



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

DOMANDA NUMERO	102000900837162
Data Deposito	10/04/2000
Data Pubblicazione	10/10/2001

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	41	J		

Titolo

TESTINA DI STAMPA MONOLITICA A CANALI MULTIPLI DI ALIMENTAZIONE DELLO INCHIOSTRO E RELATIVO PROCESSO DI FABBRICAZIONE.
--

Classe internazionale: B41J - 2/05

Descrizione dell'invenzione industriale avente per titolo:

“Testina di stampa monolitica a canali multipli di alimentazione dell'inchiostro e relativo processo di fabbricazione”,

a nome: OLIVETTI LEXIKON S.p.A. di nazionalità italiana e con sede in via Jervis, 77 - 10015 IVREA (TO).

Inventori designati: CONTA Renato, SCARDOVI Alessandro.

Depositata il:

10 APR. 2000 | TO 2000A 000335
TESTO DELLA DESCRIZIONE

Area tecnologica dell'invenzione - L'invenzione è relativa ad una testina di stampa utilizzata in una apparecchiatura per formare, attraverso successive scansioni, immagini in nero e a colori su un supporto di stampa, normalmente ma non esclusivamente un foglio di carta, mediante la tecnologia a getto di inchiostro del tipo termico, ed in particolare al gruppo attuatore della testina, ed al relativo processo di fabbricazione.

Presupposti tecnici - Nella Fig. 1 è rappresentata una stampante a colori a getto di inchiostro con l'indicazione delle parti principali: una struttura fissa 41, un carrello di scansione 42, un encoder 44 e delle testine di stampa 40 che possono essere in numero variabile, monocromatiche o a colori.

La stampante può costituire un prodotto a sé stante, oppure essere parte di una fotocopiatrice, di un “plotter”, di una macchina fac-simile, di una macchina per la riproduzione di fotografie e simili. La stampa viene effettuata su un supporto fisico 46, costituito normalmente da un foglio di carta, oppure da un foglio di plastica, da tessuto o simili.

Carlo Casati

Nella stessa Fig. 1 sono riportati gli assi di riferimento:

asse x: orizzontale, cioè parallelo alla direzione di scansione del carrello 42; asse y: verticale, cioè parallelo alla direzione del moto del supporto 46 durante la funzione di interlinea; asse z: perpendicolare agli assi x e y, cioè sostanzialmente parallelo alla direzione di emissione delle gocce di inchiostro.

In Fig. 2 viene rappresentata una vista assonometrica della testina di stampa 40, dove sono indicati degli ugelli 56, disposti generalmente su due colonne parallele all'asse y, ed una piastrina ugelli 106.

La costituzione ed il modo di funzionamento generale di una testina di stampa secondo la tecnologia del tipo termico, ed in particolare del tipo cosiddetto "top shooter", cioè che emette le gocce di inchiostro in direzione perpendicolare al gruppo attuatore, sono già ampiamente noti nella tecnica, e pertanto non saranno qui descritti in dettaglio, mentre verranno descritte più in particolare soltanto alcune caratteristiche delle testine e del loro processo di fabbricazione rilevanti ai fini della comprensione della presente invenzione.

In Fig. 3 è rappresentata una sezione parallela al piano z - x di una testina 40, che mostra un eiettore 55 corrispondente ad uno degli ugelli 56. Sono indicati: un serbatoio 103 contenente dell'inchiostro 142, un'asola 102, un condotto 53 avente lunghezza G, una camera 57, un resistore 27, una goccia 51 d'inchiostro, una bolla 65 di vapore, un menisco 54 in corrispondenza della superficie di separazione tra l'inchiostro e l'aria, un bordo esterno 66 e delle frecce 52 che indicano la direzione del moto prevalente dell'inchiostro.

Carlo Casavola

La Fig. 4 rappresenta in assonometria l'ingrandimento di due camere 57, adiacenti e comunicanti con l'asola 102 attraverso i condotti 53, i quali normalmente hanno una sezione rettangolare con profondità h e con larghezza c .

Nelle testine di stampa a getto di inchiostro la tecnologia attuale tende verso la realizzazione di un numero elevato di ugelli per testina (≥ 300), una definizione maggiore di 600 dpi (dpi = "dot per inch", cioè punti per pollice), una frequenza di lavoro elevata (≥ 10 kHz) e verso una produzione di gocce più piccole (≤ 10 pl) rispetto a quelle delle tecnologie precedenti.

Queste esigenze sono particolarmente sentite nella realizzazione di testine a colori, e richiedono di realizzare gli attuatori ed i circuiti idraulici con dimensioni sempre minori, precisioni maggiori, tolleranze di montaggio ristrette.

Questi problemi vengono risolti, ad esempio, per mezzo della testina di stampa monolitica descritta nella domanda di brevetto italiano TO 99A 000610, della quale viene presentata una sezione in Fig. 5. Una lamina 64, avente larghezza J e composta di più strati, comprende il resistore 27 il quale, quando è percorso da corrente, produce il calore necessario alla formazione della bolla di vapore 65 che, espandendosi rapidamente nella camera 57, provoca l'emissione della goccia d'inchiostro 51 attraverso l'ugello 56. La lamina 64 ha uno spessore generalmente compreso tra 1 e 50 μm , ed è soggetta a vibrazione a causa della repentina formazione della bolla di vapore 65 e del suo successivo collasso.

Carlo Casuccio

Nei brevetti US 6,000,787 ed EP 0 936 070 vengono descritte testine le cui camere sono ricavate lateralmente rispetto alle scanalature: conseguentemente i resistori risultano aderenti ad un corpo di Silicio avente uno spessore assai maggiore di quello della lamina e perciò esente dalle vibrazioni suddette. Tuttavia le soluzioni descritte nei citati brevetti non risolvono il problema descritto nel seguito.

Occorre infatti assicurare che il volume e la velocità delle diverse gocce emesse successivamente risultino il più possibile costanti, e che venga evitata la formazione di gocce satelliti, le quali, avendo generalmente traiettoria diversa dalle gocce principali, si distribuiscono in modo casuale vicino ai bordi dei segni grafici riducendone la nitidezza.

Questo problema viene risolto, ad esempio, per mezzo di una testina a canali multipli di alimentazione dell'inchiostro descritta nella domanda di brevetto italiano AO 99A 0002. La Fig. 6 illustra un eiettore 55' di questa testina di stampa, comprendente l'asola 102, la camera 57, il resistore 27 e dei condotti elementari 72, che conducono l'inchiostro 142 dall'asola 102 alla camera 57, aventi ciascuno profondità a , larghezza b e lunghezza g . In figura sono indicati, ad esempio, tre condotti elementari 72, ma il loro numero N può essere diverso.

Il brevetto citato rivela in dettaglio un metodo per il calcolo di quella larghezza b e di quel numero N che permettono contemporaneamente di rendere minima la costante di tempo τ della colonna di inchiostro che riempie l'eiettore 55', e di rendere critico lo smorzamento delle oscillazioni del menisco 54 dopo l'emissione della

Carlo Casuccio

goccia 51, allo scopo di ottenere un'elevata frequenza di emissione delle gocce, di assicurare che il loro volume e la loro velocità risultino il più possibile costanti, e di evitare la formazione di gocce satelliti. Tale testina, tuttavia, non è monolitica.

Viene ora illustrato un ulteriore problema presente nelle testine termiche a getto di inchiostro. Se diversi eiettori vengono pilotati contemporaneamente, per stampare ad esempio una linea verticale, alcune piste appartenenti alla microelettronica vengono percorse dalla somma delle correnti di pilotaggio. Tale somma è variabile in funzione del numero di eiettori attivati di volta in volta, e produce a sua volta una caduta di tensione variabile.

E' preferibile comandare gli eiettori in istanti diversi, in modo tale che le piste vengano percorse ogni volta dalla corrente necessaria ad un solo eiettore, e le cadute di tensione su di esse risultino perciò costanti. Inoltre è necessario che due eiettori qualsiasi, immediatamente successivi nella sequenza temporale dei comandi, non siano adiacenti, allo scopo di evitare il fenomeno dell'intermodulazione, noto agli esperti nel settore.

Per queste ragioni gli eiettori appartenenti a ciascuna colonna parallela all'asse y vengono scalati progressivamente di un intervallo parallelo all'asse x . Lo scalamento meccanico viene compensato con un corrispondente ritardo nel tempo dei comandi, allo scopo di ottenere in stampa la figura desiderata.

A causa dello scalamento meccanico, la lunghezza G del condotto 53, o la lunghezza g dei condotti elementari 72, risultano diverse per i diversi eiettori, con conseguente variazione della costante di tempo τ e

della criticità dello smorzamento delle oscillazioni del menisco 54 tra i diversi eiettori.

Sommario dell'invenzione - Scopo della presente invenzione è quello di realizzare una testina monolitica nella quale la larghezza della lamina risulti minima possibile, in modo che la robustezza meccanica della lamina risulti massima.

Un altro scopo è quello di realizzare una testina monolitica nella quale la lamina non venga sottoposta a vibrazioni causate dalla repentina formazione della bolla di vapore e del suo successivo collasso.

Un ulteriore scopo è quello di rendere massima la frequenza di emissione delle gocce di inchiostro realizzando una costante di tempo τ dell'eiettore più breve possibile, rispettando contemporaneamente la condizione di smorzamento critico del menisco.

Un ulteriore scopo è quello di realizzare la costante di tempo τ e la condizione di smorzamento critico del menisco con elevata precisione.

Un ulteriore scopo è quello di rendere la costante di tempo τ e la condizione di smorzamento critico del menisco dipendenti dalle sole dimensioni dei condotti elementari, e perciò insensibili alle tolleranze meccaniche con le quali vengono realizzate le altre parti dell'eiettore.

Un ulteriore scopo è quello di aumentare i gradi di libertà del progetto dell'eiettore, disponendo del parametro aggiuntivo costituito dal numero dei condotti elementari in parallelo.

Un ulteriore scopo è quello di scalare le posizioni dei successivi eiettori di una colonna senza alterare la costante di tempo τ né la criticità dello smorzamento delle oscillazioni del menisco dei diversi eiettori.

Carlo Casuccio

Un ulteriore scopo è quello di filtrare eventuali impurità presenti nell'inchiostro.

Questi ed altri scopi, caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno evidenti sulla base della seguente descrizione di una sua forma preferita di realizzazione, fatta a titolo esemplificativo e non limitativo, con riferimento agli annessi disegni.

Carlo Casuccio

ELENCO DELLE FIGURE

- Fig. 1 - Rappresenta una vista assonometrica di una stampante a getto di inchiostro;
- Fig. 2 - rappresenta una vista assonometrica di una testina a getto di inchiostro;
- Fig. 3 - rappresenta una vista in sezione di un eiettore della testina, secondo l'arte nota;
- Fig. 4 - rappresenta in assonometria due camere di eiezione, secondo l'arte nota;
- Fig. 5 - rappresenta una vista in sezione di un eiettore di una testina monolitica, secondo l'arte nota;
- Fig. 6 - rappresenta una vista assonometrica di una testina a canali multipli, secondo l'arte nota;
- Fig. 7 - rappresenta una sezione secondo un piano AA ed una sezione secondo un piano BB di alcuni eiettori, secondo la presente invenzione;
- Fig. 8 - rappresenta uno schema elettrico equivalente del circuito idraulico di un eiettore della testina;
- Fig. 9 - rappresenta uno schema elettrico equivalente semplificato del circuito idraulico di un eiettore della testina;
- Fig. 10 - rappresenta una sezione secondo un piano AA ed una sezione secondo un piano BB di alcuni eiettori scalati progressivamente, secondo la presente invenzione;
- Fig. 11 - rappresenta un wafer di materiale semiconduttore, che contiene dei die non ancora separati;

Carlo Casaccio

Fig. 12 - rappresenta il wafer di materiale semiconduttore, nel quale sono stati separati i die;

Fig. 13 - illustra il flusso del processo di fabbricazione del gruppo attuatore di Fig. 7 e di Fig. 10;

Fig. 14 - illustra una sezione del gruppo attuatore di Fig. 7 e di Fig. 10 all'inizio del processo di fabbricazione;

Fig. 15 - illustra una sezione del gruppo attuatore di Fig. 7 e di Fig. 10 in una fase del processo di fabbricazione;

Fig. 16 - illustra una sezione del gruppo attuatore di Fig. 7 e di Fig. 10 in una ulteriore fase del processo di fabbricazione.

