



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000080884
Data Deposito	07/12/2015
Data Pubblicazione	07/06/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	B	26	08

Titolo

**DISPOSITIVO MICROMECCANICO DOTATO DI UNA STRUTTURA ORIENTABILE TRAMITE
ATTUAZIONE QUASI-STATICA DI TIPO PIEZOELETTRICO**

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"DISPOSITIVO MICROMECCANICO DOTATO DI UNA STRUTTURA ORIENTABILE TRAMITE ATTUAZIONE QUASI-STATICA DI TIPO PIEZOELETTRICO"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

Inventori: GIUSTI Domenico, CARMINATI Roberto, MERLI Massimiliano

* * *

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo micromeccanico dotato di una struttura orientabile tramite attuazione quasi-statica di tipo piezoelettrico. In particolare, in seguito si farà riferimento ad un microspecchio realizzato in tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical System), senza per questo perdere di generalità.

Sono note dispositivi micromeccanici aventi una struttura a specchio realizzata con la tecnologia dei materiali semiconduttori.

Tali dispositivi micromeccanici vengono utilizzati in apparecchi portatili, quali ad esempio computer portatili, laptop, notebook (compresi i notebook ultra-sottili), PDA, tablet, telefoni cellulari smartphone, per applicazioni

ottiche, in particolare per indirizzare con modalità desiderate fasci di radiazioni luminose generati da una sorgente di luce.

Grazie alle ridotte dimensioni, tali dispositivi consentono di rispettare requisiti stringenti per quanto riguarda l'occupazione di spazio, in termini di area e spessore.

Ad esempio, dispositivi micromeccanici a specchio vengono utilizzati in moduli proiettori miniaturizzati (cosiddetti picoproiettori), in grado di proiettare a distanza immagini o di generare pattern di luce desiderati.

In abbinamento ad un modulo di cattura di immagini, un modulo proiettore di questo genere consente ad esempio la realizzazione di una foto- o video-camera tridimensionale (3D) per la formazione di immagini tridimensionali.

I dispositivi micromeccanici a specchio includono generalmente un elemento a specchio sospeso su una cavità e realizzato a partire da un corpo di materiale semiconduttore in modo tale da risultare mobile, ad esempio con movimento di inclinazione o rotazione, per indirizzare in maniera desiderata il fascio luminoso incidente.

Ad esempio, la figura 1 mostra schematicamente un picoproiettore 9 comprendente una sorgente luminosa 1, tipicamente una sorgente laser, generante un fascio di luce 2 composto da tre fasci monocromatici, uno per ogni colore

base che, attraverso un'ottica 3 mostrata solo schematicamente, viene deflesso da un elemento a specchio 5 verso uno schermo 6. Nell'esempio mostrato, l'elemento a specchio 5 è di tipo bidimensionale, comandato in modo da ruotare intorno ad un asse verticale A e ad un asse orizzontale B. La rotazione dell'elemento a specchio 5 intorno all'asse verticale A genera una scansione orizzontale rapida, come mostrato in figura 2. La rotazione dell'elemento a specchio 5 intorno all'asse orizzontale B, perpendicolare all'asse verticale A, genera una scansione verticale lenta, tipicamente a dente di sega.

Lo schema di scansione ottenuto è mostrato in figura 2 e indicato con 7.

La rotazione dell'elemento a specchio 5 viene comandata tramite un sistema di attuazione che, attualmente, è di tipo elettrostatico, magnetico o piezoelettrico.

Ad esempio, la figura 3 mostra un elemento a specchio 5 con attuazione puramente elettrostatica. Qui, una piastrina 10 comprende una piattaforma 11 sospesa su un substrato non visibile, avente una superficie riflettente non mostrata e supportata da un telaio sospeso 13 mediante una prima coppia di bracci 12 (prime molle di torsione). I primi bracci 12 si estendono da lati opposti della piattaforma 11 e definiscono l'asse di rotazione A

dell'elemento a specchio 5. Il telaio sospeso 13 è collegato con una porzione periferica fissa 15 della piastrina 10 tramite una seconda coppia di bracci 16 (seconde molle di torsione) che consentono la rotazione del telaio sospeso 13 e della piattaforma 11 intorno all'asse orizzontale B. I primi e i secondi bracci 12, 16 sono accoppiati a rispettivi gruppi di attuazione 18A, 18B di tipo elettrostatico. Ciascun gruppo di attuazione 18 A, 18B comprende qui primi elettrodi 19 affacciati ad rispettivi secondi elettrodi 20.

In dettaglio, i primi elettrodi 19 sono solidali ai rispettivi bracci 12, 16 e sono interdigitati rispetto ai secondi elettrodi 20 in modo da generare un accoppiamento capacitivo. Data la disposizione degli elettrodi 19, 20 di ciascun gruppo di attuazione 18A, 18B, la struttura di pilotaggio è anche definita "a pettine" ("comb drive structure").

Applicando opportune tensioni fra i primi elettrodi 19 e i secondi elettrodi 20, è possibile generare forze di attrazione/repulsione fra di essi e quindi provocare la rotazione dei primi elettrodi 19 rispetto ai secondi elettrodi 20 e la torsione dei bracci 12, 16 intorno ai rispettivi assi A, B. In questo modo, si ottiene la rotazione controllata della piattaforma 11 rispetto a tali assi A, B e quindi la scansione in direzione orizzontale e

in direzione verticale.

La rotazione dell'elemento a specchio 5 intorno all'asse verticale A che produce la scansione orizzontale avviene con un angolo generalmente di $\pm 12^\circ$ in modo risonante a 25 kHz e la rotazione dell'elemento a specchio 5 intorno all'asse orizzontale B che produce la scansione verticale avviene generalmente con un angolo di $\pm 8^\circ$ a 60 Hz, adatta alla velocità di frame dei segnali video. Come indicato, data la minore velocità della scansione verticale, essa può essere comandata in modo quasi-statico, non risonante.

