

TRADUZIONE DEL TESTO DEL BREVETTO EUROPEO N. 4257929

DAL TITOLO:

"SISTEMA DI MISURAZIONE DI GRANDEZZA FISICA E/O MISURAZIONE DI POSIZIONE CON FILO MAGNETICO BISTABILE, METODO DI MISURAZIONE"

Depositata il:

\*\* \* \*\*

#### DESCRIZIONE

##### **Campo tecnico**

L'invenzione si riferisce a una composizione di un elemento di eccitazione e un filo magnetico bistabile, dove è preparata una composizione per misurare varie grandezze fisiche e/o per la misurazione di posizione del filo magnetico bistabile. La novità del sistema e del metodo risiede principalmente nella specifica posizione asimmetrica di un campo magnetico dell'elemento di eccitazione e del filo magnetico effettivamente bistabile, grazie a cui il valore interpretativo dei dati grezzi misurati risulta significativamente migliorato.

##### **Background della tecnica**

Gli elementi magnetici bistabili sono usati per la misurazione di varie grandezze fisiche e della posizione, dove l'elemento magnetico bistabile è formato da un elemento passivo che, mediante la sua magnetizzazione, reagisce a una variazione di posizione nel campo magnetico o a una variazione di una grandezza fisica.

Per esempio, una lega con proprietà magnetiche bistabili e un microfilo da tale lega sono descritti nel documento GB2374084A. Il microfilo è in grado di rispondere a varie grandezze fisiche, ma la valutazione della risposta è problematica, in quanto gli elementi magnetici bistabili della tecnica anteriore possono avere azioni magnetiche complesse dove la magnetizzazione avviene in molteplici domini all'interno di un singolo microfilo, non in un singolo salto di parete. Sono anche note applicazioni di fili magnetici bistabili nella misurazione della posizione, nella misurazione angolare e nella misurazione del numero di giri.

L'eccitazione di un filo magnetico bistabile che è avvolto su un nucleo è chiarita nel documento US4484090A. La soluzione non consente di valutare grandezze fisiche. Alcune azioni magnetiche di un elemento magnetico bistabile sono descritte nel documento JPH03252577A, che tuttavia non risolve i problemi di interpretazione dei valori non lineari misurati.

DE2817169A1, DE3427582A1, SU1753425A1 descrivono sistemi con un filo di Wiegand avente un determinato livello di bistabilità

magnetica, in cui questi sistemi servono a determinare l'approssimazione di un elemento magnetico bistabile rispetto a un sensore. Per via di questa disposizione, non è possibile misurare i valori di grandezze fisiche in prossimità dell'elemento magnetico bistabile.

Il sensore di posizione o il sensore di rotazione secondo la pubblicazione EP0484716A1 usa il filo di Wiegand a cui si avvicinano i magneti permanenti rotanti. Il sensore risponde soltanto alle variazioni del campo magnetico, non valuta la dimensione delle grandezze fisiche.

Il sensore di Wiegand secondo il documento DE4107847C1 consente di trasferire senza contatto l'informazione relativa alla chiusura dell'interruttore, che può reagire alla variazione di una grandezza fisica come temperatura, pressione, accelerazione, ma richiede un sensore appropriato mediante cui successivamente è controllato l'interruttore, vale a dire che la grandezza fisica non è misurata dall'elemento magnetico bistabile in sé.

La pubblicazione GB2071336A descrive un codificatore di posizione di tipo a induzione magnetica e un rilevatore di spostamento contiene due avvolgimenti elettrici e un elemento magnetico bistabile, come un filo di Wiegand, che accoppia magneticamente questi due avvolgimenti. La variazione periodica di polarità induce nel secondo avvolgimento un treno periodico di impulsi di tensione elettrica la cui fase, rispetto al segnale dell'eccitatore, può essere influenzata in relazione alla posizione avvicinando o allontanando i magneti permanenti rispetto all'elemento magnetico bistabile.

È desiderata una nuova soluzione tecnica non nota che con una realizzazione semplice migliori l'interpretazione ripetibile della misurazione di varie grandezze fisiche, in cui sono eliminati il rumore e l'influenza di fenomeni secondari. L'elemento magnetico bistabile stesso deve reagire alle variazioni della grandezza fisica misurata e anche generare una risposta, che viene trasmessa senza contatto all'elemento di ricezione.

#### **Natura dell'invenzione**

Detti inconvenienti vengono sostanzialmente eliminati mediante un sistema per misurare una grandezza fisica e/o per una misurazione di posizione con filo magnetico bistabile, come definito nella rivendicazione 1.

I termini prima e seconda in questo documento sono usati per indicare due estremità in modo differente, e queste sono intercambiabili, pertanto i termini prima e seconda non esprimono la superiorità o l'importanza della rispettiva estremità del filo magnetico bistabile.

Il campo magnetico differente in corrispondenza delle estremità in un dato momento di eccitazione porta a un campo magnetico asimmetrico che, insieme alla magnetizzazione mediante un singolo salto di Barkhausen, porta a risultati di misurazione interpretabili ripetibili. Per applicazioni di misurazione pratiche, è importante che il comportamento del filo magnetico bistabile sia fondamentalmente influenzato dalla

grandezza misurata o dalla posizione misurata, e che altri fattori, che includono le azioni di proprietà magnetiche più complesse del filo magnetico bistabile, siano trascurabili o almeno identificabili in un modo che consenta la correzione quando vengono valutati i dati grezzi.

