

MASSIMO GIUSSANI

## ReRAM: una memoria... ossidabile

Mentre HP e Hynix prevedono di immettere sul mercato le prime memorie resistive entro il 2013, dalla Rice University arrivano nuovi memristor in ossido di silicio

Della 'scoperta' del memristore (o memristor), il quarto componente passivo fondamentale, abbiamo avuto modo di parlare nel primo numero di giugno 2008 di EONews. A distanza di due anni e mezzo dalla caratterizzazione dei primi prototipi in ossido di titanio, Hewlett-Packard ha stretto un accordo con Hynix con l'obiettivo di mettere sul mercato entro il 2013 le nuove memorie resistive (ReRam, Resistive Ram) basate su questo componente.

Teorizzato da Leon O. Chua nel 1971, il memristor è l'elemento circuitale che affianca resistore, induttore e condensatore nella quaterna di componenti elementari che esprimono le relazioni costitutive tra le quattro grandezze fondamentali della teoria dei circuiti (carica, corrente, flusso magnetico e tensione). Il nome gli deriva dal fatto che, all'atto pratico, si comporta come un resistore dotato di memoria: la resistenza che oppone al passaggio della corrente dipende dalla 'storia' della tensione ai suoi capi. Il fatto che il nuovo valore di resistenza venga 'ricordato' anche dopo aver tolto l'alimentazione, ne fa un componente ideale per la realizzazione di memorie non volatili a basso consumo. La sostanziale immunità alle radiazioni, poi, lo rende adatto all'impiego in applicazioni aerospaziali e satellitari.

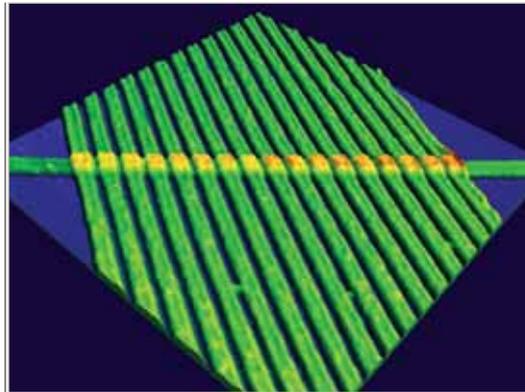
### I PROGRESSI DI HP

Essendo formati da un sottile strato di ossido collocato tra due strisce conduttive, i memristor presentano la struttura ideale per la sintesi di matrici di memoria

estremamente compatte. La tecnologia esplorata da HP, inoltre, consente l'agevole sovrapposizione di più matrici in strutture 3D. Diventa così teoricamente possibile raggiungere densità di memoria ben superiori a quelle consentite dai chip basati sui transistor (sovrapponendo 1000 strati si possono raggiungere densità di Pbit/cm<sup>3</sup>).

Alla fine di agosto, HP e Hynix hanno annunciato di aver dato vita a una collaborazione per immettere sul mercato ReRam basate sui memristor brevettati da HP Labs. Il primo obiettivo, fissato per il 2013, è la produzione di dispositivi con densità di memoria di circa 25 Gbit/cm<sup>2</sup>, ossia più del doppio delle migliori Flash attuali. Per il 2014 la roadmap prevede una densità di 210 Gbit/cm<sup>2</sup> (170 GB/in<sup>2</sup>).

Le applicazioni del memristor non si fermano però all'introduzione di un nuovo tipo di memoria (peraltro universale): nell'articolo "Memristive switches enable stateful logic operations via material implication" pubblicato su Nature lo scorso 8 aprile, Stanley Williams e altri cinque ricercatori dell'Information and Quantum Systems Lab di HP hanno mostrato come i memristor possano im-



plementare la funzione logica di implicazione materiale (a IMP b). Unita all'operazione di falsità (che restituisce sempre il valore logico 0) questa funzione permette di sintetizzare qualsiasi porta logica. La peculiarità dell'architettura di calcolo illustrata nell'articolo consiste nel fatto che gli stessi dispositivi fungono simultaneamente da logica e da memoria, con la variabile di stato rappresentata dalla loro resistenza. I sistemi di calcolo distribuito realizzabili con questo nuovo paradigma permetteranno di eseguire le operazioni sui dati direttamente nella memoria, senza perdere tempo ed energia per trasferirli a un'unità centrale di elaborazione. Si tratta tuttavia di una tecnolo-

gia ancora al livello di ricerca la cui applicazione, secondo Williams, richiederà una decina di anni ancora.

### SILICIO TUTTOFARE

Nel frattempo, alla Rice University è stata messa a punto una varietà di memristor basata unicamente sul silicio. Mentre cercavano di creare una cella di memoria in grafene, i ricercatori guidati da James Tour hanno scoperto che potevano ottenere un effetto memristivo da un sottile strato di ossido di silicio posto tra elettrodi conduttivi di silicio policristallino. Il principio di funzionamento del dispositivo è descritto in un articolo pubblicato nell'edizione on-line di Nano Letters, a firma di Jun Yao. Applicando un'opportuna carica agli elettrodi si riesce a indurre un 'breakdown morbido' nello strato di ossido con formazione di filamenti conduttivi in nanocristalli di silicio che determinano una riduzione di resistenza elettrica. Lo stesso principio era stato usato in passato da alcuni produttori di memorie in sola scrittura, ma ora i ricercatori della Rice University, in collaborazione con l'azienda texana PrivaTran, sono riusciti a rendere reversibile il processo. I memristor in silicio che ne sono scaturiti sono più semplici ed economici di quelli in ossido di titanio di HP; al momento hanno però una vita di soli 10 mila cicli di lettura/scrittura. Con un tempo di commutazione al di sotto dei 100 ns e una densità promessa ben al di sopra di quella delle attuali Flash, possono comunque ambire a un posto di rilievo nella futura offerta di memorie 3D.