



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>102013902178390</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>25/07/2013</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>25/01/2015</b>

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	F		

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	F		

Titolo

**DISPOSITIVO ASSORBITORE D'URTI**

## DISPOSITIVO ASSORBITORE D'URTI

La presente invenzione riguarda dispositivi assorbitori di urti migliorati e sistemi e/o componenti che usano tali dispositivi assorbitori di urti. Il termine "dispositivo" deve essere interpretato nella sua accezione più ampia e comprende dispositivi e sistemi assorbitori di urti finiti ed indipendenti nonché parti o sottoinsiemi incorporati in sistemi più grandi o complessi.

Dispositivi assorbitori di urti migliorati sono richiesti in una varietà di applicazioni, i miglioramenti riguardando la capacità sostenere una pluralità di urti da sorgenti esterne, cioè la durata, nonché un meccanismo di dissipazione dell'energia più efficiente, cioè protezione più elevata.

I campi di applicazione dei dispositivi assorbitori sono molto differenti e vanno dai sottoinsiemi meccanici, come ad esempio il paraurti per l'industria automobilistica (automobili, camion) e respingenti per piattaforme ferroviarie, a componenti destinati ad essere incorporati in tessuti per abbigliamento di sicurezza o indumenti come giacche da motociclista. Sebbene in funzione della specifica applicazione o campo di utilizzo la durata o la protezione più elevata possano fornire un vantaggio predominante, il dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione presenta sia una maggiore durata che una protezione più elevata.

Nel campo dei sistemi di chiusura entrambe queste caratteristiche sono rilevanti ad esempio per l'applicazione a respingenti per porte, finestre e cancelli.

Un altro importante aspetto della presente invenzione è che le sue caratteristiche strutturali possono essere facilmente adattate a sistemi e componenti che hanno dimensioni molto diverse, per cui il dispositivo assorbitore di urti può essere facilmente integrato nel sistema o nei componenti finali per le diverse applicazioni.

In un suo primo aspetto l'invenzione riguarda un dispositivo assorbitore di urti comprendente un primo elemento di trattenimento, una pluralità di strutture metalliche snelle aventi un rapporto di snellezza uguale o maggiore di 10, in cui le strutture metalliche snelle sono rispettivamente fissate ad una loro prima estremità a detto primo elemento di trattenimento, caratterizzato dal fatto che:

- le strutture metalliche snelle sono rispettivamente fissate in punti diversi di detto

primo elemento di trattenimento;

- la distanza relativa tra le strutture metalliche snelle di almeno una coppia di strutture metalliche snelle è uguale o minore di  $0.75*L$ , detta distanza essendo misurata rispetto alle loro prime estremità;
- 5 • almeno il 90% dei piani perpendicolari ad elementi snelli adiacenti sono paralleli tra loro o formano un angolo minore di  $20^\circ$ .

L'invenzione verrà ulteriormente l'illustrata con riferimento alle seguenti figure nelle quali:

- Le figure 1A e 1B mostrano rispettivamente in modo schematico una vista dall'alto ed una vista frontale di un dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione, comprendente elementi snelli in forma di foglio o di lamina,
- 10 - Le figure 2A e 2B mostrano rispettivamente in modo schematico una vista dall'alto ed una vista frontale di una forma realizzativa alternativa di un dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione comprendente elementi snelli in forma di lamina,
- 15 - Le figure 3A-3C mostrano rispettivamente in modo schematico una vista dall'alto e viste frontali alternative di un dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione comprendente elementi snelli di tipo filiforme,
- 20 - Le figure 4-4A e 5 mostrano una forma realizzativa alternativa di un dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione comprendente elementi snelli di tipo filiforme,
- La figura 6 è una vista in sezione trasversale che mostra schematicamente una forma realizzativa alternativa di un dispositivo assorbitore di urti secondo la 25 presente invenzione avente una geometria sferica,
- La figura 7 è una vista parzialmente in spaccato che mostra schematicamente una porzione di un dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione,
- La figura 8 è una fotografia di dispositivi assorbitori di urti secondo la 30 presente invenzione,
- La figura 9 è una fotografia di un dispositivo assorbitore di urti realizzato

secondo la tecnica nota,

- La figura 10 è un grafico che mostra un confronto tra le prestazioni di uno dei dispositivi mostrati in figura 8 ed il dispositivo di figura 9,
- La figura 11 è uno schema operativo esemplificativo di un sistema comprendente un dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione.

Per rendere le figure più semplici da comprendere le dimensioni ed i rapporti dimensionali degli elementi sono stati in alcuni casi alterati, con particolare ma non esclusivo riferimento all'altezza ed alla larghezza delle strutture metalliche snelle.

Le strutture metalliche snelle adatte ad essere utilizzate nel dispositivo assorbitore di urti secondo la presente invenzione hanno un rapporto di snellezza, cioè il rapporto tra la loro lunghezza  $L$  e la dimensione laterale minima  $w$ , uguale a 0 o maggiore di 10. Ci sono essenzialmente due tipi principali di strutture snelle che rispondono a questi requisiti, cioè gli elementi laminari o in foglio e gli elementi filiformi.

I dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione raggiungono l'effetto tecnico di prestazioni più elevate grazie ad uno sfruttamento originale del cosiddetto "effetto di punta" delle strutture snelle, cioè la loro capacità di avere una transizione da semplice compressione a flessione sotto carichi di compressione e forze di impatto, con deformazioni conseguentemente ampie. Se le strutture snelle sono fatte di un materiale in grado di sopportare grandi deformazioni, l'energia assorbita cresce in modo notevole. La presente invenzione consiste in una disposizione originale di strutture snelle adatta a sfruttare massimamente questo effetto fisico per essere utilizzata in insiemi e dispositivi assorbitori di urti.

Nella presente invenzione, le strutture snelle sono disposte in modo da assorbire l'energia di impatti che agiscono in una direzione perpendicolare a piani che sono a loro volta perpendicolari alle strutture snelle, ad esempio nel caso di strutture snelle di tipo filiforme le forze di impatto sono essenzialmente dirette lungo i loro assi.

Gli elementi di tipo laminare o in foglio sono preferiti quando è necessaria una direzione preferenziale di cedimento, per esempio nel caso di poggiatesta per sedili di veicoli configurati per evitare movimenti laterali conseguenti ad un incidente.

Elementi di tipo filiforme, cioè strutture snelle che hanno un rapporto uguale o

maggiori di 10 tra L ed una qualsiasi dimensione laterale sono preferiti nel caso di elementi di trattenimento morbidi per esempio tessuti che incorporano fili metallici.

Gli elementi filiformi possono essere tubolari (cioè il loro nucleo è vuoto) o in forma di fili.

5 Dispositivi assorbitori di urti che usano strutture metalliche snelle sono per esempio descritti nel brevetto US 6,530,564, in cui elementi filiformi snelli metallici in forma di fili hanno punti di contatto comuni con l'elemento di trattenimento. Questa configurazione risulta in sistemi assorbitori di urti con prestazioni inferiori rispetto a quelle dei sistemi realizzati secondo la presente invenzione, in quanto essi si basano  
10 sulla deformazione a flessione piuttosto che sul carico di punta.

Un diverso tipo di struttura di assorbimento per lo smorzamento delle vibrazioni è descritta nella pubblicazione internazionale WO 2010/053602, in cui sono descritte colonnine di materiali superelastici come elementi assorbitori di urti per MEMS.

15 Una rappresentazione schematica di una vista dall'alto di un dispositivo assorbitore di urti 10 secondo la presente invenzione è mostrata in figura 1A, mentre una sua vista anteriore è mostrata in figura 1B.

In questa forma realizzativa le strutture snelle 12, 12', 12'', ..., 12<sup>n</sup> sono elementi laminari tutti paralleli tra loro e rispettivamente fissati ad una loro prima estremità su un primo elemento di trattenimento 11 che forma una base del dispositivo assorbitore d'urti  
20 10. Secondo l'invenzione, la distanza relativa tra gli elementi snelli di una coppia di elementi snelli, ad esempio gli elementi 12, 12', è uguale a un minore di 0.75\*L, in cui L indica la lunghezza degli elementi metallici snelli misurata rispetto alle loro prime estremità.

