



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102011901974490
Data Deposito	26/08/2011
Data Pubblicazione	26/02/2013

Classifiche IPC

Titolo

**STRUTTURA INCAPSULANTE PER SISTEMI MICROELETTROMECCANICI E METODO DI
FABBRICAZIONE**

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"STRUTTURA INCAPSULANTE PER SISTEMI MICROELETTROMECCANICI E METODO DI FABBRICAZIONE"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

Inventori: SIMONI Barbara, VIGNA Benedetto, FERRARI Paolo, VALZASINA Carlo

*** ***** ***

La presente invenzione è relativa ad una struttura incapsulante per sistemi microelettromeccanici (MEMS) e ad un relativo metodo di fabbricazione.

La tecnologia dei microsistemi ("microsystem technology") ha consentito, e consente, una sempre più efficiente miniaturizzazione di componenti elettronici e sensori, in una pluralità di campi della tecnica. La miniaturizzazione, oltre a garantire un considerevole risparmio in termini di spazio occupato, garantisce anche un risparmio economico. Sistemi miniaturizzati sono utilizzati, ad esempio, in campo microelettronico, nell'industria dell'automazione, nell'industria automobilistica, nelle tecnologie mediche, e in molti altri campi ancora. La miniaturizzazione consente anche un

incremento della densità di integrazione dei sistemi miniaturizzati, consentendo l'alloggiamento di una pluralità di sistemi aventi funzioni diverse tra loro in una stessa piastrina ("chip").

Nel campo della sensoristica, in particolare, l'integrazione di sensori di tipo diverso tra loro in una stessa piastrina non è sempre possibile. A seconda dei requisiti, diversi sensori possono richiedere, durante l'uso, condizioni ambientali (ad esempio pressione ambientale) diverse tra loro. Sistemi risonanti (come ad esempio giroscopi) possiedono un fattore di merito Q ("quality value") fortemente dipendente dalla pressione interna al package in cui tali sistemi risonanti sono alloggiati. In particolare, il fattore Q è tanto più elevato quanto più la pressione dell'ambiente in cui essi operano è bassa. Al contrario, altri tipo di sensori, come ad esempio gli accelerometri, non necessitano di un fattore Q elevato, e possono quindi operare a pressioni ambientali più elevate (ad esempio, pressione ambientale). Al fine di consentire a differenti tipi di sensori di operare alle pressioni desiderate, sono stati forniti ("provided") alloggiamenti ermeticamente sigillati contenenti il sensore e in cui l'atmosfera interna è opportunamente regolata al fine di comprendere uno specifico gas e/o una specifica pressione ambientale.

Al fine di garantire, per ciascun sensore, le condizioni operative ottimali in termini di pressione ambientale e/o gas presenti nell'alloggiamento, sensori di tipo diverso tra loro (ad esempio giroscopi e accelerometri), sono attualmente fabbricati in modo indipendente l'uno dall'altro su rispettive piastrine. Fasi di fabbricazione separate garantiscono la realizzazione di sensori incapsulati in opportuni, rispettivi, alloggiamenti, ciascuno dei quali possiede una propria pressione ambientale interna.

Questo porta tuttavia all'ottenimento di differenti package per differenti sensori. In sistemi complessi, che richiedono, per il loro corretto funzionamento, l'utilizzo di una pluralità di sensori di tipo diverso tra loro (ad esempio sia giroscopi che accelerometri, e/o altri sensori ancora), l'integrazione di una pluralità di package su uno stesso supporto (ad esempio un circuito integrato) è un limite per l'incremento della densità di integrazione. Ciascun package, infatti, ha un volume globale che è maggiore del volume occupato dal sensore in esso contenuto, e prevede propri elementi di connessione esterna per il trasferimento dei segnali di alimentazione e di controllo/rilevamento.

Scopo della presente invenzione è fornire una struttura incapsulante per sistemi microelettromeccanici e

un metodo di fabbricazione della stessa in grado di superare gli inconvenienti dell'arte nota, e in particolare in grado di accrescere la densità di integrazione di sensori MEMS atti ad operare a pressioni ambientali diverse tra loro.

Secondo la presente invenzione vengono forniti ("provided") una struttura incapsulante per sistemi microelettromeccanici e un relativo metodo di fabbricazione come definiti nelle rivendicazioni allegate.

Per una migliore comprensione della presente invenzione, ne vengono ora descritte forme di realizzazione preferite, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra, in vista in sezione lungo la linea di sezione I-I di figura 2, una struttura incapsulante, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

- la figura 2 mostra la struttura incapsulante di figura 1 in vista superiore;

- la figura 3 mostra, in vista in sezione, una struttura incapsulante secondo un'altra forma di realizzazione della presente invenzione;

- la figura 4 mostra, in vista in sezione, una struttura incapsulante secondo una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione; e

- le figure 5-8 mostrano fette ("wafer") durante fasi successive di fabbricazione per ottenere una pluralità di strutture incapsulanti del tipo mostrato in figura 1.

La figura 1 mostra, in vista in sezione lungo la linea di sezione I-I di figura 2, una struttura incapsulante 1, o package, per componenti o dispositivi MEMS (in particolare sensori) comprendente almeno una prima e una seconda cavità 2, 4, di tipo sepolto, separate tra loro ed ermeticamente isolate l'una dall'altra. La prima cavità 2 alloggia un primo sensore 6, ad esempio un giroscopio, mentre la seconda cavità 4 alloggia un secondo sensore 8, ad esempio un accelerometro.

