



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000074520
Data Deposito	19/11/2015
Data Pubblicazione	19/05/2017

Classifiche IPC

Titolo

DISPOSITIVO MICRO-ELETTRO-MECCANICO DOTATO DI DUE CAVITA' SEPOLTE E RELATIVO PROCEDIMENTO DI FABBRICAZIONE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:
"DISPOSITIVO MICRO-ELETTRO-MECCANICO DOTATO DI DUE CAVITÀ
SEPOLTE E RELATIVO PROCEDIMENTO DI FABBRICAZIONE"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

Inventori: BALDO Lorenzo, DUQI Enri, VILLA Flavio Francesco

* * *

La presente invenzione è relativa ad un procedimento di fabbricazione di dispositivi micro-elettro-meccanici (MEMS) dotati di due cavità sepolte e al relativo dispositivo micro-elettro-meccanico.

In seguito nella presente descrizione, il termine "cavità sepolta" fa riferimento ad una zona vuota (o riempita con gas) all'interno ad un corpo o piastrina di materiale semiconduttore, che si estende a distanza dalle due facce principali di tale corpo, essendo separata da queste facce mediante porzioni di materiale semiconduttore e/o dielettrico.

Come è noto, sensori includenti strutture micromeccaniche realizzate, almeno in parte, con materiali semiconduttori e con la tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) sono sempre più utilizzati, grazie alle

vantaggiose caratteristiche di ridotte dimensioni, bassi costi di fabbricazione, flessibilità.

Un sensore MEMS comprende generalmente una struttura di rilevamento micromeccanica, che trasduce una grandezza fisica o meccanica da rilevare in una grandezza elettrica (ad esempio correlata ad una variazione capacitiva); ed un circuito elettronico di lettura, solitamente realizzato come ASIC (Application Specific Integrated Circuit), che esegue operazioni di elaborazione (tra cui l'amplificazione e il filtraggio) di tale grandezza elettrica e fornisce un segnale elettrico di uscita, analogico (ad esempio una tensione elettrica), o digitale (ad esempio un segnale PDM, Pulse Density Modulation, con modulazione a densità di impulsi). Tale segnale elettrico, eventualmente elaborato ulteriormente da un circuito elettronico di interfaccia, viene quindi reso disponibile ad un sistema elettronico esterno, ad esempio un circuito di controllo a microprocessore di un apparecchio elettronico incorporante il sensore.

Sensori MEMS comprendono ad esempio sensori di grandezze fisiche, quali sensori inerziali, che rilevano dati di accelerazione, velocità angolare; sensori di segnali derivati, quali quaternioni (dati rappresentativi di rotazioni e direzioni nello spazio tridimensionale), segnali di gravità; rilevatori di moto, quali contatori di

passi, di corsa, di salita, ecc.; e segnali ambientali, che rilevano grandezze quali pressione, temperatura, umidità.

Per il rilevamento della grandezza fisica/meccanica, i sensori MEMS di tipo considerato comprendono una membrana o un massa formata in o su una piastrina semiconduttrice e sospesa sopra una prima cavità. La membrana può essere affacciata all'ambiente esterno o in comunicazione con questo tramite un percorso fluidico.

La domanda di brevetto italiana N. TO2013A000540 del 28 giugno 2013 descrive ad esempio un dispositivo MEMS in cui una parte sensibile del dispositivo che forma la membrana è separata dal resto della piastrina e supportata tramite molle. Le molle disaccoppiano la parte sensibile dal resto della piastrina e assorbono lo stress da incapsulamento, senza trasferirlo alla parte sensibile stessa. In questo dispositivo, la parte sensibile è alloggiata all'interno o affacciata ad una seconda cavità che consente un movimento limitato della parte sensibile rispetto al resto della piastrina.

In pratica, il dispositivo presenta due cavità, in cui una prima cavità definisce la membrana e una seconda cavità consente il disaccoppiamento della parte sensibile del dispositivo dal resto. Nel dispositivo noto, per realizzare le due cavità, vengono utilizzate due fette di materiale semiconduttore, che vengono incollate reciprocamente. Nel

caso che il dispositivo sia dotato di un cappuccio, questo è formato in una terza fetta, anch'essa incollata, come discusso qui di seguito, con riferimento alle figure 1 e 2.

La fig. 1 mostra in modo semplificato un sensore MEMS 1 formato in una piastrina 10 di materiale semiconduttore, quale silicio. Un cappuccio ("cap") 11 è fissato ad una prima faccia 10A della piastrina 10 ed una regione di chiusura 12 è fissata ad una seconda faccia 10B della piastrina 10 tramite distanziatori 26.

La piastrina 10 comprende una regione sospesa 13 separata da una porzione periferica 18 della piastrina 10 attraverso una trincea 14. Elementi elastici (indicati anche come molle 15) supportano la regione sensibile 13 e la collegano meccanicamente alla porzione periferica 18. La regione sensibile 13 alloggia una cavità sepolta 16 delimitante una membrana 19.

Una seconda cavità 21 si estende al di sotto della regione sensibile 13. La regione sensibile 13 è dotata di un gambo ("stem") 20 (anche indicata come "Z stopper") estendentesi nella seconda cavità 21 e limitante l'oscillazione della regione sensibile 13 stessa in caso di urti o sollecitazioni che potrebbero danneggiare le molle 15.

Il cappuccio 11 copre qui superiormente tutta la prima faccia 10A della piastrina 10 e protegge quest'ultima

rispetto all'ambiente esterno. Il cappuccio 11 è fissato tramite regioni di incollaggio 22, ad es. di metallo quale oro, stagno o rame, oppure in materiale polimerico o base di paste vetrose (glass-frit), fissate alla porzione periferica 18 ed è quindi distanziato di uno spazio 23 rispetto alla prima faccia 10A grazie allo spessore delle regioni di incollaggio 22. Inoltre, il cappuccio 11 presenta un foro passante 24 collegante fluidicamente la membrana 19 all'ambiente circostante la piastrina 10.

La regione di chiusura 12 ha funzione di protezione durante la manipolazione del sensore MEMS 1 (ad esempio durante il trasporto ad un impianto di assemblaggio). In generale, la regione di chiusura 12 è costituita da una seconda piastrina alloggiante componenti elettronici, ad esempio un ASIC, ma può essere costituita da un altro supporto, quale una scheda a circuito stampato o simili. Generalmente, la regione di chiusura 12 è dotata di una trincea di contenimento 17, per evitare che del materiale delle regioni di incollaggio 22 raggiunga le parti mobili, limitandone il movimento in modo indesiderato.

Grazie alla presenza della seconda cavità 21, la regione sensibile 13 portante la parte sensibile del sensore MEMS (membrana 19) è libera di muoversi entro certi limiti in direzione verticale (perpendicolare al piano di estensione principale della piastrina 10 e quindi alle

facce 10A, 10B della stessa) e non risente di stress di fabbricazione, in particolare durante l'incapsulamento, in quanto la regione sensibile 13 è disaccoppiata meccanicamente dalla porzione periferica.

Il dispositivo delle figure 1 e 2 viene realizzato incollando reciprocamente tre fette.. In particolare, inizialmente (figura 3A) una prima fetta 350 di silicio monocristallino viene lavorata in modo da formare le cavità sepolte 16 che delimitano inferiormente le membrane 19. La formazione delle cavità sepolte 16 può avvenire in vari modi, ad esempio come insegnato in EP1577656. Inoltre, su una prima faccia 350A della prima fetta 350 viene depositato uno strato d'oro in modo da formare prime strutture di incollaggio ("bonding") e connessione elettrica 351. Inoltre, la prima fetta 350 viene attaccata dal fronte mediante attacco del silicio in modo da definire lateralmente le trincee 14 e le molle 15.

Parallelamente, prima o poi, figura 3B, una seconda fetta 400 di silicio monocristallino viene dotata di seconde strutture di incollaggio e connessione elettrica 401 aventi forma e dimensioni congruenti a quelle delle prime strutture di incollaggio e connessione elettrica 351. Successivamente, usando una maschera di resist, viene effettuato un attacco profondo del silicio per realizzare fori 403 e trincee 404. L'attacco viene prolungato in modo

che sia i fori 403 sia le trincee 404 abbiano profondità maggiore dello spessore previsto per il cappuccio 11 (fig. 1).

