

## Nanomaterials for Li-ion batteries

Nel corso dell'esercizio sono stati sviluppati nanocristalli destinati come materiali per anodi o catodi in batterie al Litio. Prima di procedere tuttavia è stato speso uno sforzo considerevole per costruire un'unità di verifica delle batterie in litio, equipaggiata della strumentazione per le misurazioni e del *glove box* dedicato per la fabbricazione di batterie. È stato, infine, eseguito un lavoro generale di efficacia dei nanocristalli con analisi di possibili sfruttamenti industriali. La ricerca ha dato ottime risposte.

## Nanocrystals for biomedical applications

L'applicazione di nanocristalli in ambito biomedico si rivela molto ricca e sono stati condotti numerosi esperimenti, volti sia a definire le procedure di fabbricazione dei nanocristalli, sia a verificarne la loro efficacia come vettori per il rilascio di farmaci. Il campo di indagine ha incluso: nanocristalli in ferro come mediatori di calore in ipertermia; *iron oxyde nanoparticles* e il loro profilo di temperatura quando esposto a un campo magnetico alternato; sintesi di raggruppamenti colloidali di nanocristalli superparamagnetici e loro caratterizzazione; procedura per la crescita di uno strato polimerico termo-reattiva, sulla superficie di un *nanobead*, per intrappolarvi la molecola di un farmaco.

## 4.2.8 NAST



La facility di Nanostructures ha adottato questa denominazione, per porre l'accento sugli obiettivi scientifici: la progettazione e la realizzazione di nano-dispositivi e il loro utilizzo per affrontare e risolvere problemi, sia di natura fondamentale che applicata, presenti nel mondo contemporaneo della scienza dei materiali, della biologia e della nano medicina.

La facility ha sviluppato nel corso del tempo 4 temi principali:

## Delivery Energy at nano scale

In questa area si affrontano i problemi fondamentali che insorgono quando una sorgente energetica di dimensioni macroscopiche, come un laser o un più generico campo elettromagnetico, deve interagire in modo efficiente, per uno scambio energetico, con materiale presente in scala nanometrica o con nanostrutture. È questo un problema che ricorre in altri settori come la nanolitografia, la nanospettroscopia, la progettazione di sistemi fotovoltaici efficienti il trasferimento di energia di origine ottica in biologia, e nuovi concetti di nanolitografia etc.

La facility ha individuato nei plasmoni, (l'equivalente per il plasma dei fotoni per la luce: quasi-particelle risultanti dal processo di quantizzazione delle vibrazioni energetiche del plasma) ed è in corso di ottimizzare la progettazione e la realizzazione di nano strutture che generano SPP (Surface Plasmon Polaritons). Le nano strutture saranno il mezzo artificiale per trasferire l'energia su nano scale, secondo le necessità specifiche dettate dal problema. I Plasmoni sono il tratto di congiunzione tra tutte le attività della facility.

Lo sviluppo di strumenti innovativi per il potenziamento della nano spettroscopia rappresenta un passo importante ed è trattato di conseguenza come un problema di trasferimento energetico su scala nanometrica. SERS (Surface Enhanced Raman Spettroscopia - Spettroscopia Raman amplificata da superfici) basato su sorgente laser continua, o CARS (Coherent Anti Stokes Raman Scattering - Spettroscopia Raman derivata da segnali coerenti Anti Stokes) basati su sorgenti ultra veloci sono normalmente mediate da nano strutture in modo da ottenere una risoluzione chimica e spaziale su scala nanometrica nell'arco di una sola attività di rilevamento.

## Novel devices for single molecule detection

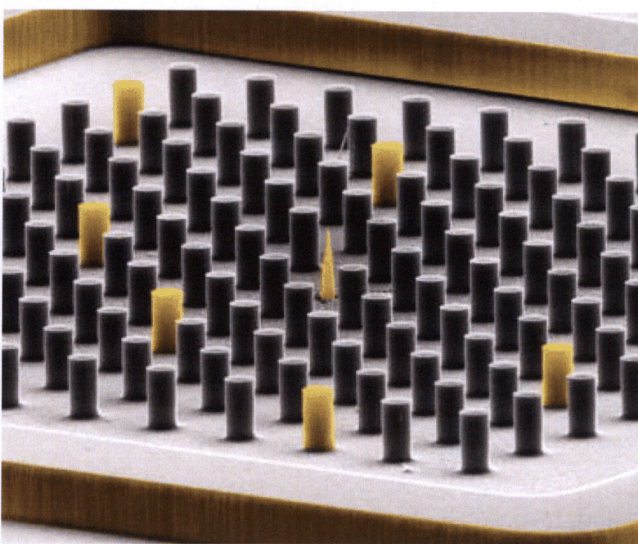
Nel corso dell'esercizio sono stati compiuti degli interessanti risultati nel rilevamento senza interazione di poche o singole molecole presenti in soluzioni molto diluite. Questo tipo di ricerca è direttamente collegato con gli studi sull'insorgere di patologie, dove la definizione e la rilevazione di indicatori iniziali rappresenta spesso la chiave per effettuare delle cure.

La diretta caratterizzazione per la rilevazione di molecole biologiche come le proteine, acidi nucleici o agenti patogeni è di reale importanza in quanto elimina l'uso di molecole intermedie. Questo è possibile mediante l'uso di spettroscopie vibrazionali, come l'indagine tramite assorbimento di frequenze nell'infrarosso (IR absorption) o l'analisi della diffusione Raman (Raman scattering), che sono degli strumenti per la

## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

caratterizzazione senza marcatura delle specie biologiche sotto indagine in quanto i modi vibrazionali sono di fatto l'impronta fedele dell'intera molecola (ossia i legami chimici, la conformazione, la struttura tri dimensionale) e la sua interazione locale con altre molecole. Purtroppo le sezioni d'urto da IR absorption e Raman scattering (che esprime la probabilità di interazione tra particelle) quando impiegate su molecole presenti in una soluzione molto diluita, sono molto basse e di conseguenza, il segnale risultante si confonde con il rumore di fondo. Per aggirare questo problema è stato sviluppato un dispositivo per potenziare i segnali in corrispondenza di una nanostruttura metallica con proprietà specifiche, tali per cui è possibile



controllare parametri fisici e proprietà ottiche di plasmoni e spaziare su diversi ordini di grandezza. Questo dispositivo ha permesso l'osservazione di singole molecole anche presenti in concentrazioni molto basse.

#### Novel methods and devices for opto genetics studies

Questa attività è nata nel 2011 e sfrutta gli sviluppi realizzati da nuovi strumenti fotonici accoppiati a dispositivi per l'elettrofisiologia per costruire una nuova generazione di dispositivi molecolari di ispirazione biologica. Questo strumento fotonico sfrutta la tecnologia dei plasmoni polaritoni, che permette di convogliare una traccia di luce su un'area con un diametro pari a 10 nm. La difficoltà tecnica consiste essenzialmente nel riuscire a costruire uno strumento plasmonico-fotonico che spicchi dall'ambiente circostante in maniera estremamente localizzata e su cui poche molecole sono direttamente sottoposte al fascio luminoso attraverso la nano struttura. Un altro aspetto importante è l'intensità della luce che deve essere convogliata sulla molecola; saranno sviluppate anche molecole sensibili alla luce da attivare in modo selettivo mediante questi strumenti fotonici. Queste nuove innovazioni tecnologiche daranno uno strumento per controllare l'attivazione di singole molecole sensibili alla luce e permetteranno di approfondire lo sviluppo di calcolatori molecolari in ambiente biologico con una risoluzione senza precedenti.