Più in dettaglio, il package 1 comprende un substrato 10, ad esempio di materiale semiconduttore, giacente su un piano XY. Su una faccia 10a del substrato 10, sostanzialmente parallela al piano XY, sono realizzati, in modo di per se noto, il primo sensore 6 e il secondo sensore 8. Le fasi di realizzazione del primo e del secondo sensore 6, 8 non sono oggetto della presente invenzione e non sono dunque ulteriormente descritte. Il package 1 comprende inoltre un cappuccio ("cap") 12, giacente su un rispettivo piano sostanzialmente parallelo al piano XY. In corrispondenza di una faccia 12a del cappuccio 12 sono formati dei recessi che formano, quando il cappuccio 12 è accoppiato al substrato 10 in modo tale che la faccia 12a

del cappuccio 12 sia in contatto con la faccia 10a del substrato 10 (come mostrato in figura 1), la prima e la seconda cavità 2, 4. La prima e la seconda cavità 2, 4 sono, in questo modo, cavità interne al package 1, o cavità sepolte nel package 1.

Il cappuccio 12 è di materiale semiconduttore (ad esempio, silicio) o isolante (ad esempio, ossido di silicio).

Il cappuccio 12 e il substrato 10 sono accoppiati l'uno all'altro mediante strutture di accoppiamento 18 (aventi forma di muro o pilastro) che sono sostanzialmente porzioni del cappuccio 12 formatesi in seguito allo scavo per realizzare i recessi. Forma e spessore delle strutture di accoppiamento 18 sono dunque definiti dalla forma e della profondità dei recessi. La figura 1 mostra recessi aventi muri interni idealmente verticali (paralleli all'asse Z). Risulta evidente che tale rappresentazione è ideale e ha il solo scopo di illustrare una forma di realizzazione della presente invenzione. A seconda del processo di attacco ("etching") utilizzato per formare i recessi, questi ultimi possono avere pareti laterali inclinate, ad esempio lungo una direzione di attacco preferita.

L'accoppiamento tra il substrato 10 e il cappuccio 12 è effettuato mediante tecniche di tipo noto, ad esempio

tramite incollaggio ("bonding") di tipo "glass frit", o mediante bonding metallico, bonding a compressione termica, bonding eutettico, bonding anodico, bonding mediante adesivi o colle, o ancora altri tipi di bonding. Lo strato di bonding è mostrato schematicamente in figura 1 e indicato con il numero di riferimento 7.

La prima e la seconda cavità 2, 4 hanno, in vista dall'alto, forma scelta secondo necessità, ad esempio come mostrato in figura 2 in linea tratteggiata, forma quadrangolare ad angoli smussati. Altre forme comprendono circolare, o genericamente poligonale. Altre forme ancora sono possibili.

La prima e la seconda cavità 2, 4 sono ermeticamente isolate l'una rispetto all'altra e dall'ambiente esterno al package 1. Tutte le metodologie summenzionate per effettuare l'incollaggio tra il substrato 10 e il cappuccio 12 garantiscono un buon isolamento, una buona tenuta nel tempo, e perdite minime.

A seguito del processo di accoppiamento del substrato 10 e del cappuccio 12, la prima cavità 2 e la seconda cavità 4 possiedono una rispettiva pressione interna che corrisponde sostanzialmente alla pressione ambientale presente al momento dell'accoppiamento. Ad esempio, la prima cavità 2 possiede una pressione interna P_1 , mentre la seconda cavità 4 possiede una pressione interna P_2 . Le

pressioni P1 e P2 possono essere uguali tra loro o diverse tra loro.

In particolare nel caso in cui il primo sensore 6 sia un giroscopio e il secondo sensore 8 sia un accelerometro, la pressione P1 ha preferibilmente valore inferiore alla pressione P2. È infatti noto che il fattore di merito Q di un giroscopio è funzione della pressione ambientale a cui il giroscopio stesso lavora. In questo caso, la pressione P1 è preferibilmente compresa tra $5 \cdot 10^3$ Pa e $5 \cdot 10^4$ Pa, mentre la pressione P2 può essere di uno o più ordini di grandezza superiore (ad esempio, compresa tra $1 \cdot 10^5$ Pa e $5 \cdot 10^6$ Pa).

Al fine di ottenere una pressione P1 inferiore alla pressione P2, la prima cavità 2 comprende inoltre un elemento assorbitore di gas o molecole gassose, meglio noto come "getter" 14. Il getter 14 è solitamente di materiale depositato in forma di strato, e ha la funzione di assorbire molecole di gas specifiche. Materiali utilizzati come strato di getter sono noti, e comprendono ad esempio metalli quali alluminio (Al), bario (Ba), zirconio (Zr), titanio (Ti), vanadio (V), ferro (Fe), o relative miscele o leghe quali zirconio-alluminio, zirconio-vanadio-ferro, zirconio-nichel, zirconio-cobalto (in particolare, una lega di Zr/Co/O).

Il getter 14 è, secondo una forma di realizzazione, di tipo "non evaporabile" (NEG), realizzato in forma di strato in corrispondenza della superficie interna 2' della prima cavità 2 del cappuccio 12. Il getter 14 è preferibilmente formato in corrispondenza di tutta l'area disponibile sulla superficie interna 2' della prima cavità 2, in modo tale da massimizzare l'area superficiale del getter 14 che è esposta all'interno della prima cavità 2 (area attiva durante la fase di "assorbimento" o "cattura" dei gas). Come noto, durante la fase di formazione del getter 14, il materiale di cui è formato il getter 14 reagisce con l'aria circostante, causando la formazione di uno strato passivante (tipicamente di ossido o ossido/nitruro) che ricopre completamente l'area superficiale del getter 14, rendendolo inattivo.