Per garantire l'asimmetria della posizione reciproca del campo di eccitazione e del filo magnetico bistabile, è sufficiente una differenza del 5%, preferibilmente del 10%, in particolare preferibilmente superiore al 25% nei valori del campo magnetico in corrispondenza della prima estremità e della seconda estremità. Ciò contribuisce a far sì che la magnetizzazione avvenga in un unico salto all'interno dell'intero filo da una estremità all'altra. Se la magnetizzazione avviene all'interno di un certo numero di domini separati sulla lunghezza del filo, la risposta misurata comprende un certo numero di azioni singole, il che compromette significativamente l'interpretabilità della misurazione. Non è possibile individuare successivamente la dipendenza dei dati misurati, il che riduce le possibilità di applicazione del filo magnetico bistabile. Lo scopo della presente invenzione è raggiungere una bistabilità di magnetizzazione reale effettiva, pertanto completa, dove la struttura di dominio del filo magnetico bistabile non sia costituita da molti domini, il che altrimenti porterebbe alla magnetizzazione mediante il movimento di molteplici domini all'interno di un singolo filo. La misurazione di un filo magnetico bistabile con molteplici domini sulla sua lunghezza può essere confrontata con la misurazione di svariati fili magnetici bistabili separati in un singolo campo di eccitazione, il che fa sì che la misurazione risultante sia una somma di singole risposte che non possono essere identificate in modo affidabile e il vettore di risposta riassuntivo sarà di conseguenza praticamente inutilizzabile.

Possono essere usate svariate possibilità tecniche per creare un campo magnetico relativamente asimmetrico, in cui la scelta appropriata della rispettiva realizzazione dipenderà anche dalla specifica grandezza o posizione misurata. In linea di principio, mediante il sistema secondo la presente invenzione, possono essere misurati la temperatura, la pressione/tensione, il campo magnetico. A partire da queste grandezze di base, può essere misurata indirettamente un'intera gamma di altre grandezze fisiche nonché varie relazioni di posizione, può essere misurata la presenza di fili magnetici bistabili, la loro posizione reciproca, parametri di corrente elettrica possono essere misurati misurando il campo magnetico in corrispondenza del conduttore, possono essere misurati la posizione e l'avanzamento lineare nel campo magnetico terrestre o le sollecitazioni di flessione e torsione o il flusso di liquido o gas in base alla misurazione dell'allungamento nella rispettiva direzione.

La misurazione delle variazioni nel campo magnetico consente di rilevare una variazione nella posizione, una variazione nella rotazione del filo magnetico bistabile o del supporto su cui è montato il filo magnetico bistabile, e consente inoltre di misurare la posizione relativa rispetto a un altro oggetto che porta l'elemento di eccitazione. Su questa base, è possibile realizzare sensori di posizione, sensori di rotazione, sensori di estremità, sensori di prossimità di un oggetto magnetico o un elemento portante con un oggetto magnetico, sensori di posizione assoluta

rispetto al campo magnetico terrestre, e simili.

L'antenna dell'elemento di eccitazione può essere usata per misurare la risposta, o preferibilmente il sistema comprende un elemento di ricezione separato, per esempio sotto forma di bobina di ricezione. In questo caso, l'elemento di eccitazione potrà essere una bobina primaria e l'elemento di ricezione sarà formato da una bobina secondaria. L'avvolgimento secondario può essere collegato a un amplificatore e a un'unità di valutazione. L'elemento di ricezione può essere collocato coassialmente con la posizione del filo magnetico bistabile o può essere in un'altra posizione reciproca rispetto a esso in modo da essere all'interno del raggio d'azione per consentire la ricezione della risposta.

È una forma di realizzazione idonea quella in cui il filo magnetico bistabile è sotto forma di un microfilo con un diametro inferiore a 50  $\mu\text{m}$ , preferibilmente inferiore a 25  $\mu\text{m}$ , in particolare preferibilmente inferiore a 15  $\mu\text{m}$ . È precisamente a diametri di nucleo inferiori a 15  $\mu\text{m}$  e con idonea composizione della lega metallica amorfa che la struttura magnetica radiale scompare, il che è correlato al processo di trafilatura con contemporaneo raffreddamento rapido, solitamente raffreddamento ad acqua. Grazie a ciò, il filo magnetico bistabile si comporta come completamente bistabile, pertanto efficacemente bistabile su tutta la lunghezza del filo, e la parete di dominio durante la magnetizzazione corre dalla prima estremità alla seconda estremità, non separatamente all'interno di svariate singole zone sulla lunghezza del filo. È inoltre risultato idoneo che la lunghezza del filo magnetico bistabile sia almeno 100 volte, preferibilmente almeno 10000 volte, maggiore del diametro del filo magnetico bistabile, il che implica che sarà un filo con diametro esiguo, che può anche essere denominare microfilo.

Una realizzazione tipica del filo magnetico bistabile include un nucleo metallico amorfo e una copertura, per esempio una copertura in vetro, il cui diametro esterno non è maggiore di tre volte il diametro del nucleo metallico. Lo spessore della copertura in vetro può oscillare da 1 a 20  $\mu\text{m}$ . La copertura in vetro, lo strato superficiale in vetro, protegge il nucleo metallico dal contatto elettrico con l'ambiente, dall'ambiente chimico aggressivo, e grazie a ciò il filo magnetico bistabile può essere usato in modo universale, per esempio direttamente negli avvolgimenti di motori elettrici o all'interno di materiali da costruzione, all'interno del corpo umano e simili. In linea di principio, è anche possibile usare un filo magnetico bistabile senza una copertura circonferenziale, o è anche possibile usare la copertura in un materiale differente dal vetro.

