

Matteo Ferroni

Posizione accademica

Settore Concorsuale: Fisica Sperimentale della Materia
Settore Scientifico Disciplinare: FIS/01 - Fisica sperimentale
Qualifica: Ricercatore Universitario
Anzianità nel ruolo: 13/01/2004
Sede universitaria: Università degli Studi di BRESCIA
Dipartimento: Dipartimento di CHIMICA E FISICA PER L'INGEGNERIA E PER I MATERIALI
Dal 1° Novembre 2012: Dip. INGEGNERIA INFORMAZIONE

Carriera universitaria:

2004-oggi Ricercatore a tempo pieno Università di Brescia (Italia)
2003-2004 Assistente tecnico laureato Università "Cà Foscari" of Venezia (Italia)
1999-2003 Ricercatore INFN - Istituto Nazionale di Fisica per la Materia (Italia)
1998-1999 Borsista di perfezionamento all'estero Università di Anversa (Belgium)
Qualifiche
1998 Dottorato di Ricerca in Fisica Università di Ferrara (Italia)
1994 Laurea in Fisica Università di Ferrara (Italia)

Durante la sua carriera scientifica, Matteo Ferroni ha contribuito a 161 pubblicazioni scientifiche (di cui 98 articoli su rivista con referee), raggiungendo così 3771 citazioni e un H-index personale di 36 (fonte: SCOPUS - Ottobre 2016). La sua attività di ricerca viene qui di seguito riassunta secondo le tematiche di ricerca principali e articolata nelle tappe della sua carriera scientifica.

Citation metrics for Matteo Ferroni:

<http://www.researcherid.com/rid/F-5133-2010>

orcid.org/0000-0002-4231-9162

TESI DI LAUREA

Matteo Ferroni si è laureato in Fisica nel 1994 con 110/110 e lode con una tesi sperimentale dal titolo: Il calorimetro adronico dell'esperimento CHORUS al CERN di Ginevra (Università di Ferrara - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare).

Scopo principale dell'esperimento era l'esplorazione dei fenomeni di oscillazione da neutrino (MU) a neutrino (TAU) e la misura dei parametri fondamentali, relativi alla differenza in massa dei neutrini delle famiglie leptoniche MU e TAU e all'angolo di mixing ¹.

DOTTORATO DI RICERCA

Matteo Ferroni ha poi conseguito il Dottorato di Ricerca in Fisica nel 1998 con una tesi dedicata a materiali innovativi per i sensori di gas caratterizzati tramite tecniche di microscopia elettronica in scansione (SEM) e trasmissione (TEM) ².

PERFEZIONAMENTO ALL'ESTERO

Matteo Ferroni ha perfezionato la sua preparazione nel campo della caratterizzazione dei materiali presso il centro Electron Microscopy for Materials Research della Università di Anversa (Belgio) con l'impiego di microscopia TEM in Alta Risoluzione (HRTEM) e delle tecniche analitiche associabili quali Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy e Electron Energy-Loss Spectrometry ³

RICERCATORE INFN

Dal Dicembre 1999 al 2003, Matteo Ferroni ha prestato servizio come ricercatore a tempo

¹ The CHORUS Experiment collaboration, NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT 1997, 401, 7-44. **citazioni 128**

² Carotta, M.; Ferroni, M.; Gnani, D.; Guidi, V.; Merli, M.; Martinelli, G.; Casale, M.; Notaro, M. "Nanostructured pure and Nb-doped TiO₂ as thick film gas sensors for environmental monitoring" SENSOR ACTUAT B-CHEM 1999, 58, 310-317 - **citazioni 31**.

³ Carotta, M.; Ferroni, M.; Guidi, V.; Martinelli, G. "Preparation and characterization of nanostructured titania thick films" ADVANCED MATERIALS. 1999, 11, 943-946 - **69 citazioni**.

determinato dell'INFM, dopo essere risultato vincitore del concorso pubblico, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Ferrara. Argomento: "Nanostrutture di ossidi metallici e loro proprietà fisiche".

