

Materiali innovativi, tecnologie quantistiche e dispositivi del futuro

Fabio Miletto Granozio ed Ettore Sarnelli

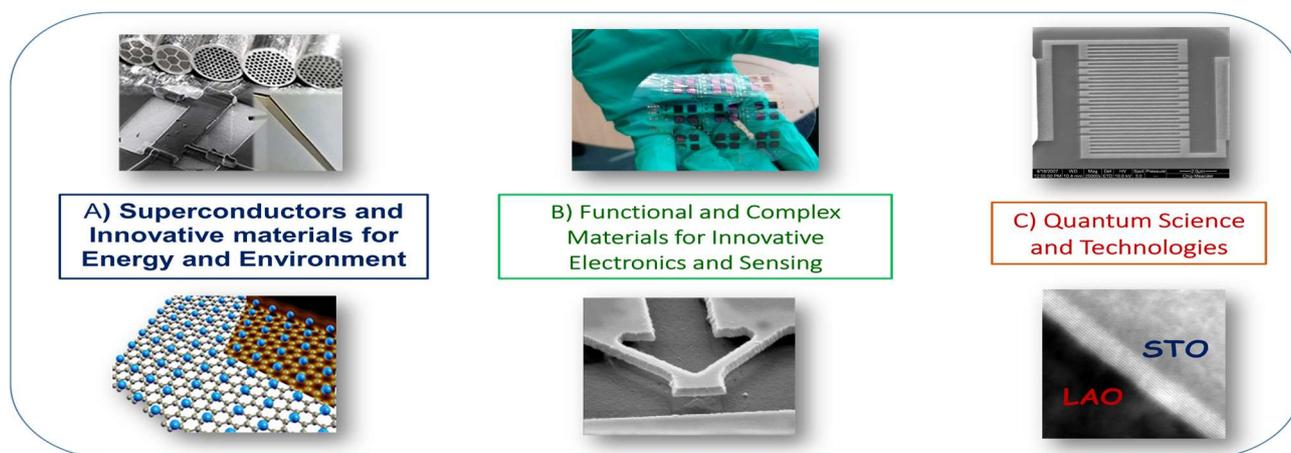
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto Superconduttori, Materiali Innovativi e Dispositivi (CNR-SPIN)

Sede secondaria di Napoli, c/o Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica, Via Cintia 21, 80126 Napoli
e c/o Comprensorio Olivetti, Via Campi Flegrei, 34, Pozzuoli (NA)

Il rapido sviluppo delle nuove tecnologie che stanno investendo il mercato rischia di accrescere il divario tra ricerca e innovazione da un lato e le attività produttive e industriali dall'altro. La realizzazione di un Centro di alta tecnologia e formazione all'interno dei padiglioni della Mostra d'Oltremare permetterebbe un più rapido e fattivo trasferimento tecnologico dalle Istituzioni di Ricerca verso le piccole, medie e grandi imprese presenti sul territorio e una più rapida attivazione di nuove collaborazioni tra pubblico e privato.

L'Istituto SPIN del CNR, in quanto Istituto di ricerca, sviluppa tematiche altamente innovative e di elevato contenuto tecnologico, articolando la propria attività in settori di avanguardia come le tecnologie quantistiche e l'elettronica avanzata, con un'attenzione particolare verso nuove tecnologie per le telecomunicazioni e la soluzione di problematiche mediche e ambientali. CNR-SPIN sviluppa tecnologie e nuove conoscenze, nel settore dei nuovi materiali per elettronica, sensoristica ed energia. A questa categoria di materiali, di gran lunga più complessi rispetto al silicio, fanno parte la maggior parte dei materiali che hanno attirato l'interesse della comunità scientifica internazionale negli ultimi decenni, come superconduttori, semiconduttori organici e materiali ferroici, multiferroici, topologici, bidimensionali. Tali materiali presentano spesso caratteristiche fisiche che sfuggono alla descrizione di modelli semiclassici o semplificati e vengono definiti col termine di "Quantum Materials".