#### Metal-Semiconductor Hybrid Nanosystems

Nel corso dell'esercizio sono stati predisposti l'insieme di competenze e capacità che hanno aperto questo nuovo settore di indagine. Le strutture metalliche di dimensioni nanometriche infatti sono buone conduttrici e possono interagire fortemente con la luce nelle frequenze del visibile e dell'infrarosso, grazie alla presenza degli elettroni liberi che possono effettuare delle oscillazioni di tipo plasmonico; d'altro canto, le dimensioni della banda proibita nei cristalli semiconduttori, da cui dipendono le loro proprietà ottiche e elettriche, sono fortemente dipendenti dalle dimensioni, forma e composizione.

L'obiettivo è quindi di investigare sistemi optoelettronici articolati, combinando delle proprietà di entrambi i mondi, ed aprire la strada per la progettazione di nuovi componenti da impiegare nella foto-detezione, la comunicazione ottica, il fotovoltaico e l'elettronica.

## 4.2.9 NAPH



Il dipartimento di Nanophysics ha avuto nel 2012 il suo consolidamento completo, dopo aver dedicato i primi anni alla ricerca e attività di supporto per la progettazione, la caratterizzazione e l'applicazione di materiali nano-composti e la progettazione e costruzione di strumentazione tecnologicamente avanzata per le attività di visualizzazione, la microscopia e la spettroscopia.

Il gruppo è stato notevolmente ampliato con l'ingresso stabile nel corso dell'esercizio del gruppo sui *smart materials* che è stato progressivamente assorbito nel dipartimento a partire da settembre.

La struttura ha goduto di alcuni rinnovamenti della dotazione strumentale. Nel corso dell'esercizio è stato inoltre portato avanti il ritiro del Centro a Sestri Levante, un evento che ha rafforzato la conoscenza interna e l'affinamento di esperienze di alta formazione.

L'approccio all'attività di ricerca è spontaneamente multidisciplinare, un aspetto facilitato dall'ambiente dell'intero IIT, inclusi i Centri ed è caratterizzato dall'ambizione di produrre risultati allo stato dell'arte di livello internazionale. L'obiettivo principale è sviluppare approcci innovativi ad alto contenuto tecnologico per la diagnostica, eventualmente da trasferire al mercato: materiali multifunzionali innovativi, inclusi attuatori, sensori, strumenti per lo stoccaggio e il trasporto di energia, strumenti per l'individuazione di nanotossicologia, e salvaguardia dell'ambiente, strumenti impiantabili di ambito neuro-tecnologico, nanotrasportatori e strutture per il rilascio intelligente di farmaco (reso operativo sia con segnale che passivamente), (bio-)sonde intelligenti, rilevatori di malattie ad uno stadio precoce del loro sviluppo, nano-strumenti terapeutici, strumenti per la domotica e per l'industria alimentare.

Di seguito un resoconto delle attività scientifiche nelle due aree di indagine:

Materiali nanocompositi: dalla sintesi di singole nanoparticelle fino allo sviluppo di strutture bidimensionali (film) e tridimensionale (strutture)

La ricerca effettuata nel 2012 ha sostanzialmente portato avanti e sviluppato quanto impostato nel 2011, interamente proiettato a coprire lo spettro di attività dalla produzione di nanoparticelle fino allo sviluppo di materiali nanocomposti con proprietà di superficie e strutturali definite. L'obiettivo è stato rivolto alla realizzazione di applicazioni in ambito biologico, usando le nano-particelle alla stregua di sonde diagnostiche e agenti terapeutici, o favorendo la crescita di cellule su apposite superficie nano-sagomate aggiungendo funzioni di tipo energetico o di trasporto, sviluppando materiali ultra leggeri con proprietà elettriche, magnetiche, meccaniche e termiche. Sono stati utilizzati tutti i tipi di *nanofiller* (i.e. nano-particelle, nano-segmenti, nanofili, molecole funzionali, monomeri e oligomeri) in matrici polimeriche o come elementi addizionali in materiali nanostrutturati, a membrana, e non-tessuti. In questo modo è stato possibile creare nuovi sistemi ibridi dotati di nuove proprietà meccaniche, elettromagnetiche e di superficie. Uno sforzo sostanziale è stato inoltre speso per realizzare una dispersione omogenea di quei oggetti e nella caratterizzazione dei materiali realizzati, per utilizzarli in diversi settori (industria aerospaziale, materiali per l'ortodonzia, superfici sensibili e legamenti polimerici per la robotica, micro fabbricazione laser in 2D e 3D, conformazione superficiale e strutturazione di impalcature per sistemi di indagine, protesica e strumentazione di tipo *lab-on-a-chip*).

I lavori, con relativi successi, hanno interessato integralmente le seguenti attività:

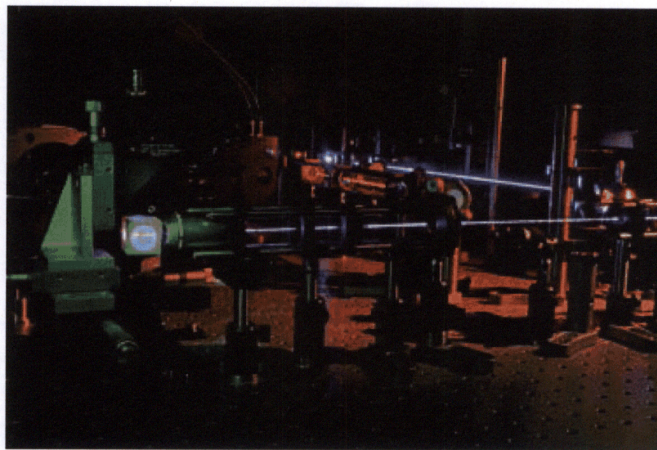
- Formazione localizzata di nanoparticelle in matrici polimeriche
- Fabbricazione e funzionalizzazione di materiale fibroso
- Fabbricazione di materiale polimerico con proprietà funzionali di superficie
- Fabbricazione di materiale polimerico naturale
- Formazione di nanocomposti magnetici polimerici
- Fabbricazione o modificazione delle proprietà di schiume polimeriche nanocomposte

## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

Strumenti e dispositivi tecnologicamente avanzati: l'indagine su scala nanometrica, con osservazioni di tessuti e organi fino alle singole molecole

Proseguendo l'impostazione derivata dai precedenti esercizi, le attività di sviluppo e progettazione di strumentazione per la realizzazione, gestione e sfruttamento d'immagini a scopo investigativo (*imaging*) ad elevata risoluzione, stanno diventando tra le migliori al mondo; le attività coprono il campo UHV, STM e SPM e nei microscopi a risoluzione spinta di nuova generazione. Parte di queste attività sono state realizzabili grazie agli accordi con aziende *leader* nel settore dell'ottica e della microscopia con sonda a scansione. L'*imaging* funzionale e strutturale portato alla scala nanometrica,



in condizioni ambientali, può migliorare in modo significativo il livello di comprensione dei processi fisici e biologici a livello delle nanoparticelle, per esempio, per carpire gli stadi iniziali dell'Alzheimer o di un tumore ai polmoni. La comprensione dei meccanismi molecolari inoltre è essenziale per un rilievo iniziale delle malattie, per migliorare l'efficacia di farmaci curativi, e per valutare il reale impatto che nano particelle e nano materiali possono avere sulla salute e sull'ambiente. Nei processi industriali, infine, la possibilità di poter rilevare imprecisioni e difetti con una risoluzione vicina al nanometro si è rivelata critica per garantire un robusto controllo di qualità, specialmente nella produzione di dispositivi per l'industria fotovoltaica, per i tessuti anti-microbici e per il rivestimento funzionale di impianti medici.

