veneto nanotech

small technology
big applications

i Quaderni delle Nanotecnologie

volume 8 **micro/nano elettronica, MEMS/NEMS, batterie, micro fluidica, Lab on a Chip**

8



in collaborazione con

Coordinamento Interistituzionale Veneto per le Nanotecnologie – Civen

CAMERA COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO AGRICOLTURA PADOVA

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA VENEZIA

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, 2007
Riproduzione autorizzata a condizione che venga citata la fonte.

i Quaderni delle Nanotecnologie

volume 8 ***micro/nano elettronica, MEMS/NEMS, batterie, micro fluidica, Lab on a Chip***

8

Questi Quaderni sono stati realizzati da Veneto Nanotech grazie al contributo delle Camere di Commercio di Padova e di Venezia

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 Prof. Paolo Ugo*

Progetto grafico ed impaginazione *Paolo Fontana/Signaletic*

Stampa *Tipografia La Garangola, Padova*

I Edizione *novembre 2006*

Il ruolo dell'infinitamente piccolo
è infinitamente grande.

Louis Pasteur

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 15
3 Micro/nano elettronica - evoluzione dei circuiti integrati 18
4 MEMS/NEMS 23
5 Pile, accumulatori, supercapacitori e batterie 26
6 Microfluidica 30
7 Tecniche diagnostiche: Lab on a Chip 32
8 La ricerca nel Veneto 35
9 Veneto Nanotech S.C.P.A. 37
10 Bibliografia e fonti 40

Introduzione

Il presente Quaderno è dedicato interamente alle applicazioni delle nanotecnologie in relazione alla micro/nano elettronica, ai MEMS/NEMS, alle batterie, alla microfluidica ed ai Lab on a Chip. Si inserisce all'interno della Collana "I Quaderni delle Nanotecnologie", ed approfondisce una tematica ben definita riportando esempi specifici in tali ambiti, poiché anche in questo settore le nanotecnologie consentono di realizzare applicazioni che permettono di innalzare il livello tecnologico dei prodotti "Made in Italy" per vincere il confronto con quelli dei nuovi paesi emergenti.

Le nanotecnologie non interessano un unico settore economico ma, grazie al loro carattere pervasivo[1], sono presenti in quasi tutti gli ambiti. Possono essere considerate come una scienza trasversale, con effetti di traino altamente benefici per tutta l'economia e possono rappresentare quel radicale salto innovativo tanto auspicato in questa fase storico-economica.

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

Scopo di questa raccolta è di fornire alcune informazioni sulle nanotecnologie e di divenire un utile strumento 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.

Il Veneto vanta una tradizione secolare 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.

All'interno di quest'area, 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".

Considerato 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.[2]

[2] Sempre all'interno di tale contesto, si sono utilizzati termini inglesi laddove d'uso comune o non esista una traduzione italiana; ci si è soffermati su tematiche ritenute fondamentali o più vicine alla produzione industriale del Triveneto, anche se sicuramente applicabili a una realtà territoriale più estesa.

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[3] e fu ripreso in seguito nel 1976 da Eric Drexler[4], il quale definisce 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 equivale ad 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.
Il termine nano indica il prefisso di un'unità di misura pari a 10^{-9}: si tratta dunque di una tecnologia a livello atomico[5]. La scala di grandezza è tanto piccola al punto che non esiste più



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

[4] Eric Drexler - Scienziato americano.

[5] 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.

Figura 1: 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 (nella foto non sono rispettate le dimensioni)[1]

una netta distinzione disciplinare fra le applicazioni ed i temi della chimica, della fisica, dell'ingegneria genetica e della quantistica.
La nanotecnologia agisce sulle connessioni fra gli atomi, dalle quali risulta la proprietà della materia. Per lavorare a tali dimensioni (10^{-9}) si impiegano dei macchinari molto sofisticati che sono in grado di agire su 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 studiare, 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.
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 da un blocco massivo di materiale (*bulk*) con tecniche di tipo litografico[6] oppure riducendo con metodi fisici le dimensioni delle strutture iniziali, portandole a livello nanometrico. Tale metodo è quello più comunemente utilizzato per la creazione di materiali nanostrutturati e trova i principali impieghi in applicazioni elettroniche e metallurgiche. I due metodi sono impiegati a seconda di quelle che sono le applicazioni da realizzare.

Le nanoscienze costituiscono il punto d'incontro fra discipline diverse quali la fisica quantistica, la chimica supramolecolare,

[6] Litografia – la tecnica di produzione di strutture microscopiche, mediante un sistema 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.

la scienza dei materiali e la biologia molecolare.
Essendo delle scienze multidisciplinari, le nanotecnologie possono essere applicate trasversalmente ai più svariati settori industriali. Alcuni esempi d'applicazioni di materiali nanostrutturati, quali tessuti antimacchia, superfici antigraffio o autopulenti, cosmetici contenenti nanopolveri o aerogel nanostrutturati per l'isolamento termico sono già in commercio e si prevede che il mercato di prodotti funzionalizzati attraverso l'uso delle nanotecnologie possa crescere rapidamente nel prossimo decennio.

Finanziamenti pubblici e privati per ricerche nell'ambito delle nanotecnologie sono infatti in continua crescita e si prospetta che la loro ricaduta sul mercato mondiale possa portare i prodotti nanostrutturati a raggiungere un giro d'affari stimato intorno ai 600 miliardi di Euro entro il 2015 e ad una creazione di oltre 2 milioni di nuovi posti di lavoro (source: "National Science Foundation"). Le nanotecnologie rappresentano un salto innovativo radicale che a detta di molti analisti produrrà una nuova rivoluzione industriale paragonabile, se non di portata superiore, a quella generata dall'introduzione nel mercato dei semiconduttori nei primi anni '80.