E' stato già proposto di comandare il movimento di scansione intorno ad almeno l'asse orizzontale B in modo piezoelettrico. Ad esempio, nel dispositivo descritto in US 2011/292479 a nome Stanley Electric Co., Ltd., il telaio sospeso è collegato alla struttura fissa tramite elementi a molla aventi forma a serpentina costituita da una pluralità di bracci fra loro paralleli e affiancati reciprocamente. Ciascun braccio porta una banda piezoelettrica e bande piezoelettriche adiacenti vengono polarizzate con tensioni di polarità opposta (ad esempio, ± 20 V). Date le caratteristiche dei materiali piezoelettrici, tale polarizzazione provoca la deformazione in direzione opposta (verso l'alto e verso il basso) di bracci adiacenti e la rotazione del telaio e della piattaforma in una prima

direzione intorno all'asse orizzontale B. Applicando una polarizzazione opposta, si ottiene la rotazione del telaio e della piattaforma in una seconda direzione, opposta alla prima. La scansione verticale può essere quindi ottenuta applicando tensioni bipolari alternate ai bracci. Un analogo sistema di attuazione controlla qui anche la scansione orizzontale.

L'applicazione di tensioni bipolari alternate tuttavia riduce la vita operativa dell'elemento a specchio 5.

Scopo della presente invenzione è mettere a disposizione un dispositivo micromeccanico con attuazione di tipo piezoelettrico che superi gli inconvenienti della tecnica nota.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati un dispositivo micromeccanico e un relativo metodo di attuazione come definiti nelle rivendicazioni allegate.

Per una migliore comprensione della presente invenzione ne viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 è una rappresentazione schematica di un picoproiettore;
- la figura 2 mostra lo schema di proiezione di un'immagine generata dal picoproiettore di figura 1 su uno schermo;

- la figura 3 è una vista dall'alto di un dispositivo microelettronico a microspecchio con attuazione elettrostatica;

- la figura 4A è una vista dall'alto semplificata, con porzioni rimosse per chiarezza di esposizione, di una forma di realizzazione del presente dispositivo microelettronico a microspecchio;

- la figura 4B è una vista dall'alto del dispositivo microelettronico a microspecchio di figura 4A;

- la figura 4C è una sezione trasversale presa nel piano di sezione IV-IV di figura 4B;

- la figure 5 è una vista in sezione trasversale del dispositivo microelettronico a microspecchio delle figure 4A e 4B;

- la figura 6A mostra schematicamente in vista laterale la rotazione del presente dispositivo microelettronico a microspecchio in una prima fase di attuazione;

- la figura 6B mostra schematicamente in vista laterale la rotazione del presente dispositivo microelettronico a microspecchio in una seconda fase di attuazione;

- la figura 7 è una vista prospettica semplificata del presente dispositivo microelettronico nella prima fase di attuazione;

- la figura 8 è uno schema a blocchi di un pico-proiettore utilizzante il presente dispositivo microelettronico a microspecchio; e

- la figure 9 e 10 mostrano varianti di accoppiamento tra il pico-proiettore di figura 8 ed un apparecchio elettronico portatile.

Le figure 4A, 4B e 5 mostrano schematicamente un dispositivo microelettronico 50 dotato di una struttura orientabile 52 in grado di ruotare intorno ad un primo asse di rotazione B. Come visibile in figura 5, la struttura orientabile 52 è sospesa su una cavità 53, avente una superficie di fondo 53A, formata da una struttura fissa 51. La struttura fissa 51 si estende quindi al di sotto e lateralmente rispetto alla cavità 53. La struttura fissa 51 e la struttura orientabile 52 sono ottenute a partire da una piastrina di materiale semiconduttore, ad esempio silicio, usando tecniche note di lavorazione dei semiconduttori, quali scavo, crescita, deposizione e/o rimozione selettiva, in modo di per sé noto.

La struttura orientabile 52 ha qui forma quadrangolare, in particolare rettangolare, ed è supportata dalla struttura fissa 51 attraverso una struttura di supporto e attuazione 54. La struttura di supporto e attuazione 54 comprende un primo e un secondo elemento a molla 55 e 56 disposti lateralmente rispetto alla struttura

orientabile 52, in particolare su lati opposti di questa, intersecati dal primo asse di rotazione B.

Come evidente in particolare dalla figura 4A, gli elementi a molla 55, 56 hanno una forma a spirale e presentano ciascuno una prima estremità 60, risp. 61 e una seconda estremità 64, risp. 65. Le prime estremità 60, 61 degli elementi a molla 55, 56 sono interne alla forma a spirale e sono ancorate al fondo 53A della cavità 53 mediante elementi di ancoraggio 62, 63 estendentisi attraverso la cavità 53 stessa fra il fondo 53A di questa e la struttura orientabile 52, perpendicolarmente a questa (come visibile in figura 5). Le seconde estremità 64, 65 degli elementi a molla 55, 56 sono esterne alla forma a spirale e sono solidali alla struttura orientabile 52. Nell'esempio di realizzazione mostrato, le prime estremità 60, 61 e le seconde estremità 64, 65 degli elementi a molla 55, 56 sono disassati rispetto al primo asse di rotazione B, su uno stesso lato dello stesso.

Gli elementi a molla 55, 56 sono formati da una pluralità di primi bracci 70, risp. 71 e da una pluralità di secondi bracci 72, risp. 73 paralleli fra loro ed estendentesi trasversalmente, in particolare perpendicolarmente, rispetto al primo asse di rotazione B. Per ciascuno degli elementi a molla 55 e 56, i primi bracci 70 e 71 si trovano fra la struttura orientabile 52 e un

rispettivo piano mediano C, D degli elementi a molla 55, 56, perpendicolare al primo asse di rotazione B. I secondi bracci 72, 73 si estendono dalla parte opposta rispetto al rispettivo piano mediano C, D degli elementi a molla 55, 56.

Percorrendo la forma a spirale degli elementi a molla 55, 56 a partire dalla loro prima estremità 60, 61, il braccio più interno di ciascuna forma a spirale è formato da un secondo braccio 72, 73 (qui indicato con 72A, 73A) ancorato al rispettivo elemento di ancoraggio 62, 63.

Sempre percorrendo la forma a spirale degli elementi a molla 55, 56 a partire dalla loro prima estremità 60, 61, ciascun primo braccio 70, 71 è connesso ad un secondo braccio 72, 73 precedente (o al secondo braccio 72A, 73A) tramite una rispettiva prima porzione di molla 66, 67 estendentesi perpendicolarmente ai primi e secondi bracci 70-73, dalla parte opposta del primo asse di rotazione B rispetto al rispettivo elemento di ancoraggio 62 e 63.

