ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901983529A1

Publication Date

20130330

Applicant

STMICROELECTRONICS S.R.L.

Title

METODO PER IL TEST IN STRISCIA DI DISPOSITIVI MEMS, STRISCIA DI TEST DI DISPOSITIVI MEMS E RELATIVO DISPOSITIVO MEMS

Front page automatically generated by WIPO

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO PER IL TEST IN STRISCIA DI DISPOSITIVI MEMS, STRISCIA DI TEST DI DISPOSITIVI MEMS E RELATIVO DISPOSITIVO MEMS"

di 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

di 2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

di nazionalità maltese

con sede: INDUSTRIAL CENTER INDUSTRIES ROAD

KIRKOP ZRQ 10 (MALTA)

Inventori: AZZOPARDI Mark Anthony, CACHIA Conrad, POZZI Stefano

***

La presente invenzione è relativa ad un metodo per il test in striscia di dispositivi MEMS (Micro Electro Mechanical System - Sistema Micro Elettro-Meccanico), ad una striscia di test di dispositivi MEMS e ad un dispositivo MEMS progettato per il metodo.

I dispositivi MEMS stanno rivestendo un ruolo sempre più importante nell'industria elettronica, specialmente nel campo dell'elettronica di consumo dell'elettronica portatile, grazie alla dimensione e al consumo di potenza

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

ridotti.

Come è noto, un dispositivo MEMS comprende una o più piastrine di materiale semiconduttore (ad esempio nel caso di un dispositivo sensore MEMS, una prima piastrina che integra una struttura di rilevamento meccanica e una seconda piastrina che integra una relativa interfaccia elettronica realizzata come ASIC, Application Specific Integrated Circuit - Circuito Integrato Specifico per Applicazioni), incapsulate in un contenitore (package), che protegge e copre le piastrine e fornisce opportune connessioni elettriche verso l'esterno, ad esempio per la saldatura su un circuito stampato esterno.

Contenitori comuni sono i cosiddetti contenitori BGA (Ball Grid Array) o LGA (Land Grid Array), che offrono occupazione di area ridotta ed elevata densità delle connessioni elettriche.

La Figura 1 illustra schematicamente un dispositivo MEMS, indicato nel suo insieme con il numero di riferimento 1, dotato di un contenitore BGA oppure LGA 2. Il contenitore 2 comprende un substrato 3, avente una superficie interna 3a su cui sono attaccate le piastrine del dispositivo MEMS, e una superficie esterna 3b, che supporta opportuni elementi di connessione elettrica 4 vero l'esterno del contenitore 2, sotto forma di una schiera di "sfere" o "protuberanze" (nel caso di contenitori BGA) o "piazzole" (nel caso di contenitori LGA, come è il caso illustrato in Figura 1). Il substrato 3 è costituito di

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

solito da una struttura multistrato, composta da parecchi strati di materiale conduttivo (generalmente metallo) separati da strati dielettrici; tracce elettriche sono previste attraverso il substrato 3 per connettere le piastrine agli elementi di connessione elettrica 4 esterni. Un materiale di copertura e protezione, generalmente un composto incapsulante (mold compound) 5, è previsto sul substrato 3 e copre le piastrine, proteggendole dall'ambiente esterno.

In particolare, nell'esempio illustrato in Figura 1, il dispositivo MEMS 1 comprende una piastrina sensore 6, contenente una struttura di rilevamento micromeccanico, ed una piastrina ASIC 7, contenente una correlata elettronica di interfaccia. Le piastrine 6 e 7 sono impilate, con opportune connessioni elettriche sotto forma di fili (utilizzando la cosiddetta tecnica del "wire bonding") progettate per connettere elettricamente la piastrina sensore 6 alla piastrina ASIC 7, e la piastrina ASIC 7 al substrato 3; inoltre, vie 8 ed opportune tracce sono previste attraverso i vari strati del substrato 3 per instradare i segnali tra la piastrina ASIC 7 e gli elementi di connessione elettrica 4 (questi essendo segnali di rilevamento o segnali di alimentazione, o qualsiasi altro tipo di segnale scambiato tra il dispositivo MEMS 1 e dispositivi esterni). Chiaramente, sono possibili altre disposizioni per le piastrine 6 e 7, che possono essere collocate affiancate sul substrato 3; oppure la piastrina

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

sensore 6 può essere attaccata alla piastrina ASIC 7 con la tecnica del flip-chip, con connessioni elettriche dirette previste tra le due piastrine.

Nell'industria dei semiconduttori, i test del dispositivi MEMS, allo scopo di valutare le prestazioni elettriche e meccaniche dei prodotti finiti, costituiscono una parte importante dei costi di fabbricazione, specialmente a causa della quantità di tempo e dei costosi sistemi ed apparecchiature, che devono essere previsti per eseguire le operazioni di test richieste. I test generalmente prevedono la fornitura di uno stimolo (ad esempio sotto forma di sollecitazione fisica) ad un dispositivo MEMS e il rilevamento di un segnale elettrico di uscita generato dal dispositivo MEMS in risposta ad esso.

Allo scopo di ridurre i costi di test e aumentare l'efficienza globale, sono state proposte le cosiddette procedure di "test in striscia", che prevedono test paralleli simultanei di un certo numero di dispositivi MEMS disposti in strisce, secondo disposizioni a matrice, invece di testare separatamente i singoli dispositivi MEMS. Queste procedure di test consentono di ottenere un grande miglioramento in termini di produttività e una riduzione del tempo richiesto per i test, e così una riduzione dei costi di fabbricazione finali.

A questo proposito, le Figure 2a e 2b illustrano schematicamente una striscia 10 di dispositivi MEMS, di

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

nuovo indicati dal numero di riferimento 1 (ciascuno essendo ad esempio un dispositivo sensore come illustrato in Figura 1, o qualsiasi altro tipo di dispositivo MEMS noto). I dispositivi MEMS 1 sono disposti in una disposizione a matrice, allineati lungo una prima e una seconda direzione x, y di un piano xy: la striscia 10 nell'esempio ha una estensione principale lungo la prima direzione x. I sistemi di test possono essere progettati per i test paralleli di parecchi dispositivi, per esempio di un loro gruppo, illustrato racchiuso dal riquadro tratteggiato in Figura 2a.

Come illustrato in Figura 2b, i vari dispositivi MEMS 1 sono racchiusi nello stesso composto incapsulante 5 e attaccati allo stesso substrato 3, dopo la fabbricazione (ma prima della fase finale di singolamento); pertanto, si considera che il substrato 3 comprende una pluralità di porzioni, ciascuna corrispondente ad un singolo dispositivo MEMS, ogni porzione essendo separata dalle altre da una regione di confine dove si eseguirà il taglio finale durante il singolamento.

Tuttavia, specialmente nel caso dei sensori MEMS, i test paralleli di dispositivi disposti a strisce implicano alcune difficoltà, a causa della necessità di eseguire una opportuna stimolazione fisica dei vari sensori durante i test (ad esempio la fornitura di una accelerazione di test per i sensori di accelerazione, oppure una pressione di test per i sensori di pressione), e in particolare a causa

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

del fatto che le sollecitazioni che agiscono sui dispositivi in forma di striscia sono diverse dalle sollecitazioni che agiscono sui dispositivi singoli, separati dagli altri. Inoltre, si richiede che i vari dispositivi nella striscia siano elettricamente isolati, allo scopo di eseguire test elettrici sui singoli dispositivi.