3.
Micro/nano elettronica - evoluzione dei circuiti integrati

Nel 1947 fu inventato il primo transistor bipolare presso i Bell Lab's americani dai premi Nobel in fisica Bardeen, Shockley e Brattain[7]. Successivamente si svilupparono dapprima i processi per la fabbricazione di un singolo monocristallo di silicio ed in seguito i primi processi di litografia. Nel 1958 si costruì il primo circuito integrato su silicio presso i laboratori della Texas Instrument's ad opera di Jack Kilby e l'anno successivo presso la Fairchild Semiconductor's Noyce and Moore si sviluppò il processo planare di distribuzione dei transistors su silicio con strati passivi di ossido. La versione moderna di questo processo è attualmente in uso. Nei primi anni '60 si affrontò la sfida della SSI (Small Scale Integration[8]) fino a giungere alla fine degli anni'60 alla MSI (Medium Scale Integration[9]).

[7] Premi Nobel in Fisica nel 1956.

[8] Small Scale Integration - tecnologia che consentiva di integrare fino a 20 componenti per chip

[9] Medium Scale Integration - tecnologia che consentiva di integrare da 20 fino a 200 componenti per chip.

[10] Large Scale Integration - tecnologia che consentiva di integrare da 200 a 5000 componenti per chip.

[11] Very Large Scale Integration - tecnologia che consentiva di integrare oltre 5000 componenti per chip.

[12] Wafer – la fetta di silicio da cui si ricavano i microprocessori.

Negli anni '70 si svilupparono i primi calcolatori a 8 bit grazie alla tecnologia LSI (Large Scale Integration[10]) che riusciva a produrre chip con geometrie di 7 micrometri (1 micrometro = 10^{-6} m). Negli anni '80 maturarono i processi VLSI (Very Large Scale Integration[11]) dove le geometrie dei chip raggiungevano le dimensioni di 500 nanometri (1 nm = 10^{-9}m). La corsa a creare chip dalle sempre migliori prestazioni è continuata fino ad arrivare ai giorni nostri in cui un moderno wafer[12] in silicio di 8 pollici (20,32 cm) di diametro può contenere fino a 10 miliardi di

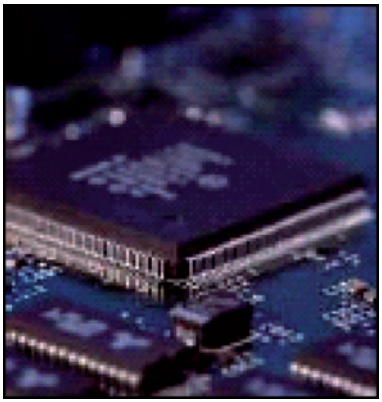


Figura 2: Esempio di circuiti elettronici integrati su scheda. [2]

componenti.[3]
In particolare "la capacità di calcolo di un microchip è correlata al numero di transistor che contiene e raddoppia ogni 18 mesi", seguendo quella che è chiamata la legge di Moore (dal nome dello scienziato che l'ha formulata e che fu uno dei fondatori dell'azienda INTEL). Questo significa che nei prossimi 18 mesi avremo un progresso equivalente a quello che si è avuto negli ultimi 37 anni.
Le sfide tecnologiche che si debbono superare perché la legge possa continuare ad avere valore nei prossimi anni riguardano: il calore da dissipare all'esterno dei chip, la maggior energia da erogare per far funzionare i chip (il problema è rilevante soprattutto nei dispositivi portatili), la propagazione del segnale di sincronismo che regola il funzionamento interno dei chip, la crescente complessità del packaging elettronico e delle saldature dei contatti esterni ai vari dispositivi e la complessità del processo produttivo di questi dispositivi. Il superamento di queste sfide innesca la necessità di ulteriori progressi anche in altri settori industriali.

La crescente capacità elaborativa dei processori e il loro minor costo hanno influito in moltissimi campi, accelerando lo sviluppo di MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), telefoni cellulari, trasmissione dei segnali tramite fibre ottiche, tecnologie applicate alla bio-medicina, ecc..

La continua crescita della capacità elaborativa è stata accompagnata in questi trent'anni da una crescita della domanda di nuove funzioni nei microprocessori; questo ha contribuito a mantenere i prezzi dei chip per la CPU dei PC a livelli relativamente constanti

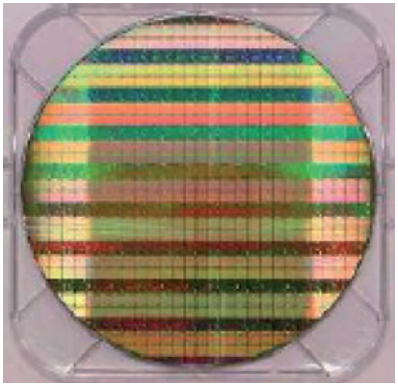


Figura 3: Wafer in tecnologia a 90 nm. [4]

(quello che è sceso in modo esponenziale è stato il costo per MIPS[13] passato da oltre 100.000 dollari degli anni 70 agli attuali 10 centesimi di dollaro). Dal 2005, tuttavia, la crescita di capacità elaborativa non è stata più accompagnata da una crescita della domanda di nuove funzioni, in particolar modo nel segmento di mercato Consumer, che attualmente è il più importante. Questo comporterà una discesa dei prezzi dei processori al punto che significative quantità di capacità elaborativa potranno essere incorporate in un'enorme varietà di oggetti, senza per questo portare ad un aumento del loro costo. Sarà una svolta epocale in quanto il PC verrà affiancato da nuovi dispositivi portatili altamente tecnologici. Di conseguenza diminuirà l'interesse prettamente economico di avere un strumento che sia in grado di "fare" qualunque cosa. Il che comporta una complessità di uso perché di volta in volta occorre specificare cosa si vuole ottenere e quindi è necessario configurarlo per operare in quel modo.

Le funzionalità dei singoli oggetti comuni verranno quindi aumentate divenendo loro stessi dei dispositivi intelligenti. Una cornice con relativo schermo sarà in grado di permettere il disegno o la manipolazione di immagini, un foglio di carta elettronica consentirà di scrivere, formattare il testo e controllare l'ortografia, il videoregistratore consentirà di montare i film che abbiamo appena registrato, di mixare le colonne sonore, di inserire elementi di grafica animata, ecc..

