veneto nanotech

small technology
big applications

i Quaderni delle Nanotecnologie

volume 1 ***introduzione alle nanotecnologie***

1



in collaborazione con

REGIONE DEL VENETO

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA VENEZIA

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO AGRICOLTURA VICENZA

La collana

La collana è composta da 9 Quaderni (modulari) che trattano applicazioni nanotecnologiche suddivise per argomenti:

Vol 01 "Introduzione alle Nanotecnologie"
Vol 02 "Polimeri, Vernici, Adesivi"
Vol 03 "Packaging"
Vol 04 "Trattamenti superficiali"
Metalli
Gioielli, Bigiotteria e Metalli Preziosi
Polimeri
Packaging
Vetri
Occhialeria
Ceramici e Lapidei
Pellami
Legno
Fibre Sintetiche e Naturali
Vol 05 "Metalli"
Vol 06 "Vetri, Ceramici, Materiali per costruzione"
Vol 07 "Fibre e Tessuti"
Vol 08 "Micro/Nano Elettronica, MEMS/NEMS, Batterie, Microfluidica, Lab on a Chip"
Vol 09 "NANOFAB"

© Veneto Nanotech, 2006
Riproduzione autorizzata a condizione che venga citata la fonte.

i Quaderni delle Nanotecnologie

volume 1 ***introduzione alle nanotecnologie***

1

Questi Quaderni sono stati realizzati da Veneto Nanotech grazie al contributo della Regione del Veneto e delle Camere di Commercio di Padova, Venezia e Vicenza.

A cura di *Ing. Galdino Baldon*

Con la collaborazione di *Ing. Enrico Benetti, Dott.ssa Federica Lodato*

Consulenza scientifica *Prof. Alvise Benedetti, Prof. Marino Quaresimin*

Progetto grafico ed impaginazione *Paolo Fontana/Signaletic:for science*

Stampa *Tipografia Eden, Cadoneghe (Pd)*

I Edizione *novembre 2006*
II Edizione *novembre 2007*

Esente da vidimazione ai sensi della Legge 248/2000, art. 10 – 1° comma.

A Giovanna.

Veneto Nanotech ha voluto, con questa Collana, fornire alle aziende e alle imprese delle informazioni riguardanti le applicazioni delle nanotecnologie ai diversi comparti produttivi, tipici dell'impresa italiana.

Mancava, infatti, nel panorama della letteratura tecnico-divulgativa, una pubblicazione che descrivesse le applicazioni delle nanotecnologie, che sono uno degli esempi più tipici dell'industria emergente ad elevato contenuto tecnologico. In continua e rapida espansione, trovano oggi la loro applicazione in numerosissimi ambiti produttivi (meccanico, tessile, conciario, beni di lusso, occhiali, agro-alimentare, etc.) ma sono destinati a trovare impiego in diversi altri campi.

Per tale motivo la Collana, destinata al mondo delle imprese, non ha nessuna pretesa di esaustività bensì vuole essere uno strumento al servizio degli imprenditori, dei responsabili ricerca e sviluppo e di quanti vogliano avvicinarsi al mondo dell'infinitamente piccolo con informazioni che rispettino la scientificità degli argomenti trattati ma che vengono illustrati con un approccio di tipo divulgativo.

Nei quaderni viene descritta la possibilità di applicare le nuove soluzioni all'interno di processi produttivi già esistenti e quindi vengono date informazioni pratiche per quelle aziende che volessero compiere quel salto qualitativo tanto auspicato e necessario per confrontarsi pienamente nella sfida globale.

I Quaderni sono stati realizzati grazie al contributo delle Camere di Commercio di Padova e di Venezia che sostengono e supportano varie iniziative di Veneto Nanotech a favore della divulgazione e del trasferimento tecnologico per le aziende.

Luigi Rossi Luciani
Presidente
Veneto Nanotech ScpA

Le Camere di Commercio di Padova e Venezia sono da tempo impegnate sui temi legati all'innovazione tecnologica. La Camera di Venezia direttamente, e la Camera di Padova tramite il Parco Scientifico Galileo, hanno intrapreso svariate iniziative per il coinvolgimento delle aziende che più necessitano di un trasferimento di tecnologia nei loro prodotti e processi aziendali.
Vanno segnalate, in questo ambito, le indagini di auditing aziendale per rilevare l'effettivo bisogno di innovazione delle imprese locali, consci del fatto che lo sviluppo delle imprese esistenti e la nascita di nuove realtà imprenditoriali è inscindibilmente legato all'introduzione delle innovazioni.
In tale ottica rientra anche il sostegno a Veneto Nanotech, una realtà molto importante in questo settore, un polo di attrazione di innovazione che deve essere uno strumento sempre più vicino alle imprese per collaborare con loro allo sviluppo di nuove strategie che facciano crescere sempre di più il sistema Veneto ed il sistema Italia.
Ben vengano dunque questi Quaderni che possono diventare un'importante strumento di diffusione delle iniziative che Veneto Nanotech attua anche con il prezioso ausilio del sistema camerale.

Gr. Uff. Gianfranco Chiesa
Presidente
CCIAA di Padova

Ing. Massimo Albonetti
Presidente
CCIAA di Venezia

Scopo del presente Quaderno è quello di favorire la conoscenza delle nanotecnologie e delle loro applicazioni, con un approccio divulgativo, nel rispetto dei contenuti tecnici e scientifici. La realizzazione dell'intera Collana, comprendente ad oggi ben 9 Quaderni, è stata resa possibile grazie al contributo delle Camere di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Padova e di Venezia e alla collaborazione con il CIVEN, Associazione delle Università di Padova, Venezia e Verona per le nanotecnologie.

Le fonti da cui si sono adattati i contenuti (immagini, tabelle, elenchi, testi e quant'altro), a cui si rimanda il lettore per gli approfondimenti, sono state sempre citate esplicitamente.

Per quanto si sia lavorato al fine di garantire la massima accuratezza per ciò che concerne le informazioni contenute nel Quaderno, quanto alle dosi, agli elementi e alle applicazioni riportate, non si riesce a garantirne la perfezione e l'esaustività. Per eventuali approfondimenti si rimanda alla letteratura specializzata e alle fonti riportate.

Le informazioni contenute nel Quaderno sono tratte da testi scritti e da documenti liberamente disponibili sul web di cui si trovano tutti i dettagli in bibliografia: a volte le informazioni nel Quaderno sono state adattate al nuovo contesto e quindi non sempre riproducono fedelmente la versione originale della fonte.

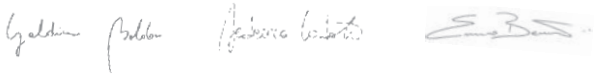
L'utilizzazione dei marchi altrui nel Quaderno avviene in funzione meramente descrittiva.

Considerata la rapida evoluzione del settore, Veneto Nanotech non garantisce l'aggiornamento e la corrispondenza delle informazioni riportate aventi carattere previsionale.

La collaborazione alla revisione della presente Collana e/o alla stesura di nuovi Quaderni è benvenuta ed auspicata: le proposte sono da inviare all'indirizzo e-mail nano@venetonanotech.it

Si ringraziano il CIVEN, e in particolare il prof. Alvise Benedetti, per il contributo scientifico dato nella redazione degli argomenti e per la revisione dei testi, Nanofab per il supporto tecnico nella realizzazione del Quaderno dedicato e il prof . Marino Quaresimin per l'incoraggiamento e la critica costruttiva .

Veneto Nanotech si riserva il diritto di modificare una o più parti dei presenti Quaderni in qualsiasi momento e senza preavviso.



Sommario

1 Introduzione **13**
2 Cosa sono le nanotecnologie **17**
2.1 Modifica delle proprietà 19
2.2 Approccio Top-Down e Bottom-Up. 23
2.3 Evoluzione storica 27
2.4 Applicazioni 36
3 I materiali e le nanotecnologie **38**
3.1 Materiali nanostrutturati 38
3.2 Nanopolveri 42
3.3 I primi 10 prodotti nanotecnologici del 2004 44
4 La ricerca nel Veneto **48**
5 Il Distretto per le nanotecnologie **60**
5.1 Veneto Nanotech e gli altri attori del Distretto 67
5.1.1 CIVEN – Coordinamento Interuniversitario Veneto per le Nanotecnologie 67
5.1.2 La NANOFAB 70
5.1.3 ECSIN 73
6 Bibliografia e fonti **76**

Marco Polo descrive un ponte, pietra per pietra.

-Ma qual è la pietra che sostiene il ponte?- chiede il Kublai Kan.

-Il ponte non è sostenuto da questa o quella pietra,- risponde Marco, – ma dalla linea dell'arco che esse formano.-

Kublai Kan rimane silenzioso, riflettendo. Poi soggiunge: -Perché mi parli di pietre? E' solo dell'arco che mi importa.-

Polo risponde: - Senza pietre non c'è arco.-

da "Le città invisibili" di Italo Calvino

Introduzione

Con il progressivo spostamento dell'asse economico-industriale verso i paesi emergenti dell'area asiatica e con la costante crescita in primis di Cina ed India, Europa e Italia hanno ritenuto sempre più strategico spostare le attività produttive a basso valore aggiunto in quei luoghi. Per contrastare la costante crescita economica, che coincide con l'acquisizione di nuovi know-how, l'Europa si sta concentrando sempre più nelle attività di ricerca e sviluppo di prodotti con caratteristiche altamente innovative. In particolare, viene data grande attenzione alle nanotecnologie che consentono di innalzare il livello tecnologico per vincere il confronto coi nuovi paesi emergenti.
Le nanotecnologie non interessano un unico settore economico, ma sono presenti in quasi tutti gli ambiti grazie al loro carattere pervasivo[1]. Possono essere considerate come una scienza trasversale, con effetti di traino altamente benefici per tutta l'economia e possono rappresentare un radicale salto innovativo tanto auspicato in questa delicata fase storico-

[1] *Pervasivo – che tende a diffondersi ovunque in modo omogeneo.*

economica. Alcuni esperti parlano di un nuovo trend dovuto al fatto che mai prima in passato si era riusciti a modificare così radicalmente e sistematicamente la struttura dei materiali, e quindi le loro proprietà, su scala atomica. Tutto ciò è reso possibile dall'elevato contenuto tecnologico della strumentazione impiegata per lo studio della materia.
Una parte importante del merito di tale cambiamento è da attribuire agli ingenti investimenti pubblici che stanno significativamente supportando quelli privati nei vari ambiti della ricerca e nella richiesta di consulenze di carattere tecnico-scientifico.
Scopo di questa Collana è di spiegare cosa sono le nanotecnologie e di fornire informazioni utili sulle applicazioni possibili e tecniche di utilizzo. Essa vuole essere uno strumento utile al mondo imprenditoriale per valutare la possibilità di inserire le nuove soluzioni offerte da tali scienze nei cicli produttivi o per iniziare un percorso di ricerca di nuove applicazioni.
La raccolta comprende, al momento, i seguenti quaderni tematici:

Vol 01 "Introduzione alle Nanotecnologie"
Vol 02 "Polimeri, Vernici, Adesivi"
Vol 03 "Packaging"
Vol 04 "Trattamenti superficiali"
- Metalli
- Gioielli, Bigiotteria e Metalli Preziosi
- Polimeri
- Packaging
- Vetri
- Occhialeria
- Ceramici e Lapidei
- Pellami
- Legno
- Fibre Sintetiche e Naturali

Vol 05 "Metalli"
Vol 06 "Vetri, Ceramici, Materiali per costruzione"
Vol 07 "Fibre e Tessuti"
Vol 08 "Micro/Nano Elettronica, MEMS/NEMS, Batterie,

Microfluidica, Lab on a Chip"
Vol 09 "NANOFAB[2]"

Gli argomenti qui considerati rappresentano il cardine dell'economia veneta. Questa Regione vanta infatti una grande tradizione in specifiche aree di competenza che, grazie all'imprenditorialità sviluppatasi nel fertile tessuto socio-economico, ha visto la creazione di veri e propri Distretti produttivi riconosciuti a livello internazionale per l'eccellenza qualitativa. Si citano, a solo titolo di esempio, la millenaria maestria nell'arte vetraria di Venezia, l'arte orafa di Vicenza, le ceramiche di Nove e di Bassano, la lavorazione delle pelli di Arzignano, l'occhialeria di Belluno, il calzaturiero di Montebelluna e della Riviera del Brenta, l'abbigliamento di Treviso, il termotecnico di Verona. All'interno di queste aree si sono sviluppate aziende che hanno saputo creare e diffondere marchi noti in tutto il mondo e che hanno contribuito a far conoscere ed apprezzare l'elevata qualità del Made in Italy.
Visto il carattere divulgativo dei Quaderni, si è utilizzato un approccio che favorisca la comprensione da parte di chi si accinge per la prima volta ad affrontare gli argomenti trattati, rimandando i dettagli tecnico scientifici alle fonti per ulteriori approfondimenti[3]. Ci si è soffermati, inoltre, su tematiche ritenute fondamentali o più vicine alla produzione industriale del Triveneto, anche se sicuramente applicabili a una realtà territoriale più estesa.

[2] NANOFAB – Laboratorio di ricerca applicata sulle nanotecnologie.

[3] Sempre all'interno di questo contesto, si sono utilizzati termini inglesi laddove d'uso comune o non esista una traduzione italiana

2.
Cosa sono le nanotecnologie

Il prefisso «nano» deriva dal greco antico νάνο e contraddistingue ciò che è molto piccolo. Il termine moderno di "Nanotecnologia" fu coniato nel 1974 da Norio Taniguchi[4] e fu ripreso in seguito nel 1976 da Eric Drexler[5], il quale definì la nanotecnologia come "[...] una tecnologia a livello molecolare che ci potrà permettere di porre ogni atomo dove vogliamo che esso stia. Chiamiamo questa capacità "nanotecnologia", perché funziona sulla scala del nanometro che corrisponde a 1 miliardesimo di metro": in pratica il rapporto fra 1 nanometro ed 1 metro corrisponde, grossomodo, al rapporto di grandezza che esiste tra il diametro di una pallina da tennis ed il diametro del pianeta terra. (Fig.1).
Il termine *nano* indica il prefisso di un'unità di misura pari a 10^{-9}: si tratta dunque di una dimensione di livello atomico[6]. La scala di grandezza è tanto piccola al punto che non esiste più

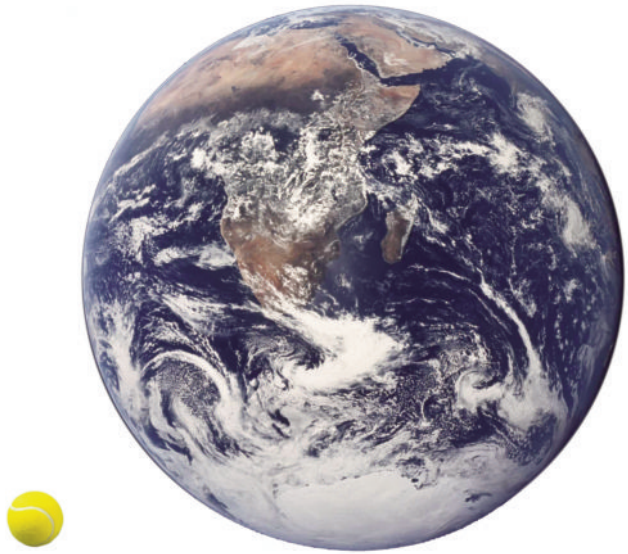


Figura 1: Il rapporto fra 1 nanometro ed un metro corrisponde, grossomodo, al rapporto di grandezza che esiste tra il diametro di una pallina da tennis ed il diametro del pianeta Terra (nella foto non sono rispettate le dimensioni)[1]

[4] Norio Taniguchi - Professore presso l'Università delle Scienze di Tokyo.

[5] Eric Drexler - Scienziato americano.

[6] Gli atomi di solito non godono di una buona reputazione: quando se ne sente parlare si pensa ad esplosioni terribili o a radiazioni pericolose. Questi aspetti riguardano solo le tecniche che utilizzano il nucleo dell'atomo. Le nanotecnologie riguardano il guscio atomico ed intervengono solo a quel livello.

una netta distinzione disciplinare fra le applicazioni ed i temi della chimica, della fisica classica, dell'ingegneria genetica e della fisica quantistica.
La nanotecnologia agisce sulle connessioni fra gli atomi, dalle quali deriva la proprietà della materia. Per lavorare a tali dimensioni (10^{-9}) si impiegano dei macchinari molto sofisticati che sono in grado di agire sui singoli atomi. Il futuro aperto dalle nanotecnologie prevede l'assemblaggio di atomi e molecole in maniera automatica simile a quella che avviene in natura; uno dei pionieri dell'applicazione industriale delle nanotecnologie, Albert Franks, definì tali scienze come "quell'area della tecnologia dove le dimensioni e le tolleranze tra i 0,1 nm e i 100 nm (nm = nanometro) giocano un ruolo critico". Operare a tali livelli di definizione significa riuscire a stu-

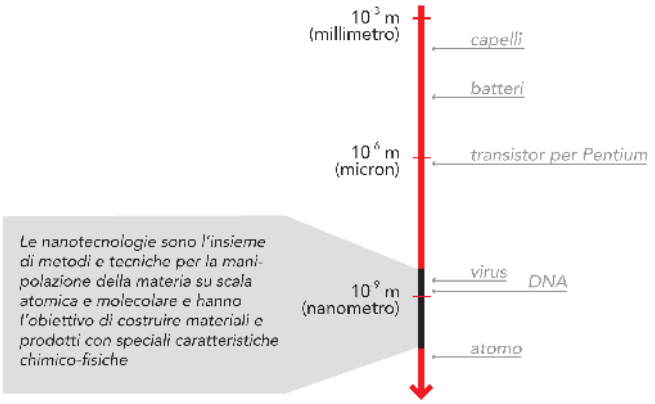


Figura 2: Alcuni esempi presi lungo la scala dimensionale.[1]

diare, assemblare e modificare i materiali a livello molecolare. Attraverso l'uso delle nanotecnologie è possibile creare nuovi materiali funzionali, strumenti e sistemi con straordinarie proprietà derivanti dalla loro struttura ed implementare qualità e caratteristiche di processi e prodotti esistenti.

