



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102008901663760
Data Deposito	30/09/2008
Data Pubblicazione	30/03/2010

Classifiche IPC

Titolo

DISPOSITIVO MICROELETTROMECCANICO PROVVISIO DI UNA STRUTTURA ANTIADESIONE E RELATIVO METODO DI ANTIADESIONE
--

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"DISPOSITIVO MICROELETTROMECCANICO PROVVISIO DI UNA
STRUTTURA ANTIADESIONE E RELATIVO METODO DI ANTIADESIONE"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MI)

Inventori: CAZZANIGA Gabriele, CORONATO Luca

* * *

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo microelettromeccanico provvisto di una struttura antiadesione e al relativo metodo di antiadesione.

Come noto, un dispositivo microelettromeccanico (MEMS) è costituito da una o più strutture mobili realizzate su un substrato e spesso provviste di un attuatore e di una guida che ne regolano il movimento. In generale, ci sono tre tipologie di attuatori: una prima tipologia consente il movimento lungo una direzione parallela al substrato, una seconda tipologia consente il movimento in una direzione perpendicolare al substrato, mentre una terza consente un movimento di tipo rotatorio all'interno di un intervallo di angoli specifico.

Un difetto rilevante, che si verifica in condizioni

particolari nei dispositivi MEMS considerati, è l'adesione ("stiction") delle strutture mobili ad un elemento fisso ad esse adiacente, o direttamente al substrato. Risulta chiaro che tale fenomeno può comportare conseguenze serie, fino a rendere inoperativi i sistemi MEMS che ne sono affetti, in modo non prevedibile.

Il fenomeno dell'adesione, in sistemi MEMS, è generato dalle forze di superficie che si esercitano tra le superfici di due corpi che vengono in contatto. Naturalmente, più ampia è la zona di contatto, maggiore è la forza di interazione tra le superfici. Inoltre, ulteriori fattori che intervengono nel fenomeno dell'adesione, sono, tra gli altri, la rugosità delle superfici, la loro usura, il livello di umidità e la temperatura dell'ambiente in cui le strutture microelettromeccaniche operano.

Le tecniche attualmente utilizzate per la riduzione dei fenomeni di adesione in strutture MEMS sono basate sulla riduzione delle superfici di contatto e su livelli di umidità ridotti, creando condizioni sfavorevoli al verificarsi di fenomeni di adesione.

Tuttavia, durante l'uso, strutture MEMS di tipo mobile possono venire a contatto con ulteriori strutture MEMS di tipo fisso circostanti, ad esempio involontariamente a causa di shock. Contatti continuativi tra strutture MEMS

possono essere causa di un degrado progressivo sia della superficie di contatto delle strutture mobili che della superficie di contatto delle strutture fisse circostanti. La formazione di particelle di materiale che si genera in seguito ai continui urti tra le superfici è essa stessa un'ulteriore causa di adesione. Capita pertanto, in questi casi, che le strutture mobili aderiscano alle strutture fisse, compromettendo le loro funzionalità.

Scopo della presente invenzione è fornire un dispositivo microelettromeccanico e relativo metodo che superi gli inconvenienti dell'arte nota.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un dispositivo microelettromeccanico provvisto di una struttura antiadesione e relativo metodo di antiadesione come definito 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 1A-1C mostrano un modello meccanico di un dispositivo MEMS provvisto di una struttura antiadesione secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, in tre fasi operative;

- la figura 2 mostra un modello meccanico di un dispositivo MEMS provvisto di una struttura antiadesione

secondo un'altra forma di realizzazione della presente invenzione;

- la figura 3 mostra un modello meccanico di un dispositivo MEMS provvisto di una struttura antiadesione secondo un'ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione;

- le figure 4A-4C mostrano viste dall'alto semplificate di una possibile implementazione del dispositivo MEMS delle figure 1A-1C, nelle stesse tre fasi operative;

- la figura 5 mostra una vista prospettica semplificata di una possibile implementazione del dispositivo MEMS di figura 2;

- le figure 6A-6C mostrano viste laterali del dispositivo MEMS di figura 5 durante successive fasi operative;

- la figura 7 mostra una vista prospettica semplificata di una differente implementazione del dispositivo MEMS di figura 2; e

- la figura 8 mostra uno schema a blocchi di massima di un apparecchio elettronico incorporante il dispositivo MEMS descritto.

Le figure 1A-1C mostrano, schematicamente, un modello meccanico di una struttura antiadesione 1 per un dispositivo microelettromeccanico (MEMS), in seguito

definito semplicemente come dispositivo 100, durante tre fasi operative.

In dettaglio, il dispositivo 100 è schematizzato nelle sue componenti principali e comprende un primo elemento strutturale; un secondo elemento strutturale; una struttura elastica di supporto disposta fra il primo e il secondo elemento strutturale e consentente un movimento reciproco fra di essi; una struttura antiadesione, ed una struttura di arresto collegate al primo o al secondo elemento strutturale. In particolare, il primo elemento strutturale è formato qui da una massa mobile 10, il secondo elemento strutturale è formato qui da una struttura portante 6, la struttura elastica di supporto comprende una pluralità di molle di sospensione 12, la struttura antiadesione comprende almeno un elemento flessibile 2 e la struttura di arresto comprende un elemento di stop 5.

Le molle di sospensione 12 (una sola mostrata) hanno la funzione di consentire il movimento della massa mobile 10 solo in direzioni prefissate. Nell'esempio delle figure 1A-1C, le molle di sospensione 12, che presentano costante elastica K_{sm} , consentono il movimento della massa mobile 10 solo lungo una direzione u .

L'elemento flessibile 2 è ancorato alla struttura portante 6 e dotato di una porzione di appoggio 3. In particolare, l'elemento flessibile 2 è di tipo elastico,

con costante elastica K_f maggiore di quella della molla di sospensione 12, ad esempio pari ad 10-1000 volte.

L'elemento di stop 5 è formato da una struttura rigida, ad esempio da una sporgenza della struttura portante 6, ed ha la funzione di limitare i movimenti della massa mobile 10 e della/e relativa/e molla/e di sospensione 12 ed evitare così rotture indesiderate. L'elemento di stop 5 è ancorato alla struttura portante 6 e dotato di una superficie di battuta 7.

La struttura portante 6 può essere, ad esempio, un substrato su cui la struttura antiadesione 1 è realizzata, un elemento intermedio fra il substrato e la massa mobile 10 o qualunque altro elemento strutturale. Inoltre, l'elemento flessibile 2, l'elemento di stop 5 e la massa mobile 10 possono essere portati da porzioni differenti della struttura portante 6.

In condizioni di riposo, la massa mobile 10 è disposta a distanza dall'elemento flessibile 2 e dall'elemento di stop 5.