Ancora percorrendo la forma a spirale degli elementi a molla 55, 56 a partire dalla loro prima estremità 60, 61, ciascun secondo braccio 72, 73 è connesso ad un primo braccio 70, 71 precedente tramite una rispettiva seconda porzione di molla 68, 69 estendentesi perpendicolarmente ai primi e secondi bracci 70-73, dalla stessa parte del primo asse di rotazione B rispetto al rispettivo elemento di

ancoraggio 62 e 63.

Infine, sempre percorrendo la forma a spirale degli elementi a molla 55, 56 a partire dalla loro prima estremità 60, 61, la struttura orientabile 52 è collegata agli elementi a molla 55, 56 attraverso un primo braccio 70A, 71A.

Come mostrato in figura 4B, ciascuno dei primi bracci 70, 71 porta una rispettiva prima banda piezoelettrica 74 di materiale piezoelettrico; similmente, ciascuno dei secondi bracci 72, 73 porta una rispettiva seconda banda piezoelettrica 75 di materiale piezoelettrico. Ad esempio, le bande piezoelettriche 74, 75 possono essere di una ceramica a base di titanato-zirconato di piombo (PZT).

Come mostrato in figura 4C, ciascuna banda piezoelettrica 74, 75 comprende una pila formata da un primo elettrodo 91, uno strato di materiale piezoelettrico 92 e un secondo elettrodo 93. Uno strato isolante 90 si estende fra la pila 91-93 e i bracci 70-73. Ciascuna banda piezoelettrica 74, 75 è quindi rappresentabile elettricamente come un condensatore, il cui primo elettrodo 91 è collegato a massa e il cui secondo elettrodo 92 è polarizzato nel modo sotto descritto.

Le prime bande piezoelettriche 74 sono collegate elettricamente ad un primo generatore di tensione 76 e le seconde bande piezoelettriche 75 sono collegate

elettricamente ad un secondo generatore di tensione 77 tramite connessioni metalliche mostrate solo schematicamente.

Come mostrato in figura 5, la struttura orientabile 52 è formata da una piattaforma orientabile 80 sospesa ad un telaio 81 attraverso due molle a torsione 82 in modo da poter ruotare intorno ad un secondo asse di rotazione A. La rotazione della piattaforma orientabile 80 può essere controllata tramite strutture di attuazione 83 di tipo noto, ad esempio di tipo elettrostatico, mostrate solo schematicamente. La piattaforma orientabile 80 porta una superficie riflettente 85, in modo di per sé noto.

Grazie alla forma a spirale descritta, in assenza di polarizzazione delle bande piezoelettriche 74, 75, gli elementi a molla 55, 56 e la struttura orientabile 52 sono complanari e giacciono in un piano di riposo E (figura 6A). Inoltre, data la struttura a spirale descritta, ciascun braccio 70-73 è virtualmente ancorato ad un braccio precedente della spirale e, quando viene polarizzata una rispettiva banda piezoelettrica 74, 75, può deformarsi in modo da sollevare la propria estremità collegata ad un braccio successivo della spirale. Di conseguenza, polarizzando alternativamente i primi e i secondi bracci 70-73, è possibile comandare la rotazione della struttura orientabile 52 in direzioni opposte, come spiegato in

dettaglio di seguito.

In uso, i generatori di tensione 76, 77 sono comandati in opposizione di fase. In particolare, in una prima fase, viene applicata una tensione di attuazione di, per esempio, 40 V alle prime bande piezoelettriche 74 mediante il primo generatore 76 e viene applicata una tensione di 0 V (massa) alle seconde bande piezoelettriche 75 mediante il secondo generatore 77. Come indicato sopra, in queste condizioni, nella prima fase i primi bracci 70, 71 si deformano e si incurvano, ruotando intorno al primo asse di rotazione B in modo tale da portare le loro estremità collegate ai secondi bracci 72, 73 successivi e le seconde porzioni di molla 68, 69 in posizione sollevata rispetto al piano di riposto E (figura 6A). In questo modo, la metà della struttura di attuazione 54 che si trova dalla stessa parte degli elementi di ancoraggio 62, 63 rispetto al primo piano di rotazione B ruota verso l'alto (all'esterno dalla cavità 53), come visibile dalla figura 7. Data la mancanza di polarizzazione dei secondi bracci 72, 73, essi non vengono deformati ma ruotano rigidamente.

Come illustrato nelle figure 6A, 7, l'angolo di rotazione di ciascun primo braccio 70, 71 aumenta via via che questi si allontanano dagli elementi di ancoraggio 62, 63, fino a raggiungere un massimo di 8,2 gradi per le seconde estremità 64, 65. Poiché le seconde estremità 64,

65 sono solidali alla struttura orientabile 52, anche questa ruota di 8,2 gradi nella stessa direzione dei primi bracci 70, 71.

In una seconda fase, si veda la figura 6B, la tensione di attuazione di, per esempio, 40 V viene applicata alle seconde bande piezoelettriche 75 mediante il secondo generatore 77 e la tensione di 0 V (massa) viene applicata alle prime bande piezoelettriche 74 mediante il primo generatore 76. In modo opposto a quanto sopra descritto, in questo caso i secondi bracci 72, 73 si incurvano, ruotando intorno al primo asse di rotazione B in direzione opposta a quella precedente, in modo tale da far ruotare verso l'alto (all'interno dalla cavità 53) la metà della struttura di attuazione 54 che si trova dalla parte opposta agli elementi di ancoraggio 62, 63 rispetto al primo piano di rotazione B.

Anche in questo caso, come illustrato nella figura 6B, l'angolo di rotazione di ciascun secondo braccio 72, 73 aumenta via via che questi si allontanano dagli elementi di ancoraggio 62, 63, fino a raggiungere un massimo di 8,2 gradi per le seconde estremità 64, 65. Poiché le seconde estremità 64, 65 sono solidali alla struttura orientabile 52, anche questa ruota di 8,2 gradi nella stessa direzione dei bracci 71, 73.

Comandando i generatori di tensione 76, 77

alternativamente secondo una sequenza di prime e seconde fasi, è possibile ottenere l'orientamento della struttura orientabile 52 e quindi della superficie riflettente 85 secondo una scansione verticale a 60 Hz.

Il dispositivo microelettronico 50 può essere quindi utilizzato in un picoproiettore 101 atto ad essere accoppiato funzionalmente ad un apparecchio elettronico portatile 100, come illustrato in seguito con riferimento alle figure 8-10.