La microscopia ottica a risoluzione avanzata è stata sviluppata per migliorare, in accoppiata con la microscopia a forza atomica, l'*imaging* tridimensionale di campioni biologici a composizione tridimensionale complessa e molto diffusivi. Questa sperimentazione è effettuata con l'obiettivo ambizioso di rendere questa applicazione direttamente implementabile sul corpo umano, con una capacità di risoluzione assimilabile a quella ottenuta da un microscopio elettronico e a un decimo dei costi attuali. Questa indagine ha permesso, per esempio, di osservare le proprietà *in vivo* di correlazione meccanico/funzionali durante le interconnessioni tra cellule neuronali su superfici nano-strutturate. Nei laboratori di NAPH è stata realizzata una versione migliorata del microscopio a super risoluzione denominato IML-SPIM (*Individual Molecule Localization - Selective Plane Illumination Microscopy*) aprendo la via a attività su campioni estesi (> 100 micron). Nell'ambito dei metodi di nanoscopia collegati con la tecnologia di visualizzazione STED (*Stimulated emission depletion*) è stato di conseguenza realizzato un innovativo approccio alla realizzazione di immagini mediante eccitazione a due fotoni, denominata SW 2PE-STED (*Single Wavelength two-photon excitation STED*), mirata alla diagnosi *in vivo* ad alta risoluzione; una variante al tradizionale STED è stato inoltre applicato alla litografia su scala nanometrica.



## 4.2.10 PAVIS



Il 2012 è stato il terzo anno di attività per il dipartimento di Pattern Analysis and Computer Vision (PAVIS) che, dal momento della sua costituzione, opera nel settore dell'*image processing* (elaborazione di immagini), *computer vision* (visione artificiale), *machine learning* (tecniche d'apprendimento per macchine) e *pattern recognition* (riconoscimento di ricorrenze in immagini e dati in generale).

Nel corso dell'esercizio è stata data una particolare cura nel consolidare il gruppo di ricerca, selezionando accuratamente i ricercatori in ingresso specialmente per l'area dedicata al mondo biomedico e in special modo per la preparazione di progetti di ricerca. Questo è andato di pari passo con il consueto sforzo dedicato alla ricerca in tutte le aree di pertinenza sopra indicate.

Da un punto di vista delle risorse umane infatti, l'area biomedica è stata rafforzata nel 2012 con l'ingresso di un Team Leader, 2 Postdoc e un PhD. Insieme alle altre posizioni confermate e in ingresso, PAVIS ha ora un organico ottimale di circa 30 risorse alle quale saranno aggiunte altri eventuali ricercatori in caso di acquisizione di fondi esterni.

L'attività essenzialmente consiste nell'analisi di dati multidimensionale (per lo più l'integrazione di dati provenienti da sorgenti video, audio e di altro tipo) sfruttando tecniche statistiche e probabilistiche avanzate, con applicazioni nei settori della sorveglianza e sicurezza e nell'ambito biomedicale e bioinformatico. Le caratteristiche di generalità, flessibilità ed efficacia dei metodi utilizzati rende infine PAVIS aperto a collaborazioni con gli altri dipartimenti.

Nel corso del 2012 è stato inoltre portato avanti il lavoro iniziato nel 2011 e dedicato alla elaborazione e sottomissione di progetti di ricerca. PAVIS è riuscito in quest'opera a aggiudicarsi il progetto RENVISION, un FET Proactive Project (Future and Emerging Technologies, finanziato dalla comunità europea), che coordina e collabora con NBT e NAPH.

Sono inoltre iniziate le attività di trasferimento tecnologico grazie a primi contatti con aziende interessate a poter acquisire gli algoritmi di sorveglianza e l'analisi dei comportamenti di folla attraverso il monitoraggio di immagini. È stato infine completato il lavoro di progettazione di un dispositivo destinato ad applicazioni per il mondo della sorveglianza e basato sull'impiego di una matrice bidimensionale di microfoni.

Relativamente alle collaborazioni attive con gli altri dipartimenti, nel 2012 sono state portate avanti le seguenti attività:

- MEA imaging (analisi e elaborazioni di immagini ricavate da Multi Electrode Array) da complessi neuronali, con NBT
- Analisi di comportamento animale, con NBT
- Analisi di immagini da MRI (Magnetic resonance imaging - imaging a risonanza magnetica), con CNI
- Raggruppamenti di strutture molecolari nelle proteine - con D3
- Attività di elaborazione di immagini con risoluzione spinta e ricostruzione tridimensionale - insieme a NAPH.

L'equipaggiamento a disposizione è stato arricchito:

- di un *eye tracker* (strumento che rivela il punto di osservazione dell'occhio e i suoi movimenti) che può essere usato in ambiente aperto permettendo la realizzazione di esperimenti che pochi altri gruppi al mondo sono in grado di effettuare;
- di un server di tipo CUDA per l'analisi intensiva dei dati;
- apparecchiature composte da FPGA e microprocessori per applicazioni efficaci in tempo reale da impiegare in settore della sicurezza;

In ottobre è stata organizzata la terza Scuola in Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing aperta ai PhD, con la presenza di docenti da altre istituzioni.



3-85 Relazione sulla gestione

88-91 Schema di Bilancio

94-135 Nota Integrativa

135 Allegati

## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

#### 4.2.11 CSHR - Torino



Il Center for Space Human Robotics (CSHR) nasce con la vocazione di studiare, progettare e realizzare la nuova generazione dei materiali, processi e componenti per la robotica per missioni spaziali. La robotica spaziale nasce per supportare l'uomo nelle sue azioni, come gli spostamenti, le manipolazioni e l'interazione/monitoraggio ambientale. Un aspetto fondamentale risiede nella capacità di poter comunicare in modo interattivo con gli strumenti di supporto. Sviluppare queste funzioni elementari viene assolto con l'impiego di un ampio sistema di tecnologie e di componenti strutturali e funzionali diversi, tra cui sensori e attuatori, dispositivi MEMS/NEMS (Micro/Nano Electronic Mechanical Systems - insieme di dispositivi di varia natura integrati in forma altamente miniaturizzata su un substrato generalmente di silicio o polimerico che permette di coniugare proprietà elettriche, elettroniche e optomeccaniche) e sistemi di erogazione di energia compatti e flessibili, tutti creati a partire da nuovi materiali. L'impiego per le missioni spaziali pone dei vincoli stretti all'individuazione delle soluzioni, ma grande attenzione verrà posta in soluzioni che possono essere utilizzate anche in ambito terrestre e in altre applicazioni industriali.

Nel corso dell'esercizio appena concluso un grande sforzo è stato dedicato alla progettazione e ottimizzazione di materiali, tecnologie e componentistica elettronica per realizzare un sistema complesso, intelligente e integrato comprendente:

- una sorgente di energia di natura biologica (una cella di energia microbica capace di funzionare usando acqua di scarto come sorgente di energia)
- un sensore di pressione flessibile nanostrutturato basato su proprietà piezoresistive;
- una sorgente di impulsi radio per la trasmissione di informazioni sul monitoraggio della cella di energia;

In secondo luogo è stato dedicato un impegno particolare alla progettazione, simulazione e analisi di funzionamento e la realizzazione, in leghe di alluminio, dell'esoscheletro di un dito nonché il suo controllo.

