

Le nanotecnologie: il futuro dei nuovi materiali

Le nanotecnologie rappresentano uno dei settori scientifici attualmente di maggiore interesse nel mondo dell'ingegneria e della ricerca in generale. Lo scopo è quello di realizzare materiali e sistemi tecnologici innovativi controllati non più su scala macroscopica, ma su dimensioni nanometriche (1 nanometro è la miliardesima parte del metro). Tutto questo consente di ottenere un miglioramento significativo nelle caratteristiche e nelle prestazioni di molti dispositivi e apparati. Lo sfruttamento delle tecnologie tradizionali ha ormai raggiunto un livello di saturazione che non consente di apportare dei miglioramenti significati nei vari campi di applicazione. Soltanto con un controllo a livello nanometrico o microscopico sarà possibile raggiungere questi obiettivi.

di Marco Regi, Mario Marchetti, Franco Mancina

L'analisi di questa nuova branca della Ricerca richiede alcune osservazioni fondamentali. Innanzi tutto va sottolineato come il termine nanotecnologia sia in grado di coinvolgere tutti i settori della scienza in ambito accademico e non solo, conferendo a questa materia un carattere fortemente interdisciplinare. Da qui nasce l'esigenza di far convergere e dialogare specialisti che si occupano di attività, a volte, molto distanti fra di loro. Lavorare sull'estremamente piccolo richiede che vengano sviluppate tutta una serie di tematiche collaterali di supporto. La microscopia elettronica è una di queste. Come in ogni settore a carattere fortemente specialistico, anche per un Programma di Ricerca sulle nanotecnologie è richiesto che sia ben strutturato partendo dalla ricerca di base puramente teorica, arrivando alla realizzazione di prototipi attraverso un'adeguata fase di sperimentazione e di design di sistema. Oltre alle difficoltà intrinseche che i ricercatori debbono affrontare nello sviluppo di una nanotecnologia, è presente anche una valutazione di carattere puramente economico. Va da se che ogni processo innovativo richiede sempre degli anni prima di acquisire un carattere per così dire "industriale", ma nell'ambito di uno sviluppo globale tra realtà economiche fra loro molto variegata, il fattore costo potrebbe diventare un parametro di primaria importanza nella scelta di utilizzare in concreto le nanotecnologie. Va però ricordato come alcune applicazioni prettamente settoriali, come quelle spa-

ziali e delle competizioni automobilistiche, abbiamo consentito di sviluppare innovazioni tecnologiche che nel corso del lungo periodo sono diventate di uso comune e, quindi, anche vantaggiose in termini di business economico.

La nanotecnologia si trova nella sua fase iniziale di sviluppo e tende a sfruttare le conoscenze acquisite in settori, come ad esempio quello della fisica quantistica, per la creazione e l'utilizzo di elementi innovativi a dimensioni molecolari. In questo modo si ottengono delle caratteristiche fortemente migliorate in quanto il comportamento non tradizionale della materia a livello nano offre l'opportunità di operare secondo meccanismi e principi del tutto diversi da quelli a livello macro. Pertanto, con il termine nano si raggruppano termini quali tecnica, processi, fenomeni e tecnologia.

I criteri di design non si sviluppano più nell'ottica "top down", bensì in quella "bottom up", vale a dire partendo da elementi estremamente piccoli (nanometrici) che costituiscono il "building blocks" per sistemi a dimensioni macroscopiche.

Prototipi di sistemi/dispositivi nanotecnologici già esistono, ma la disponibilità di un numero significativo di dati e test forniti da Centri di Ricerca specializzati non corrisponde a un'effettiva "fruibilità" di essi. Esistono delle concrete limitazioni in quanto la risposta che tali sistemi debbono fornire, per potere essere collocati all'interno di un network operativo, è alquanto complessa e articolata: ►

- Il sistema deve essere in grado di fornire dati ripetibili e non valutabili su analisi statistiche. Non può essere applicato un concetto di non determinismo in quanto i possibili campi di applicazione (biomedica, nanosensoristica, etc.) impongono una caratterizzazione certa e dettagliata del comportamento e dei dati forniti dal sistema

- Le azioni eseguite dal nanodispositivo debbono essere ripetibili e controllabili

- L'interfaccia uomo/nanosistema e la sua integrazione in apparati complessi può essere difficoltosa e limitata

- Le condizioni di esercizio del nanoapparato possono essere vincolate da fattori più restrittivi rispetto ad altre tecnologie più semplici

- A fronte di prestazioni eccellenti del sistema vi possono essere delle difficoltà intrinseche nel processo di industrializzazione.