In dettaglio, il pico-proiettore 101 di figura 8 comprende una sorgente luminosa 102, ad esempio di tipo laser, atta a generare un fascio luminoso 103; il dispositivo microelettronico 50, atto a ricevere il fascio luminoso 103 e ad indirizzarlo verso uno schermo o superficie di visualizzazione 105 (esterna e posta a distanza dallo stesso pico-proiettore 101); un primo circuito di pilotaggio 106, atto a fornire opportuni segnali di comando alla sorgente luminosa 102, per la generazione del fascio luminoso 103 in funzione di un'immagine da proiettare; un secondo circuito di pilotaggio 108, atto a fornire segnali di comando ai generatori 76, 77 (figura 4B) del dispositivo microelettronico 50; ed un'interfaccia di comunicazione 109, atta a ricevere, da un'unità di controllo 110, esterna, ad esempio inclusa nell'apparecchio portatile 100

(figure 9, 10), informazioni circa l'immagine da generare, ad esempio sotto forma di una matrice di pixel. Tali informazioni vengono inviate in ingresso per il pilotaggio della sorgente luminosa 102.

Il pico-proiettore 101 può essere realizzato come accessorio separato e a sé stante rispetto ad un associato apparecchio elettronico portatile 100, ad esempio un telefono cellulare o smartphone, come mostrato in figura 9. In questo caso, il pico-proiettore 101 è accoppiato all'apparecchio elettronico portatile 100 mediante opportuni elementi di connessione elettrica e meccanica (non illustrati in dettaglio). Qui, il pico-proiettore 101 è dotato di un proprio involucro 141, che presenta almeno una porzione 141' trasparente al fascio luminoso 103 proveniente dal dispositivo microelettronico 50; l'involucro 141 del pico-proiettore 1 è accoppiato in maniera rilasciabile ad un rispettivo involucro 142 dell'apparecchio elettronico portatile 100.

In alternativa, come illustrato in figura 10, il pico-proiettore 101 può essere integrato all'interno dell'apparecchio elettronico portatile 100 ed essere disposto all'interno dell'involucro 142 dello stesso apparecchio elettronico portatile 100. In tal caso, l'apparecchio elettronico portatile 100 presenta una rispettiva porzione 142' trasparente al fascio luminoso 103 proveniente dal dispositivo microelettronico 50. Il pico-

proiettore 101 è in tal caso ad esempio accoppiato ad un circuito stampato presente all'interno dell'involucro 142 dell'apparecchio elettronico portatile 100.

Il dispositivo microelettronico 50 qui descritto presenta numerosi vantaggi.

In particolare, la possibilità di utilizzare solo tensioni unipolari di uno stesso tipo per la polarizzazione delle bande piezoelettriche 74, 75 consente di ottenere una vita più lunga e una maggiore stabilità del materiale piezoelettrico. Infatti, in questo modo, lo strato di materiale piezoelettrico 91 delle bande piezoelettriche 74, 75 di figura 4C vede alternativamente una tensione nulla e una tensione di polarizzazione (qui, a 40 V), che non si inverte di segno in alcuna fase di attuazione.

In questo modo, il dispositivo microelettronico 50 è più affidabile.

Risulta infine chiaro che al dispositivo microelettronico qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate. Ad esempio, invece di realizzare due generatori di tensione 76, 77, è possibile utilizzare un solo generatore, collegato alternativamente con le prime e le seconde bande 74, 75 attraverso un commutatore.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo micromeccanico comprendente:
 - una struttura orientabile (52) girevole intorno ad un primo asse di rotazione (B);
 - una struttura fissa (51);
 - una struttura di attuazione (54) di tipo piezoelettrico, accoppiata fra la struttura orientabile e la struttura fissa,
 - la struttura di attuazione (54) comprendendo un elemento a molla (55, 56) avente una forma a spirale.
2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui l'elemento a molla (55, 56) è formato da una pluralità di bracci di attuazione (70-73) estendentisi trasversalmente al primo asse di rotazione (B), ciascun braccio di attuazione portando una rispettiva banda piezoelettrica (74, 75) di materiale piezoelettrico.
3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui i bracci di attuazione (70-73) sono paralleli fra di loro e perpendicolari al primo asse di rotazione (B).
4. Dispositivo secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui la forma a spirale presentante una prima estremità (60, 61) ancorata alla struttura fissa ed una seconda estremità (64, 65) ancorata alla struttura orientabile (52).
5. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, in cui la prima estremità (60, 61) della forma a spirale è una

estremità interna e la seconda estremità (64, 65) della forma a spirale è una estremità esterna.

6. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-5, in cui la l'elemento a molla (55, 56) ha un piano mediano (C, D) perpendicolare al primo asse di rotazione (B) e la pluralità di bracci di attuazione (70-73) comprende un primo gruppo (70, 71) ed un secondo gruppo (72, 73) di bracci di attuazione, il primo gruppo di bracci di attuazione essendo disposto su di un primo lato rispetto al piano mediano e il secondo gruppo di bracci di attuazione essendo disposto su un lato opposto rispetto al piano mediano.

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 6, in cui le bande piezoelettriche (74) dei bracci di attuazione (70, 71) del primo gruppo di bracci di attuazione sono accoppiate elettricamente fra loro e a un primo generatore di tensione (76) e le bande piezoelettriche (75) dei bracci di attuazione (72, 73) del secondo gruppo di bracci di attuazione sono accoppiate elettricamente fra loro e a un secondo generatore di tensione (77).

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui il primo e il secondo generatore di tensione (76, 77) sono configurati in modo da essere comandati in opposizione di fase.

9. Dispositivo secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni precedenti, in cui l'elemento a molla (55) è una primo l'elemento a molla disposto su un primo lato della struttura orientabile (52), il dispositivo comprendendo inoltre un secondo l'elemento a molla (56) disposto su un lato opposto della struttura orientabile.

10. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura orientabile (52) comprende una piattaforma sospesa (80) portata da un telaio (81) attraverso una struttura di sospensione elastica (82) configurata in modo da consentire una rotazione della piattaforma sospesa intorno ad un secondo asse di rotazione (A) perpendicolare al primo asse di rotazione (B).

11. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura orientabile (52) è sospesa su una cavità (53) formata in un corpo (51) di materiale semiconduttore definente la struttura fissa, la cavità essendo delimitata da una parete di fondo (53A) e da una parete laterale e l'elemento a molla (55, 56) essendo ancorato alla parete di fondo.

12. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la struttura orientabile (52) comprende una superficie riflettente (85).