In sostanza, la "nanotecnologia ci ha dato gli strumenti … *per divertirsi con i più piccoli giocattoli*[7] della natura – atomi e

[7] *To play with the ultimate toy box*

molecole. Tutto è fatto di questo…. La possibilità di creare nuovi materiali appare senza limiti" – (Horst Stormer, Lucent Technologies and Columbia University, Premio Nobel per la fisica nel 1988).

Da sempre si è partiti da «cose grandi» (legno, pietre, minerali) per ottenere o ricavare cose piccole (i prodotti voluti). La nanotecnologia invece parte da «cose piccole» (atomi e molecole), per combinarle insieme e ottenere cose più grandi dotate di proprietà migliori. Per fare uno stuzzicadenti non usiamo più un tronco d'albero ma partiamo da elementi più piccoli. Partire da «cose piccole» significa la precisione assoluta (fino al singolo atomo), un totale controllo dei processi, nessuno scarto e minore uso di energia (approccio "bottom up" come verrà in seguito illustrato).
Con il termine *nanotecnologia* si fa pertanto riferimento ad un insieme di tecnologie, tecniche e processi che richiedono un approccio multidisciplinare, piuttosto che ad una specifica area scientifica o dell'ingegneria.
I campi di applicazione delle nanotecnologie sono potenzialmente illimitati e tutti i settori produttivi più importanti ne saranno influenzati in maniera significativa.

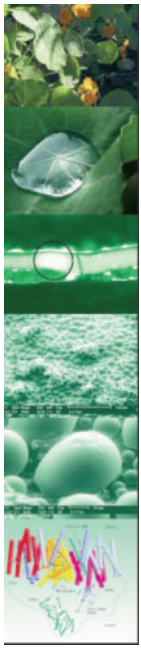


Figura 3: esempio di scala dimensionale in natura. L'immagine rappresenta una foglia di Nasturzio.[1]

2.1
Modifica delle proprietà

Le proprietà elettroniche, magnetiche, ottiche, chimiche e termiche dei materiali cambiano nel momento in cui si passa dalla scala macroscopica alla scala atomica o molecolare.
Un esempio è fornito dall'oro che, in forma massiva, appare di colore giallo mentre nel momento in cui si sintetizza sotto forma di aggregati di nanoparticelle e viene posto in soluzione, cambia colore a seconda della loro dimensione e forma.
Ma cosa determina il cambiamento del colore nell'oro? E perché l'oro, essendo un metallo pesante, non si deposita nel fondo delle provette anche a distanza di anni? Come mai, poi, le particelle d'oro non si aggregano ulteriormente fra di

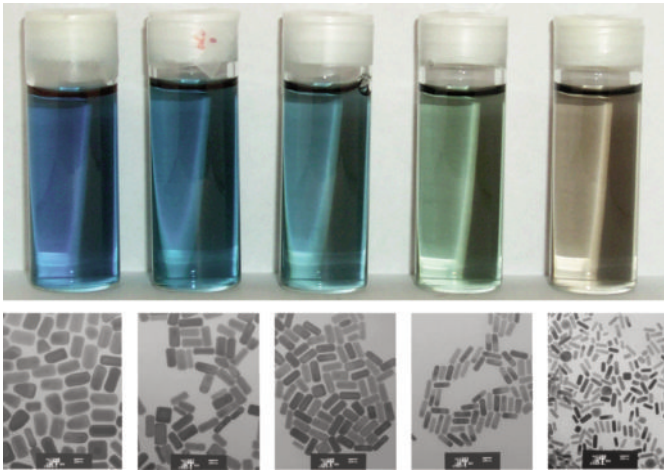


Figura 4: Nelle provette sono presenti aggregati di atomi d'oro di dimensioni nanometriche sottoforma di nanorods (nanoparticelle a forma di bastoncino) in soluzione colloidale. Le provette in alto dell'immagine contengono le corrispondenti nanorods visibili in basso.[2]

loro ma restano separate nella soluzione? Perché non si osserva il fenomeno della diffusione della luce (scattering)[8] sulle nanoparticelle?

Per comprendere tali fenomeni si ricorre alla teoria delle nanoparticelle dove un parametro importante è il rapporto tra l'area della superficie delle nanoparticelle ed il loro volume. Negli oggetti macroscopici, che hanno un piccolo rapporto area/volume, le proprietà chimiche e fisiche sono essenzialmente determinate dalla struttura del solido. Negli oggetti più piccoli, con un elevato rapporto area/volume, le caratteristiche della superficie diventano determinanti e vanno ad influenzare le proprietà chimico-fisiche.
Le proprietà dei nanocristalli dipendono quindi dalle loro dimensioni. Per meglio comprendere il motivo che sta alla base di questo fenomeno si ricorre al concetto di "dispersio-

[8] Scattering – fenomeno per cui un raggio luminoso, incidendo su una superficie scabra, o attraversando un mezzo eterogeneo contenente particelle in sospensione, viene rinviato in tutte le direzioni.

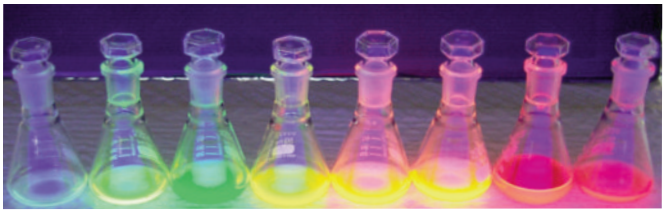


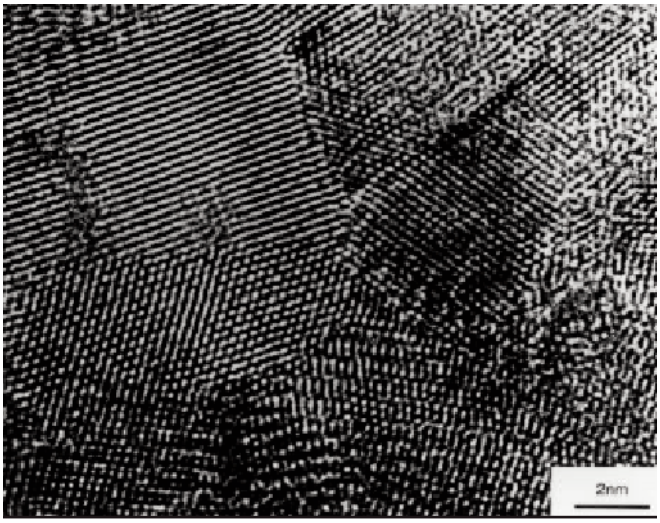
Figura 5: Nanocristalli di CdSe (seleniuro di cadmio) in soluzione colloidale il cui diametro varia da 1 nm (provetta all'estrema sinistra) fino a 6 nm (provetta all'estrema destra). Le dimensioni nanometriche dei cristalli mostrano il fenomeno della luminescenza per effetto dell'illuminazione con una lampada UV. [2].

ne" definito come il rapporto fra il numero di atomi della superficie delle nanoparticelle rispetto al numero di atomi totali in una particella. In particolare, al di sotto di un raggio pari ad 1 nm, la dispersione assume un valore per cui il numero degli atomi in superficie diventa confrontabile con il numero di atomi totali. Ciò indica come la fisica e la chimica delle nanotecnologie siano dominate dalle proprietà delle superfici. Uno dei maggiori ostacoli allo sviluppo applicativo delle nanotecnologie risiede nella scala spazio-temporale in cui avvengono gli eventi chimico/fisici di interesse. Essa infatti varia per lo spazio da 0.1 nm a 100 nm e per il tempo dal nanosecondo (10^{-9}s) al femtosecondo[9] (10^{-15}s), quando si considerano le interazioni dei legami atomici. Pertanto, al fine di studiare ed indagare le nanotecnologie, si richiedono apparecchiature molto sofisticate che tipicamente sono a disposizione di centri di ricerca universitari o parauniversitari. [3]

[9] Femtosecondo – unità di misura del tempo che corrisponde ad in milionesimo di miliardesimo di secondo.

Perchè un materiale nanostrutturato possiede proprietà diverse rispetto allo stesso materiale tradizionale?

A prima vista non si notano differenze fra un materiale solido tradizionale (in cui i grani[10] hanno una dimensione che varia



[10] Grano - elemento singolo di un metallo policristallino. Il bordo del grano rappresenta l'interfaccia di separazione tra 2 o piu' grani adiacenti.

Figura 6: Ogni regione costituita da linee parallele rivela un nanograno (cluster) di Palladio metallico. Nella foto sono raffigurate una dozzina di queste particelle che si uniscono per andare a costituire il metallo nanostrutturato. Da questa unione, con più bordi dei grani, rispetto ad un metallo convenzionale, ne risulta un metallo meccanicamente più resistente. [4]

fra 10 micrometri e 100 micrometri) ed uno nanostrutturato (i cui grani hanno una dimensione inferiore ai 100 nanometri).
La differenza sostanziale risiede nella possibilità, offerta dalle nanotecnologie, di agire sugli atomi e di diminuire le dimensioni dei grani. Attraverso le nanotecnologie si possono realizzare nanograni, ciascuno costituito da 100-1000 atomi, che risultano di dimensioni fino a 1000 volte più piccole rispetto a quelli presenti nei materiali convenzionali. In tal modo, nel solido nanostrutturato (l'aggregato risultante dall'unione dei singoli nanograni), le migliori proprietà dipendono proprio dalle minori dimensioni dei grani in quanto le loro nanosuperfici esercitano una rilevante influenza sull'intero aggregato.
A parità di composizione chimica, il solido nanostrutturato possiede migliori proprietà rispetto allo stesso solido con una normale struttura cristallina. Ad esempio i ceramici migliorano la loro tenacità e la loro finitura nei processi di sinterizzazione[11], i metalli migliorano la loro resistenza meccanica di 4-5 volte, i catalizzatori sono più reattivi a parità di costo, i polimeri presentano buone proprietà elettriche e migliorate proprietà meccaniche. [5]
La sintesi ed il controllo dei materiali su scala nanometrica permette di ottenere proprietà strutturali e funzionali migliori. Per raggiungere questi risultati è necessario l'impiego sinergico di diverse discipline che convergono nella scienza e nella tecnologia delle nanostrutture come è illustrato nella figura seguente.

[11] Sinterizzazione – processo che utilizza il calore e la pressione per legare tra loro le particelle di un determinato materiale.

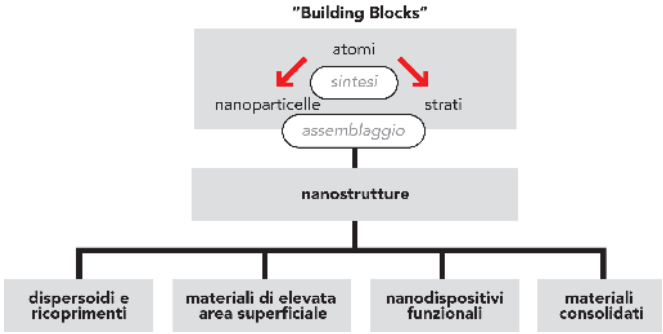
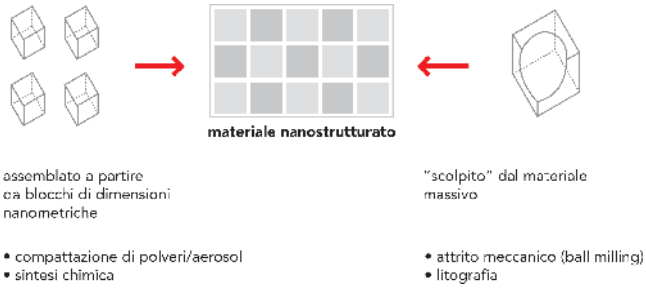


Figura 7: Organizzazione della scienza e della tecnologia delle nanostrutture. [6]

2.2
Approccio Top-Down e Bottom-Up.

I materiali nanostrutturati possono essere creati attraverso due approcci fondamentali: "*bottom up*" (dal basso verso l'alto) e "*top down*" (dall'alto verso il basso). Quello "*bottom up*" si riferisce alla capacità di assemblare il materiale nanostrutturato a partire dalle nanoparticelle che lo costituiranno. In biologia, biomedicina e chimica si usa per lo più questo tipo di approccio. Quello "*top down*" consiste invece nella costruzione di micro e nanostrutture a partire dal blocco massivo di materiale (*bulk*) con tecniche di tipo litografico[12] che riducono con metodi fisici le dimensioni delle strutture iniziali, portandole a livello nanometrico. Questo metodo è quello più comunemente utilizzato per la creazione di materiali nanostrutturati e trova i principali impieghi in applicazioni elettroniche.
Nella figura successiva si rappresentano schematicamente i due approcci.



A seconda delle caratteristiche del prodotto da realizzare, si sceglie l'approccio: "*bottom up*" o "*top down*".

[12] *Litografia – tecnica di produzione di strutture micro/nanoscopiche mediante un rivestimento fotoreattivo che viene inciso con fasci luminosi e che, una volta sviluppato, evidenzia o nasconde alcune parti della superficie per l'incisione o altri processi.*

Figura 8: Rappresentazione schematica dell'approccio bottom-up *(a sinistra) e* top-down *(a destra). [6]*



Figura 9: Il Processo della litografia. [1]

Discipline diverse quali la fisica quantistica, la chimica supramolecolare, la scienza dei materiali e la biologia molecolare renderanno possibile la comunione fra i due approcci (figura 10).[3]

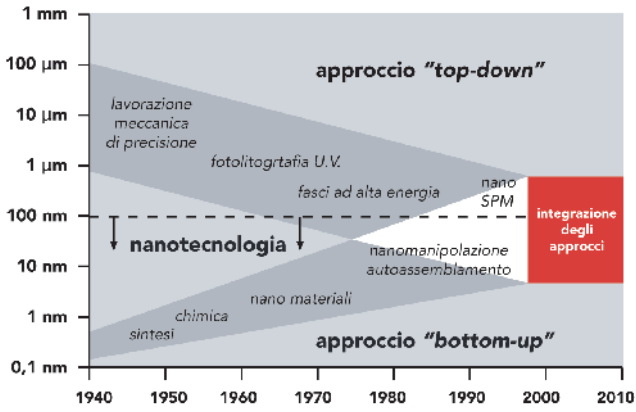


Figura 10: La sintesi fra i processi top-down *e* bottom up. *[3]*

Per entrambi gli approcci risulta di fondamentale importanza:

- Il controllo della dimensione e della composizione dei nanograni
- Il controllo dei bordi dei grani (interfacce) e della distribuzione dei nanocomponenti nel caso in cui si consideri un materiale massivo.[6]

I due aspetti sono intimamente connessi; nondimeno, è importante comprendere come controllare separatamente la nucleazione[13] delle singole nanostrutture e la crescita di queste (ad esempio minimizzando l'agglomerazione) durante i processi di sintesi e di assemblaggio. A tale scopo sono rilevanti:

- La stabilità chimica, termica e nel tempo delle nanostrutture create;
- L'industrializzazione dei processi di sintesi ed assemblaggio;
- Il controllo delle dimensioni critiche e delle caratteristiche dei bordi di grano.[6]

Storicamente il primo approccio adottato è stato il "*top-*

[13] Nucleazione – processo mediante il quale avviene la formazione dell'iniziale raggruppamento di atomi da cui si origina la struttura cristallina.

down" con impieghi nell'industria della microelettronica per mezzo di tecniche litografiche su wafer[14] di silicio ultrapuro. Il processo, in continuo miglioramento, sarà a breve condotto impiegando i raggi X oppure i fasci ionici ad elevata energia in alternativa alle radiazioni UV usate oggigiorno. Si realizzano in tal modo circuiti ben definiti e dalle dimensioni regolari.
Sono state di recente sviluppate tecniche litografiche complementari alle precedenti basate sulla rimozione selettiva di un polimero o sulla deposizione locale di molecole nelle zone di interesse (un esempio è la "dip pen lithography"). Esse sono implementabili tramite l'utilizzo di microscopi SPM[15].[3]
Combinando le tecniche sopraelencate si realizzano dispositivi MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) e NEMS (Nano Electro Mechanical Systems). Si tratta di micromacchine e microsistemi elettromeccanici, impiegati soprattutto come sensori; il loro mercato è in continua espansione.

Un'altra tecnica *top-down* comunemente usata è il *ball-milling*. Si tratta di macinare le polveri di un materiale fino a raggiungere le dimensioni nanometriche con l'ausilio di sfere di leghe molto resistenti frammiste al materiale posto all'interno di una giara in un mulino. E' una tecnica impiegata nelle industrie cementizie, alimentari, farmaceutiche, ceramiche e metallurgiche. In particolare in questo ultimo settore si possono ottenere materiali quali i composti intermetallici[16], le soluzioni solide e gli amorfi[17], che non sono sempre ottenibili con altre tecniche. Nel volume della Collana dedicato ai metalli verranno elencati i principali vantaggi e applicazioni di questi materiali.

In questi ultimi anni sta emergendo l'approccio di tipo "*bottom-up*". Esso mira a costruire entità complesse attraverso processi autoassemblanti[18] ("*self-assembly*") dei singoli "nanomattoni" costituenti. Viene ampiamente utilizzato in ambiti chimici, medici e biologici per realizzare nuovi composti, nuovi farmaci, nanostrutture e nanomacchine molecolari.