La figura 1A mostra il dispositivo 100 in condizioni di riposo, ovvero in assenza di forze esterne F_u agenti lungo la direzione u sulla massa mobile 10 ($F_u=0$). In tale condizione, si supponga che la massa mobile 10 sia disposta ad una prima distanza l_1 dall'elemento flessibile 2 e ad una seconda distanza l_2 dall'elemento di stop 5, con

$l_1 < l_2$.

Quando una forza esterna $F_u > 0$ agisce lungo la direzione u sulla massa mobile 10, quest'ultima subisce una traslazione con conseguente riduzione delle distanze l_1 e l_2 . In questa fase, l'elemento flessibile 2 non interviene, e quindi non modifica le caratteristiche di rigidezza e quindi di sensibilità della struttura, impostate in fase di progetto dimensionando opportunamente gli elementi del dispositivo e in particolare le molle di sospensione 12.

Quando la massa mobile 10 si sposta di una distanza superiore a l_1 ma minore di l_2 (figura 1B), essa viene inizialmente a contatto con la porzione di appoggio 3 dell'elemento flessibile 2, quindi provoca la flessione dell'elemento flessibile 2 stesso, che genera una forza frenante che si oppone all'ulteriore movimento della massa mobile 10. Poiché l'elemento flessibile 2 è elastico, nell'urto le superfici a contatto della massa mobile 10 e dell'elemento flessibile 2 non si degradano, o comunque si degradano in modo notevolmente ridotto rispetto a quanto accadrebbe nel caso di urto diretto con un elemento rigido, con costante di elasticità molto bassa, ad esempio con l'elemento di stop 5.

Anche se la forza esterna F_u è sufficientemente elevata da portare la massa mobile 10 in contatto con l'elemento di stop 5 (figura 1C), a causa della forza

frenante, l'impatto risulta notevolmente ridotto, riducendo quindi di conseguenza il degrado della massa mobile 10 e dell'elemento di stop 5.

Può comunque accadere che, in seguito ad un utilizzo intenso del dispositivo 100, le superfici di contatto della massa mobile 10 e dell'elemento di stop 5 si usurino, con la conseguente formazione di un deposito di particelle di materiale e la generazione di fenomeni di adesione. In pratica, nasce una forza di adesione F_{ad} .

Tuttavia, l'elemento flessibile 2 esercita sulla massa mobile 10 una forza repulsiva F_r di segno opposto rispetto alla forza di adesione F_{ad} . Inoltre, anche la molla di sospensione 12 esercita una forza F_{sm} che è di segno opposto alla forza di adesione F_{ad} .

La forza repulsiva F_{rep} totale è pertanto data dalla seguente formula:

$$F_{rep} = K_{sm} \Delta_2 + K_f (\Delta_2 - \Delta_1).$$

Quando la forza esterna F_u viene rimossa dalla massa mobile 10, le forze agenti sulla massa mobile 10 sono la forza repulsiva F_{rep} e la forza di adesione F_{ad} . Dimensionando opportunamente il dispositivo 100, è possibile far sì che la forza repulsiva F_{rep} sia sempre maggiore della forza di adesione F_{ad} , in modo da garantire sempre la separazione della massa mobile 10 dall'elemento di stop 5.

La figura 2 mostra una differente forma di realizzazione della struttura antiadesione 1.

In questo caso, l'elemento flessibile 2 è disposto solidale alla massa mobile 10, mentre la porzione di appoggio 3 ha la funzione di punto di contatto con la struttura portante 6. In questo caso, l_1 rappresenta la distanza fra la porzione di appoggio 3 e la struttura portante 6, ma il funzionamento è del tutto analogo a quello descritto in precedenza.

In figura 3, l'elemento di arresto 5 è formato sulla massa mobile 10 e la superficie di battuta 7 ha la funzione di punto di contatto con la struttura portante 6; per il resto, la struttura è uguale a quella di figura 2.

Le figure 4A-4C mostrano, in vista dall'alto, una possibile implementazione della struttura antiadesione 1 delle figure 1A-1C, ad esempio applicata al giroscopio microelettromeccanico descritto nella domanda di brevetto EP-A-1 1677 073 (brevetto US 7,258,008), nel quale la struttura portante 6 comprende un substrato (di cui è visibile solo una superficie 6a) ed un'intelaiatura 6b di forma rettangolare, e la massa mobile 10 è sospesa al di sopra della superficie 6a tramite molle elastiche 12 portate dall'intelaiatura 6b.

In particolare, le figure 4A-4C mostrano tre successive condizioni operative della struttura

antiadesione 1, corrispondenti rispettivamente alle figure 1A-1C. Secondo questa implementazione, l'elemento flessibile 2 è realizzato mediante un elemento a trave ("beam"), ad esempio di silicio mono- o policristallino, avente un'estremità ancorata alla struttura portante 6 e la porzione di appoggio 3 libera di muoversi in un piano xy. L'elemento di stop 5 è formato da una sporgenza della struttura portante 6 estendentesi verso la massa mobile 10.

La massa mobile 10 è tipicamente disposta nello stesso piano xy dell'intelaiatura 6b ed è mobile nel piano xy, idealmente lungo la direzione y.

In condizioni di riposo, quando una forza esterna F_y agente sulla massa mobile 10 è pari a zero (figura 4A), la massa mobile 10 è disposta a distanza dall'elemento flessibile 2 e dall'elemento di stop 5, e, di conseguenza, l'elemento flessibile 2 è a riposo.

Quando una forza esterna F_y diversa da zero agisce sulla massa mobile 2, la molla di sospensione 12 si flette e la massa mobile 10 giunge in contatto con l'elemento flessibile 2, ma, in un primo momento, non con l'elemento di stop 5 (figura 4B). Se la forza è sufficientemente elevata, la massa mobile 10 nel suo movimento genera una flessione dell'elemento flessibile 2 e giunge in contatto con l'elemento di stop 5, che ne arresta il moto (figura 4C). Come già spiegato, l'elemento flessibile 2 genera in

questa fase una forza repulsiva F_{rep} che si oppone all'ulteriore movimento della massa mobile, riducendone la velocità di impatto contro l'elemento di stop 5.

Non appena la forza esterna F_y termina, la forza repulsiva F_{rep} generata dall'elemento flessibile 2 coopera con la forza generata dalla molla di sospensione 12 per riportare la massa mobile 10 nello stato di riposo, superando la forza di adesione F_{ad} e quindi evitando l'adesione della massa mobile 10 all'elemento di stop 5.

La figura 5 mostra un'ulteriore forma di realizzazione di una struttura antiadesione 1, preferibilmente utilizzabile con una massa mobile 10 che si muove perpendicolarmente o con movimento rotatorio rispetto alla struttura portante 6, formata qui da un substrato.

Qui, l'elemento flessibile 2, con forma allungata, è fissato alla massa mobile 10 e precisamente è circondato dalla massa mobile 10 stessa, da cui è separato mediante una trincea 23, ottenuta mediante tecniche di micromachining di tipo noto.