Quindi, fig. 3C, la seconda fetta 400 viene ribaltata e fissata alla prima fetta 350 tramite un processo di incollaggio fetta-su-fetta ("wafer-to-wafer bonding") di tipo noto, per ottenere una fetta composita 500.

In seguito, figura 3D, la prima fetta 350 viene assottigliata dal retro, per formare le seconde cavità 21 e i gambi 20, e viene attaccata sempre dal retro, per liberare le regioni sospese 13 e le molle 15. Inoltre, la seconda fetta 400 viene assottigliata fino a raggiungere il fondo dei fori 403 e delle trincee 404.

Dopo il fissaggio di una terza fetta 410 e il taglio della fetta composita 500 di fig. 3D, si ottiene quindi il sensore MEMS 1 di fig. 1.

Nel processo descritto, quindi, il dispositivo MEMS 1 viene ottenuto dall'incollaggio di tre diverse fette.

Di conseguenza, il suo spessore è significativo. Inoltre il processo è piuttosto complesso in quanto richiede l'incollaggio di tre fette.

Scopo della presente invenzione è mettere a disposizione un dispositivo MEMS dotato di due cavità e il relativo procedimento di fabbricazione che superino gli inconvenienti della tecnica nota.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati un dispositivo micro-elettro-meccanico ed il relativo procedimento per la fabbricazione, come definiti rispettivamente nelle rivendicazioni 1 e 10.

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

- le figure 1 e 2 mostrano rispettivamente una sezione trasversale e una vista dall'alto di un sensore MEMS noto;

- le figure 3A-3D mostrano sezioni trasversali relative a fasi successive di fabbricazione del sensore MEMS di fig. 1;

- le figure 4A-4F mostrano sezioni trasversali relative a fasi successive di un esempio di realizzazione del presente procedimento di fabbricazione;

- la figura 5 mostra una vista dall'alto su un particolare della fetta ottenuta nella fase 4E del presente procedimento;

- le figure 6A-6D mostrano sezioni trasversali relative a fasi successive di un altro esempio di realizzazione del presente procedimento di fabbricazione;

- la figura 7 è una vista dall'alto su un particolare della fetta ottenuta nella fase 6B del presente

procedimento;

- la figura 8 è una vista dall'alto su un particolare della fetta ottenuta nella fase 6C del presente procedimento;

- la figura 9 è una vista in sezione trasversale di una differente forma di realizzazione del presente dispositivo MEMS; e

- la figura 10 mostra un apparecchio utilizzando il presente dispositivo MEMS.

In seguito, il presente procedimento di fabbricazione verrà descritto con riferimento alla realizzazione di una singola struttura sensibile, intendendo che essa viene replicata più volte in una fetta, prima del taglio della fetta stessa, in modo di per sé noto per il tecnico del ramo.

Inizialmente, figura 4A, in una fetta iniziale 100 di materiale semiconduttore, viene realizzata una cavità sepolta. Ad esempio, allo scopo può essere utilizzato il processo di fabbricazione descritto nel brevetto europeo EP1577656 (corrispondente al brevetto US8173513) e riassunto brevemente sotto.

In dettaglio, al di sopra della fetta iniziale 100, viene realizzata una maschera 101 di resist presentante aperture a reticolo a nido d'ape. Usando la maschera 101, viene eseguito un attacco chimico anisotropo della fetta

iniziale 100, in modo da formare una pluralità di trincee 102, comunicanti tra loro e delimitanti una pluralità di colonne 103 di silicio.

Successivamente, figura 4B, la maschera 101 viene rimossa e viene eseguita una crescita epitassiale in ambiente riducente. Di conseguenza, uno strato epitassiale, ad esempio di tipo N e di spessore di 30 μm , cresce al di sopra delle colonne 103 e chiudendo superiormente le trincee 102 e formando una prima fetta intermedia 200.

Viene quindi eseguita una fase di trattamento termico (annealing), ad esempio per 30 minuti a 1190°C , preferibilmente in atmosfera di idrogeno, o, in alternativa, di azoto.

Come discusso nei brevetti sopra citati, la fase di annealing provoca una migrazione degli atomi di silicio che tendono a portarsi in una posizione di minore energia. Di conseguenza, e anche grazie alla distanza ravvicinata fra le colonne 103, gli atomi di silicio di queste migrano completamente e si forma una prima cavità sepolta 106. Al di sopra della prima cavità sepolta 106 rimane un sottile strato di silicio, costituito in parte da atomi di silicio cresciuti epitassialmente ed in parte da atomi di silicio migrati e formante uno strato di chiusura 105 di monosilicio.

Nella forma di realizzazione mostrata, figura 4C,

viene quindi eseguita un'altra crescita epitassiale, di tipo N oppure P e di spessore di qualche decina di micrometri, ad esempio pari a 50 μm , a partire dallo strato di chiusura 105. Si forma in questo modo una seconda fetta intermedia 201 includente una prima regione spessa 108 di monosilicio che sovrasta la prima cavità sepolta 106.

Successivamente, figura 4D, nella prima regione spessa 108 viene realizzata una seconda cavità 109, ad esempio ripetendo il processo di fabbricazione descritto nel brevetto europeo EP1577656 (si vedano anche le figure 4A e 4B). In questo modo, si ottiene una fetta sensori 107 avente una prima ed una seconda faccia 107A, 107B e, al di sopra della prima cavità 106, una seconda regione spessa 114. La seconda regione spessa 114 alloggia una seconda cavità 109 e una membrana 110 delimitata inferiormente della seconda cavità 109 e affacciata alla prima faccia 107A. La seconda regione spessa 114 ha ad esempio spessore di circa 50 μm e la membrana 110 ha ad esempio spessore di circa 10 μm .

Se l'applicazione lo prevede, nella membrana 110 possono essere realizzati componenti elettronici 121, ad esempio piezoresistori, tramite fasi di diffusione o impianto di specie ioniche droganti, qui di tipo P, in modo noto e non mostrato. Inoltre, in modo per sé noto, al di sopra della prima faccia 107A della fetta sensori 107

possono essere realizzate interconnessioni elettriche non mostrate.

In seguito, figura 4E, utilizzando uno strato di mascheratura non mostrato, viene eseguito un attacco profondo del silicio attraverso la seconda regione spessa 114 fino a raggiungere la prima cavità 106. Si forma così una trincea 111, esterna e circondante la seconda cavità 109. In particolare, nella forma di realizzazione mostrata, la trincea 111 ha forma a spirale quadrata. In questo modo, come visibile nella vista dall'alto di figura 5, la trincea 111 è costituita da cinque lati che delimitano una porzione sensibile 112 e un braccio o molla 113 collegante la porzione sensibile 112 al resto della fetta sensori 107 (porzione periferica 104 e base 119).

Una fetta di cappuccio 115 viene quindi fissata alla prima faccia 107A della fetta sensori 107. A tale scopo, esempio, regioni di incollaggio 116, ad es. di metallo quale oro, stagno o rame, oppure di materiale polimerico o a base di paste vetrose (glass-frit) possono essere applicate in precedenza alla fetta di cappuccio 115 e/o alla fetta sensori 107. In questo modo, è possibile connettere elettricamente i componenti elettronici 121, integrati nella seconda fetta 107, con strutture conduttive non illustrate presenti nel o al di sopra della fetta di cappuccio 115. Le regioni di incollaggio 116 costituiscono

inoltre degli spaziatori fra la prima faccia 107A della fetta sensori 107 e la fetta di cappuccio 115, delimitando così uno spazio 117.

Nella forma di realizzazione mostrata, la fetta di cappuccio 115 presenta un foro passante 118 che consente il collegamento fluidico fra lo spazio 117 e l'ambiente esterno e il rilevamento, da parte della membrana 110, della pressione esterna.

La fetta di cappuccio 115 può essere inoltre dotata di fori (non mostrati) per il passaggio di fili di connessione (non mostrati). In alternativa, pure in modo non mostrato, nella porzione periferica 104 della fetta sensori 107 possono essere previste vie passanti ("through silicon vias") non mostrate, per la connessione elettrica dei componenti elettrici 121 con la seconda faccia 107B della fetta sensori 107.

