

Dr. BIAGI Roberto - CV

- 1989: Laurea in Fisica (Univ. di Modena);
- 1993: Dottorato di Ricerca in Fisica (Consorzio Univ. Modena e Parma);
"Indagine HREELS delle eccitazioni collettive di un gas di holes: sistemi 3D e quasi-2D"
- 1993 - 2002: Assistente tecnico presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Modena;
- 1995 Feb-Ago e Dic: "Visiting Scientist" presso il Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) di Saclay (Francia), sezione superfici e interfacce (DRECAM-SRSIM);
- dal giugno 2002 è Ricercatore Confermato di Fisica Sperimentale;
- afferisce al Centro S3 - Istituto Nanoscienze – CNR;
- Section Board Member of "Materials"

In breve:

RB svolge attività di ricerca nell'ambito della linea "Nanoscienze e Nanotecnologie" del Dipartimento FIM dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, presso il laboratorio di Fisica delle Superfici SESAMO-MFE. L'attività di ricerca è di natura sperimentale nel campo della fisica della materia condensata, con particolare riguardo allo studio delle proprietà magnetiche, elettroniche e vibrazionali di sistemi a bassa dimensionalità e nanostrutture. L'attività sperimentale si svolge sia on-campus, utilizzando diverse tecniche, principalmente spettroscopie elettroniche (HREELS, XPS, UPS, LEED) e microscopia a scansione (STM, SEM, AFM), nonché presso laboratori internazionali di Luce di Sincrotrone, come ALBA(ES), DIAMOND(UK), ELETTRA(IT), ESRF(FR), SOLEIL(FR) utilizzando principalmente XAS, XMCD, XLD, GIXRD, XSW. In questi laboratori è stata svolta una rilevante attività nel contesto di numerosi progetti ammessi al tempo macchina, sia come proponente (7) che come partecipante (20+). L'interesse per i materiali per l'energia e per il trasferimento tecnologico si è recentemente esteso alle celle a combustibile, conseguentemente all'ottenimento di un finanziamento competitivo di Ateneo (FAR) relativo allo sviluppo di materiali innovativi per uno dei componenti di PEM-FCs (Proton Exchange Membrane Fuel Cell): i piatti bipolari. Si tratta del primo passo per un impegno diretto nelle attività relative all'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico, la cui importanza è ampiamente riconosciuta a livello mondiale, come testimoniato dagli ingentissimi finanziamenti destinati negli ultimi mesi a questa filiera. Come valore aggiunto, questa attività potrà svilupparsi entro il Centro di sviluppo sulla filiera dell'idrogeno, nato da qualche settimana a Modena dalla collaborazione tra UniMORE e SNAM, il Centro H2 MORE, punto di incontro tra le aziende del settore e le competenze interdisciplinari espresse dall'Ateneo. Sinergie per consentire un trasferimento tecnologico efficace, a sua volta motore dello sviluppo scientifico ed economico.

Come attestano le pubblicazioni, il lavoro di RB è caratterizzato da una stretta collaborazione con gruppi sia teorici che sperimentali, sia a livello nazionale che internazionale. Ha partecipato a diversi progetti, sia nazionali che finanziati dall'UE. Per il PRIN 2008 finanziato dal MIUR: "Controllare la struttura e le funzioni di nanostrutture organiche su superfici metalliche", è stato il responsabile locale.

È coautore di 65 articoli pubblicati su riviste internazionali, che hanno ottenuto ~1900 citazioni.

h-index = 24

orcid: 0000-0002-8849-1582

Più in dettaglio:

Conduce ricerche sperimentali nel campo delle Nano-scienze, della fisica delle superfici, interfacce e sistemi a bassa dimensionalità, per caratterizzare e comprendere a livello microscopico le loro proprietà strutturali, elettroniche e magnetiche, utilizzando prevalentemente spettroscopie elettroniche (Fotoemissione con luce ultravioletta (UPS), con raggi X (XPS), spettroscopia di perdita di energia degli elettroni ad alta risoluzione (HREELS), ed inoltre Diffrazione di Elettroni a Bassa Energia (LEED), microscopia a scansione di sonda (STM, AFM). Utilizza inoltre la spettroscopia di assorbimento di raggi X (XAS, dicroismo lineare XLD e circolare magnetico XMCD) e tecniche di indagine strutturale (GIXRD, XSW; Grazing Incidence X-ray Diffraction e X-ray Standing Wave) presso vari laboratori di luce di sincrotrone.