La stimolazione fisica dei vari dispositivi durante i test è ottenuta attraverso l'utilizzo di apparecchiature di test adatte, configurate per esercitare sollecitazioni specifiche sui dispositivi, per esempio prevedendo l'utilizzo di tavole di supporto che forniscono accelerazioni lungo una pluralità di assi.

Sono già state proposte varie soluzioni allo scopo di risolvere il problema relativo alle sollecitazioni che agiscono sui dispositivi mentre sono disposti in striscia, e il loro isolamento elettrico.

In particolare, una soluzione proposta prevede dapprima il singolamento dei vari dispositivi MEMS 1, e quindi il loro collocamento in una opportuna struttura di supporto (o vassoio), dotata di una pluralità di alloggiamenti, atti ciascuno ad alloggiare un rispettivo dispositivo reso singolo. Gli alloggiamenti nella struttura di supporto sono disposti in modo da definire una striscia di dispositivi MEMS 1, che possono essere sottoposti a una procedura parallela di test.

Questo metodo è vantaggioso dato che nessuna

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

sollecitazione indesiderata agisce sui dispositivi MEMS 1 resi singoli durante le operazioni di test parallele. Tuttavia, richiede anche elevati investimenti per preparare le strutture di supporto necessarie per alloggiare i vari dispositivi MEMS 1, che devono essere progettate e fabbricate per ogni possibile dimensione dei contenitori; inoltre, si richiede una manutenzione continua delle strutture di supporto per garantire un allineamento corretto dei dispositivi MEMS 1 durante i test.

Una ulteriore procedura di test è già stata impiegata dalla presente Richiedente, il cosiddetto metodo di "pre-taglio", che prevede, come illustrato schematicamente in Figura 3, la segatura (sawing) del substrato 3 in comune a partire dalla superficie esterna 3b e di parte del composto incapsulante 5 sovrastante, in modo da creare trincee (o aperture o porzioni asportate) 11 che si estendono attraverso l'intero substrato 3 e attraverso parte del composto incapsulante 5. In un modo che non è illustrato in Figura 3, queste trincee 11 si estendono nella striscia 10 sia lungo la prima sia lungo la seconda direzione x e y, in modo da definire una porzione vuota continua, che separa e circonda i dispositivi MEMS 1.

Questo processo di taglio isola anche elettricamente i vari dispositivi MEMS 1 uno dall'altro e consente i test sotto forma di striscia degli stessi dispositivi, che sono ancora tenuti insieme attraverso le porzioni residue del composto incapsulante 5; in particolare, si richiede che lo

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

spessore di questa porzione residua (a cominciare dalla sua superficie non originariamente a contatto con la superficie interna 3a del substrato 3) abbia una rigidità sufficiente ad ottenere il risultato di tenere insieme i dispositivi MEMS 1 durante le operazioni di manipolazione e test. Inoltre, la separazione fisica risultante ottenuta tra i dispositivi MEMS 1 nella striscia 10 limita la quantità di sollecitazioni reciproche durante i test.

La Richiedente ha realizzato che, anche se vantaggiosa, questa procedura di test presenta alcuni problemi.

In particolare, nella procedura di "pre-taglio" la completa separazione finale dei vari dispositivi MEMS 1 (la cosiddetta operazione di "singolamento") è eseguita dopo i loro test sotto forma di striscia. Il processo di singolamento rilascia le sollecitazioni esercitate dalla porzione residua del composto incapsulante 5 sui dispositivi, generando così scostamenti (offset) nei dispositivi rispetto ai loro valori tarati in precedenza; infatti, la procedura di pre-taglio lascia una certa quantità di sollecitazione residua che agisce sui dispositivi durante la fase di taratura, e dopo il singolamento la distribuzione degli offset presenta un ampio spread, eventualmente portando una parte della popolazione fuori da una specifica desiderata.

Questo offset implica così la necessità di prevedere una seconda procedura di test, dopo l'operazione di

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

singolamento, progettata per garantire che tutti i dispositivi MEMS 1 finiti siano entro i valori di tolleranza specificati.

La Richiedente ha realizzato che questa seconda fase di test rappresenta un processo che non aggiunge valore, dato che ne è richiesta l'esecuzione soltanto a causa delle sollecitazioni rimanenti che agiscono sui dispositivi MEMS 1 durante le procedure di test/taratura in strisce.

Specialmente nel caso in cui il volume di produzione dei MEMS aumenta, gli investimenti nelle apparecchiature di test in striscia e le seconde apparecchiature di test devono anche aumentare in modo corrispondente e possono arrivare a rappresentare una parte importante dei costi di fabbricazione complessivi. Pertanto, si sente chiaramente la necessità di una procedura di test che consenta i test dei dispositivi MEMS sotto forma di striscia, riducendo al contempo o eventualmente evitando la necessità di eseguire una ulteriore fase di test dopo il singolamento, migliorando così drasticamente i costi e i tempi di test complessivi.

Lo scopo della presente invenzione è pertanto quello di fornire un metodo di test in striscia per dispositivi MEMS, avente prestazioni e costi globali migliori, consentendo di risolvere, almeno in parte, i problemi sopra discussi in relazione ai metodi di test noti.

Secondo la presente invenzione, è previsto di conseguenza un metodo di test in striscia come definito

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

nella rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione della presente invenzione, ne sono ora descritte forme di realizzazione preferite, soltanto a titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, in cui:

- la Figura 1 illustra una sezione trasversale schematica di un dispositivo MEMS noto;

- la Figura 2a illustra schematicamente una vista dall'alto di una striscia di dispositivi MEMS;

- la Figura 2b illustra una sezione trasversale schematica della striscia di Figura 2a;

- la Figura 3 illustra una sezione trasversale schematica di una striscia di dispositivi MEMS, per un noto metodo di test di "pre-taglio";

- la Figura 4 illustra una sezione trasversale schematica di una striscia di dispositivi MEMS, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

- la Figura 5 illustra una sezione trasversale più dettagliata di una porzione di un substrato della striscia di Figura 4;

- la Figura 6a illustra una vista schematica dall'alto delle porzioni di substrato di due dispositivi MEMS contigui, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

- le Figure 6b e 6c illustrano sezioni trasversali delle porzioni di substrato di Figura 6a, prima e, rispettivamente, dopo un processo di segatura; e

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

- la Figura 7 illustra grafici relativi alle prestazioni di test dei dispositivi MEMS della striscia.

La presente Richiedente ha verificato che il composto incapsulante comune che circonda i vari dispositivi MEMS nella striscia di test è una causa delle sollecitazioni residue che agiscono sugli stessi dispositivi e che generano offset nelle procedure di test.