Dopo il taglio della fetta sensori 107 in una pluralità di dispositivi MEMS 120, ciascuno di essi può essere fissato ad un supporto non mostrato, ad esempio realizzata come ASIC (Application Specific Integrated Circuit). In alternativa, la fetta sensori 107 può essere fissata ad una ulteriore fetta, prima del taglio, o ad una scheda a circuito stampato, in modo non mostrato.

Secondo una diversa forma di realizzazione, la seconda cavità può essere realizzata tramite rimozione di uno

strato sacrificale.

In questo caso, il procedimento di fabbricazione può comprendere le stesse fasi iniziali descritte sopra con riferimento alle figure 4A-4C.

Partendo quindi dalla struttura di figura 4C, in cui nella seconda fetta intermedia 201 è stata già realizzata la prima cavità 106, al di sopra della prima regione spessa 108 viene realizzata una regione sacrificale 130. La regione sacrificale 130 viene ottenuta ad esempio mediante deposizione di uno strato sacrificale (ad esempio, di ossido di silicio e sua definizione tramite tecniche fotolitografiche note, figura 6A. In seguito, al di sopra della regione sacrificale 130 viene depositato uno strato strutturale 131, ad esempio di silicio policristallino cresciuto per CVD, ottenendo una fetta sensori 210 avente una prima faccia 210A non planare, comprendente una zona sporgente, corrispondente allo strato strutturale 131, e una zona ribassata, corrispondente alla porzione esposta della prima regione spessa 108.

Quindi, figura 6B, lo strato strutturale 131 viene attaccato chimicamente per definire una struttura micro-elettro-meccanica di tipo inerziale, ad esempio un accelerometro. In questo caso, come visibile nella vista dall'alto di figura 7, vengono definiti una massa sospesa o piattaforma 132, molle 133, colleganti la piattaforma 132

al resto dello strato strutturale 131, ed elettrodi mobili e fissi 134, mostrati solo schematicamente in figura 7.

Quindi viene rimossa la regione sacrificale 130, effettuando un attacco del materiale sacrificale, ad esempio in acido fluoridrico, in modo da liberare la piattaforma 132 e gli elettrodi mobili, ottenendo la struttura di figura 6B in cui al di sotto della piattaforma 132 è presente una seconda cavità 125.

Successivamente o in precedenza, ad esempio usando un dryfilm, figura 6C e analogamente a quanto descritto con riferimento alla figura 4E, utilizzando uno strato di mascheratura non mostrato, viene eseguito un attacco profondo del silicio attraverso la prima regione spessa 108, esternamente alla zona dello strato strutturale 131, e quindi alla piattaforma 132, fino a raggiungere la prima cavità 106. Si forma così la trincea 111, che, in vista dall'alto (si veda la figura 8) circonda la seconda cavità 125 e la piattaforma 132. Anche qui, la trincea 111 ha forma a spirale quadrata e comprende cinque lati che delimitano una porzione sensibile 135 e un braccio o molla 136 collegante la porzione sensibile 135 al resto della fetta sensori 210, in seguito anche indicata come porzione periferica 137.

Una fetta di cappuccio 140 viene quindi fissata alla prima faccia 210A della fetta sensori 210 in modo analogo a

quanto descritto con riferimento alla figura 4F. In questo caso, dato che la superficie 210A della fetta sensori 210 non è planare e la piattaforma 132 sporge al di sopra della regione spessa 108, la fetta di cappuccio 140 presenta un incavo 141 rivolto verso la regione sensibile 135.

Anche in questo caso, la fetta di cappuccio 140 può essere dotata di fori (non mostrati) per il passaggio di fili di connessione oppure in modo non mostrato, nella porzione periferica 137 possono essere previste vie passanti.

Quindi viene eseguito il taglio della fetta sensori 210 in una pluralità di dispositivi MEMS 143, e, analogamente a quanto già descritto, ciascuno di essi può essere fissato ad un supporto o la fetta sensori 210 può essere fissata ad una ulteriore fetta, prima del taglio.

In una diversa forma di realizzazione, figura 9, il cappuccio è formato direttamente da un ASIC e il foro di connessione all'ambiente esterno è formato direttamente nella fetta sensori, invece che nel cappuccio.

Nella forma di realizzazione mostrata, viene utilizzata la fetta sensori 107 di figura 4E. La porzione di base 119 della fetta sensori 107, al di sotto della prima cavità 106 nella vista di figura 4E, viene qui forata mediante un attacco profondo del silicio, analogo all'attacco della trincea 111. Si ottiene così un foro di

connessione 145 che collega la prima cavità 106 all'ambiente esterno.

Inoltre, sulla prima faccia 107A della fetta sensori 107 vengono formati primi elementi di arresto o stopper 146, ad esempio costituiti da materiale dielettrico, quale ossido di silicio, oppure materiale metallico o polisilicio oppure una pila di strati di differente materiale, depositato e definito sulla prima faccia 107A, in modo di per sé noto.

Secondi elementi di arresto 147 vengono realizzati su una faccia 150A di una fetta ASIC 150, in posizione tale da essere affacciati, a distanza, ai primi elementi di arresto 146.

Sulla fetta ASIC 150 o sulla fetta sensori 107 vengono realizzati elementi distanziatori 151 nonché elementi di connessione meccanica ed elettronica 152.

I distanziatori 151 possono essere costituiti da materiali a base di oro, rame, stagno, glass-frit, o polimeri ed avere uno spessore di 5 μm .

Gli elementi di connessione meccanica ed elettronica 152 possono ad esempio essere costituiti da cosiddetti "solder ball", disposti in corrispondenza di piazzole di contatto ("pad") 153A, 153B formate in corrispondenza della prima faccia 107A della fetta sensori 107 e di una faccia 150A della fetta ASIC 150.

Quindi, la fetta sensori 107 e la fetta ASIC 150 vengono incollate ("bonded") reciprocamente, con la prima faccia 107A della fetta sensori e la faccia 150A della fetta ASIC 150 rivolte una verso l'altra, ottenendo una fetta composita. Infine, la fetta composita viene tagliata in una pluralità di dispositivi finiti 160.

In alternativa a quanto descritto, il foro di connessione 145 può essere realizzato a fine processo, prima del taglio della fetta composita.

In questo modo, fra le due facce 107A e 150A si forma uno spazio 154 il cui spessore è definito dagli elementi distanziatori 151 e la porzione sensibile 112 può muoversi in modo limitato all'interno dello spazio 154 o della prima cavità 106, ed è quindi disaccoppiata dalla porzione periferica 104.

Inoltre la membrana 110 è collegata con l'ambiente esterno attraverso la trincea 111, la prima cavità 106 e il foro 145, che costituiscono così un percorso fluidico.

Gli elementi di connessione meccanica ed elettronica 152 consentono, oltre all'incollaggio fra la fetta sensori 107 e la fetta ASIC 150, la loro connessione elettrica.

In alternativa a quanto descritto, la fetta sensori 107 e/o la fetta ASIC 150 possono essere tagliate prima dell'incollaggio reciproco, in modo di per sé noto. Inoltre, è possibile realizzare il cappuccio come ASIC

anche partendo dalla struttura di figura 6A, e quindi con la seconda cavità 125 realizzata per rimozione di una regione sacrificale.

La figura 10 mostra schematicamente un apparecchio elettronico 170 che utilizza il dispositivo MEMS 120, 143, 160.

L'apparecchio elettronico 170 comprende, oltre al dispositivo MEMS 120, 143, 160, un microprocessore 174, un blocco di memoria 175, collegato al microprocessore 174, ed un'interfaccia di ingresso/uscita 176, anch'essa collegata con il microprocessore 174. Inoltre, può essere presente un altoparlante 178, per generare un suono su un'uscita audio (non mostrata) dell'apparecchio elettronico 170.

In particolare, l'apparecchio elettronico 170 è fissato ad un corpo portante 180, ad esempio costituito da un circuito stampato.

L'apparecchio elettronico 170 è ad esempio un apparecchio di misura della pressione arteriosa (sfigmomanometro), un apparecchio domestico, un dispositivo di comunicazione mobile (cellulare, PDA Personal Digital Assistant, un notebook) o un apparecchio di misura della pressione utilizzabile in campo automobilistico o in campo industriale.