In dettaglio, la trincea 23 ha forma a T, con una prima porzione 23a estendentesi trasversalmente e da un lato liberamente oscillabile della massa mobile 10 e con una seconda porzione 23b estendentesi trasversalmente alla prima porzione 23a. L'elemento flessibile 2 si estende lungo la prima porzione 23a della trincea 23 ed è collegato

alla massa mobile 10 tramite una seconda molla torsionale 22 estendentesi lungo la seconda porzione 23b della trincea 23.

L'elemento flessibile 2 presenta una porzione sporgente formata qui da una protuberanza ("bump") 20 estendentesi da un'estremità libera 2a dell'elemento flessibile 2, trasversalmente al piano della massa mobile 10, verso il substrato 6. In pratica, la protuberanza 20 può essere costituita da una porzione dell'elemento flessibile 2 avente uno spessore maggiore rispetto alla massa mobile 10.

La massa mobile 10 è disposta a distanza dal substrato 6 ed è sostenuta mediante prime molle torsionali 26 che ne consentono un movimento rotatorio attorno ad un asse di rotazione 21.

In condizione di riposo (figura 6A), quando nessuna forza esterna agisce sulla massa mobile 10 ($F_z=0$), la massa mobile 10 si trova sostanzialmente parallela al substrato 6.

In presenza di una forza F_z elevata, la massa mobile 10 ruota intorno all'asse di rotazione 21 fino a portare la protuberanza 20 in contatto con il substrato 6 (figura 6B).

Per forze esterne F_z sufficientemente elevate, l'elemento flessibile 2 si flette, generando una forza frenante sulla massa mobile 10, fino a quando la massa

mobile 10 va a contatto diretto con il substrato 6 (figura 6C). Più precisamente, solo uno spigolo 25 della massa mobile 10 va in contatto con il substrato 6; in questo caso, la superficie del substrato 6 affacciata allo spigolo 25 costituisce l'elemento di stop 5.

L'impatto fra la massa mobile 10 e il substrato 6 è ridotto grazie all'azione dell'elemento flessibile 2, che riduce la possibilità di danneggiamento e/o usura delle parti che vanno a contatto.

Anche in questo caso, l'utilizzo continuativo della struttura antiadesione 1 di figure 4 e 5 può causare l'usura dello spigolo 25 della massa mobile 10 e del substrato 6 che vengono in contatto tra loro, favorendo il verificarsi di fenomeni di adesione. Tuttavia, anche in questo caso, l'elemento flessibile 2 genera una forza repulsiva F_{rep} che contribuisce a riportare la massa mobile 10 nella posizione mostrata in figura 6A.

La figura 7 mostra una forma di realizzazione alternativa dell'elemento flessibile 2 utilizzabile con una massa mobile 10 del tipo mostrato nelle figure 5 e 6A-6C.

Secondo questa forma di realizzazione, l'elemento flessibile 2 presenta una porzione sporgente 2b estendentesi in prolungamento dell'elemento flessibile 2 stesso, oltre il perimetro della massa mobile 10, ed essendo quindi integrale all'elemento flessibile 2. In

pratica, l'elemento flessibile 2 possiede una lunghezza totale d tale da consentirgli di sporgere oltre lo spigolo 25. In questo modo, durante la rotazione attorno all'asse di rotazione 21, la porzione sporgente 2b dell'elemento flessibile 2 viene in contatto con il substrato 6 prima dello spigolo 25, comportandosi in modo sostanzialmente analogo alla protuberanza 20 di figura 5.

Pertanto, la struttura antiadesione 1 descritta permette di migliorare il comportamento di un generico dispositivo 100 rispetto al fenomeno dell'adesione, limitando la forza di contatto tra due corpi mobili uno rispetto all'altro, in particolare fra una massa mobile ed un elemento portante, durante l'utilizzo del dispositivo 100 o a causa di shock accidentali non desiderati. In questo modo viene notevolmente ridotta l'usura delle superfici che vengono in contatto, e la conseguente adesione.

Risulta infine chiaro che alla struttura antiadesione 1 qui descritta ed illustrata possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione.

Ad esempio, possono essere presenti più strutture antiadesione 1 per una singola massa mobile 10, disposte a lati opposti della massa mobile 10, ad esempio in modo simmetrico. In questo modo, poiché la massa mobile 10 può

muoversi in versi opposti lungo la stessa direzione (nel piano della struttura portante 6 o perpendicolarmente ad essa) ovvero oscillare in senso opposto, si riduce il fenomeno dell'adesione per entrambi i versi di movimento.

Analogamente, nell'esempio di realizzazione della figura 5, è possibile prevedere protuberanze 20 estendentisi dal lato superiore dell'elemento flessibile 2, in modo da ridurre l'adesione della massa mobile 10 in entrambi i sensi di rotazione orario e antiorario, qualora ciò si rendesse necessario.

Inoltre, la struttura portante 6 può essere un qualunque elemento fisso o mobile, rispetto al quale si muove la massa mobile 10 e rispetto al quale si desidera ridurre l'adesione della massa mobile 10.

La massa mobile 10 può essere realizzata nello stesso strato strutturale dell'elemento flessibile 2, come mostrato, oppure in uno differente strato strutturale.

L'elemento di stop 5 può essere realizzato sull'elemento strutturale 6 e/o sulla massa mobile 10 e la massa mobile 10 può fare parte di dispositivi MEMS di diverso tipo, quali accelerometri, giroscopi, sensori, micromotori, e simili.

Ad esempio, il dispositivo 100 risulta particolarmente vantaggioso per l'utilizzo in un apparecchio elettronico 200 (figura 8), di tipo portatile, ad esempio un telefono

cellulare, un PDA, un computer palmare o portatile, un riproduttore audio digitale, un telecomando, una video- o fotocamera, ecc. comprendente un dispositivo microelettromeccanico 100 del tipo descritto precedentemente; un circuito di polarizzazione 222, atto a fornire grandezze elettriche di polarizzazione al dispositivo microelettromeccanico 100 (in modo di per sé noto e per questo non descritto in dettaglio); un circuito di interfaccia 224, atto ad interfacciarsi con il dispositivo microelettromeccanico 100 per la lettura di una o più grandezze elettriche ad esso associate (in modo di per sé noto e per questo non descritto in dettaglio); ed un'unità di controllo a microprocessore 225, collegata al circuito di interfaccia 224, ed atta a sovrintendere al funzionamento generale dell'apparecchio elettronico 200.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo microelettromeccanico (100)

comprendente:

un primo elemento strutturale (6);

un secondo elemento strutturale (10) mobile rispetto a detto primo elemento strutturale (6);

una struttura elastica di supporto (12), estendentesi fra detto primo e secondo elemento strutturale (6) e atta a consentire un movimento reciproco fra detti primo e secondo elemento strutturale;

caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre:

una struttura antiadesione (1) includente almeno un elemento flessibile (2) solidale solo al primo elemento strutturale (6) e, in condizione di riposo, disposto ad una prima distanza (l_1) dal secondo elemento strutturale (10), detta struttura antiadesione (1) essendo atta a generare una forza repulsiva (F_{rep}) fra il primo e il secondo elemento strutturale in caso di movimento reciproco di una quantità maggiore di detta prima distanza (l_1).

2. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo la rivendicazione 1, in cui il primo elemento strutturale è costituito da una massa mobile e il secondo elemento strutturale è costituito da una struttura portante o viceversa.

3. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo la

rivendicazione 1 o 2, comprendente inoltre un elemento di arresto (5), di tipo sostanzialmente rigido, solidale solo ad uno fra detti primo e secondo elemento strutturale (6, 10) e, in condizione di riposo di detto dispositivo, detto elemento di arresto (5) essendo disposto ad una seconda distanza (l_2) da un altro fra detti primo e secondo elemento strutturale, detta seconda distanza (l_2) essendo maggiore di detta prima distanza (l_1), ed essendo atto a limitare il movimento reciproco fra detti primo e secondo elemento strutturale (10, 6).

4. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo la rivendicazione 3, in cui detto elemento di arresto (5) è distinto da detto elemento flessibile (2) e direttamente affacciato ad una porzione di battuta di detto altro fra detti primo e secondo elemento strutturale.

5. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-4, in cui detta struttura portante comprende un substrato (6), detta massa mobile essendo sospesa al di sopra di una superficie (6a) di detto substrato e muovendosi lungo una direzione (y) parallela a detta superficie (6a) di detto substrato (6), in cui detto elemento flessibile (2) presenta forma allungata estendentesi trasversalmente a detta direzione ed è dotato di una estremità (2a) formante una superficie di appoggio (3) affacciata ad una porzione di detto primo elemento

strutturale.

6. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-4, in cui detta struttura portante comprende un substrato (6), detta massa mobile (10) essendo sospesa al di sopra di una superficie (6a) di detto substrato ed essendo mobile lungo una direzione perpendicolare rispetto a detta superficie (6a) di detto substrato (6) o rotatoria rispetto a detta superficie, detto elemento flessibile (2) avendo forma allungata presentante una prima estremità solidale a detta massa mobile e una seconda estremità (2a) dotata di una porzione sporgente (20) affacciata e posta a detta prima distanza (l_1) da detta superficie.

7. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo la rivendicazione 6, in cui detta massa mobile (10) presenta una trincea (23) affacciata ad un lato della massa mobile stessa e detto elemento flessibile (2) si estende all'interno di detta trincea.

8. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui detta porzione sporgente comprende una protuberanza (20) estendentesi trasversalmente a detta superficie.

9. Dispositivo microelettromeccanico (100) secondo la rivendicazione 7, in cui detta porzione sporgente (20) si estende in prolungamento dell'elemento flessibile (2),

oltre detto lato della massa mobile 10.

10. Metodo di azionamento di un dispositivo microelettromeccanico (100) comprendente:

un primo elemento strutturale (6);

un secondo elemento strutturale (10) mobile rispetto a detto primo elemento strutturale (6);

una struttura elastica di supporto (12), estendentesi fra detto primo e secondo elemento strutturale (6) e atta a consentire un movimento reciproco fra detti primo e secondo elemento strutturale;

almeno un elemento flessibile (2) solidale solo al primo elemento strutturale

il metodo comprendendo le fasi di:

disporre l'elemento flessibile (2) in una condizione di riposo ad una prima distanza (l_1) dal secondo elemento strutturale,

generare, tramite l'elemento flessibile, una forza repulsiva (F_{rep}) fra il primo e il secondo elemento strutturale in caso di movimento reciproco di una quantità maggiore di detta prima distanza.

11. Metodo secondo rivendicazione 10, in cui, durante detta fase di generare una forza repulsiva, detto elemento flessibile (2) subisce una flessione elastica causata dal contatto con detto secondo elemento strutturale (10).

12. Metodo secondo la rivendicazione 10 o 11, in cui

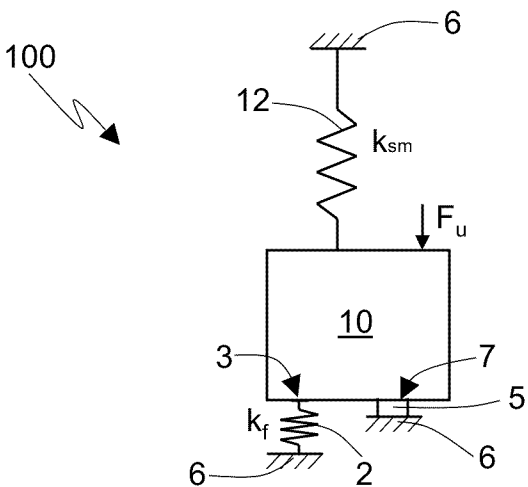
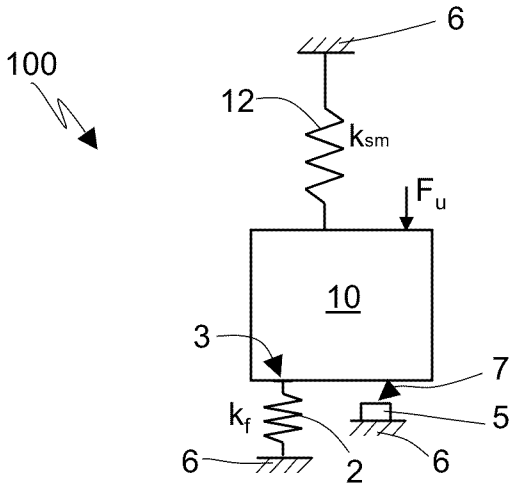
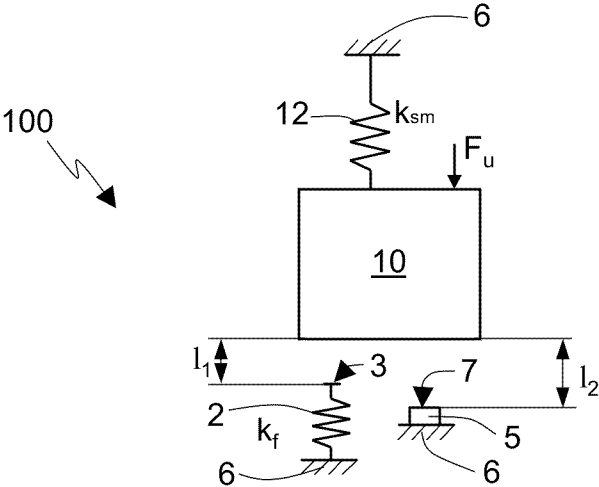
il dispositivo microelettromeccanico comprende inoltre un elemento di arresto (5), di tipo sostanzialmente rigido, solidale solo ad uno fra detti primo e secondo elemento strutturale, il metodo comprendendo le fasi di:

disporre, in condizione di riposo di detto dispositivo, detto elemento di arresto ad una seconda distanza (l_2) da un altro fra detti primo e secondo elemento strutturale, detta seconda distanza (l_2) essendo maggiore di detta prima distanza (l_1),

limitare il movimento reciproco fra detti primo e secondo elemento strutturale (10, 6) tramite l'elemento di arresto (5) quando il primo elemento strutturale si è spostato di una quantità pari a detta seconda distanza.

