

CURRICULUM DELL'ATTIVITA' SCIENTIFICA E DIDATTICA **(redatto ai sensi degli Artt. 46 e 47 del D.P.R. 28.12.2000, n. 445)**

Il sottoscritto FRANCESCO RUFFINO, nato a Siracusa (SR) il 04/03/1980, residente in Viagrande (CT), via Saugo n. 14, codice di identificazione personale (cod. Fiscale) RFFFNC80C04I754V, consapevole, ai sensi dell'art. 76 del D.P.R. 445/2000, che dichiarazioni mendaci, formazione o uso di atti falsi sono puniti ai sensi del codice penale e delle leggi speciali in materia,

DICHIARA quanto segue:

INFORMAZIONI PERSONALI

- * Nazionalità: italiana
- * Data di nascita: 4 Marzo 1980
- * Luogo di nascita: Siracusa
- * Stato civile: coniugato
- * Codice fiscale: RFFFNC80C04I754V
- * Residenza: via Saugo n. 14, 95029 Viagrande-Catania
- * email: francesco.ruffino@ct.infn.it
- * Tel : +39 3471880281 (cellulare)

SINTESI COMPETENZE E ATTIVITÀ DI RICERCA

L'attività scientifica svolta da Francesco Ruffino è di carattere sperimentale nel campo della Fisica dei Materiali e le problematiche affrontate saranno successivamente descritte in maniera dettagliata.

Francesco Ruffino è attualmente ricercatore tempo indeterminato non confermato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia della Università di Catania, dove svolge una ricerca sulla realizzazione e studio delle proprietà chimico-fisiche di materiali e dispositivi nanostrutturati basati su nanostrutture metalliche utilizzando avanzate tecniche di fabbricazione e analisi.

L'attività di Francesco Ruffino si è svolta in massima parte presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania all'interno del gruppo della prof.ssa Maria Grazia Grimaldi, tuttavia grazie a numerose **collaborazioni scientifiche**, ha interagito con enti di ricerca pubblici nazionali quali **"l'Istituto di Microelettronica e Microsistemi" (IMM, Catania)**, il **"Center of Materials and Technologies for Information, Communication and Solar Energy" (MATIS, Catania)** facenti parte del Consiglio Nazionale delle Ricerche, ed il **"Consorzio Catania Ricerche"**. Ha, inoltre, interagito e collaborato con il laboratorio francese di ricerca **"Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, Paris, France)"** nell'ambito di un progetto di ricerca europeo Marie-Curie, sotto la supervisione del Dott. Giancarlo Rizza e del Prof. Jean-Eric Wegrowe. Ha instaurato una collaborazione scientifica con **l'Islamic Azad University, Central Tehran Branch**, nella persona della Prof.ssa Salimeh Kimiagar, che ha portato all'utilizzo di laser di potenza per la nanostrutturazione di sottili film metallici su substrati trasparenti e conduttivi (si veda la sezione "Collaborazioni scientifiche nazionale e internazionali"). Nel corso dell'attività svolta Francesco Ruffino ha sempre operato all'interno di un gruppo di ricerca, affinando le proprie competenze relazionali e maturando capacità organizzative e di coordinamento.

L'esperienza di formazione e ricerca scientifica, iniziata durante il periodo di tesi di laurea (2003-2004) e proseguita durante il dottorato di ricerca (2005-2008) e il successivo assegno di ricerca (2008-2012), è stata continuativa e volta allo studio fisico delle proprietà strutturali ed elettriche di materiali nanostrutturati basati su nanocristalli metallici per applicazioni nanotecnologiche e nanoelettroniche. In particolare l'attività di ricerca di Francesco Ruffino è rivolta alla fabbricazione ed allo studio delle

proprietà strutturali, elettriche e ottiche di strutture metalliche e semiconduttrici a bassa dimensionalità in connessione a matrici e substrati sia isolanti che semiconduttori. Tale ricerca è di particolare rilevanza per lo sviluppo di nanotecnologie e nanodispositivi di nuova generazione per applicazioni elettroniche, ottiche, sensoristiche, mediche, biotecnologiche, fotovoltaiche. Francesco Ruffino ha contribuito allo studio delle proprietà di diodi e transistor nanostrutturati, ed alla caratterizzazione di materiali nanostrutturati fabbricati per autoaggregazione. Di recente interesse (2010-2012) è lo studio rivolto a metodologie per un efficiente drogaggio di nanostrutture in Si e, una volta drogate tali nanostrutture, l'analisi delle loro proprietà elettriche ed ottiche. Tale studio ha risvolti significativi nel campo del fotovoltaico di terza generazione. Altrettanto recente è l'attività rivolta alla ricerca di metodologie di fabbricazione di materiali ibridi organici/inorganici nanostrutturati (quali ad esempio nanocompositi polimeri/nanostrutture metalliche) ed allo studio delle loro proprietà elettriche (2011-incorso), di materiali unidimensionali nanocompositi metallo-isolante (nanofili di ossido di silicio decorati con nanoparticelle metalliche, 2012-in corso), di materiali bidimensionali nanocompositi (fogli di grafene decorati con nanoparticelle metalliche, 2012-in corso) e proprietà plasmoniche e di scattering Raman di nanostrutture metalliche a morfologia complessa (2013-in corso).

Nel corso del 2011 Francesco Ruffino partecipa all'iniziativa europea "People-Intra-European Fellowship for Career Development-2011" del settimo programma quadro europeo. In particolare, partecipa a tale iniziativa europea sottomettendo, in collaborazione con il Dott. Giancarlo Rizza e il Prof. Jean-Eric Wegrove del "Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, Paris, France)", il progetto **TAPIR** (Transport Properties of Ion-beam shaped metallic nanowires in vertical geometry, proposal number: 298531).

La "Research Executive Agency (REA)" giudica positivamente tale progetto (è uno dei circa 600 progetti europei selezionati su un totale di 2529 progetti presentati) assegnandogli un finanziamento di 201932,40 euro.

Tale progetto prevede la permanenza di Francesco Ruffino, da Giugno 2012 e per un totale di 24 mesi, presso il "Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives, Paris, France) sotto la supervisione del Dott. Giancarlo Rizza e del Prof. Jean-Eric Wegrove per lo svolgimento dello stesso. Nel Giugno 2012 inizia la sua attività, presso tale laboratorio, inerente il progetto TAPIR. Nel corso di tale attività si dedica all'apprendimento di tecniche di sintesi chimica di nanoparticelle metalliche (Au e Co) monodisperse in dimensione e forma, allo sviluppo di metodologie per il trasferimento di tali nanoparticelle da soluzione a superfici, alla loro modifica morfologica da nanoparticelle a nanofili tramite irraggiamenti ionici ad alta energia (presso l'acceleratore ionico GANIL, Grand accélérateur d'Ions Lourds, Caen, Francia), e alla caratterizzazione strutturale ed ottica delle nanoparticelle e nanofili prodotti.

Nel corso dell'attività di ricerca Francesco Ruffino ha acquisito una notevole padronanza nell'utilizzo di numerose attrezzature relative sia alla preparazione che all'analisi dei materiali. In particolare, per quanto concerne la preparazione dei materiali Francesco Ruffino ha sempre eseguito personalmente le operazioni di:

- * **Impiantazione ionica** (presso il laboratorio di Fasci ionici, diretto dalla Prof.ssa M. G. Grimaldi, del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Catania),
- * **Trattamenti termici** convenzionali (utilizzando i forni a flusso e rapid thermal annealing installati sia presso i laboratori del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Catania che presso i laboratori dell'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi-Consiglio Nazionale delle Ricerche),
- * Deposizione di film sottili tramite **deposizione fisica da fase vapore** (utilizzando l'apparato presente presso i laboratori dell'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi-Consiglio Nazionale delle Ricerche),
- * Deposizione di film sottili tramite deposizione via "**sputtering**" (utilizzando il sistema K500X della EMITECH installato presso i laboratori del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Catania).