Si è dimostrata idonea un'eccitazione magnetica con una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo, solitamente con una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo simmetrico, che semplifica la valutazione del segnale misurato come descritto in precedenti pubblicazioni degli autori di questa invenzione. Con questo scopo, il sistema secondo la presente invenzione è regolato per essere collegato a un elemento di alimentazione, a un elemento di controllo e a un elemento di valutazione. Secondo l'istruzione dall'elemento di controllo, l'elemento di alimentazione trasmette all'elemento di eccitazione un'alimentazione regolata per ottenere un segnale di eccitazione con forma d'onda di ampiezza a

forma di triangolo. L'elemento di valutazione acquisisce e analizza la risposta ricevuta dal filo magnetico bistabile.

L'asimmetria del campo di eccitazione può essere raggiunta in modo tale che l'elemento di eccitazione, che induce un campo sostanzialmente simmetrico, sia disposto in modo relativamente asimmetrico rispetto al filo magnetico bistabile. Come mostrato nella figura 3, l'asimmetria di posizione garantisce che la prima estremità del filo magnetico bistabile sia in un campo magnetico superiore rispetto alla seconda estremità, e di conseguenza il filo magnetico bistabile sarà magnetizzato sempre con il movimento di una parete di dominio, quella che è nel campo superiore. L'asimmetria di posizione può essere raggiunta impostando una relazione spaziale. Al contempo, la bobina dell'elemento di eccitazione e il filo magnetico bistabile possono essere disposti coassialmente, pertanto con assi longitudinali identici o orientati parallelamente.

L'asimmetria del campo magnetico eccitato può essere garantita mediante la realizzazione dell'elemento di eccitazione con un avvolgimento di bobina irregolare, per esempio con passi di filo differenti o con un numero differente di fili in corrispondenza della prima estremità o in corrispondenza della seconda estremità. Il risultato di tale realizzazione dell'elemento di eccitazione è una ampiezza differente del campo magnetico in corrispondenza delle estremità dell'elemento di eccitazione, o a una certa distanza da queste estremità. In tal caso, la posizione reciproca dell'elemento di eccitazione e del filo magnetico bistabile potrà essere spazialmente simmetrica ma, in corrispondenza della prima estremità e in corrispondenza della seconda estremità del filo magnetico bistabile, sarà in un campo magnetico di ampiezza differente.

La definizione che descrive la posizione reciproca dell'elemento di eccitazione e del filo magnetico bistabile secondo la prima rivendicazione include inoltre una posizione reciproca simmetrica se è generato un campo magnetico asimmetrico mediante l'elemento di eccitazione. La definizione della prima rivendicazione esprime una disposizione reciproca, che può essere raggiunta mediante svariati mezzi, o mediante una combinazione differente di mezzi tecnici e la relativa disposizione spaziale. L'asimmetria del campo magnetico, importante per raggiungere gli effetti secondo questa invenzione, è sempre intesa nella relazione relativa delle ampiezze del campo magnetico in corrispondenza della prima estremità e in corrispondenza della seconda estremità. L'asimmetria del campo magnetico eccitato può anche essere ottenuta aggiungendo un elemento di schermatura o collocando un'altra bobina secondaria alla bobina primaria dell'elemento di eccitazione. In tal caso, la posizione reciproca dell'elemento di eccitazione e del filo magnetico bistabile può anche sembrare spazialmente simmetrica, ma l'asimmetria del campo magnetico in corrispondenza della prima estremità e in corrispondenza della seconda estremità sarà importante.

In tutte le versioni dell'asimmetria del campo magnetico, l'elemento di eccitazione può essere collocato coassialmente rispetto alla posizione del filo magnetico bistabile o può essere collocato in prossimità del filo magnetico bistabile. Nella maggior parte delle applicazioni, è ipotizzato che l'asse longitudinale del campo magnetico generato dall'elemento di eccitazione sia sostanzialmente parallelo all'asse longitudinale del

filo magnetico bistabile, ma in linea di principio è anche possibile una posizione angolarmente differente, per esempio l'asse longitudinale dell'elemento di eccitazione devia dall'asse longitudinale del filo magnetico bistabile entro 30 gradi.

Gli inconvenienti menzionati nella tecnica anteriore sono eliminati mediante il metodo per la misurazione di una grandezza fisica e/o per la misurazione della posizione con il filo magnetico bistabile, come definito nella rivendicazione 13.

La definizione della differenza dell'ampiezza del campo magnetico in corrispondenza delle estremità potrebbe essere spiegata dal fatto che questa differenza si applica nello stato statico, quando la posizione variabile del filo magnetico bistabile non è misurata, anche se il filo magnetico bistabile può muoversi rispetto all'elemento di eccitazione (per esempio, quando viene misurata la pressione in uno pneumatico rotante). Ciò significa che, al momento della magnetizzazione, le estremità del filo magnetico bistabile sono in campi magnetici di ampiezze differenti.

Nel caso sia misurata la posizione variabile del filo magnetico bistabile, per esempio quando viene misurata la posizione lineare, si applica nuovamente che, al momento della magnetizzazione, le estremità del filo magnetico bistabile sono in campi magnetici di ampiezze differenti, e allo stesso tempo vi è una differenza nei campi magnetici, per via del movimento che è oggetto della misurazione.

Al contempo, è preferibile che il campo magnetico abbia una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo, in particolare preferibilmente una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo simmetrico, e vengono valutati il tempo del massimo locale e il tempo del minimo locale di risposta del filo magnetico bistabile, che sono sostanzialmente i punti temporali di magnetizzazione del filo magnetico bistabile. La somma di questi tempi è un parametro che esprime la dipendenza della grandezza o posizione misurata, in cui altri fattori non misurati e il rumore sono soppressi. Questo migliora l'interpretabilità dei dati misurati e ne accelera anche la valutazione. È anche idoneo che la differenza tra questi tempi sia calcolata e che questo parametro esprima il campo magnetico parassita, che interferisce con la misurazione dei sensori magnetici convenzionali. Il processo secondo la presente invenzione sopprime gli effetti del campo magnetico parassita.