Quanto appena sottolineato evidenzia il carattere fortemente innovativo del settore.

Un'applicazione importante dell'argomento in oggetto sono i MEMS (Micro Electomechanical Systems) che si stanno gradualmente trasformando in NEMS ovvero in sistemi nanometrici. Con la sigla MEMS si indicano tutti quei sensori, attuatori, processori che vanno sotto la denominazione della micro-meccatronica, e della micro-optoelettronica. MEMS sono, ad esempio, gli accelerometri usati negli airbags automobilistici, i sensori di pressione, gli interruttori ottici e i dispositivi a getto d'inchiostro. Con il termine BIOMEMS si indicano i chips per l'analisi chimica, per la diagnostica continua del paziente (pressione del sangue, presenza di tossine, etc.) fino ad arrivare ad apparati per il rilascio controllato e continuo di medicinali. Un MEMS/NEMS può essere in grado di svolgere azioni anche di monitoraggio sia individuale che ambientale (inquinanti chimici e biologici).

Un sistema così articolato dovrà svolgere tre funzioni principali che sono:

- Rilevazione del dato di interesse specifico

- Traduzione di esso in un linguaggio che ne consenta il trattamento

- Capacità di elaborazione e trasmissione dell'informazione in termini di lettura, amplificazione ed eventuale filtraggio di tutti i dati di non interesse.

La miniaturizzazione spinta di un MEMS/NEMS consentirà di realizzare sistemi portatili integrati. Un esempio applicativo è quello del loro inserimento nella tuta di un soldato per monitorarne lo stato di salute, la sua posizione nonché le caratteristiche dell'ambiente nel quale si trova a operare.

Questi strumenti se applicati non solo in ambito Difesa, potranno avere in futuro un forte impatto sulle qualità della nostra vita, sull'ambiente che ci circonda, sulla nostra salute, sulla qualità degli alimenti.

Con la realizzazione di chips MEMS/NEMS (bioinformatica) sarà possibile eseguire monitoraggi ambientali degli ecosistemi con un livello di sensibilità mai raggiunto fino a ora e, quindi, con la possibilità di

evitare lo sviluppo e il proliferare di elementi (micro-organismi) dannosi per l'uomo.

Il settore alimentare trova grande interesse nel campo delle nanotecnologie. Le piante geneticamente modificate (PGM o transgeniche) vengono ottenute grazie a tecniche molecolari con le quali aggiungere un tratto di DNA in grado di conferire ad esse caratteristiche diverse da quelle iniziali. È possibile aumentarne la resistenza agli insetti o la tolleranza agli agenti chimici, nonché la capacità di sviluppare caratteristiche completamente nuove utilizzabili per la formulazione di vaccini.

Le stime attuali prevedono un aumento della popolazione mondiale del 50% entro il 2050. Per alimentare questo numero enorme di esseri umani è necessario un incremento della produzione agro-alimentare che sia in grado di soddisfare la domanda, ma che nel contempo limiti i danni ambientali. Sarà possibile, grazie alle nanotecnologie, modificare la produzione agricola in funzione dell'ambiente e non viceversa in modo da rendere il processo eco-compatibile. La risposta a queste problematiche sarà, non solo nell'aumento delle quantità prodotte, ma anche e soprattutto nella riduzione delle perdite dovute a insetti e malattie congenite delle piante. Le PGM, possono fornire una soluzione ai problemi appena descritti, purché esse siano compatibili non solo con l'ambiente, ma anche con la salute delle persone.

Lo sviluppo dei sistemi di Difesa e di Monitoraggio si basa sulla realizzazione di apparati "unmanned" e robotici. Questo implica la disponibilità di una "rete" di controllo in grado di interfacciarsi e comunicare con realtà tecnologiche fra loro diversificate. Servono soluzioni alternative in quanto applicazioni come quelle del silicio in elettronica hanno ormai raggiunto i limiti teorici in termini di miniaturizzazione e sfruttamento delle caratteristiche. Con la nanotecnologia è possibile, in teoria, apportare una riduzione di dimensioni (associata ad un incremento delle prestazioni!) di due o tre ordini di grandezza. Così facendo si realizza un sistema integrato costituito simultaneamente dall'insieme sensore-decisore-attuatore. Tutto ciò si traduce nella chiusura del loop tra il marker pull e il technology push che espresso in ambito Difesa ha il suo equivalente nel military requirements e available technologies. Sviluppare supporti più potenti, di minori dimensioni e ridotto consumo energetico, consente un drastico miglioramento del soldato inteso come sistema complessivo, ovvero un soldato dotato di sorgente di energia, sistema di comunicazione-difesa-protezione e migliore capacità di sopravvivenza in ambiente fortemente ostile. La finalizzazione sarà quella di creare un sistema del tutto automatizzato ("unmanned") con il