L'attivazione del getter 14 avviene in seguito alla sigillazione ermetica della prima cavità 2 mediante attivazione locale in temperatura. Questa fase di attivazione può essere eseguita riscaldando localmente esternamente la regione del package 1 corrispondente alla zona in cui il getter 14 è disposto (ad esempio mediante induzione magnetica, o riscaldamento mediante una generica sorgente di calore), e ha la funzione di rimuovere lo strato passivante formatosi sulla superficie del getter 14 durante la fase di formazione dello stesso. In questo modo,

il getter 14 viene attivato e opera in modo noto reagendo con gas residui all'interno della prima cavità 2 (ad eccezione dei gas nobili) consentendo una riduzione della pressione ambientale interna alla prima cavità 2. In questo modo, dopo l'attivazione del getter 14, la prima cavità 2 ha una pressione interna P_1 di valore inferiore rispetto al valore della pressione P_2 interna alla seconda cavità 4, che è priva dello strato di getter.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione, mostrata in figura 3, anche la seconda cavità 4 comprende un proprio strato di getter 17, estendentesi internamente alla seconda cavità 4. Modulando opportunamente l'estensione dello strato di getter 14, 17 in entrambe le cavità 2 e 4 è possibile modulare i valori di pressione P_1 e P_2 indipendentemente l'uno dall'altro e/o indipendentemente dalla pressione ambientale esterna al package 1.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione, mostrata in figura 4, la seconda cavità 4 ha una altezza h_2 maggiore della rispettiva altezza h_1 della prima cavità 2. Le altezze h_1 e h_2 sono le distanze massime, misurate lungo l'asse Z ortogonale al piano XY, esistenti tra, rispettivamente, la faccia 10a del substrato e la faccia 2' nella prima cavità 2 (h_1) e la faccia 4' nella seconda cavità 4 (h_2). In altre parole, l'altezza h_1 è la profondità massima raggiunta nella prima

cavità 2 all'interno cappuccio 12, misurata lungo l'asse Z a partire dalla faccia 10a del substrato 10; mentre l'altezza h_2 è la profondità massima raggiunta nella seconda cavità 4 all'interno cappuccio 12, misurata lungo l'asse Z a partire dalla faccia 10a del substrato 10.

Formare prime e seconde cavità 2, 4 di altezze h_1 e h_2 diverse tra loro ha il vantaggio di garantire una maggior flessibilità, in quanto sensori di tipo diverso possono richiedere cave di altezze diverse.

Secondo una forma di fabbricazione della presente invenzione, sia il substrato 10 che il cappuccio 12 sono formati a partire da rispettive fette ("wafer") di materiale semiconduttore.

Con riferimento alle figure 4-7, si descrive un metodo di fabbricazione di una pluralità di package 1.

Inizialmente, figura 5, si dispone ("provide") una fetta substrato 20. La fetta substrato 20 viene lavorata, secondo fasi di microfabbricazione di tipo noto, al fine di formare una pluralità di primi e secondi sensori 6, 8 in corrispondenza di una faccia 20a della fetta substrato 20.

Quindi, figura 6, si dispone una fetta cappuccio 21, che viene lavorata al fine di formare una pluralità di recessi 24 che realizzano, in successive fasi, la prima e la seconda cavità 2, 4. I recessi 24 sono formati mediante una o più fasi di attacco ("etching") utilizzando una o più

opportune maschere atte a definire la forma desiderata per i recessi 24. Le fasi di attacco possono comprendere un attacco umido ("wet etching") o un attacco secco ("dry etching"), di tipo anisotropo o isotropo. Nel caso in cui si desideri formare alcuni recessi 24 di profondità maggiore rispetto ad altri recessi 24 (ad esempio al fine di ottenere, al termine delle fasi di processo, il package di figura 4), è possibile effettuare una prima fase di attacco comune a tutti i recessi 24, e una seconda fase di attacco selettiva per i soli recessi 24 di cui si desidera aumentare la profondità. Questa seconda fase di attacco può essere effettuata utilizzando una opportuna maschera atta a proteggere, durante il secondo attacco, i recessi 24 che non si desidera attaccare.

Si esegue quindi una fase di deposizione selettiva dei getter 14 all'interno dei soli recessi 24 corrispondenti ai primi sensori 6, il cui funzionamento avviene a basse pressioni ambientali.

In seguito o precedentemente alla fase di formazione dei getter 14 è possibile formare, in corrispondenza delle regioni 23 della fetta cappuccio 21 che contatteranno la fetta substrato 20, lo strato di bonding 7 (ad esempio uno strato adesivo o metallico, o di altro tipo a seconda della tecnica di bonding utilizzata), per la successiva fase di bonding tra la fetta cappuccio 21 e la fetta substrato 20.

Alternativamente, in modo non mostrato, lo strato di bonding 7 può essere formato sulla fetta substrato 20, o su entrambe le fette substrato 20 e cappuccio 21.

Quindi, le fette substrato 20 e cappuccio 21 vengono allineate, mediante tecniche di allineamento di per sé note, in modo tale che i recessi 24 risultino allineati ai rispettivi sensori 6, 8 formati sulla fetta substrato 20.

Si procede quindi con una fase di bonding, secondo una delle tecniche precedentemente menzionate, formando una pluralità di prime e seconde cavità 2, 4 sepolte. In questa fase, le prime e le seconde cavità 2, 4 hanno la stessa pressione interna ($P_1=P_2$), che corrisponde alla pressione ambientale presente nell'ambiente in cui sono state eseguite le precedenti fasi di allineamento e bonding.

La fase di attivazione dei getter 14 può avvenire immediatamente dopo la fase di bonding o in un momento successivo, indifferentemente.

Si procede quindi, figura 8, con il taglio dell'assemblaggio così ottenuto per ottenere una pluralità di package 1 del tipo mostrato e descritto precedentemente con riferimento alle figure 1-4. Ciascun package 1 ottenuto in seguito alla fase di taglio comprende dunque un singolo die, o chip, alloggiante entrambe le cavità 2, 4.

Tecniche note per eseguire l'assemblaggio di generiche fette l'una con l'altra e del successivo taglio sono note,

e generalmente conosciute sotto il nome di packaging a livello fetta ("wafer-level-packaging", o WLP).

