

# MEMORIE DI NUOVA GENERAZIONE

Lucio Pellizzari

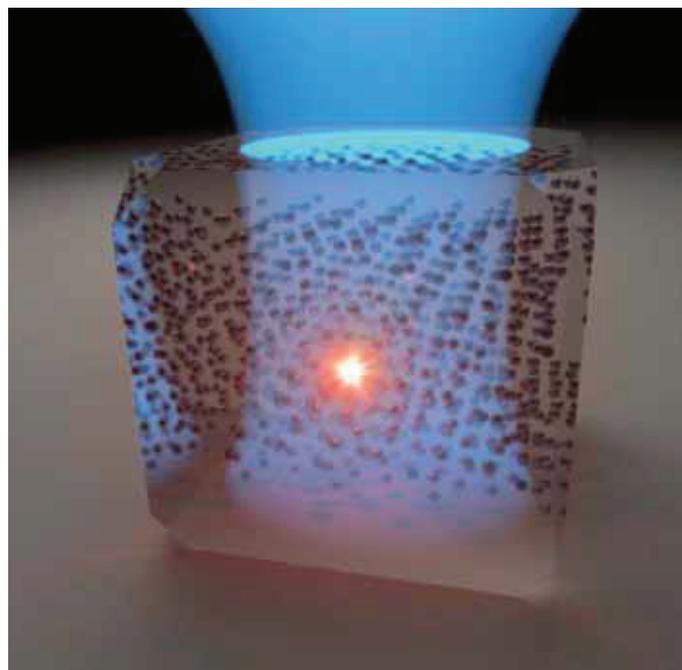
**Volatili o non volatili, le nuove celle di memoria avranno dimensioni nanometriche, conterranno quantità illimitate di informazioni e saranno scritte e lette otticamente**

**N**ei laboratori più all'avanguardia si stanno sperimentando le tecnologie di memoria prossime venture e la tendenza in proposito non poteva non approfittare dei più recenti passi avanti conseguiti sulle tecnologie nanometriche e sulle scienze quantistiche che le governano. Ormai il nanometro è la dimensione di riferimento nei centri di ricerca e perciò proliferano gli annunci di innovativi prototipi di memorie nanometriche.

## Ioni di memoria quantica

Al [Max Planck Institute](#) for the Science of Light, un team di ricercatori è riuscito a sviluppare una nuova tecnologia di memorizzazione quantistica che può costituire la base per i computer quantici del futuro. In pratica, ha realizzato una tecnologia di microscopia ottica che riesce a individuare la posizione e lo stato di energia degli ioni della terra rara Praseodimio ( $\text{Pr}^{3+}$ ) dentro un cristallo di ortosilicato di ittrio (Yttrium Orthosilicate, YSO) con precisione nanometrica. Ciò consente di riconoscere su ciascun ione le due condizioni stabili di riposo (0) ed eccitazione (1) e utilizzarne il contenuto di informazione sia per memorizzare sia per elaborare dati. Considerando l'elevata densità di ioni immagazzinabili in questi cristalli, ne consegue la possibilità di implementare elementi di memoria ed elementi calcolo del tutto simili agli attuali circuiti digitali, ma in dimensioni inferiori a 10 nanometri.

L'importanza è ancor maggiore perché finora i bit quantici realizzati nei laboratori mostravano conformazioni poco stabili che non ne permettevano lo sfruttamento in implementazioni ripetibili e industrializzabili. La svolta nelle ricerche si è avuta con il perfezionamento degli studi sulle terre rare dato



**Fig. 1 – Il Max Planck Institute ha realizzato con il Praseodimio un prototipo di memoria quantistica un milione di volte più stabile degli attuali bit quantici e sta ora provando a realizzare anche i circuiti digitali quantici**

che l'erbio e il neodimio hanno già dimostrato di non soffrire di problemi di instabilità e ciò ne ha fatti i materiali ottimi negli amplificatori in fibra ottica e nei laser per lavorazioni industriali. Il passo in più è stata la scoperta che il Praseodimio nella condizione di ione con tripla carica positiva può essere eccitato con un laser ad alta risoluzione e mantenere lo stato eccitato persino per un centinaio di secondi, prima di decadere diseccitandosi e questo perché il cristallo lo protegge dalle fluttuazioni termiche e dalle onde acustiche, prolungandone la stabilità. Si tratta