Di conseguenza, come illustrato in Figura 4, (dove gli stessi numeri indicano elementi identici a quelli precedentemente descritti, che non sono nuovamente descritti qui di seguito), un primo aspetto della presente invenzione prevede, prima di eseguire le operazioni di test, la rimozione dell'intero spessore del composto incapsulante 5 che circonda i dispositivi MEMS 1 della striscia 10, ad esempio attraverso una operazione di taglio o segatura. Il taglio eseguito si estende inoltre attraverso una porzione superficiale interna (a partire dalla superficie interna 3a su cui sono disposte le piastrine dei dispositivi MEMS 1) del substrato 3, che viene rimossa, lasciando soltanto porzioni di substrato residue, indicate con il numero di riferimento 12, tra dispositivi MEMS 1 contigui. Queste porzioni di substrato residue 12 (costituite da porzioni superficiali esterne del substrato 3, a partire dalla superficie esterna 3b, opposta alla superficie interna 3a) tengono insieme i vari dispositivi MEMS 1 durante i test sotto forma di striscia. In particolare, l'operazione di rimozione definisce così

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

trincee di separazione, qui indicate con il numero di riferimento 14, che separano i vari dispositivi MEMS 1 (e disposte tra dispositivi MEMS 1 contigui, e circondanti ciascuno di essi), e si estendono attraverso l'intero spessore del composto incapsulante 5 e attraverso la porzione superficiale interna del substrato 3. In maniera non illustrata, queste trincee di separazione 14 si estendono nella striscia 10 sia lungo la prima sia lungo la seconda direzione x ed y, in modo da definire una porzione vuota (o asportata) continua.

Secondo una forma di realizzazione, le trincee di separazione 14 possono estendersi attraverso il substrato 3 a partire dalla superficie interna 3a fino a metà dello spessore dello stesso substrato 3.

La presenza di trincee di separazione 14 non solo consente di ridurre le sollecitazioni che agiscono sui vari dispositivi MEMS 1 (la Richiedente ha verificato infatti che le porzioni di substrato residue 12 danno origine a una sollecitazione meccanica molto inferiore sui dispositivi MEMS 1, e minori sollecitazioni sono così rilasciate durante il successivo completo singolamento dei dispositivi), ma consente anche di isolare elettricamente i vari dispositivi MEMS 1 nella striscia 10, rimuovendo qualsiasi possibile connessione elettrica tra i dispositivi nel substrato. Infatti, queste connessioni elettriche possono essere disposte opportunamente nella porzione superficiale interna del substrato 3, al confine dei vari

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

dispositivi MEMS, che viene rimossa nel processo di rimozione di materiale che definisce le trincee di separazione 14. Le porzioni residue 12 del substrato 3 invece non portano alcuna connessione elettrica tra dispositivi MEMS 1 contigui, cosicchè gli stessi dispositivi MEMS 1 risultano isolati elettricamente e pronti ad essere testati.

Dato che generalmente il substrato 3 è costituito da una pluralità di strati (strati impilati conduttivi e dielettrici), l'operazione di rimozione discussa è progettata per coinvolgere soltanto alcuni degli strati, in particolare i primi strati, cioè gli strati più vicini alla superficie interna 3a, su cui sono attaccate le piastrine dei dispositivi MEMS 1.

In particolare, è noto che la struttura multistrato di un substrato comprende uno strato centrale, e strati conduttivi e dielettrici impilati simmetrici sovrastanti e sottostanti lo strato centrale; ogni strato conduttivo (costituito da un materiale metallico, ad esempio rame) è definito, ad esempio attraverso un processo di attacco chimico, in modo da creare la configurazione desiderata di connessioni elettriche attraverso il substrato, ed è separato dagli altri strati conduttivi tramite strati dielettrici adiacenti (ad esempio costituiti da BT oppure FR-4).

Una struttura multistrato esemplificativa per un substrato, di nuovo indicato con il numero di riferimento

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

3, è illustrata in Figura 5, dove: lo strato centrale, costituito da un materiale dielettrico (ad esempio BT oppure FR-4) è indicato con il numero di riferimento 20; gli strati conduttivi opportunamente definiti sono indicati con il numero di riferimento 21; e gli altri strati dielettrici sono indicati con il numero di riferimento 22 (come è illustrato, ogni strato dielettrico 22 è disposto tra due strati conduttivi 21, in modo da separarli). Un primo strato conduttivo 21 si considera disposto in corrispondenza della superficie interna 3a del substrato 3, mentre un ultimo strato conduttivo 21 si considera disposto in corrispondenza della superficie esterna 3b dello stesso substrato 3.

Vie passanti conduttive, qui indicate con il numero di riferimento 24, sono opportunamente previste attraverso il substrato 3, in modo da definire connessioni elettriche tra piazzole di contatto conduttive interne 25 sulla superficie interna 3a e gli elementi di connessione esterni 4 sulla superficie esterna 3b. Tracce conduttive 26 sono opportunamente previste nei vari strati conduttivi 21 per instradare i segnali attraverso il substrato 3; analogamente, vie interne 27 sono previste per connettere i vari strati conduttivi 21, all'interno del substrato 3.

Inoltre, un primo strato protettivo 28a (la cosiddetta "maschera di saldatura" - "solder mask") è previsto sul primo strato conduttivo 21, al di sopra della superficie interna 3a del substrato 3, in modo da coprire e proteggere

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

le tracce e le piazzole conduttive previste in esso, tranne dove si desidera accedere allo stesso primo strato conduttivo 21, ad esempio in corrispondenza di piazzole di contatto di saldatura 30 (le cosiddette "dita di saldatura" - "bonding fingers", disposte sulla superficie interna 3a per il collegamento alle piastrine ASIC 7 dei dispositivi MEMS 1, qui non illustrati, attraverso la tecnica del wire bonding). In modo analogo, un secondo strato di maschera di saldatura 28b è previsto sull'ultimo strato conduttivo 21, al di sopra della superficie esterna 3b del substrato 3, tranne dove si desidera accedere allo stesso ultimo strato conduttivo 21, ad esempio in corrispondenza delle connessioni elettriche esterne 4.

Come discusso in precedenza, le trincee di separazione 14 realizzate alla periferia di ciascun dispositivo MEMS 1 (cioè nelle porzioni di confine del substrato 3 tra dispositivi MEMS contigui) possono avere una altezza h, in direzione trasversale alla superficie interna 3a del substrato 3, in modo da estendersi almeno attraverso l'intero primo strato conduttivo 21, e fino a raggiungere lo strato centrale 20 (estendendosi attraverso parte dello stesso strato centrale 20); per ragioni di stabilità strutturale, le trincee di separazione 14 non sono progettate per estendersi al di sotto dello strato centrale 20.

Si possono così prevedere varie possibilità di progetto, secondo le quali le trincee di separazione 14

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

possono avere estensioni diverse attraverso il substrato 3, cosicchè un numero diverso di strati di substrato vengono rimossi o preservati dall'operazione di taglio (la doppia freccia in Figura 5 indica un campo di variabilità esemplificativo per l'altezza h delle trincee di separazione 14 all'interno del substrato 3).

Le Figure 6a-6c illustrano, in modo esemplificativo, una porzione del substrato 3 relativa a due dispositivi MEMS 1 contigui, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione (è chiaro, tuttavia, che un numero maggiore di dispositivi sono previsti nello stesso substrato 3 e appartengono alla striscia di test 10).