Il dispositivo assorbitore d'urti 10 può inoltre comprendere un secondo elemento  
25 di trattenimento collegato alle strutture metalliche snelle in corrispondenza di loro seconde estremità opposte alle loro prime estremità. Le figure 2A e 2B mostrano rispettivamente una vista dall'alto ed una vista anteriore di un dispositivo assorbitore di urti 20 secondo l'invenzione che, analogamente all' dispositivo assorbitore di urti 10 delle figure 1A e 1B, comprende un elemento di trattenimento di base ed una pluralità di strutture metalliche snelle parallele fissate su di esso. Il dispositivo assorbitore di urti 20 comprende inoltre un secondo elemento di trattenimento 23 collegato alle seconde

estremità delle strutture metalliche snelle. Come mostrato in figura 2°, il secondo elemento di trattenimento 23 può essere fissato alle strutture metalliche snelle solo parzialmente, sebbene i due elementi di trattenimento siano preferibilmente dimensionati in modo da sovrapporsi.

5 Un'interessante configurazione alternativa per entrambe queste forme realizzative prevede l'uso di strutture metalliche snelle che sono sostanzialmente spaziate in modo uniforme e parallele, che la loro distanza relativa essendo uguale o inferiore a  $0.75*L$ .

È importante ribadire che le strutture mostrate schematicamente nelle figure sono strutture ideali. In un dispositivo assorbitore d'urti reale infatti le strutture metalliche 10 snelle possono non essere perfettamente parallele tra loro. Secondo l'invenzione, i piani perpendicolari alle strutture metalliche snelle possono anche formare un angolo uguale o inferiore a  $20^\circ$  senza influenzare le prestazioni del dispositivo assorbitore di urti. Inoltre questa condizione deve essere vera per almeno il 90% delle strutture metalliche snelle, essendo accettabile che un minore numero di esse non rispetti tale condizione.

15 Una forma realizzativa differente di un dispositivo assorbitore di urti 30 secondo la presente invenzione, che impiega strutture metalliche snelle di tipo filiforme, è mostrata schematicamente nella vista dall'alto di figura 3A. Secondo questa forma realizzativa dell'invenzione, il dispositivo assorbitore di urti comprende due tipi differenti di strutture metalliche snelle filiformi. Le differenze tra le strutture metalliche 20 snelle possono riguardare la loro forma, ad esempio la sezione trasversale, il diametro e simili, il materiale metallico, o entrambi. In questo caso sul primo elemento di trattenimento 31 sono fissate una pluralità di strutture metalliche snelle 32, 32', 32'', 32''', ..., 32<sup>n</sup>, aventi ad esempio una sezione trasversale circolare, mentre una struttura snella metallica 33 di un diverso tipo, ad esempio avente una sezione trasversale 25 quadrata, è disposta in una parte centrale del dispositivo assorbitore di urti 30. La condizione secondo la quale almeno due strutture snelle sono disposte ad una distanza relativa uguale o inferiore a  $0.75*L$  può essere garantita da una qualsiasi delle coppie formate dalla struttura metallica snella 33 ed una qualsiasi delle strutture metalliche 32, 32', 32'', 32''', ..., 32<sup>n</sup> ad essa adiacenti.

30 Una prima variante del dispositivo assorbitore di urti 30 è un dispositivo assorbitore di urti 300 la cui vista anteriore è mostrata nella figura 3B. Il dispositivo

assorbitore di urti 300 comprende un secondo elemento di trattenimento 303 che funge da elemento di trattenimento superiore.

Un'altra variante del dispositivo assorbitore di urti 30 è un dispositivo assorbitore di urti 310 la cui vista frontale è mostrata nella figura 3C. In questo caso, le strutture 5 metalliche snelle hanno diverse altezze, quelle disposte nella porzione centrale del dispositivo essendo più alte di quelle disposte progressivamente verso il suo perimetro. Il dispositivo assorbitore di urti 310 comprende inoltre un secondo elemento di trattenimento 313 fissato alle estremità libere delle strutture metalliche snelle ed avente una forma a cupola.

10 Anche in questo caso la maggior parte delle gli elementi metallici filiformi, in particolare il 90% o superiore, sono sostanzialmente paralleli tra loro, essendo questi elementi filiformi in uno spazio tridimensionale, il che significa che i loro rispettivi piani perpendicolari sono paralleli e formano un angolo uguale o inferiore a 20°.

È importante ribadire che le dimensioni i rapporti dimensionali degli elementi 15 delle strutture mostrate nelle figure 3B e 3C sono stati alterati per ragioni di chiarezza e che le strutture metalliche snelle di tipo filiforme hanno una larghezza massima che è 1/10 o meno dell'altezza delle strutture metalliche filiformi.

I dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione non richiedono uno specifico elemento di trattenimento in termini di forma o struttura. La figura 4 mostra ad 20 esempio schematicamente una vista dall'alto di una parte di un dispositivo assorbitore di urti 40 comprendente un elemento di trattenimento di base in forma di una striscia allungata 41 sulla quale sono fissate strutture metalliche snelle 42, 42', 42'', ..., 42<sup>n</sup> allineate su una riga. Nella particolare forma realizzativa rappresentata in figura 4, tutte le strutture metalliche snelle sono uguali tra loro ed uniformemente distanziate, ma 25 come già descritto questo non è un requisito dell'invenzione. La figura 4A mostra una vista anteriore schematica di una parte del dispositivo assorbitore di urti 40. Il dispositivo 40 è stato rappresentato con una sola base, ovvero un solo elemento di trattenimento inferiore 41, ma esso non può inoltre comprendere un elemento di trattenimento superiore.

30 In altre parole, la funzione principale dell'elemento di trattenimento è solo quella di fissare e trattenere le strutture metalliche snelle e di garantire che siano soddisfatte le

condizioni geometriche sui piani perpendicolari alle strutture metalliche snelle.

Come mostrato nella vista anteriore della figura 5, l'elemento di trattenimento 51 di un dispositivo assorbitore di urti 50 secondo l'invenzione può anche essere di tipo non piano. Inoltre, come già sottolineato, è accettabile il fatto che una percentuale 5 inferiore al 10% delle strutture metalliche snelle adiacenti non rispetti la condizione geometrica che i loro piani perpendicolari siano tra loro paralleli o formino un angolo uguale o inferiore a 20°, come ad esempio nel caso delle strutture metalliche snelle adiacenti 52, 52' mostrate in figura 5, dovuto alla forma non planare dell'elemento di trattenimento 51.

10 La figura 6 mostra schematicamente una sezione trasversale di un'altra forma realizzativa di un dispositivo assorbitore di urti 60 secondo la presente invenzione. In questo caso il dispositivo assorbitore di urti 60 ha una geometria sferica nella quale le strutture metalliche snelle 62, 62', ..., 62<sup>n</sup> sono fissate su un elemento di trattenimento centrale 61. Il dispositivo assorbitore di urti 60 mostrato in figura 6 può inoltre 15 comprendere un elemento di trattenimento esterno 63 collegato all'estremità opposta delle strutture metalliche snelle 62, 62', ..., 62<sup>n</sup>. A causa della geometria sferica del dispositivo assorbitore di urti 60, gli elementi metallici snelli non possono essere paralleli ed in questo caso almeno il 90% di essi soddisfano la condizione che i piani perpendicolari alle strutture metalliche snelle formano angoli uguali o inferiori a 20°.

20 Un possibile modo per fissare le strutture metalliche snelle all'elemento di trattenimento è mostrato in figura 7, che rappresenta una vista parzialmente in spaccato di un dispositivo assorbitore di urti 70 secondo la presente invenzione. Come mostrato nella figura, le strutture metalliche snelle 72, 72' sono inserite in un elemento di trattenimento 71 per un certo tratto della loro lunghezza.