Attenzione, infine, è stata dedicata nel miglioramento delle prestazioni delle celle DSC (*dye-sensitized solar cell* o *Celle di Grätzel*) e batterie basate su Litio in vista della realizzazione di dispositivi flessibili che necessiteranno di fonti di energia innovative.

#### Piattaforma Robotics

Nel 2012 sono state portate avanti, in modo sinergico, diverse attività, tutte finalizzate alla realizzazione di un esoscheletro di dito:

- Studio e ottimizzazione di giunti, di trasmissione, di geometria e controllo dell'esoscheletro;
- Sviluppo e caratterizzazione di nuove leghe metalliche strutturali mediante la fabbricazione per aggiunta;
- Sviluppo di component per il controllo dell'esoscheletro mediante parametri fisiologici di superficie (e.g. segnale elettromiografico);
- Sviluppo e caratterizzazione di nuovi materiali polimerici multifunzionali;
- Caratterizzazione di un guanto per missioni spaziali in diverse configurazioni e condizioni di pressione.

Un approccio iniziale ha preso in considerazione la simulazione e modellizzazione dell'esoscheletro di un singolo dito, usando approccio cinematico o dinamico e il suo progetto funzionale e meccanico. La tecnologia scelta



per la costruzione è stata la sinterizzazione diretta di metallo guidata da laser e con questa sono stati costruiti, con una lega d'alluminio, diversi tipi di esoscheletri insieme ai giunti in un unico processo di fabbricazione. Come strategia di controllo è stato implementato un dispositivo per la caratterizzazione dell'elettromiografia superficiale, sia adeguando gli elettrodi commerciali a disposizione sul mercato che progettando elettrodi appositi in grado di adattarsi a diverse superfici del corpo umano. È stata inoltre avviata un'attività esplorativa riguardante la possibilità di realizzare muscoli artificiali, principalmente attraverso l'impiego di polimeri elettroattivi per utilizzarli quali attuatori dell'esoscheletro.

È stato infine testato e valutato il guanto EVA (Extra Vehicular Activities - Attività extra veicolari di missioni spaziali) in diverse condizioni di pressione.

#### Piattaforma Smart materials

L'insieme di attività è stata focalizzata allo studio, l'ottimizzazione e la preparazione di *smart materials* e di dispositivi per ricavare sensori distribuiti con la finalità di supportare o replicare attività di tipo tattile. Lo sviluppo di strumenti richiede la comprensione di materiali funzionali e nanostrutturati, nonché la loro realizzazione mediante tecnologie di micro fabbricazione; la progettazione e la fabbricazione di elettrodi, dell'elettronica e della circuitazione integrata e il loro assemblaggio.

Nel corso del 2012 la ricerca riguardante questa piattaforma è stata focalizzata sui materiali ibridi dotati di proprietà piezoelettriche e piezoresistive. I materiali piezoelettrici sono stati approfonditi relativamente a:

- Sistemi ibridi organici-inorganici, in cui particelle di ceramica sono disperse in matrici polimeriche con (o senza) proprietà piezoelettriche; questi materiali composti sono stati sviluppati per studiare gli effetti dei componenti sulle proprietà finali dei composti e di conseguenza per progettare la migliore composizione ibrida per applicazioni sensoristiche;
- Nanofili, preparati con metodo di predisposizione di stampo, che usa membrane porose. I nanofili piezoelettrici sono stati preparati con lo scopo di individuare correlazioni tra le metodologie di preparazione e le loro proprietà finali;
- Pellicole sottili, depositate mediante *RF magnetron sputtering* (tecnica di polverizzazione catodica su superfici rigide). Le proprietà di ordine morfologico, composizionale, elettrico e piezoelettrico delle pellicole ottenute, sono state studiate per individuare la configurazione ideale da deporre su substrati flessibili.

Nel caso dei materiali piezoresistivi, sono state sintetizzate delle innovative nano particelle conduttive per migliorare le prestazioni dei materiali QTC (*quantum tunneling composites* materiali composti che sfruttano l'effetto tunnel quantistico per mostrare diverse proprietà se sottoposti a pressione). In aggiunta, sono stati preparate pellicole sottili autoconsistenti e fatte di materiale piezoresistivo, mediante tecniche differenti, in vista di un loro utilizzo su un dispositivo MEMS per sensorizzazione tattile.

#### Piattaforma Energy

Nel corso del 2012, le attività che hanno interessato la piattaforma di energia sono state impostate come continuazione di quanto già realizzato nel 2011, ottimizzando le prestazioni dei dispositivi già sviluppati e indirizzando la realizzazione di sistemi capaci di essere integrati in complessi più articolati. Partendo dal presupposto che nei sistemi complessi quali i robot o i mezzi di trasporto, la capacità di controllare l'interazione con l'ambiente è essenziale, un vasto insieme di attuatori e sensori deve essere aggiunto alle funzionalità base per poter soddisfare a questi requisiti; aggiungendo un costo energetico non indifferente al mantenimento delle funzionalità base. Un possibile approccio per risolvere l'impasse consiste nel separare le sorgenti energetiche, dedicando un sistema distribuito intelligente per sopperire alle necessità dei sensori e degli attuatori. Questo approccio permette di preservare l'autonomia energetica del sistema.

Un sistema *smart* per l'erogazione è in grado di fornire il fabbisogno energetico necessario al funzionamento del complesso di sensori e attuatori e di provvedere trasmissione dati a distanza.

Nel 2011 la ricerca è stata concentrata sull'ottimizzazione degli elettrodi nanostrutturati per regolare le proprietà migliori dei materiali e valutare l'estensione a grande scala, con costi, delle tecniche di sintesi; nel 2012 la ricerca è stata portata su elettroliti basati su polimeri e su membrane ibride. In collaborazione con il



## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

Politecnico di Torino, le membrane polimeriche di gel basato su acrilico e metacrilico sono state testate come elettroliti su *Dye Sensitized Solar Cells* e batterie al Litio. Nel corso dell'esercizio è stato anche ottimizzato il processo di produzione d'idrogeno mediante separazione dei componenti dell'acqua: è stata raffinata la scelta dei materiali catalitici usati nei reattori elettrochimici, è stata rivista la tecnologia usata e il dispositivo usato è stato di conseguenza ulteriormente caratterizzato.

In ultima istanza nuovi materiali da usare quali elettrodi e una progettazione ottimizzata dalle celle sono stati testati nelle pile a combustibile microbiologiche, avvicinando la realizzazione su scala laboratoriale delle celle miniaturizzate.

#### 4.2.12 CNST - Milano



Il Centre for NanoScience and Technology (CNST) è stato aperto in collaborazione con il Politecnico di Milano, con una missione rivolta all'innovazione, intesa come conversione di nuovi traguardi scientifici in applicazioni. Nell'ambito della scienza dei materiali, CNST intende essere completo nell'arco del ciclo produttivo, dal concepimento di materiali innovativi al loro impiego su dispositivi, mediante caratterizzazione onnicomprensiva delle proprietà e dei processi coinvolti. I settori di competenza includono la chimica dei materiali, l'elettronica molecolare e dei circuiti stampati, la fabbricazione di nanotecnologie e la loro caratterizzazione teorica, ottica, foto-fisica e morfologica.

Nel corso della sua esistenza, il CNST ha sviluppato diversi progetti di ricerca, con impatto sulle piattaforme "Energy" e "Smart materials" del piano scientifico della Fondazione. Di seguito si riporta una breve descrizione con una sintesi dell'attività scientifica portata avanti nel corso del precedente esercizio, progetto per progetto.

