

20nm, corrispondente a una densità di 2 miliardi di elementi attivi per cm<sup>2</sup>. Questo richiede flussi metodologici e di progettazione a livello di sistema completamente diversi, sia per impostazione architettonica dei blocchi circuitali, sia per la compartecipazione di nuovi software applicativi e sistemi operativi in tempo reale che verranno incorporati nei sistemi integrati stessi. Tutto ciò riguarda l'integrazione classica di tipo top-down, dal grande verso il piccolo, dove l'organizzazione del sistema avviene per opera dell'uomo la quale sta

natura (autoorganizzate). Tale punto singolare, che verrà raggiunto in una decina d'anni, comporta cambiamenti strutturali importanti nell'economia, nel modo di progettare e produrre e richiede un insieme di progressi in svariate discipline: fisica, chimica, biologia, scienza dei materiali, matematica ed ingegneria. La natura interdisciplinare degli sforzi di ricerca su scala nanometrica richiede profondi cambiamenti sulla formazione dei professionisti in questi settori: saranno di nuovo necessari quindi "ingegneri rinascimentali".

## Le promesse delle nanotecnologie

I potenziali benefici delle nanotecnologie sono pervasivi, e spaziano dalla nanoelettronica alla medicina alla difesa. La capacità di sintetizzare elementi su scala nanometrica con dimensioni e composizione precisamente controllate e di assemblarle in strutture con proprietà e funzioni uniche rivoluzionerà vasti settori dell'industria

mostrando i propri limiti. Procedendo con la miniaturizzazione, si sta tuttavia raggiungendo un punto "singolare", in cui domina la dimensione molecolare, e in cui si incontrano discipline diverse: la micro-nanoelettronica, organizzata dall'uomo, e la fisica, la chimica e la biologia, organizzate dalla

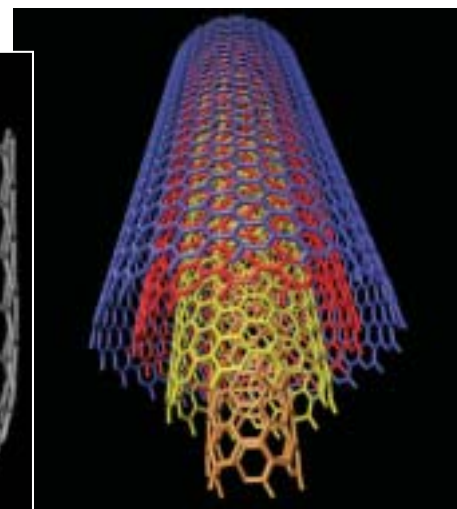
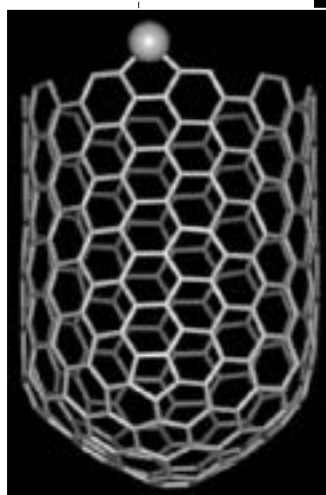
### UNA MIRIADE DI APPLICAZIONI

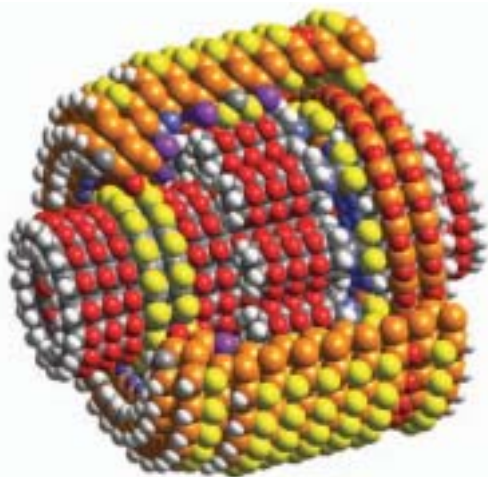
Le nanostrutture consentono potenzialmente la realizzazione di materiali più leggeri, più resistenti e programmabili. Esse possono trovare applicazioni in batterie, celle al combustibile, materiali per lubrificanti e per lo stoccaggio di gas, dispositivi elettronici, sensori, cosmetici, rivestimenti per metalli e schermi per computer, dispositivi di rilascio dei farmaci, protesi maggiormente biocompatibili e durevoli, o sistemi telerobotici che potrebbero essere usati in ambienti ostili o per eseguire operazioni chirurgiche