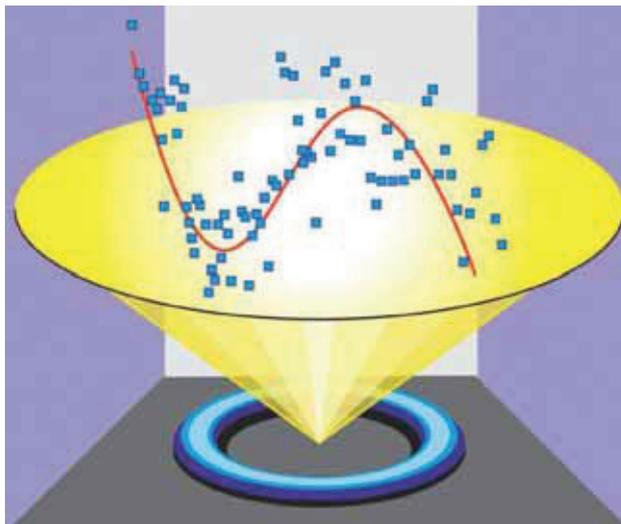
di un milione di volte meglio del miglior risultato ottenuto finora con i precedenti bit quantici e consente di iniziare a sperimentare i primi prototipi di memorie quantiche, cosa che il team dei ricercatori tedeschi sta già provando anche se ammette che ci vorrà ancora tempo. [Il lavoro di Tobias Utikal della Sandoghdar Division del Max Planck Institute è stato pubblicato su Nature l'11 aprile 2014.](#)

### Memoria ottica quantica

Un'equipe di ricercatori prevalentemente tedeschi capitanata dai professori C. Berger, M. Kira e S.W. Koch della [Philipps-Universität Marburg](#) ha studiato approfonditamente la correlazione fra la linearità di emissione della pompa di eccitazione di un laser e la qualità della radiazione luminosa che va in risonanza nel laser che è responsabile delle proprietà ottiche dell'emissione generata in uscita. In pratica, c'è una memoria quantica fra i due campi elettromagnetici tale per cui alcune variazioni di energia sulla sorgente di pompa si conservano trasformandosi in oscillazioni ben precise che si sovrappongono sul fascio emesso dal laser e possono essere riconosciute in opportune condizioni. Questa correlazione può essere sfruttata per comandare adeguatamente la sorgente di pompa e attribuire al fascio ottico di uscita del laser delle informazioni che possono poi essere ritrasformate e adeguatamente interpretate in ricezione. Si tratta a tutti gli effetti di una nuova forma di memorizzazione quantica che può essere utile nella spettroscopia oppure per sviluppare nuove applicazioni di informatica quantistica. Il lavoro è stato pubblicato il 29 agosto 2014 su [Physical Review Letters](#).

### Memristori nanometrici

Un team di ricerca del [Royal Melbourne Institute of Technology](#) australiano con a capo l'esperto ricercatore Sharath Sriram ha realizzato dei memristori a livello nanometrico che possono essere considerati un importante passo avanti nello sviluppo dei computer neuro-morfici del futuro. La ricerca ha permesso di ottenere dei prototipi di elementi metallo-ossido-metallo con dimensioni



**Fig. 2** – Alla Philipps-Universität Marburg hanno scoperto come imprigionare nelle emissioni laser una memoria quantica generata pilotando opportunamente la sorgente di pompa

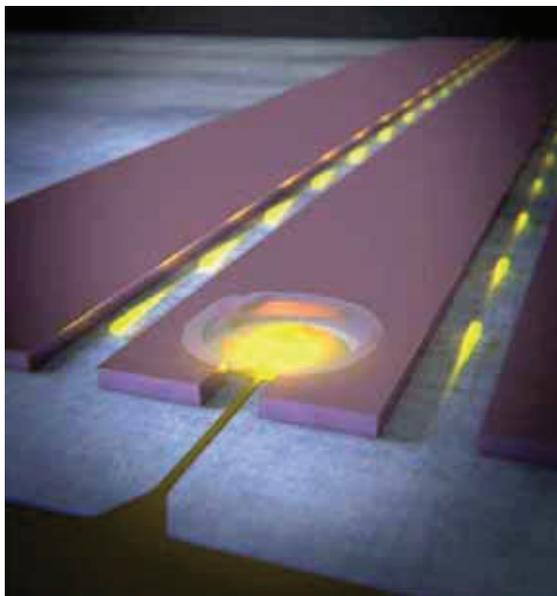
inferiori a 10 nm utilizzando l'ossido di perovskite amorfo (a-SrTiO<sub>3</sub>) che, a temperatura ambiente, ha mostrato proprietà resistive bipolari con due valori di resistenza stabili, che possono essere usati per memorizzare un'informazione binaria in forma non volatile. I due valori hanno uno switching ratio compreso tra 10<sup>3</sup> e 10<sup>4</sup> e una longevità fino a 10<sup>6</sup> cicli di commutazione e perciò consentono di impiegare il memristore come elemento fondamentale per realizzare circuiti logici nanometrici. Per i ricercatori la maggiore difficoltà è stata proprio la ricerca dei contatti terminali adeguati per ottenere un componente realmente utilizzabile, ma l'equipe ritiene che migliorando il progetto si potranno realizzare dispositivi logici e analogici adatti per dar vita a sistemi elettrici stabili alle dimensioni nanometriche. Il lavoro è stato pubblicato il 26 agosto 2014 da [Advanced Functional Materials](#) di Wiley-VCH Verlag.