In questo modo, i dispositivi 120, 143, 160 possono essere realizzati con un numero di fette inferiore rispetto

a quanto attualmente effettuato, dato che entrambe le cavità (ovvero la prima cavità 106 e la seconda cavità 109 o 125) sono formate in uno stesso substrato monolitico, senza effettuare l'incollaggio di due fette.

In questo modo, si riducono considerevolmente i costi di fabbricazione. Inoltre, è possibile ridurre lo spessore del dispositivo finito, a parità di robustezza. Infine, e si riducono eventuali problemi di contaminazione e/o delimitazione dei materiali incollanti, senza dovere prevedere apposite trincee di contenimento.

Risulta infine chiaro che al dispositivo e al procedimento di fabbricazione qui descritti ed illustrati possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate. Ad esempio, le diverse forme di realizzazione descritte possono essere combinate in modo da fornire ulteriori soluzioni. In particolare, il dispositivo MEMS 120 può essere un sensore o un attuatore di diverso tipo, realizzabile in tecnologia MEMS e richiedente un disaccoppiamento meccanico dal resto della piastrina.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo micro-elettro-meccanico, comprendente:

corpo monolitico (107; 210) di materiale semiconduttore avente una prima faccia (107A; 120A) e una seconda faccia (107B);

una prima cavità sepolta (106) nel corpo monolitico di materiale semiconduttore;

una regione sensibile (112; 135) nel corpo monolitico al di sopra della prima cavità sepolta;

una seconda cavità (109; 125) sepolta nella regione sensibile; e

una trincea di disaccoppiamento (111) estendentesi dalla prima faccia (107A; 120A) del corpo monolitico (107; 120) fino alla prima cavità sepolta (106) e circondante lateralmente la seconda cavità sepolta (109; 125), la trincea di disaccoppiamento (111) separando la regione sensibile (112; 135) da una porzione periferica (104; 137) del corpo monolitico.

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui la regione sensibile (112) comprende una regione spessa (114) sovrastante la prima cavità sepolta (106), la seconda cavità sepolta (109) essendo disposta all'interno della regione spessa (114) e la regione spessa formando una membrana (110) disposta fra la seconda cavità sepolta e la prima faccia (107A).

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui la membrana (110) alloggia componenti elettronici (121).

4. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui la regione sensibile (135) comprende una regione spessa (108) sovrastante la prima cavità sepolta (106) ed uno strato strutturale (131) disposto al di sopra della regione spessa (108), la seconda cavità essendo disposta fra la regione spessa e lo strato strutturale.

5. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, in cui lo strato strutturale (131) forma una piattaforma sospesa (132) di un sensore MEMS inerziale.

6. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-5, in cui trincea di disaccoppiamento (111) ha forma a spirale delimitante la porzione sensibile (112; 135) ed un braccio (113; 136), la porzione sensibile (112; 135) e il braccio (113; 136) essendo sospesi al di sopra della prima cavità sepolta (106), il braccio supportando la porzione sensibile e collegando la porzione sensibile alla regione periferica (104; 137) del corpo monolitico (107; 120).

7. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-6, comprendente inoltre un elemento di cappuccio (115; 150) fissato al corpo monolitico (107; 120) e rivolto verso la prima faccia di questo (107A; 120A).

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui l'elemento a cappuccio è un ASIC (150).

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 8, formante un sensore di pressione, in cui il corpo monolitico (107) comprende

una regione di base (119) estendentesi fra la prima cavità sepolta (106) e la seconda faccia (107B) del corpo monolitico (107) ed un foro passante (145) attraversante la regione di base.

10. Procedimento per la fabbricazione di un dispositivo micro-elettro-meccanico (120; 143; 160), comprendente le fasi di:

formare una prima cavità sepolta (106) in un corpo monolitico (107; 210) di materiale semiconduttore;

formare una seconda cavità sepolta (109; 125) in una regione sensibile (112; 135) del corpo monolitico di materiale semiconduttore al di sopra della prima cavità sepolta; e

formare una trincea di disaccoppiamento (111) estendentesi da una prima faccia (107A; 210A) del corpo monolitico fino alla prima cavità sepolta e circondante lateralmente la seconda cavità sepolta, la trincea di disaccoppiamento separando la regione sensibile (112; 135) da una porzione periferica (104; 137) del corpo monolitico (107; 210).

11. Procedimento secondo la rivendicazione 10, in cui dopo la fase di formare la prima cavità sepolta (109; 125) viene eseguita la fase di formare una regione spessa (114; 108) al di sopra della prima cavità sepolta (106).

12. Procedimento secondo la rivendicazione 11, in cui la fase di formare una regione spessa (114; 108) comprende eseguire una prima crescita epitassiale.

13. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-12, in cui la fase di formare la prima cavità sepolta (106) comprende formare una pluralità di prime trincee (102) separate da prime strutture a colonna (103) in un substrato (100) di materiale semiconduttore; eseguire una seconda crescita epitassiale in ambiente riducente in modo da formare un primo strato superficiale di materiale semiconduttore chiudente superiormente le prime trincee; ed effettuare un trattamento termico tale da provocare una migrazione di atomi di materiale semiconduttore delle prime colonne e la formazione della prima cavità sepolta (106).

14. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazione 11 o 12, in cui la fase di realizzare una seconda cavità sepolta (109) comprende formare la seconda cavità sepolta all'interno della regione spessa (114), la seconda cavità delimitando inferiormente una membrana (110) all'interno della regione spessa (114) fra la seconda cavità sepolta (109) e la prima faccia (107A).

15. Procedimento secondo la rivendicazione 14, in cui formare la seconda cavità sepolta (109) comprende realizzare una pluralità di seconde trincee (102) separate da seconde strutture a colonna (103) nella regione spessa; eseguire una terza crescita epitassiale in ambiente riducente in modo da formare un secondo strato superficiale di materiale semiconduttore chiudente superiormente le seconde trincee; effettuare un

trattamento termico tale da provocare una migrazione di atomi di materiale semiconduttore delle seconde colonne e la formazione della seconda cavità, il procedimento comprendendo opzionalmente inoltre la fase di eseguire una quarta crescita epitassiale a partire dal secondo strato superficiale formando in tal modo la membrana.

16. Procedimento secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui la fase di realizzare una seconda cavità sepolta (125) comprende le fasi di: formare una regione sacrificale (130) al di sopra della regione spessa (108); depositare uno strato strutturale (131) di materiale semiconduttore al di sopra della regione sacrificale; formare aperture nello strato strutturale e rimuovere la regione sacrificale attraverso le aperture.

17. Procedimento secondo la rivendicazione 16, in cui la fase di formare aperture comprende definire una struttura micro-elettro-meccanica sospesa, ad esempio una struttura di tipo inerziale nello strato strutturale.

18. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-17, comprendente inoltre la fase di fissare un elemento di cappuccio (115) alla prima faccia (107A; 120A) del corpo monolitico (107; 120).