25 In questo caso sono previste due possibilità per fissare le strutture metalliche snelle. In un caso l'elemento di trattenimento 71 comprende cavità che sono più grandi delle strutture metalliche snelle inserite in esse. Un mezzo di riempimento colloso riempie le cavità consentendo di ottenere la funzione di trattenimento. Questa soluzione è preferita nel caso di elementi di trattenimento rigidi o duri che fungono da base o 30 substrato. Nel caso di materiali più morbidi, come ad esempio i tessuti, la snellezza delle strutture consente di inserirle a pressione nell'elemento di trattenimento.

In entrambi i casi la parte terminale della struttura snella viene inserita nell'elemento di trattenimento preferibilmente per almeno il 10% della lunghezza L della struttura metallica snella.

Un'altra possibilità per fissare le strutture metalliche snelle su un elemento di trattenimento è mediante strutture snelle incorporate in un opportuno mezzo di riempimento che aderisce all'elemento di trattenimento e mantiene le strutture metalliche snelle in posizione. In questo caso si preferisce prevedere una coppia di elementi di trattenimento fissati alle estremità opposte delle strutture metalliche snelle, perché esse contribuiscono entrambe a contenere il mezzo di riempimento.

Nel caso di elementi di trattenimento di tipo morbido le strutture metalliche snelle possono essere incorporate in esso ad esempio mediante cucitura partendo da un filo metallico continuo, cioè una struttura snella metallica di tipo filiforme, l'operazione di cucitura consentendo alle strutture metalliche snelle di soddisfare i vincoli e le condizioni geometriche della presente invenzione. Un esempio non limitativo di applicazione per questo tipo di dispositivo assorbitore di urti è nella fabbricazione di cinture di sicurezza per automobili di tipo rinforzato.

Come sopra discusso, tutti i dispositivi assorbiti di urti secondo la presente invenzione sono caratterizzati dal fatto che la distanza relativa tra almeno due strutture metalliche snelle è uguale o inferiore a  $0.75*L$ , in cui L è la lunghezza della struttura metallica snella. Tale distanza è preferibilmente inferiore a  $0.25*L$ .

Una definizione alternativa per una sottoclasse preferita di dispositivi assorbiti di urti secondo la presente invenzione è mediante la densità di strutture metalliche snelle per unità di area, definita come rapporto tra l'area occupata dalle strutture metalliche snelle e l'area totale della superficie dell'elemento di trattenimento del dispositivo assorbitore di urti sul quale le strutture metalliche snelle sono fissate. Questo rapporto deve essere uguale a o maggiore di  $10^{-4}$ , preferibilmente uguale a o maggiore di  $10^{-3}$ .

Materiali adatti per la fabbricazione dell'elemento di trattenimento o degli elementi di trattenimento possono essere materiali metallici, materiali plastici, tessuti o materiali polimerici. Lo spessore dell'elemento o degli elementi di trattenimento è preferibilmente uguale a o maggiore del diametro delle strutture metalliche snelle quando vengono impiegate strutture di tipo filiforme, oppure dello spessore quando

vengono utilizzate strutture laminarie o in foglio, e più preferibilmente uguale a o maggiore di cinque volte il diametro o lo spessore. Come regola generale, quanto più duro è il materiale di cui è fatto l'elemento di trattenimento tanto minore è il suo spessore. Si comprenderà che i tessuti che incorporano strutture metalliche snelle non sono soggette a questi criteri.

Gli elementi di trattenimento dei dispositivi assorbitori di urti secondo l'invenzione possono essere fatti dello stesso materiale o di materiali differenti e possono avere geometrie uguali o differenti.

Materiali metallici particolarmente adatti ad essere utilizzati per le strutture metalliche snelle sono gli acciai, l'acciaio armonico è preferito, l'alluminio e le sue leghe, il rame e le sue leghe, il titanio e le sue leghe, il magnesio e le sue leghe, il nichel e le sue leghe.

Particolarmente adatto per la fabbricazione delle strutture metalliche snelle dei dispositivi assorbitori dell'invenzione è l'uso di metalli intelligenti. I metalli intelligenti comprendono leghe superelastiche e leghe a memoria di forma, queste ultime essendo inoltre note nel settore con l'acronimo "SMA". Questi materiali sono ampiamente noti nel settore e ad esempio descritti nel brevetto europeo EP 0226826, che riguarda leghe superelastiche e leghe a memoria di forma Ni-Ti.

Sebbene siano note diverse composizioni di metalli intelligenti (SMA e superelasticci), i metalli intelligenti più utilizzati nel settore sono quelli basati sulle leghe Ni-Ti, nelle quali il nichel ed il titanio formano almeno il 70% in peso della lega. La lega più comune comprende dal 54% al 55.5% in peso di nichel, il resto essendo titanio (tracce di altre componenti sono possibili, tipicamente il loro contenuto complessivo essendo inferiore all'1% in peso).

Queste leghe sono solitamente pienamente caratterizzate non solo dalla loro composizione ma anche dal loro comportamento quando sottoposte ad un processo di riscaldamento (tipicamente fornendo loro una corrente controllata) che causa la loro transizione tra due fasi stabili (austenitica, martensitica). In particolare, As, e Af sono le temperature di inizio e fine alle quali inizia la trasformazione della fase austenitica, e Ms e Mf sono invece quelle che caratterizzano la fase martensitica, maggiori dettagli ed informazioni sul comportamento delle leghe che sono suscettibili di trasformazioni

reversibili austenitica-martensitica, come il Nitinol, possono essere trovate in varie pubblicazioni come ad esempio il brevetto US 4,067,752.

Inoltre altre leghe utilizzabili prevedono l'aggiunta di quantità di uno o più altri elementi. A questo proposito altre leghe apprezzate nel settore sono le leghe Ni-Ti-Cu,

5 come quelle descritte nel brevetto US 4,144,057. La proprietà utile dei materiali SMA è che essi tornano alla loro forma originale quando sottoposti ad un trattamento di riscaldamento, per cui nei dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione essi trovano due principali tipi di applicazione. Essi possono ripristinare le proprietà di un dispositivo assorbitore di urti dopo che esso è stato sottoposto ad un numero eccessivo di urti o ad un carico eccessivo, oppure possono essere utilizzati come 10 testimoni quando utilizzati congiuntamente con altri materiali che presentano una maggiore elasticità, come ad esempio i materiali superelastici.

Alla luce di quanto sopra, ci sono configurazioni preferite dei dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione.

15 Una prima configurazione preferita prevede l'uso di almeno il 30%, più preferibilmente almeno il 90%, di strutture metalliche snelle fatte di un materiale metallico superelastico. Questi dispositivi assorbitori di urti sono quelli che presentano la resistenza più elevata.

Un'altra configurazione preferita dei dispositivi assorbitori di urti secondo la 20 presente invenzione prevede la presenza di almeno una struttura metallica snella fatta di un materiale memoria di forma. Questo è particolarmente vantaggioso nel caso di dispositivi assorbitori di urti comprendenti un elevato numero di strutture snelle superelastiche, poiché l'elemento a memoria di forma può essere l'unico testimone del fatto che il sistema ha subito un impatto. Il riscaldamento del dispositivo assorbitore di urti può ripristinare la forma dell'elemento a memoria di forma, così ripristinando la sua 25 funzionalità come sensore di impatto all'interno del sistema.

Sono inoltre vantaggiosi i dispositivi assorbitori di urti che usano un insieme misto di strutture snelle fatte di diversi materiali intelligenti, in particolare dispositivi assorbitori di urti che comprendono almeno il 30% di strutture snelle superelastiche ed il 30% di strutture snelle a memoria di forma, oppure dispositivi assorbitori di urti nei quali la maggior parte delle strutture metalliche snelle sono fatte di materiali a memoria

di forma.

La proprietà di ripristino della forma delle strutture metalliche snelle fatte di metalli a memoria di forma uno può essere utilizzata in due modi diversi. Da una parte la funzionalità di un dispositivo assorbitore di urti può essere ripristinata mediante un riscaldamento controllato (per esempio fornendo una corrente elettrica agli elementi metallici snelli), così facendo in modo che un elemento a memoria di forma ritorni alla sua forma originale. D'altra parte è possibile regolare le proprietà del dispositivo assorbitore di urti controllandone la temperatura, ad esempio scegliendo strutture metalliche snelle che presentano un comportamento memoria di forma piuttosto che un comportamento superelastico in funzione di specifiche situazioni, usi o applicazioni.

