

WORKSHOP SULLE NANOPARTICELLE DI SILICIO

Paola Ceroni, Giacomo Morselli

*Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"
Università di Bologna*

Dal 1° al 3 ottobre 2018, a Bertinoro, si è tenuto un Workshop su nanostrutture di silicio, a cui hanno partecipato grandi esperti mondiali nel settore, come i prof. Brian Korgel e Michael Sailor. Durante le conferenze sono stati discussi i metodi di sintesi e di caratterizzazione, i modelli teorici e computazionali e le diverse applicazioni che le nanoparticelle di silicio possono avere.

**Workshop on
Silicon Nanoparticles**



Bertinoro, 1-3 October 2018

Workshop on Silicon Nanoparticles

From 1st to 3rd October 2018, a Workshop on Silicon Nanoparticles took place in Bertinoro. Some of the world's leading experts of silicon nanostructures, such as prof. Brian Korgel and Michael Sailor participated. During the lectures, different aspects of silicon nanoparticles were discussed: the synthetical strategies, the characterization techniques, the theoretical modelling and the possible applications.

Il Workshop sulle Nanoparticelle di Silicio si è svolto a Bertinoro, borgo di origine medievale, ubicato sull'Appennino Forlivese. I massimi esperti del settore, provenienti da diversi Paesi del mondo, si sono ritrovati per confrontarsi e per discutere le proprie ricerche nel campo del silicio nanostrutturato. Il silicio è indubbiamente il materiale semiconduttore più importante, che domina da decenni l'industria elettronica. Da quando, negli Anni Ottanta del Novecento, venne scoperta la fotoluminescenza del silicio poroso [1], l'attenzione si è cominciata a rivolgere al silicio nanocristallino. Infatti, grazie alle sue peculiari proprietà, di non tossicità e di abbondanza del silicio sulla crosta terrestre, di elevato rendimento quantico di emissione e di alta fotostabilità, esso sembra poter essere un buon candidato per molte applicazioni, che comprendono la diagnostica per immagini, la sensoristica e la conversione dell'energia solare in elettricità (e viceversa in sistemi elettroluminescenti) [2].

Di conseguenza, il comitato scientifico, composto dalla prof. Paola Ceroni, dell'Università di Bologna, il prof. Brian Korgel, dell'Università del Texas, il prof. Jonathan Veinot, dell'Università di Alberta in Canada e il prof. Michael Sailor, dell'Università della California, ha deciso di organizzare una serie di conferenze, seminari, presentazioni e discussioni che potessero affrontare diversi aspetti relativi alle nanostrutture di silicio, dalle metodologie di sintesi e caratterizzazione, alla modellistica e alle applicazioni. Il luogo scelto per le conferenze è stato il Centro Residenziale Universitario di Bertinoro (Ceub). Gli aspetti organizzativi sono stati curati da un gruppo di giovani ricercatori del Dipartimento di Chimica coordinati dalla prof. Ceroni (Sara Angeloni, Alessandro Gradone, Giacomo Morselli e Francesco Romano). Il congresso si è svolto grazie agli sponsor Hamamatsu, alla Royal Society of Chemistry e con il patrocinio del Dipartimento di Chimica dell'Università di Bologna e del Gruppo Italiano di Fotochimica.

Il congresso, tenutosi presso la Sala Convegni del Ceub, è stato suddiviso in quattro sessioni: la prima ha avuto luogo il pomeriggio del 1° ottobre, la seconda e la terza sessione rispettivamente

al mattino e al pomeriggio del 2 ottobre, e l'ultima al mattino del 3 ottobre. Ogni sessione è stata caratterizzata da una conferenza plenaria di un'ora.