Risulta evidente che, secondo ulteriori forme di realizzazione, su una stessa fetta substrato 20 possono essere formati, oltre ai primi e ai secondi sensori 6, 8, altri sensori di tipo diverso, e/o generici circuiti elettronici. In particolare, la fetta substrato 20 comprende connessioni elettriche per alimentare i sensori alloggiati da essa.

Da un esame delle caratteristiche del trovato realizzato secondo la presente invenzione sono evidenti i vantaggi che essa consente di ottenere.

In particolare, la realizzazione su una stessa piastrina ("die") di strutture multiasse (ad esempio, accelerometri, giroscopi, ecc.), operanti ad atmosfere interne diverse, consente di ottimizzare l'occupazione di area senza diminuire le prestazioni di tali strutture multiasse.

Risulta infine chiaro che a quanto qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, il primo sensore 6 può essere un sensore di qualsiasi tipo le cui caratteristiche di funzionamento

(sensitività e/o fattore di merito Q e/o generiche caratteristiche prestazionali) variano al variare della pressione ambientale in cui il sensore si trova ad operare. In particolare, il primo sensore 6 è di tipo tale per cui, in uso, opera preferibilmente ad una pressione P_1 inferiore alla pressione ambientale a cui il package che lo alloggia si trova, o, alternativamente, ad una pressione P_1 inferiore ad una pressione P_2 accettabile per il funzionamento di altri sensori presenti sulla stessa piastrina. Sensori di questo tipo comprendono, ad esempio, giroscopi, accelerometri rotazionali, e generici sensori vibrazionali (o provvisti di parti in movimento) le cui prestazioni variano al variare del fattore Q .

Analogamente, il secondo sensore 8 può essere diverso da un accelerometro, e può essere di tipo diverso o uguale al primo sensore 6. Ad esempio, il secondo sensore 8 può essere un accelerometro rotazionale, un accelerometro risonante, un magnetometro, un generico risuonatore, e/o un generico sensore vibrazionale, o altri ancora.

RIVENDICAZIONI

1. Struttura incapsulante (1) per un primo ed un secondo componente microelettromeccanico (6, 8), comprendente:

- un cappuccio ("cap") (12) includente un primo ed un secondo recesso (2, 4);

- un substrato (10) alloggiante il primo ed il secondo componente microelettromeccanico (6, 8),

detto substrato e detto cappuccio essendo accoppiati tra loro in modo tale che il primo recesso definisce, in detta struttura incapsulante (1), una prima cavità sepolta (2) alloggiante il primo componente microelettromeccanico (6), e il secondo recesso definisce, in detta struttura incapsulante (1), una seconda cavità sepolta (4) alloggiante il secondo componente microelettromeccanico (8),

dette prima e seconda cavità sepolta (2, 4) essendo ermeticamente sigillate l'una rispetto all'altra, la prima cavità sepolta alloggiando inoltre un primo elemento assorbitore ("getter") (14) configurato per generare una prima pressione ambientale (P1) interna alla prima cavità minore di una seconda pressione ambientale (P2) interna alla seconda cavità.

2. Struttura incapsulante secondo la rivendicazione 1, in cui il primo elemento getter (14) comprende almeno uno

tra alluminio, bario, zirconio, titanio, vanadio, ferro, o relative miscele o leghe.

3. Struttura incapsulante secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il substrato (10) è di materiale semiconduttore e il cappuccio (12) è di materiale semiconduttore o isolante.

4. Struttura incapsulante secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la seconda cavità sepolta alloggia inoltre un secondo elemento assorbitore ("getter") (17) configurato per generare una seconda pressione ambientale (P2) interna alla seconda cavità diversa dalla prima pressione ambientale (P1) interna alla prima cavità, il secondo elemento getter comprendendo almeno uno tra alluminio, bario, zirconio, titanio, vanadio, ferro, o relative miscele o leghe.

5. Struttura incapsulante secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la prima cavità sepolta (2) ha una prima altezza massima (h_1), la seconda cavità sepolta (4) ha una seconda altezza massima (h_2), dette prima e seconda altezza massima essendo misurate lungo una direzione (Z) sostanzialmente ortogonale ad un piano di giacenza (XY) del substrato (10), in cui la prima altezza massima è minore della seconda altezza massima.

6. Struttura incapsulante secondo la rivendicazione 5, in cui il primo componente microelettromeccanico (6) è atto

ad operare con segnali in corrente alternata, e il secondo componente microelettromeccanico (8) è atto ad operare con segnali in corrente continua.

7. Struttura incapsulante secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il primo componente microelettromeccanico (6) è un sensore le cui prestazioni durante l'uso variano al variare del valore di pressione ambientale a cui opera.

8. Struttura incapsulante secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il substrato (10) e il cappuccio (12) sono accoppiati mediante incollaggio ("bonding") scelto tra: bonding "glass frit", bonding metallico, bonding a compressione termica, bonding eutettico, bonding anodico, bonding adesivo, o mediante colla.

9. Assemblaggio di fette ("wafer") comprendente:

- una prima fetta ("20") di materiale semiconduttore, includente una pluralità di primi e secondi componenti microelettromeccanici (6, 8);

- una seconda fetta ("21") di materiale semiconduttore o isolante includente una pluralità di primi e secondi recessi (24),

detta prima fetta e detta seconda fetta essendo accoppiate tra loro in modo tale che detta pluralità di primi e secondi recessi definisce una rispettiva pluralità

di prime e seconde cavità sepolte (2, 4), ciascuna prima cavità sepolta alloggiando un rispettivo primo componente microelettromeccanico di detta pluralità di primi componenti microelettromeccanici e ciascuna seconda cavità sepolta alloggiando un rispettivo secondo componente microelettromeccanico di detta pluralità di secondi componenti microelettromeccanici,

dette prima e seconda cavità sepolta (2, 4) essendo ermeticamente sigillate l'una rispetto all'altra, le prime cavità sepolte alloggiando inoltre un rispettivo elemento assorbitore ("getter") (14) configurato per generare una prima pressione ambientale (P1) interna alle prime cavità minore di una seconda pressione ambientale (P2) interna alle seconde cavità.