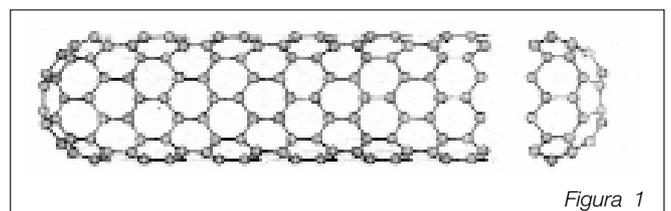


Figura 1

quale la componente umana svolge soltanto operazioni di monitoring senza essere collocata direttamente in zone di conflitto. Naturalmente, va considerato il carattere perfettamente duale tra parti avverse a uguale livello tecnologico.

Per capire concretamente cosa sia un sistema nanotecnologico è utile fare un esempio. I nanotubi in carbonio (fig. 1) sono delle strutture cristalline aventi, per l'appunto, una geometria tubolare costituita da atomi di carbonio legati fra di loro secondo una cella esagonale (uguale a quella della grafite). Il diametro di un nanotubo è di pochi nanometri, mentre la sua lunghezza può essere di alcuni micron. Le proprietà del nanotubo in carbonio sono eccezionali. Resiste cento volte più dell'acciaio in corrispondenza di un peso inferiore di un sesto. Trasmette la corrente elettrica meglio del rame e il calore meglio del diamante. Queste caratteristiche lo rendono di sicuro interesse in pratica in tutte le applicazioni dell'ingegneria (strutture, elettronica, medicina, etc.). La difficoltà sta nel saper gestire tutti i processi che permettono di sviluppare, manipolare e utilizzare concretamente un materiale che possiede delle proprietà eccezionali, ma con delle dimensioni a livello nano. Riuscire ad integrarli a livello macroscopico in un sistema avanzato non è banale.

Presso il C.S.M. Centro Sviluppo Materiali di Roma gli autori del presente articolo hanno sviluppato le metodologie di produzione (sintesi è il termine tecnico più appropriato) dei nanotubi in carbonio. Utilizzando la microscopia elettronica è possibile capire cosa vuol dire scendere a sistemi strutturati a livello nano. In fig. 2 è mostrato un elettrodo di grafite, avente un diametro di circa dieci centimetri, opportunamente trattato sulla cui superficie sono presenti i nanotubi che sono non osservabili in quanto in un granello di polvere ve ne possono essere migliaia. Questa immagine è stata ricavata mediante un microscopio ottico con un basso numero di ingrandimenti (circa settanta). In fig. 3 lo stesso elettrodo è stato osservato al microscopio elettronico a scansione (SEM: Scanning Electron Microscopy). Ciò che si rileva è molto più dettagliato rispetto al microscopio ottico. Aumentando il numero degli ingrandimenti è possibile osservare ancora più in dettaglio la superficie dell'elettrodo (immagine SEM in fig. 4). Arrivando a un numero significativo di ingrandimenti (superiore a duemila) è possibile finalmente osservare i carbon nanotubes (fig. 5). Va rilevato come la preparazione degli elettrodi per questo tipo di osservazioni non è affatto semplice, ma richiede procedure specifiche. Con le osservazioni riportate in fig. 5 sembrerebbe essere concluso il lavoro di osservazione. In realtà non è vero, in quanto le strutture presenti ►

