



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

DOMANDA NUMERO	102007901494276
Data Deposito	15/02/2007
Data Pubblicazione	15/08/2008

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	L		

Titolo

GENERATORE PIEZOELETTRICO BISTABILE.

DESCRIZIONE

a corredo di una domanda di brevetto di invenzione industriale avente per titolo:

"Generatore piezoelettrico bistabile"

Titolare: Wisepower S.r.l.

Inventori: Luca Gammaitoni, Paolo Amico, Helios Vocca

* * *

La presente invenzione riguarda un generatore piezoelettrico bistabile.

Più dettagliatamente, l'invenzione generatore di energia elettrica basato sulla conversione di energia meccanica in energia elettrica mediante le oscillazioni bistabili di elementi in materiale piezoelettrico.

E' noto come i generatori piezoelettrici siano comunemente utilizzati in diversi settori dell'attività umana per fornire corrente elettrica mediante conversione di energia meccanica. Tuttavia la limitata quantità di energia elettrica messa a disposizione dai generatori convenzionali tende a limitarne l'impiego.

Negli ultimi anni sono emersi alcuni studi che tendono a sfruttare la generazione di energia da materiale piezoelettrico per l'alimentazione di mini e micro dispositivi elettronici portatili. Infatti,

questi dispositivi hanno bisogno per il loro funzionamento di limitate quantità di potenza elettrica, giustificando il ricorso a micro generatori di energia, che costituiscono un'interessante alternativa alle consuete batterie.

In questa ottica sono stati proposti micro generatori di energia che possono essere collegati ad oggetti e strutture soggette a movimento (vibrazioni di tavoli, banchi o strutture meccaniche, moti oscillatori di macchinari o automobili, moto degli esseri umani o animali, moto di strutture attivate da eventi atmosferici o sismici).

Tali dispositivi convertono energia presente nell'ambiente in energia elettrica per l'alimentazione di micro dispositivi elettronici. Il principale limite di questi dispositivi, tuttavia, è costituito dalla loro intrinseca incapacità di sfruttare l'ampio spettro di energia disponibile, poiché il loro principio di funzionamento tende a selezionare solo una piccola frazione di questa energia.

L'energia di movimento, disponibile nell'ambiente (vibrazioni da eventi naturali, da macchinari o da movimento umano o animale) è solitamente distribuita in una ampia banda di frequenze, che va da pochi Hz ad alcune centinaia di KHz. I generatori

esistenti si basano sulle oscillazioni lineari di strutture meccaniche piezoelettriche. Poiché tali strutture, per motivi costruttivi, oscillano solo alla loro propria frequenza di risonanza, esse riescono ad utilizzare l'energia ambientale solo in una ristretta banda di frequenze attorno alla loro frequenza di risonanza.

E' altresì noto che un oscillatore bistabile è un sistema oscillante non lineare che, a differenza di un oscillatore lineare, ammette due posizioni di equilibrio stabili (vedere il grafico di figura 1). Nel caso di un oscillatore lineare, le oscillazioni del sistema sono costituite da escursioni periodiche centrate attorno al punto di equilibrio, mentre nel caso di un oscillatore bistabile, il moto oscillatorio risulta molto più complesso, ed oltre a presentare oscillazioni attorno a ciascuno dei due punti di equilibrio, in analogia con l'oscillatore lineare, presenta anche ampie escursioni che prevedono il passaggio da un punto di equilibrio ad un altro.

Alla luce di quanto sopra, la Richiedente ha realizzato e messo a punto un generatore piezoelettrico bistabile in grado di risolvere i summenzionati inconvenienti.

Sono già stati proposti nel passato alcuni dispositivi realizzati al fine di ottenere gli stessi scopi che sono alla base della presente invenzione. Alcuni esempi si possono trovare nei brevetti U.S. n° 2,081,862 di Alfred L. W. Williams, 4,467,236 di Henry H. Kolm e Eric A. Kolm, 4,510,484 di D.S. Snyder, 4,504,761 di C.G. Triplett, 5,512,795 di Michael Y. Epstein et al, 6,407,484 di John R. Oliver et al, 6,438,193 di W.H. Ko e 7057330 di Steven A. Buhler et al..

La soluzione proposta secondo la presente invenzione consente di ottenere un generatore di energia elettrica basato sulla conversione di energia meccanica in energia elettrica ottenuta dal moto bistabile di elementi di materiale piezoelettrico. Il convertitore secondo l'invenzione può assumere diverse configurazioni geometriche, tutte basate sullo stesso principio concettuale, ovverosia le oscillazioni bistabili di un sistema dinamico.

Forma pertanto oggetto specifico della presente invenzione un generatore piezoelettrico bistabile comprendente almeno un elemento in materiale piezoelettrico, avente almeno una estremità fissata ad una base e avente fissata su di esso una massa in grado di farlo oscillare tra due posizioni, rispettivamente

una prima posizione di equilibrio e una posizione opposta alla prima posizione, detto almeno un elemento essendo sottoposto ad oscillazioni non-lineari bistabili, l'energia cinetica delle oscillazioni non-lineari bistabili essendo convertita in energia elettrica e prelevata e trasformata mediante circuito elettronico per l'alimentazione di dispositivi elettronici e/o elettrici.

Preferibilmente, secondo l'invenzione, detto almeno un elemento in materiale piezoelettrico è una barretta di forma sostanzialmente parallelepipedica.

In una forma di realizzazione del generatore secondo l'invenzione, detta massa è fissata all'estremità di detto elemento in materiale piezoelettrico opposta a quella fissata a detta base.

Sempre secondo l'invenzione, può essere prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico, tutti aventi una estremità fissata alla stessa o ad una specifica base, e ciascuno provvisto di massa, fissata all'altra estremità, le varie differenze di potenziale di ciascun elemento in materiale piezoelettrico essendo prelevata e trasformata mediante circuito elettronico per l'alimentazione di dispositivi elettronici e/o elettrici.