13. Picoproiettore (101), per l'utilizzo in un apparecchio elettronico portatile (100), comprendente:

una sorgente di luce (102), azionabile per generare un fascio luminoso (103) in funzione di un'immagine da generare;

il dispositivo micromeccanico (50) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-12; e

un circuito di pilotaggio (108) configurato in modo da fornire segnali di pilotaggio della rotazione di detta struttura orientabile (52).

14. Metodo di attuazione di un dispositivo micromeccanico comprendente una struttura orientabile girevole intorno ad un primo asse di rotazione (B); una struttura fissa; una struttura di attuazione accoppiata fra la struttura orientabile e la struttura fissa, la struttura di attuazione comprendendo un elemento a molla avente una forma a spirale, l'elemento a molla essendo formato da una pluralità di bracci di attuazione estendentisi trasversalmente al primo asse di rotazione, ciascun braccio di attuazione portando una rispettiva banda piezoelettrica di materiale piezoelettrico, in cui l'elemento a molla ha un piano mediano perpendicolare al primo asse di rotazione e la pluralità di bracci di attuazione comprende un primo ed un secondo gruppo di bracci di attuazione, il primo gruppo di bracci di attuazione essendo disposto su di un primo lato rispetto al piano mediano e il secondo gruppo di bracci di attuazione essendo disposto su un lato opposto

rispetto al piano mediano, in cui i bracci di attuazione del primo gruppo di bracci di attuazione sono accoppiati elettricamente fra loro e a un primo generatore di tensione e i bracci di attuazione del secondo gruppo di bracci di attuazione sono accoppiati elettricamente fra loro e a un secondo generatore di tensione, il primo e il secondo generatore di tensione generando rispettivamente una prima ed una seconda tensione fra loro in opposizione di fase.

15. Metodo secondo la rivendicazione 14, in cui, la prima e la seconda tensione hanno uno stesso segno rispetto alla struttura fissa.