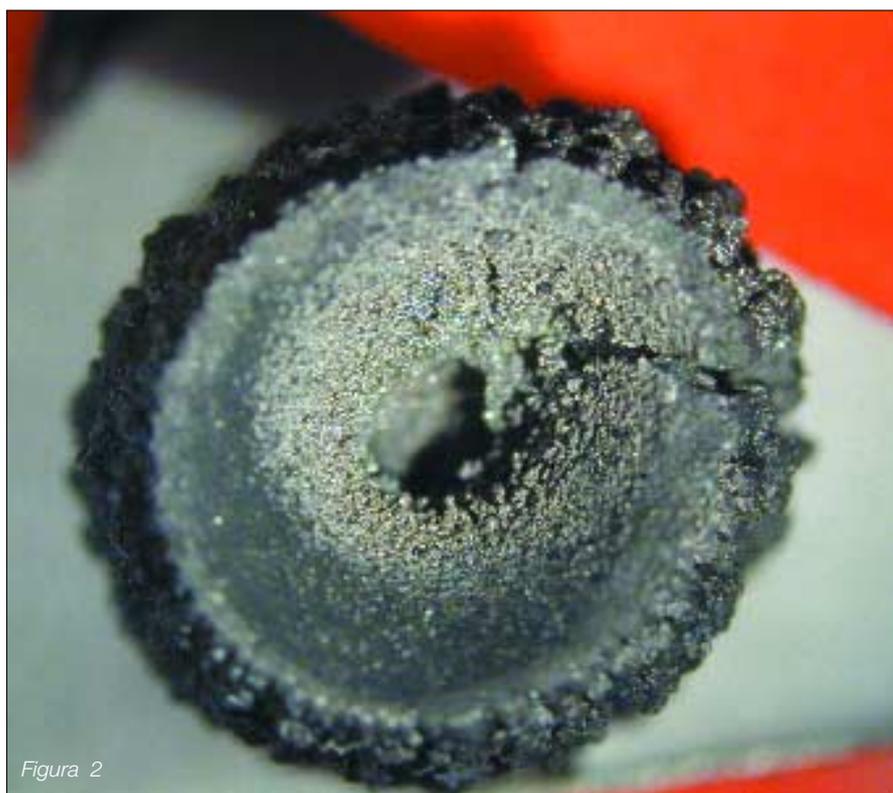


Figura 2

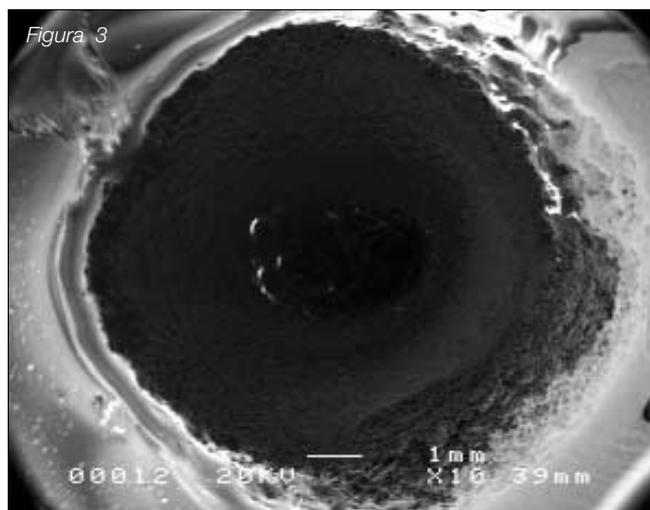


Figura 3

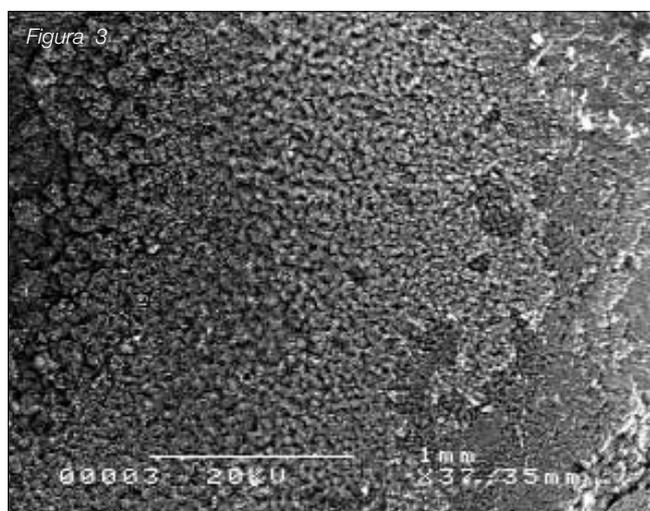


Figura 3

potrebbero essere delle nanofibre e non dei nanotubi. Quindi, è necessario fare osservazioni più dettagliate fino ad arrivare a un numero di ingrandimenti dell'ordine di trecentomila volte. Questo significa che il materiale osservato in fig. 5, che ha delle dimensioni di un granello di polvere, deve essere opportunamente preparato per un ulteriore tipo di osservazione, ossia quella al microscopio elettronico a trasmissione (TEM: Trasmission Electron Microscopy). In fig. 6 è riportata una immagine TEM del materiale di fig. 5 a un numero di ingrandimento pari a 270mila volte. Vale a dire che è stata raggiunta la scala nanometrica che dimostra l'effettiva presenza dei nanotubi in carbonio. Può essere utile eseguire l'analisi chimica. La figura 7 mostra la composizione chimica dell'elettrodo in figura 2 ottenuta tramite l'analisi ai raggi X (analisi EDS da cui è possibile valutare la percentuale in peso e atomica dei componenti chimici presenti all'interno del campione analizzato). Con quest'esempio è stato mostrato cosa è realmente un materiale nanometrico e quali siano le difficoltà nel lavorare sull'estremamente piccolo.

La conclusione di questa breve memoria, non può che confermare come le nanotecnologie rappresentino il futuro prossimo di tutto il mondo della ricerca e delle applicazioni industriali. Sono richiesti notevoli sforzi intellettuali, ma soprattutto un forte impegno economico-istituzionale che consenta di sviluppare in Italia dei centri d'eccellenza che siano in grado di dialogare allo stesso livello conoscitivo con tutte le altre realtà internazionali impegnate nel settore. Lo scopo è quello di for-