Carlo Casuccio

DESCRIZIONE DELLA FORMA PREFERITA

La Fig. 7 rappresenta una sezione secondo un piano AA ed una sezione secondo un piano BB di alcuni eiettori, secondo la presente invenzione. Per semplicità non vengono rappresentate le altre parti della testina in quanto già note e non riguardanti l'invenzione. In figura sono indicati:

- un substrato 140 di Silicio P;
 - uno strato strutturale 107, secondo l'invenzione, avente spessore preferibilmente compreso tra 15 e 60 μm e composto di fotoresist negativo di tipo epossidico o polimidico, oppure di resina epossidica;
 - una camera 74 secondo l'invenzione, ricavata nello strato strutturale 107;
 - il resistore 27 sul fondo della camera 74;
 - una scanalatura 45 avente due pareti parallele 126 e larghezza E;
 - una lamina 67 avente larghezza K e spessore p , che presenta una faccia superiore 170 ed una faccia inferiore 171;
 - uno strato 36 N-well;
 - uno strato conduttore 26, costituito, come esempio non limitativo, da uno strato di Tantalio avente spessore preferibilmente compreso tra 0,4 e 0,6 μm , ricoperto da uno strato di Oro avente spessore preferibilmente compreso tra 100 e 500 Å;
 - uno strato di protezione 30, costituito ad esempio di Si_3N_4 e di SiC;
- e

Carlo Casucchi

- dei condotti elementari 75 secondo l'invenzione, che conducono l'inchiostro 142 dalla scanalatura 45 alla camera 74. Ogni camera 74 comprende N condotti elementari 75, i quali possono avere sezioni di forma qualsiasi, anche diverse tra loro sia all'interno di ciascuna camera 74, sia tra le varie camere 74.

Nell'esempio non limitativo di Fig. 7 ciascuna camera comprende tre condotti elementari 75 aventi ciascuno lunghezza f e sezione circolare di raggio r .

L'insieme che comprende una camera 74, un ugello 56, un resistore 27 e i condotti elementari 75 viene denominato eiettore 73.

La nuova lamina 67 non contiene più il resistore 27 e pertanto la sua larghezza K risulta ridotta rispetto alla larghezza J della lamina 64 dell'arte nota: questo si traduce in una maggiore robustezza meccanica. Nella sezione B-B sono inoltre tracciate due linee verticali tratteggiate che rappresentano il valore minimo e massimo che la larghezza K della lamina 67 può assumere in seguito alle tolleranze di fabbricazione. Come esempio non limitativo la lamina 67 ha una larghezza K compresa tra 100 e 200 μm ed uno spessore p compreso tra 1 e 50 μm , e preferibilmente tra 3 e 10 μm . Il resistore 27, risultando sempre esterno alla lamina 67, aderisce ad un corpo di Silicio esente da vibrazioni.

Per comprendere il funzionamento di un eiettore 73 di questa testina, viene utilizzata un'analogia elettrica per la quale vengono stabilite le seguenti equivalenze:

V = tensione elettrica in volt	equivale a:	pressione in N/m^2 ;
I = corrente in A	equivale a:	portata in m^3/s ;

Carlo Casuccio

R = resistenza in ohm	equivale a:	resistenza idraulica in $\text{N/m}^2 / \text{m}^3/\text{s} = \text{N s} / \text{m}^5$;
L = Induttanza in henry	equivale a:	inertanza idraulica in kg/m^4 ;
C = capacità in farad	equivale a:	cedevolezza idraulica in $\text{m}^3 / \text{N/m}^2 = \text{m}^5 / \text{N}$.

Nello schema equivalente di Fig. 8 la bolla 65 corrisponde ad una capacità variabile C_b . Sono presenti un ramo anteriore 70, equivalente all'insieme della camera 74, dell'ugello 56, del menisco 54 e della goccia 51, e un ramo posteriore 71, che rappresenta il tratto del circuito idraulico compreso tra la camera 74 e la scanalatura 45.

Il ramo anteriore 70 è costituito da un'impedenza fissa L_e , R_f corrispondente sostanzialmente alla camera 74, da una impedenza variabile L_u , R_u corrispondente sostanzialmente all'ugello 56, e da un deviatore T il quale, durante la fase di formazione della goccia 51, inserisce una resistenza variabile R_g corrispondente sostanzialmente alla goccia stessa, mentre, durante le fasi di rientro del menisco 54, di riempimento dell'ugello, di successiva oscillazione e di smorzamento del menisco, inserisce una capacità C_m corrispondente sostanzialmente al menisco stesso.

L'eiezione dell'inchiostro evolve secondo le fasi seguenti:

- a) Un circuito elettronico di comando fornisce energia al resistore 27, in modo da produrre l'ebollizione locale dell'inchiostro con la formazione della bolla 65 di vapore in espansione. Durante questa fase nel circuito elettrico equivalente di Fig. 8 è inserita la resistenza variabile

Carlo Casuccio

R_g. La bolla 65 genera due portate contrapposte: I_p (verso la scanalatura 45) e I_a (verso l'ugello 56).

b) Il circuito elettronico termina l'erogazione di energia al resistore 27, il vapore condensa, la bolla 65 collassa, la goccia 51 si stacca, il menisco 54 arretra svuotando l'ugello 56. Permangono le due portate contrapposte I_p e I_a. In questa fase nel circuito equivalente di Fig. 8 viene inserita la capacità C_m corrispondente al menisco 54.

c) La bolla 65 è scomparsa, il menisco 54 manifesta la sua capillarità e ritorna verso il bordo esterno 66 dell'ugello 56 aspirando del nuovo inchiostro 142 all'interno dell'ugello 56. Al termine del ritorno il menisco 54 rimane fissato al bordo esterno 66 oscillando come una membrana vibrante. Nel circuito equivalente di Fig. 8 rimane inserita la capacità C_m. Durante questa fase il circuito equivalente dell'eiettore 55 viene semplificato come schematizzato in Fig. 9, dove C_m rappresenta la capacità del menisco, mentre R e L rappresentano rispettivamente la somma di tutte le resistenze e di tutte le induttanze presenti tra il menisco 54 e la scanalatura 45. Inoltre le portate I_p e I_a convergono in un'unica portata i.

Per ottenere un funzionamento ottimale dell'eiettore 55 è necessario che, al termine della fase c), il menisco 54 raggiunga rapidamente lo stato di quiete senza oscillare. In tal modo l'inchiostro 142 non bagna la superficie esterna della piastrina ugelli 106, evitando così alterazioni di velocità e di volume delle gocce successive.

Per un determinato ugello 56 i parametri L_u, R_u e C_m, appartenenti alla parte idraulica anteriore 70 dell'eiettore 55, sono imposti e quindi,

per ottenere i valori di R e di L secondo i criteri esposti nel seguito, è possibile agire solamente sul disegno della parte idraulica posteriore 71.

L'espressione in funzione del tempo di i , che rappresenta la portata, è data dalla relazione nota:

$$(1) \quad i = \frac{V_m}{L} * t * e^{\frac{-t}{2\tau}}$$

dove V_m rappresenta la pressione generata dal menisco 54, che durante la fase di riempimento è negativa, e τ è la costante di tempo, misurata in secondi, del circuito RLC di Fig. 9, pari al rapporto L/R .

Per ottenere la massima rapidità nel riempimento dell'ugello 56 occorre che sia resa massima la portata i , e a tale scopo è necessario rendere minimi L e τ .

Inoltre, affinché il menisco 54 raggiunga rapidamente lo stato di quiete senza oscillare, il circuito equivalente di Fig. 9 deve risultare a "smorzamento critico", e a tal fine deve rispettare la relazione nota:

$$(2) \quad R = 2 * \sqrt{\frac{L}{C_m}}$$

Per un condotto elementare 75 avente una sezione circolare di raggio r e lunghezza l valgono le seguenti relazioni note:

$$(3) \quad R \cong \frac{8 * \rho * v * f}{r^4}$$

$$(4) \quad L \cong \frac{\rho * f}{r^2}$$

Carlo Casuccio

$$(5) \quad \tau = \frac{L}{R} = \frac{r^2}{8 \cdot \nu}$$

dove ρ è la densità dell'inchiostro in kg/m^3 , ν è la viscosità dell'inchiostro in m^2/s , e tutte le lunghezze sono misurate in metri.

La costante di tempo τ è funzione del raggio r , mentre risulta indipendente dalla lunghezza f .

E' possibile determinare un valore di r che fornisca valori R e L tali da realizzare lo smorzamento critico, secondo l'espressione (2). Tuttavia lo stesso valore di r , sostituito nella (5), fornisce un valore di τ che limita la portata i , secondo la relazione (1), e conseguentemente limita la frequenza di emissione delle gocce. D'altra parte non è possibile modificare a piacere la lunghezza f , poiché questa dipende dallo spessore p della lamina 67, soggetto ad altri vincoli tecnologici e funzionali.

Per aumentare la frequenza di emissione delle gocce è necessario rendere la costante di tempo τ molto breve, rispettando contemporaneamente la condizione di smorzamento critico: questo problema viene risolto nella presente invenzione realizzando, per ciascuna camera 74, una pluralità di N condotti elementari 75 in parallelo. Viene ora descritto un procedimento per calcolare il corretto numero N .

La costante di tempo τ è funzione del raggio r di ogni singolo condotto 75, mentre è indipendente dal numero N di condotti in parallelo, come indicato dalla relazione (5). E' quindi possibile ottenere una costante di tempo τ più breve possibile scegliendo un valore di r più piccolo possibile, compatibilmente con la realizzabilità tecnologica: in

pratica il raggio r secondo la presente invenzione è compreso, in modo non esclusivo, tra 4 e 12 μm .

Avendo così determinato le dimensioni geometriche del singolo condotto 75, si ricavano valori R' e L' della resistenza e dell'induttanza equivalenti a ciascun condotto 75 per mezzo delle relazioni (3) e (4). La resistenza complessiva R e l'induttanza complessiva L del circuito equivalente alla pluralità di condotti 75 in parallelo sono espresse per mezzi della nota formula delle impedenze in parallelo, e risultano:

$$(6) \quad R = R' / N$$

$$(7) \quad L = L' / N$$

E' ora possibile ricavare il valore di N necessario per rendere critico lo smorzamento, sostituendo le espressioni (6) e (7) nella (2), che diventa:

$$(8) \quad \frac{R'}{N} = 2 * \sqrt{\frac{L'}{N * C_m}}$$

e che permette di ricavare

$$(9) \quad N = (R')^2 * \frac{C_m}{4 L'}$$

Il valore di N così ottenuto è in generale non intero, e deve essere arrotondato all'intero più prossimo. Se, a causa dell'arrotondamento, lo smorzamento ottenuto risulta troppo diverso da quello critico, è ancora possibile eseguire aggiustamenti dei vari parametri descritti, adottando ad esempio valori diversi del raggio di uno o più condotti elementari 75.

La Fig. 10 rappresenta una sezione secondo un piano AA ed una sezione secondo un piano BB di alcuni ciettori 73, secondo la presente

Carlo Casucci

invenzione, allineati su due colonne non esattamente parallele all'asse y , ma progressivamente scalati di uno scalamento s , parallelo all'asse x , il cui valore è compreso, a titolo di esempio non limitativo, tra 1 e 2 μm . Lo scalamento s viene compensato con un corrispondente ritardo nel tempo dei comandi, in modo da non alterare la forma dei segni grafici stampati. In questo modo, quando si deve stampare ad esempio una linea verticale, i diversi eiettori vengono pilotati in momenti diversi, in modo tale che le piste appartenenti alla microelettronica vengano percorse ogni volta dalla corrente necessaria ad un solo eiettore, e le cadute di tensione su di esse risultino perciò costanti. Inoltre due eiettori qualsiasi, immediatamente successivi tra loro nella sequenza temporale dei comandi, non debbono essere adiacenti, allo scopo di evitare il fenomeno dell'intermodulazione, noto agli esperti nel settore.

Nella figura viene evidenziato un canale di raccordo 68, presente in tutti gli eiettori, ma indicato con una superficie tratteggiata su uno solo di essi, avente lunghezza media F , larghezza media H e altezza k .