Come già sottolineato il modo preferito per controllare le proprietà delle strutture snelle a memoria di forma è mediante riscaldamento fornendo una corrente elettrica. La corrente che alimenta il dispositivo assorbitore di urti può essere vantaggiosamente fornita con un controllo di retroazione, tipicamente sulla resistenza del filo SMA.

I dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione possono anche essere usati non solo per proteggere dispositivi nei quali sono installati, ma anche per proteggere gli elementi che interagiscono con essi. In modo più specifico, essi possono essere parte di elementi urbani come semafori, parapetti di strade, sistemi di sicurezza per tracciati da gara, allo scopo di fornire migliori condizioni di sicurezza in caso di incidenti.

Un esempio di questa struttura e concetto che utilizza un dispositivo assorbitore di urti comprendente strutture metalliche snelle a memoria di forma controllate è mostrato schematicamente nella vista dall'alto di figura 11. In questo caso un sistema 110 comprende un dispositivo assorbitore di urti 111 che contiene un elemento di trattenimento 1111 che funge da base sulla quale sono fissate una pluralità di strutture metalliche snelle. Nel particolare esempio mostrato in figura 11, il dispositivo assorbitore di urti comprende due diversi tipi di strutture metalliche snelle rispettivamente indicate con i numeri di riferimento 1112, 1112', ..., 1112<sup>n</sup> e 1113, 1113', ..., 1113<sup>n</sup>. Le strutture metalliche snelle 1113, 1113', ..., 1113<sup>n</sup> sono fatte di un metallo a memoria di forma. Si sottolinea che la figura 11 è uno schema semplificato e che l'elemento 111 può essere più complesso oppure essere la parte più importante di un

dispositivo più complesso (ai fini della presente invenzione). Il dispositivo assorbitore di urti 111 è collegato ad un controllore 112 (non mostrato) in grado di fornire una corrente I. L'intensità della corrente può essere regolata in funzione di uno o più ingressi esterni che possono essere di tipo e natura diversi. Nel particolare esempio mostrato in 5 figura 11, ci sono tre diversi tipi di sensori, un sensore per la ricostruzione dello scenario 113 (ad esempio una telecamera), un sensore di pressione/impatto 114 ed un ingresso 115 azionabile manualmente. Possono essere presenti più o meno elementi ed anche la loro natura può essere diversa, infatti come già sottolineato lo schema di figura 11 è solo un esempio.

10 Tra le ulteriori applicazioni utili vi sono le barelle per le persone ferite, l'abbigliamento di sicurezza, le cinture di sicurezza, gli assorbitori di urti per apparecchi casalinghi o industriali, gli accessori per i motociclisti, i respingenti per sistemi di chiusura, parti di imballi per oggetti o equipaggiamenti fragili.

15 Le cinture di sicurezza non sono l'unico possibile uso o posizionamento all'interno di veicoli e sistemi di trasporto dove i dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione forniscono i loro vantaggi; per esempio essi possono essere incorporati in elementi come portiere laterali, sedili e simili per incrementare la sicurezza in caso di incidenti.

20 Inoltre, i dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione possono essere installati in sistemi di supporto o dispositivi come cuscinetti.

I dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione possono essere parte di altri sistemi e pertanto essi comprendono elementi aggiuntivi o strati a contatto con i loro elementi di trattenimento. Inoltre, nei sistemi finali possono essere presenti più dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione, per esempio una 25 sequenza di sistemi sovrapposti nella quale la prima struttura di trattenimento di un sistema forma la seconda struttura di trattenimento del sistema seguente. In questo caso può essere particolarmente vantaggioso accoppiare sistemi di diversa resistenza all'impatto, fornendo così un dispositivo assorbitore di urti composto avente una protezione a strati di tipo crescente.

30 L'invenzione verrà ulteriormente descritta mediante i seguenti esempi non limitativi.

### Esempio 1

È stata preparata una serie di dispositivi assorbitori di urti secondo la presente invenzione. Tutti i dispositivi avevano caratteristiche geometriche comuni come mostrato in figura 8. Essi comprendevano due elementi di trattenimento metallici paralleli nella forma di piastre da 70x18 mm fatte di alluminio con uno spessore di 10 mm, queste piastre essendo distanziate mediante 39 strutture metalliche snelle disposte in tre file parallele. Questi elementi erano essenzialmente paralleli tra loro e la minima distanza è 5 mm.

Le strutture metalliche snelle erano in forma di fili circolari con un diametro di 0.5 mm ed una lunghezza di 30 mm, 5 mm essendo la lunghezza dei tratti degli elementi snelli inseriti negli elementi di trattenimento superiore ed inferiore, e pertanto distanziati di 20 mm. Gli elementi di trattenimento avevano fori di diametro 0.6 mm per alloggiare le strutture metalliche snelle. Per fissare e trattenere le strutture metalliche snelle nell'elemento di trattenimento forato è stato usato un adesivo ciano-acrilato.

Sono stati realizzati quattro diversi campioni di dispositivi assorbitori di urti utilizzando un metallo differente per le strutture snelle, in particolare:

Campione 1 (S1): fili di acciaio galvanizzato

Campione 2 (S2): fili di acciaio armonico

Campione 3 (S3): fili a memoria di forma di Nitinol (As: 90°C)

Campione 4 (S4): fili superelastici di Nitinol (As: -25°C)

I dispositivi assorbitori di urti sono stati testati con prove ad impatto con un pendolo Amsler, che consente di verificare l'energia assorbita nell'impatto nonché la resistenza dei dispositivi assorbitori d'urti. I campioni 1, 2, 4 sono stati sottoposti a molteplici impatti con la stessa energia (5 corse) e poi l'energia è stata aumentata partendo da 0.325J fino a 2.925J a passi di 0.325J. Solo il campione 4 è stato anche testato a 11.7J.

Il campione 3, comprendente fili a memoria di forma, è stato sottoposto ad una sorta di prova accelerata e sottoposto a due urti per ogni livello di energia, poiché dopo ciascun urto sulla macchina Amsler è stato sottoposto ad un trattamento di riscaldamento per ripristinare la forma originale delle strutture snelle filiformi.

Le prove sono i vari campioni sono state fermate quando i dispositivi assorbitori

di urti hanno perso la loro integrità strutturale, cioè quando si è verificata una significativa variazione della distanza tra gli elementi di trattenimento e/o la maggior parte dei fili metallici ha perso la configurazione rettilinea; nel caso del campione 3 questo significa che i fili non hanno potuto recuperare la loro forma, cioè che il dispositivo assorbitore di urti era irreversibilmente danneggiato.

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella 1 qui sotto riportata.

**Tabella 1**

Campione ID	Numero di urti	Energia totale (J)	Massima energia d'urto (J)	Energia totale assorbita (J)	Energia assorbita (%)
S1	2	0,3	0,3	0,58	90
S2	20	1,3	1,3	7,96	50-60
S3	8	3,9	3,9	7,15	85-95
S4	43	54,66	11,7	54,66	80-90

Pertanto, ciascuno dei campioni fatti secondo la presente invenzione presenta caratteristiche vantaggiose rispetto a dispositivi assorbitori di urti di tipo standard, in particolare il campione 1, sebbene non in grado di sopportare urti superiori o prolungati, presenta caratteristiche di assorbimento di energia molto buone, situazione sostanzialmente opposta rispetto al campione 2.

Il campione 3 (memoria di forma) ed il campione 4 (superelastico) hanno eccellenti caratteristiche sia di durata che di assorbimento di energia, pertanto forniscono ulteriori vantaggi come dispositivi assorbitori di urti. Come già descritto, il campione 3 richiede un trattamento di ripristino mediante riscaldamento dopo ogni corsa.

### **Esempio 2**

In questo caso il campione 4 è stato confrontato in un esperimento diverso ad un dispositivo assorbitore di urti realizzato secondo la tecnica nota.

