

detto primo sostrato viene diviso in parti multiple nella porzione per montare detto elemento ottico, e che

detto elemento ottico è montato su dette parti multiple in detta porzione.

2. Accoppiatore ottico della rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto primo sostrato è fatto di un monocristallo di Si.

3. Accoppiatore ottico della rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che

una differenza di coefficiente di dilatazione termica tra detto primo sostrato e detto sostrato

S.I.B.
ROMA

di base, viene tenuta entro ± 20%.

4. Accoppiatore ottico della rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che sulla faccia principale delle parti divise sono procurate sporgenze trapezoidali munite di protuberanze di lega per saldare e che temperature di fusione delle leghe per saldare di dette protuberanze di lega per saldare vengono variate da sporgenza a sporgenza.

5. Metodo di produzione di un accoppiatore ottico comprendente:

procurare una prima maschera per fare una scanalatura su una faccia principale di un sostrato monocristallino;

procurare una seconda maschera su un'altra faccia principale di detto sostrato per configurare la porzione per montare un elemento ottico in più parti;

trattare chimicamente dette due facce principali e dividere detto sostrato in dette parti multiple collegate l'una con l'altra mediante detta prima maschera;

unire (bonding) detto sostrato diviso su un sostrato di base;

rimuovere detta prima maschera; e

montare e fissare l'elemento ottico su dette

S.I.B.
ROMA

parti multiple.

6. Metodo di produzione di un accoppiatore ottico della rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detto sostrato monocristallino è un sostrato di Si, detta scanalatura è una scanalatura a V, e detto attacco chimico è un attacco chimico anisotropo.

7. Accoppiatore ottico comprendente: un primo sostrato avente una faccia principale con una scanalatura per montare una fibra ottica; ed un elemento ottico montato su detta faccia principale per essere otticamente accoppiato con la fibra ottica,

caratterizzato dal fatto che la porzione per montare l'elemento ottico di detto primo sostrato è munita di sporgenze trapezoidali multiple fornite di protuberanze di lega per saldare, e le temperature di fusione di dette protuberanze di lega per saldare variano da sporgenza a sporgenza.

p.p. KYOCERA CORPORATION

Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO E ARTIGIANATO
UFFICIO PROV. IND. COMM. E ART.
ROMA

S.I.B.
ROMA

RM 98 A 000510

Fig1.(a)

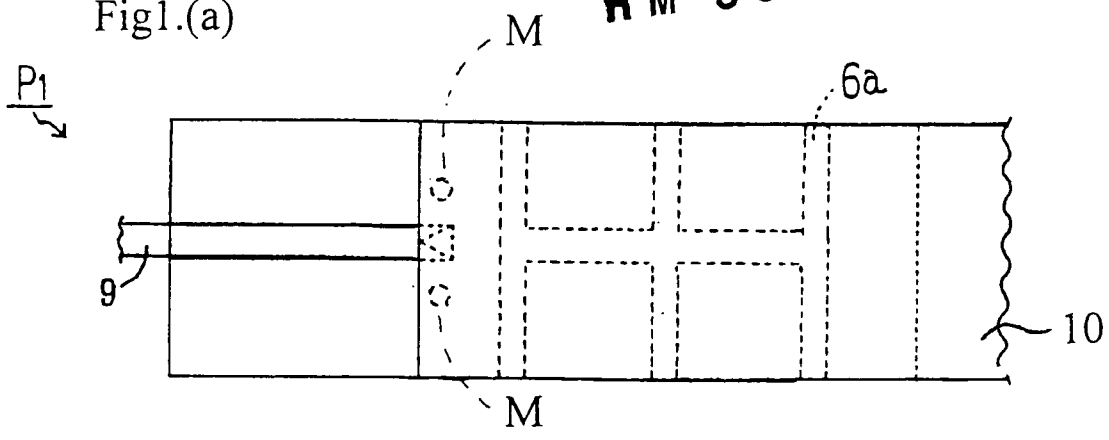


Fig.1(b)