La scomparsa del PC, come inteso oggigiorno, sarà bilanciata dal fatto che ogni oggetto diventerà un PC, per alcune funzionalità. Si può pensare un parallelo portando l'esempio dell'orologio. Un elemento che fino a 30 anni fa spingeva le persone a spendere "di più" per un orologio era la sua precisione. L'avvento dei primi orologi al quarzo sfruttava proprio la maggior precisione insita nel quarzo per crearsi uno spazio di mercato. Quando, verso la fine degli anni 80, la precisione era arrivata ad essere misurata in decimi di secondo al mese essa non era più un elemento di differenziazione. La disponibilità di micro motori a basso costo ha portato alla trasformazione degli orologi digitali in normali orologi a lancette, recuperando quindi l'aspetto originario del quadrante. Oggi il chip che svolge la funzione di orologio è presente praticamente in ogni

[13] MIPS – Milioni di Istruzioni Per Secondo.

dispositivo controllato da circuiti elettronici, ma è impiegato soprattutto per sincronizzare le funzioni interne piuttosto che per visualizzare l'ora esatta. In questo senso il chip che svolge solo il compito di orologio è scomparso, ma allo stesso tempo possiamo dire che è diventato onnipresente.[4]

La capacità elaborativa a costo praticamente nullo avrà come conseguenza l'introduzione nel mercato di dispositivi elettronici usa e getta come macchine fotografiche digitali, telefoni cellulari, computer monofunzione fatti di "carta intelligente", ecc.[4]

Recenti stime dell'azienda INTEL valutano che le attuali tecnologie, con gli opportuni accorgimenti necessari, saranno in grado di garantire il continuo sviluppo verso l'integrazione di componenti sempre più piccoli. Si prevede che nel 2011 si realizzeranno transistor di 10 nm di lunghezza di canale, che verranno fabbricati all'interno di chip che ne conterranno 10 miliardi.
Dopo il 2011 per poter procedere ulteriormente all'integrazione dei circuiti, sarà necessario l'impiego delle nanotecnologie che porteranno le prime applicazioni commerciali attorno al 2020 [5]. Per quella data si prefigura un panorama molto vasto, ma riconducibile ad alcuni filoni che possono essere riassunti nella seguente tabella:

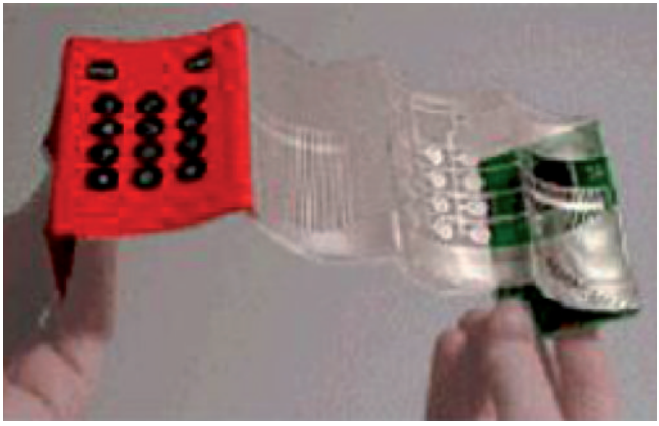


Figura 4: Telefono cellulare usa e getta ideato dall'inventore americano Stephen Forshaw. [4]

Nanotecnologie	Vantaggi	Inconvenienti/problemi
Nanowire a semiconduttore	Facilità di manipolazione dei circuiti (drogaggio, realizzazione dei contatti ohmici, ecc.) Compatibilità con le tecnologie microelettroniche	Layout multistrato
Elettronica basata su nanotubi[14]	Si realizzano ottimi conduttori ed interconnessioni Semplicità nello sviluppo di dispositivi a commutazione Compatibilità con le tecnologie microelettroniche	Difficoltà di controllo della chiralità[15] dei nanotubi Controllo del posizionamento dei nanotubi Alte resistenze di contatto microelettroniche
Circuiti nanoelettronici di tipo quantistico	Autoassemblaggio guidato dei circuiti Elaborazione non convenzionale dei segnali	Funzionamento criogenico
Elettronica molecolare/organica	Capacità di autoassemblamento dei circuiti Funzionamento a bassa potenza dei circuiti	Creazione di strutture di interconnessione fra circuito organico/inorganico Interfacciamento col mondo macroscopico
Quantum computing	Elaborazione parallela di tipo massivo e non convenzionale	Funzionamento a temperature prossime allo zero assoluto Decoerenza Gestione dei segnali di ingresso/uscita

Tabella 1: Confronto fra strategie alternative di realizzazione di nanosistemi di elaborazione elettronica. [5]

[14] Nanotubi - Particelle la cui forma ricorda un tubo di diametro nanometrico.

[15] Chiralità – la proprietà di avere un'immagine speculare non sovrapponibile a sé, come avviene nel caso di una mano.

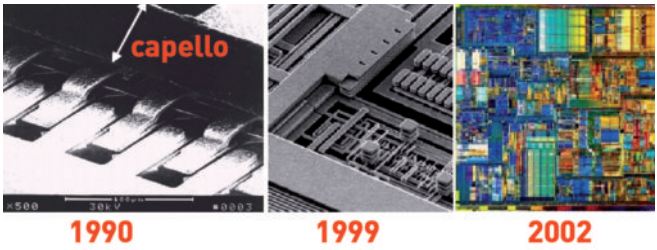


Figura 5: Nell'immagine si riportano alcuni esempi di circuiti elettronici integrati prodotti rispettivamente nel 1990, nel 1999 e nel 2002. Si noti il crescere della complessita dei dispositivi al passare degli anni.[3]

4. MEMS/NEMS

I MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) sono definiti come quei dispositivi di grandezza micrometrica in grado di rilevare o manipolare le grandezze fisiche presenti nell'ambiente circostante. Accanto ai MEMS si stanno affacciando i NEMS (Nano Electro Mechanical Systems) che assomigliano molto ai precedenti, ma sono di dimensioni nanometriche.
Tipicamente vengono prodotti impiegando le stesse tecniche di microlavorazione dell'industria elettronica. In commercio se ne possono trovare di dimensioni che spaziano dai pochi micrometri (10^{-6}m) fino al millimetro (10^{-3}m) e hanno comunemente l'aspetto di un chip, essendo fabbricati su un supporto di silicio usando le stesse tecniche impiegate per realizzare i transistor.