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

Elena CERBARO

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

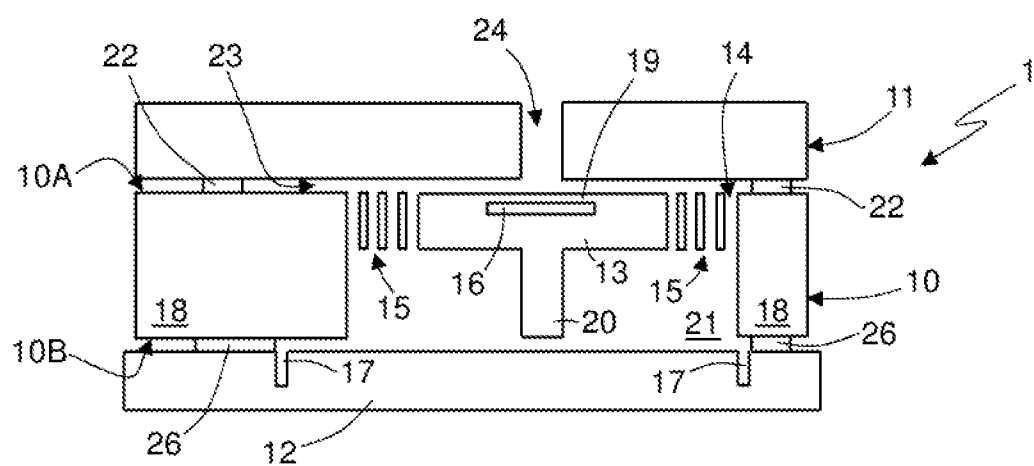


Fig.1

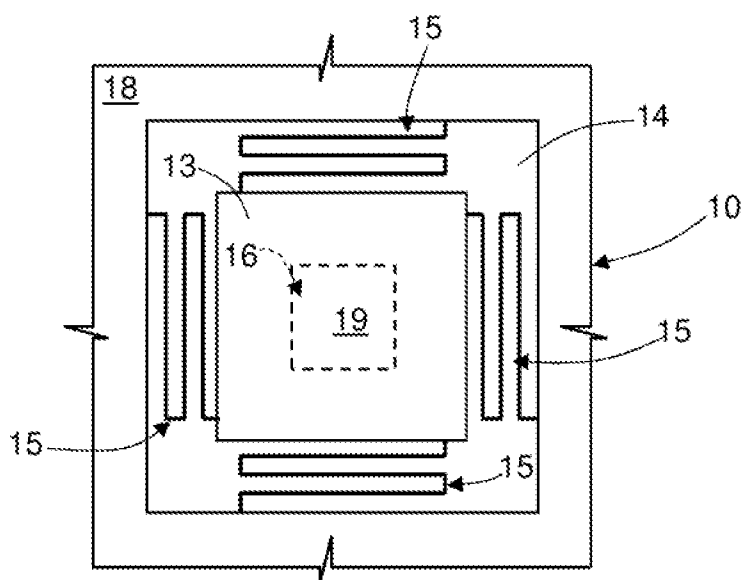


Fig.2

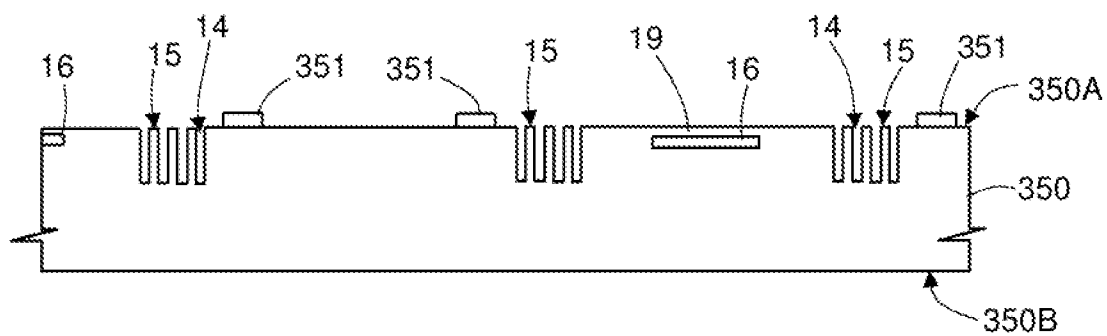


Fig.3A

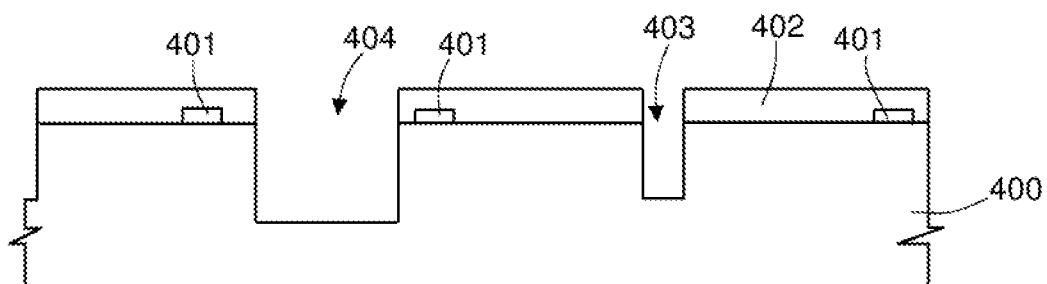