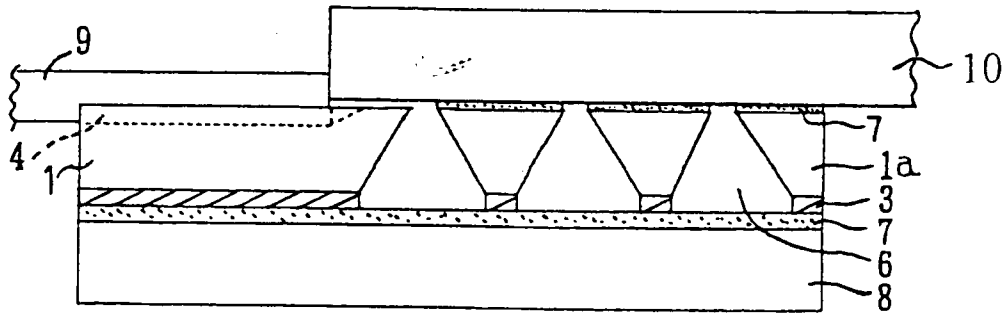


Fig.2(a)

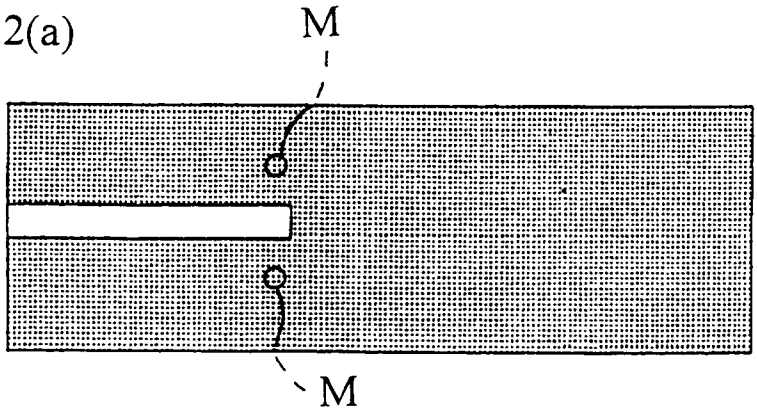
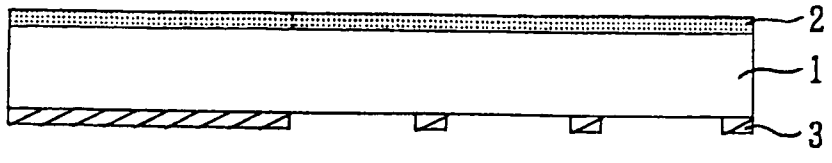


Fig.2(b)



Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

p.p. KYOCERA CORPORATION

Fig.3(a)

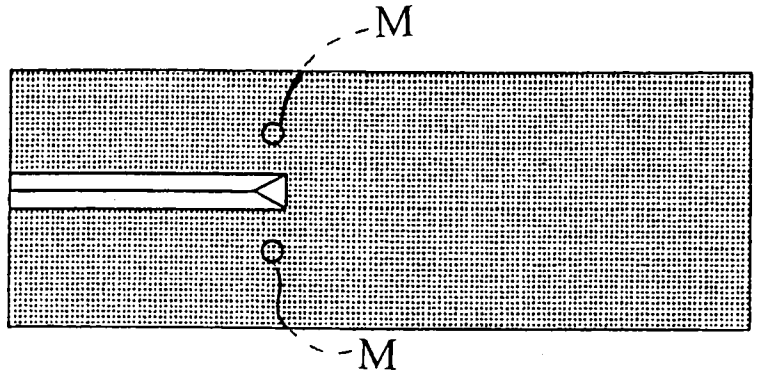


Fig.3(b)

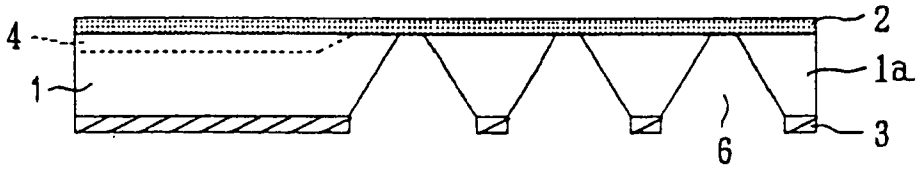


Fig4.(a)

