

La tecnologia MEMS consente lo sviluppo di dispositivi intelligenti, offrendo capacità di misura e di controllo attraverso microsensori e microattuatori. I primi sono in grado di misurare i parametri ambientali di tipo meccanico, piezoelettrico, resistivo, termoelettrico, acustico, radiattivo, biologico, chimico, ottico, e magnetico, sfruttando una varietà di principi fisici. Attuatori MEMS rispondono alle informazioni

raccolte dai sensori muovendo, posizionando e regolando microdispositivi, pompando o filtrando fluidi su scala microscopica.

I MEMS possono essere realizzati su semiconduttore (più comunemente silicio, GaAs, InP, GaN e SiC), su materiali ferroelettrici, magnetici, polimerici e persino organici. Offrono importanti vantaggi in termini di consumi, miniaturizzazione, integrazione, prestazioni, affidabilità e funzionalità.



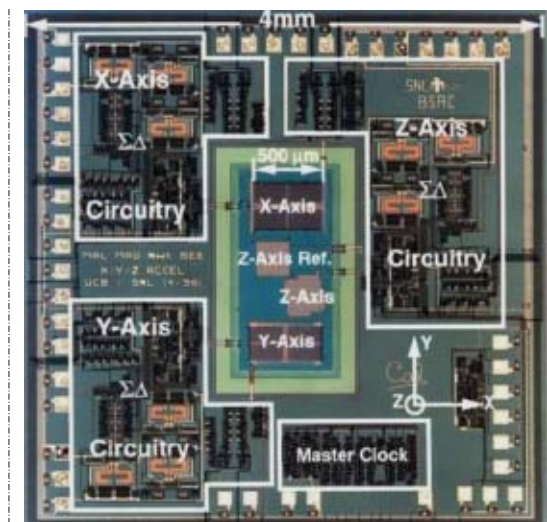
La nascita della tecnologia MEMS coincide con la pubblicazione nel 1954 di un articolo sul Journal of Applied Physics firmato da Charles Smiths, un ricercatore dei Laboratori Bell, che annunciava la scoperta dell'effetto piezoresistivo nel silicio e nel germanio. A cinquant'anni dalla loro scoperta, i MEMS hanno fatto ingresso sul mercato prevalentemente in applicazioni di nicchia di alta fascia, salvo poche eclatanti eccezioni

UNA TECNOLOGIA MOLTO PROMETTENTE

Solo ultimamente il numero delle applicazioni dei MEMS si è moltiplicato non solo in campo automotive, ma anche industriale e consumer. Accelerometri e sensori di pressione sono usati per implementare interfacce intelligenti attivate dal movimento per PDA e cellulari, negli antifurto, nei GPS, nella stabilizzazione delle immagini delle videocamere, nella logistica e nella protezione da urti e vibrazioni dei lettori MP3 e degli hard disk, nei videogiochi, nei giocattoli, nei puntatori mouse, negli elettrodomestici e nella robotica. Il centro di ricerca olandese TNO ha sviluppato un sistema innovativo di sensori di postura basato su accelerometri MEMS, il quale

La mancanza di standardizzazione e di tecniche ottimizzate di packaging e di test ostacolano la commercializzazione in volumi di questa promettente tecnologia

Tecnologie MEMS: verso la maturità, fra successi ed ostacoli



Una soluzione monolitica che integra sensori MEMS e l'elettronica di pilotaggio

come gli accelerometri e i sensori di pressione per automotive (si pensi ai dispositivi iMEMS di Analog Devices), le testine per stampanti a getto d'inchiostro (ad esempio le soluzioni Ink-Jet sviluppate da Olivetti I-Jet) ed i microspecchi MEMS per display; nel dicembre 2004 Texas Instruments ha annunciato di aver consegnato oltre 5 milioni di moduli DLP (Digital Light Processor) per apparecchi consumer e telecom, data storage olografico ed imaging medicale.

misura la probabilità di insorgenza del mal d'auto in relazione allo stile di guida del conducente. Perkin Elmer (distribuita in Italia da Fast Elettronica) commercializza in volumi moduli di sensori MEMS a termopila integrati con ASIC a segnale misto per la preamplificazione e la compensazione della temperatura. I dispositivi, realizzati in un processo DRIE (Deep Reactive Ion Etching) altamente controllabile e selettivo brevettato dall'azienda,

trovano applicazione nel controllo del condizionamento nelle autovetture, nella misura della temperatura senza contatto, in applicazioni medicali (ad esempio negli inalatori) e consumer (microdiffusori di fragranze). La società svizzera Leister Microsystems mette a disposizione delle sorgenti a infrarossi versatili modulate elettricamente in tecnologia MEMS, caratterizzate dall'assenza di componenti in movimento, da rapidi tempi di risposta (appena 11 - 17 ms), da un'ampia banda di modulazione, da bassi consumi e da un'elevata stabilità. I dispositivi, siglati EMIRS200, sono alloggiati in un package compatto TO39, e trovano applicazione nella spettroscopia a infrarossi, nella rivelazione di fuoriuscite di gas e di radiazioni con lunghezza d'onda fino a 20 micron.

