

Accelerometro piezoresistivo IC Sensor

Accelerometro piezoresistivo con condizionamento del segnale integrato offre all'utilizzatore molti vantaggi. L'elemento sensore, costruito usando del silicio micro lavorato, ha una comprovata affidabilità. Il circuito elettronico di condizionamento del segnale non richiede componenti esterni ed una tecnologia compatta con montaggio superficiale (SMD) garantisce l'integrazione all'interno dell'IC monolitico, la tecnica di calibrazione avviene con il trimmeraggio laser migliorando la precisione e la stabilità dell'effetto termico. Il sensore ed il chip di condizionamento del segnale sono ermeticamente assemblati in apposite custodie. L'interconnessione elettrica è con cavo. Il chip composto dall'IC e l'elettronica di condizionamento può essere montato con semplicità nei tre assi x,y,z oppure integrando due chips o tre per avere accelerometri multi assiali.

Introduzione

Generalmente la maggioranza degli accelerometri condizionati sono assemblati usando la tecnologia ibrida (componenti discreti), dove le resistenze vengono selezionate in fase di calibrazione per impostare i parametri ai valori desiderati di offset, sensibilità e guadagno. Questa soluzione tecnologica limita la necessità di miniaturizzazione, è costosa perchè effettuata in modo manuale. Il costruttore è spesso costretto a realizzare un aggiustamento meccanico supplementare, per esempio usando dei supporti di montaggio. Il progetto dell'accelerometro presentato in questo articolo si prefigge di abbassare non solo il costo dell'accelerometro stesso ma il costo totale per l'utilizzatore. Questa diminuzione di costi è dovuta all'assemblaggio dell'accelerometro.

Elemento sensore

La struttura dell'accelerometro, che misura $3,4 \text{ mm}^2$, è mostrata in Figura 1. Da un wafer di silicio (disco dal diametro di 5 o 7,5" vengono pretagliate un centinaio di celle, ogni cella diviene un elemento da cui si ricava una massa sismica a quattro cedimenti mediante il processo di micro erosione. Questa tecnologia permette di scegliere il wafer con spessori diversi rendendo l'elemento più o meno deformabile alle sollecitazioni meccaniche a vantaggio della deformazione meccanica. Ognuna delle quattro travi contiene due resistori depositati con la tecnologia sputtering e interconnessi elettricamente tra loro per formare un ponte di Wheastone. Quando l'elemento è sottoposto ad una accelerazione, la massa oscilla mediante la

deformazione delle travi facendo variare il valore dei quattro resistori. Questo determina una tensione d'uscita proporzionale all'accelerazione applicata.

Gli otto resistori sono connessi in modo tale che gli effetti di ogni movimento che non sia quello causato dall'accelerazione nella direzione principale si annulla. La trasduzione meccanico elettrica provvede ad un livello d'uscita relativamente alto con una bassa impedenza e buona linearità, quindi non è necessario sviluppare l'elettronica con stadi amplificatori ad alto guadagno a vantaggio di un basso rumore elettrico.

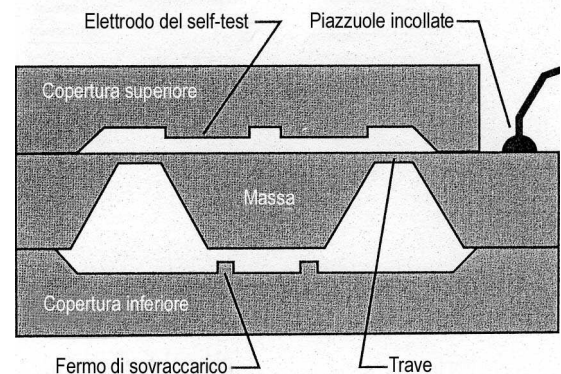


Fig. 1 Vista in sezione dell'elemento massa inerziale.

Il wafer della massa sismica viene richiuso su entrambe le superfici superiore e inferiore da altri wafer di silicio opportunamente lavorati. La copertura superiore lavorata con micro erosione ha lo scopo di stop meccanico alle accelerazioni negative, cioè quando la trave si deforma per effetto della decelerazione e raggiunge il fondo scala lo strato centrale si appoggia alla copertura superiore caricandolo meccanicamente. Il costruttore conosce il valore dello spostamento e per questo il piano della copertura superiore viene lavorato abbassando lo spessore. La stessa soluzione viene adottata per il wafer di copertura inferiore. I volumi vuoti asimmetrici sono calcolati per avere un bilanciamento per il sistema di smorzamento in aria a una pressione controllata. In questo modo si sopprime il picco di risonanza della struttura della trave-massa sismica. Poiché la parte dell'elemento è smorzata, la risposta in frequenza è piatta fino a qualche Khz. proteggendola contro la contaminazione che può ostruire il suo movimento.

Poiché le tre sezioni sono incollate insieme a livello di wafer in camera sterile la cavità è libera da particelle ed è protetta dalla contaminazione di particolato durante il taglio finale a cubetti e le operazioni di assemblaggio.

Come ultima cosa, la copertura superiore è usata per permettere il collaudo dell'accelerometro in

assenza di accelerazione. Un elettrodo metallico è stato depositato all'interno della copertura superiore e collegato ad una piazzola incollata. Quando una tensione è applicata all'elettrodo il silicio della massa sismica viene eccitato da una forza elettrostatica che muove la massa verso l'alto fino ad appoggiarsi sugli stop meccanici, questo corrisponde a una variazione della tensione di uscita che è proporzionale alla sensibilità ed al quadrato della tensione applicata. E' quindi possibile generare una "accelerazione" usando una tensione esterna e collaudare la funzionalità della struttura meccanica del sensore e dell'elettronica senza l'ausilio di un banco vibrante riducendo sensibilmente i costi di calibrazione. L'accelerometro è stato qualificato per la sua affidabilità nei test di crash di veicoli e equipaggiamenti avionici. In Europa questi accelerometri vengono quotidianamente impiegati dalle fabbriche di automobili per il singolo test di crash, è una forma di usa e getta dato il loro costo. In questo modo l'utilizzatore è garantito dal certificato di calibrazione e quindi della sua funzionalità, eliminando tutti i tempi e costi di rimozione dal veicolo testato, il controllo e ricalibrazione di ogni singolo accelerometro. I test che si effettuano negli ultimi anni sulle nuove vetture o parti di esse come i paraurti, i lunotti, i volanti e cruscotti richiedono l'utilizzo di centinaia di accelerometri, ecco perché è nata questa nuova metodologia di misura. Inoltre questa tecnologia piezoresistiva quale elemento dell'accelerometro offre il vantaggio di avere un segnale elettrico in uscita più pulito paragonabile agli accelerometri a semiconduttori o estensimetrici che risultano essere i più adatti alle misurazioni in presenza di vibrazioni meccaniche. Mentre gli accelerometri MEMS a tecnologia capacitiva avendo una più alta banda passante obbligano il tecnico di analisi della misura a lavorare con filtri passa-basso a discapito della variazione di fase del segnale stesso.

Dott. D.W. de Bruin and E.F. Koen IC Sensore
Measurement Specialties