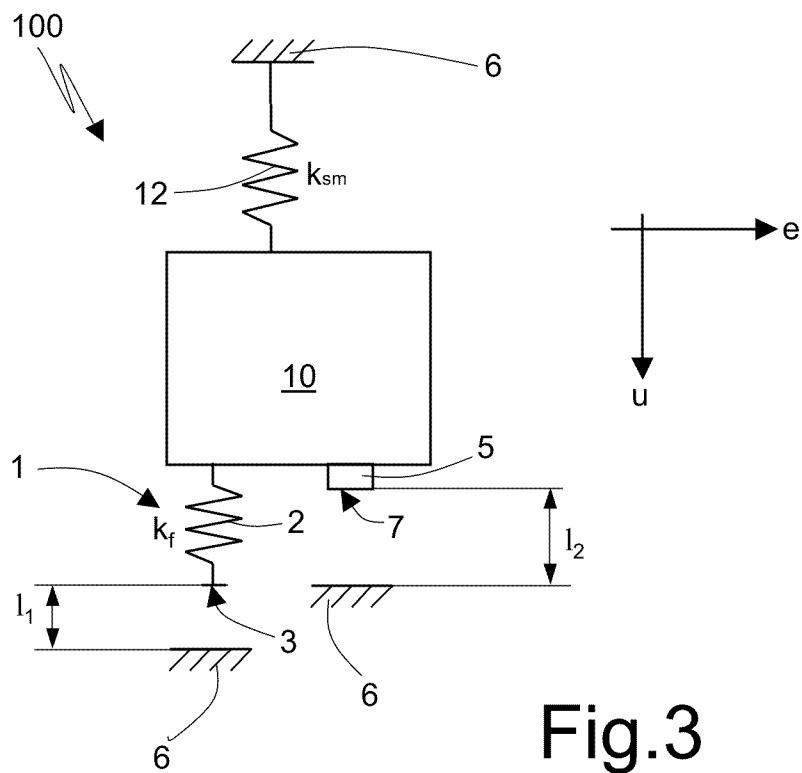
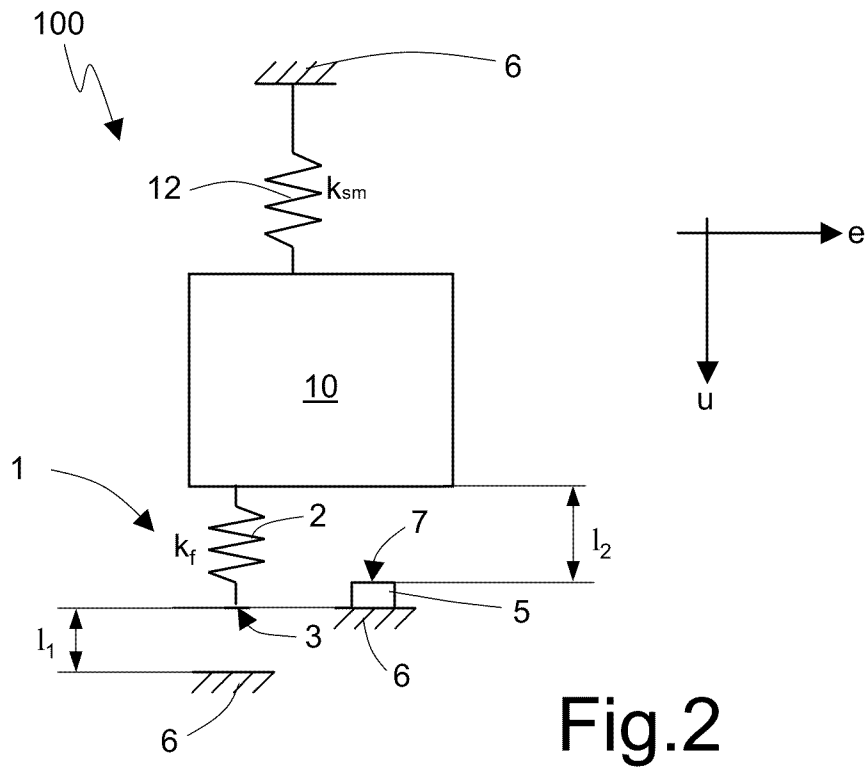
p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

Elena CERBARO



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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)



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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