In particolare la struttura di confronto C1 era fatta con elementi dello stesso tipo del campione 4 (Nitinol superelastico), tuttavia i fili che collegano gli elementi di trattenimento non sono rettilinei ma ricurvi come mostrato in figura 9, quindi violando

la condizione sul parallelismo dei piani perpendicolari alle strutture metalliche snelle. Il campione di confronto C1 rappresenta il comportamento di un dispositivo assorbitore di urti come descritto nel brevetto US 6,530,564 sopra menzionato.

I campioni 4 e C1 sono stati sottoposti ad una prova di compressione in un dispositivo digitale di prova di forza Chatillon TCD110, che consente di tracciare la curva forza-spostamento per l'intera fase di carico.

I risultati delle prove sono mostrati in figura 10, nella quale sull'asse X è riportata la riduzione della distanza tra i due elementi di trattenimento espressa in mm, mentre sull'asse Y è riportata la forza espressa in Newton.

10 L'area del ciclo di isteresi rappresenta l'energia assorbita dal sistema ed è immediatamente evidente che il campione 4 (curva più spessa 1001) possiede caratteristiche molto migliore rispetto a quella del esempio comparativo C1 (curva 1002).

15 Inoltre il campione 4 possiede un'altra caratteristica interessante, in particolare presenta una sorta di effetto soglia, il dispositivo assorbitore di urti è molto rigido e resistente durante la compressione iniziale e poi si deforma e quindi assorbe l'energia. Questo comportamento è differente ed opposto a quello di dispositivi assorbiti di urti tradizionali, nei quali la rigidità/resistenza aumenta all'aumentare i carichi, ed è particolarmente apprezzato in alcune applicazioni, per esempio per i sistemi di trasporto 20 di persone ferite come le barelle o le lettighe.

## RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo assorbitore di urti (10; 20; 30; 300; 310; 40; 50; 60; 111) comprendente un primo elemento di trattenimento (11; 31; 41; 51; 61, 111) ed una pluralità di strutture metalliche snelle (12, 12', 12'', 12<sup>n</sup>; 32, 32', 32'', 32<sup>n</sup>, 33; 42, 42', 42'', 42<sup>n</sup>; 52, 52'; 1112, 1112', 1112<sup>n</sup>, 1113, 1113', 1113<sup>n</sup>) aventi una prima ed una seconda estremità, dette strutture metalliche snelle avendo rispettivamente un rapporto di snellezza uguale a o maggiore di 10, in cui le strutture metalliche snelle sono rispettivamente fissate alle loro prime estremità a detto elemento di trattenimento, 10 caratterizzato dal fatto che:
  - i) le strutture metalliche snelle sono fissate in punti diversi di detto elemento di trattenimento,
  - ii) la distanza relativa tra le strutture metalliche snelle di almeno una coppia di strutture metalliche snelle (12, 12'; 32, 32'; 42, 42'; 52, 52'; 62, 62'; 1112, 1113) 15 è uguale o inferiore a 0.75\*L, detta distanza essendo misurata rispetto alle loro prime estremità,
  - iii) almeno il 90% dei piani perpendicolari alle strutture metalliche snelle sono paralleli tra loro o formano un angolo minore di o uguale a 20°.
2. Dispositivo assorbitore di urti secondo la rivendicazione 1, in cui il rapporto 20 tra l'area occupata dalle strutture metalliche snelle e l'area della superficie totale dell'elemento di trattenimento sul quale le strutture metalliche snelle sono fissate è uguale a o maggiore di 10<sup>-4</sup>, preferibilmente uguale a o maggiore di 10<sup>-3</sup>.
3. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta lunghezza L è compresa fra 3 mm e 30 cm.
- 25 4. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta pluralità di strutture metalliche snelle sono strutture metalliche filiformi.
5. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto elemento di trattenimento è un elemento di forma piana.
- 30 6. Dispositivo assorbitore di urti secondo la rivendicazione 1, in cui detto dispositivo assorbitore di urti (60) ha una forma sferica e detto primo elemento di

trattenimento (61) costituisce una sua parte centrale.

7. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui seconde estremità di dette strutture metalliche snelle opposte alle loro prime estremità sono estremità libere.

5 8. Dispositivo assorbitore di urti (20; 300; 310) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6, comprendente inoltre un secondo elemento di trattenimento (23; 303; 313; 63) ed in cui seconde estremità di dette strutture metalliche snelle, opposte alle loro prime estremità, sono fissate a detto secondo elemento di trattenimento, dette strutture metalliche snelle essendo rispettivamente fissate in diversi punti di detto 10 secondo elemento di trattenimento.

9. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui almeno il 30%, e preferibilmente il 90%, delle strutture metalliche snelle sono fatte di metalli superelastici.

10. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 15 precedenti, in cui almeno una delle strutture metalliche snelle è fatta di un metallo a memoria di forma.

11. Dispositivo assorbitore di urti secondo la rivendicazione 10, in cui almeno il 30% delle strutture metalliche snelle sono fatte di un metallo a memoria di forma.

12. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 20 a 8, in cui almeno il 30% delle strutture metalliche snelle sono fatte di un materiale superelastico ed almeno il 30% delle strutture metalliche snelle sono fatte di un metallo a memoria di forma.

13. Dispositivo assorbitore di urti secondo la rivendicazione 1, in cui le prime estremità delle strutture metalliche snelle si estendono nell'elemento di trattenimento e 25 sono bloccate in esso.

14. Dispositivo assorbitore di urti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre uno o più elementi esterni all'elemento di trattenimento.

15. Dispositivo assorbitore di urti secondo la rivendicazione 14, comprendente 30 inoltre una pluralità di primi elementi di trattenimento sovrapposti uno all'altro, ciascuno di detti primi elementi di trattenimento essendo fissato ad una pluralità di

rispettive strutture metalliche snelle.

16. Sistema comprendente un dispositivo assorbitore di urti secondo la rivendicazione 1.

17. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui detto sistema è un sistema di chiusura.

18. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui il sistema è una parte o un componente di un elemento di sostegno.

19. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui il sistema è un veicolo.

10 20. Sistema secondo la rivendicazione 19, in cui il dispositivo assorbitore di urti è incorporato in un paraurti di detto veicolo.

21. Sistema secondo la rivendicazione 19, in cui il dispositivo assorbitore di urti è incorporato in una cintura di sicurezza di detto veicolo.

22. Sistema secondo la rivendicazione 19, in cui il dispositivo assorbitore di urti è incorporato in un sedile di detto veicolo.

15 23. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui il sistema è un sistema di trasporto per persone ferite.

24. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui il sistema è un tessuto.

25. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui il sistema è un apparecchio casalingo o industriale.

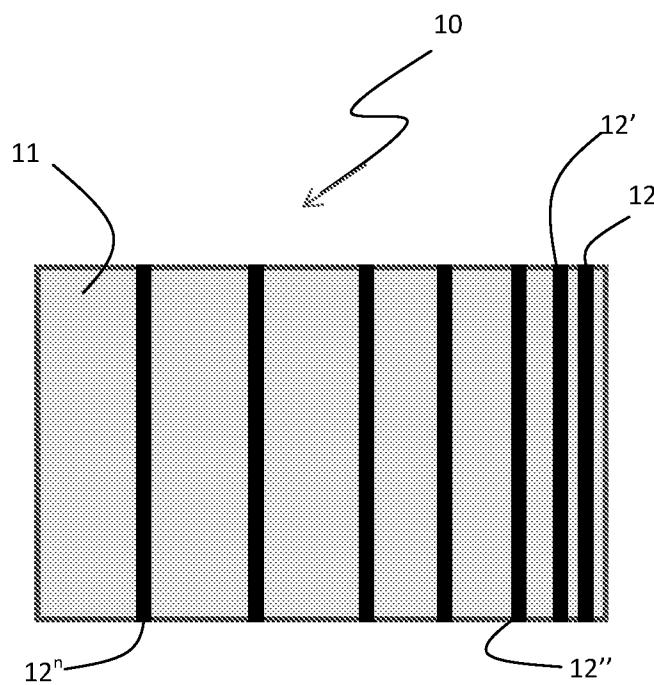
20 26. Sistema secondo la rivendicazione 16, in cui il sistema è un imballo.