[14] Wafer - la fetta di silicio da cui si ricavano i microprocessori

[15] SPM – Scanning Probe Microscope

[16] Composto intermetallico – composto formato da due o più metalli in cui gli atomi diversi hanno un'elettronegatività marcatamente differente

[17] Amorfo - sostanza solida priva di struttura cristallina.

[18] Autoassemblaggio – l'associazione spontanea, in condizioni ambientali appropriate, dei componenti di un sistema biologico con la formazione di una struttura con specifiche funzioni.

E' usato anche per produrre nanopolveri da disperdere nella matrice[19] di un materiale o da compattare tramite sinterizzazione. Inoltre è alla base delle tecniche per ottenere ricoprimenti superficiali con film sottili.

Si elencano, di seguito, i principali processi impiegati per realizzare le nanopolveri o i film sottili:

- Sol-gel: produzione di nanopolveri e film sottili;
- Atomizzazione mediante flusso di gas: produzione di nano polveri;
- Laser ablation of solid target[20]: produzione di nanopolveri;
- Laser pyrolysis of gas phase reactants[21]: produzione di nanopolveri;
- Elettrodeposizione: produzione di film sottili;
- PVD (Plasma[22] Vapour Deposition): produzione di film sottili e di nanotubi di carbonio;
- PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition): produzione di film sottili e di nanotubi di carbonio;
- Atomizzazione termica: produzione di film sottili;
- Reazioni allo stato solido: produzione di nanopolveri.

L'argomento verrà ulteriormente approfondito nei volumi dedicati alle nanopolveri ed ai trattamenti superficiali.

[19] Matrice – la fase principale nella quale sono dispersi gli altri costituenti.

[20] Vaporizzazione di metalli tramite l'impiego di un laser.

[21] Produzione di nanopolveri a partire da miscele di gas tramite l'impiego di un raggio laser.

[22] Plasma – quarto stato della materia.

2.3 Evoluzione storica

La modifica delle proprietà dei materiali tradizionali tramite tecniche empiriche e la ricerca di nuove soluzioni sono processi rintracciabili fin dall'antichità, soprattutto nelle scuole epicuree e scettiche del IV sec. a.C.. Solo a partire dai primi decenni del XX secolo si è però adottato l'approccio scientifico quando, grazie alla scoperta di nuovi strumenti ed apparecchiature, è stato possibile controllare il comportamento dei materiali in relazione alle varie applicazioni.

L'intuizione che fosse possibile manipolare la materia a partire da un singolo atomo (approccio *bottom-up*) risale al 1959 quando il fisico Richard Feynman (premio Nobel della fisica nel 1965) espose la relazione dal titolo "There's plenty of room at the bottom"[23] nella quale sostenne che teoricamente era possibile manipolare la materia atomo per atomo[24]. Parallelamente, negli anni '60, vengono sviluppati i primi circuiti elettronici integrati (con approccio *top-down*) contraddistinti negli anni successivi da un'enorme e rapida diffusione fino ai giorni nostri. Negli anni '80 inizia lo sviluppo della biologia molecolare e dei materiali nanostrutturati e, grazie all'invenzione dell'STM (Scanning Tunneling Microscope), si riesce ad osservare la materia su scala atomica. Nel 1990 si realizza quanto teorizzato da Feynman: alcuni scienziati riescono a costruire il primo nanocristallo a partire dai singoli atomi costituenti. Da quel momento inizia lo sviluppo delle nanoscienze e delle nanotecnologie portando ai risultati noti ai giorni nostri. Nella tabella che fa seguito, si riportano alcuni delle più significative tappe storiche che hanno caratterizzato l'evoluzione delle nanotecnologie.

[23] Trad. "C'è tantissimo spazio laggiù".

[24] …"What I want to talk about is the problem of manipulating and controlling things on a small scale"…

Le pietre miliari della Tecnologia dell'Atomo

1959	*Il vincitore del premio Nobel per la fisica Richard Feynman tiene il discorso "There's Plenty of Room at the Bottom," descrivendo le possibilità future dell'ingegneria atomica*
1964	*Glenn Seaborg, vincitore del premio Nobel per la Chimica, acquisisce due brevetti sugli elementi che scoprì (L'americio #95 ed il curio #96), segnando il primo precedente per i futuri brevetti d'ingegneria atomica*
1974	*Norio Taniguchi, dell'Università delle Scienze di Tokio, utilizza per la prima volta la parola "nanotecnologia"*
1981	*Gerd K. Binning e Heinrich Rohrer, presso i laboratori di ricerca dell'IBM di Zurigo, inventano lo Scanning Tunneling Microscope che consente per la prima volta ai ricercatori di vedere e di manipolare gli atomi. I ricercatori ottengono un brevetto per il microscopio nel 1982 ed un premio Nobel in fisica nel 1986*
1981	*Eric Drexler pubblica il primo articolo tecnico sulla nanotecnologia molecolare nel "Proceedings of the National Academy of Sciences"*

Tabella 1: In tabella le pietre miliari più significative delle nanotecnologie. [7]

1985	Robert R Curl, Harold W. Kroto e Richard E. Smalley scoprono i fullereni[25] (buckyballs) con un diametro approssimativamente di 1 nanometro
1989	I fisici dell'IBM manipolano gli atomi componendo le lettere I – B – M con 35 atomi di xeno
1991	Sumio Lijina, un fisico scopre i nanotubi[26] di carbonio multiwall (MWCN) presso i laboratori di ricerca della NEC in Giappone
1993	Warren Robinett dell'Università del Nord Carolina e R. Stanley Williams dell'Università della California creano un sistema di realtà virtuale che consente ai ricercatori di collegarsi ad uno Scanning Tunneling Microscope e di "vedere" e toccare gli atomi
1993	La Rice University inaugura il primo laboratorio dedicato alle nanotecnologie negli U.S.A.
1996	Curl, Kroto e Smalley vincono il premio Nobel della chimica per la scoperta dei fullereni
1997	Data di nascita della prima Venture Capital Company negli Stati Uniti
1998	I ricercatori dell'Università per le Tecnologie di Delft (Olanda) creano il primo transistor[27] utilizzando un nanotubo di carbonio
2000	Lucent ed i Bell Laboratories in collaborazione con l'Università di Oxford, creano il primo motore a DNA, dimostrando la convergenza della biotecnologia con la nanotecnologia
2001	Ricercatori dell'IBM e della Università di Delft realizzano circuiti logici elettronici di dimensioni nanometriche impiegando nanotubi di carbonio
2001	Mitsui & Co. (Giappone) annunciano piani di produzione in massa di nanotubi di carbonio
2002	Nel giugno i ricercatori IBM dimostrano di aver raggiunto una densità di immagazzinamento dei dati pari a 1 trilione di bit per pollice quadro, che equivale ad un hard disk di 100 gigabyte. Lo spazio è sufficiente per immagazzinare 25 milioni di pagine di un libro sulla superficie di un francobollo
2002	In agosto i ricercatori IBM annunciano lo sviluppo di un nuovo microscopio elettronico con un potere risolutivo inferiore ad un singolo atomo di idrogeno

[25] Fullerene – terza forma allotropica del carbonio; la cui forma ricorda quella di un pallone da calcio di diametro nanometrico

[26] Nanotubo di carbonio (SWCN)– struttura a forma di tubo di diametro nanometrico costituita da un foglio di grafite avvolto su se stesso. Il nanotubo di carbonio a parete multipla (MWCN) è formato da più fogli di grafite avvolti coassialmente uno sull'altro.

[27] Transistor – un dispositivo a stato solido formato da semiconduttori.

Oggigiorno le nanotecnologie ricoprono uno scenario molto ampio che spazia dalle tecnologie allo stato solido, alle tecnologie fisico-chimiche. Risulta evidente la loro pervasività[28] e la notevole carica innovativa che porterà ad ingegnerizzare[29] materiali e strutture con caratteristiche e proprietà predeterminate, riuscendo a realizzare applicazioni prima non attuabili.

Si possono brevemente elencare alcuni dei filoni d'interesse:

- Materiali innovativi, con almeno una dimensione (altezza, larghezza, profondità) su scala nanometrica;
- Sistemi biologici, biomedici e strutture molecolari autoassemblanti;
- Tecnologie dei dispositivi elettronici e dei circuiti integrati con dimensioni minime dei singoli dispositivi inferiori ai 100 nm;
- Tecniche di fabbricazione e lavorazione su scala inferiore ai 100 nm;
- Caratterizzazione e manipolazione della materia. A titolo di esempio si citano solo alcuni delle più comuni apparecchiature impiegate per la caratterizzazione: AFM (Atomic Force Microscope), STM (Scanning Tunneling Microscope), XRD (X Ray Diffraction).

E' interessante notare, come evidenziato nella successiva tabella 2, l'impatto tecnologico presente e futuro per le singole aree di applicazione.

[28] Pervasivo – che tende a diffondersi ovunque in modo omogeneo.

[29] Ingegnerizzare – stabilire, programmando la produzione, metodi e processi con cui trasformare materie prime in prodotti finiti.

Tecnologia	Impatto presente	Impatto futuro
Dispersioni e Ricoprimenti	Barriere termiche, Barriere ottiche (radiazioni visibili ed UV), Miglioramento delle immagini, Inchiostri per stampanti a getto, Abrasivi, Immagazzinamento delle informazioni su strati.	Rilascio mirato di farmaci/terapia genetica, Nanoricoprimenti multifunzionali.
Materiali di elevata area superficiale	Setacci molecolari, Rilascio dei farmaci, Catalizzatori mirati, Materiali per absorbimento/desadsorbimento.	Sensori specifici per le singole molecole, Filtri per idrocarburi o batteri, Immagazzinamento dell'energia, Celle solari di Grätzel[30].
Materiali consolidati	Materiali a bassa perdita magnetica, Utensili da taglio di elevata durezza e tenacità (WC/Co[31]), Cementi nanocompositi.	Formatura di ceramiche superplastiche, Materiali strutturali a carico e tenacità ultraelevati, Refrigeranti magnetici, Composti polimerici nanostrutturati, Cementi duttili.
Nanodispositivi	Testine di lettura	Memorie e microprocessori con capacità di Terabit, Isolamento e sequenziamento di una singola molecola di DNA, Sensori biomedici, Laser a basso rumore ed a bassa soglia, Nanotubi impiegati in display di elevata lucentezza.
Funzioni biologiche aggiuntive	Biocatalisi	Bioelettronica, Protesi biocompatibili, Biosensori sensibili ad 1 singola molecola, Molecole ingenierizzate.

Tabella 2: Impatto presente e futuro delle varie tecnologie. [6].

[30] Gräetzel - Professore presso il Dipartimento di Chimica del Politecnico Federale di Losanna (Svizzera).

[31] WC/Co – carburo di tungsteno/cobalto.

I trend tecnologici forniscono alcune anticipazioni basandosi sugli attuali progressi.

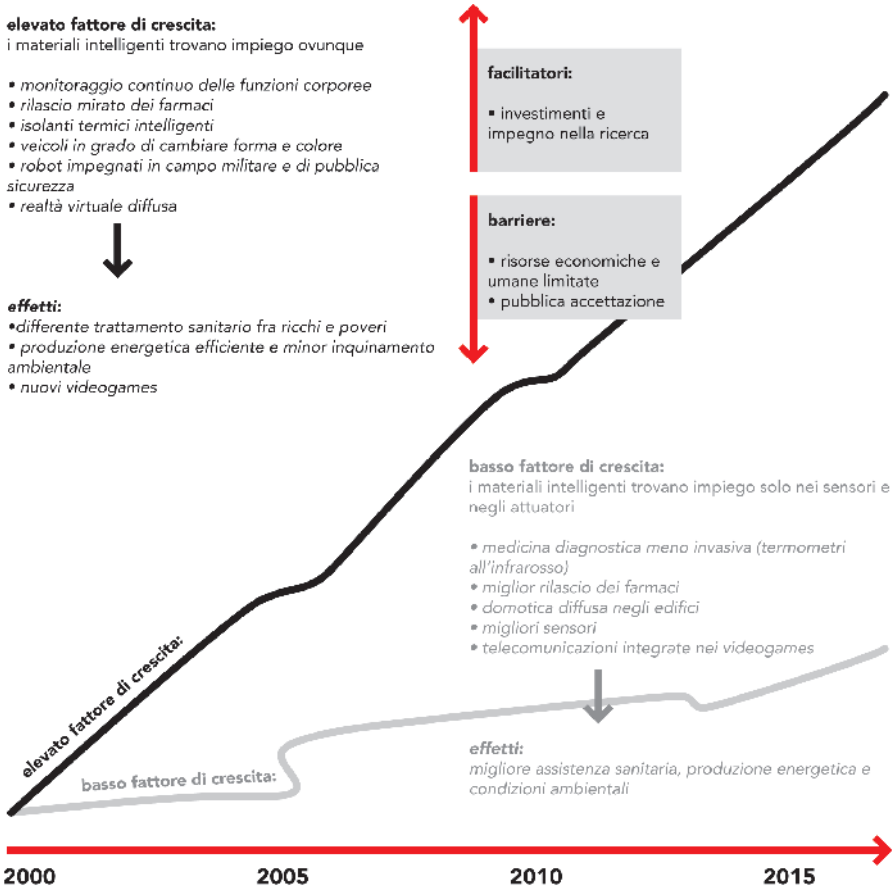
Le figure che seguono illustrano le varie componenti che influenzeranno la tendenza allo sviluppo dei materiali intelligenti[32] e delle nanotecnologie .

[32] *Materiali intelligenti – Materiali in grado di cambiare le loro proprietà in seguito a fattori esterni.*

La figura 11 illustra l'insieme dei potenziali sviluppi che i materiali intelligenti potrebbero avere entro il 2015 per mezzo dell'azione combinata dei facilitatori, delle barriere e degli effetti. Grossi investimenti nella ricerca (facilitatori) aiuteranno lo sviluppo di nuovi materiali mentre risorse economiche ed umane limitate, il crollo degli investimenti o la mancanza di pubblica accettazione (barriere), potrebbero rallentare la crescita prevista.
Secondo una visione ottimistica i materiali intelligenti potrebbero essere usati in una grande serie di nuove applicazioni. Secondo una visione pessimistica le barriere potrebbero rallentare lo sviluppo e i materiali intelligenti troverebbero impieghi solo come sensori[33] avanzati.

[33] *Sensore - apparecchiatura in grado di rivelare le caratteristiche di una grandezza fisica. Attuatore - dispositivo che esegue automaticamente una regolazione.*

Figura 11: Il grafico illustra i possibili sviluppi ed effetti dei materiali intelligenti.[8]



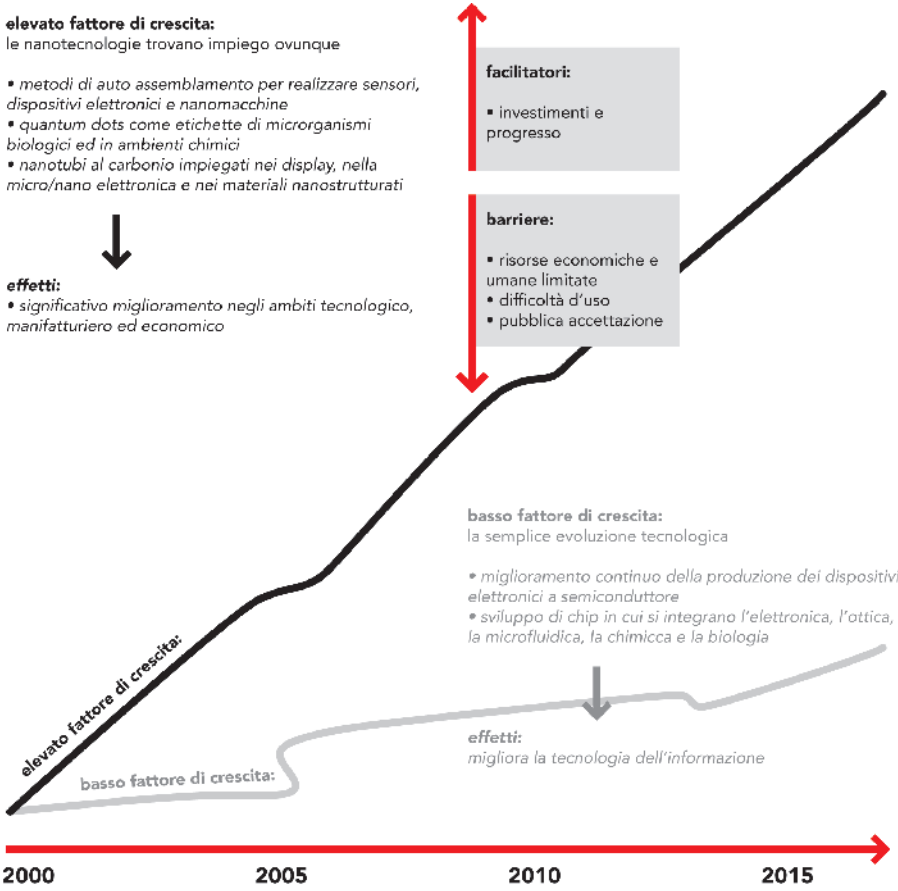


Figura 12: Il grafico illustra i possibili sviluppi ed effetti delle nanotecnologie.[8]

La figura 12 illustra l'insieme dei potenziali sviluppi che le nanotecnologie potrebbero avere entro il 2015 per mezzo dell'azione combinata dei facilitatori, delle barriere, e degli effetti. Per sfruttare a pieno il potenziale delle nanotecnologie sarà necessario pubblicizzare molto gli attuali investimenti ed i risultati tecnologici ottenibili (facilitatori) ma i costi di ricerca e sviluppo, la complessità e l'accettazione sociale (barriere) potrebbero rallentare la crescita prevista.