In una ulteriore forma di realizzazione del generatore secondo l'invenzione, detto almeno un elemento in materiale piezoelettrico avendo entrambe le estremità fissate ad una rispettiva base, la massa essendo prevista su detto elemento in materiale piezoelettrico in posizione sostanzialmente centrale.

Sempre secondo l'invenzione, può essere prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico con entrambe le estremità fissate ad una rispettiva base, e con la rispettiva massa prevista in posizione sostanzialmente centrale.

In un'altra forma di realizzazione del generatore piezoelettrico secondo l'invenzione, sull'estremità di detto elemento in materiale piezoelettrico opposta a quella fissata a detta base è fissato un magnete permanente, essendo prevista una struttura che supporta, a debita distanza da detto magnete permanente, un altro magnete permanente, o un elettromagnete, avente polarità invertita rispetto a detto magnete permanente previsto sull'estremità dell'elemento in materiale piezoelettrico.

Sempre secondo l'invenzione, può essere prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico con un magnete permanente all'estremità.

In particolare, secondo l'invenzione, è prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico, orientati in modo ordinato o arbitrario ed elettricamente collegati in serie o in parallelo con l'elemento adiacente.

Secondo l'invenzione, detto generatore piezoelettrico bistabile è basato sullo sfruttamento delle oscillazioni bistabili del sistema dinamico costituito dagli elementi in materiale piezoelettrico.

La presente invenzione verrà ora descritta, a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo sue forme preferite di realizzazione, con particolare riferimento alle figure dei disegni allegati, in cui:

la figura 1 mostra due grafici del profilo dell'energia potenziale $V(x)$ evidenziando la differenza tra un oscillatore lineare ($V(x) = cx^2$) e un oscillatore non-lineare bistabile ($V(x) = -ax^2 + bx^4$);

la figura 2 mostra una forma di realizzazione di un generatore piezoelettrico bistabile secondo l'invenzione;

la figura 3 mostra una seconda forma di realizzazione di un generatore piezoelettrico bistabile;

la figura 4 mostra una terza forma di realizzazione di un generatore piezoelettrico bistabile;

la figura 5 mostra una quarta forma di realizzazione di un generatore piezoelettrico bistabile;

la figura 6 mostra un grafico che evidenzia il potenziale $V(x) = -ax^2 + bx^4$ per diversi valori del parametro a , con b mantenuto fisso;

la figura 7 mostra un grafico della densità spettrale di potenza $S(f)$ in funzione del parametro a , fissato b ; e

la figura 8 mostra la potenza ottenibile dall'oscillatore piezoelettrico in funzione del parametro a , fissato b .

Osservando le figure dei disegni allegati, si evidenzierà come il generatore di energia elettrica secondo l'invenzione può assumere diverse configurazioni geometriche sempre basate sullo stesso principio inventivo di utilizzazione delle oscillazioni bistabili di un sistema dinamico.

Osservando inizialmente la figura 2, una barretta B di forma approssimativamente parallelepipedica di materiale piezoelettrico viene tenuta ferma ad una estremità collegata ad una base fissa A , mentre all'altra estremità è fissata una massa pesante C che induce il piegamento parziale della barretta. Vibrazioni od oscillazioni indotte nella base A producono l'oscillazione della massa C fissata all'estremità

libera della barretta B, facendo effettuare a questa ampie escursioni tra una posizione di equilibrio 1 e l'altra posizione opposta 2 in un moto che risulta così bistabile.

Il piegamento ripetuto della barretta B piezoelettrica produce ai suoi capi una differenza di potenziale V, che può essere convertita in flusso di elettricità mediante apposita elettronica standard, che non verrà descritta ulteriormente, non essendo oggetto specifico della presente invenzione.

La corrente così generata può essere impiegata per l'alimentazione di dispositivi elettronici.

Venendo ora ad osservare la figura 3, è mostrata una forma di realizzazione che prevede una serie di barrette B, di forma approssimativamente parallelepipedica di materiale piezoelettrico, vengono poste una accanto all'altra e tenute ferme ad una estremità collegata ad una base fissa A. All'altra estremità delle barrette B è fissata, su ciascuna barretta B, una massa pesante C.

La massa C induce il piegamento parziale di ciascuna barretta B. Vibrazioni od oscillazioni indotte nella base A producono l'oscillazione delle masse C fissate all'estremità libera delle barrette B facendo effettuare a queste ampie escursioni da una

posizione 1 di equilibrio ad una posizione 2 all'altra opposta, in un moto che risulta così bistabile.

Il piegamento ripetuto delle barrette B piezoelettriche produce ai capi di queste una differenza di potenziale $V_1, V_2, \dots V_n$ che può essere convertita in flusso di elettricità mediante apposita elettronica standard, che non verrà descritta ulteriormente, non essendo oggetto specifico della presente invenzione. La corrente così generata può essere impiegata per l'alimentazione di dispositivi elettronici.

Osservando ora la figura 4, è mostrata una terza forma di realizzazione del generatore piezoelettrico secondo l'invenzione, che prevede una serie di barrette B, di forma approssimativamente parallelepipedica di materiale piezoelettrico, poste una accanto all'altra e tenute ferme ad una estremità collegata ad una base fissa A. All'altra estremità delle barrette B è fissato un piccolo magnete permanente D (NS). In corrispondenza di ciascun magnete permanente D, a debita distanza da questo, è collocato un altro magnete permanente E, o un analogo elettromagnete, con polarità invertita (SN).

L'insieme di questi magneti D/elettromagneti E è posto su di una struttura F, che viene fissata so-

lidalmente alla base fissa A. La forza esercitata tra i magneti D (o tra questi e gli elettromagneti E) induce il piegamento parziale di ciascuna barretta B.

Vibrazioni od oscillazioni indotte nella base A producono l'oscillazione delle masse (in questo caso i magneti D) fissate all'estremità libera delle barrette B, facendo effettuare a queste ampie escursioni da una posizione 1 di equilibrio ad una posizione 2 opposta in un moto che risulta così bistabile. Il piegamento ripetuto delle barrette B piezoelettriche produce ai capi di queste una differenza di potenziale $V_1, V_2, \dots V_n$ che può essere convertita in flusso di elettricità mediante apposita elettronica standard, che non verrà descritta ulteriormente, non essendo oggetto specifico della presente invenzione.