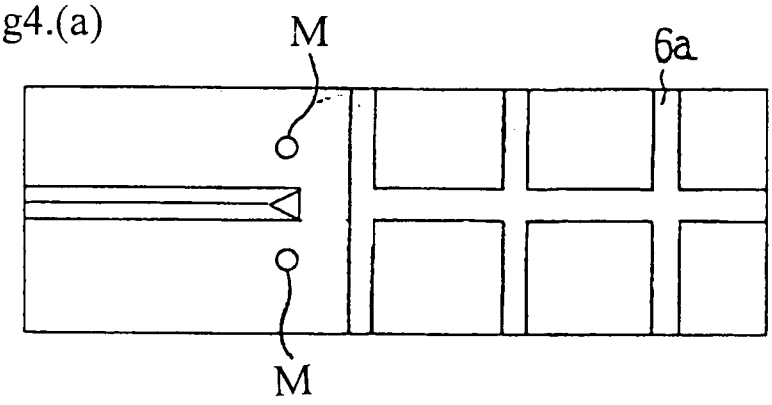
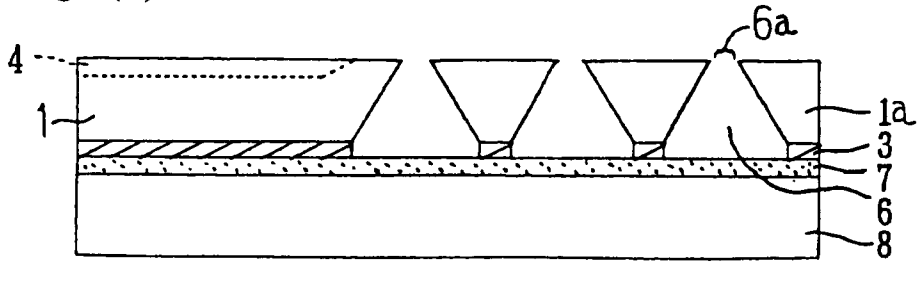


Fig.4(b)