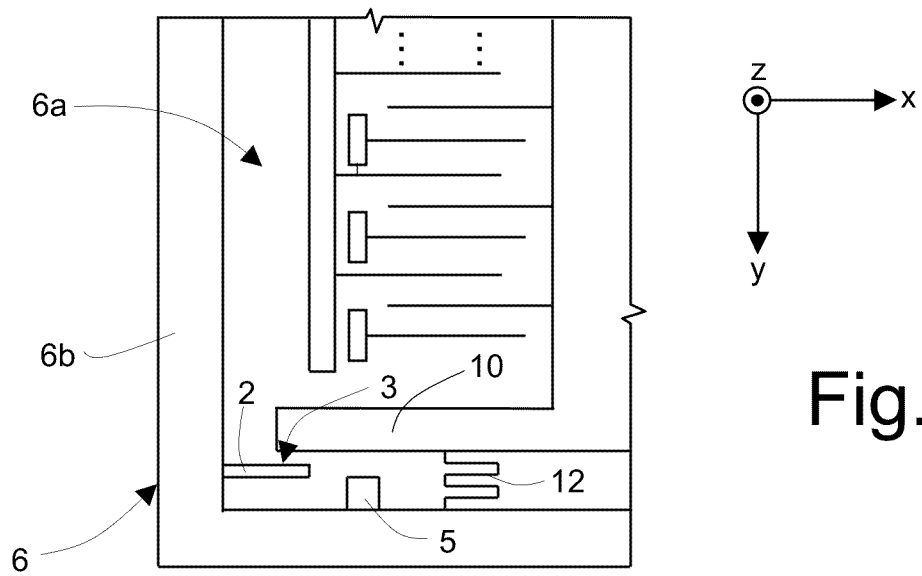


Fig.4a

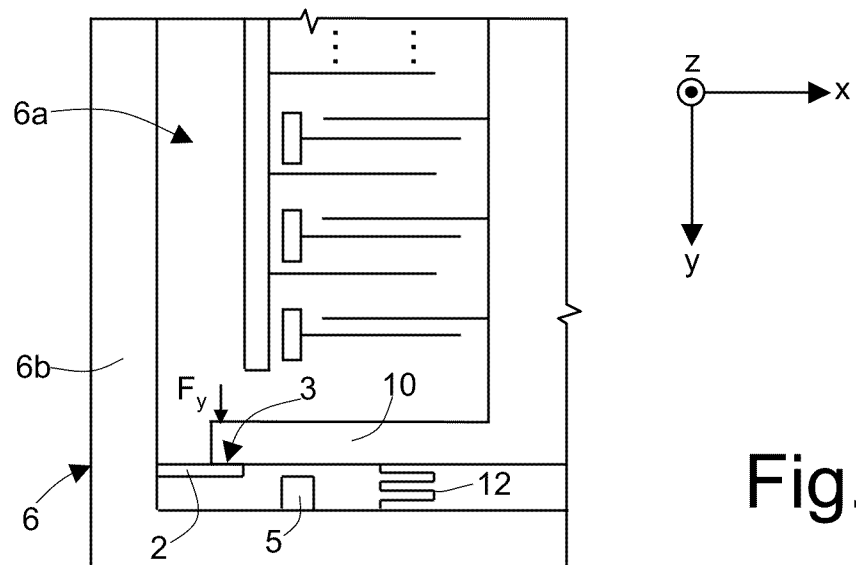


Fig.4b

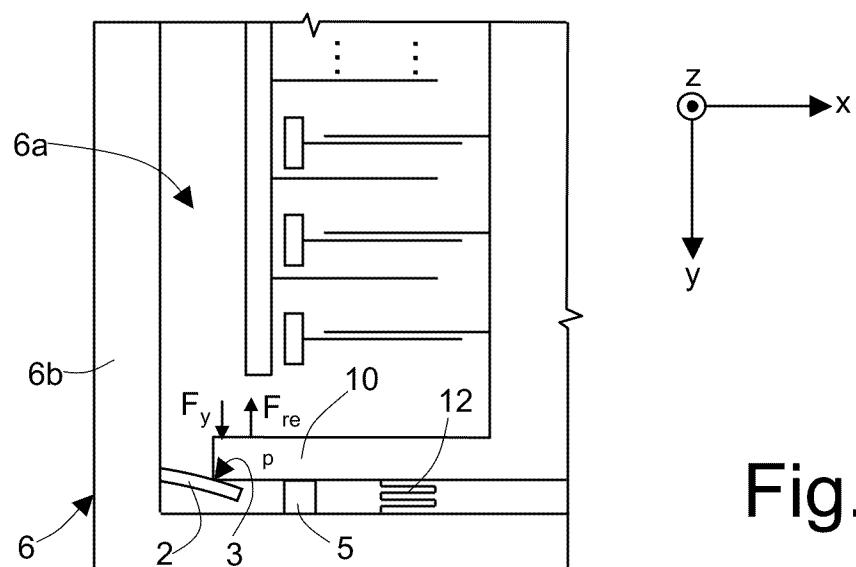


Fig.4c

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

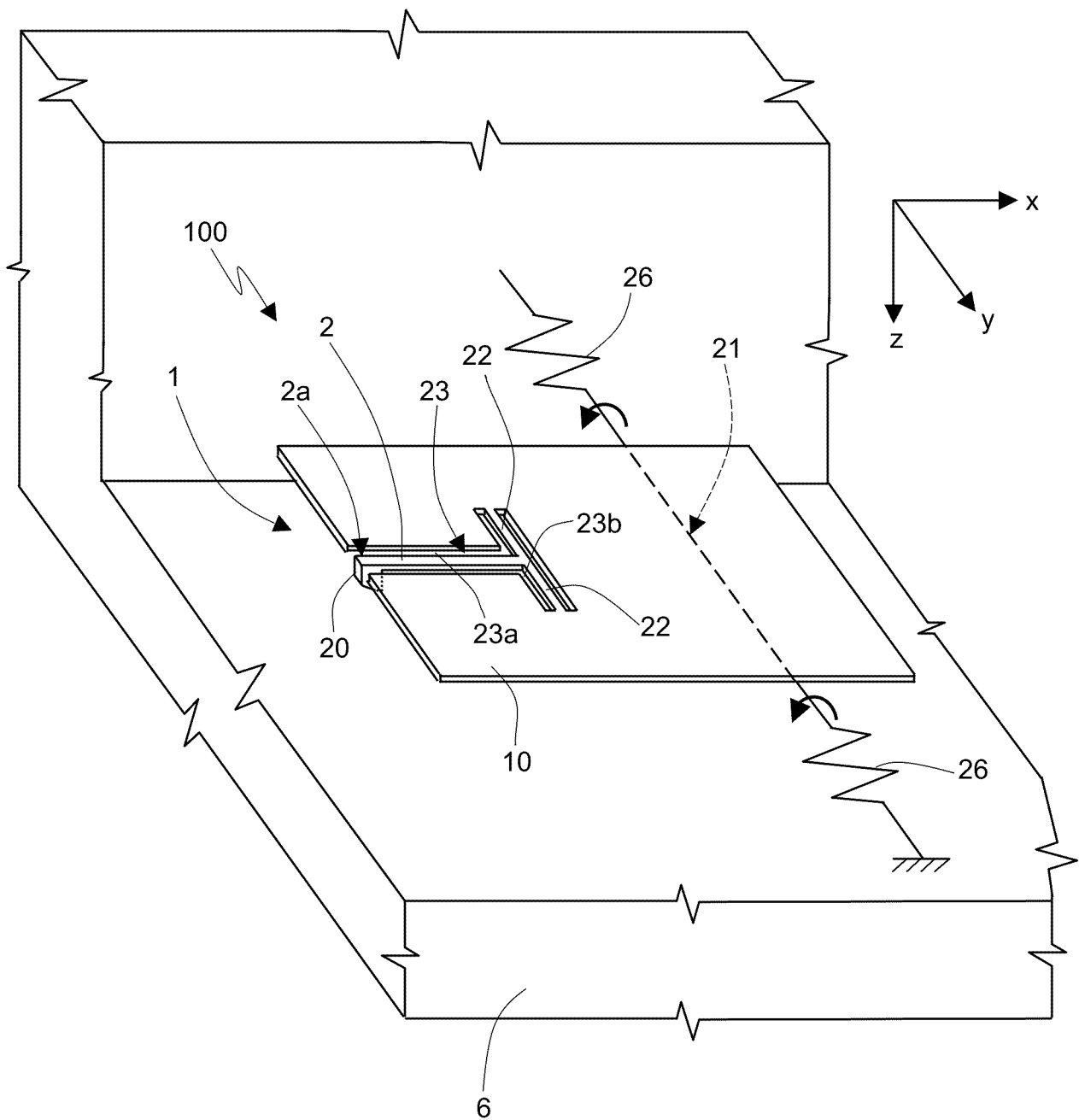