Una caratteristica importante sia del sistema sia del metodo secondo la presente invenzione è il fatto che, nella valutazione del segnale di risposta, vengono cercati i massimi e i minimi locali e, dopo il loro riconoscimento, si lavora con i tempi T1, T2, in cui questi massimi e minimi sono stati misurati. Per di più, il metodo non funziona sulla base dei valori delle ampiezze misurate, come era comune nella tecnica anteriore, ma funziona con i valori dei tempi, che è un parametro facilmente e chiaramente identificabile nei segnali ricevuti. Grazie a questa valutazione veloce, precisa e insensibile a vari effetti secondari, per esempio, l'esatta posizione, la forma e la dimensione degli elementi di eccitazione e di rilevamento non sono importanti.

Nello sviluppo dell'oggetto dell'invenzione, è stato dimostrato che un filo magnetico bistabile ha una reattività differente per grandezza

misurata secondo la frequenza del campo di eccitazione. Di conseguenza, in una realizzazione preferita, il metodo secondo questa invenzione comprende la fase di eccitare il campo magnetico con una frequenza differente o variabile secondo il tipo di grandezza o la posizione misurata. Il generatore di eccitazione universale nonché l'elemento di eccitazione saranno facoltativamente adattati a questo, o vari elementi di eccitazione saranno usati per varie applicazioni. Grazie a questo risultato, una realizzazione del filo magnetico bistabile può anche essere usata a frequenze differenti. Il valore di frequenza stabile per un'applicazione può differire dalla frequenza stabile usata in un'altra applicazione, o queste frequenze possono essere variabili in un intervallo differente per il particolare tipo di misurazione.

Un vantaggio significativo della presente invenzione è la precisione ripetibile delle misurazioni, che è correlata all'aumento del livello di interpretazione dei dati grezzi ottenuti. È stata inoltre dimostrata una risposta rapida a una variazione della grandezza fisica misurata. Grazie alle ridotte dimensioni del filo magnetico bistabile, al basso costo e alla sua passività energetica, il sistema secondo questa invenzione può essere usato in un'ampia gamma di applicazioni tecniche.

#### **Descrizione delle figure**

L'invenzione è spiegata in modo maggiormente dettagliato usando le figure da 1 a 10. Le particolari dimensioni del filo, l'elemento di eccitazione mostrato e anche i valori delle grandezze misurate mostrati sono soltanto esempi, che non devono essere spiegati come una restrizione della protezione richiesta dell'invenzione.

La figura 1 è una rappresentazione schematica a blocchi della struttura del filo magnetico bistabile.

La figura 2 rappresenta i risultati della misurazione di sollecitazione di flessione su una staffa di acciaio, dove a sinistra sono riportati i risultati delle misurazioni con un filo magnetico classicamente bistabile della tecnica anteriore e a destra sono riportati i risultati delle misurazioni con il filo magnetico bistabile secondo l'invenzione. La figura 2 chiarisce il problema tecnico risolto che si verifica nelle soluzioni della tecnica anteriore.

La figura 3 mostra schematicamente l'asimmetria di posizione dell'elemento di eccitazione rispetto al filo magnetico bistabile.

La figura 4 spiega schematicamente la bobina avvolta in modo asimmetrico dell'elemento di eccitazione.

La figura 5 mostra il sistema per la misurazione di tensione in un campione di strappo di prova.

La figura 6 mostra schematicamente il sistema per misurare la temperatura sulla superficie di una cella di batteria. Successivamente, la figura 7 mostra la dipendenza dell'andamento della temperatura dalla somma dei tempi  $T1 + T2$ .

La figura 8 mostra uno schermo di oscilloscopio con valori di tempo di picco da  $aT1 - T2$  a  $cT1 - cT2$  quando viene misurata la

temperatura con tre fili magnetici bistabili.

La figura 9 mostra la posizione coassiale del filo magnetico bistabile rispetto all'elemento di eccitazione e all'elemento di rilevamento quando viene misurata la posizione lineare del pistone.

La figura 10 mostra la magnetizzazione del filo magnetico bistabile tra due stati quando eccitato da una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo.

### **Esempi di forme di realizzazione**

#### Esempio 1

In questo esempio secondo le figure 3 e 5, il filo magnetico bistabile 1 è usato per misurare la tensione, o la pressione nella parte in acciaio. Lo schema di strappo ha una zona centrale calibrata e due estremità di serraggio. Un microfilo con un diametro di nucleo metallico approssimativamente di 15  $\mu\text{m}$  e con una copertura in vetro con un diametro totale approssimativamente di 45  $\mu\text{m}$  con una lunghezza approssimativamente di 3 cm è incollato alla superficie nella zona centrale. In questo esempio, il filo magnetico bistabile 1 è orientato nella direzione della forza di tensione, in cui gli allungamenti del materiale di acciaio sono trasmessi alla deformazione del filo magnetico bistabile 1. Lievi deviazioni della posizione angolare di montaggio non hanno un effetto significativo sulla precisione della misurazione. Il filo magnetico bistabile 1 è al contempo sostanzialmente allineato in linea retta, dove la prima estremità 11 e la seconda estremità 12 sono in una posizione reciproca opposta, in modo tale che il filo magnetico bistabile 1 non sia avvolto sul nucleo, come noto dalle applicazioni della tecnica anteriore.