La corrente così generata può essere impiegata per l'alimentazione di dispositivi elettronici.

In figura 5 è mostrata una quarta forma di realizzazione del generatore secondo l'invenzione, che prevede una barretta B, di forma approssimativamente parallelepipedica di materiale piezoelettrico, che è tenuta ferma ad entrambe le estremità, collegate ad una struttura fissa A, A' in modo tale la barretta B risulti piegata da un lato.

Al centro della barretta B è fissata una massa pesante C.

Vibrazioni od oscillazioni indotte nella struttura producono l'oscillazione della massa C fissata al centro della barretta B, facendo effettuare a questa ampie escursioni da una posizione di equilibrio all'altra opposta in un moto che risulta così bistabile.

Il piegamento ripetuto della barretta B piezoelettrica produce ai suoi capi una differenza di potenziale V che può essere convertita in flusso di elettricità mediante apposita elettronica standard, che non verrà descritta ulteriormente, non essendo oggetto specifico della presente invenzione.

La corrente così generata può essere impiegata per l'alimentazione di dispositivi elettronici. Questa forma di realizzazione può prevedere un numero arbitrario di barrette B piezoelettriche collegate una accanto all'altra, in modo analogo alla forma di realizzazione mostrata in figura 3.

Alla base del generatore piezoelettrico secondo l'invenzione vi è la conversione di energia meccanica in energia elettrica mediante effetto piezoelettrico. La corrente prodotta ai capi delle barrette B piezoelettriche, a parità di altre condizioni, è tanto mag-

giore quanto maggiore è il moto della barretta B, ovvero quanto più ampio è il piegamento di questa soggetta al moto della struttura su cui essa è fissata.

La corrente generata dal generatore piezoelettrico secondo l'invenzione è quindi una funzione del moto della barretta B, che a sua volta è una funzione del moto del supporto A. A parità di moto del supporto A, e a parità del fattore di conversione piezoelettrico, dati due generatori piezoelettrici, risulta più efficiente quel generatore che è capace di rispondere con maggiore ampiezza al moto della struttura A su cui è fissato. La capacità di rispondere a tale moto viene quantificata mediante il concetto di funzione di risposta. La funzione di risposta di una struttura meccanica, qual è da considerare la barretta B di materiale piezoelettrico, determina quanta della energia fornita dall'ambiente viene trasferita alla struttura meccanica.

I generatori piezoelettrici noti hanno una funzione di risposta di tipo risonante, ovvero il massimo dell'energia trasferita si ottiene per una specifica frequenza, tipica della struttura meccanica. Lontano da questa frequenza di risonanza, l'energia trasferita diminuisce rapidamente e risulta praticamente nulla già a frequenze dell'ordine di due, tre

volte (o un mezzo, un terzo) la frequenza di risonanza.

Al contrario, il generatore piezoelettrico oggetto della presente invenzione impiega una funzione di risposta di tipo NON-risonante. In altre parole, non esiste un'unica frequenza di risonanza, come negli oscillatori lineari, ma la dinamica è caratterizzata da una funzione di risposta non-lineare, com'è tipico per l'oscillatore bistabile che caratterizza questo generatore piezoelettrico.

Per meglio evidenziare il vantaggio di una risposta non-lineare (bistabile) rispetto ad un sistema lineare (risonante) si consideri la grandezza matematica denominata densità spettrale $S(f)$. La funzione $S(f)$ definisce il comportamento di un sistema dinamico soggetto ad una forza esterna. Se si suppone che la forza esterna è costituita dalle vibrazioni ambientali che forniscono l'energia meccanica al generatore piezoelettrico, l'efficienza della funzione di risposta del generatore può essere misurata dall'area sottesa dalla curva $S(f)$, in funzione della frequenza f . Quest'area misura la potenza ottenibile dal dispositivo piezoelettrico impiegato come generatore di energia elettrica.

Si consideri un sistema dinamico costituito da un oscillatore soggetto ad un potenziale bistabile (vedere la figura 1) definito dalla equazione $V(x) = -ax^2 + bx^4$. Questo potenziale è caratterizzato da due parametri, a e b che possono essere variati a piacimento. Mantenendo fisso il parametro b e variando il parametro a (vedere la figura 6), si può passare dalla configurazione monostabile (quasi lineare, caso risonante) per $a < 0$ alla configurazione bistabile (non-lineare , NON-risonante) $a > 0$.

In figura 7 è illustrata la funzione $S(f)$ in funzione della frequenza f , per diversi valori del parametro di non-linearità a . Per ogni valore fissato a si ha una funzione $S(f)$. L'area sotto la curva $S(f)$ (ovvero l'integrale di $S(f)$ tra 0 e $+\infty$) è una misura della potenza ottenibile. Tale quantità è mostrata in figura 8, in funzione del parametro a . Come si vede esiste un valore ottimale del parametro a per cui la potenza ottenibile raggiunge un valore massimo. Tale valore ottimale si trova nella regione di bistabilità del sistema.

La presente invenzione è stata descritta a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo sue forme preferite di realizzazione, ma è da intendersi che variazioni e/o modifiche potranno essere apporta-

te dagli esperti nel ramo senza per questo uscire dal relativo ambito di protezione, come definito dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Generatore piezoelettrico bistabile caratterizzato dal fatto di comprendere almeno un elemento in materiale piezoelettrico, avente almeno una estremità fissata ad una base e avente fissata su di esso una massa in grado di farlo oscillare tra due posizioni, rispettivamente una prima posizione di equilibrio e una posizione opposta alla prima posizione, detto almeno un elemento essendo sottoposto ad oscillazioni non-lineari bistabili, l'energia cinetica delle oscillazioni no-lineari bistabili essendo convertita in energia elettrica e prelevata e trasformata mediante circuito elettronico per l'alimentazione di dispositivi elettronici e/o elettrici.