Il substrato 3 qui comprende: lo strato centrale 20; un primo strato conduttivo, qui indicato con M1 (come è comune nel campo), contiguo alla superficie interna 3a del substrato 3; e un secondo strato conduttivo, qui indicato con M2, contiguo alla superficie esterna 3b dello stesso substrato 3. Tracce conduttive 26 sono previste nel primo strato conduttivo M1, ad esempio per definire connessioni elettriche tra le piazzole di contatto di saldatura 30, e piazzole di contatto conduttive interne 25 e vie passanti conduttive 24. Tracce conduttive 26 sono anche previste nel secondo strato conduttivo M2, per definire connessioni elettriche tra le vie passanti 24 e le connessioni elettriche esterne sulla superficie esterna 3b del substrato 3, qui sotto forma di piazzole e indicate di nuovo con il numero di riferimento 4.

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

Inoltre, in maniera nota, tracce di placcatura (plating traces) 32 sono definite nel primo strato conduttivo M1, per fornire connessioni elettriche tra le prime tracce conduttive 26 (e/o le piazzole di contatto di saldatura 30 e/o le piazzole di contatto conduttive interne 25 e/o le vie passanti conduttive 24) e una barra di placcatura 34.

La barra di placcatura 34 è disposta sulla periferia di ogni dispositivo MEMS 1 e definisce un confine tra dispositivi contigui (nella forma di realizzazione di Figura 6a, la barra di placcatura 34 definisce un anello quadrato intorno ad ogni dispositivo MEMS 1). In maniera nota, la barra di placcatura 34 è definita nel primo strato conduttivo M1 e può essere definita anche nel secondo strato conduttivo M2, ed è polarizzata con una tensione elettrica adatta durante un processo di elettroplaccatura, in modo da placcare elettricamente le tracce conduttive 26, le piazzole di contatto di saldatura 30, le piazzole di contatto conduttive interne 25 e/o le vie passanti conduttive 24 con uno strato sottile di materiale protettivo attraverso un processo di ionizzazione chimica.

Secondo un particolare aspetto della presente forma di realizzazione, tutte le tracce di placcatura 32 sono formate nel primo strato conduttivo M1, e nessuna traccia di placcatura è formata nel secondo strato conduttivo M2, cosicchè non si fornisce alcuna connessione elettrica alla barra di placcatura 34 nello stesso secondo strato

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

conduttivo M2.

Dato che la barra di placcatura 34 è comune a tutti i dispositivi MEMS 1, la sua presenza cortocircuita elettricamente tracce e piazzole di contatto di dispositivi diversi. Tuttavia, il processo di rimozione che definisce le trincee di separazione 14 è configurato per rimuovere il primo strato conduttivo M1 nelle regioni di confine tra i vari dispositivi MEMS 1 (in corrispondenza della barra di placcatura 34), rimuovendo così la stessa barra di placcatura 34 e almeno parte delle tracce di placcatura 32 connesse alla barra di placcatura 34; in questa maniera, si realizza un isolamento elettrico tra i dispositivi MEMS 1 prima dei test sotto forma di striscia.

Il risultato della rimozione selettiva delle porzioni del primo strato conduttivo M1 è illustrato schematicamente in Figura 6c, dove le trincee di separazione 14 e le porzioni residue 12 del substrato 3 sono illustrate tra i dispositivi MEMS 1 contigui.

È chiaro che considerazioni simili si applicano quando il substrato 3 comprende un numero di strati superiore, nel qual caso le tracce di placcatura 32 che si connettono alla barra di placcatura 34 devono essere previste soltanto negli strati conduttivi 21 che saranno rimossi nell'operazione di rimozione prima dei test dei dispositivi MEMS 1 sotto forma di striscia. Pertanto, se vengono rimosse porzioni periferiche del primo e del secondo strato conduttivo 21 nell'operazione di taglio (ad esempio nel

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

caso di un substrato avente cinque strati), si richiederà che tutte le tracce di placcatura 32 siano instradate negli stessi primo e secondo strato conduttivo 21, in modo da ottenere l'isolamento elettrico tra i vari dispositivi MEMS 1 prima che si eseguano i test.

La presente Richiedente ha verificato, attraverso test e simulazioni, che la presente soluzione consente di ottenere prestazioni migliori durante i test in striscia (con un numero ridotto di guasti e di dispositivi che non rientrano nelle specifiche desiderate); in particolare, è possibile evitare le seconde procedure di test dopo il singolamento dei dispositivi MEMS 1.

La Figura 7 illustra grafici relativi alle prestazioni di test in termini di scostamento dai valori di specifica desiderati; la distribuzione dei dispositivi MEMS 1 secondo la presente soluzione (illustrata con una linea continua) è confrontata con una distribuzione di dispositivi testati utilizzando il metodo di "pre-taglio" (illustrata con linee tratteggiate) e con una distribuzione di dispositivi resi singoli dopo una seconda procedura di test (illustrata con linea punteggiata). La Figura 7 illustra inoltre, con un rettangolo, i limiti esterni di specifica desiderati, cosicchè è evidente che la presente soluzione consente di soddisfare la specifica, anche quando non si esegue una seconda procedura di test, contrariamente ai metodi noti in precedenza.

Da quanto è stato descritto e illustrato, sono

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

evidenti i vantaggi che la presente soluzione consente di ottenere.

In particolare, si sottolinea di nuovo che, durante i test in striscia, le porzioni residue 12 del substrato 3 esercitano meno sollecitazione sui dispositivi MEMS 1, fornendo così uno scostamento minimo tra le prestazioni in taratura e quelle finali dei dispositivi; le seconde procedure di test possono essere persino evitate, migliorando drasticamente i costi per i test dei dispositivi MEMS.

Non è richiesto alcun supporto durante i test, e le tolleranze di collocamento dei vari dispositivi nella striscia 10 sono relative soltanto alle tolleranze di fabbricazione del substrato (che sono di solito molto basse).

Anche se può essere richiesta una modifica della comune progettazione del substrato, in termini di collocamento delle tracce di placcatura 32, che devono essere concentrate negli strati del substrato 3 che sono parzialmente rimossi prima dei test, questo non comporta un aumento della complessità di progettazione e fabbricazione.

Infine, risulta evidente che modifiche e variazioni possono essere apportate a quanto è stato descritto e illustrato sin qui, senza scostarsi tuttavia dall'ambito di protezione della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

In particolare, la struttura del substrato 3 può

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

differire dalle forme di realizzazione specifiche precedentemente illustrate e discusse, per esempio in termini del numero di strati e dei materiali costitutivi; inoltre la profondità e l'estensione delle trincee di separazione 14 nel substrato (e l'estensione della rimozione della porzione superficiale dello stesso substrato) possono variare di conseguenza.

Inoltre, la soluzione di test discussa può essere applicata durante il test di qualsiasi tipo di dispositivo MEMS in forma di striscia, anche se è particolarmente vantaggiosa nel caso di sensori MEMS, che possono essere notevolmente influenzati dalle sollecitazioni residue durante le operazioni di test.