27. Metodo per il funzionamento di un dispositivo assorbitore di urti (1111) secondo la rivendicazione 10, detto metodo comprendendo una fase di fornire una corrente (I) controllata da un controllore (112) ad una struttura metallica snella fatta di un materiale a memoria di forma, in cui il funzionamento di detto controllore (112) è controllato sulla base di ingressi esterni da uno o più sensori.

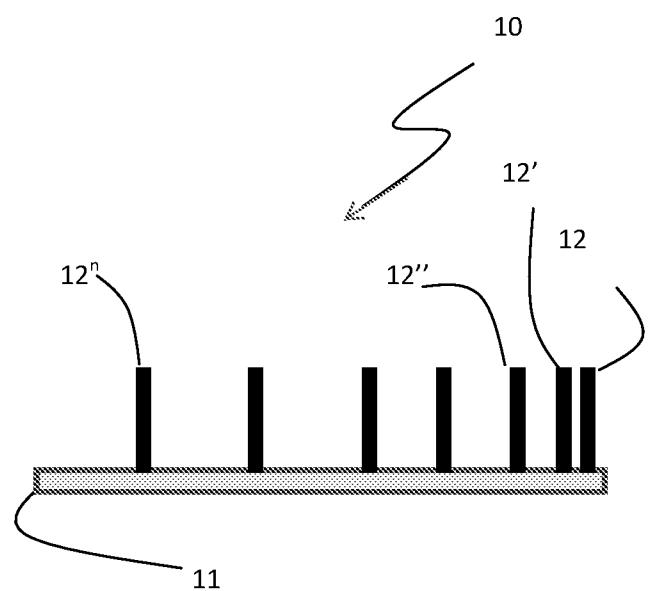
28. Metodo secondo la rivendicazione 27, in cui detti ingressi esterni sono forniti da un sensore di pressione (116).

29. Metodo secondo la rivendicazione 27, in cui detti ingressi esterni sono forniti da un sensore visivo o di ricostruzione di scenario (115).

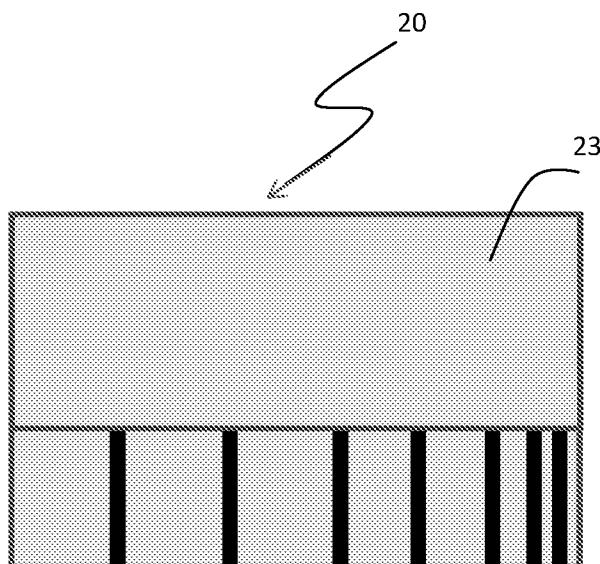
30 30. Metodo secondo la rivendicazione 27, in cui detti ingressi esterni sono forniti da un sensore (117) azionato manualmente.