2. Generatore piezoelettrico bistabile secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto almeno un elemento in materiale piezoelettrico è una barretta di forma sostanzialmente parallelepipedica.

3. Generatore piezoelettrico bistabile secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta massa è fissata all'estremità di detto elemento in materiale piezoelettrico opposta a quella fissata a detta base.

4. Generatore piezoelettrico bistabile secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che è prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico, tutti aventi una estremità fissata alla stessa o ad una specifica base, e ciascuno provvisto di massa, fissata all'altra estremità, le varie differenze di potenziale di ciascun elemento in materiale piezoelettrico essendo prelevata e trasformata mediante circuito elettronico per l'alimentazione di dispositivi elettronici e/o elettrici.

5. Generatore piezoelettrico bistabile secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto almeno un elemento in materiale piezoelettrico ha entrambe le estremità fissate ad una rispettiva base, la massa essendo prevista su detto elemento in materiale piezoelettrico in posizione sostanzialmente centrale.

6. Generatore piezoelettrico bistabile secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che è prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico con entrambe le estremità fissate ad una rispettiva base, e con la rispettiva massa prevista in posizione sostanzialmente centrale.

7. Generatore piezoelettrico bistabile secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato

dal fatto che sull'estremità di detto elemento in materiale piezoelettrico opposta a quella fissata a detta base è fissato un magnete permanente, essendo prevista una struttura che supporta, a debita distanza da detto magnete permanente, un altro magnete permanente, o un elettromagnete, avente polarità invertita rispetto a detto magnete permanente previsto sull'estremità dell'elemento in materiale piezoelettrico.

8. Generatore piezoelettrico bistabile secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che è prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico con un magnete permanente all'estremità.

9. Generatore piezoelettrico bistabile secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che è prevista una pluralità di elementi in materiale piezoelettrico, orientati in modo ordinato o arbitrario ed elettricamente collegati in serie o in parallelo con l'elemento adiacente.

10. Generatore piezoelettrico bistabile secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto generatore piezoelettrico bistabile è basato sullo sfruttamento delle oscillazioni bistabili del sistema dinamico costituito dagli elementi in materiale piezoelettrico.

11. Generatore piezoelettrico bistabile secondo ognuna delle rivendicazioni precedenti, sostanzialmente come illustrato e descritto.

Roma, 15 Febbario 2007

p.p.: Wisepower S.r.l.

BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A. CJ/

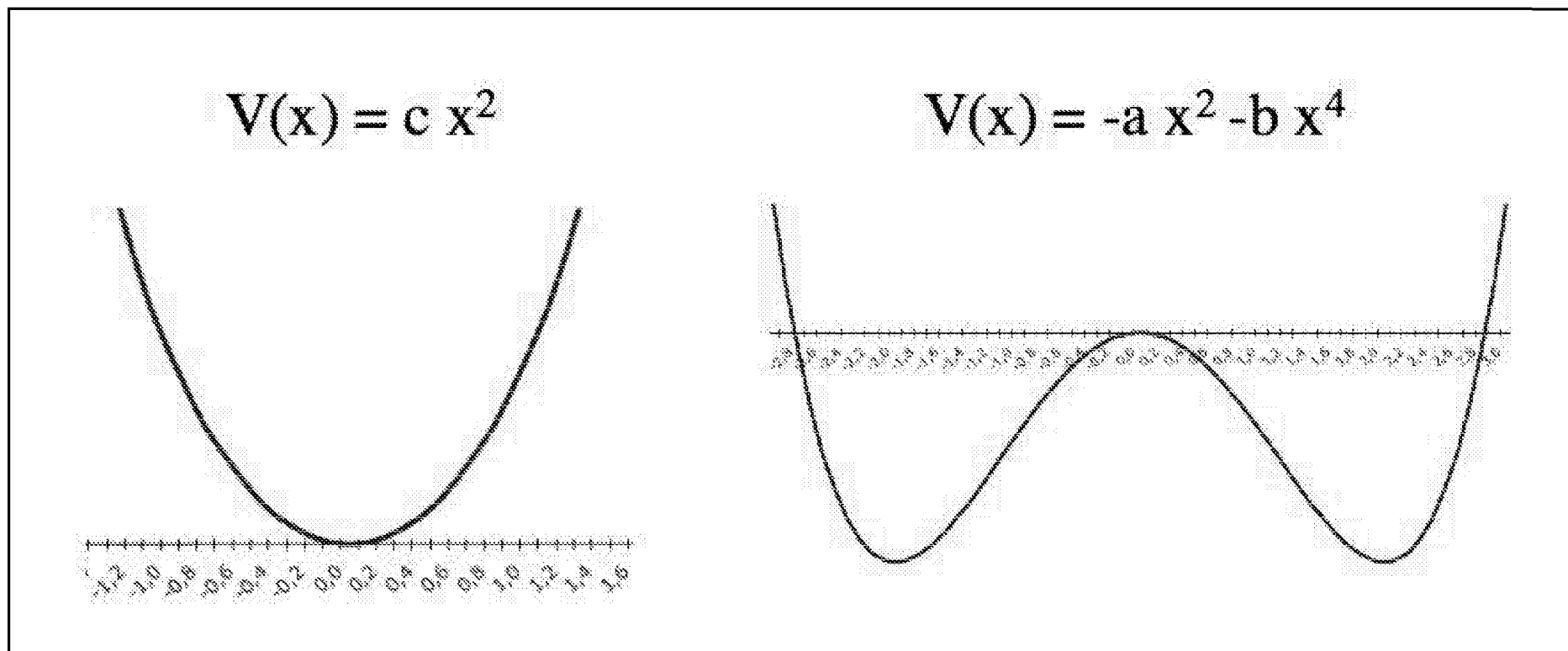


Fig. 1