Nella sezione B-B sono inoltre tracciate due linee verticali tratteggiate che rappresentano la larghezza K minima e massima che può assumere la scanalatura 45. In ogni caso i resistori 27 sono sempre esterni alla scanalatura 45.

A causa dello scalamento s , le lunghezze medie F dei canali di raccordo 68 risultano diverse per i diversi eiettori, con conseguente variazione dell'impedenza idraulica, della costante di tempo τ e della criticità dello smorzamento delle oscillazioni del menisco 54 tra i diversi

eiettori. Nella presente invenzione questo problema viene risolto per mezzo degli accorgimenti seguenti:

primo - il canale di raccordo 68 viene realizzato con la larghezza H più ampia possibile, in modo che esso presenti un'impedenza trascurabile rispetto a quella dei condotti elementari 75 e possieda uno spazio sufficiente alla realizzazione di un maggior numero di condotti elementari 75. Rimane comunque una differenza tra le impedenze idrauliche dei differenti eiettori, che deve essere compensata;

secondo - si compensa la differenza tra le impedenze idrauliche dei differenti eiettori. A tal fine si potrebbe modificare la larghezza H, legata alla lunghezza F dalle relazioni

$$(10) \quad R \cong \frac{12 * \rho * v * F}{k^3 * H}$$

$$(11) \quad L \cong \frac{\rho * F}{k * H}$$

ma, per mantenere costanti R ed L, la larghezza H risulterebbe inversamente proporzionale a F, e subirebbe perciò ampie variazioni al variare di F.

E' più conveniente lasciare inalterata la larghezza H e modificare il raggio r dei condotti elementari 75 in modo tale che l'impedenza complessiva risulti la stessa tra i diversi eiettori. Le relazioni (3) e (4) indicano che la resistenza R e l'induttanza L dipendono da r rispettivamente alla quarta potenza e al quadrato, ed è perciò possibile compensare completamente l'effetto della variazione di F con piccoli

Carlo Casuccio

aggiustamenti di r . Contemporaneamente si mantiene lo smorzamento critico per mezzo di una corretta determinazione del numero N dei condotti 75.

I valori della resistenza R e dell'induttanza L risultano precisi e ripetitivi, poiché il raggio r viene definito con esattezza per mezzo di tecniche fotolitografiche, ed inoltre la lunghezza f è abbastanza grande per realizzare un'impedenza ben definita e regolabile, essendo ricavata nello spessore della lamina 67. La tecnica di realizzazione di quest'ultima assicura inoltre il rispetto di tolleranze ristrette.

Il processo di fabbricazione degli eiettori 73 per la testina di stampa 40 monolitica a getto d'inchiostro è identico a quello già descritto in dettaglio nella citata domanda di brevetto italiano N° TO 99 A 000610, che viene qui incorporata per riferimento.

Questo processo comprende inizialmente la realizzazione di un "wafer" 60, come indicato in Fig. 11, composto da una pluralità di die 61, ciascuno dei quali comprende una microelettronica 62, un'area 63' atta a contenere una microidraulica 63 composta da una pluralità di eiettori 73, e delle piazzole di saldatura 77.

In una prima parte del processo, quando tutti i die 61 sono ancora uniti nel wafer 60, vengono realizzate le microelettroniche 62 e contemporaneamente, sfruttando gli stessi passi di processo e le stesse maschere, vengono parzialmente realizzate le microidrauliche 63 di ciascun die 61.

In una seconda parte del processo, su ciascuno dei die 61 ancora uniti nel wafer 60, vengono realizzati gli strati strutturali 107 e

Carlo Casuccio

completate le microidrauliche 63 per mezzo di operazioni compatibili con la prima parte del processo. Al termine del processo i die 61 vengono separati per mezzo di una mola diamantata: l'insieme composto da un die 61 e da uno strato strutturale 107 viene così a costituire un attuatore 50, come si vede in Fig. 12.

Una seconda forma di realizzazione del processo di fabbricazione consiste nell'eseguire le operazioni nell'ordine indicato nel diagramma di flusso di Fig. 13. Per quanto riguarda i particolari realizzativi dei singoli passi si fa ancora riferimento alla citata domanda di brevetto italiano. La descrizione che segue contiene solamente le informazioni necessarie alla comprensione degli aspetti innovativi della presente forma di realizzazione.

Nel passo 200 si dispone del wafer 60 di Silicio come risulta al termine della prima parte del processo, che comprende una pluralità di die 61 aventi la microelettronica 62 finita, protetti dallo strato di protezione 30 di Si_3N_4 e di SiC sopra il quale è depositato lo strato conduttore 26, e predisposti per le operazioni successive nelle aree di microidraulica 63' atte alla realizzazione della pluralità di eiettori 73 che costituiscono la microidraulica 63.

La Fig. 14 rappresenta una zona della testina destinata a contenere gli eiettori 73, come risulta in questo passo, nella quale sono indicati il substrato 140 di Silicio P, lo strato di protezione 30 di Si_3N_4 e di SiC, lo strato conduttore 26, lo strato 36 N-well e delle regioni 76 predisposte per una successiva foratura, in corrispondenza di ciascuna delle quali lo strato conduttore 26 presenta N aperture 125 aventi la stessa forma che

Carlo Casuccio

dovranno assumere gli N condotti elementari 75 previsti. Nella sezione rappresentata in figura è visibile una sola delle N aperture 125 per ciascuna regione 76.

La Fig. 15 rappresenta la zona degli eiettori 73, come risulterà al termine dei prossimi passi 201, 202 e 203.

Nel passo 201 viene steso un fotoresist 32 di protezione sopra lo strato 26, allo scopo di proteggere l'intero wafer 60 nelle operazioni successive. Nel fotoresist 32 di protezione vengono ricavati dei vuoti per mezzo di tecniche note, per lasciare scoperte le aperture 125.

Nel passo 202, utilizzando come maschera lo strato conduttore 26, vengono eseguiti dei fori elementari 75' in corrispondenza delle aperture 125, ad esempio per mezzo di una tecnologia di tipo "dry" nota come ICP ("Inductively Coupled Plasma") agli esperti nell'arte. I fori 75' sono ciechi ed entrano parzialmente nel substrato 140.

Nel passo 203 viene iniziata l'incisione della scanalatura 45 ad esempio ancora per mezzo della tecnologia ICP. La porzione della scanalatura 45 realizzata in questa fase, indicata come 45', presenta le pareti 126 sostanzialmente parallele al piano y-z, e raggiunge una distanza compresa ad esempio tra 100 e 150 μm dallo strato 36 N-well.

La Fig. 16 rappresenta la zona degli eiettori 73, come risulterà al termine dei prossimi passi dal 204 al 207.

Nel passo 204 viene eliminato il fotoresist 32 di protezione.

Nel passo 205, sopra lo strato conduttore 26, viene steso un fotoresist positivo avente uno spessore uguale all'altezza che assumeranno le camere 74, ad esempio per mezzo di una centrifuga in un

processo noto come "spinner coating". La stesura viene effettuata in modo che il fotoresist positivo possa riempire anche i fori elementari 75', ad esempio per mezzo di una riduzione della velocità della centrifuga durante una prima fase dell'operazione. Per mezzo di una maschera non rappresentata in alcuna figura, il fotoresist viene esposto ad una radiazione ultravioletta solamente in corrispondenza di finestre aventi la forma di quella sezione parallela al piano x-y che assumeranno le future camere 74 e i futuri canali di raccordo 68. L'intensità della radiazione ultravioletta è regolata in modo che il fotoresist positivo venga depolimerizzato solamente fino allo strato conduttore 26, ma non all'interno dei fori elementari 75'. Viene infine effettuato lo sviluppo, durante il quale viene asportata la porzione di fotoresist depolimerizzato, che lascia in tal modo delle cavità aventi la forma delle future camere 74 e dei futuri canali di raccordo 68, mentre i fori elementari 75' rimangono occupati dal fotoresist positivo, indicato mediante tratteggio, rimasto polimerizzato perché non raggiunto dalla radiazione ultravioletta.

Eseguendo le operazioni nell'ordine indicato da questa seconda forma di realizzazione del processo di fabbricazione, si ottiene il vantaggio di eseguire questo passo mentre l'asola 45' e i fori 75' non sono in comunicazione, essendo separati da uno strato di Silicio avente spessore compreso, ad esempio, tra 100 e 150 μm , e non esiste pertanto la necessità di riempire l'asola con uno strato temporaneo di protezione della zona dove avviene lo sviluppo del fotoresist positivo.

Nel passo 206 viene effettuata l'elettrodeposizione di un metallo, ad esempio Rame, Oro, o Nichel, all'interno delle cavità realizzate nel passo

Carlo Casuccio

203, in modo da formare gli strati sacrificali 31, aventi la forma delle future camere 74 e dei futuri canali di raccordo 68.

Nel passo 207, sulla faccia superiore 170 che contiene gli strati sacrificali 31, viene applicato lo strato strutturale 107 avente spessore preferibilmente compreso tra 15 e 60 μm e composto di fotoresist negativo di tipo epossidico o polimidico, che viene parzialmente polimerizzato, oppure composto di resina epossidica depositata in modo selettivo sull'area 63' destinata a contenere gli eiettori 73.

La Fig. 17 rappresenta la zona degli eiettori 73, come risulterà al termine dei prossimi passi, dal 208 al 213.

Nel passo 208 viene completata l'incisione della scanalatura 45 per mezzo di una tecnologia di tipo "wet" che fa uso ad esempio di un bagno di KOH (idrossido di Potassio) o di TMAH (idrossido di Tetrametil Ammonio), come è noto agli esperti nel settore. L'incisione della scanalatura 45 avanza secondo piani geometrici definiti dagli assi cristallografici del Silicio, e forma perciò un angolo $\alpha = 54,7^\circ$. L'incisione viene arrestata automaticamente al raggiungimento dello strato 36 N-well per mezzo di un metodo, detto "electrochemical etch stop", noto agli esperti nell'arte. Al termine di questa operazione la scanalatura 45 rimane delimitata dalla lamina 67, e i fori 75' risultano passanti, essendone stato rimosso il fondo cieco.

Nel passo 209, nello strato strutturale 107 vengono aperti gli ugelli 56 per mezzo ad esempio di una foratura laser, vengono liberati dal fotoresist positivo i fori 75', realizzando così i condotti elementari 75, e

vengono liberate dal fotoresist negativo le aree corrispondenti alle piazzole di saldatura 77 e alle testate dei die, non illustrate.

Nel passo 210 viene effettuato lo “hard bake” dello strato strutturale 107 allo scopo di ottenerne la completa polimerizzazione.

Nel passo 211 viene asportato lo strato sacrificale per mezzo di un processo elettrolitico. Le cavità lasciate vuote dallo strato sacrificale vengono a costituire in tal modo le camere 74 e i canali di raccordo 68.

La tecnologia descritta dal passo 205 al passo 211 è nota agli esperti nell'arte, essendo utilizzata per la realizzazione dei MEMS / 3D (MEMS: Micro Electro Mechanical System).

Nel passo 212 viene effettuata l'incisione dello strato di protezione 30 di Si_3N_4 e di SiC in corrispondenza dei pad di saldatura.

Nel passo 213 viene eseguito il taglio del wafer 60 nei singoli die 61 per mezzo di una mola diamantata, non indicata in alcuna figura.

Nel passo 214 vengono infine eseguite le operazioni seguenti, note a chi è esperto nel settore:

- saldatura di un flat cable sul die 61 mediante un processo TAB (Tape Automatic Bonding), allo scopo di formare un sottogruppo;
- montaggio del sottogruppo sul contenitore della testina 40;
- riempimento dell'inchiostro 142;
- testing della testina 40 finita.

Il passo 206, elettrodeposizione dello strato sacrificale 31; il passo 208, incisione “wet” delle pareti oblique della scanalatura 45 con “electrochemical etch stop”; ed il passo 211, asportazione elettrolitica dello strato sacrificale 31, richiedono operazioni eseguite per mezzo di

Carlo Castuccio

processi elettrochimici, durante i quali debbono essere posti allo stesso potenziale elettrico specifici strati appartenenti a tutti i die 61 del wafer 60, ed eventualmente tutti i segmenti in cui sono suddivisi i die 61.

Questo può essere vantaggiosamente effettuato come descritto nella domanda di brevetto italiano TO 99A 000987, che viene qui incorporata.