**L**e nanotecnologie raggruppano sia discipline caratterizzate da un approccio "top-down" o "dall'alto", basato sullo scaling delle tecnologie esistenti, da quello "bottom-up" o "dal basso" che consiste nella sintesi di nuovi materiali tramite manipolazioni su scala atomica o molecolare. Ciò permette di creare strutture con proprietà fisiche, chimiche, e

biologiche significativamente migliorate.

Raimondo Paletto, Presidente di STMicroelectronics Italia, nel corso della cerimonia di inaugurazione dei nuovi laboratori dell'Istituto Superiore Mario Boella a dicembre dello scorso anno, ha osservato che nel giro dei prossimi sei anni si passerà dalle tecnologie microelettroniche da 60nm, attualmente sviluppate, alla generazione da





giche per via remota. Il mercato globale relativo ai prodotti e ai processi nanotecnologici potrebbe raggiungere i 100 miliardi di dollari per il 2005. Anche per questo motivo sono stati varati in tutto il mondo ambiziosi piani di sviluppo delle nanotecnologie. Il sesto programma quadro della Comunità Europea, che copre il periodo dal 2003 al 2006, prevede un budget di 17,5 miliardi di euro, di cui 1,3 miliardi saranno destinati a una sezione di interesse prioritario relativa alle nanotecnologie e alle nanoscienze. Nel nostro Paese diversi centri di ricerca, sia pubblici sia privati, quali il centro ricerche Fiat, ENEA, CNR, INFN, Pirelli Labs, Saes Getters, la scuola di Sant'Anna a Pisa e STMicroelectronics sono particolarmente attivi nello sviluppo di soluzioni legate alle nanotecnologie.

#### IL DNA PER L'ELETTRONICA

Una ricerca che ha impegnato i ricercatori DuPont, del Massachusetts Institute for Technology (MIT) e dell'Università dell'Illinois ha portato all'identificazione di una soluzione innovativa per applicazioni elettroniche grazie all'impiego di filamenti di DNA per la sele-

zione di nanotubi in carbonio. I nanotubi di carbonio le eccellenti proprietà elettriche sono particolarmente utili in un'ampia gamma di applicazioni, si organizzano in modo casuale durante la lavorazione; questa condizione che ha un impatto fortemente negativo sulla conduttività del materiale. La possibilità di selezionare e assemblare i nanotubi di carbonio in base al loro diametro e alle loro proprietà elettroniche (ad esempio separando i metalli dai semiconduttori), consente di ottenere prestazioni di una conduttività nel materiale più uniformi. Gli scienziati della divisione Central Research & Development di DuPont hanno scoperto che il DNA a singolo filamento interagisce significativamente con i nanotubi di carbonio formando un ibrido stabile composto. In cooperazione con i ricercatori del Massachusetts Institute of Technology (MIT) e della University of Illinois, il team di scienziati ha rilevato che una particolare sequenza di DNA a singolo filamento si auto-assembla in una struttura elicoidale attorno ai singoli nanotubi di carbonio, i quali possono essere separati e selezionati mediante una tecnica di cromatografia ■

## Un'intervista a Ming Zheng, Central Research & Development DuPont

**EONews:** In che modo i nanotubi miglioreranno le prestazioni dei componenti microelettronici?

**Ming Zheng:** La nanotecnologia consentirà alla microelettronica di raggiungere livelli spinti di miniaturizzazione senza sacrificare le prestazioni. Crediamo inoltre, in base a una limitata esperienza, che potenzialmente opererà in modo più efficiente, richiedendo meno potenza per il funzionamento.

**EONews:** Quali saranno i principali benefici per la microelettronica apportati dalla soluzione sviluppata da DuPont in collaborazione con il MIT (Massachusetts Institute for Technology)?