La sua attività è iniziata con lo studio della regione di carica spaziale sotto-superficiale dei semiconduttori e delle sue eccitazioni collettive caratteristiche (plasmoni), in particolare dello strato di accumulazione di carica quasi-2D indotto da drogaggio selettivo (delta-doping) e dall'adsorbimento di metalli alcalini su semiconduttori a piccola gap. Parallelamente ha investigato le proprietà elettroniche di queste interfacce. Durante sua permanenza a Parigi (otto mesi in due tranches) presso la divisione superfici del CEA, ha portato le proprie competenze sulla spettroscopia HREEL nell'implementazione dell'apparato sperimentale, poi applicato allo studio dei vibrazioni reticolari (fononi) dei metalli, affiancando la HREELS alla già esistente spettroscopia HAS (Helium Atom Spectroscopy).

Si è occupato della superficie di Si(111), sia passivata con idrogeno (1x1) che ricostruita 7x7 e la sua interazione con metalli alcalini e idrocarburi semplici fino alle fasi iniziali di crescita di carburo di silicio; delle proprietà strutturali, vibrazionali ed elettroniche delle superfici pulite di semiconduttori III-V e delle loro interfacce derivanti dall'interazione con gas e/o dalla deposizione di metalli e semi-metalli.

Si è occupato dello studio dell'interazione di molecole organiche tiolate semplici con la superficie (111) dell'oro, e in particolare del loro auto-assemblaggio, indagandone l'organizzazione strutturale e le proprietà elettroniche all'interfaccia (ibridazione tra gli stati della molecola e del substrato, trasferimento di carica, variazione della funzione lavoro). Sono state studiate le proprietà elettroniche di sistemi modello alla base del funzionamento delle celle fotovoltaiche "Dye-sensitized", mettendo in evidenza il ruolo del dipolo all'interfaccia tra la molecola "dye" e il substrato di metallo-ossido (ZnO).

L'attività sopra descritta ha incontrato l'allora emergente filone dei magneti molecolari, elementi di grande interesse per la spintronica. Si è quindi occupato dell'ancoraggio e all'auto-assemblaggio di questo tipo di molecole su superfici, con particolare riguardo agli effetti dell'interazione delle molecole con il substrato, allo scopo di preservarne le proprietà, ovvero di controllarle e/o conferirne di nuove. Nonostante la fase preliminare di definizione dei protocolli per la preparazione dei campioni e la loro effettiva realizzazione fosse realizzata on-campus sfruttando le tecniche di fisica delle superfici precedentemente citate, questi studi sono stati realizzati utilizzando principalmente spettroscopie di assorbimento di radiazione X (XAS) e del relativo dicroismo magnetico circolare (XMCD), oltre alla fotoemissione risonante e non, realizzati presso diversi laboratori di luce di sincrotrone dove ha maturato una rilevante esperienza.

In particolare:

- i) studio dell'ancoraggio mediante idonea funzionalizzazione di magneti molecolari basati sul cluster Mn_{12} su superfici metalliche non magnetiche e studio delle proprietà magnetiche delle molecole (isolate) depositate al fine di valutarne la perturbazione derivante dall'interazione con la superficie stessa;
- ii) studio dell'ancoraggio su oro di magneti molecolari di nuova sintesi ed elevato spin ed anisotropia magnetica, basati su un originale cluster Mn_6 ;
- iii) ancoraggio di anelli etero-metallici (Cr_7Ni) sulla superficie Au(111). Questi anelli anti-ferromagnetici, insieme ai quantum-dots, erano considerati tra i più promettenti candidati per la codifica di processi quantistici dell'informazione (QIP). Si sono studiati la deposizione e le proprietà strutturali e magnetiche delle

molecole isolate, al variare delle funzionalizzazioni destinate all'ancoraggio, con particolare attenzione al rilevamento della perturbazione subita nell'interazione con la superficie;