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per testare una striscia (10) di dispositivi MEMS (1), i dispositivi MEMS (1) comprendendo almeno una rispettiva piastrina (6; 7) di materiale semiconduttore accoppiata ad una superficie interna (3a) di un substrato (3) comune e coperta da un materiale di protezione (5); il metodo comprendendo le fasi di:

rilevare valori di uscita generati dai dispositivi MEMS (1) in risposta ad almeno uno stimolo di test; e

prima della fase di rilevare, separare almeno parzialmente dispositivi MEMS (1) contigui nella striscia (10);

caratterizzato dal fatto che la fase di separare comprende definire una trincea di separazione (14) tra i dispositivi MEMS (1) contigui, la trincea di separazione (14) estendendosi attraverso l'intero spessore del materiale di protezione (5) e attraverso una porzione superficiale del substrato (3), a partire dalla sua superficie interna (3a).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui l'estensione (h) della trincea di separazione (14) nel substrato (3) non è superiore a metà dello spessore del substrato (3).

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la fase di separare prevede di lasciare una porzione residua (12) del substrato (3), che definisce una sua superficie esterna (3b), tra i dispositivi MEMS (1) contigui; i

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

dispositivi MEMS (1) essendo tenuti insieme dalla porzione residua (12) del substrato (3) durante la fase di rilevare.

4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la fase di separare comprende separare fisicamente ed elettricamente i dispositivi MEMS (1) contigui.

5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la porzione superficiale del substrato (3) porta connessioni elettriche (32, 34) tra i dispositivi MEMS (1) contigui; e la fase di separare comprende isolare elettricamente i dispositivi MEMS (1) attraverso la rimozione della porzione di substrato (3).

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui connessioni elettriche (32, 34) tra dispositivi MEMS (1) contigui sono previste soltanto attraverso la porzione superficiale del substrato (3).

7. Metodo secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui le connessioni elettriche tra i dispositivi MEMS (1) contigui comprendono tracce di placcatura (32) connesse ad una barra di placcatura (34) comune prevista per operazioni di elettroplaccatura, la barra di placcatura (34) definendo un confine tra i dispositivi MEMS (1) contigui; e in cui la fase di separare include rimuovere la barra di placcatura (34) e almeno parte delle tracce di placcatura (32) connesse alla barra di placcatura (34).

8. Metodo secondo la rivendicazione 7, in cui il substrato (3) ha una struttura multistrato, includente una

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

pluralità di strati conduttivi (21) separati da strati dielettrici (22); e in cui la porzione superficiale del substrato (3) comprende un numero di strati superficiali conduttivi (21) tra gli strati conduttivi impilati (21) e le tracce di placcatura (32) e la barra di placcatura (34) sono formate negli strati conduttivi superficiali (26).

9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui i dispositivi MEMS (1) sono dispositivi sensore, includenti ciascuno una piastrina MEMS (6) che integra una struttura di rilevamento, ed una piastrina ASIC (7) che integra una elettronica di interfaccia accoppiata alla struttura di rilevamento.

10. Striscia (10) di dispositivi MEMS (1) configurata per essere sottoposta a operazioni di test, in cui i dispositivi MEMS (1) comprendono almeno una rispettiva piastrina (6; 7) di materiale semiconduttore accoppiata ad una superficie interna (3a) di un substrato comune (3) e coperta da un materiale di protezione (5), e in cui dispositivi MEMS (1) contigui sono almeno parzialmente separati nella striscia (10),

caratterizzata dal fatto di comprendere una trincea di separazione (14) tra i dispositivi MEMS (1) contigui, la trincea di separazione (14) estendendosi attraverso l'intero spessore del materiale di protezione (5) e attraverso una porzione superficiale del substrato (3), a partire dalla sua superficie interna (3a).

11. Striscia secondo la rivendicazione 10, in cui

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

l'altezza (h) della trincea di separazione (14) nel substrato (3) non è superiore a metà dello spessore del substrato (3).

12. Striscia secondo la rivendicazione 10 o 11, includente una porzione residua (12) del substrato (3), che definisce una sua superficie esterna (3b), tra i dispositivi MEMS (1) contigui; in cui i dispositivi MEMS (1) sono atti ad essere tenuti insieme dalla porzione residua (12) del substrato (3) durante le operazioni di test.

13. Striscia secondo la rivendicazione 12, in cui la porzione residua (12) del substrato non porta alcuna connessione elettrica tra i dispositivi MEMS (1) contigui.

14. Striscia secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-13, in cui i dispositivi MEMS (1) contigui sono dispositivi sensore, contenenti ciascuno una piastrina MEMS (6) che integra una struttura di rilevamento, e una piastrina ASIC (7) che integra una elettronica di interfaccia accoppiata alla struttura di rilevamento.

15. Dispositivo MEMS (1) della striscia (10) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.

2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

CLAIMS

1. A method for testing a strip (10) of MEMS devices (1), the MEMS devices (1) including at least a respective die (6; 7) of semiconductor material coupled to an internal surface (3a) of a common substrate (3) and covered by a protection material (5); the method comprising:

detecting output values generated by the MEMS devices (1) in response to at least a testing stimulus; and

before the step of detecting, at least partially separating contiguous MEMS devices (1) in the strip (10),

characterized in that the step of separating includes defining a separation trench (14) between the contiguous MEMS devices (1), the separation trench (14) extending through the whole thickness of the protection material (5) and through a surface portion of the substrate (3), starting from the internal surface (3a) thereof.

2. The method according to claim 1, wherein the extension (h) of the separation trench (14) in the substrate (3) is not higher than half the thickness of the substrate (3).

3. The method according to claim 1 or 2, wherein the step of separating includes leaving a residual portion (12) of the substrate (3), defining an external surface (3b) thereof, between the contiguous MEMS devices (1); the MEMS devices (1) being held together by the residual portion

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

(12) of the substrate (3) during the step of detecting.

4. The method according to any of the preceding claims, wherein the step of separating includes physically and electrically separating the contiguous MEMS devices (1).

5. The method according to any of the preceding claims, wherein the surface portion of the substrate (3) carries electrical connections (32, 34) between the contiguous MEMS devices (1); and the step of separating includes electrically insulating the contiguous MEMS devices (1) via removal of the surface portion of the substrate (3).

6. The method according to claim 5, wherein electrical connections (32, 34) between the contiguous MEMS devices (1) are provided only within the surface portion of the substrate (3).

7. The method according to claim 5 or 6, wherein the electrical connections between the contiguous MEMS devices (1) include plating traces (32) connected to a common plating bar (34) designed for electroplating operations, the plating bar (34) defining a boundary between the contiguous MEMS devices (1); and wherein the step of separating includes removing the plating bar (34) and at least part of the plating traces (32) connected to the plating bar (34).

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

8. The method according to claim 7, wherein the substrate (3) has a multi-layered structure, including a plurality of stacked conductive layers (21) separated by dielectric layers (22); and wherein the surface portion of the substrate (3) includes a number of superficial conductive layers (21) among the stacked conductive layers (21), and the plating traces (32) and plating bar (34) are formed in the superficial conductive layers (26).

9. The method according to any of the preceding claims, wherein the MEMS devices (1) are sensor devices, each one including a MEMS die (6) integrating a detection structure, and an ASIC die (7) integrating an interface electronics coupled to the detection structure.

10. A strip (10) of MEMS devices (1) designed to undergo testing operations, wherein the MEMS devices (1) include at least a respective die (6; 7) of semiconductor material coupled to an internal surface (3a) of a common substrate (3) and covered by a protection material (5), and wherein contiguous MEMS devices (1) are at least partially separated in the strip (10),

characterized by comprising a separation trench (14) between the contiguous MEMS devices (1), the separation trench (14) extending through the whole thickness of the protection material (5) and through a surface portion of the substrate (3), starting from the internal surface (3a)

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

thereof.