**Ming Zheng:** la separazione di nanotubi al carbonio (CNT) in base alla loro struttura è l'unico grande ostacolo alla loro applicazione tecnologica. Numerosi tentativi sulla separazione CNT hanno portato solo a un ordinamento per lunghezze. Tuttavia una proprietà fondamentale dei CNT, quella di natura elettronica, è legata al suo diametro. È di conseguenza importante essere in grado di separare i CNT per diametro oltre che per lunghezza. Siamo approdati alla nuova idea di usare acidi nucleici per manipolare i nanotubi al carbonio. Abbiamo scoperto che un determinato schema di DNA a singolo filamento può essere usato per separare i CNT secondo i loro diametri. Il DNA si auto-assembla in una struttura sovramolecolare ordinata attorno a singoli CNT, in modo tale che le proprietà elettrostatiche dell'ibrido DNA-CNT dipendono dal tipo di tubo. Un tale ibrido DNA-CNT ci consente di ordinare i nanotubi non solo in base alle loro proprietà elettroniche, ma anche, per la prima volta, in base ai loro diametri.

**EONews:** Quali applicazioni potrebbero trarre vantaggio dalle nanotecnologie?

**Ming Zheng:** Non esiste una risposta univoca per questa domanda, ma dipende piuttosto dal materiale usato e dal modo in cui è usato. Nanoparticelle di biossido di titanio sono già state impiegate in schermi solari che forniscono un livello di protezione di gran lunga superiore dalle radiazioni UV dannose. Dispositivi a emissione di campo hanno numerose applicazioni emergenti che vanno dai display a schermo sottile per computer o televisori ai nuovi dispositivi biomedici. Parecchi vedono un grosso potenziale nell'uso della nanotecnologia nei dispositivi elettronici quali memorie per computer, CPU e sensori. Questi sono solo alcuni esempi delle aree in cui l'industria vede un potenziale. Con ulteriori sviluppi nella ricerca e nei processi è plausibile che emergeranno più applicazioni.

**EONews:** Quali sono le più importanti applicazioni che stanno già facendo uso delle nanotecnologie?

**Ming Zheng:** Esistono numerose applicazioni consumer che fanno uso della nanotecnologia per migliorare le prestazioni.

Eddie Bauer offre tessuti militari Nano-Care repellenti alle macchie, con fibre superficiali di 10 fino a 100 nanometri, usando un processo che ricopre ogni fibra del tessuto con nanofilamenti. Anche Dockers produce tessuti militari, una camicia e persino una cravatta trattata con ciò che chiamano "Stain Defender", un altro esempio dello stesso trattamento del tessuto su scala nanometrica.

General Motors usa un nanocomposito plastico per le "predelline" nei GM safari e nei furgoni Astro. È resistente ai graffi, leggero e a prova di ruggine, e produce miglioramenti nella resistenza e riduzioni del peso, che portano a risparmi di carburante e a un prolungamento della durata. Nel 2001 Toyota ha iniziato a usare nanocompositi per realizzare paraurti più leggeri del 60% e due volte più resistenti a deformazioni e graffi.

Le palline da tennis di Wilson Double Core sono dotate di un rivestimento nanocomposito che le fa rimbalzare due volte più a lungo rispetto a una pallina tradizionale.

Argonide Nanomaterials, un produttore di nanoparticelle e prodotti per il nanofiltraggio con sede a Orlando, ha realizzato un dispositivo in grado di filtrare le particelle di più piccole dimensioni grazie alle proprie fibre di ossido di alluminio di dimensioni nanometriche, che attraggono e trattengono particelle di dimensioni submicrometriche e nanometriche. Questo filtro trattiene oltre il 99,9999% dei virus nell'acqua, diverse centinaia di volte più efficacemente delle membrane ultra porose. È utile per la sterilizzazione di sieri biologici, farmaceutici e medicinali, per la separazione di proteine, per la raccolta e la concentrazione di rivelatori di armi chimiche, e per diverse altre applicazioni.

Smith & Nephew commercializza un abito antimicrobico, ricoperto di argento nanocristallino che uccide rapidamente un ampio spettro di batteri nel giro di mezz'ora.