Per quanto concerne l'analisi dei materiali Francesco Ruffino ha sempre eseguito personalmente le operazioni di:

- * Caratterizzazione strutturale tramite **Microscopia a forza atomica** (AFM) utilizzando i sistemi "Dimension 3100", "Nanoscope V" della Veeco Instruments e "XE-150" della Park

Systems nelle modalità “contact”, “non-contact”, “phase imaging”, “nanolithography”, etc. installati presso il laboratorio di microscopia a forza atomica diretto dal Dott. Vito Raineri dell’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi-Consiglio Nazionale delle Ricerche, ed il sistema “Innova” della Veeco Instruments installato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania,

- * Caratterizzazione strutturale tramite **Microscopia a scansione tunnel** (STM) utilizzando il sistema “Innova” della Veeco Instruments installato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania,
- * Caratterizzazione strutturale tramite **Microscopia a scansione elettronica** (SEM) utilizzando il sistema FEG-SEM SUPRA 25 (ZEISS Production) installato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania, ed il sistema HITACHI-FESEM (Hitachi Production) S4800 installato presso il Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France),
- * Caratterizzazione strutturale tramite **Ellissometria** utilizzando il sistema installato presso i laboratori dell’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi-Consiglio Nazionale delle Ricerche,
- * Caratterizzazione elettrica tramite **misure di resistenza di strato ed effetto Hall** (in configurazione Van Der Pauw), a due e quattro punte acquisite nel laboratorio di misure elettriche del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania utilizzando il sistema “BIORAD”,
- * Caratterizzazione elettrica tramite **Microscopia a forza atomica conduttiva** (C-AFM) utilizzando il sistema “Dimension 3100” della Veeco Instruments installato presso il laboratorio di microscopia a forza atomica diretto dal Dott. Vito Raineri dell’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi-Consiglio Nazionale delle Ricerche, ed il sistema “Innova” della Veeco Instruments installato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania,
- * Caratterizzazione elettrica tramite **Microscopia a scansione tunnel** utilizzando il sistema “Innova” della Veeco Instruments installato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania
- * **Diffrazione da raggi X** utilizzando il diffrattometro Bruker D5005 (sia in configurazione Bragg-Brentano che in configurazione ad angolo radente) installato presso il Dipartimento di Scienze Chimiche dell’Università di Catania.
- * **Spettrometria di ioni retrodiffusi alla Rutherford** utilizzando l’acceleratore Singletron HVEE installato presso i laboratori del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università degli Studi di Catania e sotto la responsabilità della prof. ssa Maria Grazia Grimaldi.
- * **Microscopia elettronica in trasmissione (TEM)**: acquisite presso i laboratori dell’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi del Consiglio Nazionale delle Ricerche, dove sono installati i due microscopi in trasmissione elettronica JEOL 2010 e JEOL 2010F, ed utilizzando in prima persona, in particolare, il microscopio in trasmissione elettronica “Phillipis CM30” installato presso il Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France).

E’ opportuno sottolineare che Francesco Ruffino ha utilizzato le attrezzature necessarie alla preparazione ed analisi dei materiali in maniera completamente autonoma, essendo il contributo del personale tecnico limitato alla manutenzione delle attrezzature stesse. Francesco Ruffino ha inoltre competenze nell’utilizzo delle tecniche di:

- * **Spettroscopia di struttura fine da assorbimento esteso di raggi X (EXAFS)**: acquisite presso la “beam-line 08 (“GILDA”) dell’Istituto internazionale di ricerca ESRF (**European Synchrotron Radiation Facility**), Grenoble (Francia), durante l’esperienza internazionale MA/961 (analisi EXAFS di film sottili di calcogenuri GeSbTe, GeTe).
- * **Sintesi chimica di nanoparticelle di oro colloidali monodisperse in dimensione, con dimensione variabile da 20 a 40 nm utilizzando varianti del classico metodo Turkevich.** Tali competenze sono state acquisite da Francesco Ruffino presso la “facility” di sintesi chimica del Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France).

La partecipazione attiva di Francesco Ruffino ai lavori per l’installazione e testing del Microscopio a forza atomica “Innova” della Veeco Instruments presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia

dell'Università di Catania è stata fondamentale nella formazione delle competenze sperimentali di Francesco Ruffino, che includono anche la completa autonomia nell'utilizzo di tale strumento, e nella successiva attività di gestione dello stesso.

Francesco Ruffino è autore, dal 2006 ad oggi, di **70 pubblicazioni** su riviste scientifiche internazionali **1 capitolo di libro** ed **1 nota tecnica** (riportate di seguito nella sezione "Pubblicazioni"), e di vari contributi a conferenze internazionali (riportate di seguito nella sezione "Partecipazione a Congressi e Scuole"). Per quanto riguarda le pubblicazioni, l'ordine dei nomi degli autori fornisce la chiave di lettura del coinvolgimento del singolo autore secondo la prassi da noi seguita: il primo nome è quello dell'investigatore principale, e di seguito i nomi dei ricercatori che hanno contribuito in maniera significativa allo svolgimento del lavoro, ma che sono coinvolti in misura minore. Riguardo alle pubblicazioni, sono da segnalare 6 articoli pubblicati su **Applied Physics Letters**, 11 su **Journal of Applied Physics**, 2 su **Materials Letters**, 4 su **Nanoscale Research Letters**, 3 su **Applied Surface Science**, e, tra gli altri, 1 "invited paper" su **Applied Physics A** e 2 articoli su **Nanotechnology** di cui 1 scelto dall'editore come "featured article" e copertina della stessa rivista per il numero del 3 Febbraio 2012, 1 "feature article" su **Physica Status Solidi A**. Per quanto riguarda la partecipazione a scuole e congressi, Francesco Ruffino ha partecipato a 18 congressi (nazionali ed internazionali), 2 scuole, ha preso parte ad un esperimento internazionale presso il sincrotrone di Grenoble (Francia), ed ha partecipato al kick-off meeting di un progetto di ricerca internazionale (PROPHET, Postgraduate Research on Photonics as an Enabling Technology). In particolare, ha presentato i risultati del proprio lavoro di ricerca in **16 relazioni orali (di cui una su invito) e 21 posters presso prestigiosi congressi nazionali ed internazionali**, si veda sezione "Partecipazione a congressi e scuole", suscitando sempre un notevole interesse nella comunità scientifica ai temi trattati. In particolare ha vinto, nel 2006 e nel 2007, **il premio internazionale "Young Scientist Award" della "European Materials Research Society"**; nel 2011 **il premio di studio per giovani studiosi bandito dall'Accademia Gioenia di Catania per l'ambito tecnico-scientifico inerente la scienza e tecnologia dei materiali**; nel 2014 **il premio Giovan Pietro Grimaldi per la fisica bandito dalla omonima fondazione e dalla Accademia Gioenia di Catania per uno studioso o studiosa di età inferiore a 40 anni (alla data del 31/12/2013) operante presso una delle Università siciliane o in Centri di Ricerca Pubblici operanti in Sicilia, che abbia conseguito nel corso del quinquennio 2009-2013 risultati di assoluto rilievo internazionale nel campo della Fisica**. È anche coautore di vari contributi a conferenze internazionali (**10 relazioni orali, di cui una su invito, e 21 posters**) tenute da altri ricercatori (si veda la sezione "Coautore di relazioni a congressi") a testimonianza del suo coinvolgimento multidisciplinare in diverse attività di ricerca scientifica. Ha, anche, effettuato una ampia attività didattica presso l'Università degli Studi di Catania (si veda sezione "Attività didattica") avendo tenuto a più riprese esercitazioni relative alle materie "Fisica 3" del corso di Laurea in Informatica, e "Struttura della Materia" del corso di Laurea in Fisica, ed essendo stato nominato **"Cultore della Materia di Fisica I"** in relazione al corso di Laurea in Fisica. Ha svolto le esercitazioni per il corso di Fisica I relativo al corso di Laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania negli anni accademici 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015. È stato titolare del corso di Fisica (9 cfu) per il corso di Laurea in Tossicologia dell'Ambiente e degli Alimenti dell'Università degli studi di Catania per l'anno accademico 2012-2013. È stato titolare del corso di Fisica (6 cfu) per il corso di Laurea in Scienze Farmaceutiche Applicate dell'Università degli studi di Catania per gli anni accademici 2013-2014, 2014-2015. Ha tenuto numerose lezioni nell'ambito di dottorati di ricerca, scuole internazionali e master. È stato relatore di 1 tesi di Laurea in Fisica, co-relatore di 1 tesi di Laurea in Fisica e supervisore di 1 tesi di Dottorato di Ricerca in Scienza e Tecnologia dei Materiali. Nell'Ottobre 2011 è risultato **idoneo** (con punteggio 84.002/110) al concorso n. 364.100, codice CT57/2 (concorso pubblico per titoli ed esami per l'assunzione con contratto a tempo indeterminato di complessive trenta unità di personale profili ricercatore terzo livello presso Istituti/Strutture del CNR) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, **Area scientifica:** Scienze fisiche, **Profilo:** Ricercatore terzo livello, **Linea strategica:** Dispositivi e sensori innovativi, **Tematica di lavoro:** Nanostrutture per applicazioni in micro ed optoelettronica. Riceve, inoltre, il seguente giudizio collegiale relativamente procedura di valutazione comparativa ad un posto di ricercatore universitario del settore scientifico disciplinare FIS/03 - FISICA DELLA MATERIA, Facoltà di SCIENZE MM.FF.NN. dell'UNIVERSITA' degli STUDI di CATANIA (D.R. 13223 del 23.12.2009): *"Dall'esame comparato e tenendo conto di tutti gli elementi in suo possesso, curriculum, titoli, pubblicazioni e audizioni dei candidati la commissione all'unanimità ritiene che il candidato sia meritevole di più che buona considerazione ai fini della presente"*