Ciò che li rende davvero speciali è il fatto che sono un completo microsistema integrato all'interno di un chip che contiene parti in movimento, componenti ottiche, componenti chimiche ed elettriche. Tulle le parti sono interconnesse per svolgere una o più specifiche funzioni. Essi sono semplicemente le più piccole macchine costruite fin'ora dall'uomo.

I dispositivi MEMS sono classificati come sensori oppure come attuatori.
I sensori rilevano una varietà di parametri che spaziano dalle

grandezze fisiche alle concentrazioni chimiche. Mentre gli attuatori convertono grandezze di natura elettrica, fisica e chimica in grandezze meccaniche (tipicamente spostamenti).

Attualmente i sensori di gran lunga più diffusi sono di tipo inerziale e comprendono gli accelerometri, i giroscopi ed i sensori di pressione. Trovano i principali impieghi nell'industria automobilistica e militare all'interno dei dispositivi che controllano gli airbag, gli ABS, i navigatori inerziali, gli antifurti, i sensori di pressione dei pneumatici, i sensori di beccheggio, di rollio e di sbandamento. Ma si usano anche come sensori di vibrazione nei robot industriali, negli hard disk, negli stabilizzatori delle telecamere, nei telefoni cellulari, nei pacemaker, nei processi industriali e nei Lab on a Chip. Molto diffusi sono i sensori micro/nanometrici dedicati alla rilevazione di specie chimiche, di umidità e di temperatura. Essi sono impiegati per effettuare le analisi del sangue, negli strumenti di misura che impiegano i raggi infrarossi e negli antifurti che impiegano gli ultrasuoni.

Si stanno rivelando molto promettenti anche i sensori ottici, comunemente chiamati MOEMS (Micro Optical Electro Mechanical Systems), con applicazioni nei microdisplay dei telefoni cellulari, nei PDA[16], nei videogames portatili e nelle telecomunicazioni.

16 PDA – Personal Digital Assistant.

I sensori microfluidici trovano impiego nel trattamento dei fluidi e sono inseriti nelle pompe, nelle valvole idrauliche, negli ugelli delle stampanti a getto, nelle valvole a spillo e nei Lab on a Chip.

I MEMS usati nell'elettronica a radio frequenza si stanno affacciando al mercato con le etichette RFID (Radio Frequency Identification) per la tracciabilità dei prodotti, con gli RF switch[17] e con le induttanze[18] ad elevato fattore di qualità.

17 RF switch – commutatore a Radio Frequenza.

18 Induttanze – componenti elettronici.

Fra i molteplici impieghi degli attuatori ci si limita a riportare l'uso nei microfoni, negli speakers di cellulari e di PDA, nei motori elettrici, nelle sonde per gli spettrometri, nei microspecchi ed in alcune componenti degli hard disk.

Il mercato dei MEMS è in costante crescita. VDC[19] ha rilevato che nel 2001 i segmenti di mercato più interessanti per i MEMS sono stati:

- i biochip micro-fluidici per impieghi medici e diagnostici;
- i sensori microfluidici per monitorare i livelli del glucosio nel sangue;
- i sensori della pressione dei pneumatici;
- le testine degli hard disk;
- le testine di scrittura usa e getta delle stampanti a getto d'inchiostro;
- i dispositivi microfluidici di test delle condizioni di salute;
- i dispositivi che consentono funzioni avanzate alle automobili;
- gli ABS, gli accelerometri ed i giroscopi;
- i sensori per il flusso dell'aria nelle automobili.

Si possono elencare come esempi di NEMS i microcantilever con inserite nanopunte per microscopi STM[20] o AFM[21], gli AFM array per l'immagazzinamento di dati, le punte AFM per la nanolitografia, i motori biologici, gli ingranaggi molecolari, i nanocavi, i transistor quantici ed i nanobiosensori. [6]

[19] VDC – Venture Development Corporation - società americana che compie ricerche sui mercati tecnologici.

[20] STM – Scanning Tunneling Microscope.

[21] AFM – Atomic Force Microscope.

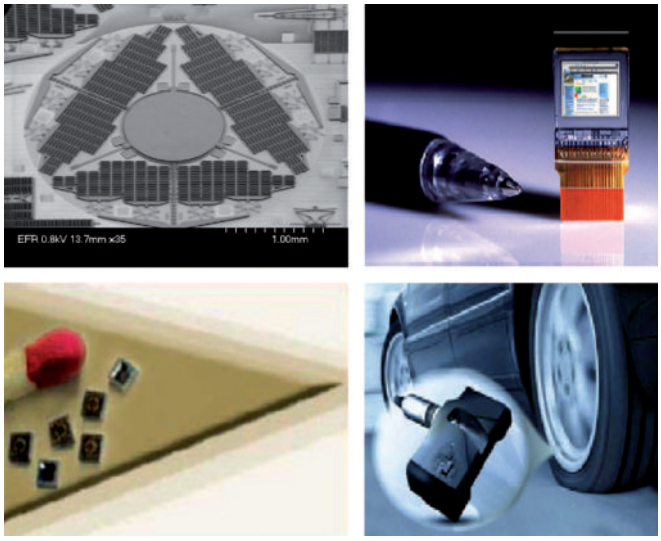


Figura 6: MEMS impiegati in varie applicazioni. In alto a sinistra microspecchi ultra rigidi [16], in alto a destra microdisplay, in basso a sinistra microspeakers, in basso a destra sensori di pressione nei pneumatici. [6]

5.
Pile, accumulatori, supercapacitori e batterie

I progressi nelle scienza dei materiali hanno consentito lo sviluppo di una serie di apparati e dispositivi wireless dotati di un sempre maggior numero di funzionalità. Attualmente, le loro potenzialità di sviluppo rimangono parzialmente raggiungibili quasi esclusivamente a causa delle limitazioni imposte dalle batterie che li alimentano.
Sono passati circa 200 anni da quando Alessandro Volta dimostrò il funzionamento della prima batteria (più precisamente si trattava di una pila). Da quel momento sembra che la tecnologia sia rimasta inalterata per decadi a causa della mancanza di innovazioni radicali. Questo comporta che oggi ci siano ampi margini di miglioramento. Sarà sempre compito della scienza dei materiali, attraverso l'impiego delle nanotecnologie, sviluppare una nuova generazione di batterie in grado di migliorare considerevolmente le potenze erogabili.