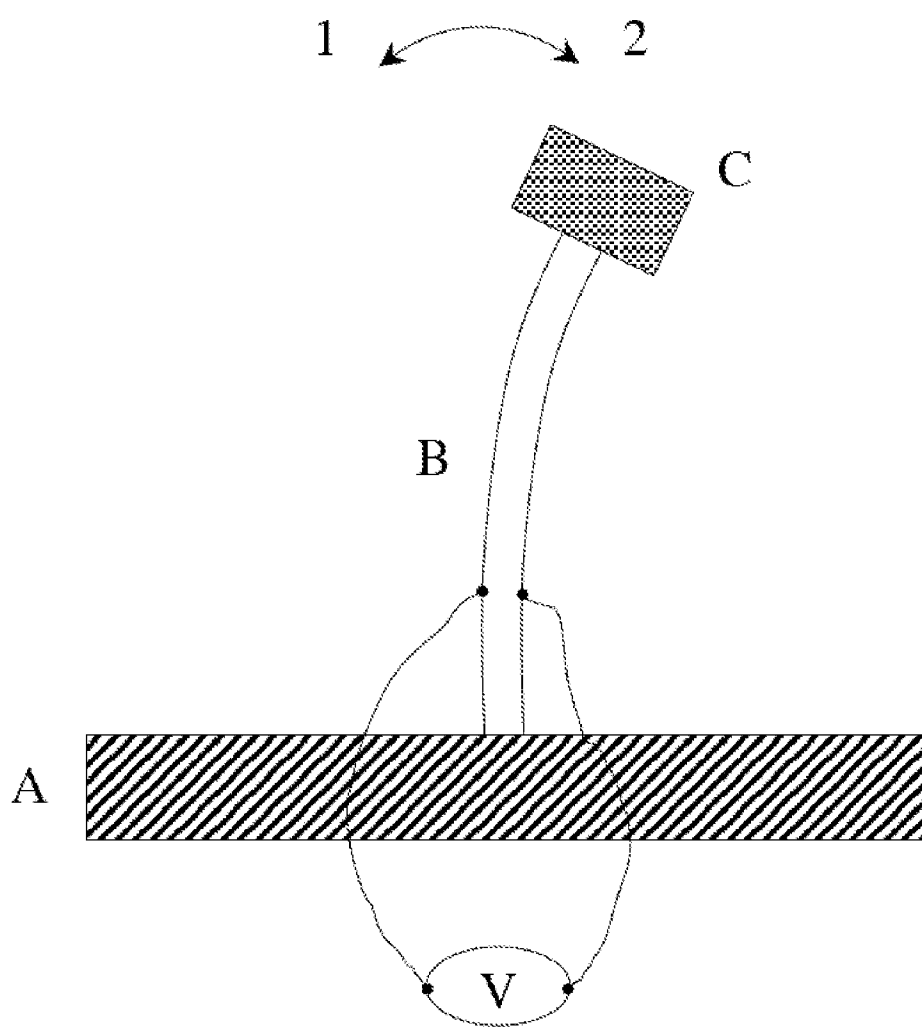


Fig. 2

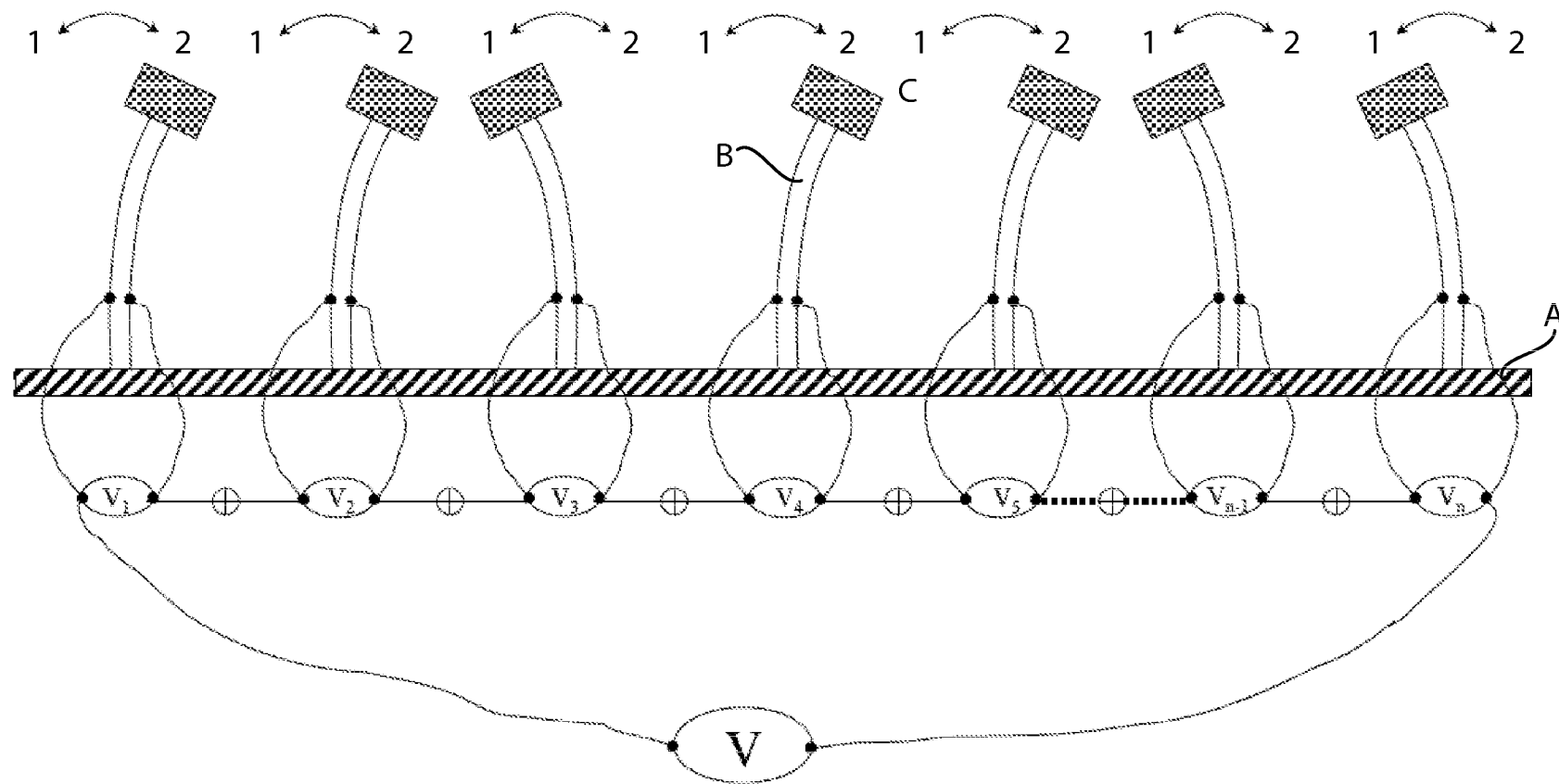


Fig. 3