Fig.3B

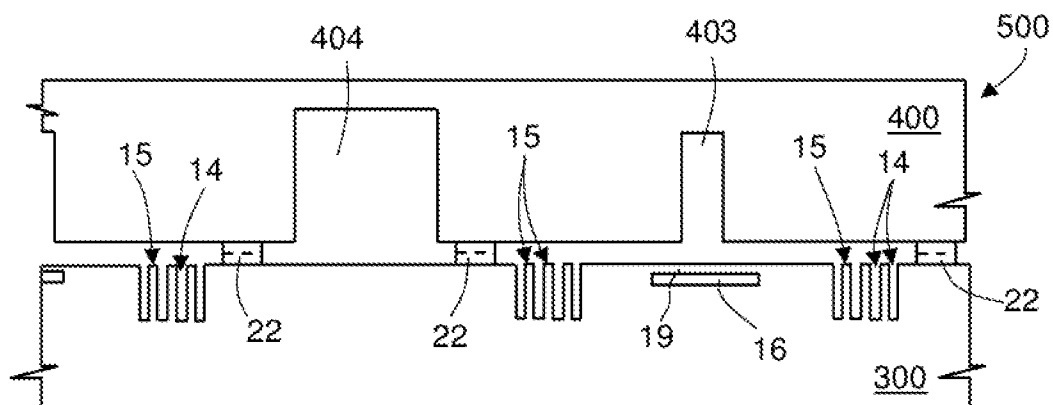


Fig.3C

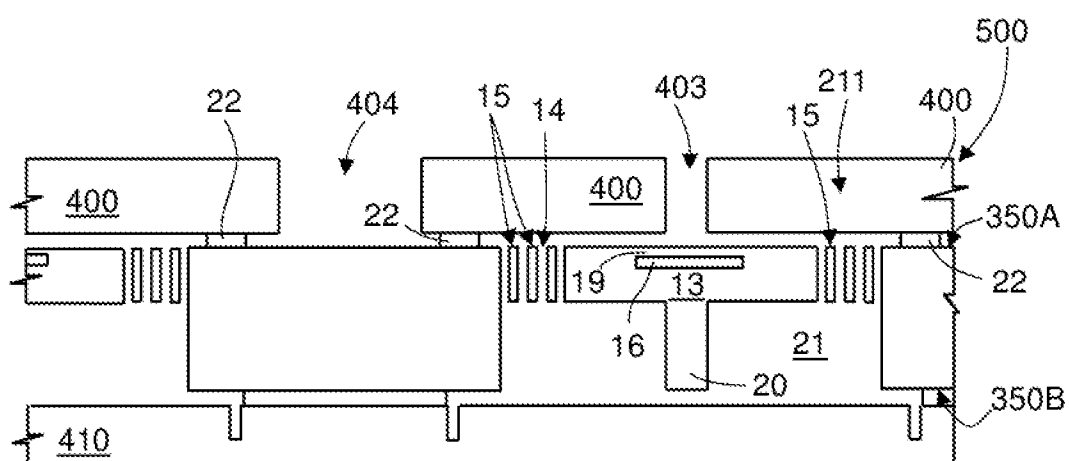


Fig.3D

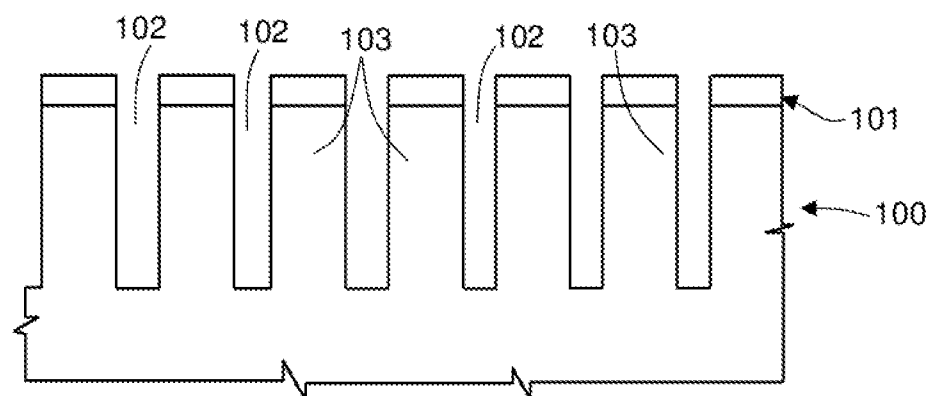


Fig. 4A

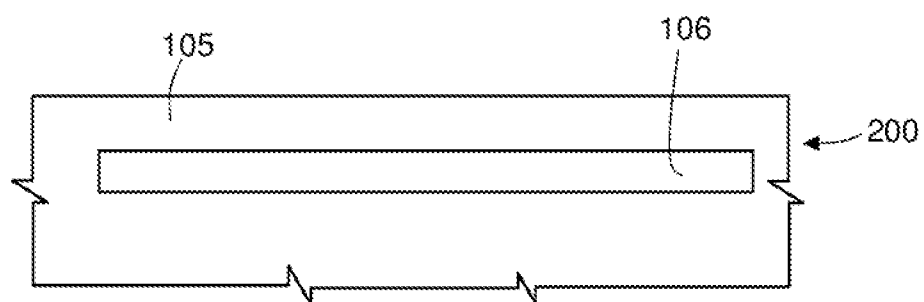


Fig. 4B

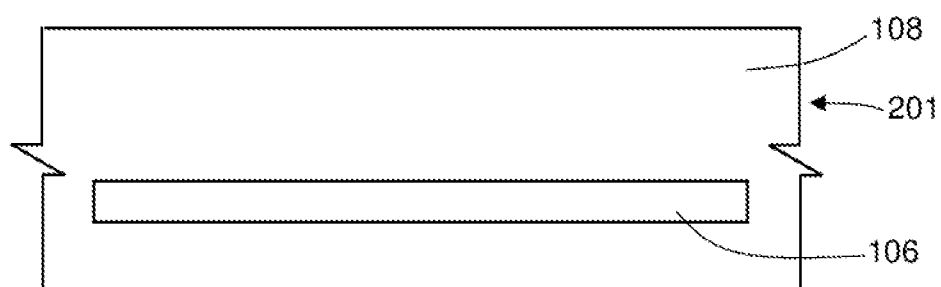


Fig. 4C

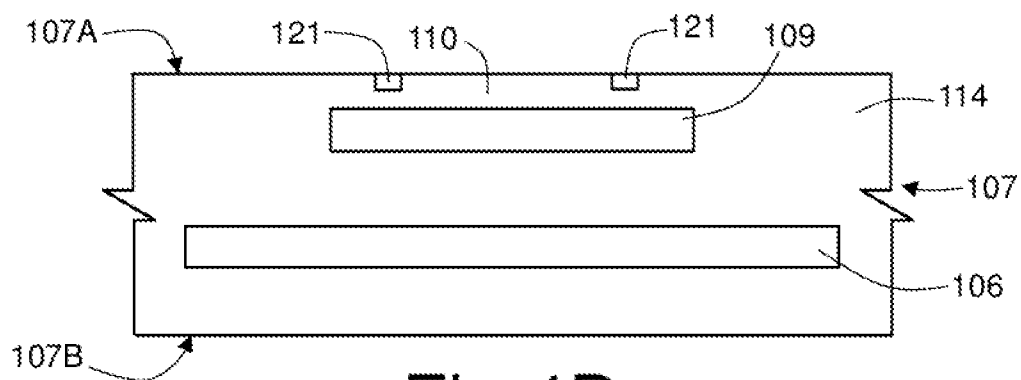