Una caratteristica importante di questo esempio è la creazione dell'asimmetria del campo magnetico eccitato usando l'asimmetria di posizione. L'elemento di eccitazione 2 è collocato in prossimità del filo magnetico bistabile 1, l'asse longitudinale dell'elemento di eccitazione 2 è sostanzialmente parallelo all'asse longitudinale del filo magnetico bistabile 1, in cui il centro della bobina dell'elemento di eccitazione 2 è spostato rispetto al centro del filo magnetico bistabile 1 del valore X registrato nella figura 6. Al fine di garantire una distanza esigua tra l'elemento di eccitazione 2 e il filo magnetico bistabile 1, l'asse longitudinale dell'elemento di eccitazione 2 e l'asse longitudinale del filo magnetico bistabile 1 sono collocati in una posizione dove, se si interseca un piano comune attraverso essi, questo piano comune è sostanzialmente perpendicolare alla superficie della parte in acciaio. Tuttavia, in linea di principio il sistema di misurazione è insensibile alle imprecisioni della collocazione dei singoli elementi, è soltanto essenziale che gli allungamenti del materiale misurato siano trasferiti in modo affidabile al filo magnetico bistabile 1.

L'asimmetria di posizione dell'elemento di eccitazione 2 porta alla differenza desiderata del campo magnetico in corrispondenza della prima estremità 11 e in corrispondenza della seconda estremità 12, che insieme alle proprietà del filo magnetico bistabile 1 porta alla

magnetizzazione mediante un singolo salto di Barkhausen dalla prima estremità 11 alla seconda estremità 12. L'elemento di eccitazione 2 genera un campo magnetico con una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo e la risposta del filo magnetico bistabile 1 viene acquisita con un elemento di sensore 3, che è collegato all'unità di controllo 4, dove viene valutata la risposta.

La misurazione statica e dinamica ha luogo su una macchina di strappo. Il segnale ottenuto nell'elemento di rilevamento 3 è complessivamente monotono e con una elevata precisione ripetuta.

#### Esempio 2

Per la misurazione della temperatura della cella di batteria a cilindro secondo le figure 6 e 7, sulla superficie della cella è collocato un filo magnetico bistabile termosensibile 1. Il sistema comprende inoltre una bobina planare dell'elemento di eccitazione 2 e una bobina di dimensione inferiore dell'elemento di rilevamento 3. La misurazione è stata eseguita nell'intervallo di temperatura da -20 a +100 °C.

Il segnale analogico dal filo magnetico bistabile 2 sotto forma di due picchi (minimo e massimo) è monitorato mediante un oscilloscopio. Il tempo di posizione dei picchi di segnale T1 (massimo) e T2 (minimo) è elaborato e trasformato in un segnale digitale nell'unità di controllo 4 e viene successivamente visualizzato sul PC. Il segnale misurato e valutato mostra una dipendenza pressoché lineare tra la temperatura e la risposta magnetica del filo magnetico bistabile 1, che è definita dalla somma dei valori T1 + T2. Successivamente, i parametri della dipendenza rilevata sono stati usati per regolare i parametri del software che mostra la temperatura effettiva. Nel caso di una dipendenza monotona, può essere definito un polinomio di calibrazione da usare per assegnare i dati grezzi alla temperatura effettiva. La frequenza di campionamento è di 2 campioni/secondo con una sensibilità di 0,4 °C (K), che corrisponde a una variazione di 288 punti con un intervallo di 120 °C.

Con un unico elemento di eccitazione 2 e con un unico elemento di rilevamento 3 è possibile creare un sistema per misurare la temperatura di svariate celle di batteria. Come si può osservare nella figura 9, è possibile distinguere chiaramente le posizioni temporali dei picchi di segnale per i tre fili magnetici bistabili 1, che sono collocati singolarmente sulle tre celle di batteria cilindrica. I picchi sono contrassegnati da aT1 - aT2 a cT1 - cT2. Il segnale ricevuto in questo modo può essere chiaramente rilevato, scomposto e trasformato nella temperatura delle singole celle di batteria.

#### Esempio 3

Un filo magnetico bistabile 1, che è collegato a un pistone mobile, è usato per misurare la posizione lineare con elevata precisione. Il filo magnetico bistabile 1 in questo esempio con la composizione Fe<sub>77.5</sub> Si<sub>7.5</sub> B<sub>15</sub> ha una magnetostrizione positiva, ha una lunghezza di 30 mm, un diametro di nucleo metallico di 39 µm e un diametro con lo strato di vetro di 71 µm.

In questo esempio secondo la figura 9, l'elemento di eccitazione 2 e l'elemento di rilevamento 3 sono formati da bobine, che circondano in modo lasco il pistone scorrevole. Gli assi longitudinali dell'elemento di eccitazione 2, dell'elemento di rilevamento 3 e del pistone sono identici. Il filo magnetico bistabile 1 è montato sulla superficie del pistone, per cui ha soltanto una posizione approssimativamente coassiale con l'elemento di eccitazione 2 e l'elemento di rilevamento 3, il che, tuttavia, non influisce sulla precisione della misurazione della posizione.

L'asimmetria del campo magnetico in questo esempio è raggiunta mediante una asimmetria di posizione in cui in ciascuna posizione del pistone, il centro del filo magnetico bistabile 1 è collocato all'esterno del centro dell'elemento di eccitazione 2. Inoltre, in questo esempio si applica che anche entrambe le estremità 11, 12 sono in ciascuna posizione collocate all'esterno del centro dell'elemento di eccitazione 2. La posizione dell'elemento di eccitazione 2 è pertanto impostata in modo tale che, nella posizione finale del pistone, un'estremità del filo magnetico bistabile 1 si estenda all'interno della bobina dell'elemento di eccitazione 2, ma non raggiunga il centro dell'elemento di eccitazione 2. Successivamente, il pistone con il filo magnetico bistabile 1 si estende ancora oltre dall'interno della bobina dell'elemento di eccitazione 2.