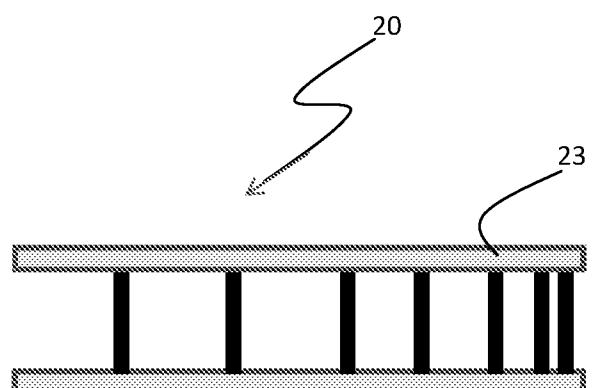
**Fig. 1A**



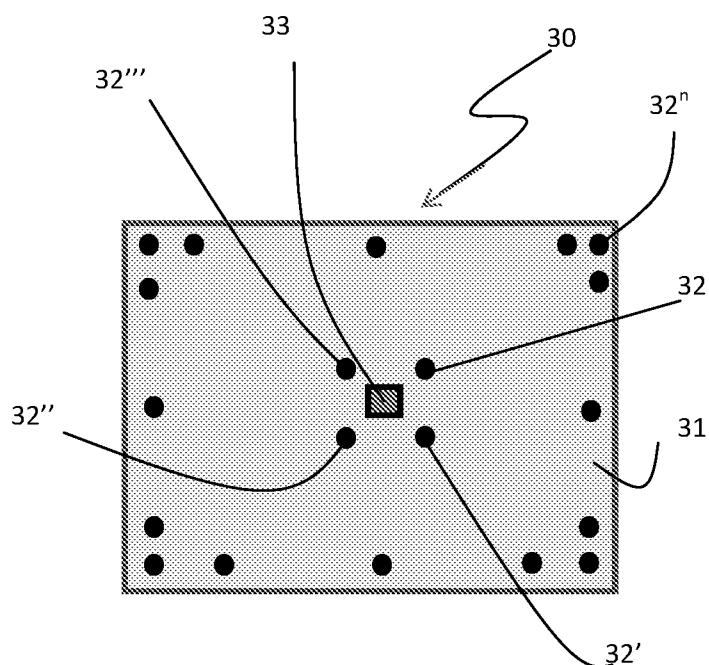
**Fig. 1B**



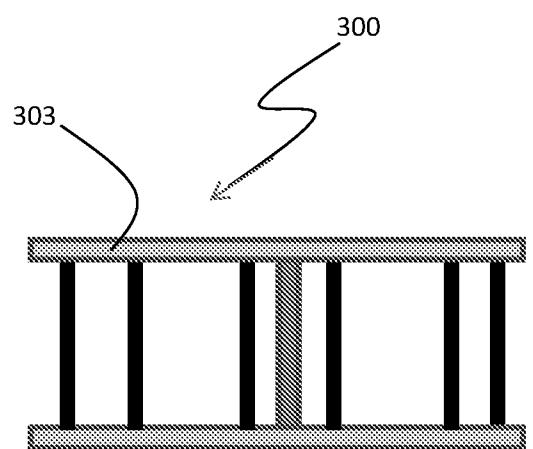
**Fig. 2A**



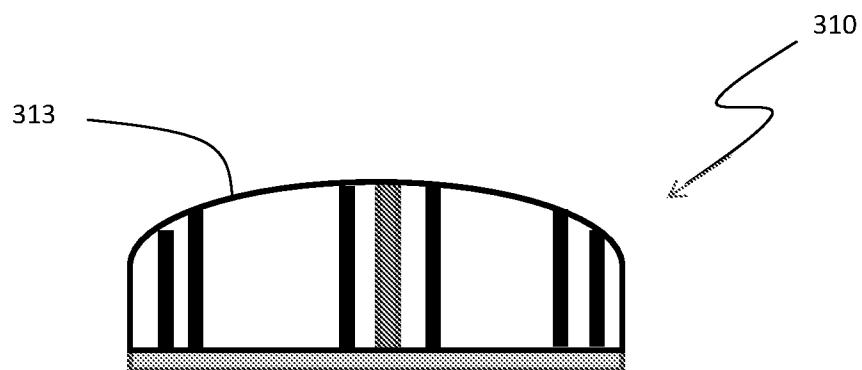
**Fig. 2B**



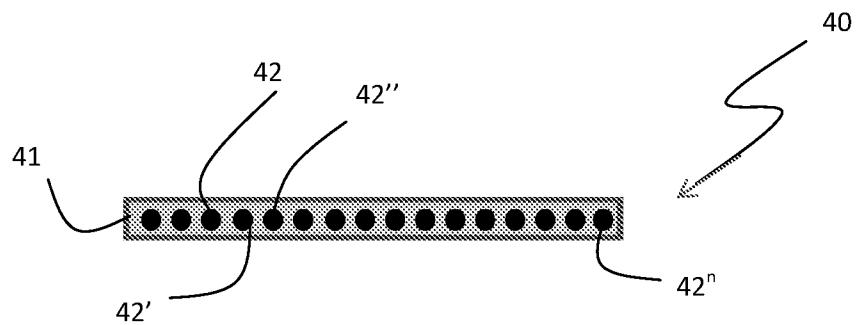
**Fig. 3A**



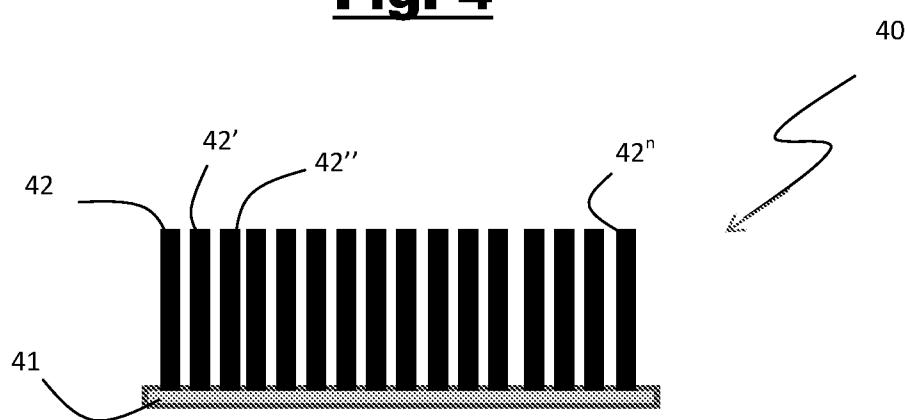
**Fig. 3B**



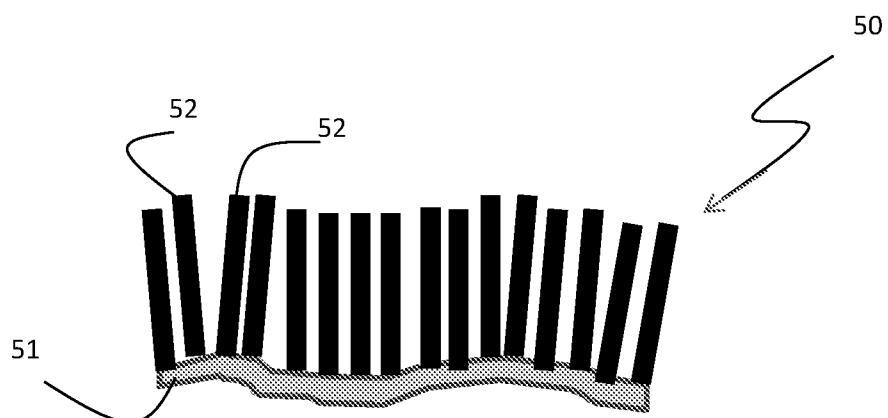