In generale le batterie si ottengono collegando in serie o in parallelo più pile, accumulatori o supercapacitori. Una pila è un dispositivo elettrochimico che permette di immagazzinare energia ed è costituito da due elettrodi separati da un elettrolita. I parametri che la caratterizzano sono la tensione e la corrente (massime, di stato stazionario e di picco), la densità di energia (watt-ora/kg), la densità di potenza per unità di massa (watt/kg), la vita utile (cicli di carica/scarica prima del guasto) ed il costo (per Kilowatt-ora).

Spesso nel linguaggio comune non si fa distinzione tra i termini pila e batteria. Per cui in seguito per semplicità si parlerà sempre di batterie senza fare distinzioni di sorta (si precisa che con batteria si fa riferimento a pile collegate in serie).

Il miglioramento delle prestazioni delle batterie è frenato dalle limitazioni dovute ai materiali attualmente impiegati. La ricerca tende ad implementare negli elettrodi di litio:

- la capacità di assorbimento di ioni da parte del litio;
- la diffusività del litio ad elevate correnti di scarica;
- la stabilità chimica ed elettrochimica;
- la stabilità strutturale del litio in seguito ad un elevato numero di cicli di carica/scarica;
- la conduttività elettrica con minor riscaldamento dovuto all'effetto Joule;
- la conduzione a singolo ione litio.

L'elettrolita ideale dovrebbe avere le stesse proprietà elettriche di un fluido conduttore e le stesse proprietà meccaniche di un solido. Esso svolgerebbe la funzione sia di elettrolita che di separatore degli elettrodi, permettendo alla batteria di essere flessibile. Tale proprietà non è ancora ottenibile nelle batterie con i convenzionali elettroliti.

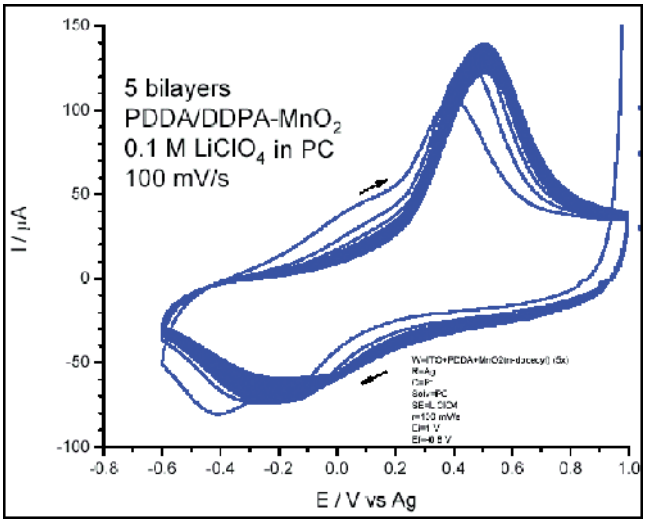


Figura 7: Stabilità dei cicli di carica/scarica di una pila con il catodo nanostrutturato. [3]

I più importanti problemi legati all'intero sistema sono:

- la stabilità delle superfici d'interfaccia fra l'elettrodo e l'elettrolita;
- la scalabilità[22] industriale dei processi di sintesi ed assemblaggio della batteria.

[22] Scalabilità – possibilità di estendere la produzione ed i processi a livello industriale.

Dal punto di vista progettuale, il miglioramento delle prestazioni della batteria si focalizza nell'aumentare quanto più possibile la frazione degli elettrodi a scapito della frazione dell'elettrolita, dei collettori di corrente e del packaging. Si mira, pertanto, a ridurre lo spessore dell'elettrolita ed a eliminare la presenza di additivi e leganti conduttivi.

Di seguito si riportano i miglioramenti introdotti dalle nanotecnologie nel settore :

- Il catodo può essere nanostrutturato grazie all'inserzione di nanoparticelle di litio all'interno dei pori di uno xerogel[23] polimerico depositato sulla sua superficie. Questa tecnica consente:
  - la tensione di scarica più elevata a correnti più elevate e dunque migliora la densità di carica;
  - la riduzione dello stress fisico di espansione/contrazione che il catodo subisce durante i ripetuti processi di carica/scarica;
  - la riduzione delle distanze di diffusione degli atomi di litio;
  - l'accumulazione delle cariche all'interfaccia fra i vari pori evitandone la diffusione nell'intera struttura;
  - il facile smaltimento della batteria quando risulta esausta (a condizione che nei pori dello xerogel si inseriscano nanoparticelle di MnO_2).

[23] Xerogel – ricoprimento sottile ottenuto con tecniche sol-gel.

- Sul catodo si possono depositare strati di spessore nanometrico di polimero PDDA[24] alternati con strati di spessore nanometrico di MnO_2 tramite tecniche sol-gel. In tal modo si perde solo il 20% della carica dopo 500 cicli di carica/scarica, con un conseguente allungamento della vita utile della batteria. Al posto del MnO_2 possono essere inseriti dei nanotubi in carbonio SWNT (Single Wall Nano Tube) che forniscono i medesimi benefici.

[24] PDDA – Polidiallildimetilammonio.

- Gli anodi vengono resi più efficienti realizzandoli con stagno nanostrutturato con fullereni[25] e nanotubi di carbonio. In tal modo aumentano i cicli di vita utile della batteria.

- Gli elettroliti solidi costituiti di PEO (Nanocomposite Polyethylene Oxide) presentano una maggiore conduttività elettrica.

In laboratorio si sono costruite batterie in grado di erogare energie specifiche superiori a 400 Wh[26]/Kg (700 Wh/l) e potenze specifiche superiori a 600 W/Kg (1000W/l). La commercializzazione dei prodotti migliorati con le tecniche illustrate è prevista in un prossimo futuro.