11. The strip according to claim 10, wherein the height (h) of the separation trench (14) in the substrate (3) is not higher than half the thickness of the substrate (3).

12. The strip according to claim 10 or 11, including a residual portion (12) of the substrate (3), defining an external surface (3b) thereof, between the contiguous MEMS devices (1); wherein the MEMS devices (1) are designed to be held together by the residual portion (12) of the substrate (3) during the testing operations.

13. The strip according to claim 12, wherein the residual portion (12) of the substrate does not carry any electrical connection between the contiguous MEMS devices (1).

14. The strip according to any of claims 10-13, wherein the MEMS devices (1) are sensor devices, each one including a MEMS die (6) integrating a detection structure, and an ASIC die (7) integrating an interface electronics coupled to the detection structure.

15. A MEMS device (1) of the strip (10) according to any of the preceding claims.

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.

2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

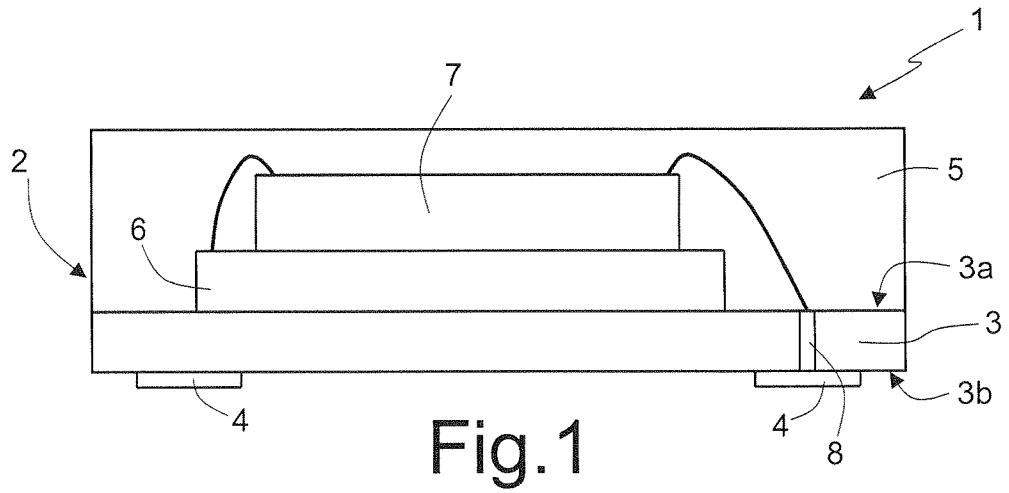

Fig.1

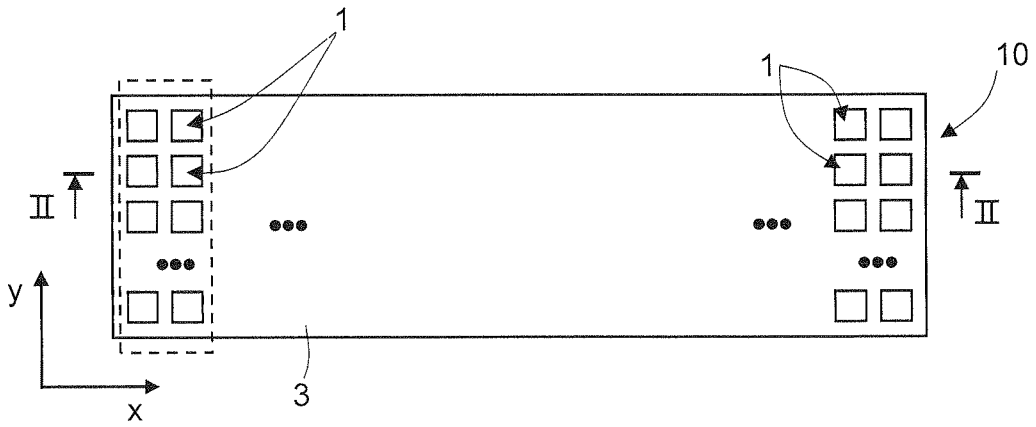

Fig.2a

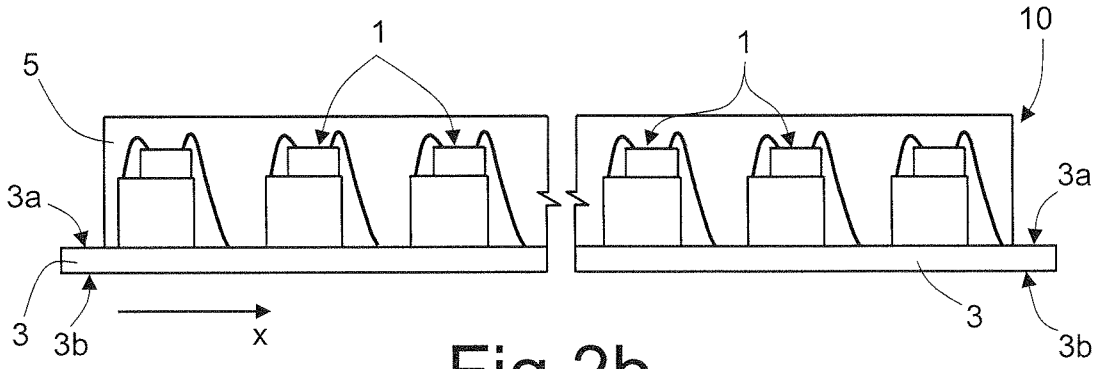

Fig.2b

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.
2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