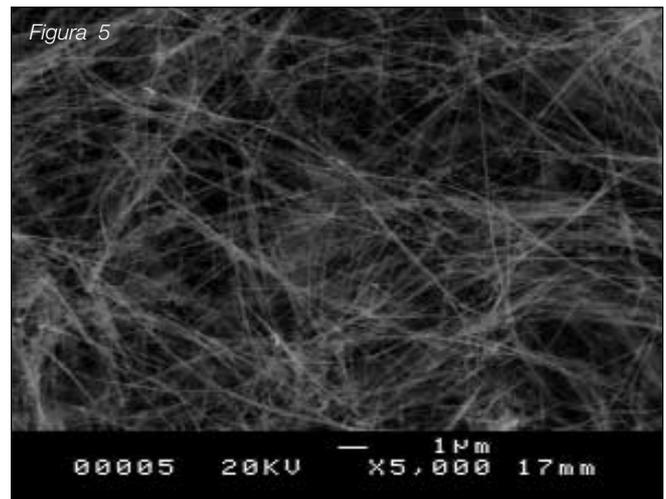


Figura 5



Figura 6

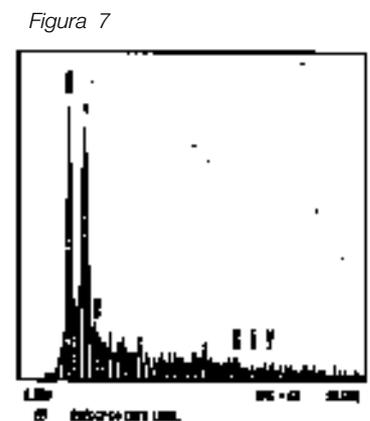


Figura 7

nire un "prodotto" di ricerca d'avanguardia competitivo a livello mondiale. ■



VALENTINI ASSICURAZIONI BROKER s.r.l.

Poiché da molti anni poniamo una cura particolare all'attività di Ingegneri ed Architetti, vantiamo una vasta esperienza nel campo della Responsabilità Civile, con particolare riguardo al settore delle PROGETTAZIONI, DIREZIONE LAVORI, IGIENE E SICUREZZA DEL LAVORO-legge 626/94 e 494/96.

Le nostre possibilità di copertura

- Per Società e Studi Associati di Ingegneria o per singoli Professionisti;
- intera attività professionale (comprese consulenze ecologiche ed ambientali);
- per rischi di "inadempienza ai doveri professionali, negligenza, imprudenza o imperizia imputabili a colpa professionale anche per le persone per le quali l'assicurato sia civilmente responsabile";
- massimale di assicurazione: sino a € 1.500.000,00;
- possibilità di garanzie "pregresse" sino a 5 anni;
- i premi sono molto contenuti per polizze di qualsiasi durata.

VALENTINI ASSICURAZIONI s.r.l. - BROKER DI COMPAGNIE NAZIONALI ED ESTERE

Via Cesare Fracassini, 4 - 00196 Roma - Tel. 06/36003977-06/36005130 - 06/36790340 - Fax 06/36790333
e-mail: val.ass@libero.it - Albo Broker n° 1285/s Tribunale di Roma - C.C.I.A.A. 143592 - P.IVA 06007001008