iv) crescita, struttura e proprietà magnetiche di magneti molecolari basati su terre rare ($REPC_2, RE=Tb, Er, Dy$) depositati su diversi substrati. Si è iniziato con la grafite (HOPG), trovando che le molecole si dispongono con un ordine orientazionale. Si è proseguito studiando l'interazione magnetica con un substrato ferromagnetico, il Ni(111). L'accoppiamento tra molecola-substrato è anti-ferromagnetico. Sul Ni(111) si può crescere abbastanza facilmente uno strato di grafene, consentendo lo studio della propagazione attraverso quest'ultimo dell'interazione di super-scambio, responsabile dell'accoppiamento magnetico tra substrato ferromagnetico e il momento magnetico della molecola, che risiede negli orbitali f dell'atomo di terra rara. L'associato studio teorico dimostrerà il ruolo dell'accoppiamento tra gli orbitali d di RE e la lacuna presente sulla coppia di ftalocianine nella trasmissione dell'interazione tra substrato e molecola. Lo studio si è successivamente arricchito con l'intercalazione di oro tra il grafene e la superficie del nickel, che comporta il disaccoppiamento (dal punto di vista elettronico) del grafene dal Ni.

Analoghi studi sono stati condotti con molecole di metallo-ftalocianina e porfirina;

v) i magneti molecolari sono caratterizzati dal possedere elevati valori dello spin e dell'anisotropia magnetica, responsabile della definita orientazione del momento magnetico rispetto alla struttura della molecola. Ci si è tuttavia anche occupati di molecole aventi un elevato valore del momento magnetico, ma magneticamente isotrope, cioè con anisotropia magnetica nulla, o molto bassa. Queste sono di interesse applicativo in quanto soggette all'effetto magneto-calorico, ovvero possono essere usate nel raffreddamento sfruttando la smagnetizzazione adiabatica. Gli studi condotti su due diverse classi di tali molecole hanno fornito la dimostrazione che l'effetto magneto-calorico è effettivamente una proprietà intrinseca della singola molecola, escludendo qualunque contributo cooperativo. In altre parole, le singole molecole costituiscono di per sé un elemento refrigerante, un risultato rilevante per le potenziali ricadute tecnologiche su dispositivi alla nanoscala.

vi) studio di crescita, evoluzione strutturale dell'autoassemblaggio, proprietà magnetiche ed elettroniche di molecole di ftalocianina di metallo di transizione ($MPC, M=Fe, Co, Cu$) depositate su superficie Au(110). Quest'ultima presenta una ricostruzione del tipo "missing row". Lo studio combinato LEED (a bassissima corrente), diffrazione X radente (GIXRD) e STM ha mostrato una bellissima evoluzione derivante dalla grande "plasticità" dell'oro: le molecole di MPC depositate, giacciono piatte su questa superficie e si auto-organizzano in righe, con una spaziatura che dipende dal ricoprimento, fino a raggiungere un monostrato compatto, e mantenendo un pieno ordine orientazionale. La disposizione piatta della molecola sulla superficie consente all'atomo metallico M di interagire direttamente con l'oro sottostante. La spettroscopia XMCD ha mostrato che i momenti di spin e orbitale sono fortemente perturbati da questa interazione per Fe e Co, mentre è minima nel caso del Cu. La ragione risiede nella diversa simmetria degli orbitali coinvolti.

Il grafene è un materiale con relevantissime proprietà, ma non può essere usato per costruire dispositivi elettronici perché non ha un gap elettronico. Uno dei modi per conferirlo è il confinamento quantistico lungo almeno una direzione. Si parla di nano-ribbons di grafene (GNR). Tuttavia, affinché le proprietà siano ben definite, questi devono essere costruiti con grande precisione a livello atomico. Il taglio di un nastro da un foglio è troppo grossolano. I GNRs devono essere cresciuti come tali. Una modalità sfrutta la superficie Au(111) come catalizzatore per la crescita di GNRs a partire da specifici precursori molecolari. Presso Institute for Polymer Research – Mainz, i GNRs venivano cresciuti per CVD (Chemical Vapour Deposition), ma la qualità non era molto elevata. Abbiamo quindi avviato una collaborazione per studiarne la crescita e l'evoluzione strutturale dell'auto-assemblaggio nelle condizioni controllate e pulite dell'ultra-alto vuoto (UHV) caratteristico della fisica delle superfici. È stata sfruttata la spettroscopia HREEL per studiare i GNRs dal punto di vista vibrazionale, con particolare riguardo alle vibrazioni C-H delle loro terminazioni periferiche.