Diversamente dai sensori di posizione convenzionali, dove la posizione è definita dalla permeabilità magnetica e dall'ampiezza del segnale sulla bobina di rilevamento, il sistema secondo questo esempio rileva la magnetizzazione proporzionale alla posizione del filo magnetico bistabile 1.

Un metodo di induzione affidabile è usato per il rilevamento della magnetizzazione. Il campo di eccitazione ha una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo e viene misurato il tempo di commutazione, dove T1 e T2 esprimono il tempo di magnetizzazione (commutazione positiva e negativa) tra i due stati magnetici stabili secondo la figura 10. Il tempo di commutazione corrisponde al tempo in cui è indotta la tensione massima. Il massimo e il minimo del segnale ricevuto possono essere chiaramente identificati, lo sfondo non influisce sulle possibilità di interpretazione. Il segnale rilevato correttamente amplificato e filtrato è collegato all'ingresso digitale di un computer a singolo chip con una risoluzione temporale dell'ordine di 10 ns. L'elettronica semplice dell'unità di controllo 4 è sufficiente a raggiungere una precisione e una velocità di misurazione molto elevate. L'unità digitale del microcontrollore genera un segnale PWM della frequenza desiderata, in questo esempio 135 Hz. Dopo il filtraggio del segnale ricevuto e la sua trasformazione, i tempi T1 + T2 vengono sommati mediante un temporizzatore.

Il vantaggio del sistema secondo questo esempio è il massimo netto del segnale indotto durante la magnetizzazione e l'elevata sensibilità al livello di 10  $\mu\text{m}$ . Il sistema è inoltre indipendente dalla temperatura ambiente, l'errore di misurazione dovuto alla sensibilità alla temperatura è inferiore allo 0,19%.

Esempio 4

In questo esempio secondo la figura 4, la bobina dell'elemento di eccitazione 2 è avvolta in modo irregolare in modo da avere un numero maggiore di filettature in corrispondenza di una estremità. Al contempo, il filo magnetico bistabile 1 è posizionato in modo tale che, in un dato tempo di eccitazione non nulla, l'ampiezza del campo magnetico eccitato dall'elemento di eccitazione 2 in corrispondenza della prima estremità 11 sia almeno del 5% differente dall'ampiezza del campo magnetico eccitato dall'elemento di eccitazione 2 in corrispondenza sulla seconda estremità 12.

#### **Applicabilità industriale**

L'applicabilità industriale è ovvia. Secondo questa invenzione, è possibile fabbricare e usare industrialmente e ripetutamente la disposizione spaziale e costruttiva dell'elemento di eccitazione e del filo magnetico bistabile per misurare una grandezza fisica e/o per misurare una posizione, in particolare per la misurazione di temperatura, pressione, tensione, campo magnetico, corrente elettrica, posizione, campo magnetico terrestre, torsione, posizione lineare o angolare.

#### **Elenco dei segni di riferimento**

1 - filo magnetico bistabile

11 - prima estremità

12 - seconda estremità

2 - elemento di eccitazione

3 - elemento di rilevamento

4 - unità di controllo

T1 - tempo di risposta di segnale massimo

T2 - tempo di risposta di segnale minimo

## RIVENDICAZIONI

1. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con un filo magnetico bistabile, che comprende il filo magnetico bistabile (1), un elemento di eccitazione (2) atto a creare un campo magnetico in un raggio d'azione in cui è collocato il filo magnetico bistabile (1), che ha una prima estremità (11) e una seconda estremità (12) collocata in modo opposto, in cui il filo magnetico bistabile (1) è regolato per la magnetizzazione mediante un singolo salto di Barkhausen dalla prima estremità (11) alla seconda estremità (12) o viceversa, e che comprende inoltre un elemento di rilevamento (3) per la ricezione di una risposta dal filo magnetico bistabile (1), in cui l'elemento di eccitazione (2) e il filo magnetico bistabile (1) sono collocati in una posizione tale che l'ampiezza del campo magnetico eccitato dall'elemento di eccitazione (2) in corrispondenza della prima estremità (11) è differente dall'ampiezza del campo magnetico eccitato dall'elemento di eccitazione (2) in corrispondenza della seconda estremità (12).
2. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 1, **caratterizzato dal fatto che** la differenza di ampiezza del campo magnetico in corrispondenza della prima estremità (11) e in corrispondenza della seconda estremità (12) è di almeno il 5%, preferibilmente di almeno il 10%.
3. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 1 o 2, **caratterizzato dal fatto che** esso è atto a misurare temperatura e/o pressione e/o tensione e/o campo magnetico e/o posizione lineare.
4. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, **caratterizzato dal fatto che** la bobina dell'elemento di ricezione (3) è separata dalla bobina dell'elemento di eccitazione (2).
5. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, **caratterizzato dal fatto che** il filo magnetico bistabile (1) ha un diametro inferiore a 50  $\mu\text{m}$ , preferibilmente inferiore a 25  $\mu\text{m}$ , in particolare preferibilmente inferiore a 15  $\mu\text{m}$ .
6. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 5, **caratterizzato dal fatto che** il filo magnetico bistabile (1) è ricoperto con uno strato di materiale isolante, preferibilmente con uno strato di vetro.
7. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 6, **caratterizzato dal fatto che** il vetro ha uno spessore fino a 20  $\mu\text{m}$ .