Una tendenza molto promettente, consiste nel distribuire su più punti, le fonti energetiche all'interno di un dispositivo complesso, piuttosto che centralizzarle, come si è fatto fin'ora. In tal modo si costruiranno microbatterie che verranno inserite all'interno dei dispositivi miniaturizzati. Ci si aspetta, inoltre, l'integrazione fra lo stadio di generazione e lo stadio di accumulazione energetica. Ne è un esempio un dispositivo integrato che generi energia fotovoltaica per poi immagazzinarla in una batteria ricaricabile.[3],[7],[8],[9]

La cella a combustibile è un dispositivo in grado di convertire l'energia chimica che scaturisce dalla reazione tra idrogeno ed ossigeno in energia elettrica ed acqua. La struttura elementare della cella è costituita da un elettrolita polimerico in contatto con due elettrodi porosi, uno carico positivamente, l'altro negativamente. Questi due elettrodi sono permeabili ai due gas di alimentazione (idrogeno ed ossigeno). Anche in questo caso l'impiego delle nanotecnologie migliora le prestazioni complessive del dispositivo. Ad esempio l'impiego dei nanotubi di carbonio SWNT ne migliora l'efficienza.
Le celle a combustibile sono molto studiate in quanto consentono di produrre l'energia elettrica in forma pulita. Non presentano, infatti, lo svantaggio dell'emissione di gas nocivi ed inquinanti per l'ambiente come gli ossidi di zolfo e di azoto che si producono durante l'impiego dei tradizionali combustibili fossili.

[25] Fullerene – terza forma allotropica del carbonio.

[26] Wh – Wattora è un'unità di misura dell'energia.

L'impiego delle nanotecnologie negli accumulatori porta benefici pressoché analoghi a quanto illustrato per le pile. Molto interessanti risultano pure progressi nel campo dei supercapacitori impiegabili nell'industria automobilistica dei veicoli a propulsione ibrida.

6. Microfluidica

La microfluidica studia il comportamento e la manipolazione di piccole quantità di fluidi con volumi che variano dal picolitro[27] al nanolitro. Essa impiega dei dispositivi molto spesso miniaturizzati in grado di svolgere tutte le operazioni richieste, quali il pompaggio, la miscelazione, il monitoraggio ed il controllo delle piccole quantità di fluidi necessari alle varie fasi dei processi che investiga.

[27] Picolitro – volume contenuto in un cubo di 10 micron di lato.

Nella Microfluidica si opera con fluidi che possono essere sia in fase liquida che gassosa e, in maniera sempre crescente, di natura organica. Quali esempi di fluidi organici si prenda il sangue, le sospensioni cellulari di batteri, le soluzioni di proteine ed anticorpi, ecc.. [10],[11],[12]

Vengono di seguito riassunte alcune delle maggiori applicazioni della microfluidica:

- realizzazione di dispositivi Lab on a Chip;
- misure dei coefficienti di diffusione molecolare;
- misure di viscosità dei fluidi;
- misure di flusso dei fluidi viscosi (ad esempio nei microdosatori di colla);
- misure di PH;
- rilevazione dei coefficienti nei legami chimici;
- rilevazione delle cinetiche nelle reazione enzimatiche;
- elettroforesi capillare;
- isoelectric focusing;
- immunoassays;

- citometria di flusso;
- iniezione di campioni di proteine per l'analisi tramite spettrometria di massa;
- iniettori miniaturizzati per stampanti;
- minipompe per dispensare profumi nell'aria;
- miscelatori per olio nei motori a combustione interna;
- circuiti microfluidici per le applicazioni spaziali;
- modellazione matematica degli ugelli per le stampanti a getto d'inchiostro;
- minirobot per l'ispezione delle tubature industriali;
- minipompe per le nebulizzazioni portatili in biomedicina;
- microsistemi di analisi chimica per il monitoraggio della presenza dei metalli pesanti nell'ambiente;
- analisi del DNA, la genetica e la proteomica;
- manipolazione cellulare;
- separazione cellulare;
- studio della formazione del gradiente chimico;
- studio di nuovi farmaci. [11], [13], [14]

I principali vantaggi di queste tecnologie sono riassumili in:

- miniaturizzazione ed estrema maneggevolezza dei dispositivi;
- risparmio sui costi ed il minimo uso dei reagenti nelle analisi;
- riduzione dei tempi necessari nelle analisi. [14]

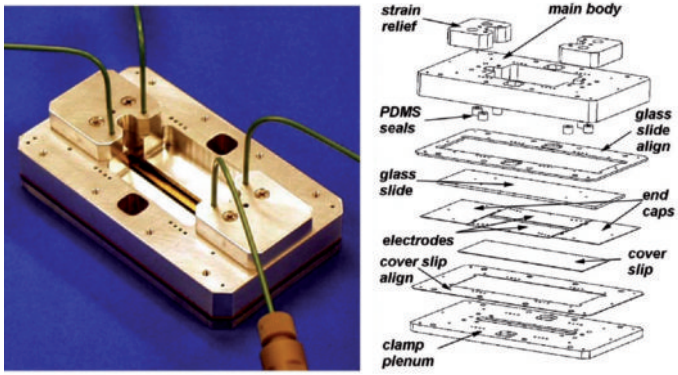


Figura 8: Dispositivo microfluidico. [13]

Il mercato della microfluidica negli ultimi 3 anni si è rivelato molto vivace, attestandosi ad una crescita annua di circa il 33%, e per il 2006 le stime prevedono una conferma dell'attuale trend di crescita.[2]

Come si nota da questo capitolo, le applicazioni della microfluidica spaziano in molti campi e nei prossimi anni si hanno previsioni molto incoraggianti per la loro rapida diffusione. Fra le molteplici applicazioni si è scelto di trattare (nel capitolo 7) i dispositivi Lab on a Chip, in quanto sono molto versatili e promettenti, al punto che probabilmente saranno da traino per lo sviluppo di una branca importante di questa disciplina.