##### Retina artificiale

Questo è un progetto di ricerca interdisciplinare a cui collaborano neuroscienziati (NBT) retinologi (collaborazione esterna) ed esperti di chirurgia plastica (collaborazione esterna). Il suo finanziamento è soggetto a una richiesta di fondi fatta per un Synergy grant (borsa synergy) dell'European Research Council e gli ultimi risultati sono stati oggetto di un articolo di imminente pubblicazione su *Nature Photonics*. Nel 2012 è stata condotta la sperimentazione che ha rilevato la sensibilità alla luce *in vivo* da parte di ratti ciechi. L'unità CNST ha perseguito la caratterizzazione



dell'interfaccia solido-liquido tra un semiconduttore organico e un elettrolito come modello dell'interfaccia opto-neuronale nella retina artificiale protesica; la preparazione, la caratterizzazione e l'ottimizzazione di substrati idonei per la realizzazione degli impianti *in vivo* della protesi di retina artificiale. Per condurre la cultura cellulare e effettuare lo studio delle stimolazioni cellulari da parte di eventi di foto-eccitazioni mediante polimeri è stato pianificato un nuovo laboratorio dentro il CNST e a questo fine sono già effettuati gli ordini, e la riorganizzazione del lavoro per l'allocazione degli spazi.

##### Fotofisica

Materiali organici e interfacce mediante tecniche di indagine ottiche. Lo scopo è migliorare le conoscenze dei processi fondamentali che avvengono per effetto di fotoeccitazione e la loro applicazione alla produzione di energia. I materiali presi in esame sono semiconduttori organici, nanocristalli, interfacce colorante/ossido e nanotubi in carbonio.



Fotoproduzione di idrogeno

Un metodo di elettrolisi, o separazione dell'acqua nei suoi composti (*water splitting* - WS) è stata proposta in celle elettrochimiche con elettrodo attivo organico. Questa attività è sul nascere ed è stato effettuato il lavoro per ottenere un finanziamento dalla comunità Europea (avvenuto con il nuovo esercizio). Il progetto riguarda la realizzazione di ossidi nanostrutturati inorganici resi attivi da molecole organiche come elettrodi in celle per WS.

Bio-materiali

L'indagine delle interazioni che agenti inquinanti atmosferici potrebbero avere con le caderine E, una proteina, che media l'adesione cellulare attraverso membrane ed è responsabile dell'integrità del tessuto epiteliale, è effettuata mediante cristallografia a raggi X. Gli studi effettuati hanno permesso di isolare la struttura cristallografica di un filamento peptidico nel sito della caderina E.

Deposizione mediante Laser a impulsi (Pulsed Laser Deposition-PLD)

Realizzazione d'impalcature nanostrutturate e elettrodi per effettuare WS guidata da luce. L'innovativo foto-anodo, reso reattivo con punti quantici calcogenidi, è in grado di aggiungere tassi di conversione a 0V fino al 5% in confronto all'NHE. L'anodo inoltre è stato impiegato con successo DSSC. È stato inoltre ottenuta la fabbricazione di superfici super-idrofobiche di biossido di titanio funzionalizzate con acido carbossilico perfluorinato. In una nuova applicazione la tecnica PLD è stata usata per crescere cristalli fotonici poroso ad elevata efficienza.

Tecniche di stampaggio di circuiti elettronici

Queste attività includono un vasto spettro di attività tra cui la creazione di transistor stampati direttamente; gli "OFET" (organic field-effect transistor, transistor a effetto di campo che usa un semiconduttore organico nei canali di conduzione);

#### 4.2.13 CGS - Milano



Il Center for Genomic Science (CGS) è nato coniugando l'anima tecnologica dell'IIT con la vocazione per le *Life Sciences* del campus IFOM-IEO, presso cui sono ospitate le strutture del centro. La porzione *Genomic* del nome del Centro pone l'enfasi sull'impiego delle tecnologie genomiche.

Il centro ha iniziato nel 2011 una corposa attività di allestimento delle proprie strutture; nel corso del 2012 questa attività è stata completata e ha permesso una gestione organica delle attività di ricerca. L'attuale configurazione è il frutto della continuazione di linee di ricerca già avviate nei precedenti esercizi o durante il 2012. Di seguito si riassumono i diversi settori, elencandoli per responsabile di ricerca:

Mattia Pelizzola (iniziato 2011) MP è un ricercatore computazionale e mantiene un team dedicato che collabora con gli scienziati sperimentali per le attività di analisi di dati di DNA sequenziati e persegue lo sviluppo di pipelines computazionali innovativi:

- Sviluppo di pipeline computazionale per l'analisi di DNA-methylation data
- Analisi integrativa di DNA-methylation e caratteristiche di Cromatine in un modello di tumore animale
- Sviluppo di software per impostare e gestire sessioni di esplorazione di genoma derivati profili genetici ottenuti dai sequenziamenti sperimentali;
- Analisi integrativa delle risposte epigenetiche e trascrizionali conseguenti all'attivazione di Myc
- Progettazione di una banca dati e gestione delle pipeline integrate per analisi automatica di sequenziamenti di informazioni genetiche.



## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

- Implementazione di un metodo computazionale basato sulla metodologia 4sU-RNAseq per misurare la velocità di trascrizione di gene, di degradazione di RNA e di maturazione di pre-mRNA

Laura Riva (iniziato nel 2012) LR è una ricercatrice computazionale che ha attivato nuove linee investigative dal suo arrivo:

- definizione di pipeline computazionali  $\Omega$ ,  $\Omega$ QW per l'analisi dati derivati da exom-sequencing, ChIP-seq e RNA-seq.
- applicazione di pipeline computazionali di exom-sequencing per identificare mutazioni somatiche e geni suscettibili a tumori.
- genomica di melanoma primari e tumore al seno
- Analisi di mutazioni somatiche rilevate con tecnologia Ion-Torrent sequencing
- Sviluppo di algoritmi automatizzati per identificare pattern ricorrenti in profili di metilazione, trascrizionali e mutazionali.
- Metodi computazionali per l'analisi di shRNA in vivo screening
- Metodi computazionali per l'analisi di Recombinant antibody screening platform data

Stefano Campaner (iniziato nel 2012). SC è un team leader coinvolto nelle seguenti attività:

- Indagine genomica per individuare i geni che regolano il danno al DNA indotto da Myc
- Studi meccanicistici sull'uso di farmaci epigenetici come terapie specifiche contro il cancro
- Analisi su ampi raggio del genoma dei coattivatori trascrizionali YAP e TAZ

Francesco Nicassio (iniziato nel 2012) FN è un team leader che lavora su aspetti clinici e applicazioni della biologia del miRNA:

- miRNA dipendente da Myc nel controllo della quiescenza
- miRNA disturbatori di auto rinnovo di celle staminali del seno

Heiko Muller (iniziato nel 2010) HM è il coordinatore del Computing Research Unit e agisce attivamente su 4 filoni:

- Sviluppo di uno strumento di annotazione che permette annotazione in rete di regioni genomiche
- Sviluppo di un sistema di indicizzazione in rete per dati genomici
- Sviluppo di un server per la condivisione di dati genomici prodotti dai gruppi di ricerca del campus
- Sviluppo di una versione avanzata del Laboratory Information Management System (sistema di gestione delle annotazioni di laboratorio) per la gestione delle operazioni di sequenziamento dell'unità di Genomica