10. Metodo di fabbricazione di una struttura incapsulante (1) atta ad alloggiare un primo ed un secondo componente microelettromeccanico (6, 8), comprendente:

- disporre un cappuccio ("cap") (12);
- formare in detto cappuccio un primo ed un secondo recesso (2, 4);
- disporre un substrato (10) comprendente il primo ed il secondo componente microelettromeccanico (6, 8);
- formare nel primo recesso un elemento getter (14);
- accoppiare tra loro il substrato e il cappuccio in modo tale che il primo recesso definisce una prima cavità

sepolta (2) alloggiante il primo componente microelettromeccanico (6), e in modo tale che il secondo recesso definisce una seconda cavità sepolta (4) alloggiante il secondo componente microelettromeccanico (8); e

- sigillare ermeticamente la prima e la seconda cavità sepolta (2, 4) l'una rispetto all'altra.

11. Metodo secondo la rivendicazione 10, comprendente inoltre attivare l'elemento getter (14) così da generare una prima pressione ambientale (P1) interna alla prima cavità minore di una seconda pressione ambientale (P2) interna alla seconda cavità.

12. Metodo secondo la rivendicazione 10 o 11, in cui la fase di formare in detto cappuccio un primo ed un secondo recesso (2, 4) comprende:

- eseguire un primo attacco ("etching") in modo da formare primi e secondi recessi aventi una prima profondità (h_1); e

- eseguire un secondo attacco in corrispondenza dei soli secondi recessi in modo da formare secondi recessi aventi una seconda profondità (h_2) maggiore della prima profondità (h_1).

13. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-12, in cui la fase di accoppiare tra loro il substrato e il cappuccio comprende eseguire una fase di incollaggio

("bonding") scelta tra: bonding "glass frit", bonding metallico, bonding a compressione termica, bonding eutettico, bonding anodico, bonding adesivo, o mediante colla.