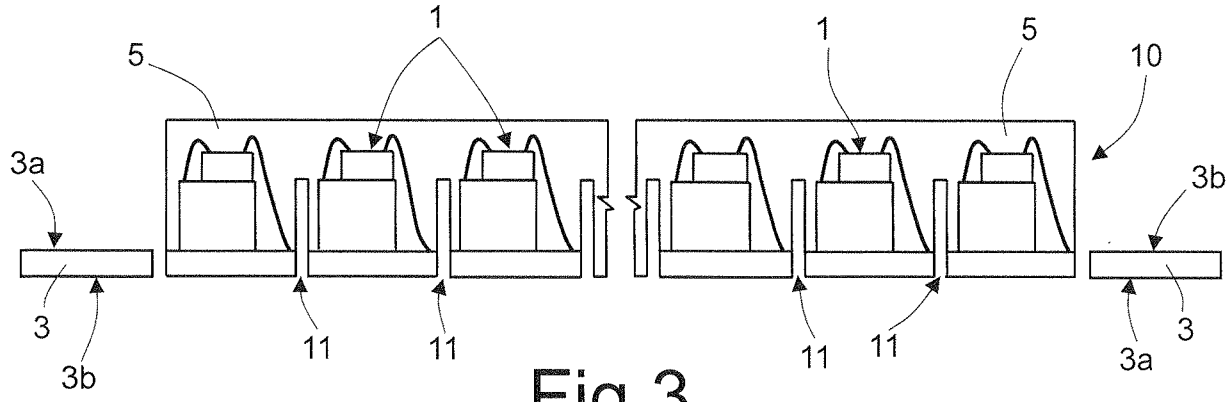

Fig.3

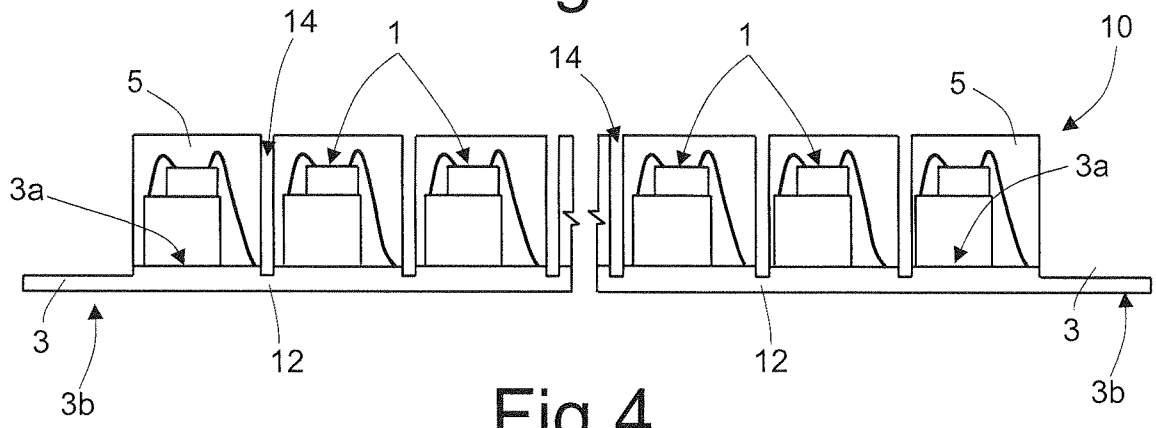

Fig.4

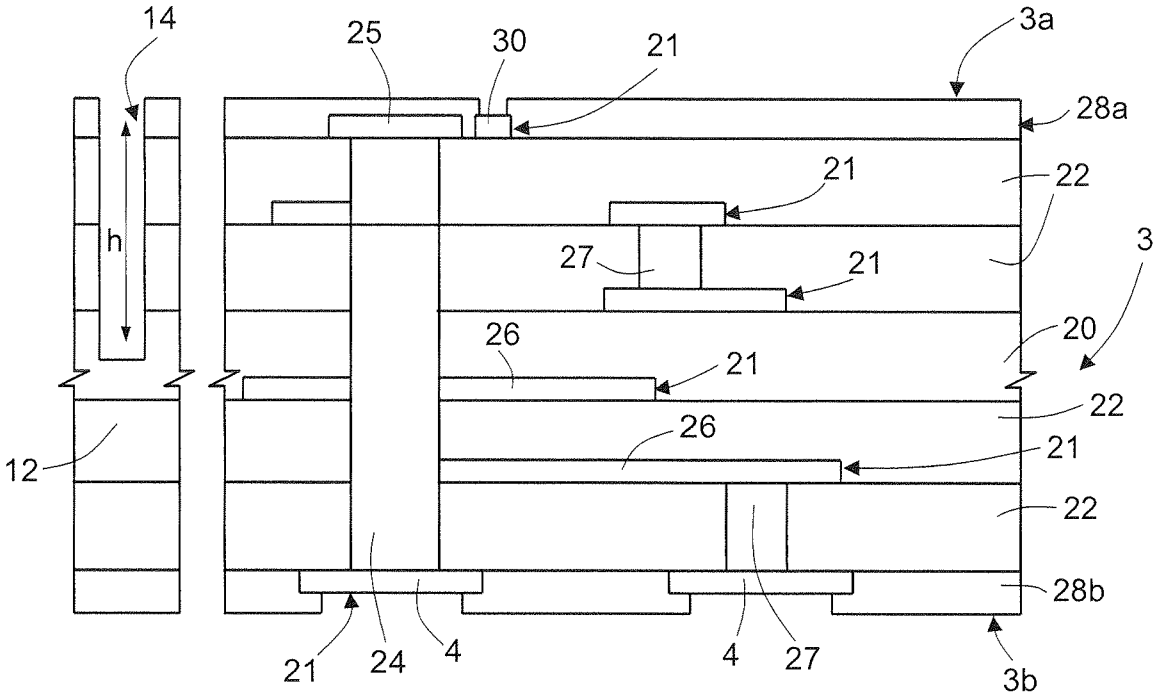

Fig.5

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.
2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

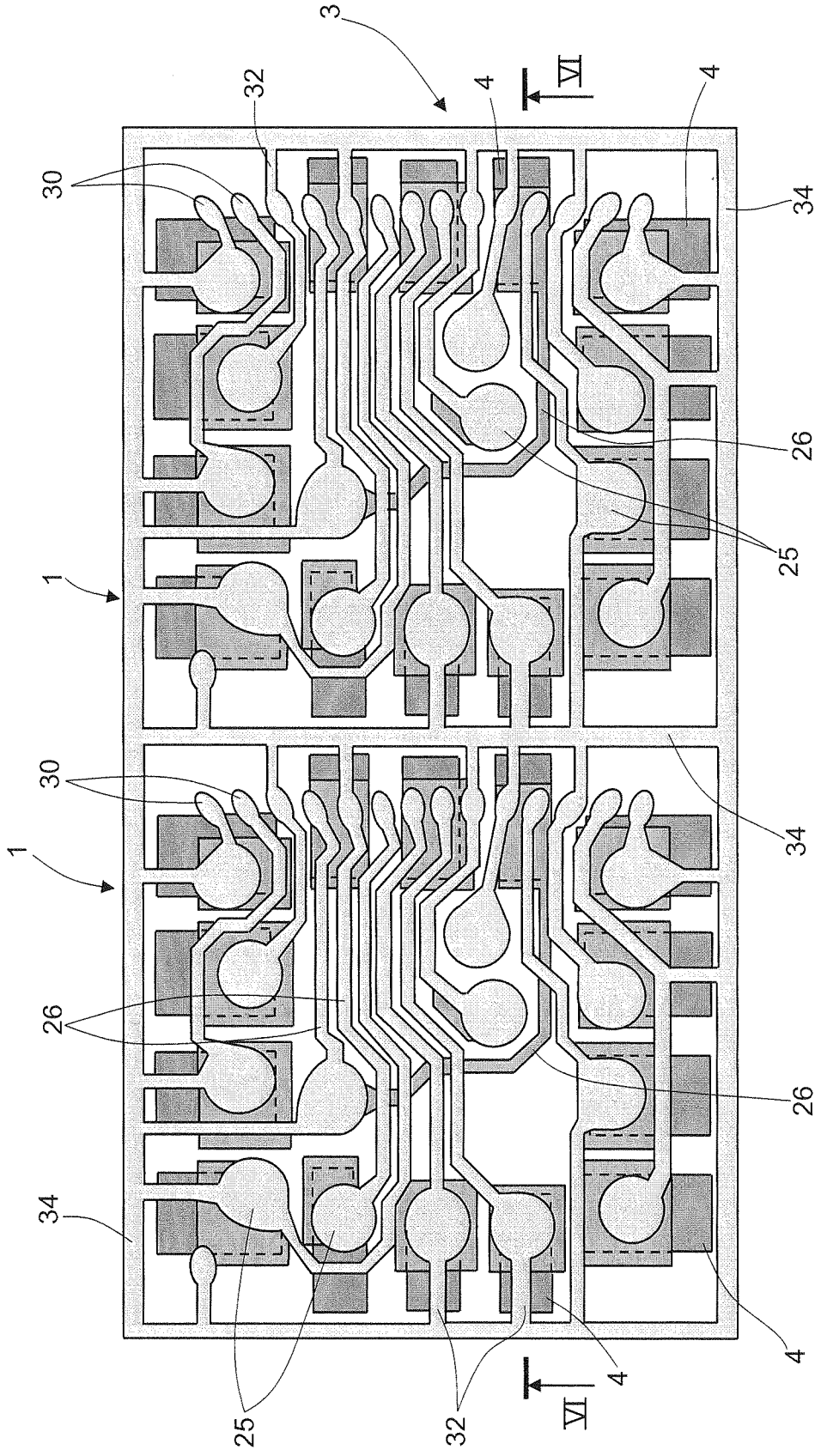

Fig.6a

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.
2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