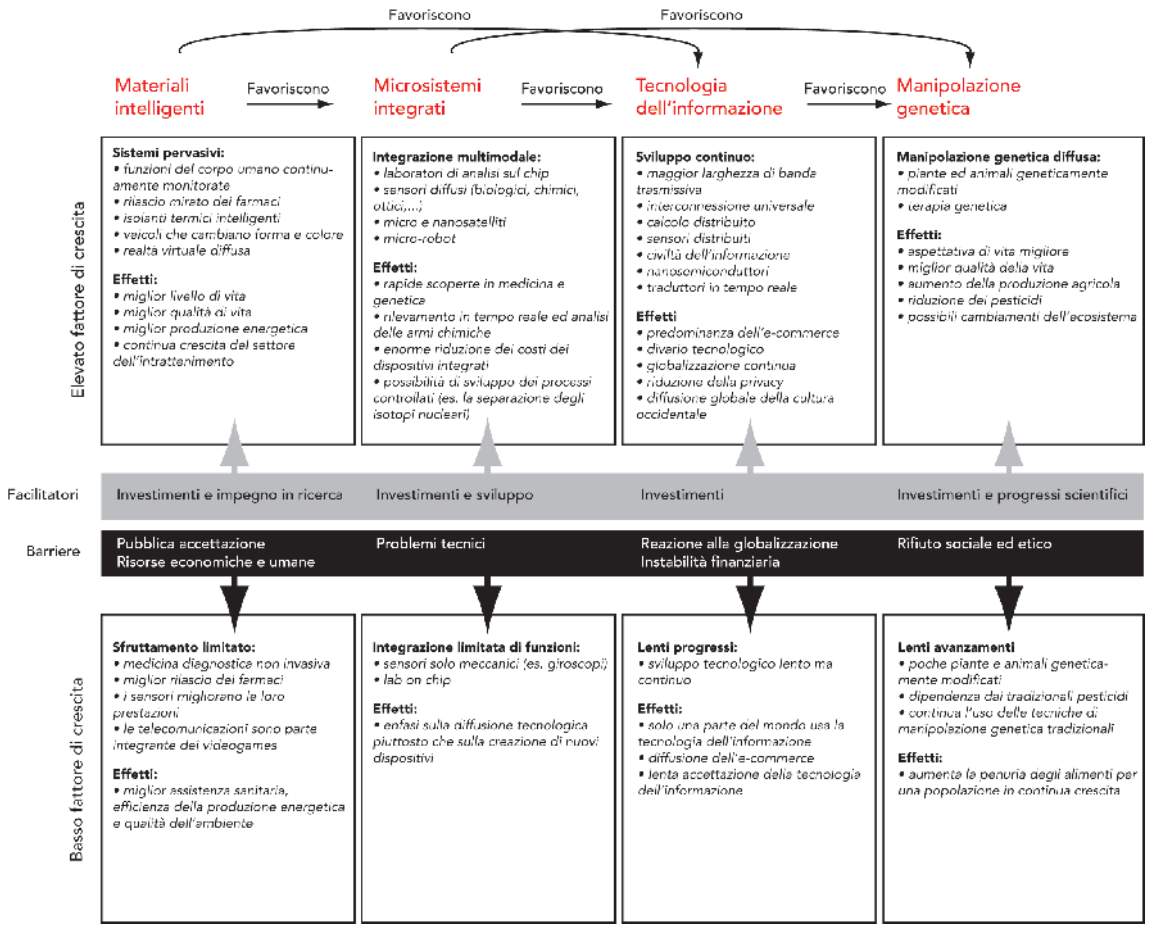

Favoriscono
Favoriscono
Materiali intelligenti
Favoriscono
Microsistemi integrati
Favoriscono
Tecnologia dell'informazione
Favoriscono
Manipolazione genetica
Elevato fattore di crescita
Sistemi pervasivi:
• funzioni del corpo umano continuamente monitorate
• rilascio mirato dei farmaci
• isolanti termici intelligenti
• veicoli che cambiano forma e colore
• realtà virtuale diffusa
Effetti:
• miglior livello di vita
• miglior qualità di vita
• miglior produzione energetica
• continua crescita del settore dell'intrattenimento
Integrazione multimodale:
• laboratori di analisi sul chip
• sensori diffusi (biologici, chimici, ottici,...)
• micro e nanosatelliti
• micro-robot
Effetti:
• rapide scoperte in medicina e genetica
• rilevamento in tempo reale ed analisi delle armi chimiche
• enorme riduzione dei costi dei dispositivi integrati
• possibilità di sviluppo dei processi controllati (es. la separazione degli isotopi nucleari)
Sviluppo continuo:
• maggior larghezza di banda trasmissiva
• interconnessione universale
• calcolo distribuito
• sensori distribuiti
• civiltà dell'informazione
• nanosemiconduttori
• traduttori in tempo reale
Effetti
• predominanza dell'e-commerce
• divario tecnologico
• globalizzazione continua
• riduzione della privacy
• diffusione globale della cultura occidentale
Manipolazione genetica diffusa:
• piante ed animali geneticamente modificati
• terapia genetica
Effetti:
• aspettativa di vita migliore
• miglior qualità della vita
• aumento della produzione agricola
• riduzione dei pesticidi
• possibili cambiamenti dell'ecosistema
Facilitatori
Investimenti e impegno in ricerca
Investimenti e sviluppo
Investimenti
Investimenti e progressi scientifici
Barriere
Pubblica accettazione
Risorse economiche e umane
Problemi tecnici
Reazione alla globalizzazione
Instabilità finanziaria
Rifiuto sociale ed etico
Basso fattore di crescita
Sfruttamento limitato:
• medicina diagnostica non invasiva
• miglior rilascio dei farmaci
• i sensori migliorano le loro prestazioni
• le telecomunicazioni sono parte integrante dei videogames
Effetti:
• miglior assistenza sanitaria, efficienza della produzione energetica e qualità dell'ambiente
Integrazione limitata di funzioni:
• sensori solo meccanici (es. giroscopi)
• lab on chip
Effetti:
• enfasi sulla diffusione tecnologica piuttosto che sulla creazione di nuovi dispositivi
Lenti progressi:
• sviluppo tecnologico lento ma continuo
Effetti:
• solo una parte del mondo usa la tecnologia dell'informazione
• diffusione dell'e-commerce
• lenta accettazione della tecnologia dell'informazione
Lenti avanzamenti
• poche piante e animali geneticamente modificati
• dipendenza dai tradizionali pesticidi
• continua l'uso delle tecniche di manipolazione genetica tradizionali
Effetti:
• aumenta la penuria degli alimenti per una popolazione in continua crescita

Figura 13 (pag 35): Interrelazioni fra le tecnologie che sono impiegate nei materiali intelligenti, nei microsistemi integrati, nella tecnologia dell'informazione e nella manipolazione genetica entro il 2015.[8]

La visione ottimistica pronostica la diffusione delle nanotecnologie su scala globale ed include in tale scenario la presenza di paesi in via di sviluppo. La visione pessimistica limita le nanotecnologie ad applicazioni nel solo settore della micro-nanoelettronica.
La tabella nella figura 13 illustra le interrelazioni e i tassi di crescita delle tecnologie impiegate nei materiali intelligenti, nei microsistemi integrati, nella tecnologia dell'informazione e nella manipolazione genetica. Tali relazioni avvantaggiano le tecnologie dell'informazione e le biotecnologie che già posseggono un'elevata differenza nei confronti delle altre due.[8]

2.4 Applicazioni

Vista la rapidità di sviluppo delle nanotecnologie, è impossibile produrre un elenco esaustivo delle applicazioni attualmente disponibili sul mercato.
Si riportano di seguito, alcune delle applicazioni che sono o che saranno fra le più promettenti:

- Sistemi fotovoltaici ad elevata efficienza per la conversione dell'energia solare in elettrica. Fra questi sistemi sono compresi i tessuti e le plastiche innovative (ad esempio Power PlasticTM Konarka);
- Tessuti antimacchia ed antistrappo;
- Pile, batterie ed accumulatori più efficaci, meno inquinanti e più facilmente smaltibili;
- Nuovi materiali con elevato rapporto resistenza/peso e con migliori proprietà meccaniche per applicazioni speciali in mezzi di trasporto, in stazioni aerospaziali e nel settore bio medico;
- Materiali biocompatibili e strutturati per il rilascio mirato di farmaci nel corpo umano;
- Protesi ed impianti in tessuti viventi;
- Nanosensori e nanobiosensori;
- Nanosensori di gas ("naso elettronico");

- Packaging alimentare intelligente che indica lo stato di conservazione e migliora la conservazione degli alimenti;
- Chip microfluidici e tecniche diagnostiche "Lab on a chip" che consentono analisi cliniche e genetiche in tempo reale ed in maniera automatica;
- Creme solari a base di fullereni ed impiego di nanoparticelle nei cosmetici quali additivi;
- Catalizzatori ad alta efficienza e sistemi di trattamento di liquidi industriali;
- Rivestimenti superficiali tramite tecniche PVD (Plasma Vapour Deposition) e PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) su metalli, vetri, polimeri ed altri materiali per migliorarne la resistenza alla corrosione, la resistenza all'usura, il coefficiente d'attrito, l'isolamento termico, l'idrorepellenza[34], ecc.;
- Vernici con migliori proprietà tribologiche[35];
- Utensili da taglio ad altissima tenacità e ridotta fragilità;
- Ceramiche ad elevata durezza e ridotta fragilità;
- Display più leggeri, flessibili e meno costosi basati sulle proprietà elettroniche dei polimeri (electronic paper, schermi video, etichette identificative RFID (Radio Frequency Identification));
- LED (Light Emission Diode), PVD (Photovoltaic Diode) e FET (Field Effect Transistor) a base polimerica;
- Tecniche di Nanolitografia, Micro-contact printing, Micromolding e di nanoelettronica;
- MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) e NEMS (Nano Electro Mechanical Systems);
- Applicazioni in fotonica[36] (cristalli fotonici, microcavità, superprismi, vetroceramiche, materiali ottici non lineari). [5]

[34] Idrorepellenza - proprietà delle superfici e dei materiali di essere resistenti alla penetrazione dell'acqua.

[35] Tribologia - disciplina che studia i processi di interazione tra organi in movimento, e specialmente l'attrito e l'usura che ne deriva.

[36] Fotonica – tecnologia di sistemi o dispositivi che emettono, modulano, trasmettono o rivelano la luce.

3.
I materiali e le nanotecnologie

Vista l'importanza ricoperta dai materiali nanostrutturati e dalle nanopolveri, si è voluto dedicar loro due capitoli distinti, pur non essendoci una netta suddivisione fra gli argomenti.

3.1
Materiali nanostrutturati

I materiali nanostrutturati sono una vasta classe di materiali e possono essere classificati come:

- Materiali con nanostrutture inferiori ai 100 nm: le nanostrutture possono variare da una a tre dimensioni (altezza, larghezza, profondità);
- Materiali in cui gli atomi stanno in grani di dimensioni nanometriche;
- Ricoprimenti superficiali con spessori compresi fra 1nm e 100nm.[9]

Risulta utile riprendere e completare la classificazione appena riportata con l'ausilio grafico della tabella 3:

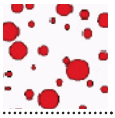
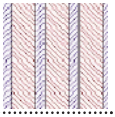
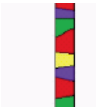
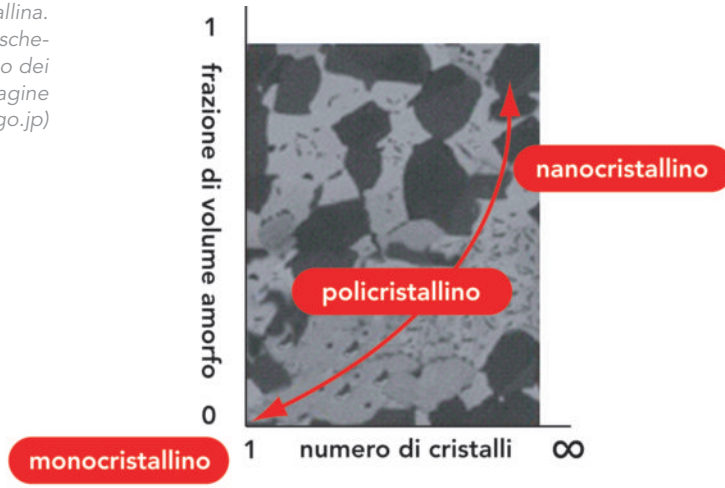
Nanoparticelle e filamenti di diametro nanometrico sono definiti a "modulazione dimensionale 0" e possono avere qualsiasi rapporto lunghezza/larghezza.	
Materiali multistrato che abbiano spessori nanometrici sono classificati a "modulazione dimensionale 1". materiale visto in sezione	
Strati di spessore nanometrico costituiti da grani ultrafini sono classificati a "modulazione dimensionale 2". Questa classe comprende i ricoprimenti ed i film sottili.	
Materiali nanofasici sono materiali a "modulazione dimensionale 3" e sono un'estensione della classe precedente.	

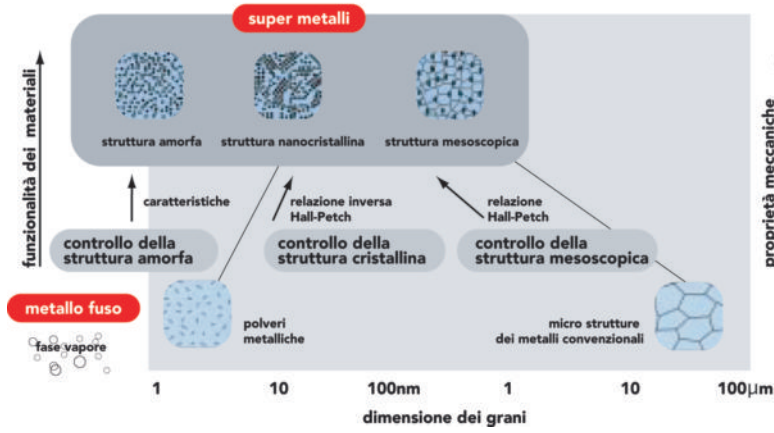
Tabella 3: Classi dei materiali nanostrutturati. [9]

Risulta, inoltre, utile riprendere quanto già esposto nel capitolo 2, riguardo le caratteristiche peculiari dei materiali nanostrutturati. I materiali convenzionali hanno grani che contengono diversi miliardi di atomi ciascuno e hanno dimensioni variabili tra 10 e 100 micrometri. I materiali nanostrutturati hanno grani di dimensioni nanometriche che contengono 100 - 1000 atomi ciascuno. La diminuzione delle dimensioni del grano comporta un significativo aumento della frazione di volume dei bordi del grano all'interno del solido.
In sostanza: più sono piccole le dimensioni del grano più il materiale può essere considerato"amorfo".
Nel caso dei metalli, l'amorfizzazione porta alla creazione dei super metalli[37]. La figura 14, di seguito riportata, illustra graficamente la creazione di strutture differenti in base alle dimensioni dei grani.

[37] Supermetallo - materiale metallico innovativo, leggero ed altamente resistente dalle elevate prestazioni meccaniche

Figura 14:
A destra: Passaggio dalla struttura policristallina alla struttura nanocristallina. Sotto: Illustrazione schematica dello sviluppo dei super metalli. (Immagine cortesia www.nedo.go.jp)





Questa peculiarità influenza fortemente le proprietà chimico-fisiche del materiale; ad esempio:

- Le ceramiche nanostrutturate sono più dure e tenaci delle convenzionali;
- I metalli nanofasici[38] sono più duri e possiedono maggior carico di snervamento[39];
- Le proprietà elettriche, ottiche, magnetiche, ecc. sono influenzate dalla struttura nanometrica del grano. [5],[9]

Dal momento che con questo Quaderno si vuole soltanto fornire un primo approccio alla trattazione delle nanotecnologie, ci si sofferma a commentare solo le proprietà dei materiali nanostrutturati che attualmente vengono considerate più rilevanti per gli aspetti applicativi. Graficamente esse sono riassunte dalla figura 15 dove si evidenzia come i materiali nanostrutturati presentino migliori diffusività termica, duttilità, tenacità, rigidezza, durezza ed espansione termica rispetto ai materiali convenzionali. Densità, modulo elastico[40] e conduttività termica risultano invece inferiori. E' interessante notare l'andamento delle curve di durezza/tenacità e di durezza/resistenza all'abrasione per entrambe le tipologie di materiali.

[38] Nanofasici - metalli all'interno dei quali sono presenti fasi nanometriche.

[39] Snervamento - si manifesta nei materiali quando le sollecitazioni sono di intensità tale da superare il limite elastico e le deformazioni diventano permanenti.

[40] Modulo elastico - indica la rigidità di un materiale ed è determinato dai legami intermolecolari.