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

Elena CERBARO

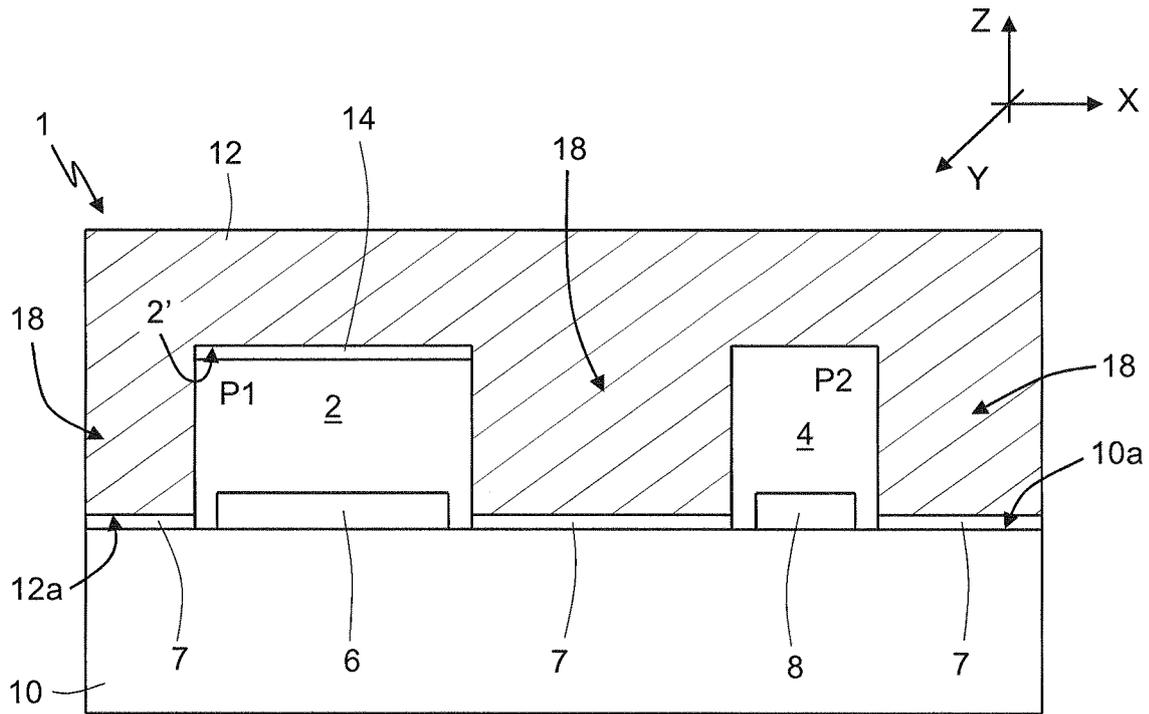


Fig.1

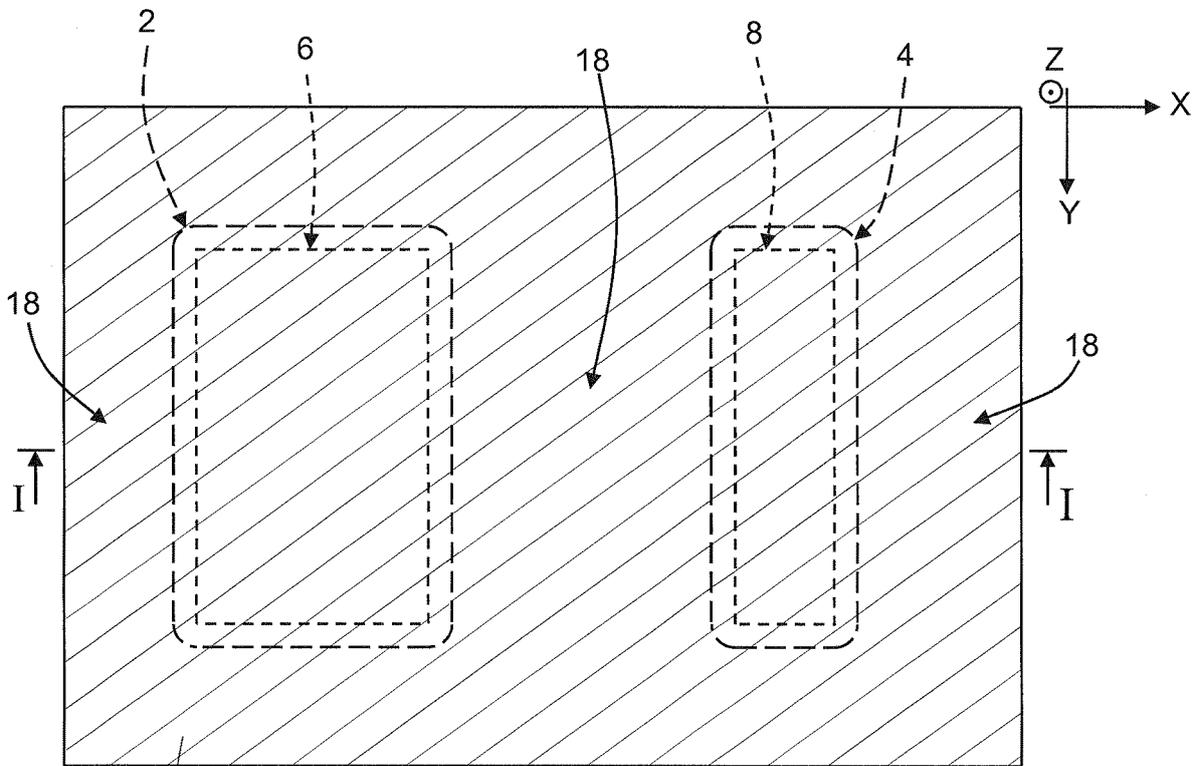


Fig.2

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