Mark Wade (iniziato nel 2011) MW è un senior scientist e coordina la Screening Unit, una piattaforma tecnologica avanzata creata per indagini fenotipiche sulle cellule. La SU è stata sostanzialmente completata nel corso del 2012 permettendo l'avvio dell'attività di ricerca:

- Indagine di antagonisti di MDM2/MDMX
- Caratterizzazione di un ligando dell'ubiquitina nel mitocondrio e della trasduzione del suo segnale
- Coordinamento di progetti di indagine con diversi gruppi intra IIT, SEMM, IFOM e IEO

Bruno Amati (iniziato nel 2011) Coordinatore; in quanto tale coinvolto in qualità di supervisore su tutti i progetti oltre a quelli seguenti, personali:

- Sviluppo di tecniche di indagine per il shRNA nel topo
- Analisi del genoma, epigenoma e organizzazione della cromatina durante l'accrescimento del linfoma
- Identificazione e analisi funzionale dei modificatori genetici di linfomagenesi indotta da Myc
- Sviluppo di modelli accurati di modelli del linfoma di Burkitt
- Caratterizzazione degli effetti di Myc su trasmissione di segnali LPS in linfociti B primari
- Caratterizzazione degli effetti di Myc su trasmissione di segnali da TGFb in cellule mammarie epiteliali
- Analisi della funzione e della struttura del Myc nelle interazioni genomiche regolazione genetica e tumorigenesi
- Mappatura dei meccanismi di contenimento di efficienza circoscritti alle attività del Myc nel controllo della trascrizione.

## 4.2.14 CNCS - Trento



Nel corso del 2012 è stata proseguita l'attività di ricerca e le attività di sviluppo dei laboratori nella sede presso il CIMEC (Centro interdipartimentale Mente/Cervello) dell'Università di Trento. Il CIMEC sta inoltre aggiungendo strutture di supporto, alle attività sperimentali del CNCS, che saranno disponibili in futuro.

Il lavoro è impostato su tre aree: studi non invasivi sulla percezione e il movimento dell'essere umano (Fulvio Domini), studio sui processi cognitivi e sulla riabilitazione cognitiva mediante stimolazione trans-cranica magnetica (Lorella Battelli) e computazione neuronale (Stefano Panzeri). In aggiunta a queste attività è stato mantenuta la collaborazione con le strutture sperimentali esterne del gruppo di John Assad. Di seguito una breve descrizione di ciascun gruppo.

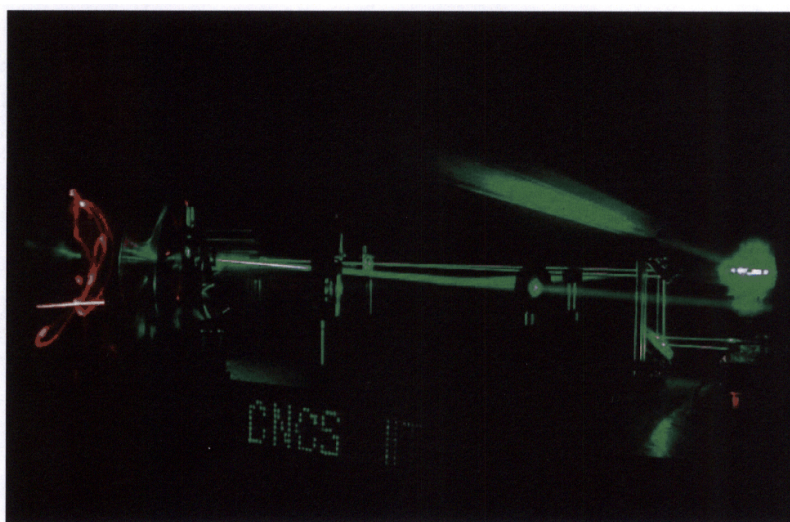
Il gruppo del Senior Scientist Fulvio Domini ha elaborato nel corso del 2012

1) attività di elaborazione di informazioni tridimensionali per il controllo motorio 2) analisi della efficacia nella memorizzazione di tratti somatici facciali e le relazioni di questa nella discriminazione di tratti salienti. 3) sviluppo di un modello di percezione che escluda le informazioni propriorecettive e inerenti al movimento dell'osservatore dall'analisi del flusso visivo

Il gruppo di Lorella Battelli è concentrato su 5 aspetti: 1) stabilire un laboratorio congiunto TMS-EEG e utilizzarlo per analizzare i meccanismi corticali usati per rilevare nuove immagini; 2) utilizzo di tDCS per studiare i meccanismi cerebrali di definizione di tempo relativo; 3) utilizzo di TMS come tecnica di riabilitazione per supportare i pazienti afflitti neurologicamente da imparità o perdita visiva; 4) analisi di come il sistema visivo percepisca il movimento biologico in 3 dimensioni; 5) indagine della neurofisiologia delle azioni guidate internamente.

Il gruppo di John Assad e Antonino Casile ha proseguito l'indagine su modelli sperimentali reali per analizzare i comportamenti visivi e le azioni manipolative associate (grasping) con l'avvio di esperimenti neurofisiologici. Il lavoro sperimentale ha esaminato la rappresentazione di categorie acquisite nella corteccia parietale, confermando le predizioni ricavate da modelli computazionali.

Il gruppo di Stefano Panzeri ha eseguito un lavoro di eccezionale nel campo delle neuroscienze computazionali, analizzando come l'informazione si trasmetta lungo vaste reti neurali. Questo ha incluso approcci sperimentali incrociati con metodi matematici.



3-85 Relazione sulla gestione

88-91 Schema di bilancio

94-135 Nota Integrativa

135 Allegati



## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

#### 4.2.15 BCMSC - Parma



Il "Brain Center for Social and Motor Cognition" è un centro di ricerca che l'IIT ha aperto presso l'Università di Parma, con la collaborazione del dipartimento di Neuroscienze.

Il Centro studia le neuroscienze della cognizione sociale, ossia l'analisi dei meccanismi cognitivi e motori sottostanti la comprensione delle azioni, delle intenzioni e delle emozioni degli altri individui. Simili processi sono tradizionalmente considerati di ordine superiore, poiché oltre a utilizzare le percezioni in modo diretto, sono fondamentalmente il frutto di un'elaborazione successiva che richiede l'esercizio di astrazione mentale. Si tratta di un ambito di recente approfondimento, avvenuto sulla scorta della scoperta fatta venti anni fa del neurone specchio, e delle successive scoperte in ambito degli studi psicologici e neuropsicologici, che indicano questo meccanismo come il fondamentale responsabile degli aspetti della cognizione sociale.

L'attività di ricerca si sviluppa nel tentativo di svelare i meccanismi che sono alla base dei diversi aspetti della cognizione sociale.

Questo si traduce in:

- capire come azione, intenzione e emozione sono codificati nei processi cognitivi e come si sviluppano su campioni di primati
- indagare gli stessi meccanismi sugli umani per mostrare la relazione tra i più elementari meccanismi sottostanti queste funzioni, come il meccanismo specchio, e processi di più elevato ordine, come il linguaggio, tramite EEG (Electroencephalography - Elettroencefalografia), TMS (Transcranial Magnetic Stimulation - stimolazione magnetica transcranica) e fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging - risonanza magnetica funzionale) e tecniche comportamentali
- esaminare le disfunzioni del meccanismo specchio e altri meccanismi attivi nella cognizione sociale in pazienti afflitti da disturbi come l'autismo e la schizofrenia.