CNR-SPIN è in prima linea nella nuova roadmap della rivoluzione quantistica, con competenze consolidate nei materiali e nella fisica e tecnologie dei dispositivi quantistici. Tra i settori molto attivi citiamo il campo della Fisica e dei "qubit topologici", dei "qubit" superconduttivi, come sensori di materia oscura, e degli amplificatori parametrici quantistici, per lo sviluppo dei computer quantistici. Nel settore dei dispositivi innovativi per le telecomunicazioni del futuro, CNR-SPIN è stato precursore nella realizzazione dei rilevatori superconduttivi di singolo fotone, da impiegare nella crittografia e nelle telecomunicazioni quantistiche ("Quantum Communication" e "Quantum Key Distribution"). A titolo di esempio, la crittografia quantistica garantisce la totale e assoluta segretezza di un messaggio, perché le leggi fisiche non permettono la possibilità di intercettare tale messaggio senza essere individuati. Inoltre, l'Istituto è impegnato nello sviluppo di fotorivelatori organici e flessibili, per lo sviluppo delle telecomunicazioni in luce visibile (VLC), altra frontiera delle telecomunicazioni del futuro. La VLC, realizzata con dispositivi flessibili, indossabili ed eventualmente biocompatibili, sfruttando la banda visibile dello spettro elettromagnetico, oltre a essere un

sistema di comunicazione ideale per ambienti interni, presenta vantaggi come l'ampiezza di banda e la possibilità di trasferire un'enorme quantità di dati a costi di licenza pari a zero.

Nell'ambito delle applicazioni connesse alla medicina, nell'Istituto si sviluppano dispositivi basati su transistor organici o su materiali nano-strutturati, eventualmente flessibili e indossabili, per la rivelazione di biomarcatori di stati patologici specifici (es. proteine legate a stati infiammatori o a malattie come quelle cardiovascolari), un approccio comunque generalizzabile anche ad altri target molecolari, come ad esempio quelli tumorali. Ancora nell'ambito dello sviluppo di elettronica organica e flessibile, ricordiamo la recente realizzazione di rivelatori di particelle innovativi, sviluppati per il monitoraggio dell'irraggiamento da protoni durante i trattamenti tumorali.

La capacità dell'Istituto di guardare oltre è testimoniata dalla continua progettazione di nuovi esperimenti e dispositivi, basati sulle peculiarità più avanzate della materia per lo sviluppo di componenti elettronici del futuro. Un esempio è lo *"strain engineering"*, che combina in un unico campione proprietà elettroniche complementari, o la *"stabilizzazione"* di fasi elettroniche, non previste nei corrispettivi materiali di riferimento, o ancora le membrane micrometriche superconduttive, per applicazioni avanzate di microelettronica. Altro esempio è la progettazione di giunzioni Josephson con eterostrutture per la massimizzazione dell'effetto diodo-superconduttore o di interferometri con stati di bordo di sistemi di Hall frazionari. Più in generale, le applicazioni previste, finalizzate allo sviluppo di dispositivi veloci ed efficienti, spaziano dall'elettronica *"beyond-CMOS"* alla *"spintronica"*, alla *"spin-orbitronica"*, alla *"valleytronica"*, ai sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS), al fotovoltaico di ultima generazione e a diversi tipi di sensori.

Di particolare rilevanza sono gli studi teorici e numerici di sistemi complessi e di sistemi fuori equilibrio, con particolare attenzione alla transizione di *"jamming"*. Questi studi analizzano i cosiddetti *"sistemi bloccati"* e servono a studiare e trovare soluzioni a problemi di grande interesse medico e sociale, come ad esempio gli ingorghi delle auto o l'arresto del movimento cellulare, centrale in molti processi biologici, tra cui la guarigione delle ferite e l'insorgere e la diffusione dei tumori.

Tale sviluppo di tecnologie è reso possibile grazie all'elevata capacità dell'Istituto di progettare, realizzare da zero e innovare i propri dispositivi. Infatti, in CNR-SPIN esistono numerose linee di processo per la fabbricazione di film sottili di elevatissima qualità, in grado di depositare film, multistrati e membrane sospese, tutti altamente cristallini, con controllo atomico degli spessori e delle interfacce. Una delle tecniche di rilievo è la *"Deposizione Laser Pulsata"* assistita dalla *"Diffrazione in Riflessione di Elettroni ad Alta Energia"*. I film e i dispositivi realizzati vengono studiati tramite la loro caratterizzazione elettrica, elettronica, ottica, magnetica, meccanica, morfologica e strutturale. È tramite l'impiego di queste tecnologie ormai assestate che presso l'Istituto vengono studiati e realizzati film sottili e ultrasottili di materiali per l'elettronica, sensori e dispositivi quantistici, fotorivelatori e transistor innovativi per le telecomunicazioni, biosensori.