Questo studio ha immediatamente mostrato che la qualità ottenuta in UHV era molto migliore di quella ottenuta per CVD fino a quel momento, nonché di fornire suggerimenti che hanno portato ad un consistente miglioramento della qualità CVD. Sulla base dell'esperienza acquisita, la collaborazione è proseguita per lo studio dell'evoluzione strutturale nel processo di crescita dei GNRs e della fusione laterale di un tipo di GNRs (armchair 5-GNR). Lo studio è stato poi esteso alle proprietà elettroniche, mostrando il carattere eccitonico dei primi stati eccitati dei GNRs.

Nell'ambito del progetto PRIN "EXC-INS" si è avviata l'attività sui dicalcogenuri 2D di metalli di transizione (TMDs). Questi sono una vasta classe di materiali costituiti da strati legati tra loro da interazioni van der Waals, quindi hanno caratteristiche essenzialmente 2D dal punto di vista elettronico. Strutturalmente sono analoghi al grafene, anch'essi con proprietà molto interessanti e saliti alla ribalta da pochi anni, quando le tecnologie di crescita sono state in grado di realizzarli. Il progetto PRIN è rivolto alla ricerca dell'instabilità eccitonica in materiali a basso gap e semimetalli, teoricamente prevista in linea di principio negli anni '60 da W.Kohn e ora accessibile sperimentalmente (e computazionalmente) per alcuni TMDs. Questi devono avere un energy gap minore dell'energia di legame dell'eccitone e non devono possedere, o avere intorno, portatori liberi, la cui azione di schermo indebolisce l'interazione coulombiana elettrone-lacuna, potendo pregiudicare la formazione dell'eccitone. L'indagine è basata sulla spettroscopia HREEL.

La gran parte dell'attività svolta e descritta finora ha sempre avuto lo sguardo sulle ricadute tecnologiche e allo sviluppo sostenibile, ma la sua natura è tale da porla piuttosto lontana dall'applicazione. Recentemente, in aggiunta alle attività tradizionali sopra descritte, l'interesse a livello internazionale per l'idrogeno come vettore energetico ha portato RB a prestare le proprie competenze di fisico di struttura della materia ad un gruppo multidisciplinare, composto da chimici, ingegneri ed economisti, con l'obiettivo di sviluppare materiali compositi innovativi per la realizzazione di uno degli elementi fondamentali della classe di celle a combustibile (FCs) usata nella mobilità leggera: i Piatti Bipolari (Bipolar Plates, BPs) per le PEM-FCs, (PEM=Proton Exchange Membrane, o anche Polymer Electrolyte Membrane). Questi BPs costituiscono gli elettrodi della FC. Devono raggiungere caratteristiche minime di diversi parametri, tra i quali resistenza meccanica, inerzia chimica, conducibilità e permeabilità ai gas. L'attività è svolta nell'ambito di un progetto di Ateneo (FAR "CARCOM"), ma la sua natura molto vicina all'applicazione ci ha portato a prendere contatto con diverse aziende che, a vario titolo, hanno interesse ad entrare, ampliare o disporre in esclusiva di parti innovative. L'interesse delle aziende è stato decisamente alto, e con alcune di queste è stata avviata una collaborazione operativa con l'obiettivo di valutare gli aspetti legati alla produzione industriale dei BPs a partire dal materiale prodotto. Il lavoro svolto ha prodotto una prima pubblicazione, ma da quella sono stati compiuti molti progressi. Le caratteristiche del materiale stampato con modalità industriali sono ora molto vicine a soddisfare tutti i requisiti e si sta pensando di valutare la brevettabilità della formula. Quanto descritto potrebbe essere solo il primo passo nel trasferimento tecnologico nella filiera dell'idrogeno, che a Modena vede il neonato Centro H2-MORE, dove UniMORE e SNAM intendono far convergere le competenze del territorio e creare le sinergie tra accademia, industria e tutti i portatori di interesse per un efficace sviluppo scientifico, tecnico ed economico.