I MEMS ottici (o MOEMS) per applicazioni telecom stanno riprendendo piede dopo il periodo di stallo a seguito dell'esplosione della bolla del 2000. Un altro importante utilizzo dei sensori ottici è nella metrologia in campo industriale e della sicurezza. Lo sviluppo dei MEMS a radiofrequenza ha subito un forte impulso negli ultimi 2-3 anni negli apparecchi wireless portatili, nei tag RFID e nei sistemi anticollisione a bordo delle auto. Agilent Technologies ha lanciato con successo la tecnologia FBAR (Film Bulk-Acoustic wave Resonator) per telefoni cellulari, che già conquistato il 70 % del mercato degli apparecchi CDMA. Importanti aziende, fra cui STMicroelectronics, Philips e la stessa Agilent Technologies, stanno sviluppando condensatori MEMS variabili per la miniaturizzazione dei circuiti RF nei telefoni cellulari. MEMS microfluidici e bioMEMS si stanno mostrando molto promettenti

nella diagnostica medica e nel monitoraggio ambientale. Risonatori BAW (Bulk Acoustic Wave) sono prodotti in volumi da Agilent Technologies a da Infineon. Diversi centri di ricerca stanno valutando l'impiego di tecnologie MEMS per la miniaturizzazione delle componenti meccaniche delle celle al combustibile, e Toshiba ha recentemente sviluppato una micropompa MEMS per telefoni cellulari e PDA alimentati con fuel cell. IBM, l'olandese Cavendish Kinetics e la californiana Nanochip hanno realizzato soluzioni di storage ad alta densità basate su dispositivi micromeccanici.

La comunità Europea ha avviato nell'ambito del Sesto Programma Quadro numerose iniziative di ricerca sulle tecnologie MEMS: il progetto Mimosa (Microsystems platform for MOBILE Services and Applications), coordinato da STMicroelectronics, intende facilitare la transizione verso l'intelligenza ambientale attraverso lo sviluppo di microsistemi a basso consumo. AMI-COM si occupa dello sviluppo di MEMS RF per le comunicazioni wireless.

Plasmo-nano Devices propone l'uso della tecnologia MEMS per produrre guide d'onda per il trasporto di luce ed elettricità, per la microscopia, per le misure di grandezze biologiche e per la realizzazione di nuovi dispositivi fotonici, di sistemi avanzati di data storage e di celle solari.



GLI OSTACOLI ALLA COMMERCIALIZZAZIONE

Una più vasta applicazione dei MEMS è ostacolata dal carattere complesso e frammentario della tecnologia. Il 90 % dei processi MEMS sono proprietari; i progettisti MEMS inoltre devono possedere competenze molto approfondite sulle tecniche di fabbricazione, sulle relazioni

dei materiali. Modelli comportamentali dei MEMS sono attualmente offerti in ambienti CAD molto popolari come Saber di Synopsis o Virtuoso di Cadence. Le tecniche di packaging, il test e l'analisi dell'affidabilità possono incidere anche per l'80% sui costi di sviluppo, oltre a presentare requisiti fortemente variabili in relazione all'applicazione. Il package deve proteggere il dispositivo da eventuali contaminanti e dal danneggiamento durante la lavorazione di back-end senza comprometterne le prestazioni e la funzionalità. Un tradizionale package ceramico dotato di capsula isolante rap-

Integrare o non integrare?

Un sistema MEMS è costituito da uno o più sensori, da un sistema di elaborazione e di memorizzazione delle informazioni e da una serie di trasduttori. Mentre i dispositivi di pilotaggio sono realizzati usando un processo tipico dei circuiti integrati (CMOS, bipolare o BiCMOS), i sensori e trasduttori MEMS sono fabbricati tramite tecniche di microlavorazione, che consistono nell'asportazione selettiva di materiale dal wafer o nella deposizione di nuovi strati strutturali.

Il metodo più diretto per l'integrazione dei MEMS in piattaforme SoC consiste nell'implementare il dispositivo MEMS direttamente in cima al wafer CMOS. Questo approccio richiede una stretta compatibilità dei rispettivi processi tecnologici per evitare una perdita di efficienza e di rese per l'intero sistema. Le strutture MEMS sono limitate a quelle che possono essere lavorate in superficie nell'intervallo delle temperature tollerate dal processo CMOS (al massimo 500 °C). I materiali presenti in superficie, come l'ossido o l'alluminio, limitano l'impiego di sostanze chimiche per i processi di fabbricazione dei MEMS.

Un approccio alternativo consiste nell'incollare due o più wafer realizzati separatamente in una fonderia dedicata, o nell'adottare una soluzione MCM (Multi-Chip-Package) o SiP (System-in-Package). Questo riduce le restrizioni sulla compatibilità di processi, assicurando una riduzione dei costi e una maggiore efficienza e flessibilità.

fisiche fra il dispositivo MEMS e l'ambiente circostante e su fattori di tipo elettrico, meccanico, magnetico, termico e fluidico. Questi fattori dilatano i tempi di sviluppo delle soluzioni MEMS, che possono anche raggiungere i 10 anni. L'aumento del costo unitario dei prodotti è inoltre dovuto alla mancanza di standard, di piattaforme MEMS flessibili e modulari e di una strategia di progettazione ad alto livello. È necessaria una suite completa di tool di progettazione e di simulazione, con librerie di componenti parametriche e riutilizzabili e una caratterizzazione dettagliata dei processi e

presenta la metà del costo di un accelerometro MEMS di bassa fascia. Un'alternativa più economica è basata su tecniche di incapsulamento a livello di wafer (note anche come "zero-level"). Trasduttori ed accelerometri per applicazioni in campo industriale, medicale e consumer sono generalmente forniti in package zero-level, ottenuto incollando la struttura sensibile ad uno strato protettivo. La diffusione della tecnologia MEMS risulterebbe favorita dalla disponibilità di una gamma di package standard adattabili per diverse esigenze.