valutazione comparativa.”. In data 1 Ottobre 2012 prende servizio presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania in qualità di Ricercatore in Fisica Sperimentale della Materia.

In Febbraio 2015, l’Università degli Studi di Catania valuta positivamente (classificato ventesimo su quarantadue nel settore Physical Sciences and Engineering, <http://www.unict.it/sites/default/files/Graduatoria%20FIR%20Albo.pdf>) il progetto FIR 2014 (Finanziamento alla Ricerca 2014) **“Microsensori per misure di deboli campi magnetici per caratterizzazione di accumuli metallici nelle malattie neurodegenerative”**, a cui Francesco Ruffino partecipa in qualità di componente (responsabile: Prof. S. Baglio, Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica ed Informatica dell’Università degli Studi di Catania), assegnandoli un finanziamento di 20147,06 euro.

A Giugno 2015 risultano indicizzati dal database mondiale ISI Web of Knowledge, **64 pubblicazioni di Francesco Ruffino, con un numero totale di citazioni ricevute da queste pari a 428 (numero medio di citazioni per articolo pari a 6.69). L’h-index (indice di Hirsch) raggiunto da Francesco Ruffino è pari a 12.**

Riceve valutazione positiva in merito all’abilitazione scientifica nazionale a **Professore Associato per il settore 02/B1 - FISICA SPERIMENTALE DELLA MATERIA, relativamente alla tornata 2013** (<https://asn.cineca.it/ministero.php/public/esito/settore/02%252FB1/fascia/2>). Per cui risulta abilitato al ruolo di **Professore Associato, per il settore di cui sopra, per il periodo 13/10/2014-13/10/2020.**

FORMAZIONE PROFESSIONALE

- 1994-1999 Frequenta il liceo scientifico statale "O. M. Corbino" di Siracusa, conseguendo il **Diploma di Maturità Scientifica** nel luglio dell'anno 1999 con voti **100/100**.
- 1999-2004 Frequenta il corso di Laurea in Fisica presso l’Università di Catania. Durante ciascuno dei 4 anni accademici del corso regolare di studi riceve il premio annuale di incentivazione assegnato dall’Opera Universitaria di Catania in base a criteri di merito.
- 2004 27 Aprile 2004: consegue la **Laurea in Fisica** presso l’Università di Catania, con voti **110 su 110 e lode**, discutendo una tesi sperimentale dal titolo ***Proprietà di Trasporto Elettronico in Sistemi Mesoscopici***, relatori: Prof.ssa M. G. Grimaldi, Dott. G. Piccitto
- 2004 Giugno-Luglio 2004: ottiene un **contratto a progetto** per attività di collaborazione al fine della ricerca scientifica con il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università degli Studi di Catania nell’ambito del progetto di ricerca ***“Caratterizzazione di materiali nanocompositi”*** sotto la responsabilità della Prof.ssa Maria Grazia Grimaldi.
- 2005 Aprile 2005: vince il concorso per l’ammissione al XX ciclo del Corso di Dottorato di Ricerca in Scienza dei Materiali dell’Università di Catania, **classificandosi al 1° posto**. Frequenta regolarmente i tre anni di tale corso (2005-2008), sotto la supervisione della Prof.ssa Maria Grazia Grimaldi.
- 2005-2016 È associato al centro CNR-IMM MATIS con sede a Catania.
- 2006 27 Marzo-19 Aprile: partecipa al corso su ***“Microscopia in trasmissione elettronica”*** tenuto dal Dr. C. Spinella, del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto per la Microelettronica e Microsistemi, nell’ambito delle attività di studio del Dottorato di Ricerca in Scienza dei Materiali (XX ciclo) dell’Università degli Studi di Catania.
- 2-4 Maggio: partecipa al corso su ***“Microscopia a scansione elettronica”*** tenuto dal Dr. A. La Mantia, della STMicroelectronics di Catania, nell’ambito delle attività di studio del Dottorato di Ricerca in Scienza dei Materiali (XX ciclo) dell’Università degli Studi di Catania.

8-15 Maggio: partecipa al corso su “Microscopia a forza atomica” tenuto dal Dr. V. Raineri, del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto per la Microelettronica e Microsistemi, nell’ambito delle attività di studio del Dottorato di Ricerca in Scienza dei Materiali (XX ciclo) dell’Università degli Studi di Catania.