Fig.5

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

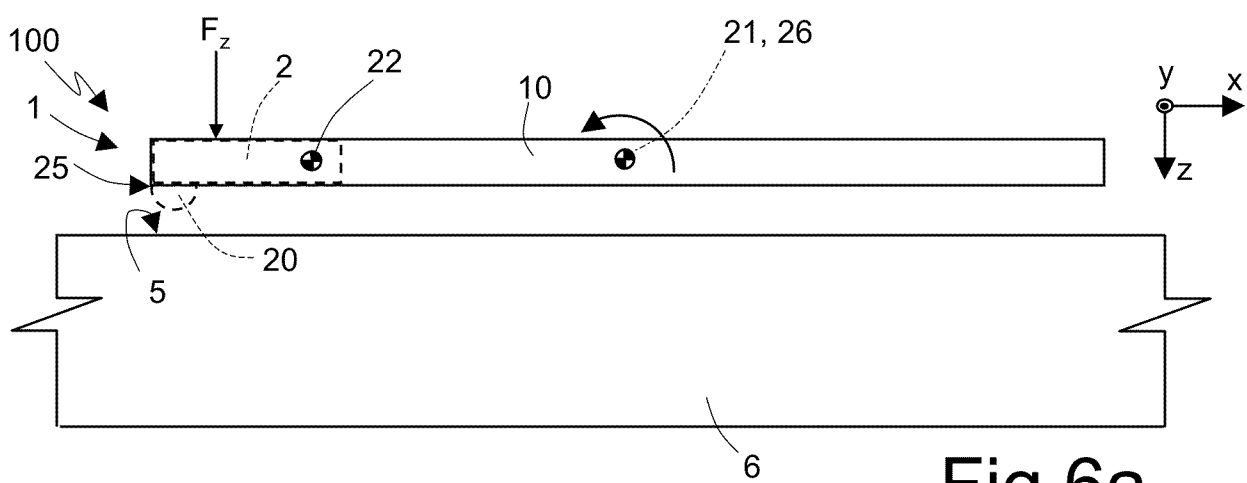


Fig.6a

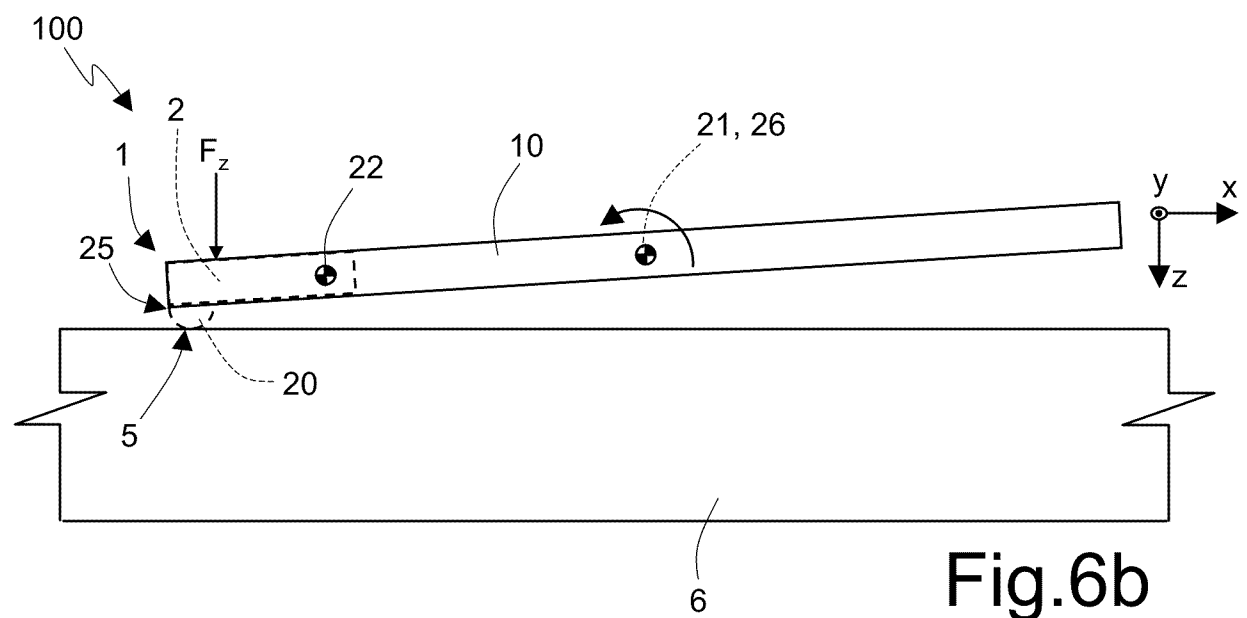


Fig.6b

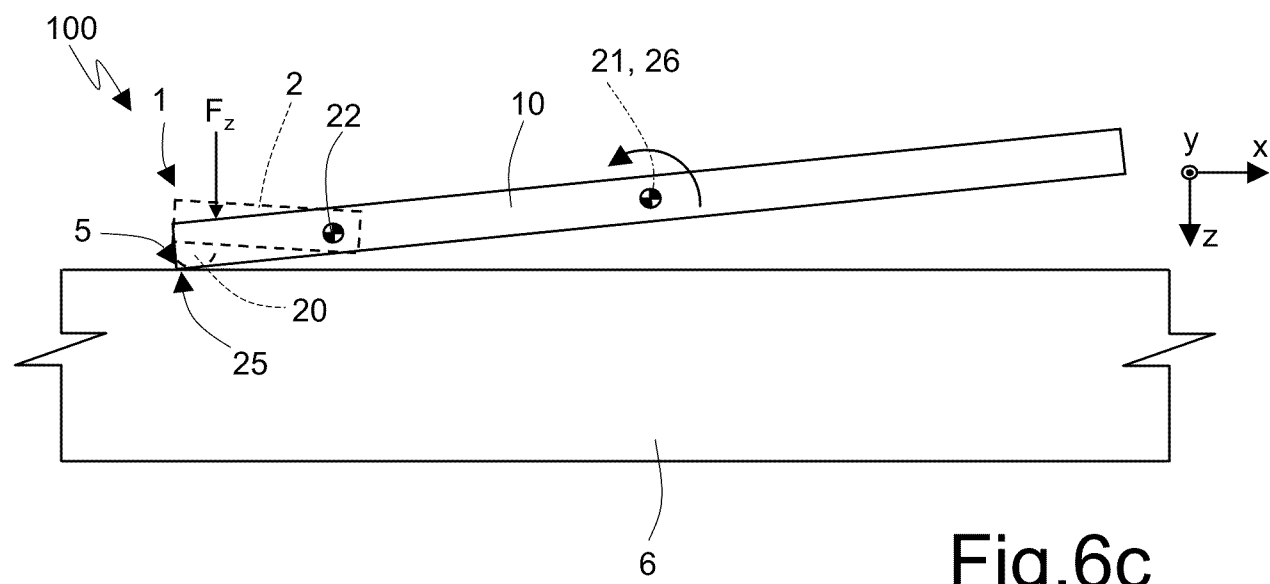


Fig.6c