**Fig. 3C**



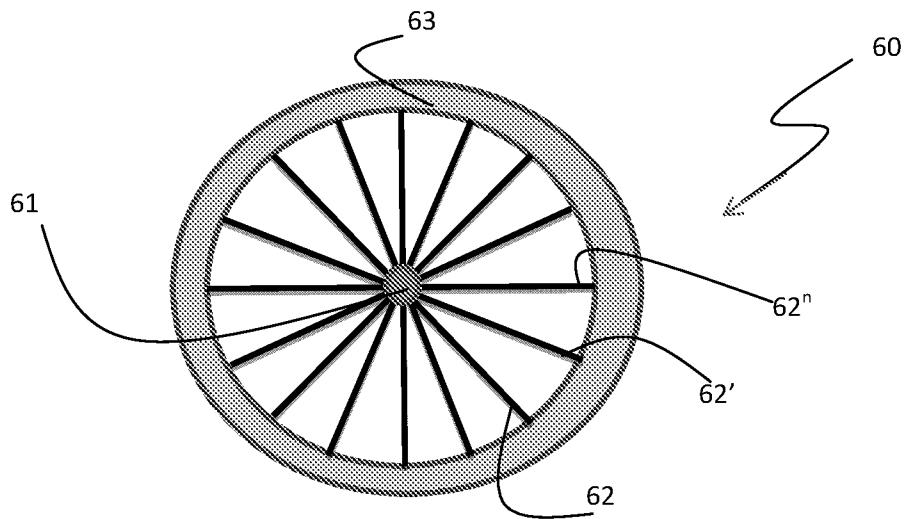
**Fig. 4**



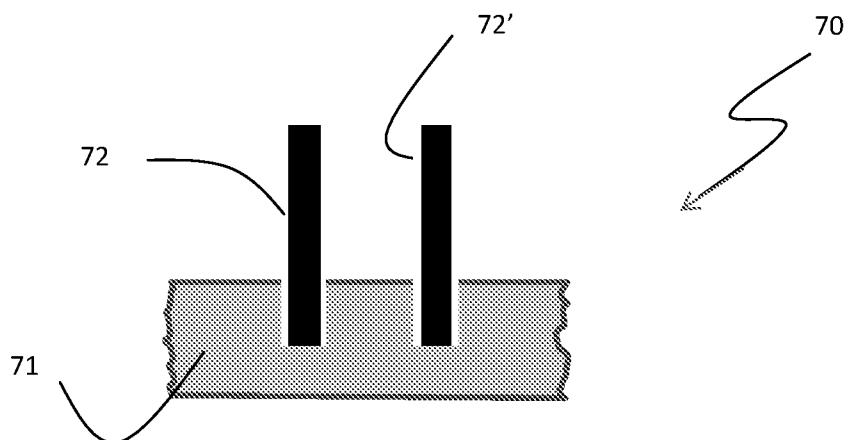
**Fig. 4A**



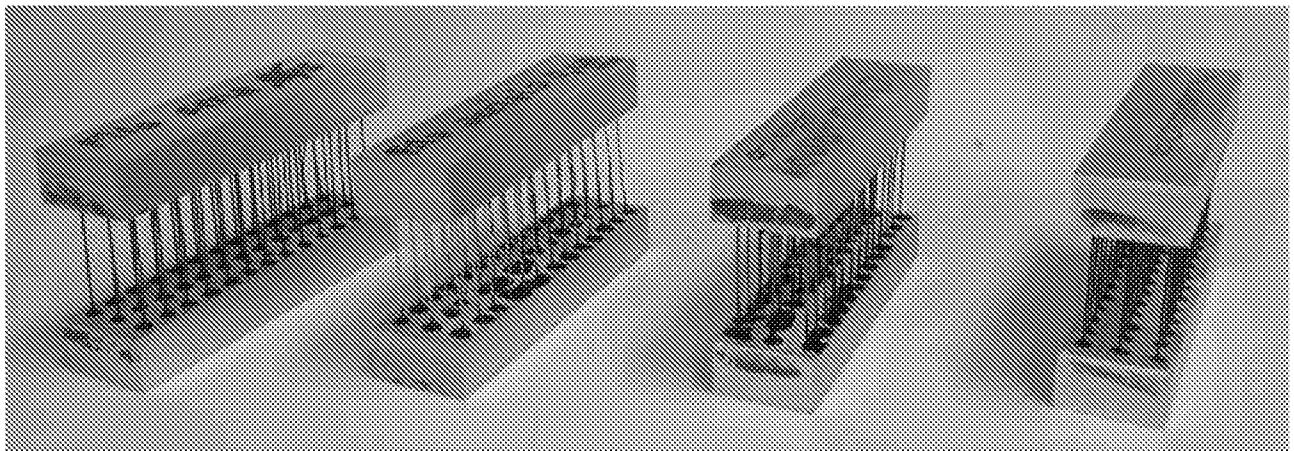
**Fig. 5**



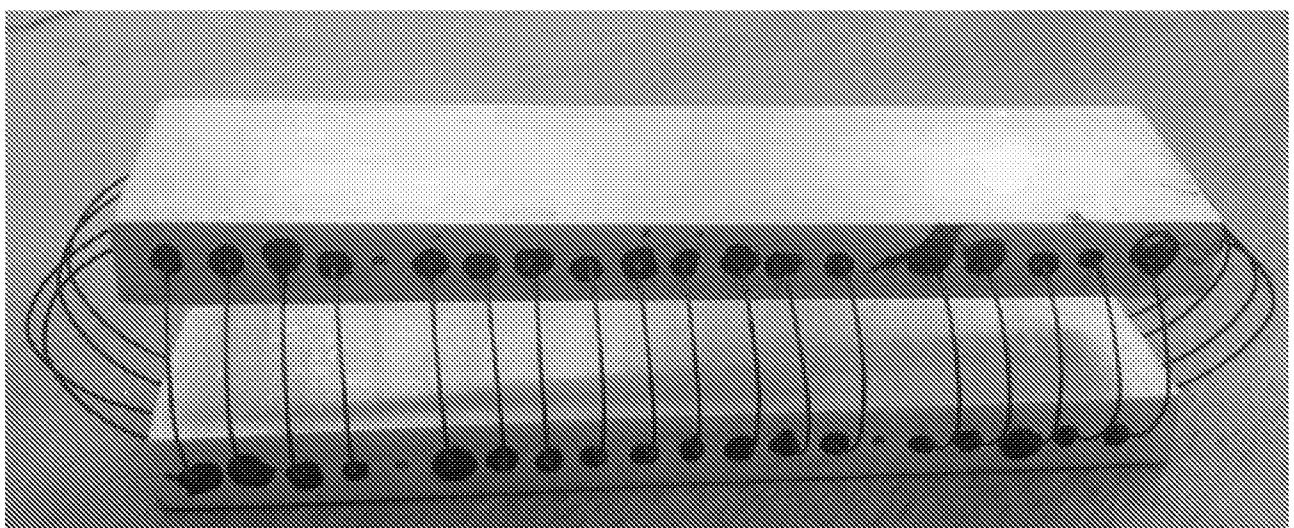
**Fig. 6**



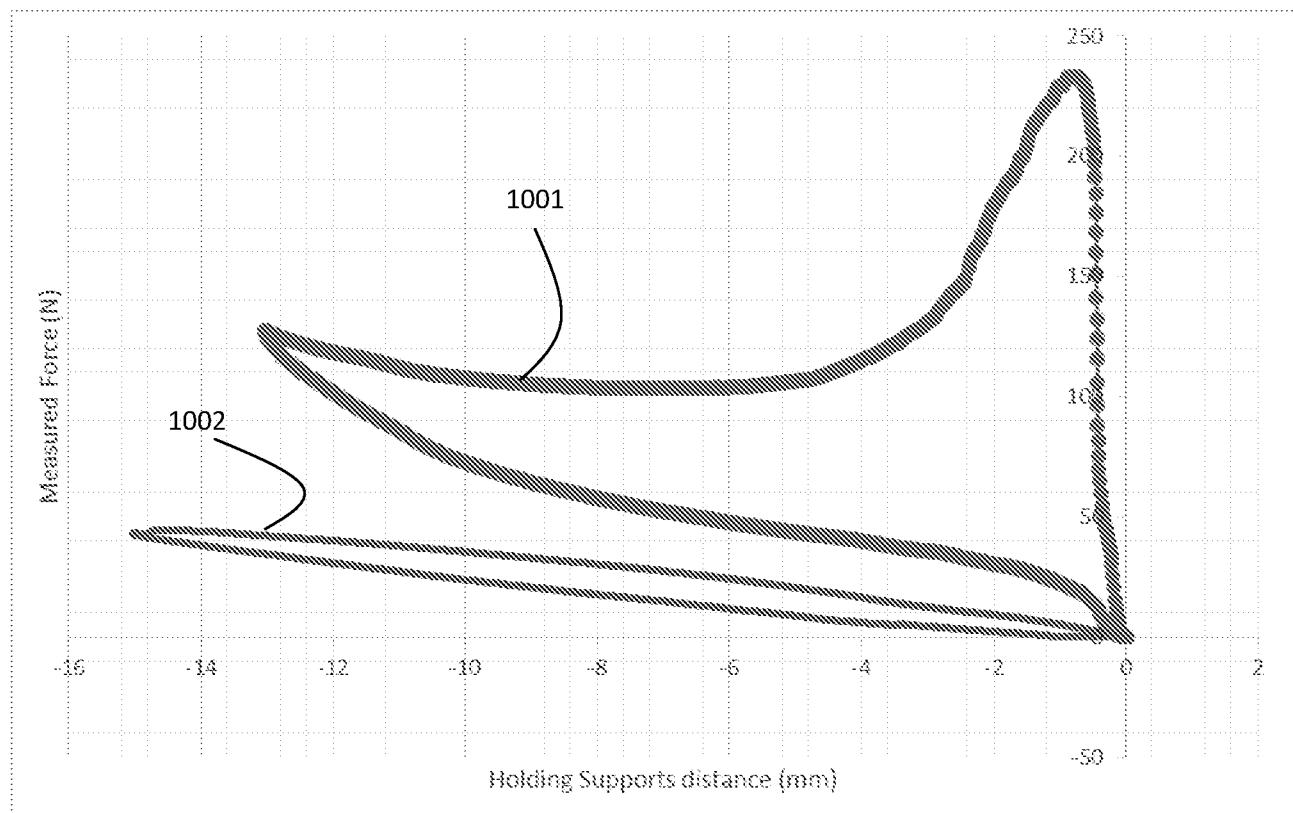
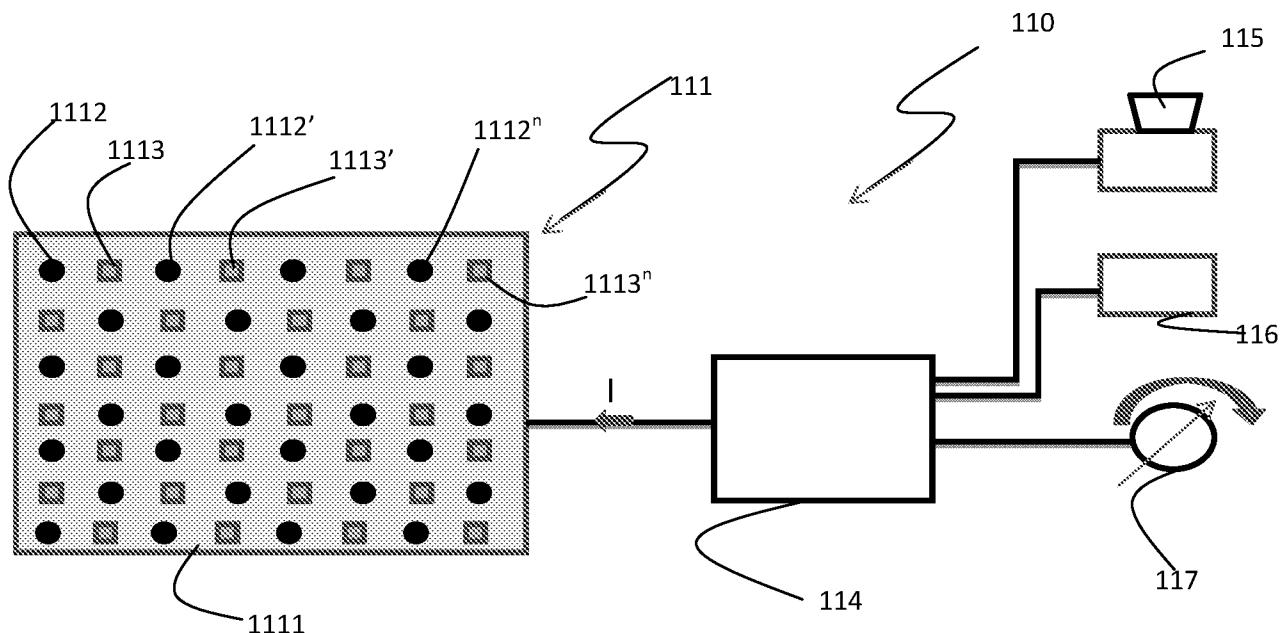
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9: Comparative Example**

**Fig. 10****Fig. 11**