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

Elena CERBARO

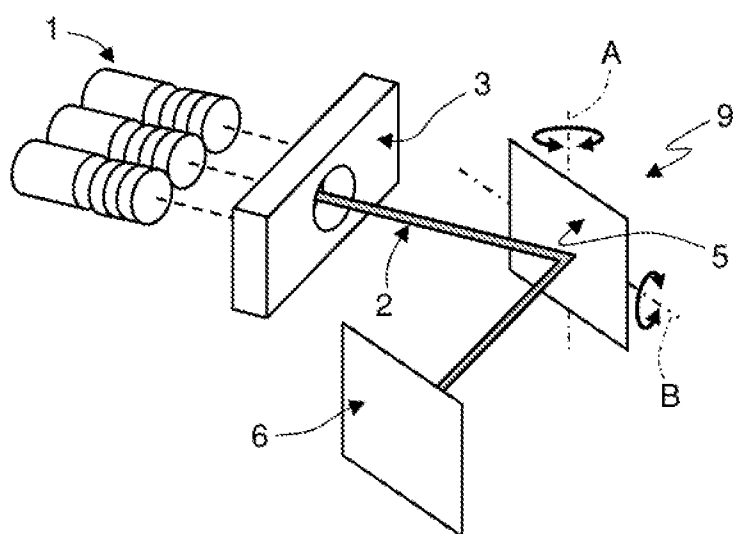


Fig.1

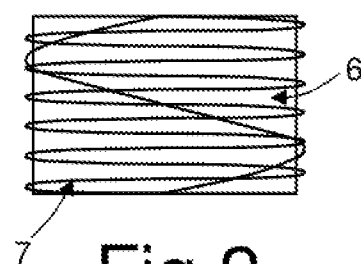


Fig.2

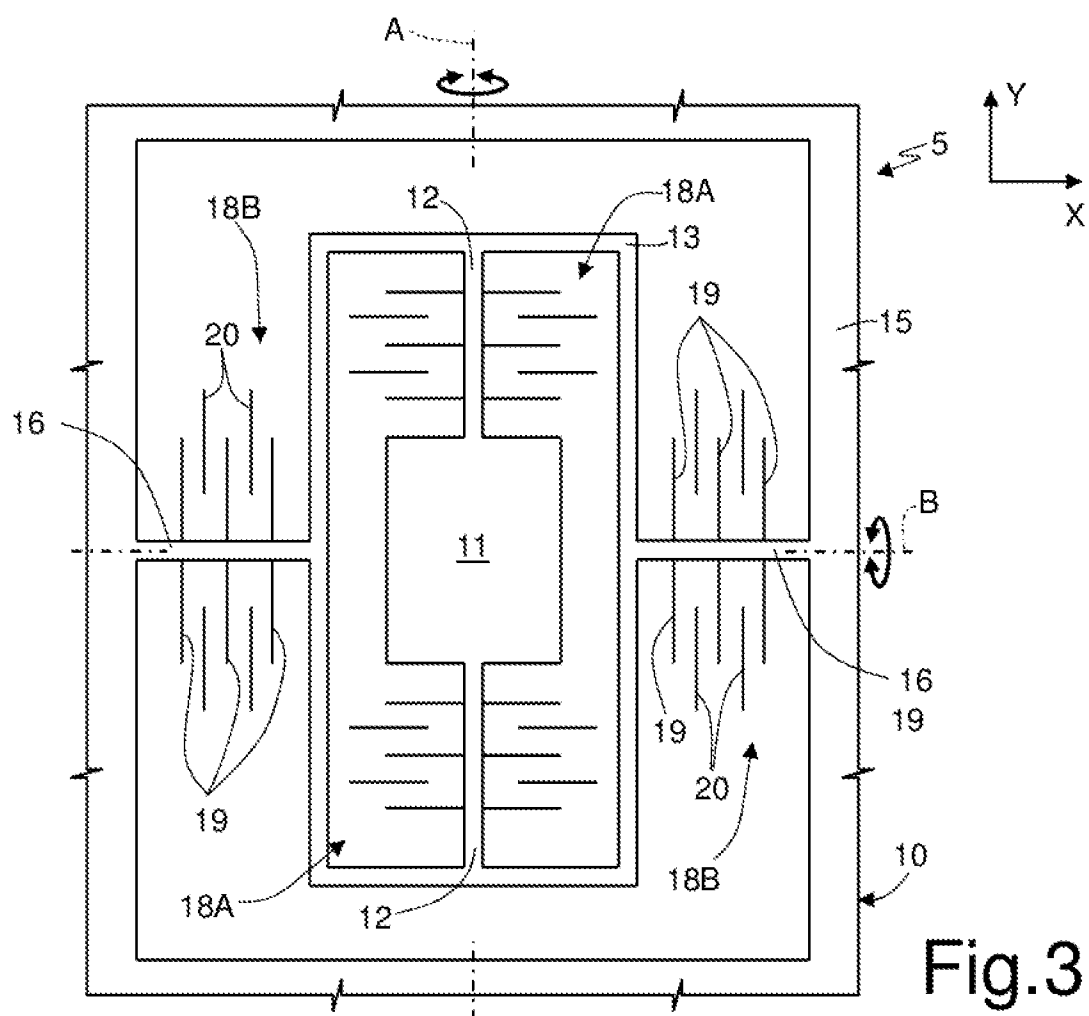


Fig.3

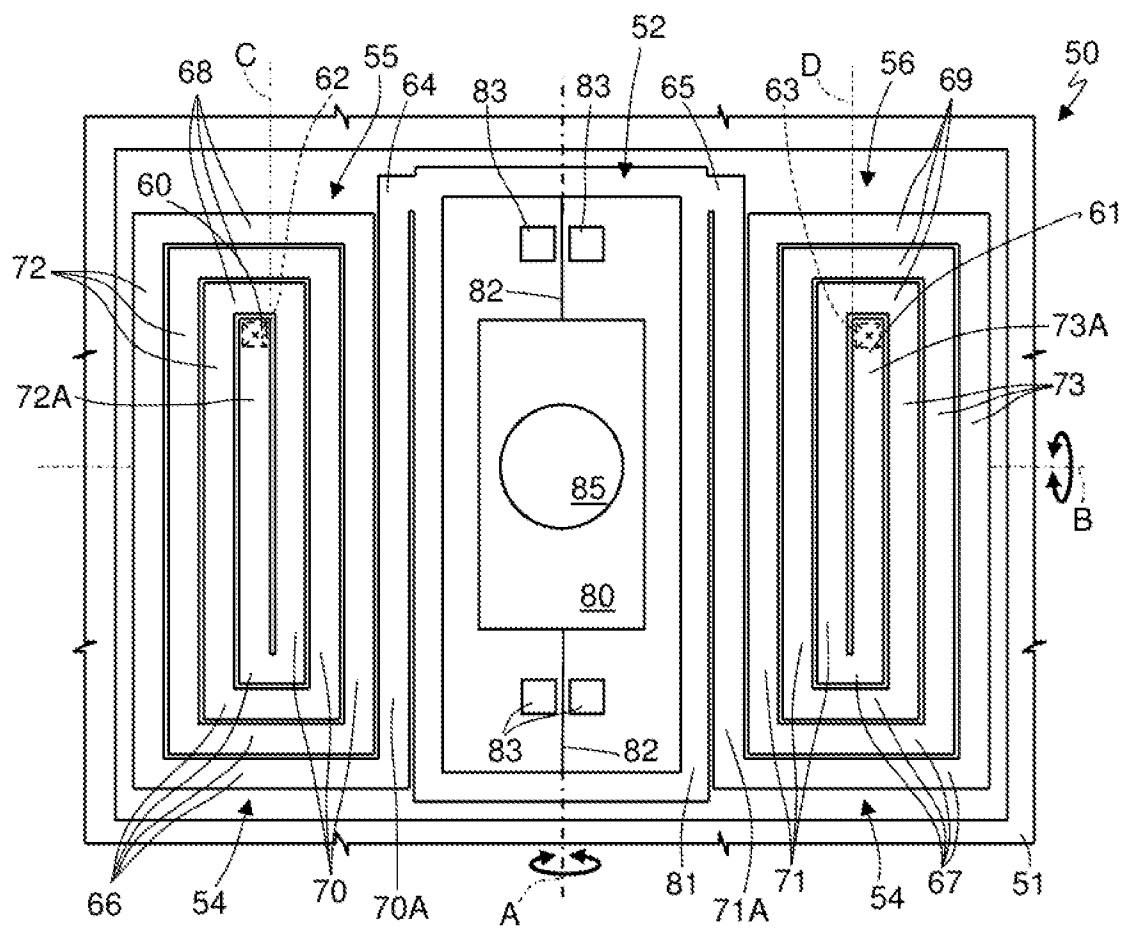