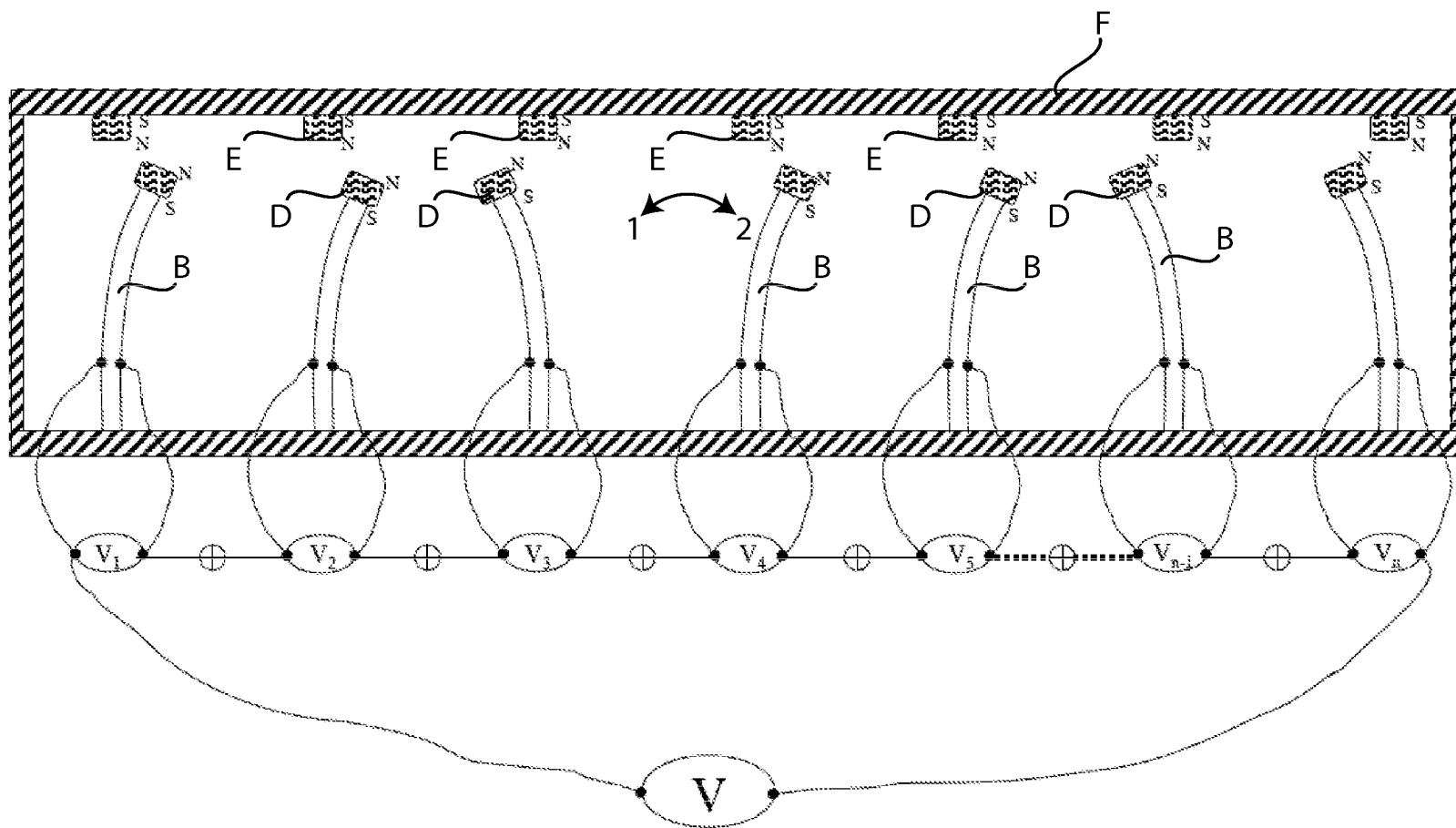


Fig. 4

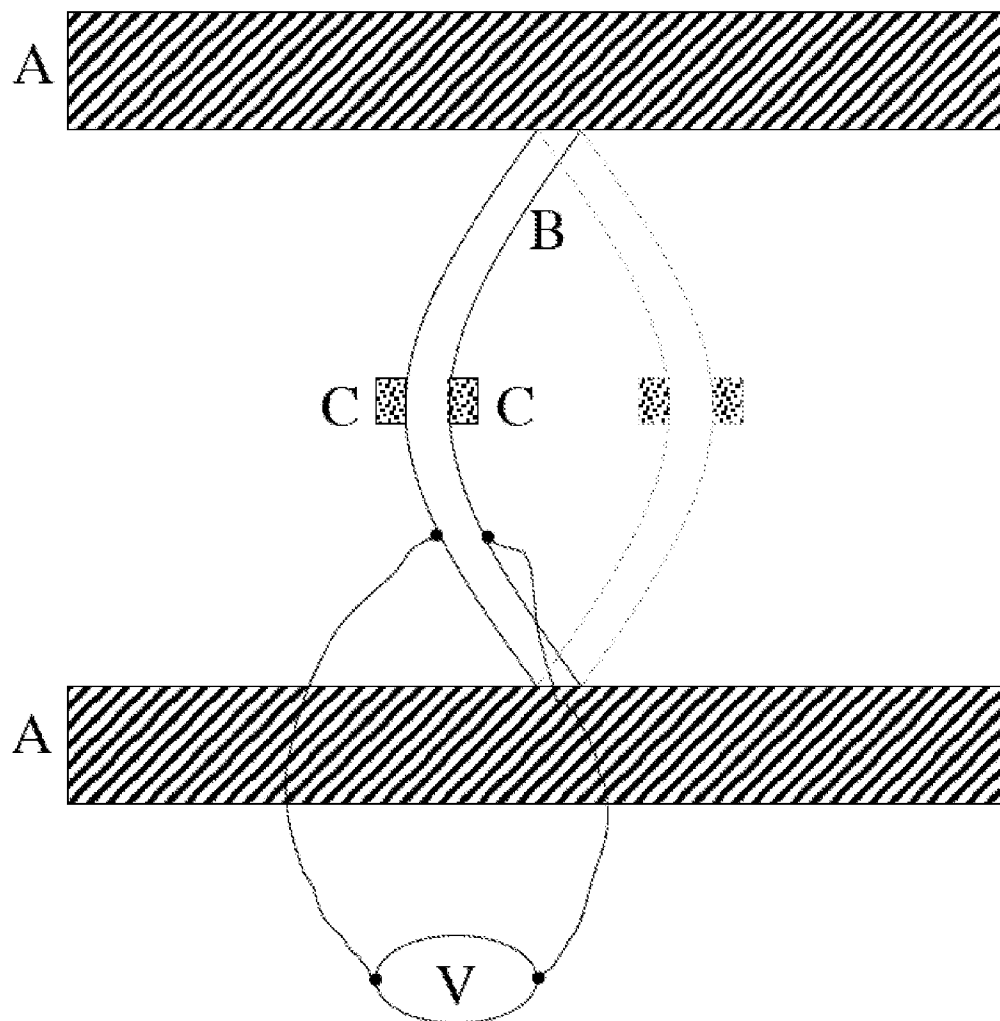


Fig. 5

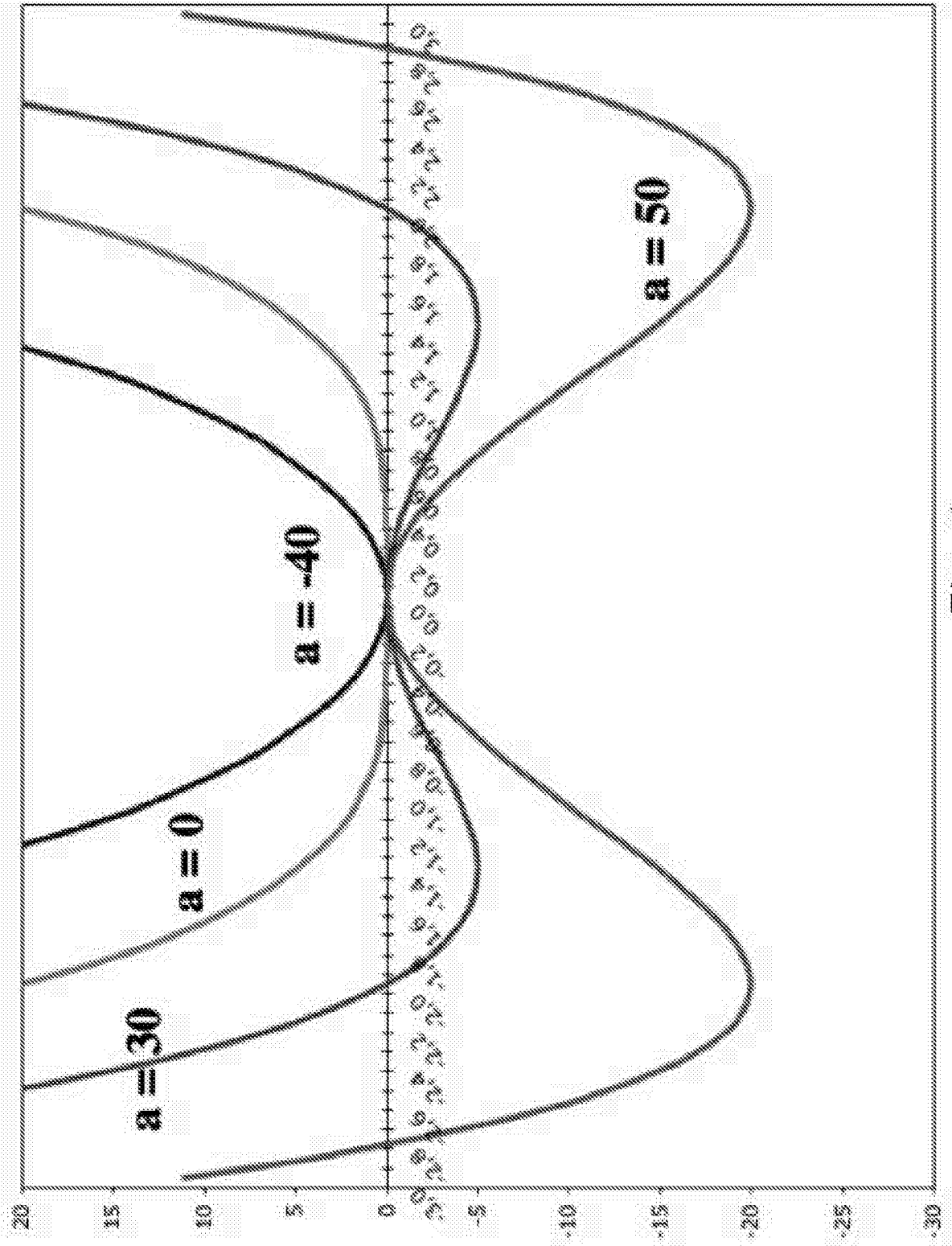