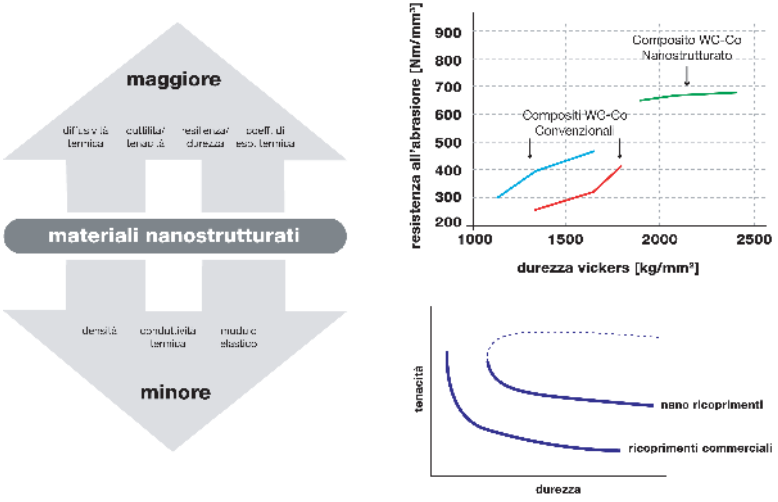


Figura 15: Comparazione delle principali proprietà meccaniche e termiche fra i materiali tradizionali ed i materiali nanostrutturati.[9]

3.2 Nanopolveri

Le nanopolveri possono essere realizzate sia con tecniche *top-down* che *bottom-up* (processi elencati nel capitolo 2.2) ed hanno dimensioni inferiori ai 100 nm. Metodi chimici consentono di ottenere dimensioni inferiori, migliore omogeneità dimensionale e maggiore purezza.

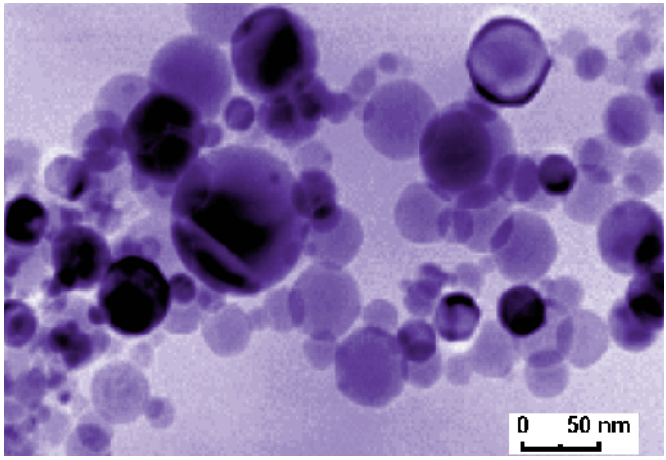


Figura 16: Nanopolveri di zirconia (immagine TEM) prodotte tramite laser ablation. *E' da notare l'elevata purezza (cortesia del Freiberg Bergakademie Technische Universitat)*

Le nanopolveri sono impiegate in applicazioni strutturali e funzionali. Ci si limita ad elencare i principali impieghi, più interessanti ai fini industriali.

- **Abrasivi:** Generalmente come abrasivi si utilizzano nanopolveri di silica e di allumina. Esse permettono di raggiungere elevati livelli di pulizia e di lucidatura delle superfici trattate. Attualmente gli impieghi principali sono nel campo dell'industria elettronica (pulizia e lucidatura dei wafer di silicio o dei dischi rigidi impiegati nei PC);
- **Cosmetici:** In questo campo le nanopolveri a base di TiO_2 (diossido di titanio) sono fra le più utilizzate poiché hanno la proprietà di assorbire i raggi UV. Attualmente trovano il loro

principale impiego nelle creme protettive solari. Un analogo utilizzo è riservato ai fullereni C_{60} o alle nanopolveri di ZnO (ossido di zinco). Le nanopolveri di ZnO possono anche essere incorporate nelle schiume da barba e nei prodotti per la depilazione in quanto li rendono meno irritanti all'uso;

- **Pigmenti:** Le nanopolveri più impiegate sono a base di ossido di ferro e di TiO_2. Esse conferiscono alle vernici e alle tinture nelle quali vengono disperse migliori proprietà tribologiche, miglior resistenza allo scratch[41], maggiore facilità di pulizia e maggior resistenza ai solventi organici. Gli utilizzi sono nella verniciatura dei metalli, nella tintura dei tessuti e nel campo dell'impressione grafica e fotografica;
- **Catalizzatori:** Le nanopolveri più usate sono a base di TiO_2 e di MoS_2 (molibdenite). Il loro impiego nei catalizzatori utilizzati nell'industria chimica ne aumenta di molto l'efficacia.
- **Pezzi monolitici sinterizzati:** Le nanopolveri possono essere disperse all'interno delle polveri del materiale da sinterizzare oppure possono essere sinterizzate loro stesse *in toto*. I materiali che si ottengono sono ceramici e metalli con migliori proprietà meccaniche. Attraverso il *ball milling* si ottengono nanopolveri che, dopo essere state sinterizzate, danno origine a leghe difficilmente ottenibili con altre metodologie. Alcuni esempi sono: gli intermetallici, le soluzioni solide ed i metalli amorfi. Il SiC (carburo di silicio) ed il Si_3N_4 (nitruro di silicio) sono eccellenti materiali ceramici strutturali che si possono ottenere a partire da nanopolveri. Generalmente, per compattare le nanopolveri metalliche e ceramiche, si preferiscono le tecniche HVC (High Velocity Compaction);
- **Materiali biocompatibili**: Le protesi realizzate a partire dalle nanopolveri sinterizzate stanno conseguendo importanti risultati. Esse garantiscono oltre alla biocompatibilità, anche una più rapida e migliore riuscita dell'impianto osseo grazie alla nanoporosità superficiale che le caratterizza. L'argomento verrà ripreso nel volume dedicato ai trattamenti superficiali. [5],[10],[11].

41 Scratch - graffio

L'uso di composti a base di carbonio (nanotubi e fullereni) impiegati come nanodispersoidi[42] sta riscuotendo un enorme interesse. Le potenzialità innovative offerte da queste nanoparticelle sono ancora in gran parte ignote, essendo attualmente oggetto di studio e ricerca applicata. Purtuttavia, fra tutti, si citano gli impieghi nell'industria cosmetica (nelle creme protettive solari), nell'industria elettronica (nei transistor), nell'industria automobilistica (quali additivi di vernici e pneumatici) e negli attrezzi sportivi (nelle scioline per gli sci, nelle mazze da golf e nelle racchette e palle da tennis).

[42] Nanodispersoidi - sostanza formata da nanoparticelle di dimensioni nanometriche, finemente distribuita in una sostanza disperdente.

3.3 I primi 10 prodotti nanotecnologici del 2004

Nel 2004, la rivista Forbes/Wolfe ha stilato la classifica dei 10 migliori prodotti nanotech dell'anno che vengono di seguito elencati:

- **Shock Doctor Aerogel Hotbeds** (suolette per calzature super isolanti). Aspen Aerogel ha lanciato delle nuove suolette super isolanti basate sulle nanotecnologie. Sono state usate per la prima volta dal vincitore della Maratona del Polo Nord 2004, dalla Squadra canadese di sci, e dalle Forze Speciali dell'esercito americano durante operazioni in climi molto freddi. Il prodotto si basa sul Pyrogel AR5401, un gel che grazie alla sua struttura nanoporosa aumenta l'isolamento termico di 3-20 volte rispetto ad un materiale convenzionale dello stesso spessore.
- **Coprimaterasso lavabile.** Il prodotto pubblicizzato con il nome di HealthSmart Bed è venduto dall'azienda americana Simmons Bedding Company. Si tratta di un coprimaterasso che può essere lavato sia in maniera tradizionale che a secco. E' costituito di 3 strati. Il primo strato composto da fibre che impediscono l'assorbimento del sudore e dell' umidità durante il sonno. Esse permettono una rapida asciu-

gatura del tessuto nel caso di lavaggio convenzionale. Il secondo strato, prodotto da Nano-Tex, crea una barriera semipermeabile nanostrutturata che intrappola i fluidi che verranno rimossi in fase di lavaggio. Il terzo strato, quello superficiale, è realizzato in tessuto Terry.

- **Palle e mazze da golf.** L'azienda giapponese Maruman & Co produce mazze da golf con teste in titanio rinforzato con fullereni. Esse presentano maggiori durezze superficiali, risultano più resistenti e permettono di incrementare la gittata. Le palle da golf nanostrutturate sono prodotte dall'americana NanoDynamics e permettono un maggior controllo della traiettoria aerea del tiro. Non è stato rivelato il nanomateriale disperso nella loro struttura.
- **Cura della pelle personalizzata.** L'azienda Bionova offre dei prodotti personalizzati per la cura della pelle. A tale scopo ha creato creme contenenti nanoparticelle diverse a seconda delle esigenze degli utilizzatori. Attualmente sta riscontrando un grosso successo la linea riservata alla cura della pelle dei tennisti indicata per affrontare nel migliore dei modi tutte le condizioni climatiche che si possono incontrare durante un torneo o una partita di tennis.
- **Bendaggi contenenti nanoparticelle d'argento per ustioni della pelle.** Sono stati prodotti dall'azienda canadese Nucryst Pharmaceutical dei bendaggi per vittime di gravi ustioni e di ferite croniche. Le nanoparticelle contenute nel bendaggio conferiscono un'efficace azione antibatterica. Esse risultano attive contro oltre 150 tipi di batteri e la loro azione è svolta in tempi rapidi e con una lunga efficacia. Il prodotto è già sul mercato da qualche anno ma solo nel 2004 ha registrato un significativo incremento delle vendite.
- **Disinfettanti**. L'azienda americana EnviroSystems ha prodotto il disinfettante commercializzato con il nome EcoTrue. Attualmente molte compagnie aeree lo utilizzano per prevenire eventuali diffusioni virulente di SARS. E' l'unico disinfettante registrato di IV categoria EPA (classificazione americana che attesta la non pericolosità in caso di contatto, d'ingestione e di inalazione). Le sue peculiari caratteristiche sono dovute all'emulsione di nanoparticelle conte-

nute. Esse consentono l'impiego di quantità minime di principi disinfettanti, pur garantendo l'efficacia contro i germi ed i batteri.

- **Spray superidrofobico BASF.** L'azienda BASF ha sviluppato lo spray superidrofobico Mincor applicabile su materiali da costruzione quali cementi, mattoni, pietre calcaree ed intonaci. L'estrema idrorepellenza minimizza l'adesione fra le goccioline d'acqua che si depositano sulle superfici ed impedisce ai liquidi di penetrare in profondità. Le nanoparticelle contenute in Mincor facilitano anche il lavaggio delle pareti su cui sono applicate. Permettono infatti alle goccioline d'acqua di trascinare via lo sporco (Effetto Loto).
- **Trattamento per la trasparenza dei cristalli delle automobili.** Lo spray protettivo Clarity Defender, prodotto dall'azienda Nanofilm, applicato sui cristalli delle automobili li rende repellenti alla pioggia, alla neve, al ghiaccio ed al catrame. Il prodotto aumenta la visibilità di circa il 34% e, se modificato, può essere applicato anche sulle lenti degli occhiali da sole per conferire proprietà antiriflesso.
- **Crema contro i dolori muscolari.** Flex Power è una crema in grado di lenire i dolori muscolari degli atleti o delle persone che durante la vita di tutti i giorni sono sottoposti ad attività fisiche particolarmente gravose. Il segreto del successo è dovuto ai liposomi nanometrici presenti nella sua composizione.
- **Adesivi per protesi dentali.** Il nuovo adesivo per protesi dentali fisse prodotto da 3M consente una salda adesione all'arcata dentale senza l'ausilio del dentista. Le nanoparticelle di silica consentono l'efficace adesione della protesi senza creare altri inconvenienti.

La maggior parte dei prodotti inseriti in elenco sono rivolti al mercato degli articoli sportivi. Anche nel 2003, essi si sono piazzati fra i primi posti della classifica Forbes/Wolfe. A titolo di esempio: Nanogate/Holmenkol's Cerax Nanotech Sky Wax (sciolina da applicare sulle solette degli sci per favorire lo scivolamento sulla neve), Babolat Tennis Racquets (racchette da tennis la cui struttura è arricchita di nanotubi di carbonio per migliorarne la risposta alle sollecitazioni meccaniche),

Inmat/Wilson Tennis Balls (palle da tennis la cui struttura è arricchita da nanotubi di carbonio per aumentarne la durata). Hanno avuto un grande successo anche i prodotti Nano-Tex e Nano-Care applicati alle tute da sci prodotte dall'azienda tedesca Ziener per conferire ai tessuti tecnici eccezionali doti di idrorepellenza e repellenza agli olii.

I prodotti nanotecnologici in campo sportivo hanno conseguito un grosso successo commerciale anche nel 2005. Alcuni esempi sono le soluzioni contro i cattivi odori dei calzini e delle calzature degli atleti e i nanoadditivi da impiegarsi nei componenti delle biciclette. Le nanotecnologie hanno riscontrato consensi anche in campo farmaceutico.[12]

4.
La ricerca nel Veneto

In Veneto si effettuano programmi di ricerca presso gli Atenei, gli Enti di Ricerca ed Istituti collegati, che riguardano gli argomenti trattati nel presente Quaderno.

Veneto Nanotech ha effettuato una mappatura di tali progetti e di seguito se ne riportano alcuni[43]:

[43] *I dati riportati vogliono essere un esempio della ricerca in Veneto e l'informazione non ha carattere esaustivo, considerata l'evoluzione costante della materia e della ricerca stessa.*

Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica*
Titolo della Ricerca	*Caratterizzazione chimica di materiali nanostrutturati e nanopolveri mediante tecniche analitiche avanzate.*
Argomenti	*Caratterizzazione chimica di materiali nanostrutturati, nanopolveri e reagenti impiegati nella produzione di materiali nanostrutturati*

Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica*
Titolo della Ricerca	*Preparazione, caratterizzazione e studio delle proprietà funzionali di materiali nanostrutturati: vetri, vetroceramici, catalizzatori, materiali porosi e ceramici.*
Argomenti	*Preparazione, caratterizzazione e studio delle proprietà funzionali di materiali nanostrutturati: vetri, vetroceramici, catalizzatori, materiali porosi e ceramici.*

Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica*
Titolo della Ricerca	*Vetri dopati con metalli per applicazioni magnetiche e fotoniche.*
Argomenti	*Sintesi e caratterizzazione di vetri dopati con silica (con impieghi nelle guide d'onda), vetri compositi con nanoparticelle metalliche caratterizzati da un indice di rifrazione lineare e non lineare (con impieghi nei dispositivi di switch), vetri con proprietà magnetiche (con impieghi nei dispositivi di storage dati)*

Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica Fisica*
Titolo della Ricerca	*Termodinamica statistica di miscele colloidali, proteine globulari e cristalli liquidi*
Argomenti	*Investigare le principali caratteristiche condivise da fluidi complessi, ed in particolare da miscele colloidali, proteine globulari e cristalli liquidi.*

Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica*
Titolo della Ricerca	*Sintesi e caratterizzazione di nanoparticelle d'oro su differenti supporti*
Argomenti	*Preparare nanoparticelle d'oro altamente disperse su differenti supporti, ed implementare metodi semplici basati sul chemioassorbimento dei gas e sulle misure FTIR delle bande d'assorbimento dei gas, per determinare le quantità di siti attivi contenenti le nanoparticelle d'oro.*
Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica*
Titolo della Ricerca	*Nuovi processi di ossidazione ecocompatibili basati sulla sintesi dell'H_2O_2 (perossido d'idrogeno) sulle membrane catalitiche*
Argomenti	*Sintetizzare il perossido d'idrogeno (il più comune ossidante) usando membrane ceramiche con pori di dimensioni nanometriche all'interno dei quali sono depositate nanoparticelle di palladio. Il palladio catalizza la formazione di perossido d'idrogeno a partire dall'idrogeno e dall'ossigeno.*
Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica Fisica*
Titolo della Ricerca	*Nanomateriali per sensori chimici in membrane nanoporose*
Argomenti	*Preparare ed applicare nanomateriali da impiegare per usi sensoristici ottenuti tramite la deposizione di nanostrutture metalliche all'interno dei pori di ultrafiltrazione delle membrane. Le nanofibre ottenute vengono impiegate come nanoelettrodi negli array elettrochimici per migliorare il rapporto segnale/rumore*
Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica*
Titolo della Ricerca	*Ricoprimenti superficiali con film sottili tramite tecniche PECVD*
Argomenti	*Ricoprimenti superficiali tramite tecniche PECVD su marmo bianco di Carrara e realizzabilità industriale del processo* *Ricoprimenti superficiali tramite tecniche PECVD sull'argento contro l'opacizzazione* *Ricoprimenti superficiali tramite tecniche PECVD contro la corrosione dei metalli: applicazione dell'EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy) allo studio della resistenza di bordograno di materiali sinterizzati.*
Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Dipartimento	*Dip. di Chimica Fisica*
Titolo della Ricerca	*Materiali nanostrutturati su base vetrosa per applicazioni fotoniche e sensoristiche*
Argomenti	*Sintesi di materiali nanostrutturati su base vetrosa tramite scambio ionico, impianto ionico e tecniche di deposizione sputtering. Caratterizzazione tramite Rutherford Backscattering, analisi ottiche e EXAFS spettroscopia.*
Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Tecnica e Gestione dei sistemi industriali*

Titolo della Ricerca	*Metodologia integrata per lo sviluppo di prodotti in composito nanorinforzato.*
Argomenti	*Il programma di ricerca si propone di sviluppare una metodologia integrata per la progettazione e realizzazione di manufatti in materiale composito a matrice polimerica nanorinforzata.*

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*
Titolo della Ricerca	*Sintesi e caratterizzazione di HDPE nanocomposito per applicazioni industriali*
Argomenti	*Preparazione via melt blending e valutazione dell'effetto delle condizioni di sintesi di HDPE nanocomposito sulle proprietà meccaniche e di comportamento al fuoco.*

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*
Titolo della Ricerca	*Sintesi e caratterizzazione di PP nanocomposito ad elevate prestazioni meccaniche*
Argomenti	*Preparazione via melt blending e valutazione dell'effetto delle condizioni di sintesi di PP nanocomposito sulle proprietà meccaniche del materiale*

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*
Titolo della Ricerca	*Sintesi e caratterizzazione di tecnopolimeri nanocompositi*
Argomenti	*Preparazione via melt e solution blending e valutazione dell'effetto delle condizioni di sintesi di ABS nanocomposito sulle proprietà meccaniche e termiche del materiale*