- 2008 25 Settembre 2008: sostiene l’esame per il conseguimento del titolo di **Dottore di Ricerca in Scienza dei Materiali** presso l’Università di Catania, discutendo la tesi di dottorato intitolata “**Nanostructured Materials and Devices based on Metallic Nanoclusters**” (disponibile on-line al sito: www.matis.infm.it/pdf/Ruffino-PhDThesis.pdf), con esito **molto positivo e menzione di lode** da parte della Commissione giudicatrice.
- 2008 Giugno 2008: ottiene un **contratto a progetto** per attività di collaborazione al fine della ricerca scientifica con il Consorzio Catania Ricerche nell’ambito del progetto di ricerca “PLASTICS”, con il compito della “**Caratterizzazione strutturale di substrati plastici innovativi su cui realizzare dispositivi elettronici**”.
- 2008 Ottobre 2008: vince la selezione pubblica per un **assegno di ricerca per il settore disciplinare FIS/01 “Fisica Sperimentale”** della durata di un anno, sul programma di ricerca “**Caratterizzazione strutturale ed elettrica di nanograni in isolanti**”, tema di ricerca “Fisica delle Nanostrutture”.
- 2009 Novembre 2009: l’**assegno di ricerca** per il settore disciplinare FIS/01 “Fisica Sperimentale” della durata di un anno, sul programma di ricerca “**Caratterizzazione strutturale ed elettrica di nanograni in isolanti**”, tema di ricerca “Fisica delle Nanostrutture” viene rinnovato per un altro anno.
- 2010 Novembre: l’**assegno di ricerca** per il settore disciplinare FIS/01 “Fisica Sperimentale” della durata di un anno, sul programma di ricerca “**Caratterizzazione strutturale ed elettrica di nanograni in isolanti**”, tema di ricerca “Fisica delle Nanostrutture” viene rinnovato per un altro anno.
- Dicembre: riceve il seguente giudizio relativamente alla procedura di valutazione comparativa ad un posto di ricercatore universitario del settore scientifico disciplinare FIS/03 - FISICA DELLA MATERIA, Facoltà di SCIENZE MM.FF.NN. dell’UNIVERSITA' degli STUDI di CATANIA (D.R. 13223 del 23.12.2009)
- Giudizio del prof. Ennio Arimondo
“..... Sulla base dei risultati conseguiti, della loro rilevanza scientifica, della collocazione editoriale delle riviste contenenti le pubblicazioni presentate, l’attività di ricerca svolta dal dott. Ruffino Francesco è di ottimo livello.”.
- Giudizio del prof. Sandro Pace
“..... sulla base dei criteri approvati nel verbale 1 dall’analisi della documentazione presentata e dalla discussione dei titoli, il giudizio complessivo sui titoli del candidato è molto buono ed ottimo è il giudizio complessivo sulle pubblicazioni del candidato.”.
- Giudizio del prof. Giuseppe Faraci
“...Giudizio globale buono”.
- Giudizio collegiale:
“Dall’esame comparato e tenendo conto di tutti gli elementi in suo possesso, curriculum, titoli, pubblicazioni e audizioni dei candidati la commissione all’unanimità ritiene che il candidato sia meritevole di più che buona considerazione ai fini della presente valutazione comparativa.”.
- 2010-2012 Partecipa al programma di ricerca PRIN (Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale) dal titolo “**Studio della transizione amorfo cristallo in leghe di Ge₂Sb₂Te₃, GeTe e InGeTe₂**” (protocollo n.

2008YM2HR5_004), con durata di 24 mesi, coordinatore scientifico il dott. Leonardo Andrea Lacaita, responsabile scientifico la Prof.ssa Agata Raffaella Pennisi.

2011

Ottobre: risultato **idoneo** (con punteggio 84.002/110) al concorso n. 364.100, codice CT57/2 (concorso pubblico per titoli ed esami per l'assunzione con contratto a tempo indeterminato di complessive trenta unità di personale profili ricercatore terzo livello presso Istituti/Strutture del CNR) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Area scientifica: Scienze fisiche, Profilo: Ricercatore terzo livello, Linea strategica: Dispositivi e sensori innovativi, Tematica di lavoro: Nanostrutture per applicazioni in micro ed optoelettronica.

Novembre: l'assegno di ricerca per il settore disciplinare FIS/01 "Fisica Sperimentale" della durata di un anno, sul programma di ricerca "**Caratterizzazione strutturale ed elettrica di nanograni in isolanti**", tema di ricerca "Fisica delle Nanostrutture" viene rinnovato per un altro anno.

Dicembre: La "Research Executive Agency (REA)" giudica positivamente il progetto **TAPIR** (TrAnsport Properties of Ion-beam shaped metallic nanoWiRes in vertical geometry, proposal number: 298531) assegnandogli un finanziamento di 201932,40 euro. Tale progetto è stato presentato da Francesco Ruffino in collaborazione con il Dott. Giancarlo Rizza e il Prof. Jean-Eric Wegrove del "Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France)", all'interno delle iniziative "People-Intra-European Fellowship for Career Development-2011" del settimo programma quadro europeo. Il suddetto progetto è uno dei circa 600 (su un totale di 2529 progetti europei presentati) selezionati per il finanziamento.

Tale progetto prevede la permanenza di Francesco Ruffino, da Giugno 2012 e per un totale di 24 mesi, presso il "Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France) sotto la supervisione del Dott. Giancarlo Rizza e del Prof. Jean-Eric Wegrove per lo svolgimento dello stesso.

Breve sintesi del progetto (in lingua originale): "Moore's law describes a long-term trend in the history of computing hardware. The number of transistors that can be placed inexpensively on an integrated circuit doubles approximately every two years. However, maintaining Moore's law for the integration of electronic devices necessitates some significant technological innovations. In particular, sustaining their integration at smaller scales becomes more and more challenging and leads to explosive production costs. Besides, within complementary metal-oxide-semiconductor (C-MOS) technologies important physical and technological obstacles must be overcome. These are related to the development of ultra-UV or electron-beam lithography (basis of the "top-down" approach), controlling ultra-thin isolating barriers, or controlling structural, chemical and topological defects of heterostructures at the nanoscale. Within this context, several alternative approaches have been proposed over the last years, e.g. in terms of bottom-up approaches, nano-imprints, soft chemistry, etc. **The final goal of the TaPIR project is to explore new areas of this research field creating new scientific possibilities beyond the boundaries of conventional technologies and applications.** In particular, the ion-beam shaping of embedded nano-objects allows to produce non-trivial configurations of nanostructures that are virtually inaccessible by other "standard" techniques. **The TaPIR project focuses on a twofold objective: i) developing a novel nano-engineering technique—the so called ion-beam shaping technique- to produce embedded nanowires contacted in a vertical geometry and ii) to use this model system to study their mesoscopic and spintronic transport properties.** On the road toward this final goal, we have identified three principal scientific objectives: the **first objective** is to fabricate a model system composed of chemically synthesized metallic spherical nanoparticles

(NPs) confined at the Si/SiO₂ substrate/matrix interface. The **second objective** is to use ion-irradiation to shape the morphology of previously spherical nanoparticles into nanorods and nanowires aligned along the beam direction, and to contact them to electrical sinks. The **third objective** is 1) to measure mesoscopic effects of individual nano-objects and 2) to study spin-dependent transport properties of metallic and ferromagnetic nanostructures connected in vertical geometry.”.

2012

Febbraio: Partecipa alla procedura di valutazione comparativa ad un posto di ricercatore universitario del settore scientifico disciplinare FIS/01 - FISICA SPERIMENTALE, Facoltà di SCIENZE MM.FF.NN. dell'UNIVERSITA' degli STUDI di CATANIA (D.R. 7588 del 07.12.2010)
Riceve i seguenti giudizi dai membri della commissione:

Giudizio del Prof. G. Bellia

Il candidato si è occupato delle proprietà elettriche e strutturali di materiali nanostrutturati. L'attività, sperimentale, è stata condotta presso laboratori locali che esteri. Ha una buona produzione scientifica su riviste internazionali ed è stato relatore a conferenze internazionali. Ha ottenuto premi da parte dell'EMRS. Ha una buona attività didattica.

Dall'analisi delle pubblicazioni si evince il contributo personale.

presentazione: sicurezza, autonomia di lavoro

giudizio: ottimo

Giudizio del Prof. M. Livan

Il candidato presenta un notevole curriculum; la sua attività verte sullo studio dei materiali nanostrutturati. Ha tenuto presentazioni a conferenze internazionali. Presenta una buona attività didattica. Ha ottenuto premi prestigiosi. Presenta un numero di pubblicazioni più che adeguato, di buon livello, originali e con buoni indici bibliometrici. Il contributo personale del candidato si evince in modo chiaro.

Il giudizio complessivo è ottimo.

Giudizio del Prof. R. Vaglio

Il candidato presenta un curriculum complessivo di alto livello. Il candidato presenta una attività di sviluppo di metodiche innovative di nanotecnologie per dispositivi a semiconduttore. Gli indici bibliometrici, considerata età ed esperienza del candidato sono molto validi, in particolare risulta primo autore nella stragrande maggioranza delle pubblicazioni. Presenta un buon numero di partecipazione a congressi, anche come relatore.

Ha vinto alcuni premi per giovani ricercatori. Ha una buona attività didattica. Il candidato si presenta come un giovane ricercatore brillante e di ottimo livello e personalità, certamente autonomo e molto competente nel suo settore specifico.

Il giudizio è eccellente.