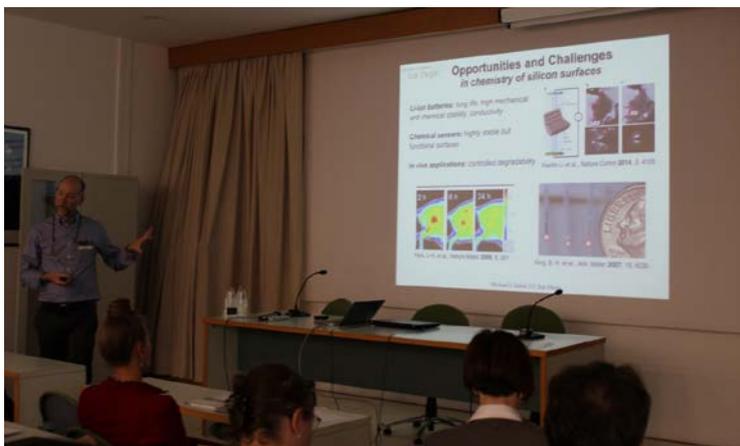


Fig. 1 - Plenary lecture del prof. Michael Sailor della Sala Convegni del Centro Universitario di Bertinoro

Sono state presentate anche *keynote lectures* tenute da sette *invited speakers*, contributi orali di dodici giovani ricercatori e alcune presentazioni in forma di poster. A testimonianza dell'enorme interesse e partecipazione che sono sorti durante il *Workshop*, si includono anche una *panel discussion* sulla fotoluminescenza del silicio nanocristallino della durata di più di mezz'ora e i numerosi interventi e domande a concludere ogni presentazione.

Le quattro conferenze plenarie sono state tenute da esperti professori, personalità di spicco e ampiamente note nel campo del silicio nanostrutturato. Si ricordano di seguito i contributi:

- il prof. Michael Sailor (Fig. 1) ha aperto la sessione del 1° ottobre con una coinvolgente *plenary lecture* dal titolo "*Surface Modification Chemistry of Silicon Nanoparticles*", nel quale, il professore dell'Università della California ha spiegato l'importanza della funzionalizzazione e della modifica della superficie del silicio per attuare le sue diverse applicazioni;
- la mattina del giorno seguente, è il prof. Leigh Canham (Fig. 2) dell'Università di Birmingham a esporre con una panoramica dei traguardi raggiunti e delle prospettive future nel campo del silicio nanoporoso tramite la sua *lecture* dal titolo "*Silicon Nanostructures: quo vadis?*";
- il pomeriggio, la *plenary lecture* del prof. Minoru Fujii, dall'Università di Kobe, in Giappone, ha parlato della possibilità di ottenere nanoparticelle di silicio drogato con boro e fosforo e sospensibili in acqua nel suo intervento dal titolo "*All inorganic water-dispersible silicon quantum dots*";
- il prof. Rui Pereira, dall'Università di Aveiro, in Portogallo, ha concluso il ciclo di conferenze plenarie con la sua esposizione "*Electronic doping and charge transport in silicon nanoparticle films*".

Le *keynote lectures* (di 45 minuti di durata) e le presentazioni orali (20 minuti) sono state tenute da professori, ricercatori o dottorandi di diversi campi di specializzazione.

Gli argomenti trattati possono essere ricondotti a diverse categorie: sono stati ad esempio considerati la fisica e lo studio quantomeccanico del processo di fotoluminescenza delle nanostrutture di silicio, attuati per mezzo di misure computazionali o attraverso la spettroscopia di emissione da cristallo singolo. Ciò è stato effettuato per avere una buona comprensione dei meccanismi che stanno alla base della luminescenza del silicio nanostrutturato (dall'esposizione di Linnros) o per evidenziare gli effetti dovuti alla sua modifica (interna per drogaggio o superficiale per funzionalizzazione, come discusso da Newell).



Fig. 2 - La conferenza plenaria del prof. Leigh Canham

Parte delle discussioni si è invece incentrata sulle applicazioni in ambito medico. I nanocristalli di silicio sono stati infatti studiati sia per scopi di diagnostica per immagini che per la terapia, grazie alla loro assenza di tossicità e biodegradabilità. Il *bioimaging* può essere effettuato grazie alle proprietà ottiche dei nanocristalli di silicio: oltre ad avere alti rendimenti quantici di emissione e fotostabilità, essi hanno un'emissione variabile (in base alle dimensioni) nel range spettrale del rosso/vicino infrarosso (ovverosia le lunghezze d'onda maggiormente penetranti i tessuti biologici) e lunghi tempi di vita di emissione (il che rende possibile la *time-gated detection*, una rivelazione ritardata nel tempo che non risente del rumore causato dalla fluorescenza della matrice biologica) [2, 3]. Su quest'ambito sono intervenuti, tra gli altri, Joo e il prof. Vinogradov. L'applicazione terapeutica è stata considerata studiando possibili leganti in superficie con azione enzimatica (Robidillo) o il rilascio di farmaci dovuto alla biodegradabilità del silicio (Joo).