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*
Titolo della	*Sintesi e caratterizzazione di polimeri nanocompositi con elevate proprietà barriera per applicazioni alimentari*
RicercaArgomenti	*Preparazione via melt blending e valutazione dell'effetto delle condizioni di sintesi di PET nanocomposito sulle proprietà meccaniche e di permeabilità ai gas del materiale*

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*
Titolo della Ricerca	*Sintesi e caratterizzazione di polimeri nanocompositi con elevate proprietà barriera*
Argomenti	*Preparazione via melt blending e valutazione dell'effetto delle condizioni di sintesi di poliolefine nanocomposite (HDPE e LDPE) sulle proprietà meccaniche e di permeabilità ai gas del materiale*

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*

Titolo della Ricerca	Miglioramento delle proprietà meccaniche di polimeri biodegradabili mediante utilizzo di nanocariche
Argomenti	Preparazione via melt e solution blending e valutazione dell'effetto delle condizioni di sintesi di polimeri a base di amido di mais sulle proprietà meccaniche del materiale

Ateneo	Università di Padova
Dipartimento	Processi chimici dell'ingegneria
Titolo della Ricerca	Miglioramento del comportamento al fuoco di matrici polipropileniche mediante utilizzo di nanocariche
Argomenti	L'utilizzo di nanocariche, in miscela con additivi antifiamma tradizionali, si è dimostrato estremamente efficace nel ridurre la velocità di combustione e nell'impedire il gocciolamento del materiale, parametro essenziale in vista dell'applicazione finale del materiale

Ateneo	Università di Padova
Dipartimento	Processi chimici dell'ingegneria
Titolo della Ricerca	Preparazione di nanofibre polimeriche per filtri industriali
Argomenti	La ricerca riguarda la sintesi di nanofibre di polimeri idrosolubili mediante la tecnica dell'elettrospinning, ossia la filatura di soluzioni polimeriche in presenza di intenso campo elettrico. Mediante questa tecnica si possono ottenere dei nanoweb di polimeri che possono essere utilmente sfruttati nella filtrazione di gas così come di liquidi

Ateneo	Università di Padova
Dipartimento	Processi chimici dell'ingegneria
Titolo della Ricerca	Preparazione di nanofibre polimeriche per catalizzatori industriali
Argomenti	La ricerca riguarda la sintesi di nanofibre di polimeri contenenti nanocluster di metalli, quali ad esempio il palladio, mediante la tecnica dell'elettrospinning, ossia la filatura di soluzioni polimeriche in presenza di intenso campo elettrico. Mediante questa tecnica si possono ottenere dei nanoweb di polimeri e metalli che agiscono da catalizzatori; avendo i metalli dimensioni dell'ordine dei nanometri si ottengono catalizzatori dotati di elevata superficie specifica e quindi estremamente attivi.

Ateneo	Università di Padova
Dipartimento	Processi chimici dell'ingegneria
Titolo della Ricerca	Preparazione di nanofibre polimeriche biodegradabili
Argomenti	La ricerca riguarda la sintesi di nanofibre di polimeri biodegradabili e compostabili mediante elettrospinning, ossia la filatura di soluzioni polimeriche in presenza di intenso campo elettrico. Mediante questa tecnica, previo un accurato studio del sistema, si possono ottenere delle nanofibre di materiale biodegradabili ed eventualmente biocompatibili. Le nanofibre ottenute possono essere anche opportunamente funzionalizzate per conferire effetti quali l'autopulenza, l'azione battericida, ecc..

Ateneo	*Università di Padova*
Dipartimento	*Processi chimici dell'ingegneria*
Titolo della Ricerca	*Preparazione di espansi poliuretanici rigidi nanocaricati*
Argomenti	*La ricerca riguarda la sintesi di espansi poliuretanici nanocaricati e la valutazione dei miglioramenti indotti sulle proprietà isolanti e di stabilità termica dalle nanocariche utilizzate*

Ateneo	*Università degli Studi di Padova*
Dipartimento	*Dip. di Oncologia e Scienze Chirurgiche*
Titolo della Ricerca	*Tecnologia Genechip per comprendere le malattie*
Argomenti	*Applicare il lab on Chip prodotto da Affymetrix® per l'analisi del RNA e DNA nello studio delle malattie umane, in particolare il cancro.*

Ateneo	*Università degli Studi di Padova*
Dipartimento	*Dip Scienze Chimiche*
Titolo della Ricerca	*Nuovo sviluppo della metodologia sol-gel per la protezione e conservazione di vetrate storiche.*
Argomenti	*Sviluppare nuovi ricoprimenti superficiali protettivi tramite film sottili inorganici di silica per la protezione delle vetrate storiche. Il degradamento dei vetri ricoperti viene rilevato all'interno di una camera di invecchiamento*

Ateneo	*CNR*
Dipartimento	*Istituto di Chimica Biomolecolare sezione di Padova*
Titolo della Ricerca	*Sintesi, caratterizzazione e studi SAR di peptidi biologicamente attivi.*
Argomenti	*Sintesi e sviluppo di nuovi metodi per la trasformazione di gruppi funzionali e di peptidi ciclici e lineari.*

Ateneo	*Università degli Studi di Padova*
Dipartimento	*Dip. di Scienze Chimiche*
Titolo della Ricerca	*Inclusione di coloranti organici ed inorganici in nanocanali. Proprietà fotofisiche e prodotti paramagnetici di fotochimica*
Argomenti	*La segregazione all'interno dei canali modifica le interazioni molecolari e la conformazione dei coloranti facendoli acquisire nuove interessanti caratteristiche. Alcune caratteristiche sono molto significative per le applicazioni nel campo della fotonica ed optoelettronica*

Ateneo	*Università degli Studi di Padova*
Dipartimento	*Dip. di Scienze Farmaceutiche*
Titolo della Ricerca	*Rilascio dei farmaci*
Argomenti	*Lo studio e lo sviluppo di formulazioni per il rilascio di farmaci e di prodotti attivi utili in medicina, agricoltura, veterinaria, chimica. Queste formulazioni sono principalmente basate sull'uso di polimeri, lipidi ed altri materiali (eccipienti e co-eccipienti) che sono selezionati sulla base delle loro proprietà chimico-fisiche*

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Ingegneria Informatica
Titolo della Ricerca	Design ed ottimizzazione di AWG (Arrayed Waveguides Gratings)
Argomenti	L'ottimizzazione di dispositivi AWG in termini di risposta di banda.

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Nanostrutture a base di ossido per sensori chimici innovativi
Argomenti	L'identificazione e lo sviluppo di appropriati processi nanotecnologici dei futuri nanodispositivi per sensori chimici. La Ricerca tratta anche la comprensione di quei fenomeni che controllano i sensori nanostrutturati e le superfici funzionalizzate. I sistemi investigati sono a base di ossidi TiOx e NiO e sono nanostrutture sottoforma di film ultrasottili, nanocavi e nanodots.

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Crescita e supra-organizzazione di nanocluster di metalli nobili e di transizione
Argomenti	Migliorare la comprensione ed il controllo dei meccanismi di: - nucleazione e crescita di nanoparticelle di metalli nobili e di transizione - supra-organizzazione delle nanoparticelle in super-strutture mono-bi-tri-dimensionali - relazioni fra le proprietà strutturali delle nanoparticelle. L'obiettivo principale del progetto è di ottenere la conoscenza dei meccanismi della crescita e delle proprietà dei nanocluster metallici tramite la combinazione delle più avanzate tecniche di sintesi sperimentale, di caratterizzazione e di simulazione teorica delle strutture,

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	CRIBI Biotechnology Centre
Titolo della Ricerca	Nuovi algoritmi statistici e nuovi strumenti computazionali per la gestione e l'analisi di dati provenienti da microarray
Argomenti	Negli scorsi anni, il laboratorio presso il CRIBI di Padova ha acquisito la necessaria esperienza per gestire ed analizzare dati provenienti da microarray. I nuovi obiettivi mirano a 1) l'integrazione delle risorse presenti nel laboratorio con i principali database informatici di pubblico dominio e 2) l'implementazione di nuovi algoritmi statistici per l'analisi dei dati provenienti dai microarray. E' stato sviluppato un database all' interno (DNACHIP) per gestire ed archiviare i risultati.

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	CRIBI Biotechnology Centre
Titolo della Ricerca	Realizzare un microarray specifico per il cDNA dei tessuti: il dispositivo verrà impiegato per rilevare le malattie dei muscoli e del cuore nell'uomo.
Argomenti	Nei laboratori presso il CRIBI di Padova, i ricercatori di biologia molecolare hanno creato una serie di librerie specifiche per il cDNA presente nei muscoli scheletrici,

nei muscoli cardiaci e nel midollo osseo dell'uomo. Si sono create librerie anche per i muscoli scheletrici e cardiaci del topo (Laveder, 2002). Dopo una sistematica classificazione delle sequenze sono state costruite 2 piattaforme per microarray per svolgere le analisi nei tessuti umani.

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	CRIBI Biotechnology Centre
Titolo della Ricerca	Microsistemi innovativi basati sul silicio per analisi delle sequenze genetiche
Argomenti	I metodi manuali più frequentemente usati per rilevare l'ibridizzazione dell'acido nucleico sono basati sui legami di alcune molecole "reporter" verso una popolazione target. I nuovi microsistemi consentono l'eliminazione delle fasi manuali con il vantaggio di semplificare la leggibilità, incrementare la velocità e la facilità dell'analisi

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	CRIBI Biotechnology Centre
Titolo della Ricerca	MicroCribi: "microarrays service"
Argomenti	Presso il CRIBI di Padova è stato creato un "microarray service" per fornire ai clienti delle piattaforme microarray utili nello studio di alcuni geni presenti nell'organismo umano e dei topi, per fornire un'elevata qualità nel controllo del RNA, e per fornire il supporto on-line per le analisi statistiche di microarray con vari strumenti bioinformatici

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Sintesi e studio di strutture molecolari p-coniugate
Argomenti	La sintesi di derivativi funzionali solubili e processabili di fullereni e nanotubi al carbonio. Il design di nuovi oligomeri coniugati per l'identificazione di metalli (ad esempio Ca (II) o Zn(II) in ambienti cellulari)

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Sintesi di nanoparticelle metalliche tramite ablazione laser e funzionalizzazione in soluzione. Caratterizzazione delle loro proprietà ottiche lineari e non lineari
Argomenti	Funzionalizzare con molecole organiche le nanoparticelle metalliche e caratterizzare le nuove proprietà ottenibili

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Spettroscopia Raman di nanotubi al carbonio single e multi wall pristini e funzionalizzati. Caratterizzazione delle loro proprietà ottiche lineari e non lineari
Argomenti	Spettroscopia Raman di nanotubi al carbonio single e multi wall pristini e funzionalizzati. Caratterizzazione delle loro proprietà ottiche lineari e non lineari

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Fisica
Titolo della Ricerca	Materiali nanostrutturati per applicazioni optoelettroniche e sensoristiche
Argomenti	Sintesi e caratterizzazione di nanocomposti in matrici dielettriche e polimeriche per applicazioni optoelettroniche, magnetiche e sensoristiche. Sintesi di materiali ferroelettrici per applicazioni ottiche

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip.di Fisica
Titolo della Ricerca	Bagnabilità delle superfici micro e nano strutturate
Argomenti	Comprendere l'effetto Loto

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Ingegneria dei Processi Chimici
Titolo della Ricerca	TPU riempiti con nanotubi di carbonio per applicazioni di elevata conduttività elettrica
Argomenti	Alcune parti (ad esempio computer case o parti esterne delle automobili) necessitano di scaricare le correnti elettrostatiche (il fenomeno è chiamato ESD). Attualmente, viene aggiunto alla matrice del componente un riempitivo ad elevata conduttività elettrica come il carbonio nero (CB). Questo consente di ridurre i costi di manifattura e di manutenzione dei componenti a confronto dell'impiego delle ricoperture con vernice antistatica

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Matematica Pura ed Applicata
Titolo della Ricerca	Un approccio variazionale per la simulazione dei dispositivi a semiconduttore
Argomenti	Simulazione dei dispositivi a semiconduttore comparando differenti tecniche

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Scienze Farmaceutiche
Titolo della Ricerca	Cellule autologhe inserite in matrici cellulari come sostitute di tessuto
Argomenti	Ottenere in vitro muscoli scheletrici, esofagei, e tracheali a partire da cellule autologhe e matrici cellulari

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Medicina Clinica e Sperimentale
Titolo della Ricerca	Nanosized Cancer Polymarker Biochip
Argomenti	Screening di massa per la rapida individuazione del cancro nelle prime fasi

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Ingegneria Meccanica
Titolo della Ricerca	Materiali per l'immagazzinamento dell'idrogeno
Argomenti	Preparare e testare nuove nanopolveri in grado di immagazzinare l'idrogeno allo stato solido

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Biologia
Titolo della Ricerca	Studi AFM sulla struttura del sarcolemma e proprietà meccaniche
Argomenti	Patogenesi della distrofia muscolare ed impatto funzionale e strutturale delle mutazioni delle proteine connesse con il sarcolemma. Le mutazioni nelle proteine sono responsabili della distrofia muscolare

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Medicina Clinica e Sperimentale
Titolo della Ricerca	Profilazione genetica comparativa fra la corteccia surrenale affetta da tumore benigno e da tumore maligno
Argomenti	Attualmente non è possibile la diagnosi precoce dei tumori maligni della corteccia surrenale. Questo a causa della scarsa conoscenza di questi tumori e della mancanza di marcatori molecolari affidabili. La Ricerca ha l'obiettivo di aumentare la conoscenza in questo settore

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Ingegneria dell'Informazione
Titolo della Ricerca	Incrementare le proprietà ottiche non lineari di fibre microstrutturate con innovativi nanomateriali dopanti
Argomenti	Sviluppare e testare nuove soluzioni per processare i segnali ottici nel campo delle telecomunicazioni per mezzo di fibre ottiche dopate con nanomateriali.

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Nanoparticelle d'oro come maschere per la realizzazione di supermolecole
Argomenti	Nanoparticelle d'oro come maschere per la realizzazione di supermolecole.

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Ingegneria dell'Informazione
Titolo della Ricerca	Non linearità ottiche del secondo ordine in strutture dielettriche periodiche
Argomenti	Fabbricazione di domini ferroelettrici nel litio niobato con la tecnica di Czochralski

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Mineralogia e Petrologia
Titolo della Ricerca	Microstrutture nelle rocce metamorfiche: dalla nucleazione alla deformazione – nuove vedute basate su tecniche analitiche avanzate SEM (EBSD, OC, XRM)
Argomenti	L'analisi delle microstrutture presenti nelle rocce metamorfiche connesse con specifici meccanismi di nucleazione, crescita e di deformazione

Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. Scienze Chimiche
Titolo della Ricerca	Sensori di fluorescenza basati su nanoparticelle di silica

Argomenti	Sviluppare sensori di fluorescenza basati su nanoparticelle di silica
Istituzione	Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"
Dipartimento	Sede di Padova
Titolo della Ricerca	Nuovi protocolli catalitici basati su un sistema multifase e su un agente che trasferisce la fase
Argomenti	Nuovi sistemi per trasformazioni organiche basate su catalizzatori eterogenei
Istituzione	Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"
Dipartimento	Sede di Padova
Titolo della Ricerca	Fullereni anfifilici per dispositivi opto elettronici
Argomenti	Sintesi di nuovi fullereni modificati
Istituzione	Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"
Dipartimento	Sede di Padova
Titolo della Ricerca	Crescita dei cristalli durante i cambiamenti di fase catalizzati gas-liquido
Argomenti	Crescita di cristalli di alidi metallo-alcalini durante la sintesi organica in un mezzo liquido inusuale
Istituzione	Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"
Dipartimento	Sede di Padova
Titolo della Ricerca	Reazioni chimiche su catalizzatori solidi
Argomenti	Uso di catalizzatori porosi (metallo supportati, argille, ecc.) per la chimica di sintesi
Istituzione	Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"
Dipartimento	Sede di Padova
Titolo della Ricerca	Film autoassemblati e stabilizzati di molecole organiche
Argomenti	Sintesi di nuove molecole anfifiliche, basate su peptidi, in grado di autoassemblarsi
Istituzione	Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"
Dipartimento	Sede di Padova
Titolo della Ricerca	Alkali metal exchanged Y and X faujasites as catalyst for eco-compatible alkyation reactions
Argomenti	Alkylation reactions catalysed by zeolite-based materials and promoted by eco-friendly alkylating agents such as dialkyl carbonates, alkyl acetates and formates
Ateneo	Università degli Studi di Padova
Titolo della Ricerca	Sviluppo di una interfaccia neuro-semiconduttore con canali sodio ricombinanti
Argomenti	Creare un'affidabile interfaccia fra i neuroni dei mammiferi e i chip al silicio
Ateneo	Università degli Studi di Padova
Dipartimento	Dip. di Ingegneria dell'Informazione
Titolo della Ricerca	Ottica adattativa e specchi deformabili per applicazioni scientifiche ed industriali
Argomenti	Correzione delle aberrazioni nei sistemi ottici e negli esperimenti scientifici. Usando

	una superficie riflettiva deformabile è possibile ottenere uno specchio deformabile.
Istituzione	*Istituto CNR per l'Energetica e le Interfasi - IENI*
Dipartimento	*Padova (Italy)*
Titolo della Ricerca	*Elettrochimica di nanostrutture funzionali organizzate sulle superfici degli elettrodi*
Argomenti	*Investigare l'assorbimento di polimeri policoniugati per formare superfici supramolecolari assemblate.*
Istituzione	*Università degli Studi di Verona*
Dipartimento	*Dip. Scientifico e Tecnologico*
Titolo della Ricerca	*Celle solari a film sottili di CuInGaSe2 e CdTe*
Argomenti	*Sviluppo di celle solari a film sottili di CuInGaSe2 e CdTe*
Istituzione	*Università degli Studi di Verona*
Dipartimento	*Dip. Scientifico e Tecnologico*
Argomenti	*Il gruppo di ricerca si occupa dei seguenti argomenti:* *1) Sintesi, caratterizzazione e proprietà strutturali di nuovi solidi inorganici.* *2) Spettroscopia ottica di ioni lantanidi in vetri e vetroceramiche a base di ossidi.* *3) Crescita e spettroscopia ottica di monocristalli attivati con ioni lantanidi per applicazioni laser.* *4) Preparazione e caratterizzazione di ossidi semplici o misti in forma nanocristallina.* *5) Materiali biocompatibili innovativi*
Istituzione	*CIVEN*
Titolo della Ricerca	*Sviluppo di processi per la nanofabbricazione di materiali per l'industria micromeccanica e biomedica attraverso tecniche di deposizione e rimozione locale a fascio ionico*
Settori di interesse	*Industria elettronica.*
Istituzione	*CIVEN*
Titolo della Ricerca	*Nanostrutture per sensori chimici e biochimici*
Settori di interesse	*Aziende che utilizzano dispositivi e sensori per il controllo della qualità ambientale, per la diagnostica clinica e per l'automotive.*
Istituzione	*CIVEN*
Titolo della Ricerca	*Metodi e tecniche per la realizzazione e la caratterizzazione di film sottili e nanostrutturati su matrice metallica*
Settori di interesse	*Tutti quei settori in cui vengono utilizzati metalli (acciai, alluminio, magnesio, ecc.) in cui è richiesta una resistenza alla corrosione.*

Istituzione	CIVEN
Titolo della Ricerca	Sviluppo di particolari meccanici con leghe di metallo amorfo o attraverso sinterizzazione di nanopolveri
Settori di interesse	Componentistica meccanica ad elevate prestazioni per tutti i settori; automotive, articoli sportivi, cicli, moto, elettronica di largo consumo, occhialeria.