L'attività scientifica si è svolta essenzialmente nel laboratorio Semiconduttori e Sensori, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Ferrara, per la produzione e sperimentazione di nuovi materiali per applicazioni in campo fotovoltaico e sensoristico ⁴.

UNIVERSITA' DI VENEZIA

Nel 2003, Matteo Ferroni ha prestato servizio dopo essere risultato vincitore di concorso pubblico, come tecnico laureato presso Università "Cà Foscari" di Venezia nel Dipartimento di Chimica e Fisica per la caratterizzazione di nanoparticelle e catalizzatori tramite microscopia elettronica in scansione e trasmissione.

La caratterizzazione TEM, HREM, STEM-EDX è stata indirizzata principalmente allo studio di nanoparticelle metalliche su supporti ad elevata superficie specifica per applicazioni in campo catalitico. Altri sistemi in esame erano costituiti da nanoparticelle di Co in matrice vetrosa per applicazioni ottiche e magnetiche (Prof. Battaglin, Dott. Cattaruzza)

UNIVERSITA' DI BRESCIA

A partire dal 2004, Matteo Ferroni è ricercatore presso il Dipartimento di Chimica e Fisica per l'Ingegneria e per i Materiali dell'Università di Brescia.

Contestualmente alla presa di servizio come ricercatore dell'Ateneo di Brescia, Matteo Ferroni ha iniziato una collaborazione continuativa e attiva ancora oggi con la Sezione di Bologna dell'Istituto per la Microelettronica e i Microsistemi (IMM) del CNR. Con questa collaborazione, Matteo Ferroni ha potuto estendere la conoscenza e l'applicazione delle tecniche TEM alle metodologie più avanzate quali imaging incoerente in modalità *scansione-trasmissione (STEM - HAADF) e olografia elettronica*.

Presso il laboratorio SENSOR del Dipartimento di Chimica e Fisica per l'Ingegneria e per i Materiali dell'Università di Brescia, Matteo Ferroni ha curato l'allestimento l'installazione di un microscopio elettronico SEM ad sorgente ad effetto di campo termicamente assistita per la caratterizzazione dei materiali nanostrutturati prodotti nelle attività di SENSOR.

L'attività di ricerca si è perciò rivolta allo sviluppo ed al perfezionamento delle tecniche di caratterizzazione di materiali nanostrutturati. Le osservazioni effettuate si inserivano in uno studio metodologico dei principi di formazione dell'immagine tramite scansione (incoherent imaging), e dei principi di rilevamento del segnale (imaging compositivo tramite elettroni trasmessi al SEM in modalità scansione-trasmissione). La ricerca così portava ad un duplice risultato: si individuano modalità operative e nuove metodologie utili alla caratterizzazione microstrutturale di campioni nanostrutturati e si raggiunge la capacità di caratterizzare campioni nanostrutturati ad un livello di sensibilità e di risoluzione spaziale adeguato per stabilire una correlazione tra struttura e proprietà funzionali basata su solide evidenze sperimentali. Il laboratorio di microscopia a scansione è aperto alla fruizione di ricercatori di altre facoltà e dipartimenti, che sfruttano le tecniche di caratterizzazione sviluppate a SENSOR per la caratterizzazione di campioni organici, inorganici e di sistemi ibridi organico-inorganico per studi in ambito bio-ingegneristico.

Nel corso del tempo, il microscopio SEM è stato equipaggiato con numerosi accessori, che consentono il pieno sfruttamento delle potenzialità del microscopio, sia come sistema di imaging che come strumento per nano-fabbricazione e nano-testing. Matteo Ferroni ha curato l'installazione e l'esercizio di una microanalisi EDX in dispersione di energia, un sistema di due nano-attuatori per la manipolazione e la misurazione elettrica in-situ di campioni di nanowires, un sistema di litografia elettronica per la fabbricazione di dispositivi a singolo nanowire, e un sistema di acquisizione del segnale di elettroni trasmessi al SEM (modalità STEM a bassa energia). Con queste implementazioni e miglioramenti strumentali, apportati grazie alle conoscenze acquisite tramite l'approccio metodologico alle osservazioni, è stato possibile ottenere una serie di risultati scientifici di rilievo, presentati a conferenze e pubblicati in articoli scientifici.