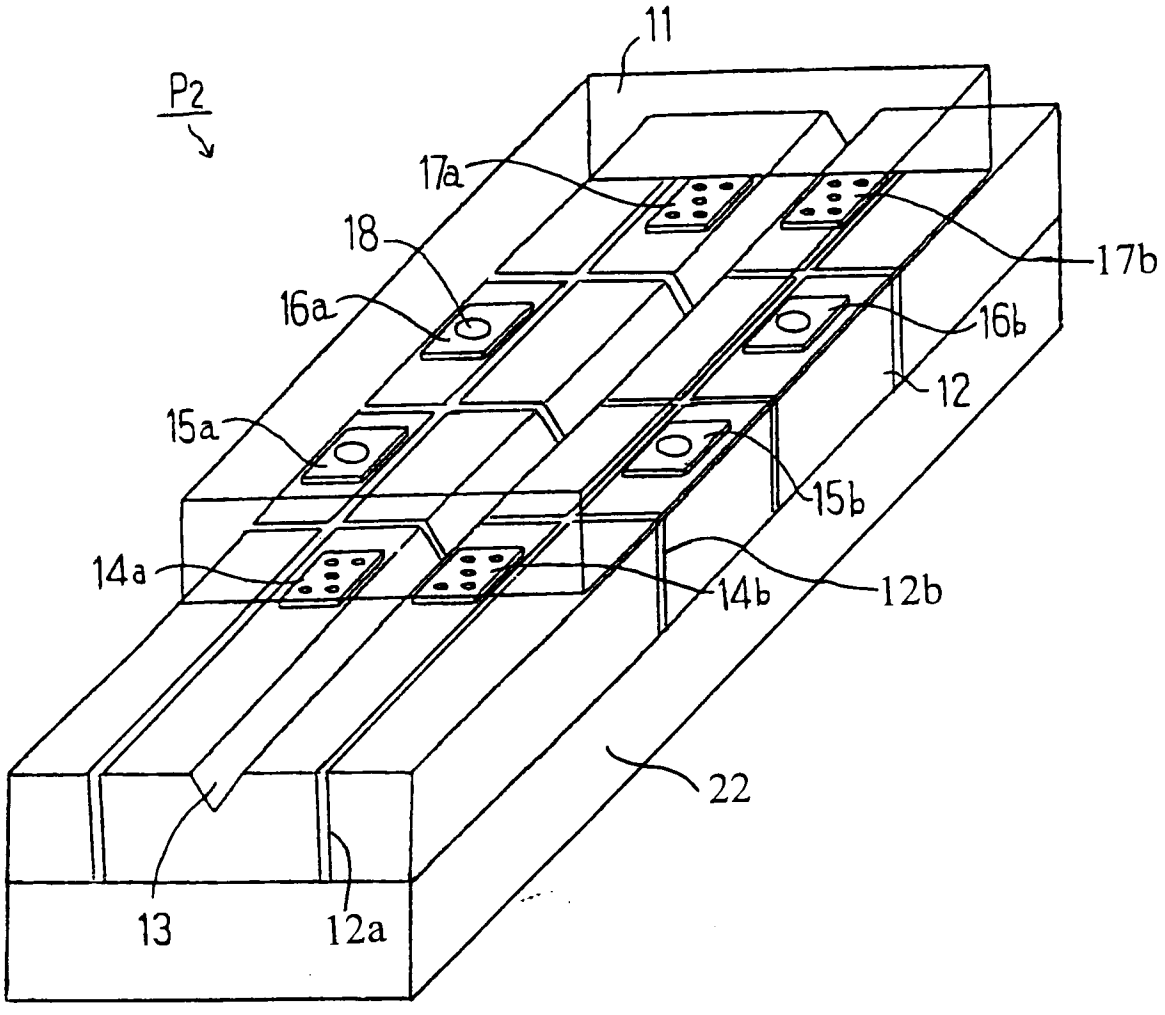


Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

p.p. KYOCERA CORPORATION

RM 98 A 000510

Fig.5



ARTIGIANATO ★ MINISTERO
ART. ★ ROMA

Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

p.p. KYOCERA CORPORATION

Fig.6(a)

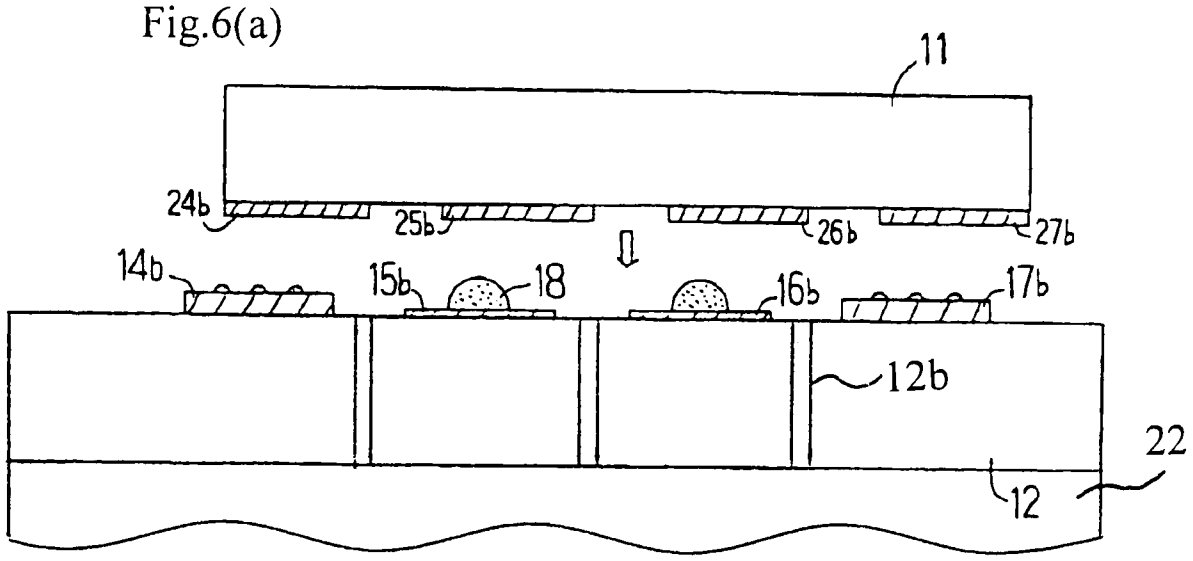


Fig.6(b)