Istituzione	CIVEN
Titolo della Ricerca	Messa a punto di coating su polimeri od altri materiali per conferire proprietà funzionali
Settori di interesse	Produzione di particolari in polimeri stampati per iniezione, estrusione e termoformatura per utilizzi in ambienti esterni. Gli usi sono indicati per vari ambiti: sport, automotive, giardinaggio, edilizia, accessori moda.

Istituzione	CIVEN
Titolo della Ricerca	Sviluppo di nanocompositi polimerici con funzionalità mirate
Settori di interesse	Automotive, industria della gomma e della plastica in generale, industria del packaging alimentare e tecnico.

Istituzione	CIVEN
Titolo della Ricerca	Nano-metrologia e preparazione di standard per attivare una procedura di certificazione degli strati depositati
Settori di interesse	Tutti quei settori in cui si depositano dei ricoprimenti superficiali sottoforma di film sottili

Istituzione	CIVEN
Titolo della Ricerca	Monitoraggio e risk assessment delle nanotecnologie in ambiente produttivo
Settori di interesse	Tutti i settori produttivi che impiegano le nanotecnologie

5.
Il Distretto per le nanotecnologie.

Oggigiorno tutte le aziende sanno che gli investimenti in ricerca e sviluppo sono uno strumento indispensabile per competere sul mercato globale. Le imprese, infatti, devono essere in grado di modificare velocemente le caratteristiche di un prodotto: i sistemi produttivi devono essere estremamente flessibili e progettati in modo da potersi adattare in tempo reale alle fluttuazioni ed alle esigenze di mercato. E' proprio in un contesto così dinamico e competitivo che **la ricerca assume un ruolo fondamentale**, diventando cruciale per poter ottimizzare i costi di produzione. Le domande che spesso vengono poste dalle aziende sono:

- Come trovare dei co-finanziamenti per le proprie attività di ricerca e sviluppo?
- Quali sono i canali per accedere ai fondi erogati dalla comunità europea per la ricerca scientifica?
- Dove reperire le informazioni?
- Quali strumenti utilizzare: *craft, strep, progetti integrati, network, coordination actions*…?
- Quali sono i principali referenti per coordinare le attività di ricerca e di co-finanziamento?
- Cosa fare se non si dispone di un centro interno di ricerca e sviluppo?
- Come integrare i servizi, la consulenza, i laboratori, l'ingegneria, la competenza, le idee necessarie?

La comunicazione e l'incontro tra le aziende e il mondo della ricerca scientifica sono gli ingredienti fondamentali alla base della nascita di progetti di ricerca innovativi e vincenti. L'opportunità di conoscere e di farsi conoscere è, infatti, uno dei fattori critici del successo.[13]

Informazioni in breve

Per incrementare la competitività e l'innovazione nel Nord-Est, dopo un'attenta analisi e valutazione, nel 2002 in Veneto è stato creato il Distretto tecnologico per le nanotecnologie[44]: un insieme di centri dedicati al trasferimento tecnologico ed allo sviluppo di nuove tecnologie e processi che soddisfino la crescente domanda delle aziende.

Il Veneto è sede del Distretto per le nanotecnologie in virtù della presenza locale di forti competenze scientifiche e produttive unite a potenziali applicativi immediati nel settore di focalizzazione.
La localizzazione in Veneto del Distretto per le nanotecnologie è avvenuta in seguito ad una dettagliata analisi che ha dimostrato quanto segue:

1. alta concentrazione in Regione di ricercatori nell'ambito delle nanotecnologie;
2. presenza di esperienze di ricerca finalizzate ad applicazioni industriali e presenza di esempi di creazione di imprese dalla ricerca;
3. elevato tasso di imprenditorialità e alta concentrazione di aziende nei settori industriali più influenzati dalle nanotecnologie;
4. opportunità di business a livello globale con forte crescita degli investimenti pubblici (2,2 miliardi di euro nel 2002) e privati (+16% capitale VC[45] tra 2001 e 2002); enormi dimensioni attese del mercato con impatto su molti settori industriali (1,1 miliardi di euro per anno in 10/15 anni).

Priorità del distretto

Il Distretto è nato con le seguenti priorità:

- Costituire un'area di eccellenza a livello internazionale attraverso attività che sviluppino competenze esistenti rafforzando la fama di area di eccellenza nazionale nell'ambito delle nanotecnologie, puntando al richiamo di ricercatori e scienziati sia italiani che stranieri nel campo delle nanotecnologie applica-

[44] Il Protocollo di Intesa per la creazione in Veneto del Distretto per la nanotecnologie venne firmato il 17 dicembre 2002 dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, da rappresentanti dalle Università di Padova, Venezia e Verona e importanti Enti di Ricerca (CNR, INFM, INSTM, Padova Ricerche, Consorzio Venezia Ricerche, Veneto Innovazione), da rappresentanti dei tre parchi scientifici e tecnologici della Regione Veneto (Galileo di Padova, Star di Verona, Vega di Venezia), da rappresentanti della Regione Veneto, dei Comuni, delle Province e delle Camere di Commercio di Padova e di Venezia, della Confindustria del Veneto, da alcune aziende locali (FIAMM S.p.A., Pavan S.p.A, Plastal S.p.A., MBN S.r.l., Gruppo X S.r.l., E-venture S.p.A.) e della Fondazione Cariparo – Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo.

[45] VC – Venture Capital

te ai materiali.
- Sostenere i centri ad alto profilo tecnologico per lo sviluppo di progetti di ricerca applicata e favorire il trasferimento di alta tecnologia verso le imprese al fine di sviluppare nuove attività imprenditoriali ad elevato contenuto tecnico-scientifico;
- Favorire e sviluppare gli investimenti privati nella ricerca;
- Promuovere le opportunità offerte dalle nanotecnologie per l'innovazione dei processi e dei prodotti industriali di aziende esistenti e per la creazione di nuove imprese tecnologiche.

Struttura di coordinamento: Veneto Nanotech

Al fine di coordinare le attività del Distretto, realizzare gli indirizzi strategici e realizzare le priorità sopra indicate, il 31 luglio 2003 è stata creata una struttura ad hoc: Veneto Nanotech.
Veneto Nanotech, società consortile per azioni, è stata costituita dalle Università di Padova, Venezia e Verona e dalla Regione del Veneto con la partecipazione del MIUR e di numerosi Enti Pubblici e imprese private.
L'obiettivo di Veneto Nanotech è quindi quello di avvicinare le imprese alle nanotecnologie, creando un circolo virtuoso che coinvolga istituzioni di ricerca, imprese innovative ed investitori pubblici e privati allo scopo di sviluppare e rafforzare le competenze scientifiche ed imprenditoriali nel settore delle nanotecnologie a servizio dello sviluppo regionale e nazionale. Con la nascita di Veneto Nanotech si è voluto creare in Veneto, non solo un polo di eccellenza internazionale nella ricerca applicata, ma si vuole anche supportare la nascita e lo sviluppo di nuova imprenditorialità tecnologica, favorendo e sviluppando gli investimenti privati nella ricerca.
Veneto Nanotech ha, fra i suoi obiettivi, anche quello di migliorare le condizioni di studio e applicazione delle nanotecnologie, fornire gli strumenti più avanzati tecnologicamente, adeguati agli elevatissimi standard internazionali, favorire la ricerca e lo sviluppo delle nanotecnologie in Italia.
Le attività che Veneto Nanotech sta realizzando riguardano, quindi, diverse aree di intervento aventi come obiettivo comune favorire la conoscenza, l'uso, lo studio e l'applicazione delle nanotecnologie.

Per far ciò la società è in continuo contatto con centri di ricerca ed Università in Italia e all'estero per favorire lo scambio di docenti e studenti, la diffusione della cultura scientifica, lo sviluppo di partnership.
Le attività di Veneto Nanotech complessivamente sono mirate alla ricerca, alla formazione ed all'erogazione di servizi inerenti le nanotecnologie con particolare riferimento ai materiali nanostrutturati. Inoltre, supporta l'attività di incubazione di aziende in fase di start-up e gli spin-off Accademici che sviluppano attività altamente tecnologiche. In ogni caso, qualsiasi azienda veneta che già opera o che voglia accingersi a produrre o ad usufruire applicazioni nanotecnologiche trova in Veneto Nanotech un valido partner.
Fra le varie iniziative promosse a favore dell'attrazione di talenti ed a supporto delle start up altamente tecnologiche nella Regione, Veneto Nanotech organizza "Nanochallenge, Business Plan Competition". E' una competizione internazionale che mette in palio un premio finale di 300.000 Euro per la creazione di una Start up che sviluppi un'idea imprenditoriale vincente. E' la prima competizione europea in ambito nanotech ed è aperta a partecipanti di tutto il mondo. L'iniziativa ha riscontrato un grosso successo nella prima edizione del 2005; ha attratto ricercatori di elevato profilo ed imprenditori, dando l'opportunità di presentare i loro business plan direttamente ai venture capitalist, ad altri ricercatori ed ai rappresentanti del mondo accademico.

Budget del Distretto

Il budget del Distretto è di circa 58-62 milioni di Euro, di cui 26 provenienti dal MIUR, il restante dalle istituzioni venete (Regione del Veneto, Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo, Comune di Padova, Camere di Commercio di Padova e di Venezia, Veneto Innovazione) e dalle aziende che beneficeranno delle ricadute tecnologiche dell'iniziativa. Il budget serve a coprire il fabbisogno delle iniziative sia per quanto riguarda le attività di attrazione e formazione di talenti, la ricerca scientifica e la sperimentazione industriale che la promozione e gestione del Distretto.

Ulteriori fondi, esterni alla gestione diretta del Distretto ma ad esso collegati, sono riconducibili al capitale di rischio privato (attraverso le esistenti e nascenti società di Venture Capital) ed alla Unione Europea (attraverso il settimo programma quadro). Di questi 58-62 milioni di Euro, l'Accordo di Programmazione negoziata fra la Regione del Veneto ed il MIUR prevede che 15 milioni e 800 mila Euro siano stanziati da parte della Regione (già in buona parte attivati in specifiche attività di ricerca) e 26 milioni di Euro da parte del MIUR. I fondi MIUR, che seguiranno le indicazioni della legge 297/99, sono destinati a ricoprire il fabbisogno necessario al raggiungimento degli obiettivi citati e da destinarsi al finanziamento delle imprese che intendano sviluppare in Veneto progetti di ricerca nel campo delle nanotecnologie.
A Veneto Nanotech è stato assegnato il compito di identificare le aree tematiche di ricerca, raccogliendo le esigenze di innovazione delle aziende locali. In tal modo, Veneto Nanotech è il principale collegamento fra il Ministero e le aziende interessate ad ottenere parte dei fondi necessari per le attività di ricerca e sviluppo altamente tecnologiche, garantendo che tali fondi siano impiegati per sviluppare progetti di sviluppo del tessuto socio-economico locale.
In questo senso, il MIUR provvede ad emanare appositi bandi tematici, il cui contenuto tiene conto dei suggerimenti e delle proposte provenienti dalla Regione Veneto e da Veneto Nanotech. Le tematiche individuate sul territorio veneto, approvate con delibera regionale del 18 marzo 2005, mirano a realizzare due obiettivi: il forte impatto dell'attività di ricerca sul tessuto industriale Triveneto e la complementarietà con la Nano Fabrication Facility (di cui si parlerà nel cap. 5.1.2). Le tematiche di ricerca per il 2005 sono riassunte nella tabella 4 che segue.

Tematiche di ricerca	Settori di interesse
Sviluppo di processi per la nanofabbricazione di materiali per l'industria micromeccanica e biomedica attraverso tecniche di deposizione e rimozione locale a fascio ionico[46]	Nell'industria micromeccanica, biomedica ed elettronica
Nanostrutture per sensori chimici e biochimici	Per le aziende che utilizzano dispositivi e sensori per il controllo della qualità ambientale, per la diagnostica clinica e per automotive
Nanofluidi[47] per il trasporto del calore per applicazioni nei settori della refrigerazione e del condizionamento	Settore del condizionamento e della refrigerazione; possibili applicazioni anche nel settore dell'abbigliamento tecnico e dell'isolamento termico (industria dello scarpone, dell'abbigliamento, ecc.)
Metodi e tecniche per la realizzazione e le caratterizzazione di film[48] sottili e nanostrutturati su matrice[49] metallica	Tutti quei settori in cui vengono utilizzati metalli (in particolare acciai, alluminio, magnesio) in cui è richiesta una elevata resistenza alla corrosione
Sviluppo di particolari meccanici con leghe di metallo amorfo o attraverso sinterizzazione di nanopolveri	Per tutti i settori d'impiego della componentistica meccanica dove sono richieste elevate prestazioni quali l'automotive, gli articoli sportivi, i cicli, le motociclette, l'elettronica di largo consumo, l'occhialeria
Messa a punto di coating su polimeri od altri materiali per conferire proprietà funzionali	Si tratta della produzione di particolari in polimeri stampati tramite iniezione, estrusione o termoformatura per utilizzi all'esterno in settori quali gli articoli sportivi, l'automotive, il giardinaggio, l'edilizia e gli accessori per la moda

Tabella 4: Tematiche di ricerca di Veneto Nanotech per il 2005.

[46] Deposizione e rimozione locale a fascio ionico - tecnica che consente di depositare o rimuovere le particelle superficiali di un materiale.

[47] Nanofluidi - fluidi in cui la sospensione di nanoparticelle aumenta la conduzione termica.

[48] Film - ricoprimento superficiale.

[49] Matrice - la fase principale nella quale sono dispersi gli altri costituenti.

Sviluppo di nanocompositi polimerici con funzionalità mirate	*Nell'automotive, nell'industria della gomma e della plastica e nell'industria del packaging alimentare e tecnico*
Miglioramento delle proprietà isolanti di espansi attraverso l'utilizzo di nanoparticelle	*In edilizia civile ed industriale e nel trasporto refrigerato*

Struttura di Veneto Nanotech

Veneto Nanotech è organizzata in modo da garantire una gestione delle attività coerente con gli obiettivi istituzionali e in linea con il mandato ricevuto e specificato nell'Accordo di Programmazione Negoziata. La struttura di Veneto Nanotech comprende:

- **Consiglio di Amministrazione:** composto da rappresentanti del MIUR, della Regione del Veneto, dai Rettori delle Università di Padova, Ca' Foscari e Verona, da rappresentanti delle associazioni di industriali. Possono far parte del Consiglio, rappresentanti dei finanziatori che si impegnano a sostenere le attività del Distretto con almeno € 750.000 nel quinquennio (a ottobre 2006: la Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo, la Provincia di Rovigo, le Camere di Commercio di Padova e di Venezia)

- **Comitato Tecnico Scientifico (CTS):** è nominato dal CdA e ha funzioni consultive, per valutazioni e pareri tecnico-scientifici sui contenuti dei progetti.

- Il Consiglio di Amministrazione può delegare tutti o parte dei propri poteri, ad un **Comitato Esecutivo** e/o ad un Amministratore Delegato con funzioni stabilite dal Consiglio di Amministrazione stesso.

- Il Consiglio di Amministrazione, su proposta del Comitato Esecutivo, può nominare un **Advisory Board** composto da personalità di pubblico rilievo nel campo della ricerca e/o

dell'industria che svolgano attività di consulenza a favore del Consiglio di Amministrazione su specifiche tematiche connesse ai progetti della Società e attività di networking e di sponsorizzazione delle iniziative verso l'esterno, specialmente in un contesto internazionale.

- **L'Assemblea dei Soci** è composta da Enti pubblici ed aziende che, o hanno sottoscritto quote di capitale, o hanno sottoscritto il protocollo d'intesa del 17 dicembre 2003.