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

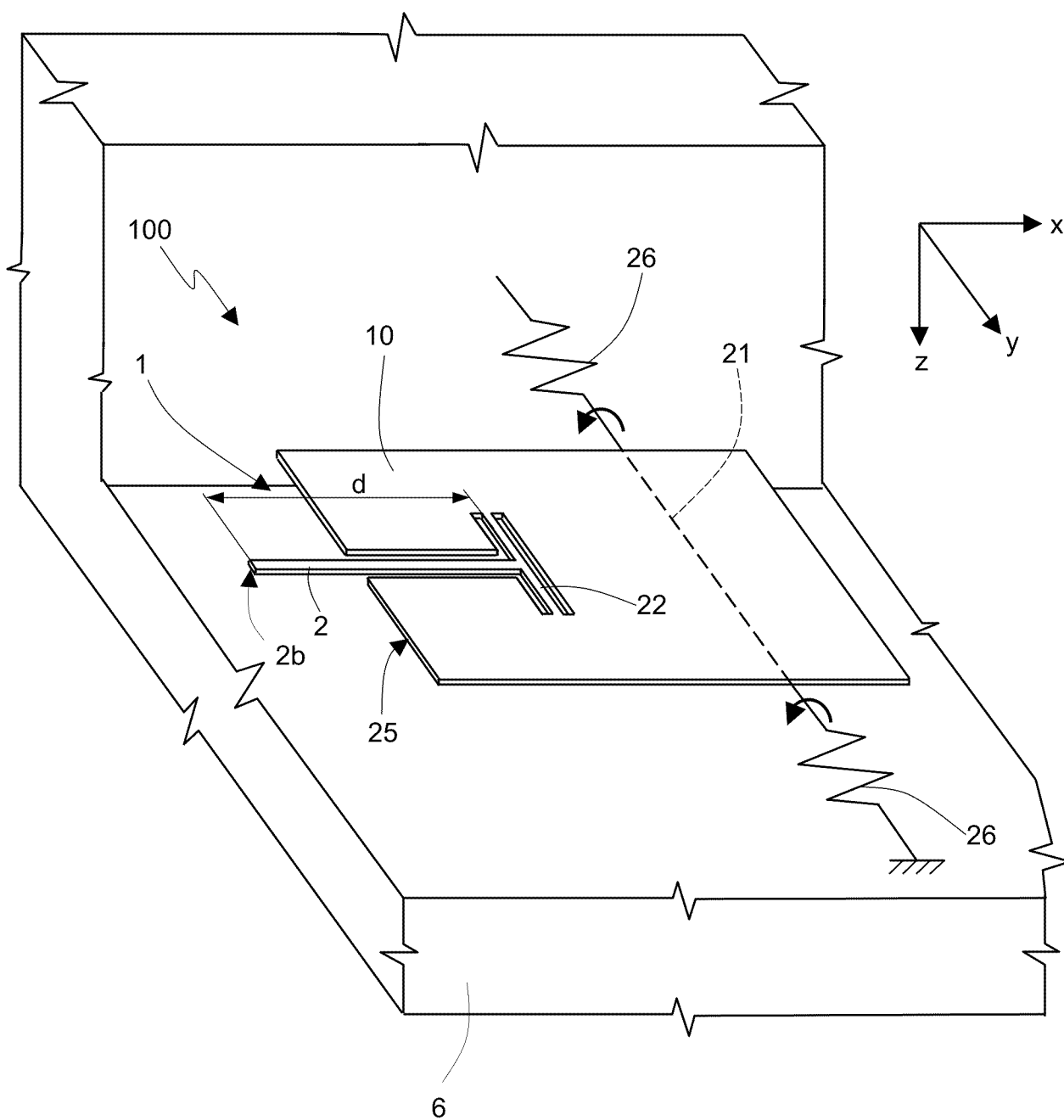


Fig.7

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

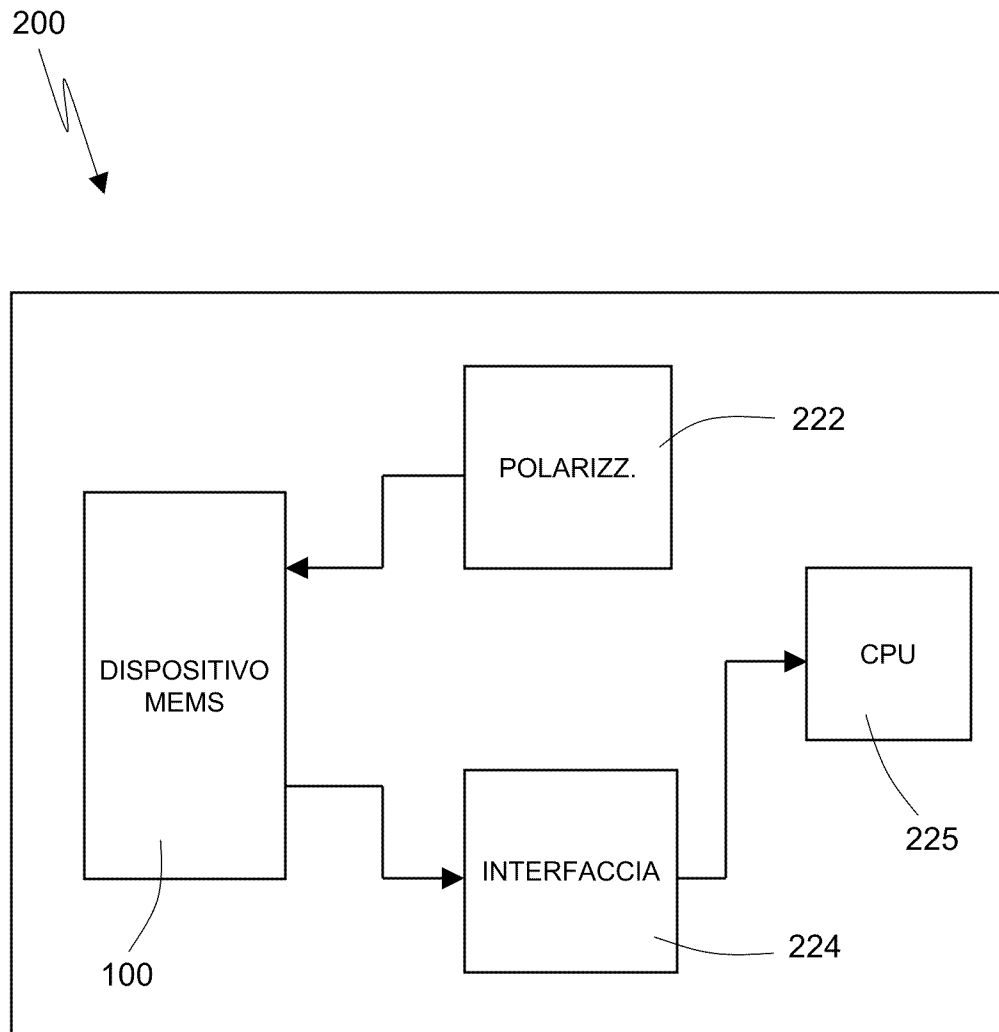


Fig.8

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)