Giudizio collegiale

Consegue il Dottorato in Scienza dei Materiali nel 2008. Nel 2008 ha un contratto di ricerca con il Consorzio Catania Ricerche e dal 2009 è assegnista presso l'Università di Catania.

Il candidato si è occupato di fisica sperimentale della materia con particolare riferimento alle proprietà elettriche e strutturali di materiali nanostrutturati. Le tematiche sono coerenti con il SSD oggetto del concorso.

Ha svolto una attività didattica di fisica nel 2005-2006 e nel 2009-2010 come esercitatore e dal 2010 fa parte di commissioni di esame come cultore della materia.

Ha conseguito nel 2006 e 2007 il premio Young Scientist Award dell' European Materials Research Society.

Presenta 30 pubblicazioni su riviste a diffusione internazionale e 6 comunicazioni come relatore a conferenze nazionali e internazionali..

L'analisi delle pubblicazioni basata anche sulla consultazione degli indici bibliometrici fornisce dei valori più che adeguati sia alla posizione di ricercatore universitario che all'area specifica di ricerca.

Le pubblicazioni contengono elementi di originalità ed è possibile enucleare il contributo personale del candidato. Nel colloquio il candidato si presenta come ricercatore completo, brillante, motivato, autonomo e competente nel suo settore specifico.

Il giudizio collegiale della Commissione è eccellente

Sulla base di questi giudizi, viene dichiarato **vincitore procedura di valutazione comparativa ad un posto di ricercatore universitario del settore scientifico disciplinare FIS/01 - FISICA SPERIMENTALE, Facoltà di SCIENZE MM.FF.NN. dell'UNIVERSITA' degli STUDI di CATANIA (D.R. 7588 del 07.12.2010)**

Giugno: Inizia la sua permanenza al “Laboratoire des Solides Irradiés” (Ecole Polytechnique-Commissariat à l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France) sotto la supervisione del Dott. Giancarlo Rizza e del Prof. Jean-Eric Wegrove per lo svolgimento del progetto Marie-Curie progetto **TAPIR** (Transport Properties of Ion-beam shaped metallic nanowires in vertical geometry).

Ottobre: **Prende servizio come ricercatore FIS/01 (FISICA SPERIMENTALE) presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università degli Studi di Catania**

2012-2015 Partecipa al progetto nazionale **ENERGETIC (Tecnologie per l'ENERGIA e l'Efficienza energETICa) PON02_00355_3391233 Regione Sicilia**, nell'ambito della attività di ricerca OR n.1-Celle di Terza Generazione a Film Sottile basate su Silicio, linea di ricerca n.1.4-**Plasmonica**.

2012-2015 Partecipa al progetto nazionale **HIPPOCRATES (Sviluppo di Micro e Nano Tecnologie e Sistemi Avanzati per la Salute dell'uomo) PON02_00355 Regione Sicilia**, nell'ambito della attività di ricerca OR n.2-Biosensori, linea di ricerca n. 2.3- **Messa a punto di tecnologie sensoristiche di tipo elettronico**.

2014 **Riceve valutazione positiva in merito all'abilitazione scientifica nazionale a Professore Associato per il settore 02/B1 - FISICA SPERIMENTALE DELLA MATERIA, relativamente alla tornata 2013 (<https://asn.cineca.it/ministero.php/public/esito/settore/02%252FB1/fascia/2>). Per cui risulta abilitato al ruolo di Professore Associato, per il settore di cui sopra, per il periodo 13/10/2014-13/10/2020.**

In particolare:

- a) Le mediane raggiunte risultano essere
 - Articoli normalizzati: 68,75 (a fronte della mediana di riferimento di 38)
 - Citazioni normalizzate: 33,875 (a fronte della mediana di riferimento di 32,09)
 - Indice H-C: 10 (a fronte della mediana di riferimento di 9)

b) Il giudizio collegiale della commissione è così espresso:

“Dopo approfondita comparazione delle valutazioni individuali la Commissione formula il proprio giudizio collegiale su Ruffino Francesco. Le pubblicazioni scientifiche presentate risultano coerenti con il settore concorsuale. Presenta 12 lavori di cui 8 pubblicati nei cinque anni solari e consecutivi precedenti la data di presentazione della domanda. Il contributo individuale del candidato nelle pubblicazioni in collaborazione risulta paritetico nell'ambito delle attività di ricerca e sviluppo svolte, con particolare riferimento ai temi: Film nanostrutturati. Il curriculum del candidato mostra una attività continuativa. I lavori presentati e

allegati sono stati valutati alla luce dei criteri deliberati dalla commissione. La qualità complessiva, valutata all'interno del panorama internazionale della ricerca sulla base dell'originalità, del rigore metodologico e del carattere innovativo e della collocazione editoriale risulta buona (B). Per la produzione scientifica, il valore di VN determinato secondo quanto previsto nell' Allegato B del Verbale 1 (Ponderazione dei Criteri e Parametri per l'abilitazione alle funzioni di professore di Seconda Fascia), sulla base dei valori degli indicatori bibliometrici forniti dal MIUR tramite l'apposita piattaforma informatica nella data della riunione collegiale finale, è: VN=35,5. Gli altri titoli presentati sono di livello buono (B). La valutazione collegiale della Commissione sull'attività complessiva del Candidato coerente con il settore concorsuale è: buona (B). Sulla base dei criteri stabiliti e dopo ampia discussione, la Commissione, all'unanimità, formula una valutazione Positiva in merito all'abilitazione del candidato a Professore Associato”.

2015-2016 Partecipa al progetto di ricerca FIR-2014 (Finanziamento alla Ricerca, dell'Università degli Studi di Catania) **“Microsensori per misure di deboli campi magnetici per caratterizzazione di accumuli metallici nelle malattie neurodegenerative”**,

PREMI E RICONOSCIMENTI

2006 30 Maggio: riceve il premio come **miglior giovane scienziato (young scientist award)** nell'ambito dell'annuale **European Material Research Society Spring Meeting 2006** (Nizza, Francia), per il contributo *“Structural and electrical characterization of gold nanoclusters in SiO₂ films: realization of a nanoscale tunnel rectifier”* nel simposio *“Nanoscale imaging and metrology of devices and innovative materials”*.

2007 30 Maggio: riceve il premio come **miglior giovane scienziato (young scientist award)** nell'ambito dell'annuale **European Material Research Society Spring Meeting 2007** (Strasburgo, Francia), per il contributo *“Electrical Properties of Nano-Schottky diodes”* nel simposio *“Self-assembling and Patterning”*.

2011 29 Giugno: riceve il **premio di studio per giovani studiosi bandito dall'Accademia Gioenia di Catania per l'ambito tecnico-scientifico inerente la scienza e tecnologia dei materiali.**

2014 25 Ottobre: riceve il **premio Giovan Pietro Grimaldi per la fisica bandito dalla omonima fondazione e dalla Accademia Gioenia di Catania per uno studioso o studiosa di età inferiore a 40 anni (alla data del 31/12/2013) operante presso una delle Università siciliane o in Centri di Ricerca Pubblici operanti in Sicilia, che abbia conseguito nel corso del quinquennio 2009-2013 risultati di assoluto rilievo internazionale nel campo della Fisica.**
<http://www.agenda.unict.it/9680-fondazione-grimaldi-e-ateneo-premiano-le-eccellenze-siciliane-nella-ricerca-scientifica.htm>

2015 13 Maggio: **Best Poster Award**
 Titolo poster: Metal nanostructures for plasmonic TiO₂ photocatalysis
 Autori e affiliazioni: G. Cacciato^{a, b}, F. Ruffino^{a, b}, M. Zimbone^b, R. Reitano^a, M. Bayle^c, A. Pugliara^c, C. Bonafos^c, R. Carles^c, V. Privitera^b, M. G. Grimaldi^{a, b}
^aDipartimento di Fisica ed Astronomia-Università di Catania, via S. Sofia 64, 95123 Catania, Italy
^bMATIS IMM-CNR, via S. Sofia 64, 95123 Catania, Italy
^cCEMES-CNRS Université de Toulouse, rue Jeanne Marvig, BP 94347, 31055 Toulouse Cedex 4, France
 Conferenza: **“European Materials Research Society-Spring Meeting 2015”** Lille (Francia, 11-16 Maggio 2015)

Simposio: “Materials for applications in water treatment and water splitting”.

COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE NAZIONALI E INTERNAZIONALI

- * Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università degli studi di Catania;
- * Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università degli Studi di Catania;
- * Istituto per la Microelettronica ed i Microsistemi del Consiglio Nazionale delle Ricerche italiano;
- * Center for Materials and Technologies for Information Communication and Solar energy (MATIS) del Consiglio Nazionale delle Ricerche italiano;
- * Dipartimento di Fisica “A. Volta” dell'Università degli studi di Pavia;
- * STMicroelectronics, sede di Catania;
- * Istituto Nazionale di Fisica Nucleare-Laboratori Nazionali di Frascati;
- * Laboratoire des Solides Irradiés (Ecole Polytechnique-Commissariat à l’Energie Atomique et aux Energies Alternatives, Paris, France);
- * Islamic Azad University, Central Tehran Branch-Iran.
- * 3SUN, sede di Catania.

DIDATTICA

- | | |
|-----------|--|
| 2005-2006 | Previa vincita di concorso eroga attività didattica (per un totale di 100 ore) nel corso accademico di “Fisica III” per il corso di Laurea in Informatica della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università degli Studi di Catania. |
| 2008 | Ha seguito l'attività della tesi di laurea triennale in Fisica presso l'Università di Catania del dott. Mario Vincenzo Tomasello (titolo “Drogaggio di nanostrutture di Si tramite impiantazione ionica”, laurea luglio 2008, relatore: Prof.ssa Maria Grazia Grimaldi). |
| 2010 | Culture della Materia per “Fisica Generale I” presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania (con nomina avvenuta nel Consiglio di SDA del 18/01/2010).

Ha svolto le esercitazioni, per l'anno accademico 2009-2010, relative all'insegnamento di “Struttura della materia” (la cui cattedra è detenuta dal Prof. Emanuele Rimini) per il corso di laurea in Fisica della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università degli Studi di Catania. |
| 2010/2011 | Svolge 10 ore di attività didattica per gli studenti del corso “Struttura II” (detenuto dalla Prof. Ssa M. G. Grimaldi) del corso di Laurea in Fisica del Dipartimento di Fisica ed Astronomia. |
| 2011/2012 | Ha seguito l'attività della tesi di laurea (vecchio ordinamento) in Fisica presso l'Università di Catania, nel ruolo di co-relatore , del dott. Alessandro Pugliara (titolo “Processi di non-equilibrio per la nanostrutturazione di film di Au su Si”, laurea Marzo 2012, relatore: Prof.ssa Maria Grazia Grimaldi). |

DA RICERCATORE PRESSO IL DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA DELL'UNIVERSITÀ DI CATANIA

A.A.
2012/2013

- Esercitazioni per l'insegnamento di **“Fisica 1 (corso A-L)”** (Titolare del corso: Prof. A. Insolia) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 2 cfu (corrispondenti a 24 ore).
- Attività di insegnamento complementare (10 ore) per l'insegnamento **“Fisica delle Nanostrutture”** (Titolare del corso: Prof. M. G. Grimaldi) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania.
- **“Fisica” (Docente titolare)** per il corso di laurea in Tossicologia dell'ambiente e degli alimenti dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 9 cfu (corrispondenti a 63 ore).
- Insegnamento (20 ore di lezioni frontali e laboratorio, affidate a seguito di selezione pubblica), nell'ambito del progetto PON01_01725 **“Nuove tecnologie fotovoltaiche per sistemi intelligenti integrati in edifici”**, intervento di Formazione dal titolo "Formazione di esperti per la progettazione, realizzazione e caratterizzazione di celle solari e sistemi concentratori", obiettivo formativo I "Esperti in materiali innovativi e tecnologie di processo per la realizzazione di celle solari (OF1)", per gli studenti di dottorato di ricerca in scienza e tecnologia dei materiali (ciclo 29) dell'Università degli Studi di Catania. Titolo dell'insegnamento: **Tecniche di diffrazione, Rutherford backscattering spectrometry, microscopia a sonda atomica** (Sub-modulo A7: **tecnologie di caratterizzazione dei materiali nanostrutturati**).

A.A.
2013/2014

- Esercitazioni per l'insegnamento di **“Fisica 1 (corso A-L)”** (Titolare del corso: Prof. A. Insolia) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 2 cfu (corrispondenti a 24 ore).
- Attività di insegnamento complementare (10 ore) per l'insegnamento **“Fisica delle Nanostrutture”** (Titolare del corso: Prof. M. G. Grimaldi) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania.
- **“Fisica” (Docente titolare)** per il corso di laurea in Scienze Farmaceutiche Applicate dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 6 cfu (corrispondenti a 42 ore).
- **“Fisica” (Docente titolare)** per il corso di laurea in Tossicologia dell'ambiente e degli alimenti dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 9 cfu (corrispondenti a 63 ore).
- Insegnamento (20 ore di lezioni frontali e laboratorio, affidate a seguito di selezione pubblica), nell'ambito del progetto PON01_01725 **“Nuove tecnologie fotovoltaiche per sistemi intelligenti integrati in edifici”**, intervento di Formazione dal titolo "Formazione di esperti per la progettazione, realizzazione e caratterizzazione di celle solari e sistemi concentratori", obiettivo formativo I "Esperti in materiali innovativi e tecnologie di processo per la realizzazione di celle solari (OF1)", per gli studenti di dottorato di ricerca in scienza e tecnologia dei materiali (ciclo 29) dell'Università degli Studi di Catania. Titolo dell'insegnamento: **Metodi bottom-up: metodi di self-assembling, sistemi colloidali, metodologia VLS e SLS per nanowires** (Sub-modulo A6: **tecnologie per la realizzazione di materiali nanostrutturati**).

- Insegnamento (14 ore di lezioni frontali, affidate a seguito di selezione pubblica), nell'ambito del progetto PON02_00355_3391233 ENERGETIC-FORMAZIONE . **Titolo dell'insegnamento: rottura di una giunzione-diodi tunnel- celle solari.**
 - **Membro del collegio docenti** del dottorato in “Scienza dei Materiali e Nanotecnologie” (ciclo 29, durata 3 anni) dell'Università degli Studi di Catania.
 - Tiene una lezione (2 ore) in qualità di “Trainer” dal titolo **“Atomic Force Microscopy: principles, instrumentations, and applications”**, durante la scuola internazionale “Training School on Scanning Tunneling Microscopy (STM), Atomic Force Microscopy (AFM), and Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM)”, organizzata all'interno dell'azione europea **“COST Action: MP1302”**, Roma 24-26 Settembre 2014.
- A.A.
2014/2015
- Esercitazioni per l'insegnamento di **“Fisica 1 (corso A-L ed M-Z)”** (Titolari del corsi: Prof. A. Insolia e Prof.ssa M. G. Grimaldi) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 4 cfu (corrispondenti a 24 ore).
 - Attività di insegnamento complementare (10 ore) per l'insegnamento **“Fisica delle Nanostrutture”** (Titolare del corso: Prof. M. G. Grimaldi) del corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Catania.
 - **“Fisica” (Docente titolare)** per il corso di laurea in Scienze Farmaceutiche Applicate dell'Università degli Studi di Catania, per un totale di 6 cfu (corrispondenti a 42 ore).
 - **Supervisore della tesi di Dottorato di Ricerca in Scienza e Tecnologia dei Materiali** (XXVII ciclo, Università degli Studi di Catania) dal titolo “Structural and optical properties of complex-morphology materials based on metal nanostructures” della Dott.ssa A. Gentile (Tutor: Prof.ssa M. G. Grimaldi, Università degli Studi di Catania).
 - **Relatore della tesi di Laurea Magistrale in Fisica**, dal titolo “Studio delle proprietà elettriche su scala nanometrica di contatti metallo-grafene-metallo”, del Dott. Giuseppe Meli (Data Laurea: 25 Marzo 2015).