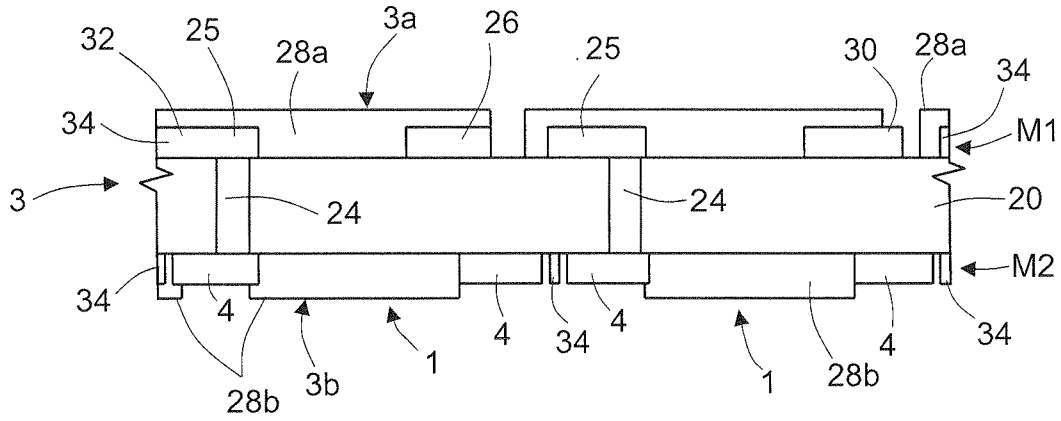

Fig.6b

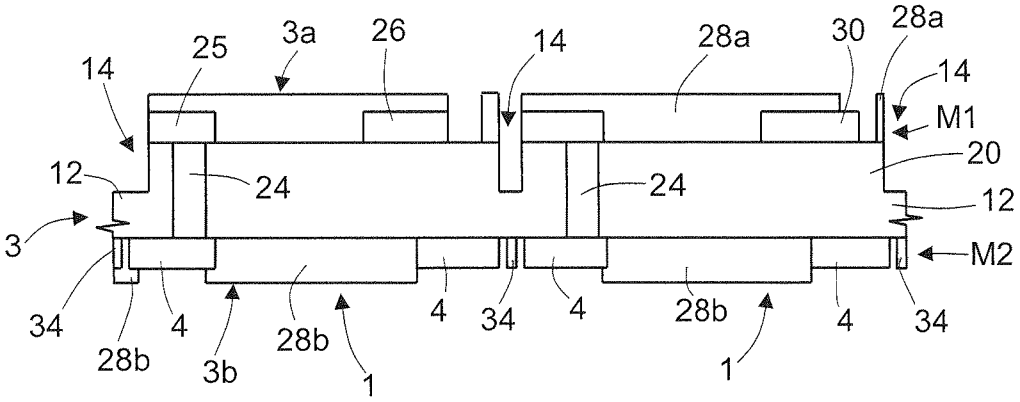

Fig.6c

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.
2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

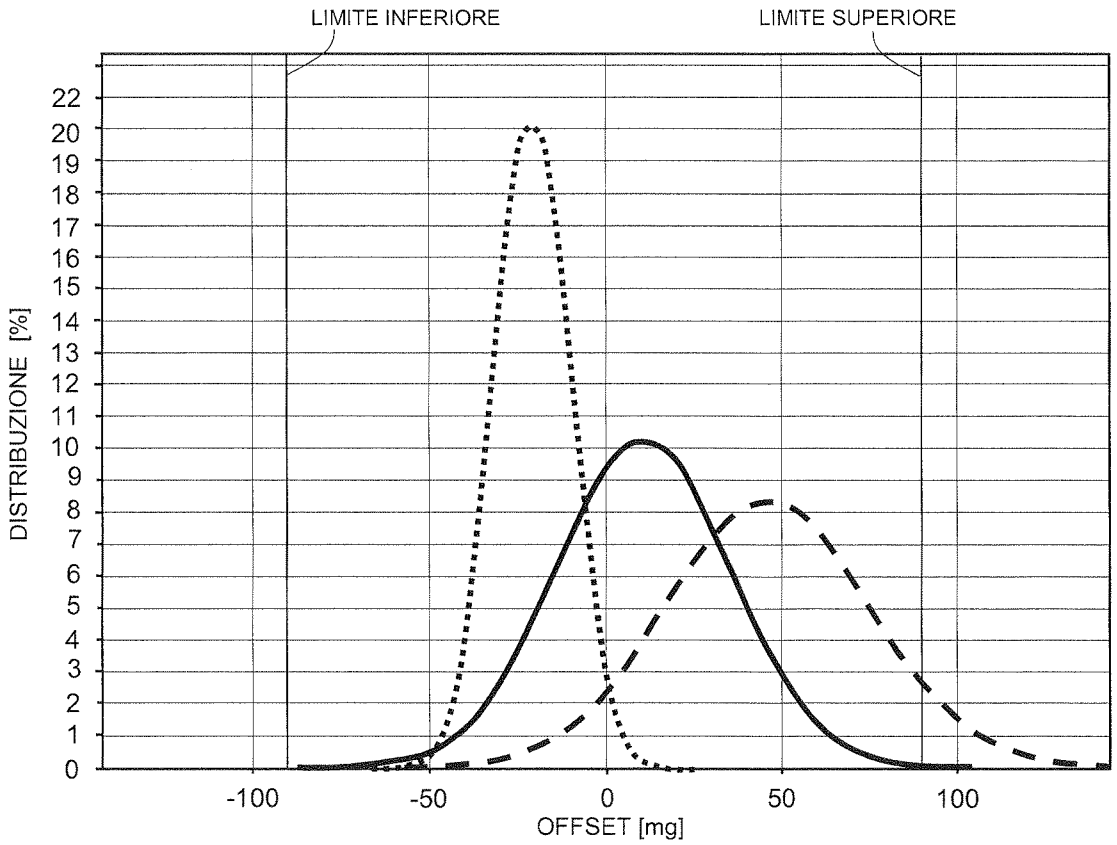

Fig.7

p.i.: 1) STMICROELECTRONICS S.R.L.
2) STMICROELECTRONICS (MALTA) LTD

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)