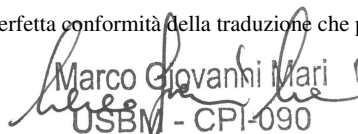
8. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7, **caratterizzato dal fatto che** la lunghezza del filo magnetico bistabile (1) è almeno 1000 volte, preferibilmente almeno 10.000 volte, maggiore del diametro del nucleo metallico del filo magnetico bistabile (1).
9. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 8, **caratterizzato dal fatto che** l'elemento di eccitazione (2) è collocato in modo asimmetrico rispetto alla posizione del filo magnetico bistabile (1).
10. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 9, **caratterizzato dal fatto che** l'elemento di eccitazione (2) ha una struttura asimmetrica con differente ampiezza dei campi magnetici alle sue estremità.
11. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 10, **caratterizzato dal fatto che** l'elemento di eccitazione (2) è formato da una bobina con una densità di avvolgimento differente in corrispondenza della prima estremità (11) e della seconda estremità (12).
12. Sistema per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 11, **caratterizzato dal fatto che** l'asse longitudinale dell'elemento di eccitazione (2) è identico o parallelo all'asse longitudinale del filo magnetico bistabile (1), o l'asse longitudinale dell'elemento di eccitazione (2) devia dall'asse longitudinale del filo magnetico bistabile (1) entro 30 gradi.
13. Metodo per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con un filo magnetico bistabile, in cui un campo magnetico variabile è trasmesso da un elemento di eccitazione (2), in cui almeno un filo magnetico bistabile (1) è collocato all'interno del raggio d'azione del campo magnetico eccitato, che è magnetizzato quando il campo magnetico varia mediante un singolo salto di Barkhausen dalla prima estremità (11) alla seconda estremità (12) del filo magnetico bistabile o viceversa e dove la risposta del filo magnetico bistabile (1) è successivamente rilevata mediante un elemento di rilevamento (3), in cui l'elemento di eccitazione (2) e il filo magnetico bistabile (1) sono mantenuti in una posizione tale che l'ampiezza del campo magnetico eccitato dall'elemento di eccitazione (2) in corrispondenza della prima estremità (11) è differente dall'ampiezza del campo magnetico eccitato dall'elemento di eccitazione (2) in corrispondenza della seconda estremità (12).
14. Metodo per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 13,

**caratterizzato dal fatto che** il campo magnetico di eccitazione ha una forma d'onda di ampiezza a forma di triangolo, preferibilmente a forma di triangolo simmetrico, e vengono valutati il tempo (T1) del massimo locale e il tempo (T2) del minimo locale di risposta del filo magnetico bistabile (1).

15. Metodo per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 13 o 14, **caratterizzato dal fatto che** il campo magnetico di eccitazione ha una frequenza in un intervallo in cui il filo magnetico bistabile (1) ha almeno un massimo locale di sensibilità per un particolare tipo di grandezza o posizione misurata.
16. Metodo per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 14, **caratterizzato dal fatto che** quando si valuta il segnale ricevuto come risposta dal filo magnetico bistabile (1), è valutata la somma del tempo (T1) di massimo locale e del tempo (T2) di minimo locale del segnale, preferibilmente senza tenere conto dell'ampiezza assoluta del segnale.
17. Metodo per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo la rivendicazione 16, **caratterizzato dal fatto che** quando si valuta il segnale ricevuto come risposta dal filo magnetico bistabile (1), si tiene conto della differenza tra il tempo (T2) del minimo locale e il tempo (T1) del massimo locale del segnale.
18. Metodo per la misurazione di grandezza fisica e/o per la misurazione di posizione con il filo magnetico bistabile secondo qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 17, **caratterizzato dal fatto che** la risposta del filo magnetico bistabile (1) intercettata nell'elemento di rilevamento (3) è valutata nell'unità di controllo (4).

\* \* \* \* \*

Si attesta la perfetta conformità della traduzione che precede.

  
Marco Giovanni Mari  
USBM - CPI-090

LEGENDA DELLE TAVOLE DI DISEGNO

TAVOLA 2/4

FIGURA 6

"Oscilloscope" = Oscilloscopio

TAVOLA 3/4

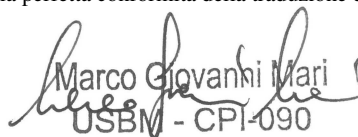
FIGURA 7

"Experimental data" = Dati sperimentali

"Linear fit" = Adattamento lineare

\* \* \* \* \*

Si attesta la perfetta conformità della traduzione che precede.