PUBBLICAZIONI

- 1) **Controlled dewetting as fabrication and patterning strategy for metal nanostructures**
F. Ruffino, M. G. Grimaldi
Physica Status Solidi A (WILEY-VCH VERLAG GMBH), in press 2015. DOI: 10.1002/pssa.201431755
“Feature Article” in topical section on Organized Nanostructures.
- 2) **Twinned Si nanowires by high temperature annealing of Au/Si system in vacuum**
F. Ruffino, V. Torrisi, M. G. Grimaldi
Superlattices and Microstructures (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 85, p. 592 (2015). DOI: 10.1016/j.spmi.2015.06.024

- 3) **Dewetting process of Au films on SiO₂ nanowires: activation energy evaluation**
F. Ruffino, M. G. Grimaldi
Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 69, p. 121 (2015). DOI: 10.1016/j.physe.2015.01.033
- 4) **Size-selected growth of ultrathin SiO₂ nanowires on surfaces and their decoration by Au nanoparticles**
F. Ruffino, M. Censabella, V. Torrisi, M. G. Grimaldi
Materials Research Express (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 2, p. 025003 (2015). DOI: 10.1088/2053-1591/2/2/025003
- 5) **Growth dynamics of quasi-one-dimensional confined Au nanoparticles on SiO₂ surface**
G. Cacciato, M. Zimbone, **F. Ruffino**, A. Sciuto, G. D'Arrigo, M. G. Grimaldi
Materials Letters (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 141, p. 347 (2015). DOI: 10.1016/j.matlet.2014.11.096
- 6) **Electrical properties modulation of thin film solar cell using gold nanostructures at textured FTO/p-i-n interface**
A. Gentile, G. Cacciato, **F. Ruffino**, R. Reitano, G. G. Scapellato, M. Zimbone, S. Lombardo, A. Battaglia, C. Gerardi, M. Foti, M. G. Grimaldi
Functional Materials Letters (WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING, Singapore), vol. 8, p. 1550017 (2015). DOI: 10.1142/S1793604715500174
- 7) **Nano-scale structuration and optical properties of thin gold films on textured FTO**
A. Gentile, G. Cacciato, **F. Ruffino**, R. Reitano, G. G. Scapellato, M. Zimbone, S. Lombardo, A. Battaglia, C. Gerardi, M. Foti, M. G. Grimaldi
Journal of Materials Science (SPRINGER, NEW YORK), vol. 49, p. 8498 (2014). DOI: 10.1007/s10853-014-8560-1
- 8) **Self-organized patterned arrays of Au and Ag nanoparticles by thickness-dependent dewetting of template-confined films**
F. Ruffino, M. G. Grimaldi
Journal of Materials Science (SPRINGER, NEW YORK), vol. 49, p. 5714 (2014). DOI: 10.1007/s10853-014-8290-4
- 9) **Schottky barrier height tuning by Hybrid organic-inorganic multilayers**
V. Torrisi, M. A. Squillaci, **F. Ruffino**, I. Crupi, M. G. Grimaldi, G. Marletta
Materials Research Society Symposia Proceedings (MATERIALS RESEARCH SOCIETY, 506 KEYSTONE DRIVE, WARRENDALE, PA 15088-7563 USA), vol. 1660, p. 396 (2014). DOI: 10.1557/opl.2014.396
- 10) **Simulations of the light scattering properties of metal/oxide core/shell nano-spheres**
F. Ruffino, G. Piccitto, M. G. Grimaldi
Journal of Nanoscience (HINDAWI PUBLISHING CORPORATION, NEW YORK), vol. 2014, p. 407670 (2014). DOI: 10.1155/2014/407670
- 11) **Surface diffusion coefficient of Au atoms on single layer graphene grown on Cu**
F. Ruffino, G. Cacciato, M. G. Grimaldi
Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 115, p. 084304 (2014). DOI: 10.1063/1.4866876

12) **Structural and optical properties of solid-state synthesized Au dendritic structures**

A. Gentile, F. Ruffino, L. Romano, S. Boninelli, R. Reitano, G. Piccitto, M. G. Grimaldi
Applied Surface Science (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 296, p. 177 (2014). DOI: 10.1016/j.apsusc.2014.01.068

13) **Micro-patterned nanoscale Au films on PMMA: fabrication and effect of PMMA dewetting on Au patterning**

F. Ruffino, V. Torrisi, G. Marletta, M. G. Grimaldi
Journal of Materials Science: Materials in Electronics (SPRINGER, NEW YORK), vol. 25, p. 1138 (2014). DOI: 10.1007/s10854-013-1701-5

14) **Dewetting of template-confined Au films on SiC surface: from patterned films to patterned arrays of nanoparticles**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi
Vacuum (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 99, p. 28 (2014). DOI: 10.1016/j.vacuum.2013.04.021

15) **Polymer/metal hybrid multilayers modified Schottky devices**

V. Torrisi, F. Ruffino, G. Isgrò, I. Crupi, G. Li Destri, M. G. Grimaldi, G. Marletta
Applied Physics Letters (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 103, p. 193117 (2013). DOI: 10.1063/1.4829532

16) **Au nanoparticles decorated SiO₂ nanowires by dewetting on curved surfaces: facile synthesis and nanoparticles-nanowires sizes correlation**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi
Journal of Nanoparticle Research (SPRINGER, NEW YORK), vol. 15, p. 1909 (2013). DOI: 10.1007/s11051-013-1909-6

17) **Molybdenum sputtering film characterization for high gradient accelerating structures**

S. Bini, B. Spataro, A. Marcelli, S. Sarti, V. A. Dolgashev, S. Tantavi, A. D. Yeremian, Y. Higashi, M. G. Grimaldi, L. Romano, F. Ruffino, R. Parodi, G. Cibir, C. Marrelli, M. Migliorati, C. Caliendo
Chinese Physics C (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 37, p. 097005 (2013). DOI: 10.1088/1674-1137/37/9/097005

18) **Formation of patterned arrays of Au nanoparticles on SiC surface by template-confined dewetting of normal and oblique deposited nanoscale films**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi
Thin Solid Films (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 536, p. 99 (2013). DOI: 10.1016/j.tsf.2013.03.123

19) **Rayleigh-instability-driven dewetting of thin Au and Ag films on ITO surface under nanosecond laser irradiations**

F. Ruffino, E. Carria, S. Kimiagar, I. Crupi, M. G. Grimaldi
Micro & Nano Letters (INST ENGINEERING TECHNOLOGY-IET, MICHAEL FARADAY HOUSE SIX HILLS WAY STEVENAGE, HERTFORD SG1 2AY, ENGLAND), vol. 8, p. 127 (2013). DOI: 10.1049/mnl.2012.0870

20) **Structural and morphological characterization of molybdenum coatings for high gradient accelerating structures**

Xu Yong, B. Spataro, S. Sarti, V.A. Dolgashev, S. Tantavi, A.D. Yeremian, Y. Higashi, M.G. Grimaldi, L. Romano, F. Ruffino, R. Parodi, C. Caliendo, A. Notargiacomo, G. Cibir, A. Marcelli
Journal of Physics: Conference series (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1

6BE, ENGLAND), vol. 430, p. 012091(2013). DOI: 10.1088/1742-6596/430/1/012091

21) **Nanostructuring thin Au films on transparent conductive oxide substrates**
F. Ruffino, I. Crupi, E. Carria, S. Kimiagar, F. Simone, M. G. Grimaldi

Materials Science and Engineering B (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 178, p. 533 (2013). DOI: 10.1016/j.mseb.2012.10.012

