

AREA STRATEGICA: MATERIA CONDENSATA

a. Finalità e Obiettivi

Le attività del Dipartimento DSFTM nel settore della materia condensata, caratterizzato da forte interdisciplinarietà, sono svolte in sinergia con altri Dipartimenti del CNR, sono fortemente competitive a livello internazionale e hanno importanti ricadute industriali in settori quali: energia, ambiente, aerospazio, salute, e sensoristica.

Le attività sono centrate sulle diverse funzionalità della materia condensata e spaziano dai materiali semiconduttori a quelli ossidi, organici, magnetici, superconduttori, piezoelettrici e ibridi. Micro e nanostrutture basate su di essi sono esempi di campi di ricerca innovativa, che comprendono anche processi di crescita con sistemi fisici e chimici, processi di controllo dell'interfaccia e della dimensionalità. Il controllo dei materiali a livello nanoscopico porta alla creazione di compositi e dispositivi con nuove specifiche proprietà e funzionalità con ampie prospettive per applicazioni di grande interesse per Horizon 2020 (flagship, ERC...).

Il DSFTM intende incrementare le competenze nella progettazione e realizzazione di strumentazione innovativa per estendere la frontiera della conoscenza nella scienza della materia e contribuire al rilancio della competitività delle industrie ad alta tecnologia del Paese. A tal fine si intende ampliare lo studio delle proprietà fondamentali della materia, incrementando significativamente la risoluzione sperimentale delle tecniche attuali (risoluzione energetica, temporale e spaziale sia per le spettroscopie che per le microscopie), lo studio della materia in condizioni estreme (alte pressioni, alti campi magnetici, elettrici, gas in concentrazioni ultra basse, alte temperature), lo sviluppo di metodologie di image-processing, la simulazione di sistemi sempre più complessi e sviluppo di nuovi metodi per il calcolo e la modellizzazione.

b. Contenuto Tecnico Scientifico

Le competenze del DSFTM sono focalizzate sulla sintesi di materiali innovativi e loro caratterizzazione utilizzando tecniche avanzate e modellizzazione. I sistemi di particolare interesse sono:

Sistemi a bassa dimensionalità (0D, 1D e 2D) di materiali inorganici. Nuovi materiali bidimensionali: grafene, calcogenuri di metalli di transizione, silicene, fosforene, nitruri di boro esagonale, isolanti topologici, nanofili e nanotubi di C, TiO₂, ZnO, CuO, Si, SiO₂, III-V, nanoparticelle di Si, SiC, nanocristalli colloidali di ossidi metallici e semiconduttori, puri, drogati e in configurazione core-shell con importanti applicazioni nell'energia (harvesting, produzione e immagazzinamento), nella metrologia, fotonica, elettronica, spintronica, ambiente, sensoristica e biosensoristica.

Ossidi e calcogenuri non convenzionali. Materiali a forte correlazione elettronica (perovskiti, manganiti, rutenati, seleniuri, tellururi...) anche in forma nanostrutturata, calcogenuri non-stoichiometrici, ossidi, nitruri, film nano laminati, ossidi semiconduttori, con potenziali ricadute nell'elettronica, energia, sensori, catalizzatori ambientali e MEMS.

Composti organici e ibridi organico/inorganico. Semiconduttori organici e dispositivi con layer attivo organico possono avere importanti applicazioni nell'elettronica, optoelettronica, energia, biologia e medicina, nanofibre polimeriche e sistemi funzionali 3D microstampati.

Nuovi composti superconduttori (borocarburi, diboruri, pnictidi, calcogenuri, topologici, non-centro-simmetrici, idruri), alcuni di questi materiali presentano una natura multibanda e ordinamenti magnetici che aprono nuove vie verso la superconduttività a temperatura ambiente. Di grande attualità è lo studio dei fenomeni di coerenza quantistica in strutture mesoscopiche superconduttive ed in sistemi ibridi.

Nuovi materiali nanocompositi basati su polimeri, TiO₂ e ZnO, vetro e ceramici per applicazioni nell'ambiente, nella conservazione dei beni culturali (processi fotocatalitici), sensoristica, ottica integrata e nanomateriali biocompatibili e biodegradabili per applicazioni nel campo della nanomedicina e nanocompositi multifunzionali per theranostics e rigenerazione tissutale.

Materiali magnetici innovativi per applicazioni nel campo dell'energia (magneti permanenti senza terre rare, ferrofluidi per termoelettrico avanzato), della spintronica (AFM-based spin valves) e della biomedicina (nanoparticelle magnetiche per ipertermia, drug delivery e MRI).

Relativamente allo sviluppo di tecniche di sintesi e caratterizzazione avanzata sono di interesse:

Sviluppo di tecniche di deposizione con controllo a livello atomico per la sintesi di materiali innovativi (laser ablation al femtosecondo, MBE, CBE, Supersonic MBE) e di tecniche di deposizione da fase liquida per layer ordinati di materiali organici.

Sviluppo di strumentazione, nuove sorgenti laser e tecniche spettroscopiche con radiazione di sincrotrone, FEL, fasci di neutroni, raggi X, ultraveloci e a singolo fotone.

Sviluppo di strumentazione, metodologie e algoritmi per image processing nel campo della microscopia elettronica (risoluzione sub-Å, analisi simultanee sia chimiche che strutturali), tecniche di microscopia a sonda locale e a microonde, nuove tecniche per la manipolazione della materia su scala nanometrica, incluse quelle basate su fasci ionici focalizzati e su metodologie innovative di scrittura o deposizione diretta (EHD printing, electrospinning).

Sviluppo di tecniche interferometriche e olografiche per caratterizzazione quantitative di materiali e controlli non distruttivi di componenti e applicazioni lab-on-a-chip.

Modellistica e tecniche di simulazione in scienza e tecnologia della materia e di nuovi metodi per il calcolo realistico di nuovi fenomeni fondamentali e di proprietà accessibili sperimentalmente.

Sviluppo di nuovi meccanismi di rivelazione per sensori sia ottici che elettrici e sviluppo di network di array di sensori per la caratterizzazione sulla qualità e sicurezza alimentare e microbiologico.