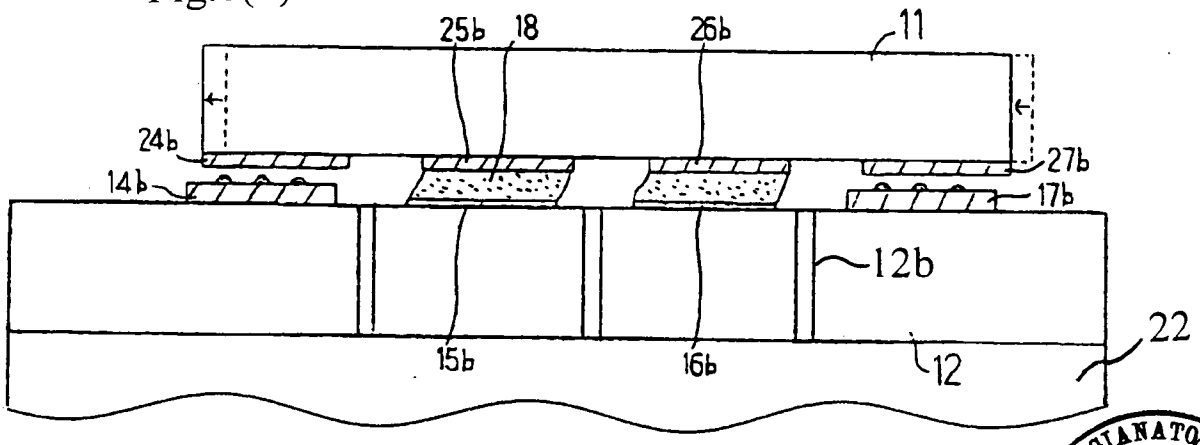
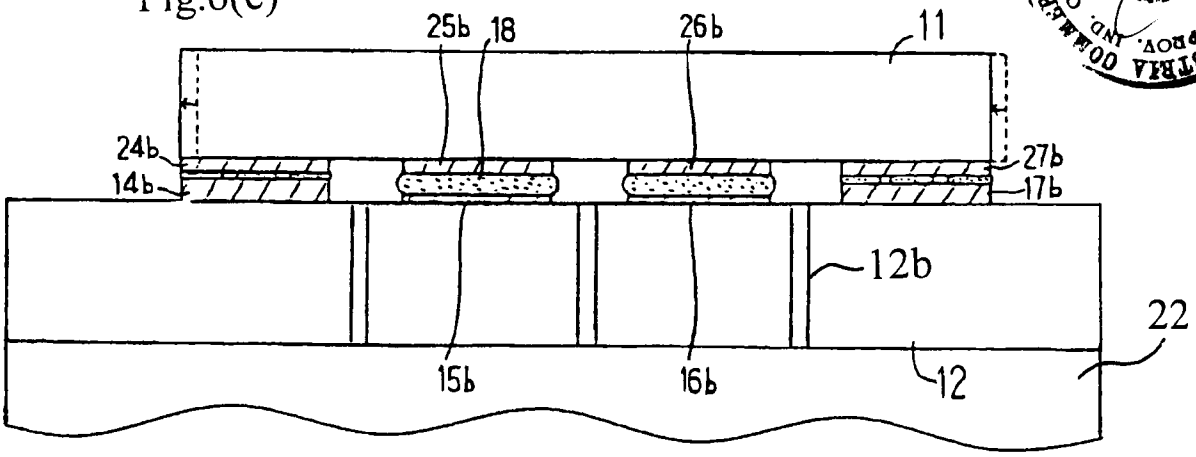


Fig.6(c)



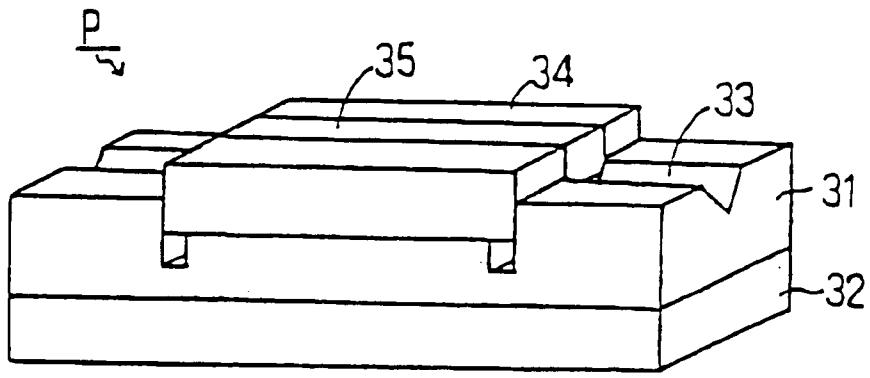
COMM. E ART.

Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

p.p. KYOCERA CORPORATION

RM 98 A 000510

Fig.7



TECNICA PRECEDENTE

CAMERA DI COMMERCIO E ARTIGIANATO ★ MINISTERO INDUSTRIA COMM. E ART. ★ ROMA ★ UFFICIO PROV. IND. COMM. E ART.

Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)

p.p. KYOCERA CORPORATION