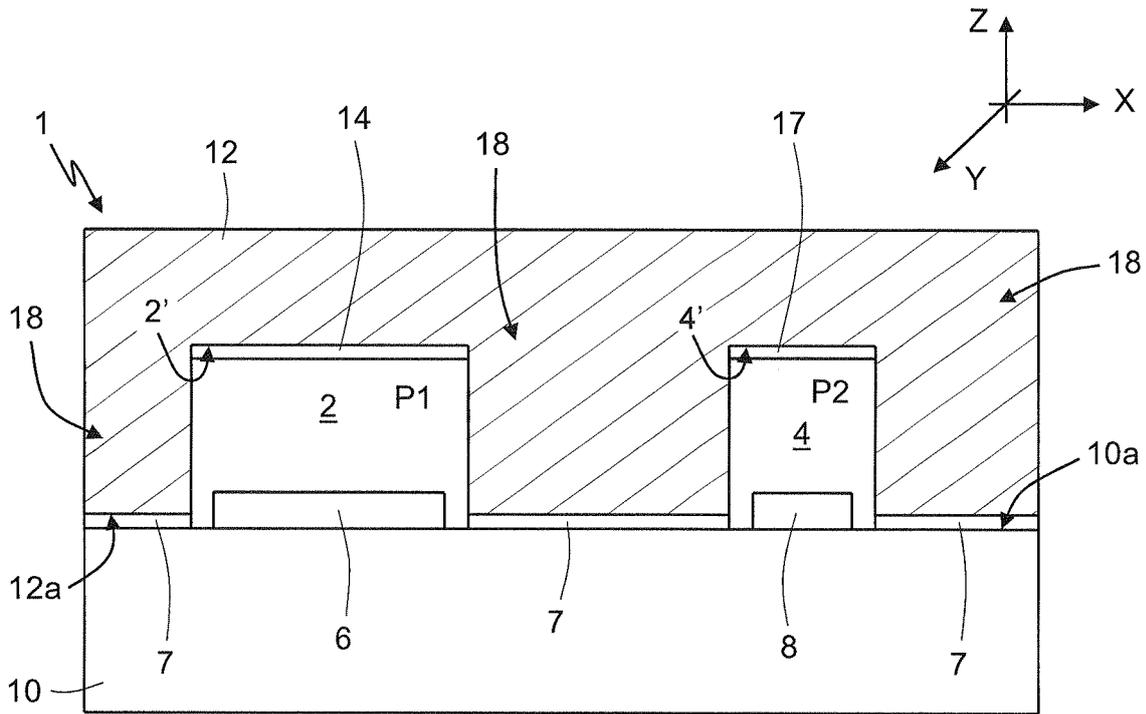


Fig.3

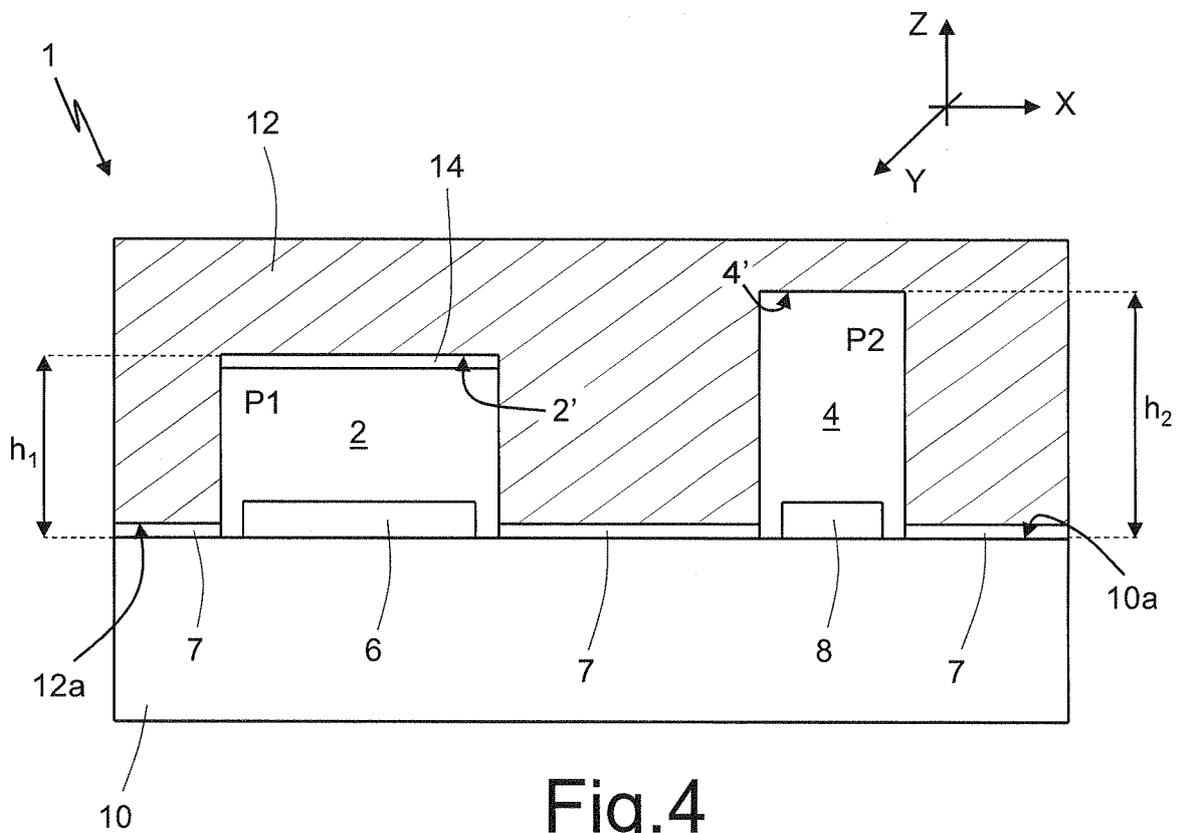


Fig.4

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

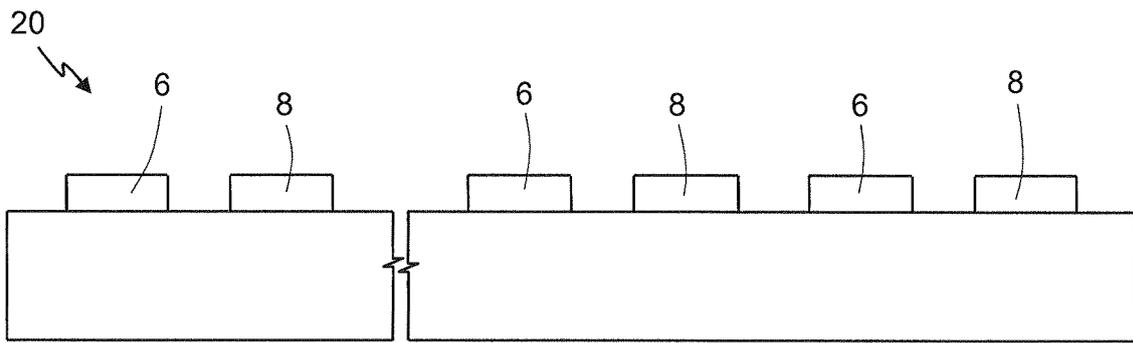


Fig.5

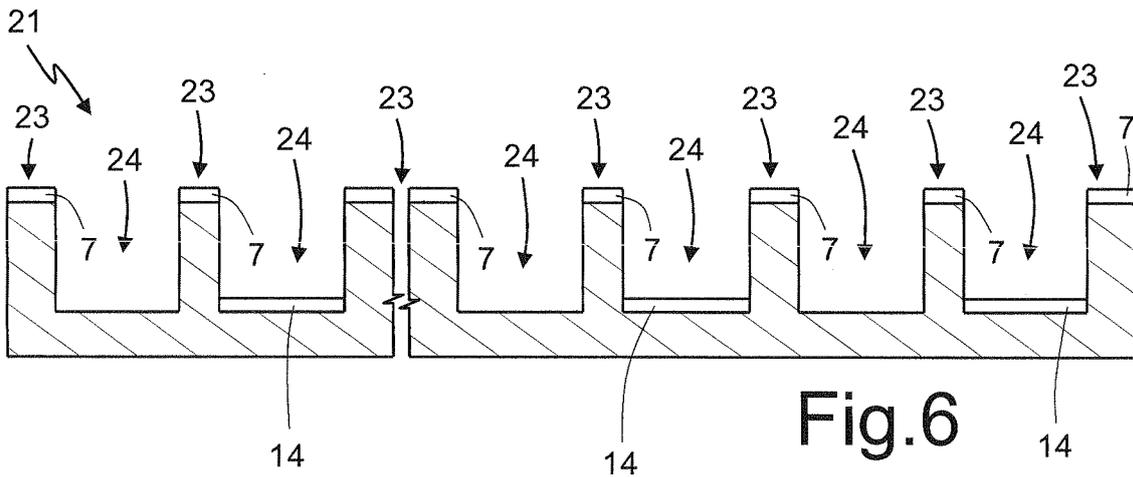


Fig.6