In breve, fermo restando il principio della presente invenzione, i particolari realizzativi e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione stessa.

Carlo Casuccio

RIVENDICAZIONI

1. Testina di stampa termica (40) monolitica a getto di inchiostro comprendente un serbatoio (103) atto a contenere inchiostro (142), e un die (61) provvisto di una scanalatura (45) in collegamento fluidico con detto serbatoio (103), di una lamina (67) e di una pluralità di camere (74), detta scanalatura (45) essendo parallela ad una prima direzione (y),
caratterizzata dal fatto che dette camere (74) sono disposte esternamente rispetto a detta scanalatura (45) e che ciascuna di dette camere (74) è in collegamento fluidico con detta scanalatura (45) attraverso una pluralità di N condotti elementari (75).
2. Testina di stampa secondo la rivendicazione 1, **caratterizzata dal fatto che detti condotti elementari (75) sono ricavati su detta lamina (67).**
3. Testina di stampa secondo la rivendicazione 1, **caratterizzata dal fatto che ciascuno di detti condotti elementari (75) ha sezione sostanzialmente circolare.**
4. Testina di stampa secondo la rivendicazione 3, **caratterizzata dal fatto che detta sezione sostanzialmente circolare ha un raggio (r) compreso tra 4 e 12 μm .**
5. Testina di stampa secondo la rivendicazione 3, **caratterizzata dal fatto che detti condotti elementari (75) hanno raggio (r) diverso tra loro.**
6. Testina di stampa secondo la rivendicazione 1, **caratterizzata dal fatto che ciascuna di dette camere (74) è posta in collegamento fluidico con ciascuna pluralità di detti condotti elementari (75) attraverso un canale di raccordo (68).**

Carlo Casuocir

7. Testina di stampa secondo la rivendicazione 6, **caratterizzata dal fatto che** detti canali di raccordo (68) hanno lunghezze (F) diverse tra loro.
8. Testina di stampa secondo la rivendicazione 7, **caratterizzata dal fatto che** dette camere (74) sono sostanzialmente allineate parallelamente a detta scanalatura (45) parallela a detta prima direzione (y), e che detti canali di raccordo (68) hanno lunghezze (F) progressivamente crescenti lungo detta prima direzione (y).
9. Testina di stampa secondo la rivendicazione 8, **caratterizzata dal fatto che** la differenza tra dette lunghezze (F) di due canali di raccordo (68) adiacenti è uguale ad uno scalamento (s) costante.
10. Testina di stampa secondo la rivendicazione 9, **caratterizzata dal fatto che** il valore di detto scalamento (s) è compreso tra 1 e 2 μm .
11. Testina di stampa secondo la rivendicazione 1, **caratterizzata dal fatto che** detta lamina (67) ha una larghezza, misurata parallelamente ad una seconda direzione (x) sostanzialmente perpendicolare a detta prima direzione (y), compresa tra 100 e 200 μm .
12. Testina di stampa secondo la rivendicazione 11, **caratterizzata dal fatto che** detta lamina (67) ha uno spessore (p), misurato parallelamente ad una terza direzione (z), sostanzialmente perpendicolare a detta prima e a detta seconda direzione, compreso tra 1 e 50 μm .
13. Testina di stampa secondo la rivendicazione 12, **caratterizzata dal fatto che** detto spessore (p) è compreso tra 3 e 10 μm .
14. Testina di stampa secondo la rivendicazione 1, **caratterizzata dal fatto che** detta lamina (67) comprende a sua volta almeno uno strato

conduttore (26), composto di materiale elettricamente conduttore, che forma un'unica rete connessa attraverso detto die (61).

15. Testina di stampa secondo la rivendicazione 14, caratterizzata dal fatto che detto strato conduttore (26) è composto da uno strato di Tantalio ricoperto da uno strato di Oro.

16. Testina di stampa secondo la rivendicazione 14, caratterizzata dal fatto che detta lamina (67) comprende inoltre uno strato (36) di Silicio N-well.

17. Testina di stampa secondo la rivendicazione 16, caratterizzata dal fatto che detto strato (36) di Silicio N-well è connesso elettricamente a detto strato conduttore (26).

18. Testina di stampa secondo la rivendicazione 17, caratterizzata dal fatto che detto strato (36) di Silicio N-well è suddiviso in segmenti, e che ciascuno di detti segmenti di detto strato (36) di Silicio N-well è connesso elettricamente a detto strato conduttore (26).

19. Testina di stampa termica (40) monolitica a getto di inchiostro comprendente un serbatoio (103) atto a contenere inchiostro (142), una scanalatura (45) in collegamento fluidico con detto serbatoio (103), ed una pluralità di eiettori (73) ognuno comprendente a sua volta un ugello (56) avente un bordo esterno (66), ed una camera (74) posta in collegamento fluidico con detta scanalatura (45), detto inchiostro (142) formando un menisco (54) su detto bordo esterno (66), e ciascuno di detti eiettori (73) presentando una costante di tempo τ ,

caratterizzata dal fatto che dette camere (74) sono poste esternamente rispetto a detta scanalatura (45), che ciascuna camera (74) è

Carlo Casuccio

posta in collegamento fluidico con detta scanalatura (45) attraverso una pluralità di N condotti elementari (75), che detti condotti elementari (75) hanno sezione sostanzialmente circolare il cui raggio (r) è determinato per mezzo della formula

$$r = \sqrt{8 * \nu * \tau}$$

dove ν è la viscosità dell'inchiostro e τ è la costante di tempo assegnata a ciascuno di detti eiettori (73), ed il numero N di detti condotti elementari (75) di ciascuna pluralità è determinato per mezzo della formula

$$N = (R')^2 * \frac{C_m}{4 L'}$$

dove R' ed L' rappresentano rispettivamente la resistenza idraulica e l'inertanza idraulica di un singolo condotto elementare (75), e C_m rappresenta la cedevolezza idraulica di detto menisco (54), per cui detto menisco (54) presenta uno smorzamento critico con qualunque valore assegnato di τ .

20. Testina di stampa secondo la rivendicazione 19, caratterizzata dal fatto che ciascuna di dette camere (74) è posta in collegamento fluidico con ciascuna pluralità di detti condotti elementari (75) attraverso un canale di raccordo (68), e che detti canali di raccordo (68) hanno lunghezze (F) diverse tra loro.

21. Testina di stampa secondo la rivendicazione 20, caratterizzata dal fatto che detti eiettori (73) presentano inoltre una resistenza idraulica (R) ed un'inertanza idraulica (L), e che detta resistenza idraulica (R), detta inertanza idraulica (L), detta costante di tempo τ e detto smorzamento di detto menisco (54) sono resi uguali tra i diversi eiettori (73),

comprendenti canali di raccordo (68) aventi lunghezze (F) diverse tra loro, per mezzo di condotti elementari (75) aventi un raggio (r) diverso in corrispondenza di ciascuno degli eiettori (73).

22. Testina di stampa secondo la rivendicazione 20, caratterizzata dal fatto che detta costante di tempo τ e detto smorzamento di detto menisco (54) sono resi uguali tra i diversi eiettori (73) per mezzo di condotti elementari (75) aventi una sezione di forma diversa in corrispondenza di ciascuno degli eiettori (73).

23. Processo per la fabbricazione di una testina di stampa termica (40) a getto di inchiostro comprendente un serbatoio (103) atto a contenere inchiostro (142), una scanalatura (45) in collegamento fluidico con detto serbatoio, una lamina (67) e delle camere (74), comprendente la fase di

- disporre di un wafer (60) contenente una pluralità di die (61), ciascuno dei quali contiene un substrato (140), una pluralità di resistori (27), ed uno strato conduttore (26), detti die (61) avendo una faccia superiore (170) ed una faccia inferiore (171),

caratterizzato dal fatto che detto processo comprende inoltre le fasi di:

- (201) stendere un fotoresist (32) di protezione sopra lo strato conduttore (26);
- (202) eseguire delle pluralità di fori elementari (75') attraverso detta lamina (67), ciascuna di dette pluralità essendo in corrispondenza di uno di detti resistori (27);
- (203) incidere una prima parte di detta scanalatura (45) in detto substrato (140) su detta faccia inferiore (171) di ciascuno di detti die (61);

- (204) eliminare detto fotoresist (32) di protezione;
- (205) stendere uno strato di fotoresist positivo su detta faccia superiore (170) di ciascuno di detti die (61), e ricavare, mediante operazioni di esposizione e sviluppo, una pluralità di cavità, ciascuna di dette cavità essendo in corrispondenza di ciascuno di detti resistori (27) ed avendo forma tale da ricoprire il corrispondente resistore (27) ed almeno una pluralità di detti fori elementari (75');;
- (206) depositare una pluralità di strati sacrificali (31) all'interno di ciascuna di dette cavità;
- (207) stendere uno strato strutturale (107) sopra detta faccia superiore (170) di ciascuno di detti die (61) e sopra detti strati sacrificali (31);
- (208) incidere una seconda parte di detta scanalatura (45) in detto substrato (140) su detta faccia inferiore (171) di ciascuno di detti die (61), fino a raggiungere e rendere passanti detti fori elementari (75');;
- (209) ricavare una pluralità di ugelli (56) su detto strato strutturale (107), ciascuno di detti ugelli (56) essendo in corrispondenza con uno di detti strati sacrificali (31);
- (210) eseguire lo "hard bake" di detto strato strutturale (107);
- (211) asportare detti strati sacrificali (31).

24. Processo secondo la rivendicazione 23, caratterizzato dal fatto che dette fasi di (206) depositare una pluralità di strati sacrificali (31) su ciascuno di detti die (61); (208) incidere una seconda parte di detta scanalatura (45); e (211) asportare detta pluralità di strati sacrificali (31) su ciascuno di detti die (61) sono realizzate mediante processi elettrochimici.

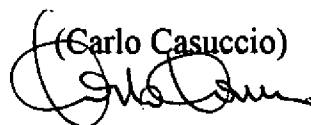
Carlo Casuccio

25. Processo secondo la rivendicazione 24, caratterizzato dal fatto che dette fasi di (206) depositare una pluralità di strati sacrificali (31) su ciascuno di detti die (61); (208) incidere una seconda parte di detta scanalatura (45); e (211) asportare detta pluralità di strati sacrificali (31) su ciascuno di detti die (61) utilizzano come elettrodo detto strato conduttore (26), detto strato conduttore (26) formando un'unica rete connessa all'interno di ciascuno di detti die (61).

26. Processo secondo la rivendicazione 25, caratterizzato dal fatto che detto strato conduttore (26) forma un'unica rete connessa tra almeno due diversi di detti die (61).

27. Processo secondo la rivendicazione 25, caratterizzato dal fatto che detto strato conduttore (26) forma un'unica rete connessa tra tutti detti die (61) appartenenti a detto wafer (60).

p. i. Olivetti Lexikon S.p.A.