Fig. 4D

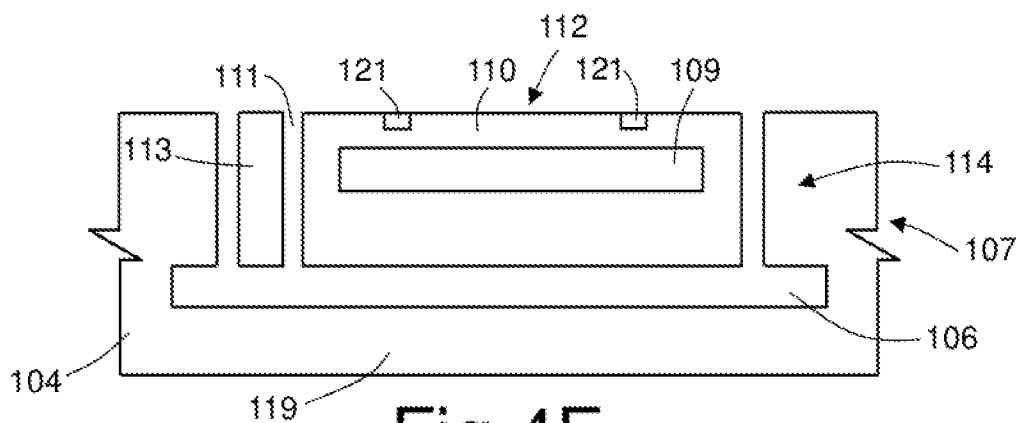


Fig. 4E

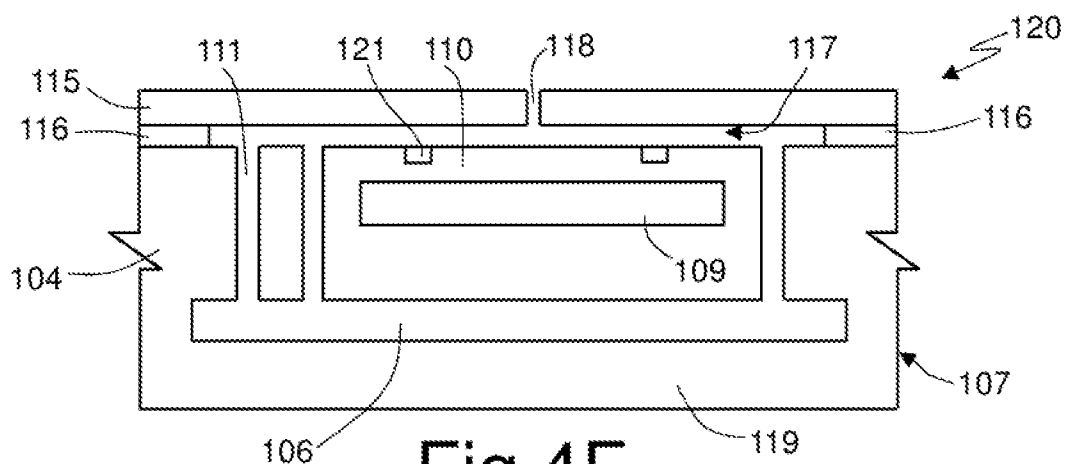


Fig. 4F

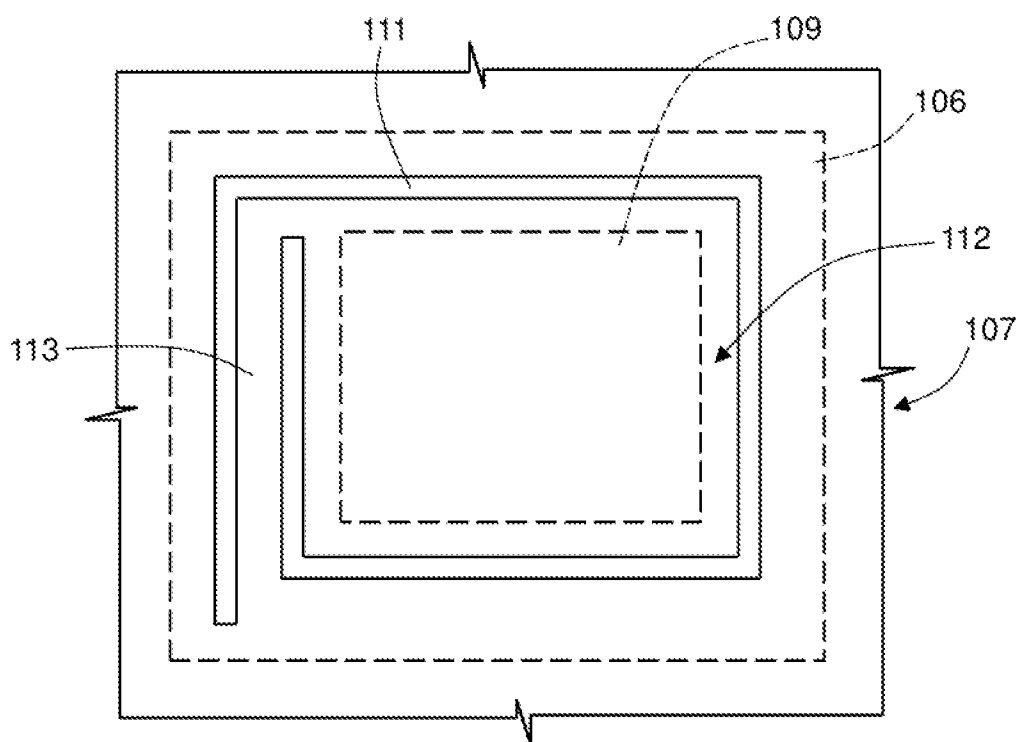
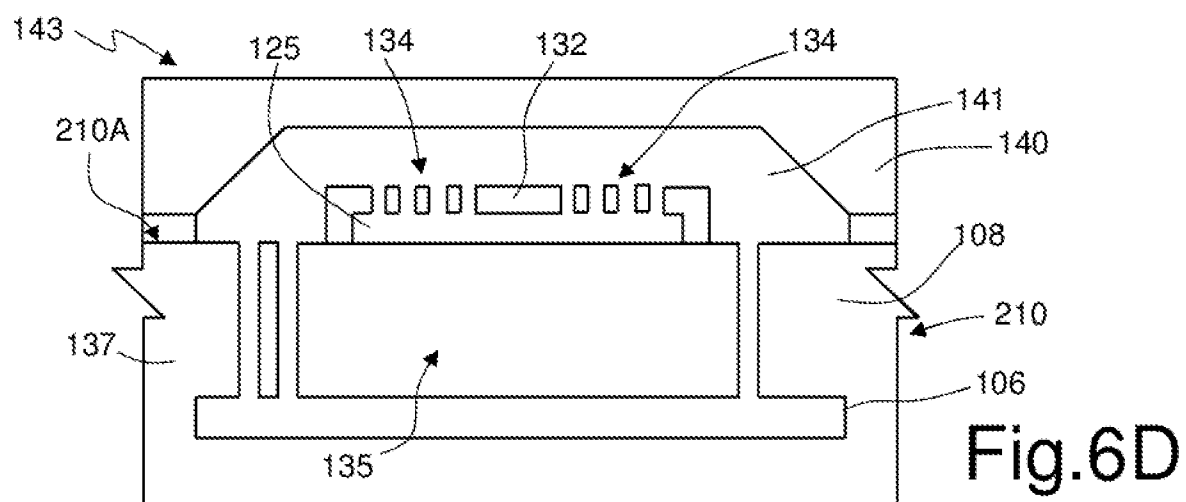
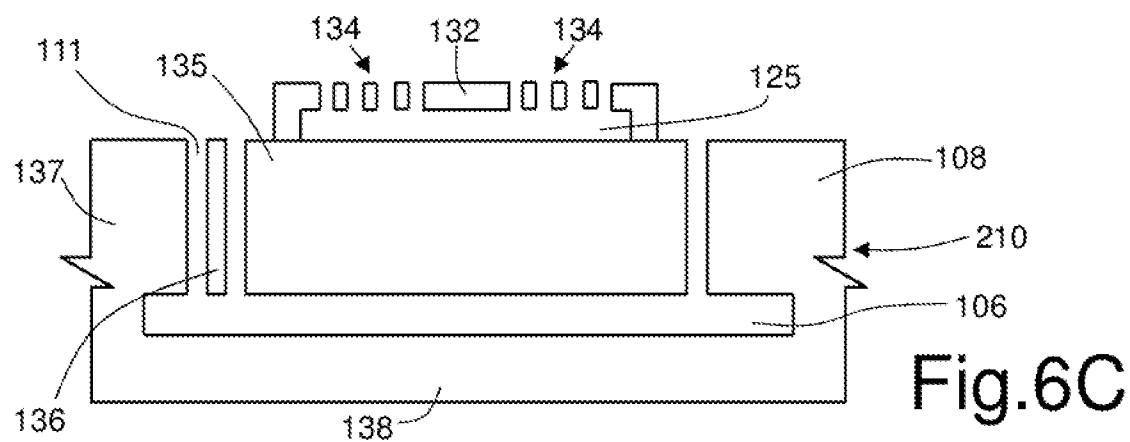
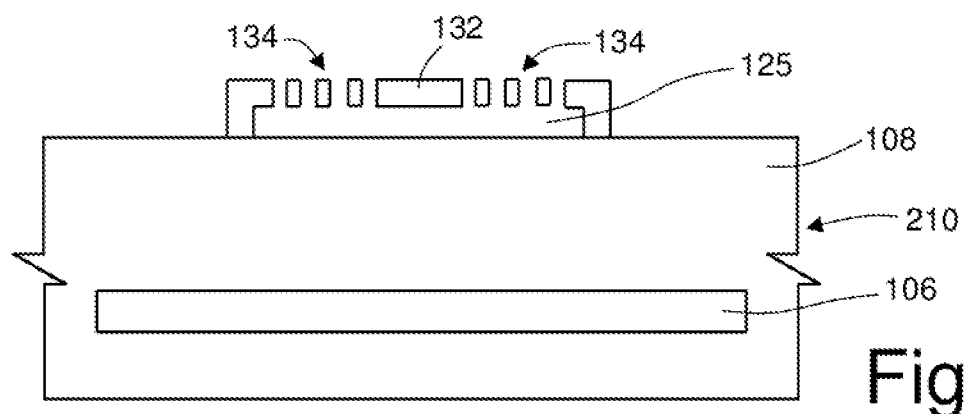
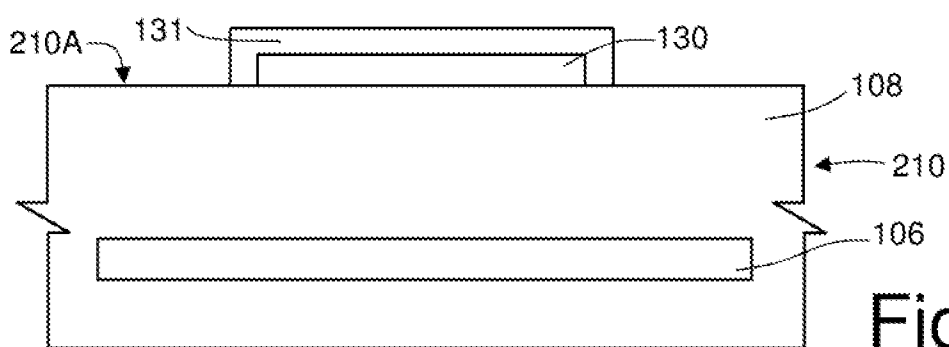