  
Marco Giovanni Mari  
USBM - CPI-090

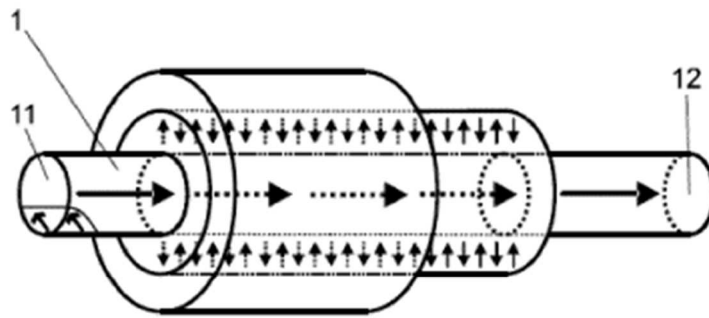


Fig. 1

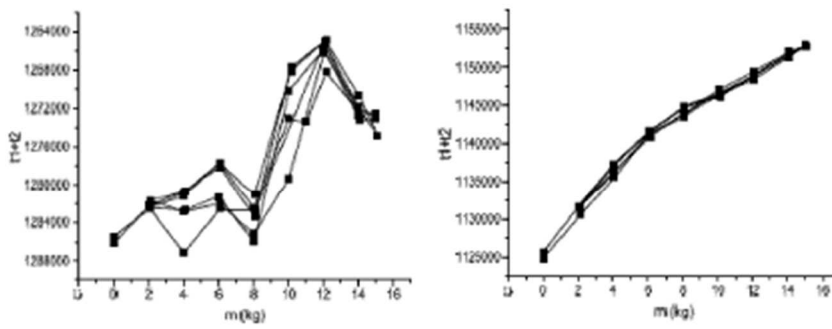


Fig. 2

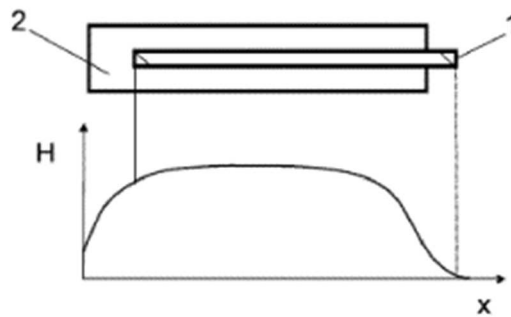


Fig. 3

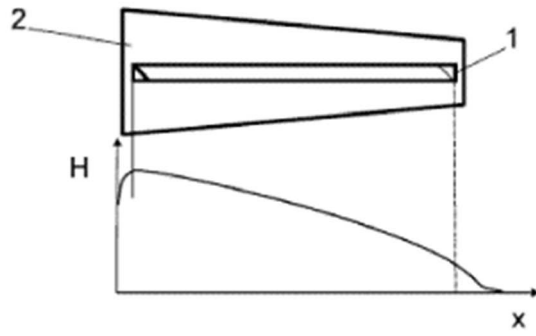


Fig. 4

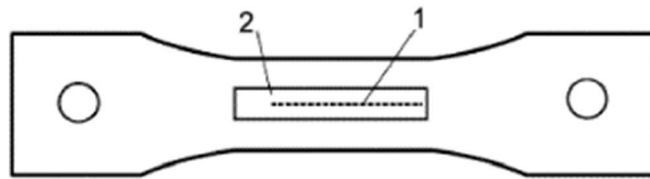


Fig. 5

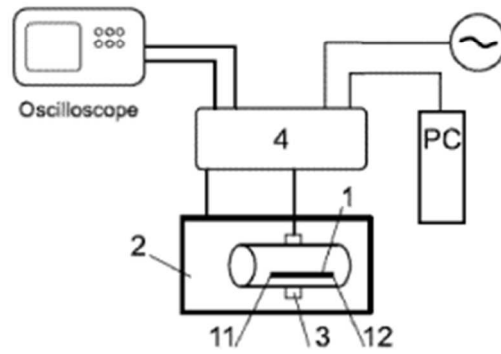


Fig. 6

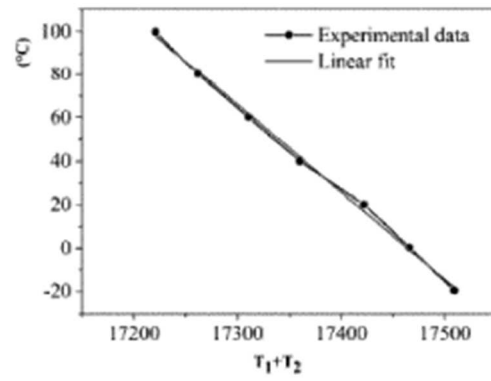


Fig. 7

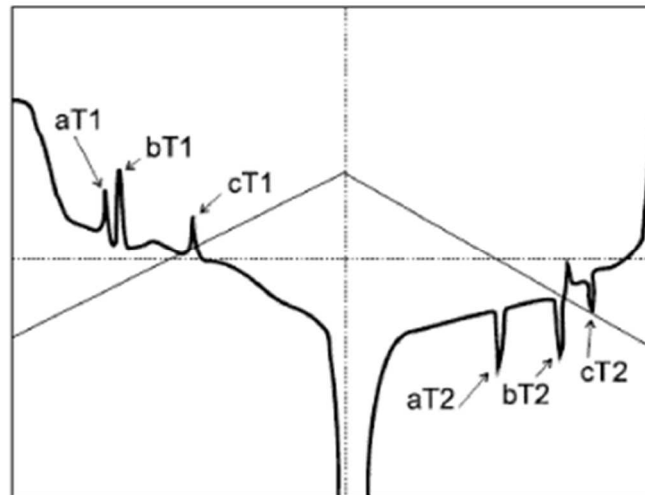


Fig. 8

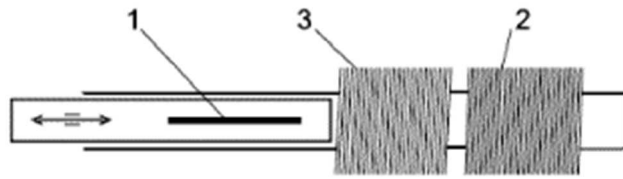


Fig. 9

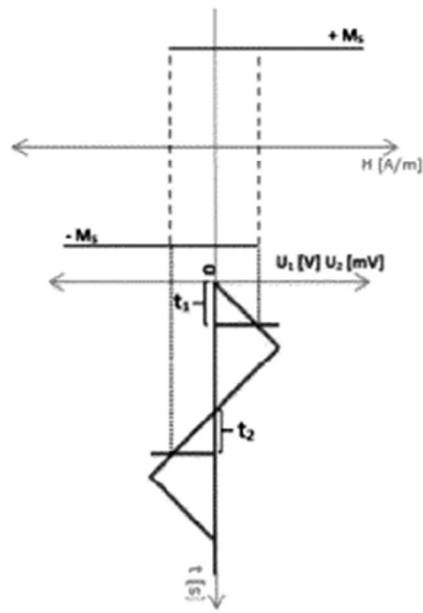


Fig. 10

Per traduzione conforme  
 Marco Giovanni Mari  
 USBM - CPI-090

Marco Giovanni Mari  
 USBM - CPI-090