(Carlo Casuccio)




Carlo Casuccio

Fig. 1

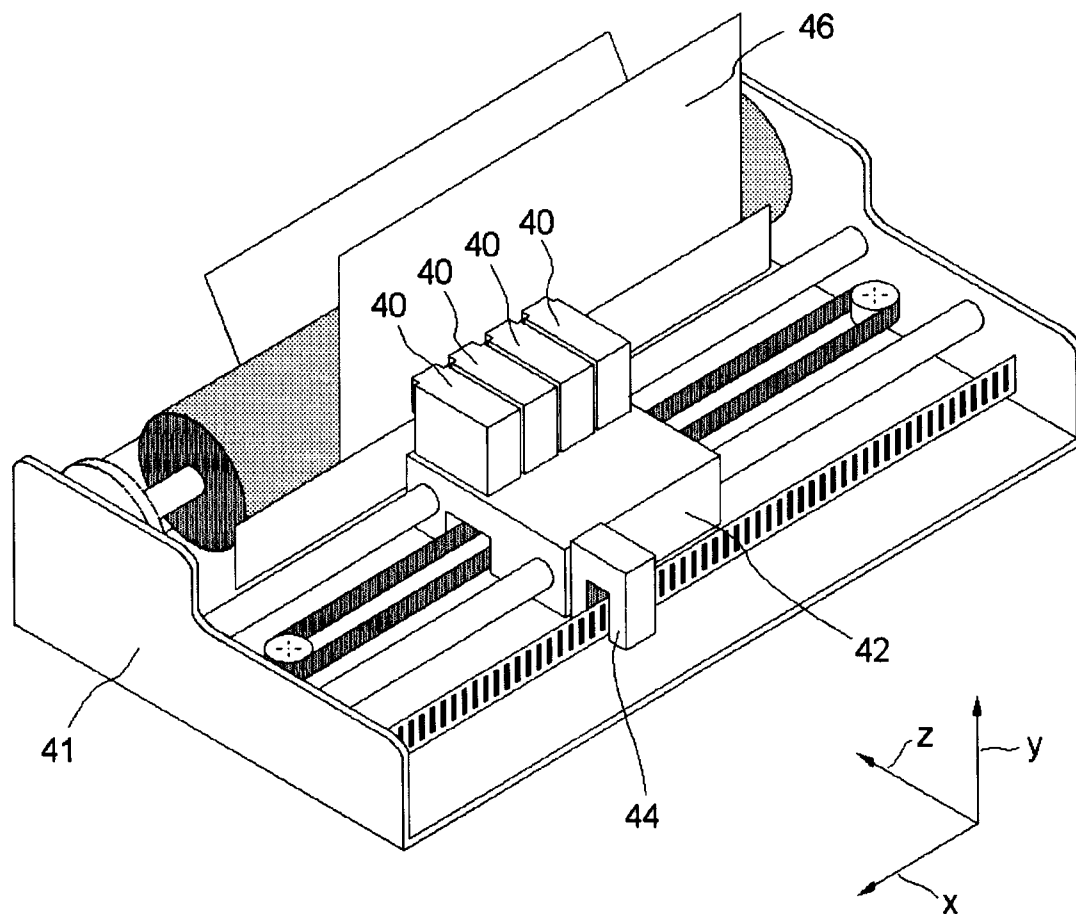
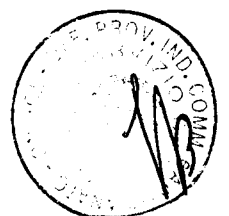
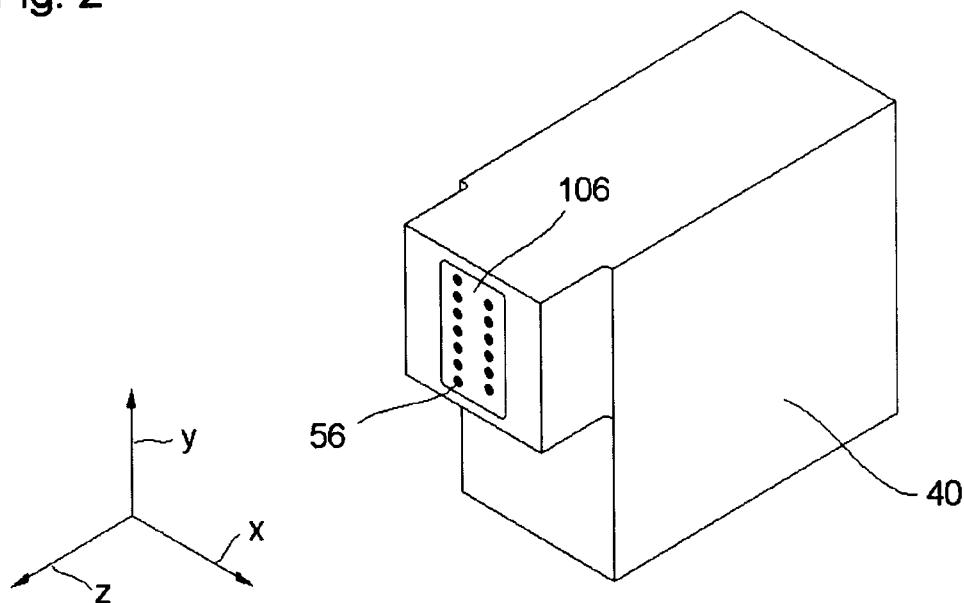