Fig.4A

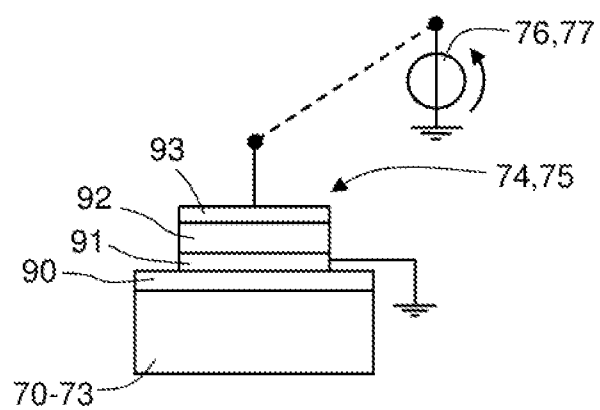


Fig.4C

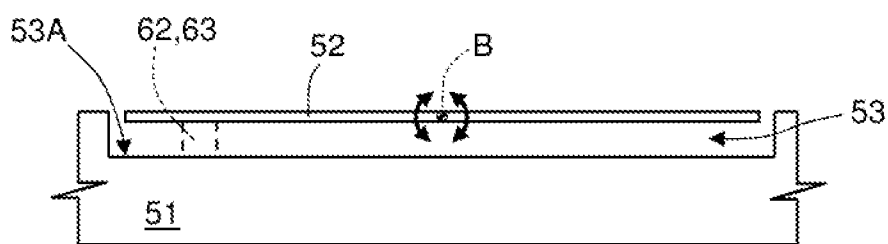


Fig.5

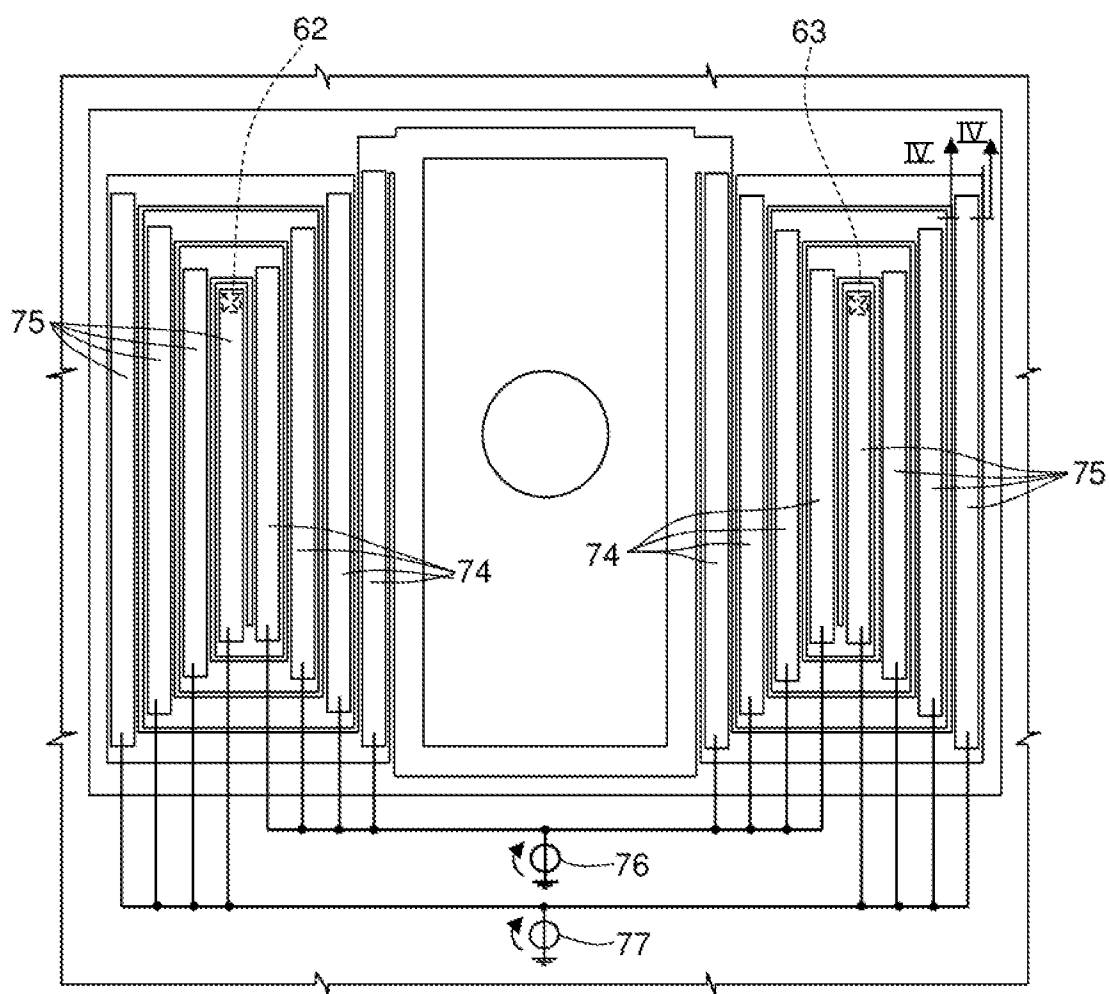


Fig. 4B

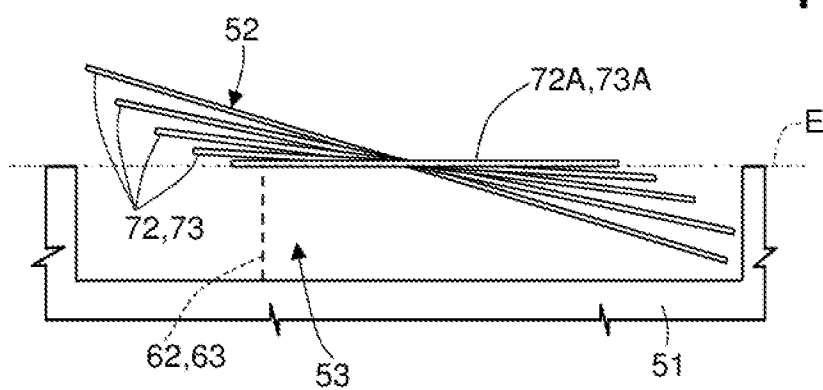


Fig. 6A