7. Tecniche diagnostiche: Lab on a Chip

Prima di descrivere il dispositivo Lab on a Chip, si preferisce esporre brevemente una tecnica "classica" che consente il riconoscimento di precise sequenze di DNA poste in soluzione tramite le nanoparticelle d'oro. La comprensione di alcune fasi della tecnica classica permette di individuare la serie dei processi che nel Lab on a Chip sono svolti automaticamente e più rapidamente, anche se in modo diverso.
Le nanoparticelle d'oro vengono poste in soluzione e funzionalizzate tramite l'inserzione di una sequenza di DNA complementare a quella da individuare. E' da notare che restano ben separate le une dalle altre a causa della repulsione reciproca. In seguito, si inserisce nella soluzione il DNA incognito. Se le sequenze da riconoscere sono presenti nella soluzione allora le sequenze complementari si combinano con esse; diversamente non si combinano e restano isolate. Le combinazioni che si creano formano degli agglomerati dove sono presenti le nanoparticelle d'oro. In seguito si riscalda lentamente la soluzione fino a raggiungere circa 70°C. Se durante il riscalda-

mento si osserva un aumento dell'assorbanza della soluzione, allora è presente la sequenza di DNA cercata.
In alternativa, si può procedere tramite un'analisi qualitativa di semplici "spot test", condotti a differenti temperature. Il cambiamento di colore degli spot associati a temperature differenti indica la presenza della sequenza di DNA cercata.

Il metodo illustrato è relativamente semplice, poco costoso, non necessita dell'impiego di sofisticati macchinari e richiede soltanto la presenza di un tecnico specializzato nello svolgere le varie fasi dell'analisi. [3]

L'evoluzione tecnica ha permesso di realizzare chip microfluidici che permettono di effettuare il riconoscimento automatico di precise sequenze di DNA e svolgono una serie di funzioni aggiuntive programmabili dall'utente. Vengono comunemente chiamati "Lab on a Chip" in quanto consentono di effettuare analisi cliniche sul posto in modo semplice e del tutto automatizzato, senza doversi recare presso un centro di analisi diagnostica.
I dispositivi "Lab on a Chip" sono realizzati tramite tecniche di microlitografia comunemente impiegate nell'industria microelettronica. Su substrati di silicio o polimerici vengono create matrici[28] di microcanali alimentati da micro tubi che portano i fluidi provenienti da serbatoi esterni. I flussi vengono regolati tramite segnali elettrici inviati da microchip integrati nei dispositivi e programmabili dall'utente. L'analisi avviene in modo del tutto automatico. Dopo aver programmato il dispositivo, i fluidi giungono attraverso i microcanali in microaree dove avvengono le reazioni chimiche e dove sensori miniaturizzati rilevano le quantità o le specie chimiche in esame. I dati così raccolti vengono inviati all'unità centrale di calcolo dove sono rielaborati ed inviati al display per la visualizzazione.
I "Lab on a Chip" consentono di controllare le concentrazioni chimiche, i dosaggi , le densità dei fluidi e le reazioni biochimiche quali l'immobilizzazione, l'ibridazione, l'amplificazione, la separazione e la rivelazione di specie diverse. Le varie grandezze sono rilevate da appositi micro-nanosensori.

[28] Matrice – insieme di microcanali disposti in righe e colonne.

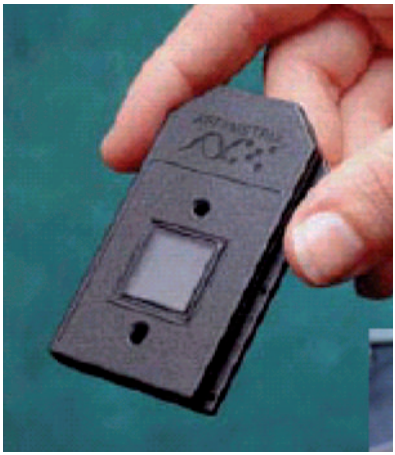


Figura 9: Esempio di Lab on Chip Affimetrix GeneChip®. Immagine cortesia di Affimetrix

I principali vantaggi offerti da questi dispositivi sono la possibilità di conoscere i geni attivi in un certo istante, dopo un certo stimolo e in uno specifico tipo di tessuto. Inoltre, riducono i tempi di risposta dei vari test, controllano la cinetica di ibridizzazione e consentono di effettuare test multipli in tempo reale su un unico campione. A medio termine (3-5 anni) permetteranno l'ulteriore sviluppo della biotecnologia intelligente con risvolti nei campi della chimica combinatoriale, della ricerca farmaceutica e, tramite la MSoC (Molecular System on a Chip), dell'automazione nei laboratori. A lungo termine (10 anni) sono previsti risultati significativi nei campi dell'elaborazione delle informazioni biomolecolari, della tecnologia del biocomputing (su nanoscala) e nelle nuove architetture di calcolo "altamente parallele dei computer biologici"[29]. Attualmente presentano lo svantaggio di essere commercializzati ad un prezzo ancora elevato.

[29] Evoluzioni tecnologiche che porteranno a sostituire o ad integrare i microprocessori ed altri circuiti elettronici, realizzati con il silicio, con sistemi biologici intelligenti.

8.
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[30]:

30 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.

Associazione	*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*
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 diagnostica clinica, per automotive*
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*
Ateneo	*Università degli Studi di Venezia Cà Foscari*
Argomento	*Materiali nanostrutturati su base vetrosa per applicazioni fotoniche e sensoristiche*
Ateneo	*Università degli Studi di Padova*
Argomento	*Tecnologia Genechip per comprendere le malattie*
	Inclusione di coloranti organici ed inorganici in nanocanali. Proprietà fotofisiche, prodotti paramagnetici di fotochimica
	Designo ed ottimizzazione di AWG (Arrayed Waveguides Gratings)
	Nanostrutture a base di ossido per sensori chimici innovativi
	Nuovi algoritmi statistici e nuovi strumenti computazionali per la gestione e l'analisi di dati di microarray
	Un microarray specifico per il cDNA dei tessuti: un nuovo strumento per detectare le malattie dei muscoli e del cuore nell'uomo
	Microsistemi innovativi basati sul silicio per analisi delle sequenze genetiche
	MicroCribi: microarrays service
	Materiali nanostrutturati per applicazioni optoelettroniche e sensoristiche
	TPU riempiti con nanotubi di carbonio per applicazioni di elevata conduttività elettrica