Fig. 2



TO 2000A 000335

Fig. 3

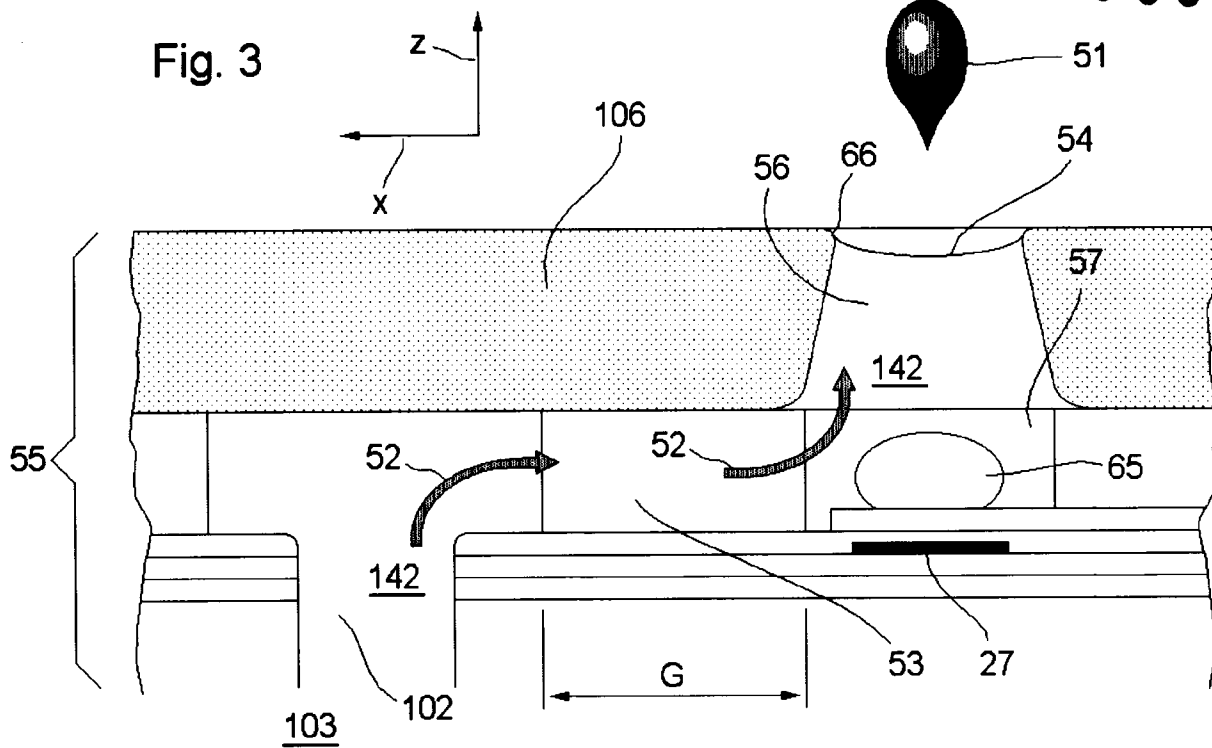


Fig. 4

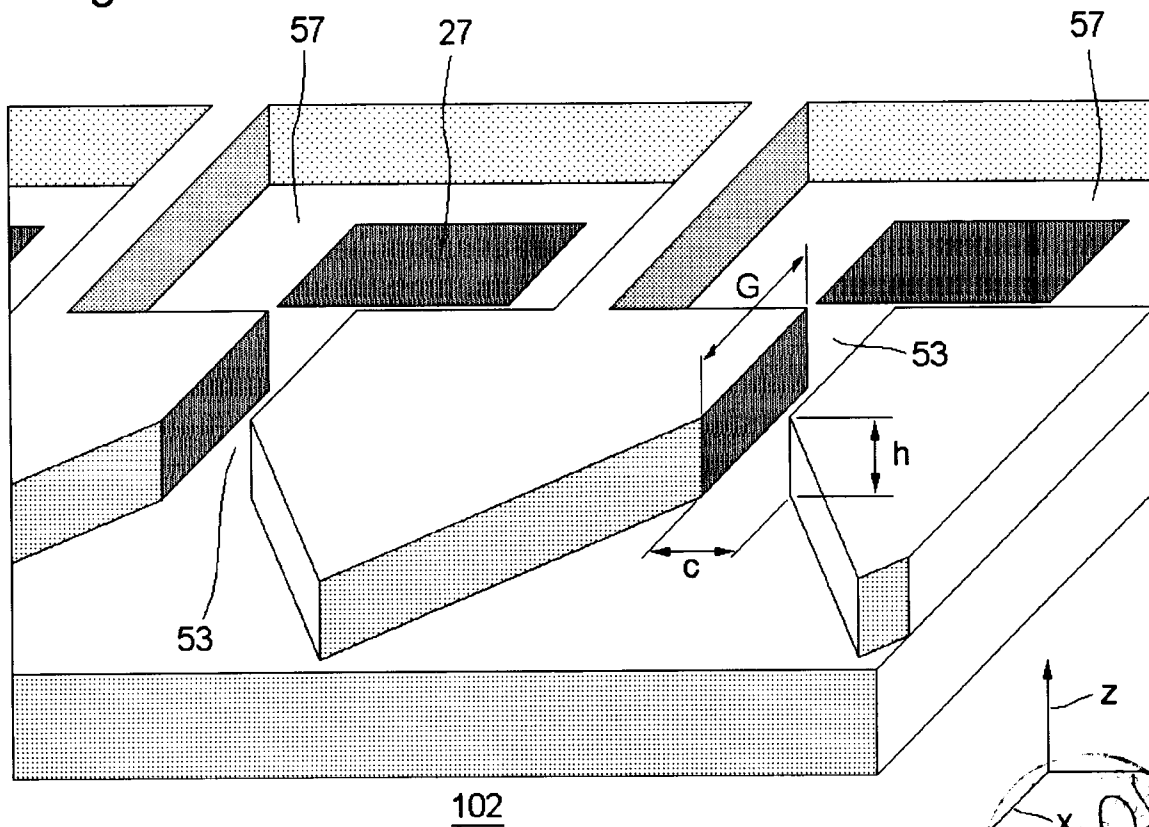


Fig. 5

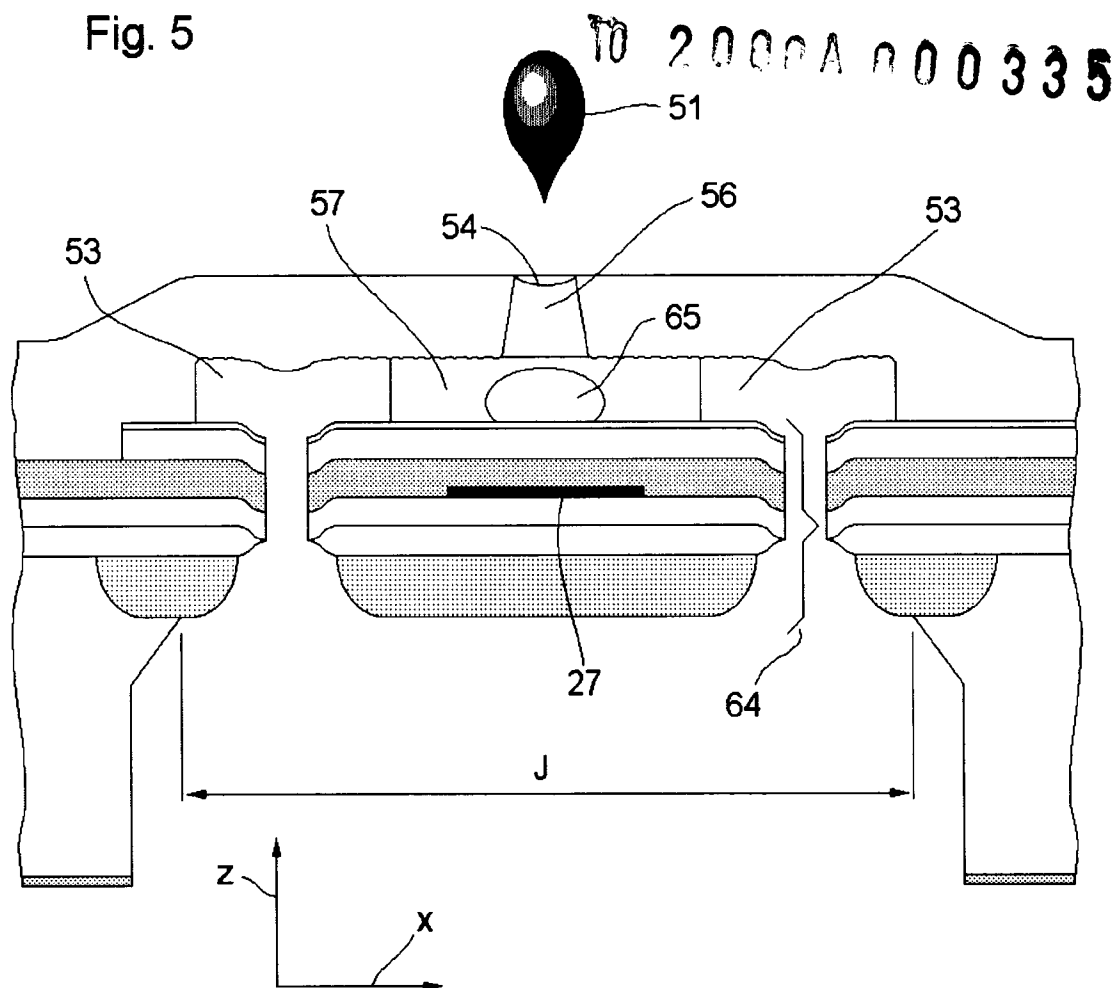
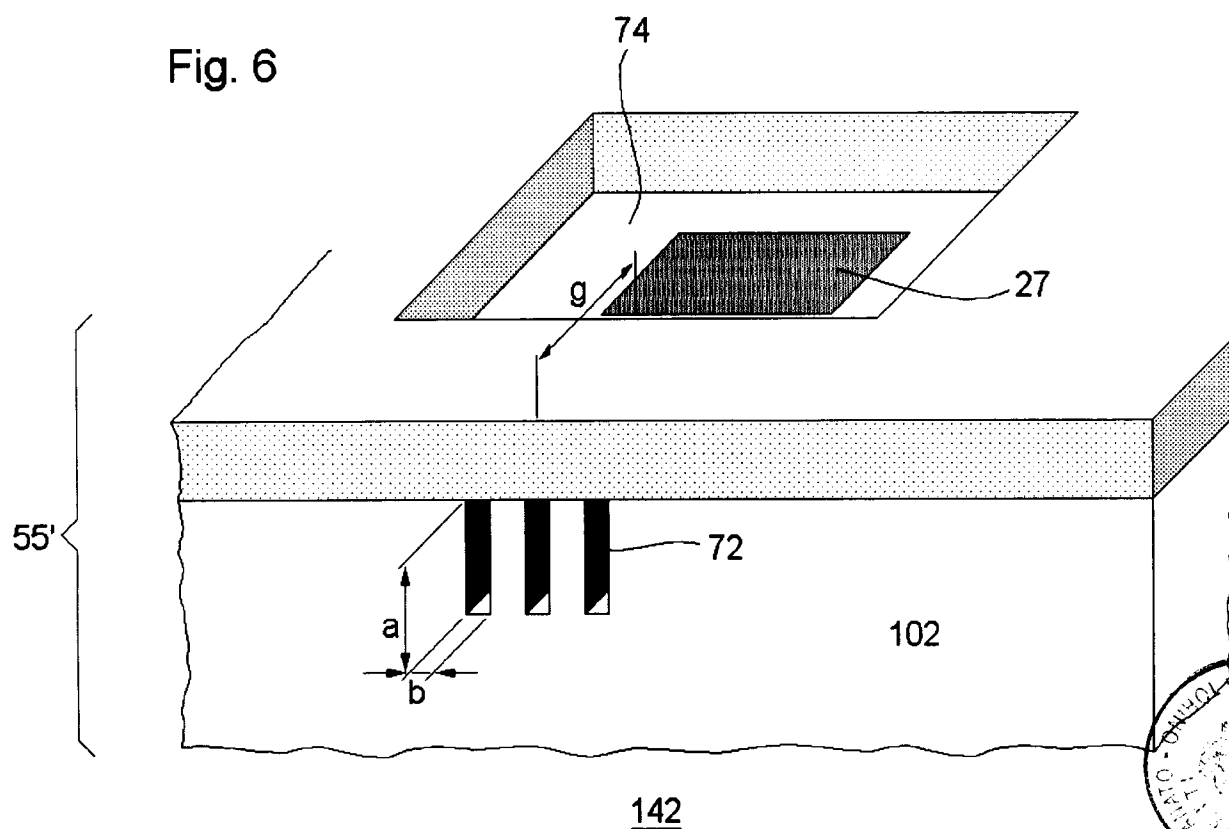


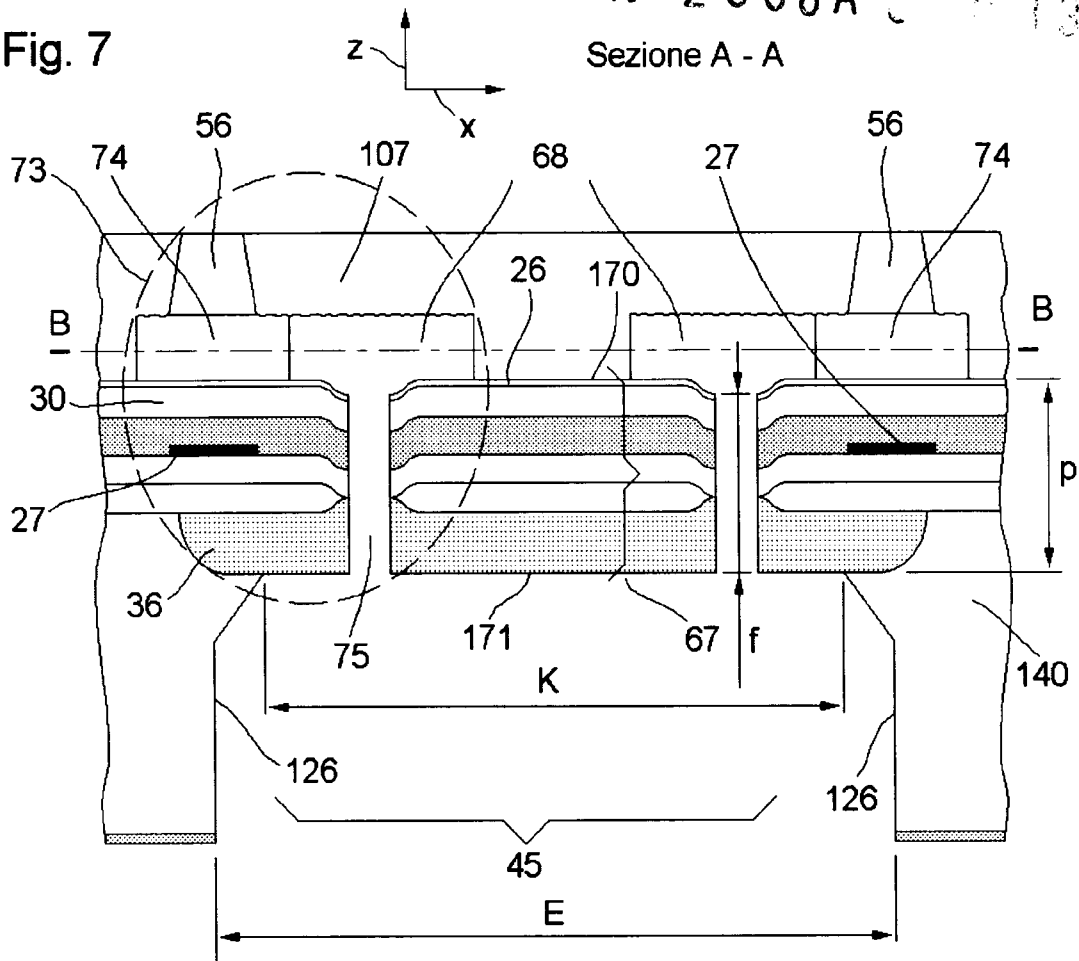
Fig. 6



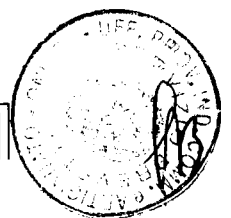
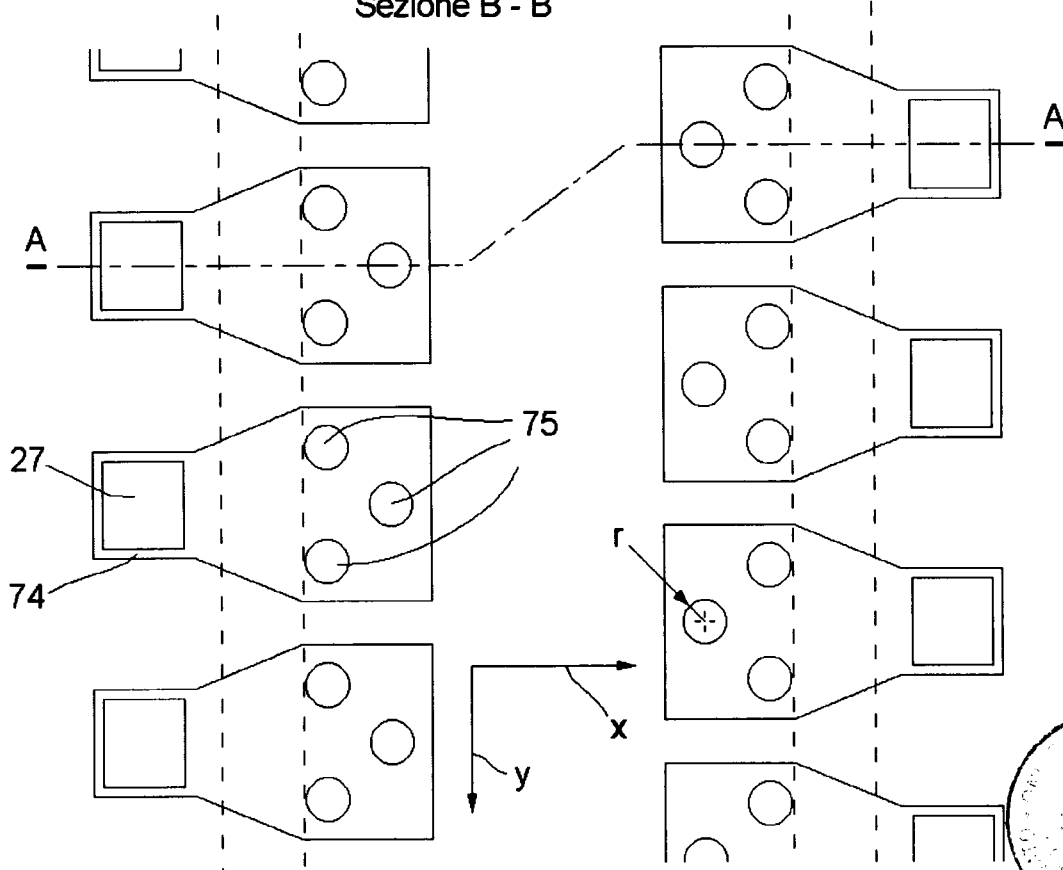
TO 2000A 1735

Fig. 7

Sezione A - A



Sezione B - B



p.i. Olivetti Lexikon S.p.A.
Carlo Casuccio

Fig. 8

10 2000A 000335]