Un ulteriore campo di applicazione che è stato considerato riguarda la conversione dell'energia solare, attuata in seguito alla costruzione di concentratori solari basati su nanocristalli di silicio opportunamente funzionalizzati (ad esempio con dei cromofori, per aumentare l'assorbimento) depositati all'interno di una lastrina di materiale plastico [2].

Tra i *keynote speakers* si ricordano:

- il prof. Jan Linnros, del Dipartimento della Fisica Applicata di Stoccolma, con l'esposizione dal titolo "*The physics of silicon quantum dots as revealed by single emitters*", il quale ha esposto i risultati di analisi condotte su singoli nanocristalli di silicio paragonati a quelli ottenuti da calcoli atomistici per cercare di chiarire i meccanismi alla base della fotoluminescenza di questi nanomateriali;
- Christopher Robidillo (Università di Alberta, Canada), che ha presentato "*Functional Bioinorganic Hybrids From Enzymes and Silicon Nanocrystals*", ha proposto una via sintetica di funzionalizzazione dei nanocristalli di silicio con enzimi che li renderebbe particolarmente promettenti in ottica di terapia;
- Jinmyoung Joo (Università di Ulsan, Corea del Sud), con "*Biomedical imaging with photoluminescent, biodegradable silicon nanoparticles*", che si è concentrato sulle applicazioni di diagnostica per immagini in vivo;
- Giacomo Bergamini (Università di Bologna, Fig. 3), con "*Light-harvesting antennae based on luminescent silicon nanocrystals*" ha esposto invece la possibilità di creare dei sistemi antenna ad elevata brillantezza legando opportuni cromofori sulla superficie del silicio nanocristallino;
- Katerina Newell (Università di Amsterdam), con "*Silicon nanocrystals with functional ligands*", che ha studiato tramite spettroscopia a singolo emettitore e calcoli computazionali gli effetti della modifica superficiale dei nanocristalli di silicio;

Attualità

- il prof. Brian Korgel, che ha tenuto un'esposizione dal titolo "Ordered Assemblies of Colloidal Silicon Nanocrystals";
- il prof. Sergei Vinogradov, dell'Università della Pennsylvania, che ha presentato "Time-Gated Imaging with Molecular and Nanoparticle-based Luminescent Probes".



Fig. 3 - I ringraziamenti nell'esposizione di Giacomo Bergamini

La parte finale del Workshop ha riguardato la premiazione da parte della Royal Society of Chemistry (Dalton Transactions) della miglior presentazione orale, attribuita a Rens Limpens (del *National Renewable Energy Laboratory, USA*), dal titolo *Carrier Dynamics and Mobilities in Doped Silicon Nanocrystals: When Do Free Carriers Matter?*, e della miglior presentazione del poster, a Sara Angeloni (Università di Bologna), con *9-10 Diphenyl Anthracene-functionalized Silicon Nanocrystals via covalent and non-covalent method*. Nella presentazione vincitrice, l'argomento trattato riguardava l'analisi dei nanocristalli di silicio drogati con fosforo e boro per applicazioni di optoelettronica. Il poster, invece, era rivolto allo studio dell'*energy transfer* tra un particolare cromoforo (il difenilantracene) e i nanocristalli di silicio in sistemi rigidi o legati covalentemente. Dato l'alto numero di partecipanti (come si vede nella Fig. 4) e di interventi, si può concludere che l'argomento delle nanoparticelle di silicio riscuote molto interesse, in campi e in applicazioni differenti.



Fig. 4 - I partecipanti al Workshop sulle Nanoparticelle di Silicio (Bertinoro, 1-3 ottobre 2018)

BIBLIOGRAFIA

- [1] L. Canham *et al.*, *Nature*, 1991, 335.
- [2] P. Ceroni *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2017, **19**, 26507.
- [3] M. Sailor *et al.*, *ACS Nano*, 2015, **6**, 6233.