Insieme all'attività metodologia sulla microscopia elettronica, Ferroni Matteo ha continuato il suo impegno di ricerca nella preparazione e caratterizzazione di nanostrutture. Gli ultimi anni hanno visto la comparsa e l'affermazione delle strutture cosiddette quasi 1-dimensionali (nanofili) e tali sistemi sono stati oggetto della ricerca che principalmente è condotta nel laboratorio SENSOR. I nanofili di ossidi metallici sono sostanzialmente cristalli di ossidi ottenuti con tecniche di sintesi bottom-up. I particolari reattori di sintesi, originati dagli studi pionieristici sui whiskers di silicio, consentono di realizzare particolari condizioni termodinamiche che portano alla nucleazione e crescita di nanocristalli con elevatissimo rapporto lunghezza/sezione. Questi nanocristalli esibiscono un elevato

⁴ Comini, E.; Ferroni, M.; Guidi, V.; Faglia, G.; Martinelli, G.; Sberveglieri, G. "Nanostructured mixed oxides compounds for gas sensing applications" SENSOR ACTUAT B 2002, 84, 26-32 - **52 citazioni**

grado di cristallinità (fase cristallina, difetti, estesi, abito cristallino, terminazione delle superfici) e proprietà meccaniche e soprattutto elettriche molto differenti rispetto a quelle normalmente osservate in strati sottili o in materiali massivi dello stesso composto. Gli effetti di dimensione e di confinamento, che possono insorgere quando la sezione del cristallo si riduce a qualche nanometro, permettono di modificare le proprietà funzionali dei nanocristalli e di aprire la prospettiva di impegno come nuovi materiali funzionali in abito sensoristico, energetico, optoelettronico. Particolarmente promettenti appaiono essere le potenzialità dei nanowires in campo fotovoltaico (anodi innovativi in celle Dye-sensitized solar cells), eterostrutture (architetture di ossidi a carattere ionico per energy storage) e sistemi nanostrutturati ibridi (nanowires + quantum dots per celle eccitoniche), eterogiunzioni n-p (solid state light generation, thermoelectrics generators), emettitori di elettroni per sorgenti radiogene miniaturizzate.

L'attività di ricerca di Matteo Ferroni si inserisce nella caratterizzazione dei nanofili e nella fabbricazione dei prototipi di dispositivo per i test funzionali. Matteo Ferroni contribuisce alla ottimizzazione dei processi di fabbricazione e alla comprensione dei meccanismi di crescita dei nanofili nel caso di crescite tramite meccanismi noti come Vapore-Solido o Vapore-Liquido-Solido. L'attività di ricerca si svolge nell'ambito di numerosi progetti di ricerca finanziati dall'Unione Europea, dal MIUR, e dalla regione Lombardia, progetti al quale Matteo Ferroni partecipa come ricercatore. Matteo Ferroni presta anche opera come supervisore e tutore per giovani ricercatori e studenti che si specializzano nel laboratorio⁵.

ATTIVITA' RECENTE (ultimi tre anni)

Lo sviluppo della metodologia STEM e la progettazione di un detector ottimizzato, progettato e realizzato presso IMM, ha consentito la prima implementazione della tecnica della tomografia elettronica in un microscopio SEM. La tecnica della tomografia elettronica permette la ricostruzione tridimensionale a risoluzione nanometrica di un oggetto microscopico, secondo la sua densità e composizione locale, grazie alla robustezza dell'algoritmo di retroproiezione alla base delle tecniche di tomografia e alla elevata risoluzione spaziale offerta dalla tecnica STEM. Questa tecnica potrà introdurre nuove modalità operative nell'impiego del SEM, in quanto l'operatore potrà essere assistito da un calcolatore per tutta la fase di acquisizione e elaborazione delle immagini necessarie alla ricostruzione.