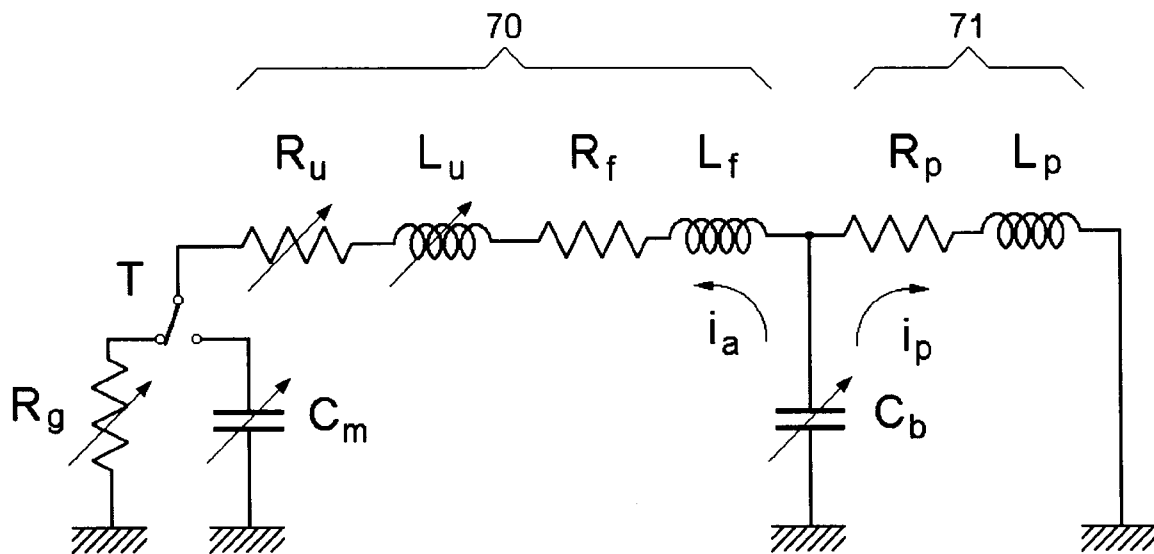
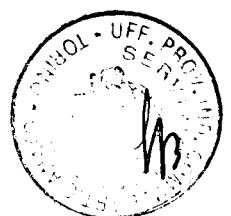
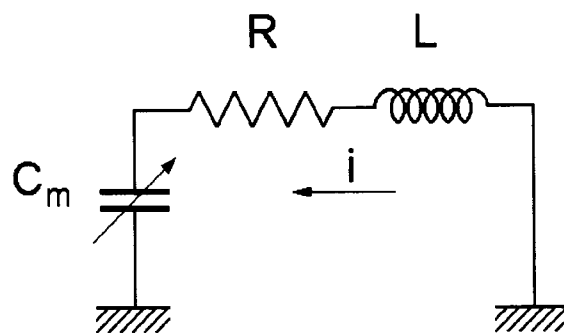


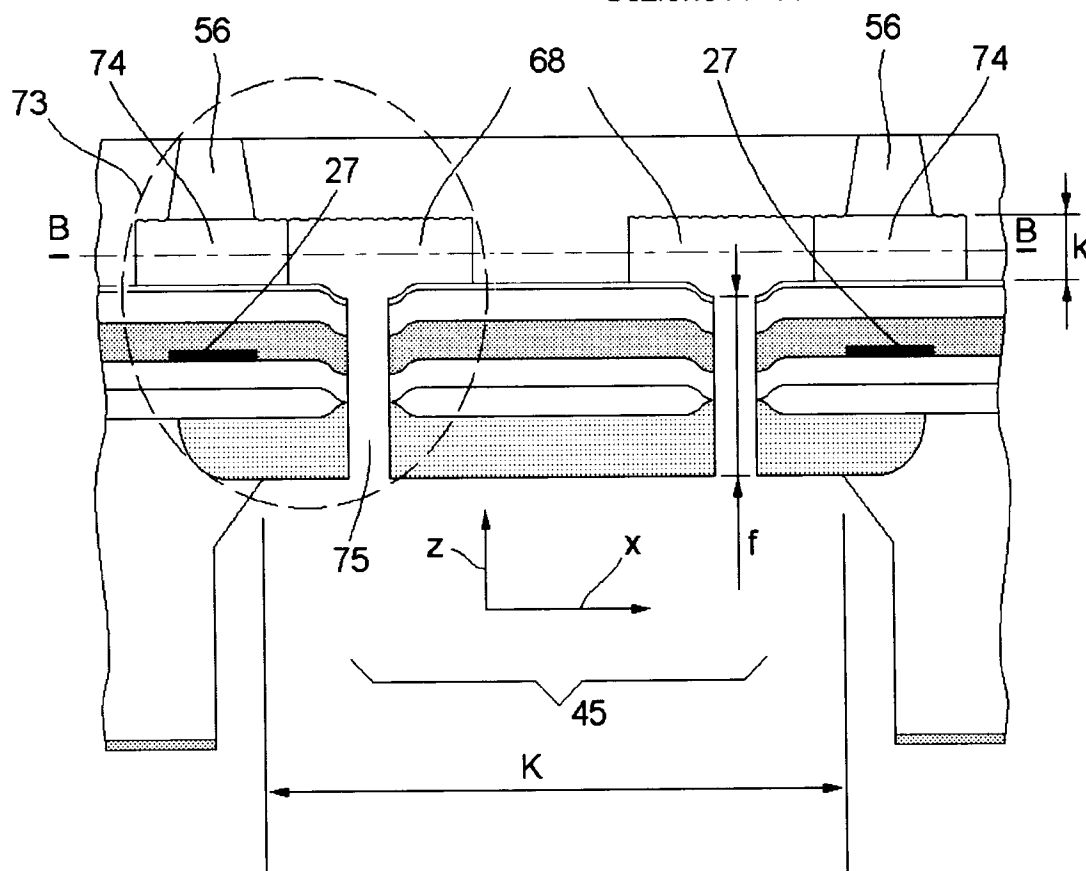
Fig. 9



p.i. Olivetti Lexikon S.p.A.
Carlo Casuccio
 Carlo Casuccio

Fig. 10

TO 200CA 000335
Sezione A - A



Sezione B - B

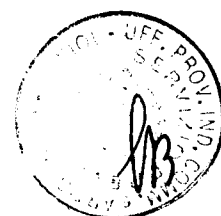
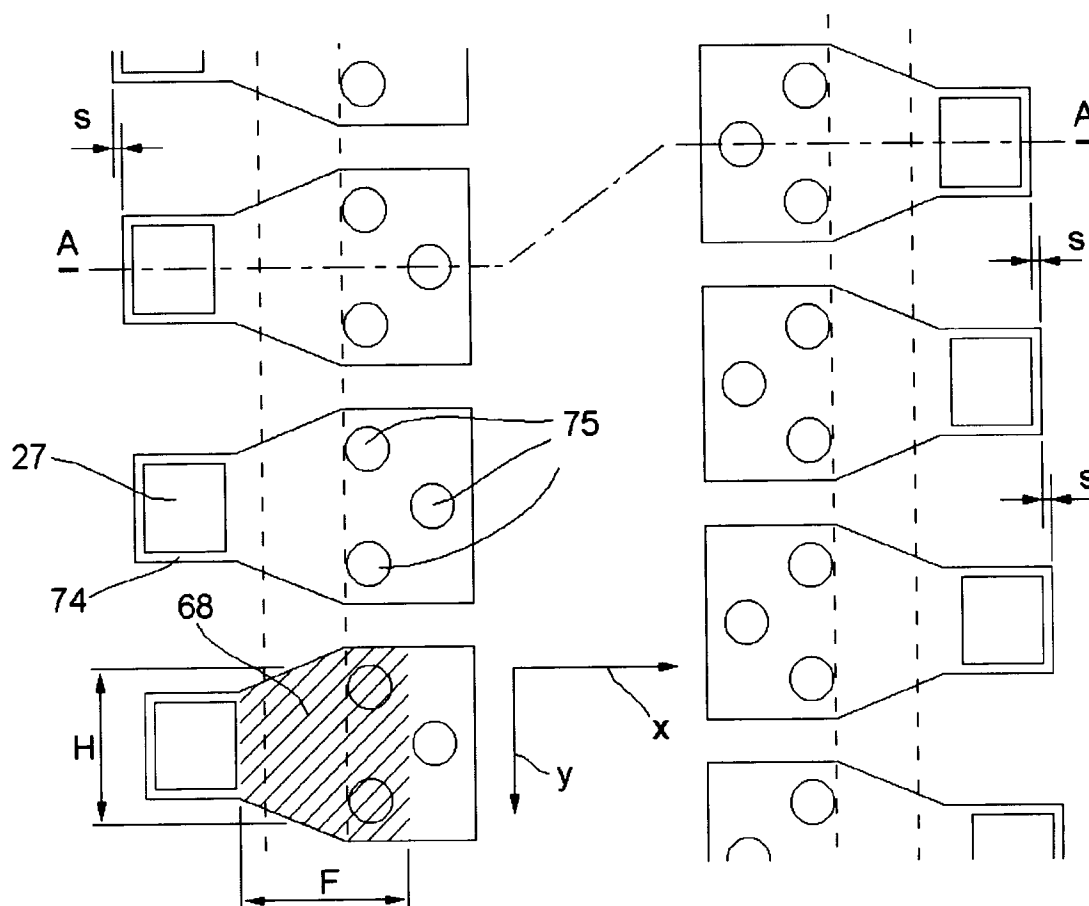
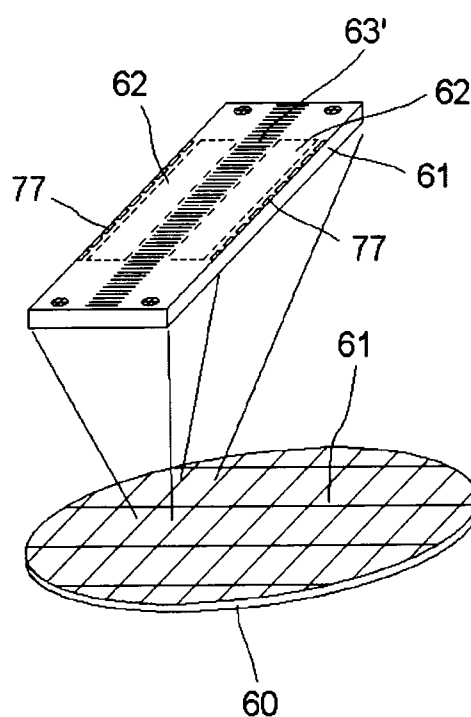


Fig. 11



T0 2000A 000335

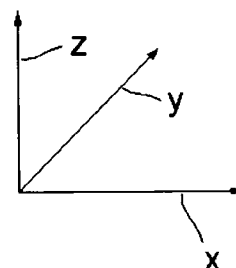
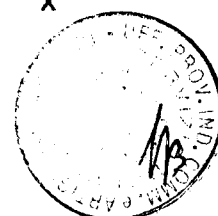
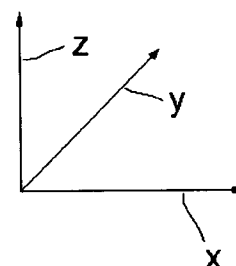
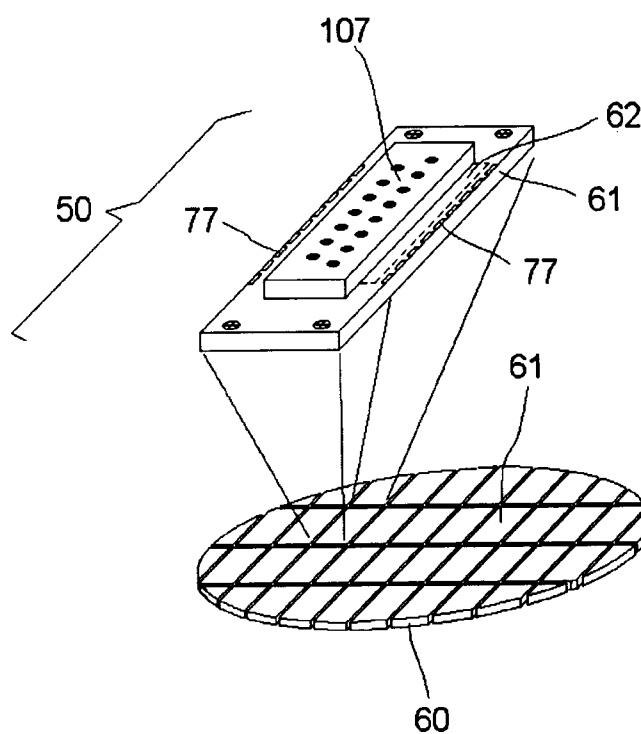


Fig. 12



p.i. Olivetti Lexikon S.p.A.