L'attività di ricerca può inoltre contare su una stretta collaborazione con gruppi di ricerca esterni presso aziende ospedaliere per lo sviluppo di una nuova classe di elettrodi finalizzati alla registrazione dell'attività di singolo neurone presso l'uomo. Un progetto è stato inoltre avviato con il dipartimento di matematica per l'elaborazione di algoritmi finalizzati alla localizzazione di sorgenti di segnali ricavati per l'EEG e la MEG (magnetoencefalografia).

Per lo sviluppo dell'attività, il centro conta su una dotazione sperimentale che include un laboratorio per l'EEG a alta densità e l'EEG stereo, che può attivare fino a 200 canali per la

registrazione di segnali; un impianto completo per la fMRI e il "Single Unit recording Lab", un complesso di 4 ambienti dotati di impianti di registrazione con diverse caratteristiche.

Nel centro lavorano, oltre al coordinatore, 5 ricercatori; durante l'esercizio è stata svolta intensa attività sperimentale che ha permesso la pubblicazione di numerosi articoli.



## 4.2.16 CNI - Pisa



Il Center for Nanotechnology Innovation (CNI) dell'IIT è stato aperto presso i locali del National Enterprise for nanoScience and Nanotechnology (NEST), un centro interdisciplinare di ricerca e di formazione sulla nanoscienza dove operano fisici, chimici e biologi. Le conoscenze sviluppate sono utilizzate per realizzare nuovi strumenti nano-biotecnologici, dispositivi e architetture di tipo nano-elettronico e fotonico.

Il Centro è una struttura interdisciplinare dedicata all'analisi e l'impiego di fenomeni che si realizzano su scala nanometrica ed è strutturata nelle quattro seguenti linee di ricerca: "Nanomedicine"; "Power nanosystem", "Nanoscale processes and tools" e "Computation"

L'avanzamento del piano scientifico può essere sintetizzato come segue:

**Nanomedicine**

Sviluppo e analisi di strumenti, basati su sistemi nanometrici, per la cura e la diagnostica in campo medico.

**Lab on a chip for ultrasensitive automated diagnostics.**

**SAW-direven microfluidics.** Realizzazione di uno strumento di micro-fluidica portatile basato sull'impiego di una tecnologia già brevettata dall'IIT e che sfrutta l'uso di onde acustiche di superficie (*Surface Acoustic Waves* o SAW). Nel corso del 2012 è stata realizzata una tecnica alternativa, basata su tecnologia meno impegnativa di quella tradizionalmente usata, per effettuare le misurazioni di velocità dei flussi coinvolti nel dispositivo e aprendo il varco per un'analisi della dinamica sottostante permettendo quindi ulteriori specifiche per il dispositivo. Per una portabilità è stato inoltre studiato i generatori necessari al funzionamento.

**SAW-based cantilever assays.** Un secondo dispositivo è stato inoltre progettato e si basa sulla diretta attuazione e risposta in lettura di una microlevetta (cantilever)

**Nanomedicine tools for intracellular smart diagnostic.** Sviluppo di strumenti modulari realizzati su scala nanometrica e finalizzati al riconoscimento e l'interazione con tessuti e parti cellulari; alla rilevazione di eventi di natura fisica e/o chimica; al rilascio efficace di medicinali e al prelievo di campioni. Il centro ha attivato numerose strategie basate su substrati differenti.

**Biomolecular target identification** Realizzazione di dispositivi nanometrici destinati al riconoscimento di composti biomolecolari. La ricerca ha individuato alcuni aptameri promettenti che verranno successivamente approfonditi.

**Shell engineering.** Sviluppo di telai e impalcature nanostrutturate come vettori di sonde diagnostiche e per il rilascio mirato di agenti terapeutici. La strategia si è orientata su strutture polimeriche e dendritiche, per lo più perché biodegradabili. Gli studi hanno individuato delle strutture promettenti.

**Membrane penetration and intracellular targeting.** Indagine sull'efficacia di alcuni composti peptidici, selezionati per il basso livello di tossicità e l'elevato tasso di attività, per il trasporto di sonde o farmaci nell'ambiente intracellulare. In questo caso sono stati individuati dei peptidi in grado di superare la barriera della membrana cellulare e di sfuggire ai meccanismi di intrappolamento intracellulare che limitano l'efficacia di simili approcci. È stato inoltre impostato un sistema alternativo di monitoraggio dell'attività intracellulare per monitorare l'efficacia dei peptidi.

**Payload engineering.** Sono stati portati avanti diversi studi che mirano alla realizzazione di sonde fluorescenti in grado di misurare parametri ambientali nell'ambiente intracellulare. Il lavoro è a un buon livello sperimentale



## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

e in taluni casi è stata sviluppata la metodologia di modellistica molecolare per assistere la progettazione e il raffinamento dei fluorofori.

**Advanced Imaging methods.** Sono state messe a frutto tutte le potenzialità strumentali presenti, sviluppando innovativi metodi di acquisizione di immagini di singoli eventi biologici mediante l'uso di microscopi confocali. Un secondo fronte invece coinvolge la visualizzazione dell'attività cerebrale mediante *imaging* a risonanza magnetica in presenza di nanoparticelle magnetiche.

**Power nanosystems**

Fabbricazione di strumenti portatili per l'immagazzinamento di energia.

L'attività si è concentrata essenzialmente sul grafene quale serbatoio di idrogeno. Si tratta di un settore estremamente promettente per il quale è stato sviluppato uno schema teorico molecolare di adsorbimento e rilascio dell'idrogeno che è ora oggetto di indagine sperimentale.

**Nanoscale processes and tools**

Sviluppo di campioni su scala nanometrica finalizzati al controllo della sicurezza biologica e dei rischi ambientali connessi con prodotti sviluppati dalle nano-biotecnologie; lo scopo è di ottenere protocolli di analisi e produzione di materiali nanostrutturati con un alto livello di standardizzazione.

**Nanotoxicology.** Sono stati iniziati gli studi di tossicologia su alcuni nano-materiali, in particolare dendrimeri polimerici, andando a verificare il diverso comportamento cellulare al variare del loro accumulo nelle cellule. Inoltre, sono stati sviluppati dei saggi per investigare gli effetti immunogenici di materiali nanostrutturati, in particolare nel sistema nervoso centrale.

**Transmission electron microscopy and crystallography.** Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM) in dotazione al Centro è stato potenziato di un'unità di diffrazione e di un sistema che permette di effettuare un'analisi di tessitura (i.e. orientamento di diversi domini cristallini) con una elevatissima risoluzione spaziale. Questo potenzia in modo sensibile la capacità attuale di caratterizzare la struttura dei nanomateriali e fornisce informazioni cruciali per il miglioramento dei processi di produzione. La dotazione strumentale è stata già utilizzata per studiare l'auto-assemblaggio di nano particelle e di individuare i meccanismi alla base della loro organizzazione supramolecolare.

**Graphene transfer printing.** I più recenti studi hanno indicato che la tecnica di transfer printing è un'eccellente candidata per depositare grafene di alta qualità su un'ampia gamma di substrati, ed è candidata per lo sviluppo di circuiti integrati fatti in grafene. Queste strategie sono state testate al CNR anche grazie alle dotazioni strumentali di microscopia che hanno permesso di verificare la qualità dei prodotti finali realizzati.

Nel corso dell'esercizio, il Centro è stato potenziato con l'ingresso di nuove unità di livello post doc, mantenendo la programmazione prevista in sede di progettazione del centro, con poco più di trenta unità tra ricercatori, studenti di livello post-laurea e posizione tecnico-amministrative.