Direzione o partecipazione alle attività di un gruppo di ricerca caratterizzato da collaborazioni a livello nazionale o internazionale

PAIS INFM "Si-C surface alloys formation by acetylene on Si(111): a structural and electronic properties investigation" (SICSAF)

dal 01-01-1999 al 31-12-2001

partecipante

FIRB-MIUR Negoziale: "Nanodispositivi molecolari"

dal 01-01-2002 al 31-12-2004

partecipante

FIRB-MIUR Negoziale: "Nano-organizzazione di molecole ibride inorganiche/organiche con proprietà magnetiche ed ottiche"

dal 01-01-2002 al 31-12-2004

partecipante

QuEMolNa: European Research Training Network on "Quantum Effects in Molecular Nanomagnets"

dal 01-05-2004 al 31-05-2008

partecipante

MAGMANet: European Network Of Excellence on "Molecular Approach to Nanomagnets and Multifunctional Materials"

dal 01-05-2005 al 31-10-2009

partecipante

PRIN-MIUR "Un approccio sperimentale verso qubits molecolari"

dal 09-02-2007 al 09-02-2009

partecipante

PRIN-MIUR: "Auto-organizzazione di ftalocianine su substrati con nanostrutturazione magnetica. Analisi dell'ordine molecolare, degli stati elettronici e dell'ordine magnetico. "

dal 22-03-2010 al 22-09-2012

RESPONSABILE di unità locale

PRIN-MIUR: "Frontiere della ricerca sul grafene: comprensione e controllo di funzionalità avanzate"

dal 01-02-2013 al 01-02-2016

partecipante

PRIN-MIUR "Excitonic insulator in two-dimensional long-range interacting systems (EXC-INS)"

dal 19-08-2019 (36 mesi)

Partecipante

Responsabile scientifico dei seguenti progetti, approvati, selezionati e ammessi sulla base di bandi competitivi che prevedono la revisione tra pari, da panel di selezione internazionali:

ESRF – HE-2352:

“Investigation, by XMCD and XAS, of the magnetic and electronic properties of a 2-D self-assembled monolayer of the bis(phthalocyaninato)terbium(III) single-molecule magnets”

dal 11-05-2007 al 18-05-2007

Elettra - 2006851

"Blocking temperature dependence on ligand-hole of the bis(phthalocyaninato)terbium(III) single-molecule magnets”

dal 07-06-2007 al 11-06-2007

Elettra - 20085408:

“XAS investigation of the chemical stability of the Mn₁₂ molecular nanomagnet deposited on surfaces”

dal 23-06-2009 al 28-06-2009

ESRF - HE-3394: “Magnetic

properties of FePc and CoPc ordered arrays on Au(110): influence of 3d metal-substrate interaction”

dal 14-10-2010 al 25-10-2010

ESRF - HE-3626:

"Magnetic properties of CuPc vs CoPc and FePc ordered arrays on Au(110): influence of 3d metal-substrate interaction"

dal 24-10-2011 al 30-10-2011

ALBA – 2015021259:

“Magnetic properties of quasi-freestanding graphene/Au/Ni(111) system investigated using molecular probes”

dal 23-11-2015 al 02-12-2015

Elettra - 20150513:

“Giant Rashba spin-splitting in G/Au/Ni(111): investigation of its dependence on molecule interaction”

dal 15-12-2015 al 22-12-2015

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

- K. Muellen, A. Narita (Institute for Polymer Research – Mainz Germania):

Crescita e proprietà vibrazionali ed elettroniche di nano-ribbons auto-assemblati (cfr. J. Am. Chem. Soc. 2017, 139, 10.1021/jacs.7b05055);

- H. Wende (Univ. Duisburg Germania), M. Ruben (Karlsruhe Inst. Techn. Germania):

Crescita e proprietà magnetiche delle interfacce fra magneti molecolari (LnPc₂)¹ e molecole paramagnetiche (TMPc)² con substrati magnetici [Ni(111)], anche con intercalazione di grafene e di oro tra grafene e nickel;

- J. Veciana (ICMAB CSIC – Barcellona, Spagna):

Crescita, struttura e proprietà magnetiche di magneti molecolari (TbPc₂) depositati su grafite (HOPG);