	Un approccio variazionale per la simulazione dei dispositivi a semiconduttore
	Nanosized Cancer Polymarker Biochip
	Incrementare le proprietà ottiche non lineari di fibre microstrutturate con innovativi nanomateriali dopanti
	Non linearità ottiche del secondo ordine in strutture dielettriche periodiche
	Sviluppo di una interfaccia neuro-semiconduttore con canali sodio ricombinanti
Ente	*CNR*
Argomento	*Sintesi, caratterizzazione e studi SAR di peptidi biologicamente attivi*
Consorzio	*Consorzio Interuniversitario Nazionale "La Chimica per l'Ambiente"*
Argomento	*Fullereni anfifilici per dispositivi opto elettronici*
Istituto	*Istituto CNR per l'Energetica e le Interfasi - IENI Padova (Italy)*
Argomento	*Elettrochimica di nanostrutture funzionali organizzate sulle superfici degli elettrodi*

9.
Veneto Nanotech S.c.p.A.

Il Veneto è la sede del Distretto tecnologico per le nanotecnologie in considerazione della presenza di forti competenze scientifiche e produttive, nonché di grandi potenziali applicativi. Il Veneto, infatti, vanta uno dei più elevati indici di imprenditorialità a livello nazionale ed un'alta concentrazione di imprese nei settori maggiormente interessati alle nanotecnologie, che sono risultati elementi fondamentali nella scelta della Regione quale sito ideale per lo sviluppo di questa realtà.

Il Distretto è stato promosso dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR); partecipano all'assetto societario numerosi enti pubblici ed aziende, fra cui le Università di Padova, Venezia (Cà Foscari e IUAV) e Verona, la Regione Veneto ed altre amministrazioni ed enti locali.

Nel 2003 è stata costituita Veneto Nanotech società consortile per azioni che ha l'obiettivo di coordinare le attività del Distretto, creare eccellenza a livello internazionale nell'ambito della ricerca, favorire l'applicazione delle nanotecnologie e lo sviluppo di nuove imprese nel settore di focalizzazione e diffondere una cultura "nanotecnologica".

Si pone, quindi, come interlocutore a livello istituzionale e come referente per gli istituti di ricerca e le aziende interessate ad innovare per creare prodotti ad elevato contenuto tecnologico.

La missione di Veneto Nanotech è di sovrintendere all'intera organizzazione e coordinamento del Distretto delle nanotecnologie, tramite:

- l'elaborazione delle linee strategiche di indirizzo per tutte le attività del Distretto;

- lo sviluppo delle capacità di previsione sulle principali linee evolutive della ricerca scientifica in ambito nanotecnologico;
- l'identificazione dei settori a più alto potenziale di sviluppo imprenditoriale nel settore delle nanotecnologie;
- la promozione ed il sostegno di programmi di progetto, di studio e di ricerca di interesse del comparto industriale del territorio;
- l'attivazione di iniziative di diffusione delle nanotecnologie e della formazione specifica in tale ambito scientifico.

Veneto Nanotech gestisce un budget iniziale di 58-60 milioni di Euro su un periodo di 5 anni e nel medio termine ha l'obiettivo di generare un circolo virtuoso di istituti di ricerca, aziende innovative ed investitori pubblici e privati che promuovono lo sviluppo di imprenditorialità nel settore delle nanotecnologie nel territorio.

Nell'ambito di Veneto Nanotech operano due istituzioni:

- **CIVEN** (Consorzio Interuniversitario Veneto per le Nanotecnologie) è un'associazione costituita tra le Università di Padova, Venezia e Verona, che opera nel campo della ricerca di base ed applicata e nel campo della formazione (organizza il Master in Nanotechnologies). Attualmente il CIVEN sta sviluppando alcuni progetti di ricerca a lungo termine che interessano ampi settori delle nanotecnologie.
- **NANOFAB**, Nanofabrication Facility, situata presso il Parco Scientifico Tecnologico di Marghera (Venezia). I laboratori sono attrezzati con avanzatissimi macchinari per la ricerca applicata e il trasferimento di prodotto e di processo. Nanofab è uno dei primi laboratori europei progettato per promuovere il trasferimento tecnologico e favorire l'introduzione delle nanotecnologie nella produzione industriale.

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 da investire per la creazione di start up che sviluppino l'idea imprenditoriale vincente. E' la prima competizione europea dedicata alla nanotecnologia ed è aperta a partecipanti di tutto il mondo.

A Veneto Nanotech è stato assegnato, inoltre, il compito di identificare le tematiche di ricerca, raccogliendo le esigenze di innovazione delle aziende locali. In tal modo, Veneto Nanotech è il principale collegamento fra il Ministero dell'Università e della Ricerca 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 incrementare progetti di sviluppo nel tessuto socioeconomico 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 del Veneto e da Veneto Nanotech.

10. 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] "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
[3] "Nanoscience and nanotechnology" lectures Prof. D.A.Buttry, University of Wyoming USA, 2005
[4] "Il futuro della legge di Moore", R.Saracco (Future Centre, TLAB), Apogeo
[5] "Nanotecnologie e ICT: potenzialità a prospettive" E. di Zitti, D. Ricci, D. D. Caviglia, Mondo digitale" n°3, settembre 2004
[6] "MEMS Market Project" E.Benetti, Focal Point Microsystems, 2004
[7] "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
[8] "Portable power: advanced rechargeable lithium batteries" Donald Sadoway dsadoway@mit.edu - Anne Mayes amayes@mit.edu, "Developments in polymer electrolytes for lithium batteries" Peter Eright p.v.wright@sheffield.ac.uk "MRS Bulletin", August 2002, Volume 27, No. 8, Materials Research Society
[9] "Springer handbook of Nanotechnology", Bharat Bhushan (Ed.), 2004
[10] www.micronit.com
[11] www.pont-tech.it
[12] www.padova.infm.it
[13] http://faculty.washington.edu
[14] http://microfluidics.stanford.edu

[15] "Switching on the sun", NREL/JA-810-31967, July 2002
[16] http://www.memx.com
[17] www.demauroparavia.it
[18] http://it.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 maggio 2007



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