L'acquisto e l'installazione di strumentazione si è svolta durante l'esercizio come da programma; attualmente l'insieme di strumentazione che costituisce il laboratorio per la visualizzazione mediante risonanza magnetica (Magnetic Resonance Imaging - MRI) è completata. È stato completato il laboratorio per la produzione di grafene e il centro adesso può contare su una piattaforma di microscopia accoppiata con strumentazione per la spettroscopia a Raman. Il centro può anche contare su un "Field Emission Gun" SEM, che permette attività di indagine ad alta risoluzione.

Il Centro ha avviato numerose collaborazioni su progetti specifici, e ha instaurato accordi stabili con gruppi di ricerca nazionali e internazionali.



## 4.2.17 CMBR - Pisa



Il Centro di Micro-BioRobotica (CMBR) ha come obiettivo scientifico lo sviluppo di nuovi materiali, tecnologie robotiche innovative e componenti avanzati alla micro/meso-scala, per applicazioni biomediche e ambientali. Il perseguimento di tale obiettivo si basa sull'integrazione delle attività scientifiche condotte nell'ambito delle due piattaforme di ricerca attive presso CMBR, ovvero *Smart materials* (sviluppo di polimeri "smart", nanofilm polimerici e nanoparticelle/nanofili) e Robotics (sviluppo di soluzioni robotiche bioispirate, bioibride e biomediche).

Nel corso del 2012, il CMBR ha sottoposto 30 articoli classificati da ISI (di cui 20 già pubblicati e 10 già accettati e in procinto di essere pubblicati). A questi lavori si aggiungono 3 capitoli di libro, un libro e 32 *full papers* come resoconti revisionati di partecipazione a conferenze (peer reviewed conference proceedings). È stata depositata una domanda di brevetto nazionale e sono stati richiesti 4 a livello internazionale. Dalle attività di una di queste è scaturita una proposta di spin off denominata Sensing ElectroMagnetic Plus (SEM+). SEM+ si è aggiudicata il terzo posto all'edizione Startup-Toscana e il premio Intel Capital all'edizione del Premio Nazionale Innovazione 2012. La sottomissione del progetto PLANTOID allo schema di finanziamento FET-OPEN STREP del 7° programma quadro della commissione europea è stato valutato con un punteggio di 15/15, e il pieno finanziamento. È stato inoltre avviato un progetto di ricerca industriale finalizzato all'immagazzinamento di energia all'interno delle suole delle scarpe. Ulteriori progetti finanziati sono "Seedriller" a cura dell'ESA (European Space Agency) e due progetti interdipartimentali.



3-85 Relazione sulla gestione

88-91 Schemi di Bilancio

94-135 Nota Integrativa

135 Allegati

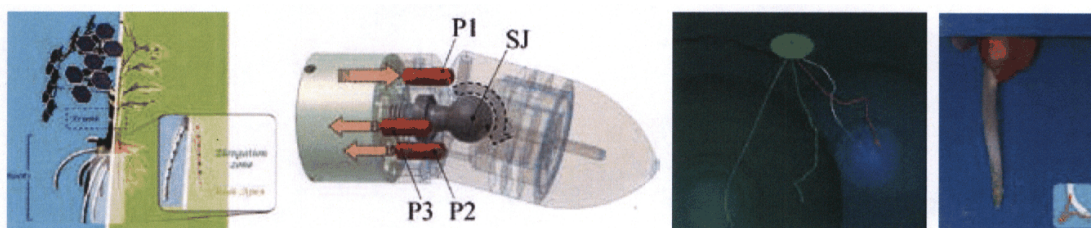
## 4. Dettaglio dell'attività scientifica

### Segue

Di seguito per piattaforma gli aggiornamenti pertinenti al passato esercizio:

#### Piattaforma Robotica

Gli argomenti di questa piattaforma hanno una fondamentale interazione con il mondo biologico sia come fonte d'ispirazione per l'introduzione di forme innovative di robotica sia come area di applicazione di robotica avanzata. In particolare, la ricerca per le radici robotiche e la robotica con soluzioni morbide ricadono nel primo esempio, mentre la robotica endoscopica biomedica ricade nel secondo contesto. Nell'ambito di questa piattaforma, l'obiettivo della ricerca risiede principalmente nell'esplorare il sistema robotico nei suoi aspetti di sensistica, attuazione, controllo e tematiche collegate all'energetica. Questo comporta talvolta la ricerca di nuove conoscenze su materiali e in effetti costituisce un formidabile aggiornamento per la piattaforma di *smart materials*.



**Sistemi robotici ispirati alle piante.** Le capacità dinamiche dei vegetali e il loro apparato sensoristico costituiscono il miglior sistema da imitare nell'ambito dell'esplorazione e il controllo del terreno in modo intelligente e efficiente. CMBR è rivolto allo studio delle capacità delle piante con lo scopo di sviluppare un robot, denominato PLANTOID, ispirato dal comportamento delle radici delle piante, capaci di penetrare e esplorare il terreno e, nel contempo, traendo da questo diversi tipi di informazioni di natura chimica e fisica. PLANTOID è portato avanti da un consorzio di istituti di ricerca coordinati da CMBR, ha ricevuto piena valutazione nell'ambito dei progetti FET OPEN e da maggio è finanziato dal 7° programma quadro della comunità europea. Nel corso del passato esercizio il lavoro è stato focalizzato nello studio e l'estrazione di principi chiave di natura biologica che servano alle radici delle piante per esplorare il terreno e nella loro trasposizione in linee guida per le controparti artificiali, con l'obiettivo di introdurre una nuova classe di robot, (robot che crescono) al momento inesplorata. In questo processo, sono state acquisite nuove conoscenze di natura biologica, pertinenti per lo sviluppo di PLANTOID, grazie a attività di ricerca focalizzata sulle radici. Ancor più importante è stato lo sforzo dedicato allo sviluppo di uno strumento d'indagine innovativo per l'analisi e la quantificazione dei movimenti delle estremità delle piante nel suono (il software ARTT) che hanno costituito il corpo di una fondamentale pubblicazione. In parallelo è stato portato avanti lo studio per individuare le tecnologie robotiche e gli approcci più idonei per la realizzazione per progettare e costruire PLANTOID. Questo ha portato alla costruzione di un primo sistema meccatronico ispirato alle radici. In secondo luogo è stato speso un intenso sforzo allo studio e all'ideazione di meccanismo appositi ispirati alle strategie delle radici capaci di ottenere un ancoraggio e un modo di penetrazione nel terreno, incluso di controllo del movimento.

**Dispositivi robotici "soft".** Quest'area di ricerca è dedicata all'approccio di strutture robotizzate morbide sia da un punto di vista progettuale che per lo sviluppo di soluzioni innovative, sia per la componentistica che per il sistema generale.

Un primo ambito è rivolto a un sistema di ancoraggio artificiale, prendendo come modelli da imitare le ventose dei polipi e i sistemi dei ricci marini. Nel primo caso un nuovo meccanismo è stato concepito e presentato a una conferenza internazionale di robotica; nel secondo caso, diverse analisi morfologiche sono state eseguite (MRI, ultrasonografia, istologia, Cryo-SME) per arrivare a una più completa comprensione del comportamento della ventosa del polpo. Tra i risultati più rilevanti, è stata riscontrata una nuova caratteristica anatomica della ventosa, non ancora presentata nella letteratura, è stata riscontrata a seguito di confronto con i biologi. Questo ha portato alla stesura di un articolo in cui si descrive come le ventose di un polipo siano in grado di eseguire le procedure di adesione e, in base alle analisi istologiche e MIR, è stata fatta una ricostruzione tridimensionale