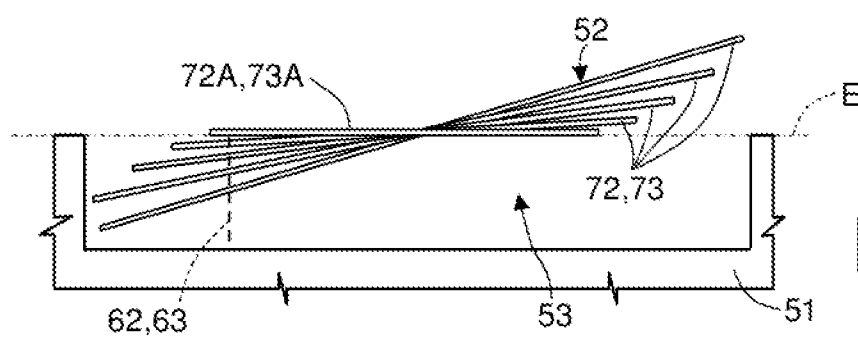


Fig. 6B

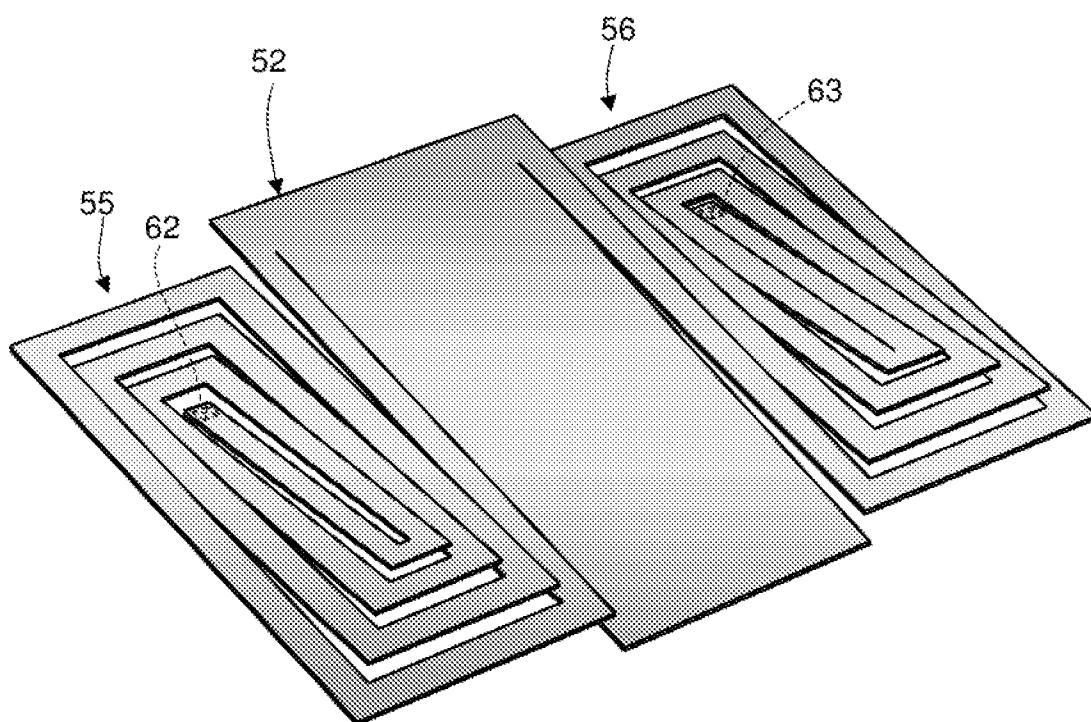


Fig.7

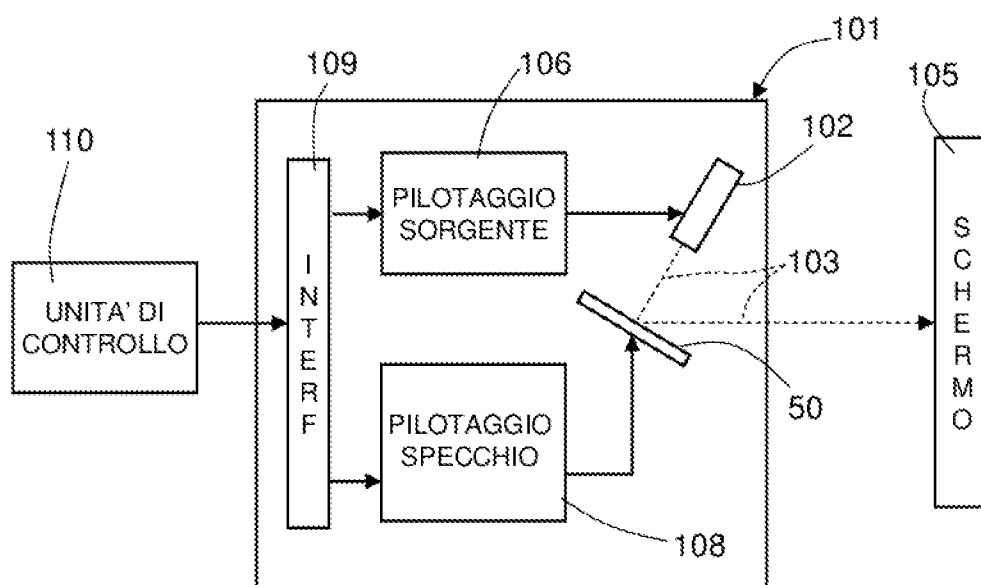


Fig.8

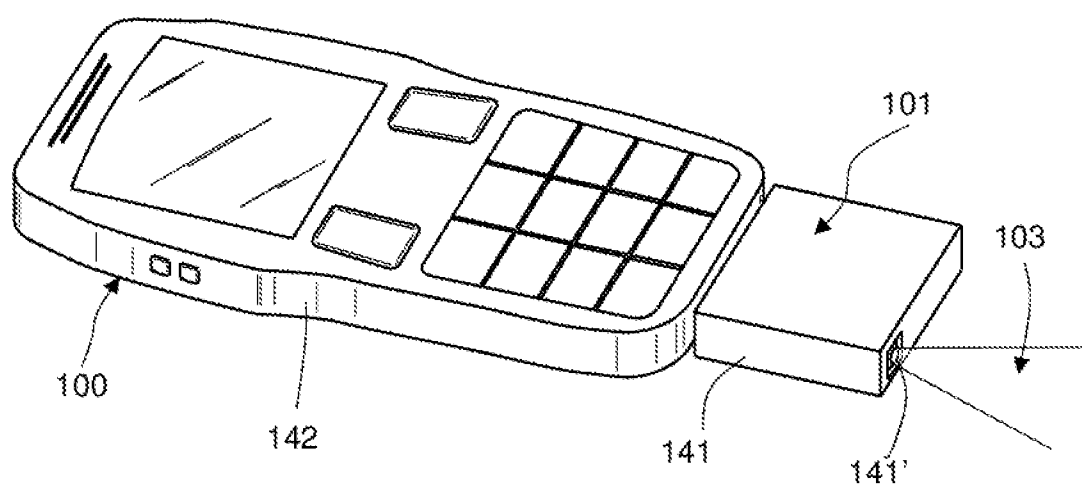


Fig.9

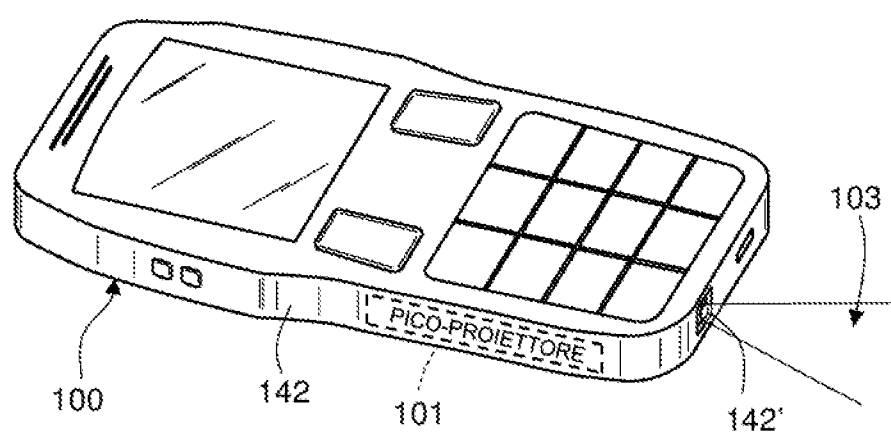


Fig.10