### Grafene volatile

Alcuni ricercatori del [Kavli Institute of Nanoscience Delft](#) olandese con a capo il prof. V. Singh hanno dimostrato che si può sfruttare la robustezza dei fogli di grafene per utilizzarli nell'inedito ruolo di elementi di memoria quantica. Per le loro caratteristiche di robustezza ed elasticità, i fogli di grafene sono già impiegati in



**Fig. 3** – All'RMIT sono stati realizzati dei memristori di 10 nm con due valori di resistenza stabili che possono essere utilizzati come elementi di memoria non volatile oppure come dispositivi logici nanometrici

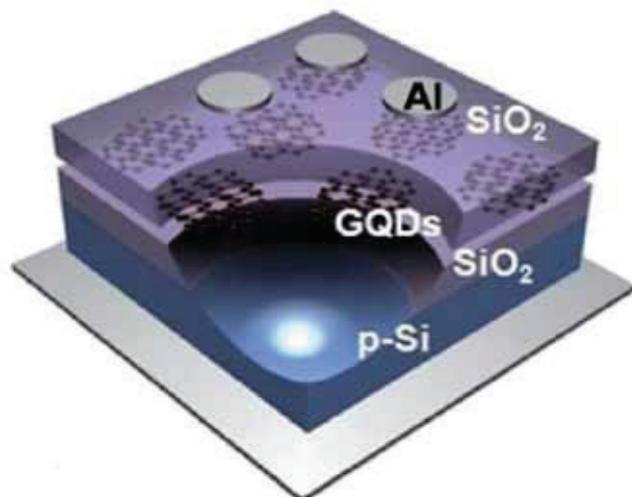


**Fig. 4** – Al Kavli Institute of Nanoscience Delft hanno usato i fogli di grafene come elementi di memoria quantica volatili ma più stabili delle attuali RAM con il vantaggio delle dimensioni nanometriche

vario modo all'interno dei sensori prevalentemente capacitivi, ma ora diventano delle sensibili membrane somiglianti a quelle delle batterie dei musicisti, capaci di ricevere un segnale complesso nella forma di un'onda elettromagnetica alla frequenza delle microonde e trasportarlo come vibrazione meccanica per tutta l'estensione del foglio, fino a un punto dove può essere recuperato e ritrasformato riottenendo l'informazione ivi contenuta. Questo principio può essere sfruttato per realizzare componenti optomeccanici nei quali si riesce a rivelare l'effetto dei fotoni di microonde incidenti nella forma di vibrazioni meccaniche che causano spostamenti perpendicolari del foglio di grafene di appena 17 femtometri (10-15 mt). Applicando due microonde diverse, si possono perciò riconoscere due informazioni optomeccaniche diverse e queste onde meccaniche, o fononi, possono autosostenersi in un foglio di grafene per una decina di millisecondi e quindi diventare una memoria quantica volatile capace di immagazzinare i bit di informazione senza refresh molto più tempo di quanto consentono le attuali RAM volatili. Considerando le dimensioni nanometriche, ne consegue la possibilità di realizzare memorie cache per computer con capienza illimitata. Il lavoro è stato pubblicato il [24 agosto 2014 su Nature Nanotechnology](#).

## Grafene non volatile

L'esperto ricercatore sudcoreano Soong Sin Joo della [Kyung Hee University](#) ha approfondito le proprietà del grafene scoprendo come intrappolarvi delle nanocariche in modo molto simile al processo di assorbimento delle cariche negli strati di polisilicio, che avviene in molte attuali celle di memoria non volatili. In pratica è riuscito a creare dei quantum dot in CdSe (seleniuro di cadmio) ossia delle trappole quantiche dentro uno strato di grafene (Graphene Quantum Dot, GQD) racchiuso sopra e sotto da due strati protettivi di biossido di silicio (SiO<sub>2</sub>). Gli elementi quantici hanno la forma di cubetti con tre diverse misure, ossia con lato di 6, 12 oppure 27 nm e dentro ciascuno si possono intrappolare dei bit quantici facendo assorbire fotoni con lunghezza d'onda inversamente proporzionale alla dimensione dei lati. Le proprietà delle trappole appaiono diverse perché, per esempio, nei dot da 12 nm è più faci-



**Fig. 5** – Nei laboratori della Kyung Hee University hanno inserito nel grafene delle trappole quantiche capaci di catturare, conservare e rilasciare selettivamente i fotoni funzionando come una memoria quantica non volatile.

le scrivere, mentre in quelli da 27 nm è più facile cancellare, ma la cattura dei fotoni portati da una radiazione incidente e il loro rilascio al passaggio di un'opportuna radiazione di lettura dipendono anche dalla distanza intermedia fra i cubetti quantici. Ingegnerizzando ulteriormente i prototipi ottenuti, si possono realizzare memorie quantiche con elevatissima stabilità e un'eccezionale densità di informazioni memorizzabili. Il lavoro è stato pubblicato su [Nanotechnology il 4 giugno 2014](#). ■