Fig. 5



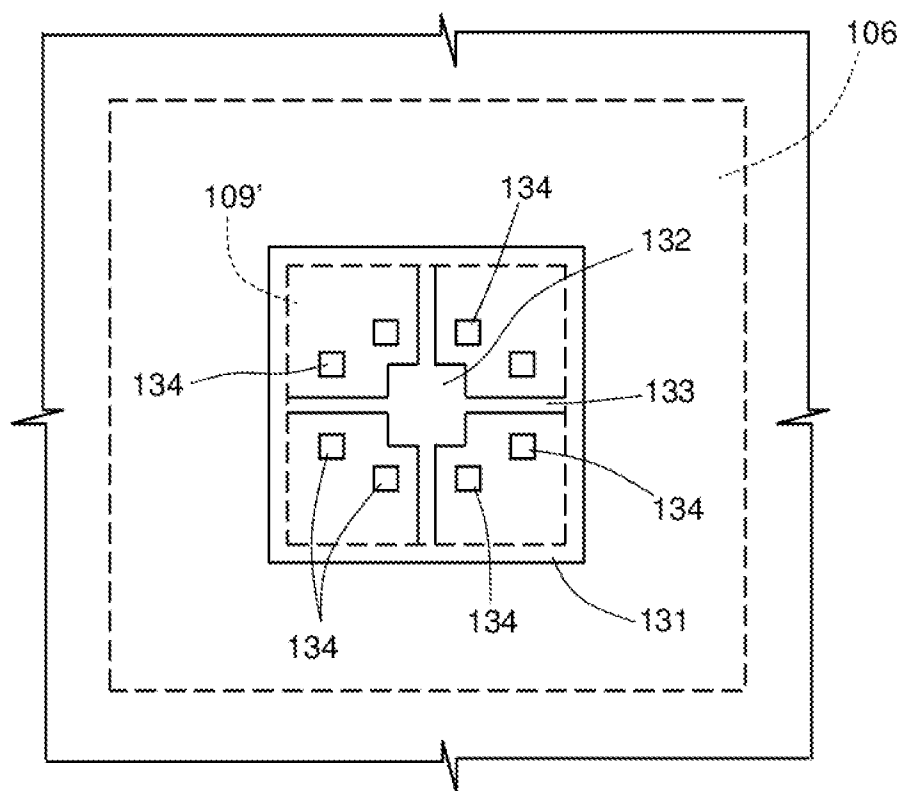


Fig. 7

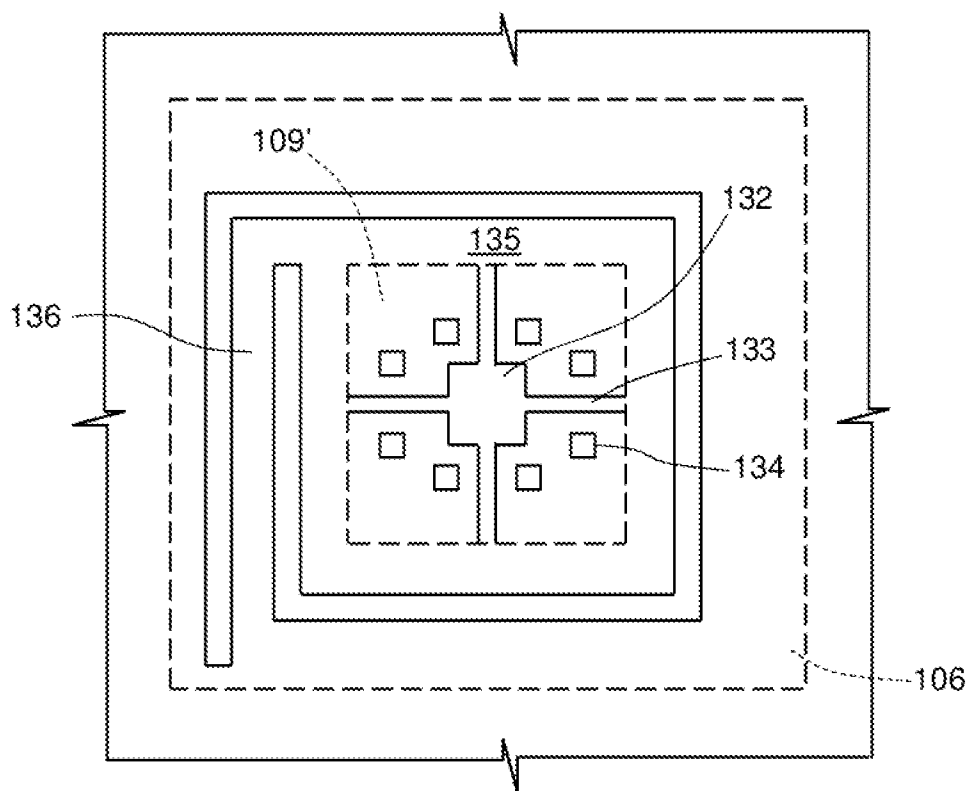


Fig. 8

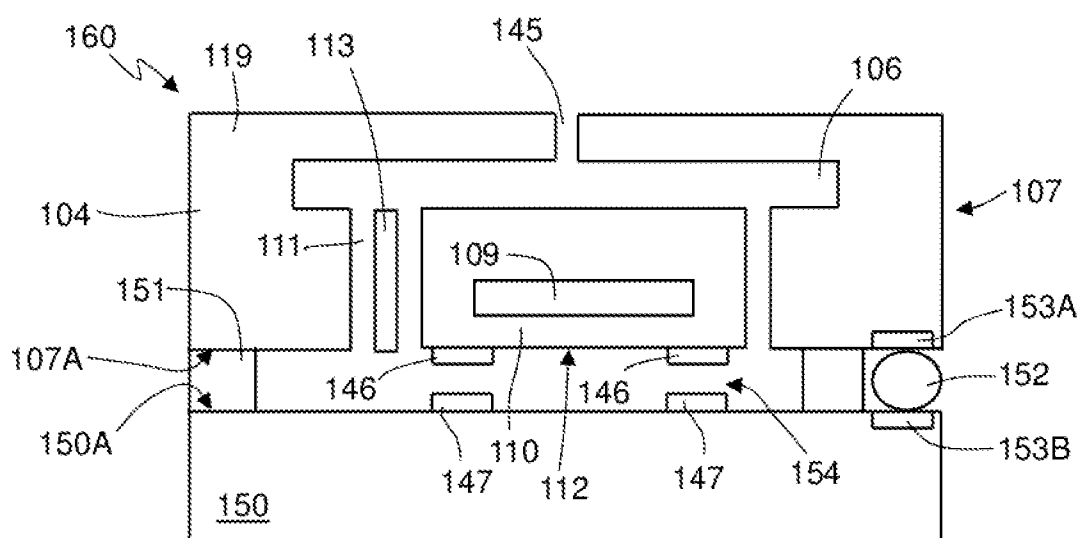


Fig.9

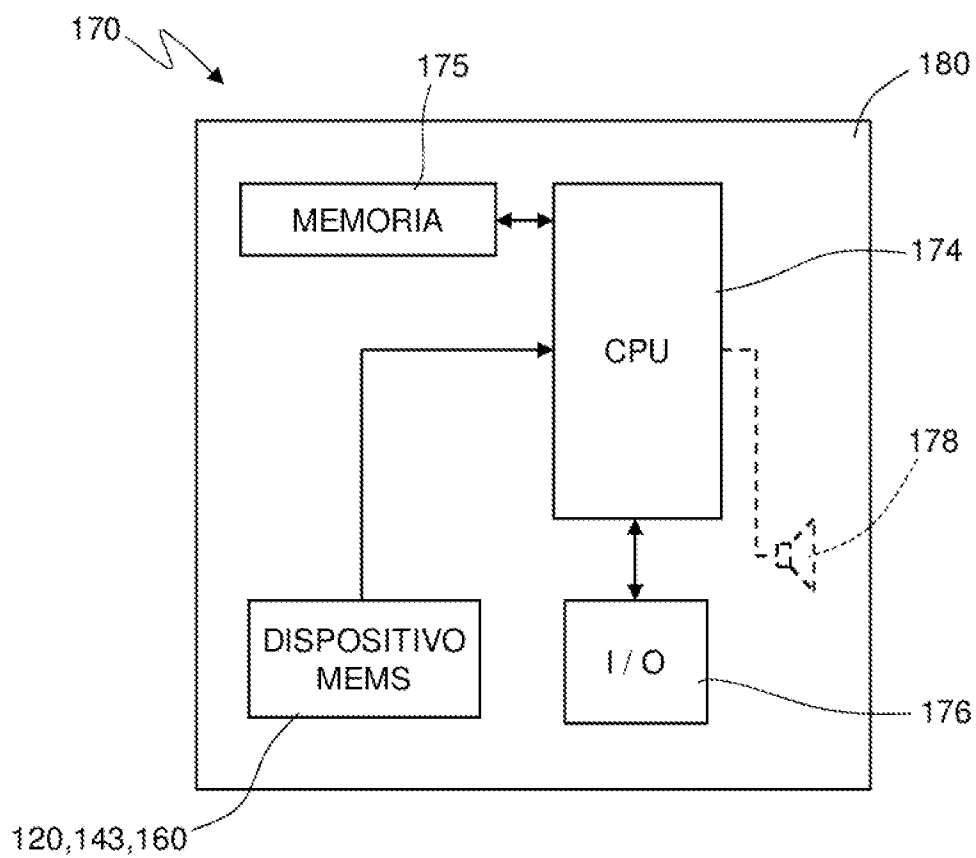


Fig.10