Fig. 6

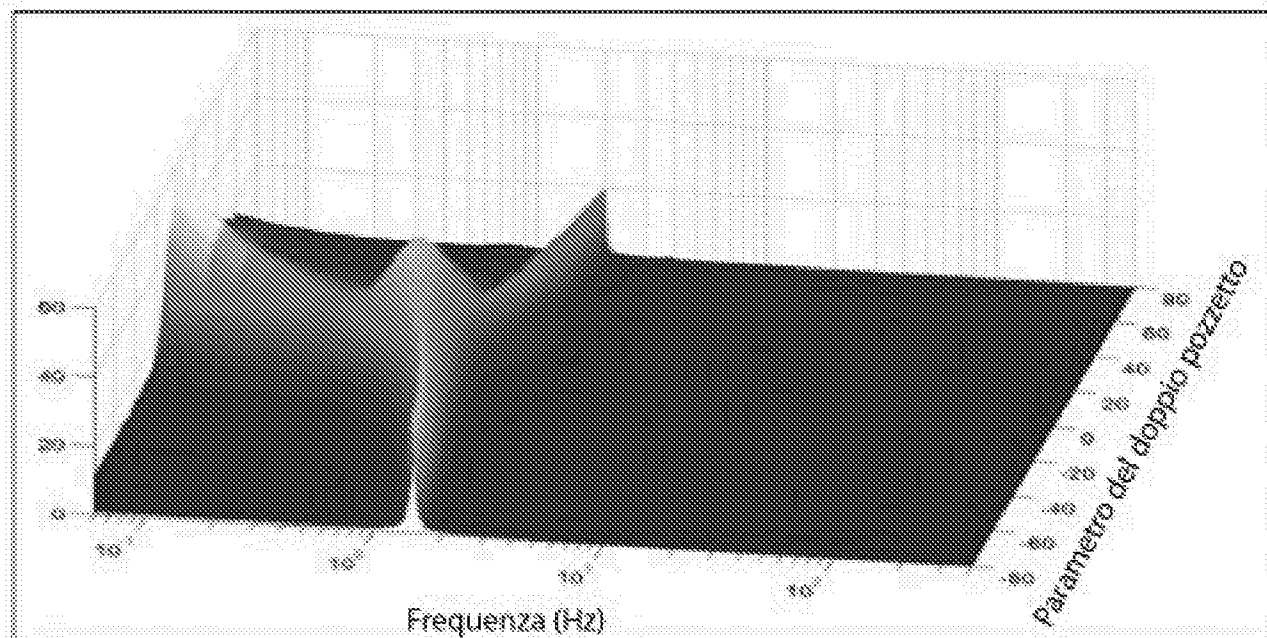


Fig. 7

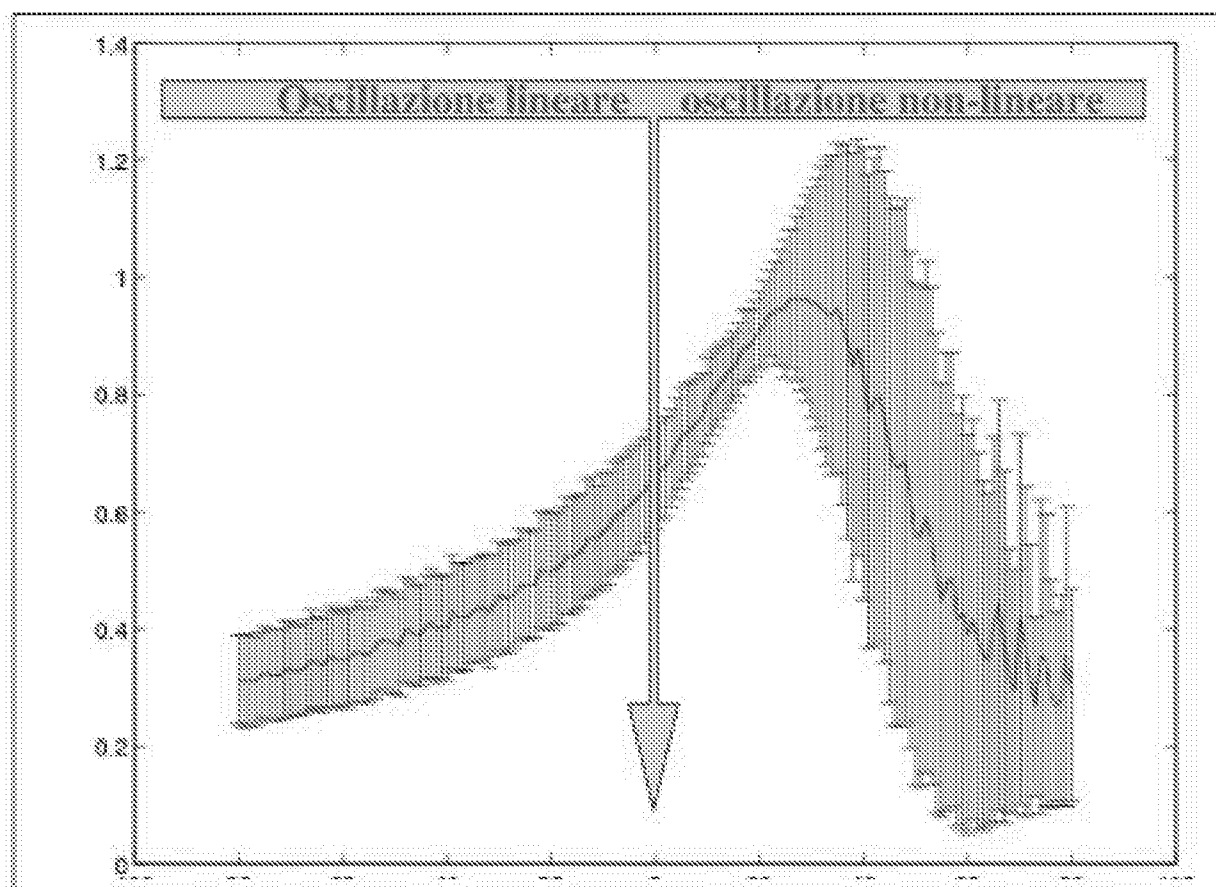


Fig. 8