Carlo Casuccio

Fig. 13

TO 2000A 000335

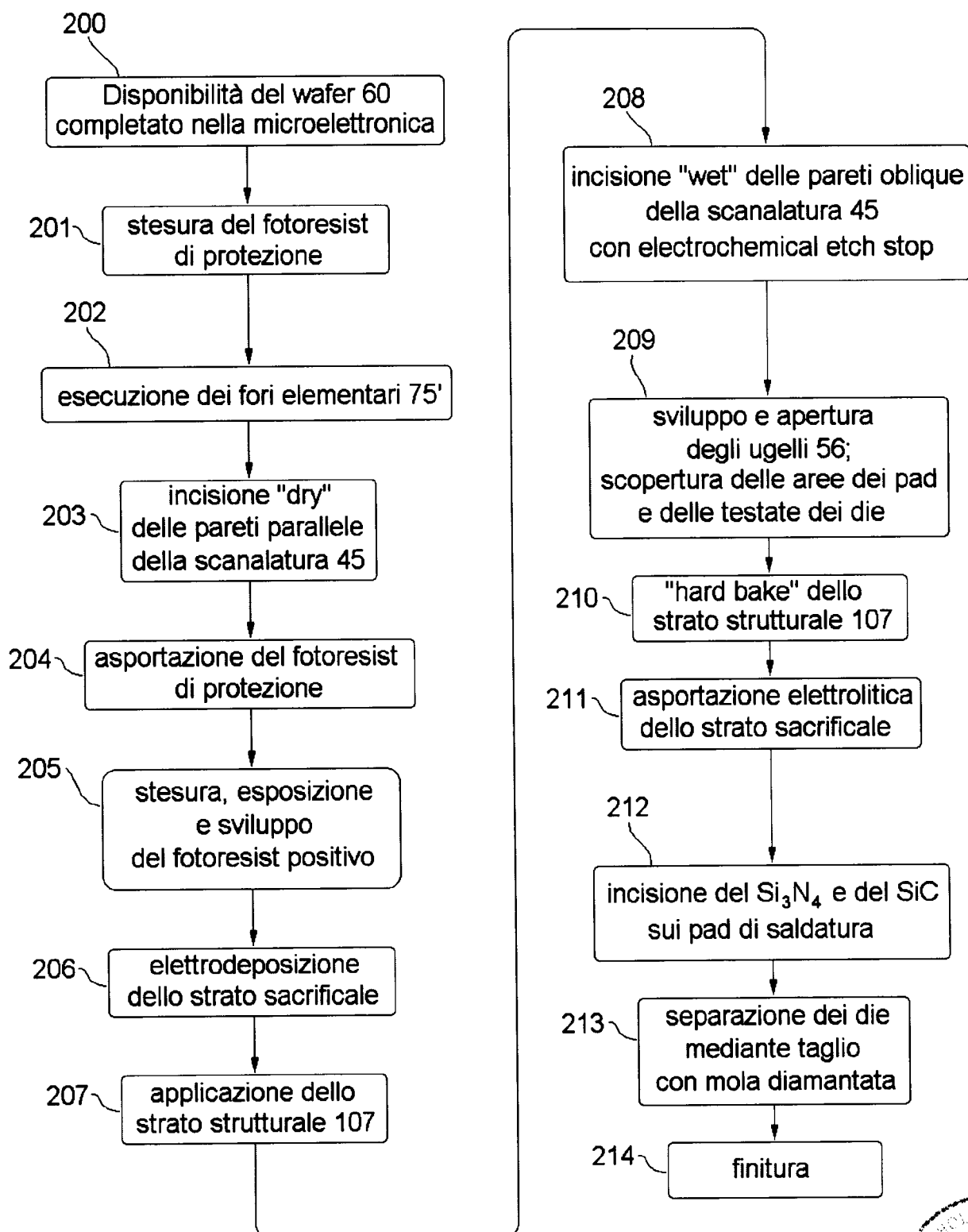


Fig. 14

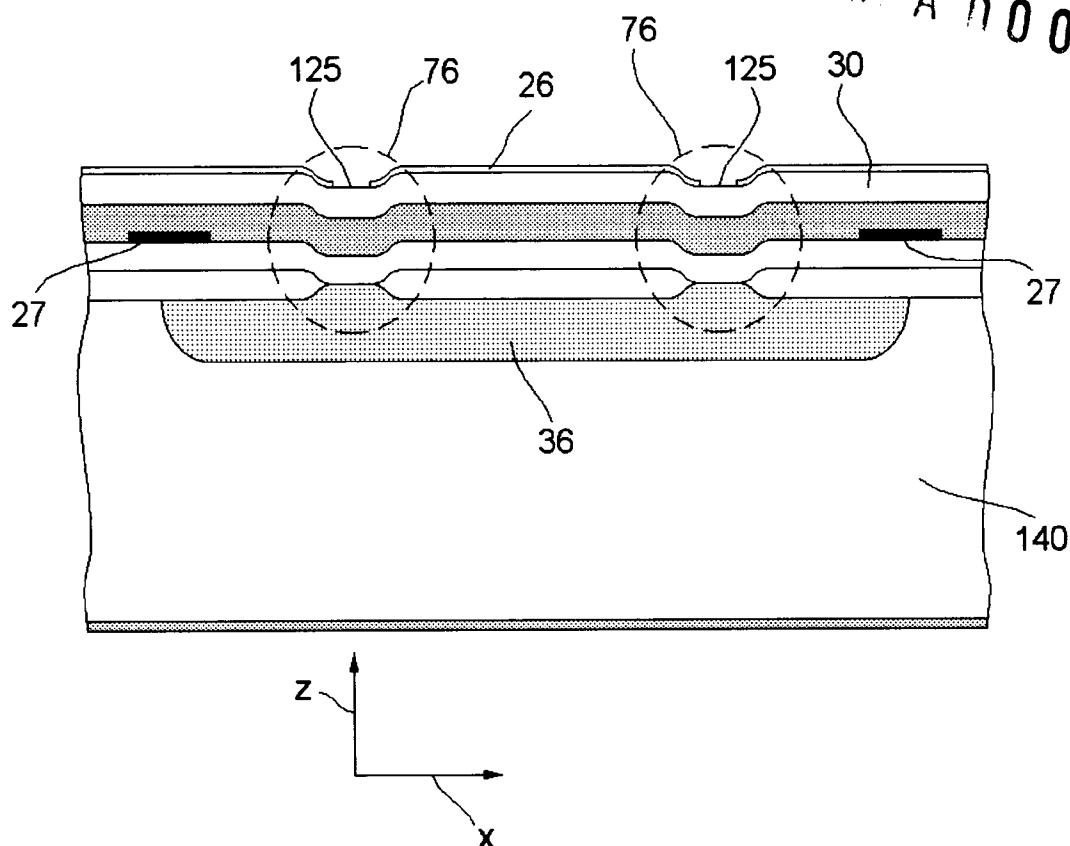


Fig. 15

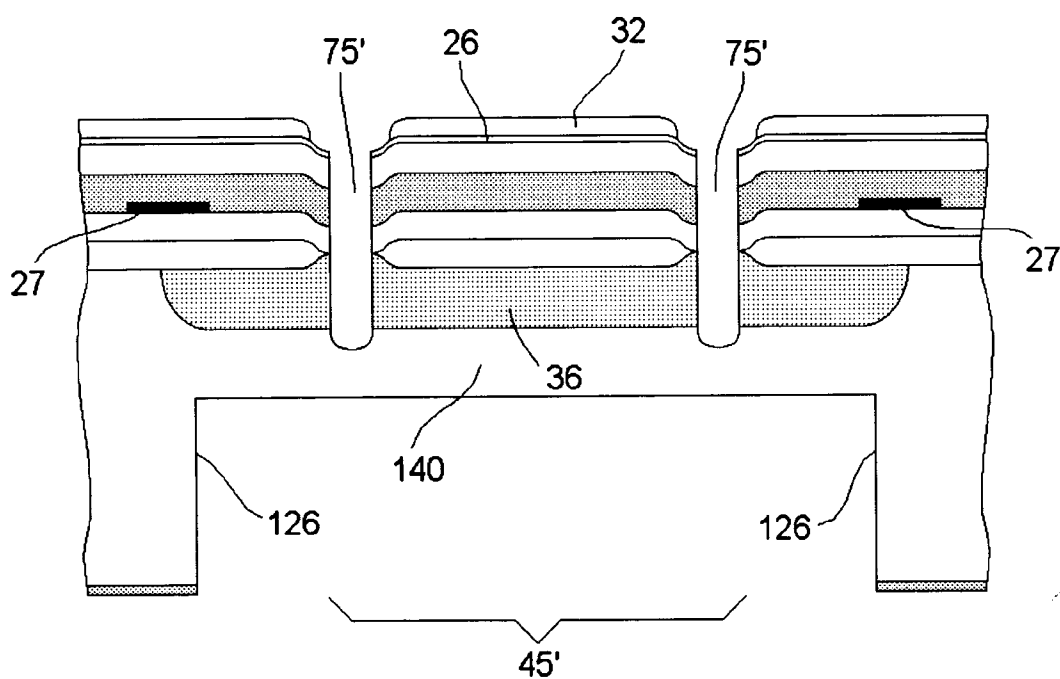


Fig. 16

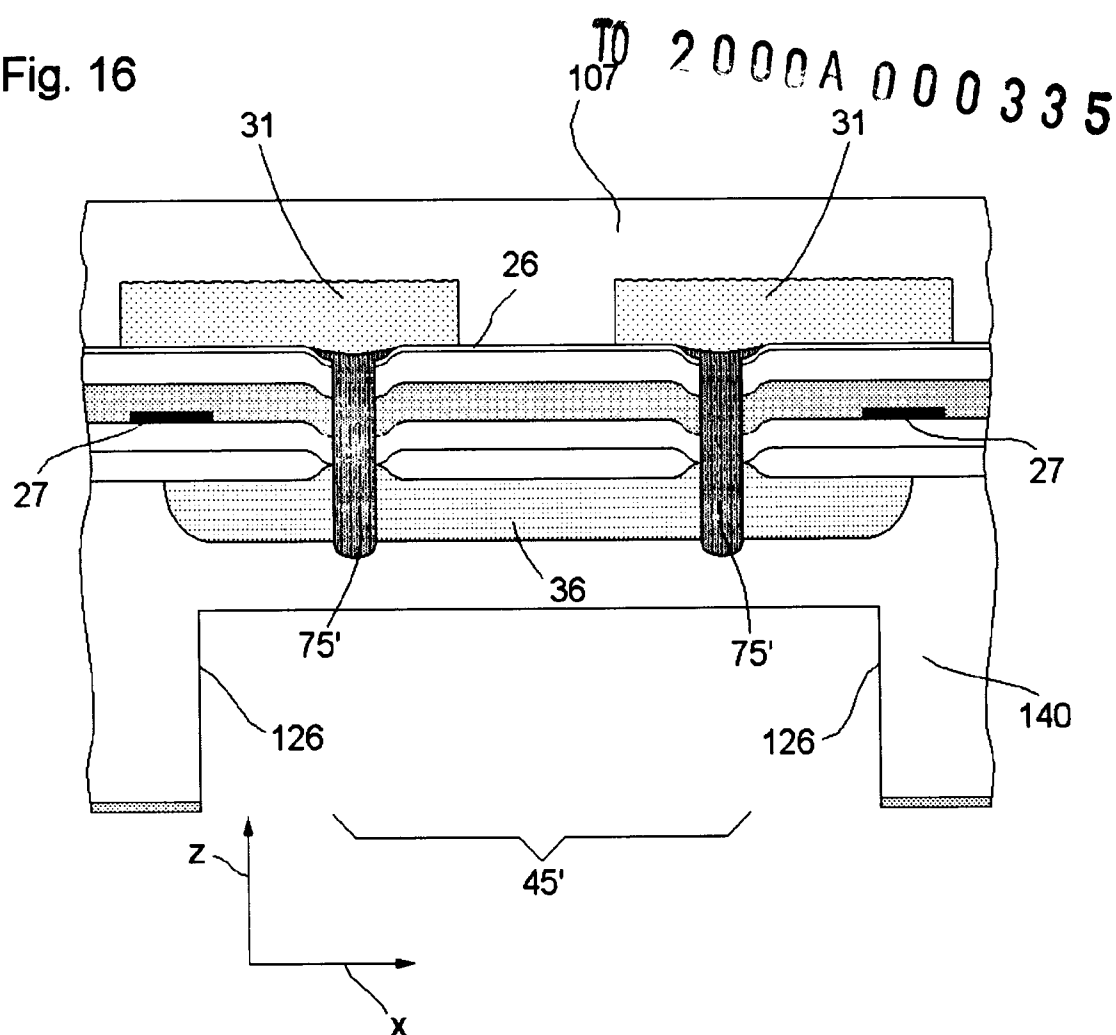


Fig. 17