Lo sviluppo di prototipo di sistema topografico completo è stato inizialmente finanziato dalla Regione Lazio (FILAS) e ha avuto come partners IMM, Università di Roma "La Sapienza", ENEA Casaccia, Assing Italia. Lo sviluppo della metodologia tomografica ha portato al conseguimento di risultati scientifici interessanti anche per la microscopia di campioni biologici, risultati pubblicati in:

[1] Ferroni M, Signoroni A, Sanzogni A, Sberveglieri G, Migliori A, Ortolani L, Christian M, Masini L and Morandi V 2015 STEM electron tomography in the Scanning Electron Microscope *J. Phys.: Conf. Ser.* **644** 012012

[1] Ferroni M, Signoroni A, Sanzogni A and Masini L 2016 Biological application of Compressed Sensing Tomography in the Scanning Electron Microscope *Scientific reports*

Oltre alla attività di tomografia elettronica, Matteo Ferroni continua l'attività di caratterizzazione di nanostrutture per applicazioni funzionali, in collaborazione con Università degli Studi di Brescia, Università degli Studi di Ferrara, ove è membro del collegio di Dottorato di Ricerca e docente incaricato per il corso di Microscopia Elettronica nell'ambito della Laurea Specialistica in Fisica

⁵ Pubblicazioni scelte relative al periodo:

Merli, P.; Morandi, V.; Savini, G.; Ferroni, M.; Sberveglieri, G. "Scanning electron microscopy of dopant distribution in semiconductors" *APPL PHYS LETT* 2005, {86}, 101916. - **3 citazioni**.

Sberveglieri, G.; Baratto, C.; Comini, E.; Faglia, G.; Ferroni, M.; Ponzoni, A.; Vomiero, A. "Synthesis and characterization of semiconducting nanowires for gas sensing" *SENSOR ACTUAT B* 2007, 121, 208-213, 88 citazioni.

Vomiero, A.; Bianchi, S.; Comini, E.; Faglia, G.; Ferroni, M.; Sberveglieri, G. "Controlled growth and sensing properties of In2O3 nanowires" *CRYST GROWTH DES* 2007, 7, 2500-2504 - **43 citazioni**.

Vomiero, A.; Ferroni, M.; Comini, E.; Faglia, G.; Sberveglieri, G. "Preparation of radial and longitudinal nanosized heterostructures of In2O3 and SnO2" *NANO LETT.* 2007, 7, 3553-3558 - **21 citazioni**.

Comini, E.; Baratto, C.; Faglia, G.; Ferroni, M.; Vomiero, A.; Sberveglieri, G. "Quasi-one dimensional metal oxide semiconductors: Preparation, characterization and application as chemical sensors" *PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE* 2009, 54, 1-67 - **156 citazioni**.

Vomiero, A.; Ferroni, M.; Comini, E.; Faglia, G.; Sberveglieri, G. "Insight into the Formation Mechanism of One-Dimensional Indium Oxide Wires" *Cryst Growth Des* 2010, 10, 140-145 - 12 citazioni. Concina, I.; Natile, M. M.; Ferroni, M.; Migliori, A.; Morandi, V.; Ortolani, L.; Vomiero, A.; Sberveglieri, G. "CdSe Spherical Quantum Dots Stabilised by Thiomalic Acid: Biphasic Wet Synthesis and Characterisation" *CHEMPHYSICHEM* 2011, 12, 863-870 .

Soldano, C.; Comini, E.; Baratto, C.; Ferroni, M.; Faglia, G.; Sberveglieri, G. "Metal Oxides Mono-Dimensional Nanostructures for Gas Sensing and Light Emission" *J. AM. CERAM. Soc.* 2012, 95, 831-850 - **1 citazioni**.