5.1
Veneto Nanotech e gli altri attori del Distretto

5.1.1
CIVEN

L'Associazione CIVEN (Coordinamento Interuniversitario Veneto per le Nanotecnologie), è stata fondata nel 2003 dall'Università degli Studi di Padova, dall'Università Ca' Foscari di Venezia e dall'Università degli Studi di Verona (subentrata nel 2005) per promuovere la ricerca e la formazione nel settore delle nanotecnologie. Finanziata dalla Regione del Veneto, è stata da questa indicata, all'interno del Distretto per le Nanotecnologie, come il soggetto dedito alla formazione ed alla ricerca applicata: a tal fine la Regione ha destinato complessivamente 14 ML di Euro di risorse CIPE.
Il CIVEN ha lo scopo di progettare e realizzare iniziative di formazione, di ricerca, di sperimentazione industriale e di trasferimento tecnologico al mondo imprenditoriale nell'ambito del settore delle nanotecnologie. Svolge attività di ricerca applicata in collaborazione con università e istituzioni pubbliche locali e internazionali a favore di imprese o di altri sog-

getti privati. Promuove la partecipazione italiana ad organismi, progetti ed iniziative internazionali, realizzando e coordinando attività di ricerca scientifica e tecnologica anche nell'ambito di programmi dell'Unione Europea, sia tramite le strutture proprie sia in collaborazione con altri soggetti pubblici e privati, nazionali e internazionali. I risultati della ricerca applicata derivati dal CIVEN sono disponibili alla comunità scientifica e imprenditoriale.
La missione di CIVEN è di sostenere la crescita dell'economia locale, attraverso l'utilizzo sostenibile delle nanotecnologie e la conseguente innovazione creata nei laboratori di Marghera e nei dipartimenti delle università associate ed attraverso la formazione di manager competenti e capaci di generare business profittevoli dalle nanotecnologie.
Per raggiungere i propri obiettivi, CIVEN sviluppa progetti di ricerca applicata che impattano direttamente i settori industriali tradizionali ed offre un programma di master scientifico e gestionale di altissimo livello per i futuri manager, imprenditori e consulenti di nanotecnologia.
La prima attività intrapresa nel 2003 è stata la realizzazione di un master interuniversitario di II livello, l'International Master in Nanotechnologies (IMN), per la formazione di una nuova figura professionale di alto profilo, in grado di coniugare solide conoscenze tecnico-scientifiche a competenze di tipo economico-gestionali, capaci di generare business profittevoli nel settore delle nanotecnologie.
La seconda attività è stata l'avvio dei progetti di ricerca sulla base degli indirizzi definiti con la Regione Veneto e condivisi con il Distretto. Il CIVEN dispone infatti di uno staff di specialisti reclutati dal mondo scientifico e universitario che, in collaborazione anche con le Università venete, lavorano al fine di perseguire gli obiettivi stabiliti.

I progetti di ricerca nel settore nanotecnologico attualmente sviluppati dal CIVEN sono i seguenti:
1) Nanostrutture per sensori chimici e biochimici: il progetto mira alla preparazione di sensori che impiegano nanostrutture e film ultrasottili atti a migliorarne significativamente sensibilità, selettività e limiti di rivelabilità;

2) Deposizione di strati ad elevate proprietà tribologiche e resistenti alla corrosione: il programma di ricerca ha lo scopo di individuare la composizione e la metodologia di deposizione di strati strutturati con elevate proprietà tribologiche e resistenti alla corrosione;
3) Materiali nanostrutturati per rivestimenti protettivi o decorativi: il programma di ricerca ha lo scopo di sviluppare tecnologie per la protezione e la funzionalizzazione di superfici metalliche o polimeriche, di materiali biocompatibili e per usi decorativi;
4) Deposizione di film sottili (di spessore nanometrico) e di ricoprimenti micrometrici di nanocompositi di tipo inorganico, organico o ibrido: il progetto mira alla messa a punto di metodi e tecniche per la realizzazione e la caratterizzazione di film sottili e micrometrici nanostrutturati;
5) Costruzione di microarray finalizzati allo studio della genomica e della proteomica: il progetto mira al raggiungimento dei seguenti tre obiettivi: a) costruzione di una nuova generazione di microarray; b) elaborazione di software statistico; c) realizzazione di un laboratorio sperimentale di test e sviluppo di sensori microelettronici di DNA di nuova architettura;
6) Nanomateriali in sistemi industriali: il progetto si sostanzia nello sviluppo di Leghe Leggere Nanostrutturate per Occhialeria e per Articoli Sportivi - materiali con ottimo compromesso tra leggerezza e resistenza in sostituzione dei materiali comunemente reperibili sul mercato;
7) Nanomateriali in sistemi industriali: il progetto si articola nello sviluppo di sistemi polimerici modificati tramite l'utilizzo di nanoparticelle di diversa composizione;
8) Sviluppo di sensori per sistemi biologici ed agro-alimentari;
9) Nano-metrologia e preparazione di standard per attivare una procedura di certificazione degli strati depositati;
10) Monitoraggio e risk assessment delle nanotecnologie in ambiente produttivo.

5.1.2
La NANOFAB

NANOFAB Scarl è una società consortile senza fini di lucro, costituita da VEGA Scarl, Parco Scientifico Tecnologico di Venezia, e dall'Associazione CIVEN e Veneto Nanotech, entrata nel capitale della società da settembre 2006. Lo scopo di NANOFAB Scarl è la gestione della NanoFabrication Facility, uno dei primi laboratori italiani completamente dedicati al trasferimento delle nanotecnologie alla produzione industriale. NANOFAB è una piattaforma tecnologica d'avanguardia per l'applicazione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica a favore delle imprese, si estende su una superficie di 2700 m^2 ed è stata realizzata con un investimento complessivo di oltre 20 milioni di Euro, cofinanziati dall'Unione Europea e dalla Regione del Veneto.
La missione di NANOFAB consiste principalmente nel trasferire conoscenza tecnologica e sperimentazione industriale alle imprese, in particolare venete, operanti nel mercato nazionale e internazionale delle nanotecnologie.
NANOFAB, crocevia tra Università e impresa, intende promuovere e favorire l'incontro tra il sistema della ricerca e il mondo imprenditoriale proponendosi come referente dinamico, portatore insieme di know how scientifico, competenze tecniche e soluzioni concrete per lo sviluppo e l'innovazione. In altri termini NANOFAB intende essere un polo di riferimento per la consulenza scientifica sia attraverso strutture proprie sia attraverso il coordinamento con le istituzioni accademiche locali e internazionali. Essa realizza, promuove e coordina anche nell'ambito dei programmi dell'Unione Europea attività di ricerca scientifica e tecnologica sia tramite strutture proprie sia in collaborazione con Università e con altri soggetti pubblici e privati.

NANOFAB offre servizi diversificati e di alto livello tecnologico in quanto mira a soddisfare richieste specifiche e comples-

se. Le aziende possono commissionare progetti di ricerca e sviluppo, usufruire del know how tecnico-scientifico dello staff di ricercatori qualificati oppure utilizzare le apparecchiature impiegando il proprio personale.

In NANOFAB, i ricercatori del team del laboratorio, coordinati da un direttore scientifico, i ricercatori delle Università e i tecnici specializzati delle imprese possono realizzare materiali dalle migliori performance e qualità, fino a giungere a nuove linee di produzione, tramite procedimenti ad alto contenuto tecnologico. Le applicazioni industriali delle nanotecnologie, infatti, rispondono ai fini dello sviluppo e dell'innovazione, in quanto permettono la realizzazione di diverse classi di oggetti e di materiali con particolari qualità meccaniche, chimiche, ottiche, elettriche e magnetiche, in grado di migliorare le performance dei prodotti finiti e in molti casi di ridurre i costi di produzione su larga scala.

I principali settori di applicazione su cui opera la struttura sono relativi a:
- film sottili (ad esempio per migliorare le caratteristiche tribologiche dei materiali e quelle estetiche degli oggetti, realizzare nanosensori elettronici ed ottici, membrane a porosità controllata);
- nanopolveri (ad esempio per produrne con nuove caratteristiche o realizzare nuovi oggetti per sinterizzazione delle stesse);
- microarray[50] e prodotti per delivery[51] di farmaci e vaccini.

Nanofab è munita di laboratori multidisciplinari di:

Laboratori di deposizione e preparazione
Laboratori di deposizione da fase vapore
Laboratori di preparazioni chimiche
Laboratori di pressatura e sinterizzazione
Laboratori di produzione e analisi di microarrays

Laboratori di caratterizzazione
Laboratori di tribologia e metallografia

[50] Microarray - Dispositivi microfluidici per condurre analisi chimico-biologiche

[51] Delivery - Rilascio

Laboratori di composizione e spettroscopia
Laboratori di microscopia a scansione di sonda
Laboratori di calorimetria e termogravimetria
Laboratori di elettrochmica e microelettronica

Camere Bianche
Una camera bianca classe 100 per le nanobiotecnologie
Una camera bianca classe 1000 per la microscopia a scansione di sonda

I laboratori di chimica e biologia molecolare di Nanofab sono specializzati nella realizzazione di sensori nanostrutturati e microarrays, noti anche come DNA chip o chip genici (Lab on a chip). La ricerca applicata svolta presso Nanofab consente di realizzare sensori e biosensori con nanostrutture e film ultrasottili che migliorano significativamente la sensibilità, la selettività e i limiti di rivelabilità dei sensori. Questi possono venire impiegati per la diagnostica clinica nel monitoraggio ambientale e nell'industria alimentare. Allo stesso modo, possono essere create nuove generazioni di microarrays e di sensori microelettronici biocompatibili per la genomica e la proteomica, che permettono da un lato di migliorare le moderne tecnologie utilizzate per i microarrays, in modo da ridurne i costi e da favorirne l'uso in applicazioni diagnostiche, dall'altro di sperimentare nuovi biosensori. I microarrays sono dispositivi di grandissima rilevanza che hanno trovato un'importante applicazione nello studio del DNA per la definizione dei profili di espressione genica. Sono strumenti fondamentali sia nella ricerca medica, per esempio contro il cancro e le malattie genetiche, che nelle indagini cliniche e gli studi di "drug resistance"[52] per lo sviluppo di nuovi farmaci.

[52] Drug resistence - Resistenza ai farmaci

5.1.3
ECSIN

ECSIN (European Center for the Sustainable Impact of Nanotechnology) rappresenta una delle principali iniziative intraprese da Veneto Nanotech con gli obiettivi di raggiungere l'eccellenza internazionale e di coinvolgere in questo processo il territorio regionale Veneto.
ECSIN nasce per rispondere ad una esigenza sempre più pressante nel mondo della scienza: la necessità di disporre di un ente e un centro di ricerca che possa garantire, sotto diversi punti di vista, la sicurezza delle tecnologie emergenti. Nel caso delle nanotecnolologie, tale necessità è rafforzata dalla multidisciplinarità propria di questa scienza, dall'ampiezza del campo di applicazioni future ed l'impatto che avranno nella vita quotidiana.
Lo studio di fattibilità per la creazione del Centro ECSIN è stato intrapreso nel corso del 2004. ECSIN sta sorgendo alle porte di Rovigo ed è sostenuto finanziariamente dai contributi della Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo e dalla comunità politica ed economica polesana (Provincia, Comune, Camera di Commercio e Associazione Industriali di Rovigo).

Beneficia dell'appoggio delle tre maggiori Università venete (Padova, Venezia e Verona), e della Regione del Veneto.
ECSIN lavorerà in stretto contatto anche con Nanofab, la NanoFabrication Facility, che è operativa da ottobre 2005 a Marghera.
ECSIN rappresenta una pietra miliare per il successo del Distretto per le nanotecnologie; Veneto Nanotech, dopo aver contribuito all'avvio della NanoFabrication Facility, coordina questo Centro che studia come le nanotecnologie agiscano sulla salute e l'ambiente e influenzano la società, garantendone il corretto utilizzo e informando l'opinione pubblica sui reali rischi di prodotti e processi. L'influsso che avrà nel Distretto non sarà limitato alla sola costituzione di una nuova

entità, ma anche alla ricaduta occupazionale e alla creazione di nuove imprese che eserciteranno nel territorio di insediamento.

L'obiettivo è che ECSIN divenga il principale attore italiano nel proprio ambito di attività e rappresenti il nostro paese in Europa per definire i futuri standard legati al campo nano.
ECSIN sarà attivo in tre macro settori legati alle nanotecnologie:

- Interazione con l'ambiente e la salute umana;
- Percezione pubblica e decisioni giuridico/sociali/etiche;
- Promozione per un utilizzo sicuro.



Figura 17: Centro ECSIN presso il Cen. Ser. di Rovigo

6.
Bibliografia e fonti

[1] "La Nanotecnologia – Innovazione per il mondo di domani", Commissione Europea, 2004,
http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_fr.html
[2] "Nanoparticles proprierties" lectures Prof. P. Mulvaney, University of Melbourne Australia, 2005
[3] "Nanotecnologie e ICT: potenzialità a prospettive", E. di Zitti, D. Ricci, D. D. Caviglia, Mondo digitale" n°3, settembre 2004
[4] "Nanotecnology, shaping the world atom by atom", L.J. Whitman, Naval Research Laboratory, Science and Technology Council (NSTC) The Interagency Working Group on NanoScience, Engineering and Technology (IWGN), 1999
[5] "Nanotecnologie e materiali", A. Bonfiglioli, E.A. Mari, P. Milani, S. Silva, Servitec srl
[6] "Nanostructured science and technology – A world wide study", R.W. Siegel, E. Hu, M.C. Roco, WTEC Loyola College in Maryland, National Science and Technology Council (NSTC) The Interagency Working Group on NanoScience, Engineering and Technology (IWGN)
[7] Tabella "Le pietre miliari della Tecnologia dell'Atomo". Tabella cortesia di "The big down from genomes to atoms", Atomtech: Technologies converging at the nanoscale, ETC Group, 2003. Si ringrazia inoltre: Gary Stix, "A Few 10-9 Milestones," in Scientific American, September 2001, p. 36 e CMP Cientifica, Nanotech: The Tiny Revolution, and Douglas Mulhall, Our Molecular Future, Prometheus Books, 2002; e ETC Group
[8] "The global technology revolution", P.S.Anton, R. Silberglitt, G. Schneidern, RAND
[9] "Mechanical and thermal properties of nanostructured materials" lectures Prof. T. Valente, Rome University "La Sapienza", 2005
[10] "Chemical synthesis of powders", lectures Prof. Martucci,

University of Padova, 2005
[11] "Sol-gel Process", lectures Prof. Brusatin & Prof. Martucci, University of Padova, 2005
[12] "Nanotech Report", Forbes/Wolfe, December 2004, vol 3, N°12, www.forbesnanotech.com
[13] "L'Europa della ricerca al servizio delle imprese", M. Ristagno, Meccanica News, febbraio 2005
[14] www.liquidmetal.com
[15] "Atto costitutivo Veneto Nanotech S.C.P.A.", 31 luglio 2003
[16] "Protocollo d'intesa per il lancio di Veneto Nanotech S.C.P.A. il Distretto Veneto sulle nanotecnologie", 17 dicembre 2002
[17] "Nanoscience and nanotechnology" lectures Prof. D.A.Buttry, University of Wyoming USA, 2005
[18] "Buiding bridges between advanced semiconductor technology and the unusual", IMEC
[19] www.almaden.ibm.com/vis/stm
[20] www.almaden.ibm.com/almaden/media/
[21] "Microfluidics and programmable biochips – filling the gap between biomolecules and nano-tools" lectures Prof. P.F.Wagler, Biomolecular Information Processing (BioMIP) Ruhr-Universitat Bochum, 2005
[22] "The Rovigo Certification Center", Joanna Kiszco, Civen 2004
[23] "Thin film deposition metods: chemical methods (PE-CVD)" lectures Prof. G. Moretti, University of Venice, 2005
[24] "Sintering techniques", lectures Prof. Molinari, University of Trento, 2005
[25] " Powder preparation", lectures Dr. E. Borsella, UTS FIS, CR ENEA Frascati (Rome), 2005
[26] "Introduction to scanning probe microscopy", lectures Prof. G.Torzo, University of Padova, 2005
[27] "Nascono a Padova le leghe del futuro", articolo di M.Bernardini de "Il Gazzettino"edizione del 23 agosto 2005
[28] "Veneto Innovazione", numeri 5-6, 2005
[29] "Il futuro della legge di Moore", R.Saracco (Future Centre, TLAB), Apogeo
[30] "Synthesis and transport properties of nano-composite

solid polymer electrolytes: Applications to solid –state batteries", Baskaran Natesan, Naba K. Karan and Ram S. Katiyar, Departement of Phisics, University of Puerto Rico, San Juan PR 00931-3343
[31] "Film polimerici nanostrutturati", NIS Università di Torino
[32] "MRS Bulletin", August 2002, Volume 27, No. 8, Materials Research Society
[33] "Introduzione alle Nanotecnologie e ai Nanosistemi", Paolo Mazzoldi, Giovanni Mattei
[34] www.demauroparavia.it
[35] www.wikipedia.org

Ci si scusa se, per cause del tutto indipendenti dalla nostra volontà, si fosse omessa o erroneamente citata qualche fonte.

per informazioni

Veneto Nanotech ScpA
via S. Crispino, 106
35129 Padova (Italy)
tel +39 049 7705500
fax +39 049 7705555
www.venetonanotech.it
info@venetonanotech.it

Finito di stampare nel mese di novembre 2006

veneto nanotech

Veneto Nanotech scpa
via S. Crispino, 106
35129 Padova (Italy)
tel +39 049 7705500
fax +39 049 7705555
www.venetonanotech.it
info@venetonanotech.it