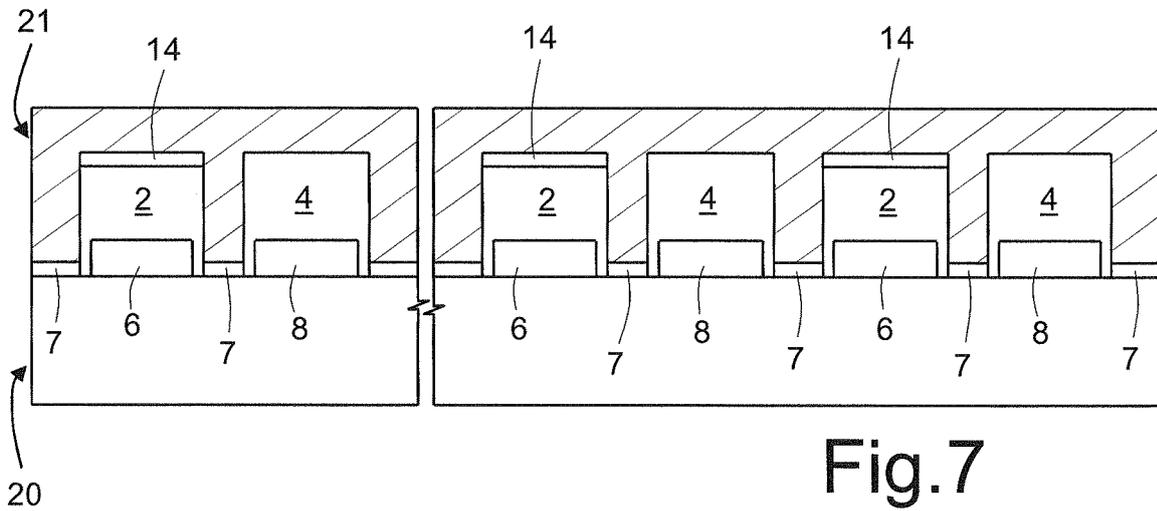


Fig.7

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

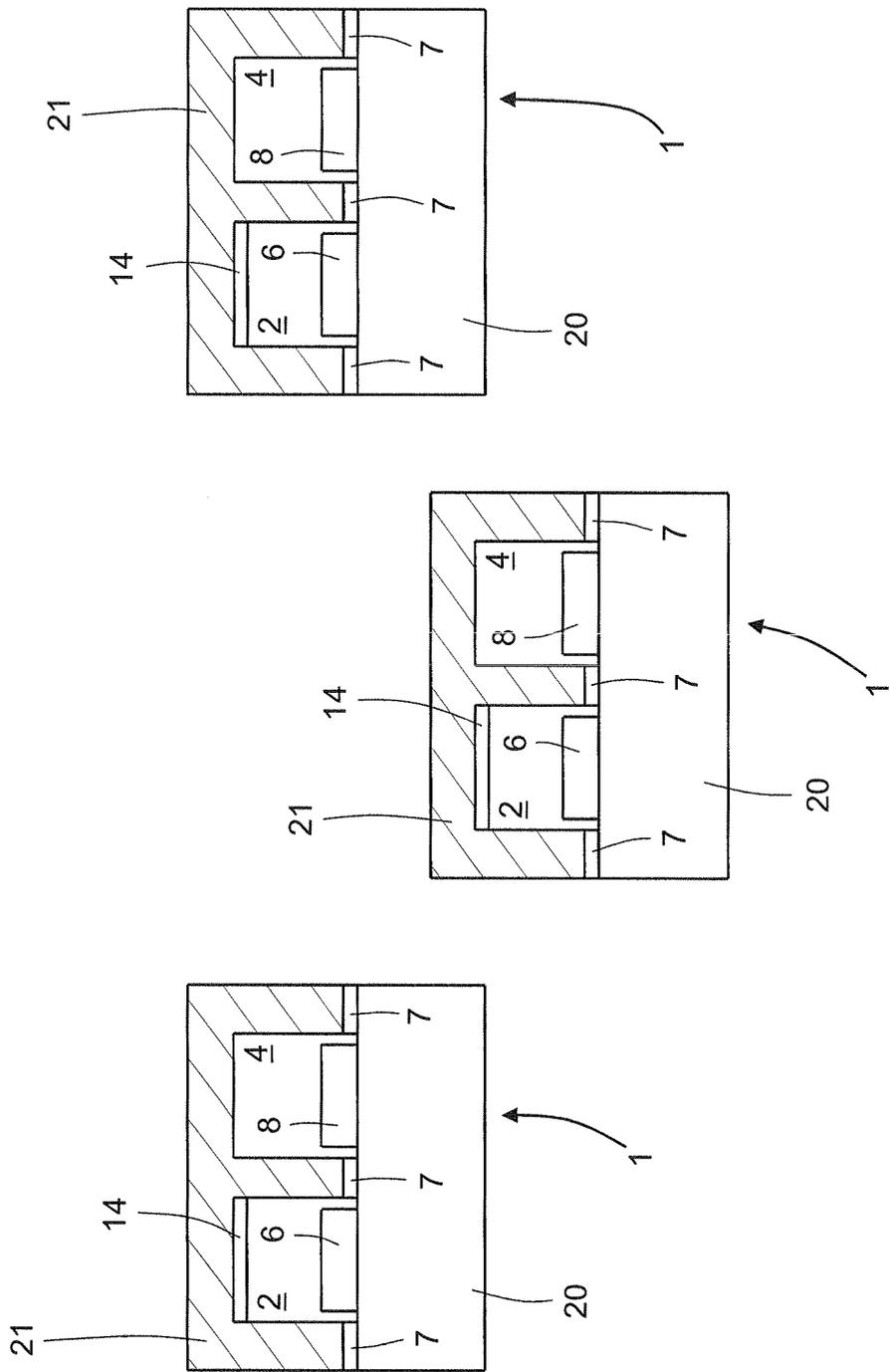


Fig.8

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

Elena CERBARO
 (Iscrizione Albo nr. 426/BM)