- E. K. Brechin (Univ. Edinburgh, UK), E.J.L. McInnes (Univ. of Manchester, UK):

Verifica a livello di singola molecola dell'effetto magneto-calorico in cluster molecolari isolati depositati su superfici; con il primo, anche lo studio dell'ancoraggio su oro di magneti molecolari di nuova sintesi ed elevato spin ed anisotropia magnetica, basati su un originale cluster Mn₆;

- E. Coronado (Univ. Valencia, Spagna):

studio dell'ancoraggio mediante idonea funzionalizzazione di magneti molecolari basati sul cluster Mn₁₂ su superfici metalliche non magnetiche e studio delle proprietà magnetiche delle molecole (isolate) depositate al fine di valutarne la perturbazione derivante dall'interazione con la superficie stessa;

- R.E.P. Winpenny (Univ. Manchester - UK):

Ancoraggio di anelli etero-metallici (Cr₇Ni) su oro per la codifica di qubit. Studio di diverse funzionalizzazioni, crescita e studio delle proprietà strutturali e magnetiche, con particolare riferimento alla perturbazione, su queste ultime, derivante dall'interazione con la superficie.

COLLABORAZIONI NAZIONALI:

- E. Molinari (FIM- CNR-Nano), M. Rontani (CNR –NANO),

ricerca dell'instabilità eccitonica in materiali a basso gap e semimetalli, teoricamente prevista in linea di principio negli anni '60 da W.Kohn, Si ritiene che questa sia ora accessibile sperimentalmente (e computazionalmente) per alcuni dicalcogenuri 2D di metalli di transizione (TMDs), nella forma di singoli strati cresciuti su materiali pressoché isolanti, al fine di contenere lo schermo da portatori liberi che tenderebbe ad indebolire l'interazione coulombiana elettrone-lacuna, pregiudicando così la formazione dell'eccitone. Progetto PRIN "EXC-INS". Excitonic insulator in two-dimensional long-range interacting systems", partito ad agosto 2019;

- E. Molinari (FIM- CNR-Nano), A. Morgante (Univ. Trieste e CNR –IOM),

crescita, evoluzione strutturale dell'auto-assemblaggio, proprietà elettroniche e vibrazionali di nano-ribbons di grafene cresciuti su Au(111). Progetto PRIN "GRAF". Frontiere della ricerca sul grafene: comprensione e controllo di funzionalità avanzate";

¹ Pc = ftalocianina

² TM = atomo di metallo di transizione

- M.G. Betti, C. Mariani (Univ. "La Sapienza", Roma), G.Rossi (Univ. Milano), S.Fabris (SISSA, Trieste) , crescita, evoluzione strutturale dell' autoassemblaggio, proprietà magnetiche ed elettroniche di molecole di ftalocianina di metallo di transizione depositate su superficie Au(110). Progetto PRIN " Controllare la struttura e le funzioni di nanostrutture organiche su superfici metalliche"
(RB responsabile scientifico locale).

Attribuzione di incarichi di ricerca presso qualificati atenei e istituti di ricerca esteri o sovranazionali

Visiting Scientist presso Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) di Saclay (Francia), sezione superfici e Interfacce (DRECAM-SRSIM).

Implementazione di sistema di spettroscopia HREELS in affiancamento ad esistente sistema a scattering di elio (HAS) e sua applicazione allo studio di fononi di superficie in metalli. [Phys. Rev. B, 61, 5714, (2000)].

dal 31-01-1995 al 21-08-1995 e dal 03-12-1995 al 17-12-1995

Riconoscimenti per l'attività scientifica

- Copertina Inorganic Chemistry 49, 2 (2010)
- Highlights ESRF 2011
- Highlights 2013 SOLEIL
- Highlights SOLEIL 2014

ATTIVITÀ DIDATTICA:

- dall'a.a. 2002/03 a oggi

docente del corso di "LABORATORIO DI FISICA DELLA MATERIA", corso di laurea triennale in Fisica.

Il corso ha una durata 90 ore e assegna 9 crediti;

- dall'a.a. 2003/04 al 2008-09

docente del corso di "LABORATORIO DI FISICA", corso di laurea triennale in Chimica;