22) **Template-confined dewetting of Au and Ag nanoscale films on mica substrate**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Applied Surface Science (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 270, p. 697 (2013). DOI: 10.1016/j.apsusc.2013.01.130

23) **Structural and optical properties of highly Er-doped Yb-Y disilicate thin films**

P. Cardile, M. Miritello, F. Ruffino, F. Priolo

Optical Materials Express (OPTICAL SOCIETY OF AMERICA), vol. 3, p. 11 (2013). DOI: 10.1364/OME.3.000011

24) **Light scattering calculations from Au and Au/SiO₂ core/shell nanoparticles**

F. Ruffino, A. Pugliara, E. Carria, C. Bongiorno, M. G. Grimaldi

Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 47, p. 25 (2013). DOI: 10.1016/j.physe.2012.10.009

25) **Patterning of templated-confined nanoscale Au films by thermal-induced dewetting process of a PMMA underlaying layer**

F. Ruffino, V. Torrisi, G. Marletta, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 112, p. 124316 (2012). DOI: 10.1063/1.4771686

26) **Generation and self-organization of bimetallic PdAu nanoparticles on SiO₂ by sequential sputtering depositions and annealing processes**

F. Ruffino, E. F. Pecora, M. G. Grimaldi

Journal of Nanoscience and Nanotechnology (AMER SCIENTIFIC PUBLISHERS, USA), vol. 12, p. 8537 (2012). DOI: 10.1166/jnn.2012.6826

27) **Nanoporous Ge electrode as template for nano-sized (<5 nm) Au aggregates**

G. Impellizzeri, L. Romano, B. Fraboni, E. Scavetta, F. Ruffino, C. Bongiorno, V. Privitera, M. G. Grimaldi

Nanotechnology (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 23, p. 395604 (2012). DOI: 10.1088/0957-4484/23/39/395604

28) **Towards a laser fluence dependent nanostructuring of thin Au films on Si by nanosecond laser irradiation**

F. Ruffino, A. Pugliara, E. Carria, L. Romano, C. Bongiorno, G. Fisicaro, A. La Magna, C. Spinella, M. G. Grimaldi

Applied Surface Science (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 258, p. 9128 (2012). DOI: 10.1016/j.apsusc.2011.12.087

29) **Formation and evolution of nanoscale metal structures on ITO surface by nanosecond laser irradiations of thin Au and Ag films**

F. Ruffino, E. Carria, S. Kimiagar, I. Crupi, F. Simone, M. G. Grimaldi

Science of Advanced Materials (AMER SCIENTIFIC PUBLISHERS, USA), vol. 4, p. 708 (2012). DOI: 10.1166/sam.2012.1342

30) **Formation of nanoparticles from laser irradiated thin Au film on SiO₂/Si: elucidating the Rayleigh-instability role**

F. Ruffino, A. Pugliara, E. Carria, C. Bongiorno, C. Spinella, M. G. Grimaldi

Materials Letters (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 84, p. 27 (2012). DOI: 10.1016/j.matlet.2012.06.055

31) **Development of X-band accelerating structures for high gradients**

S. Bini, V. Chimenti, A. Marcelli, L. Palumbo, B. Spataro, V. A. Dolgashev, S. Tantawi, Y. Higashi, M. G. Grimaldi, L. Romano, F. Ruffino, R. Parodi, A. D. Yeremian

Chinese Physics C (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 36, p. 639 (2012). DOI: 10.1088/1674-1137/36/7/013

32) **Nanoporosity induced by ion implantation in deposited amorphous Ge thin films**

L. Romano, G. Impellizzeri, L. Bosco, F. Ruffino, M. Miritello, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 111, p. 113515 (2012). DOI: 10.1063/1.4725427

33) **Control of the kinetic roughening in nanostructured Ag films by oblique sputter-depositions**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Nanoscience and Nanotechnology Letters (AMER SCIENTIFIC PUBLISHERS, USA), vol. 4, p. 309 (2012). DOI: 10.1166/nnl.2012.1310

34) **Effects of the embedding kinetics on the surface nano-morphology of nano-grained Au and Ag films on PS and PMMA layers annealed above the glass transition temperature**

F. Ruffino, V. Torrisi, G. Marletta, M. G. Grimaldi

Applied Physics A (SPRINGER, NEW YORK), vol. 107, p. 669 (2012). DOI: 10.1007/s00339-012-6442-5

35) **Influence of the electro-optical properties of an α -Si:H single layer on the performances of a pin solar cell**

I. Crupi, F. S. Ruggeri, A. Grasso, F. Ruffino, G. Catania, A. M. Piro, S. Di Marco, S. Mirabella, F. Simone, F. Priolo

Thin Solid Films (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 520, p. 4036 (2012). DOI: 10.1016/j.tsf.2012.01.044

36) **A combined ion implantation/nanosecond laser irradiation approach towards Si nanostructures doping**

F. Ruffino, L. Romano, E. Carria, M. Miritello, M. G. Grimaldi, V. Privitera, F. Marabelli

Journal of Nanotechnology (HINDAWI PUBLISHING CORPORATION, NEW YORK), vol. 2012, p. 635705. DOI: 10.1155/2012/635705

37) **High temperature annealing of thin Au films on Si: growth of SiO₂ nanowires or Au dendritic nanostructures?**

F. Ruffino, L. Romano, G. Pitruzello, M. G. Grimaldi

Applied Physics Letters (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 100, p. 053102 (2012). DOI: 10.1063/1.3679614 (citato anche in “Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology”, 13 Febbraio 2012).

38) **Novel approach to the fabrication of Au/Silica core-shell nanostructures based on nanosecond laser irradiations of thin Au film on Si**

F. Ruffino, A. Pugliara, E. Carria, L. Romano, C. Bongiorno, C. Spinella, M. G. Grimaldi

Nanotechnology (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 23, p. 045601 (2012). DOI: 10.1088/0957-4484/23/4/045601 (*Selezionato dall'editore come "featured article" per il numero 4 del volume 23 di Nanotechnology*)

39) Detailed investigation of the influence of the process parameters on the nano-morphology of Ag deposited on SiC by radio-frequency sputtering

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 110, p. 044311 (2011). DOI: 10.1063/1.3626072

40) Growth morphology of nanoscale sputter-deposited Au films on amorphous soft polymeric substrates

F. Ruffino, V. Torrasi, G. Marletta, M. G. Grimaldi

Applied Physics A (SPRINGER, NEW YORK), vol. 103, p. 939 (2011). DOI: 10.1007/s00339-011-6413-1

41) Self-organization of bimetallic PdAu nanoparticles on SiO₂ surface

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Journal of Nanoparticle Research (SPRINGER, NEW YORK), vol. 13, p. 2329 (2011). DOI: 10.1007/s11051-010-9992-4

42) Analyses of the As doping of SiO₂/Si/SiO₂ nanostructures

F. Ruffino, M. V. Tomasello, M. Miritello, R. De Bastiani, G. Nicotra, C. Spinella, M. G. Grimaldi

Physica Status Solidi C (WILEY-VCH VERLAG GMBH), vol. 8, p. 863 (2011). DOI: 10.1002/pssc.201000044

43) Memory effects in annealed hybrid gold nanoparticles/block copolymer bilayers

V. Torrasi, F. Ruffino, A. Licciardello, M. G. Grimaldi, G. Marletta

Nanoscale Research Letters (SPRINGER, NEW YORK), vol. 6, p. 167 (2011). DOI: 10.1186/1556-276X-6-167

44) Atomic force microscopy investigation of the kinetic growth mechanisms of sputtered nanostructured Au film on mica: towards a nanoscale morphology control

F. Ruffino, V. Torrasi, G. Marletta, M. G. Grimaldi

Nanoscale Research Letters (SPRINGER, NEW YORK), vol. 6, p. 112 (2011). DOI: 10.1186/1556-276X-6-112

45) Formation and evolution of self-organized Au nanorings on Indium-TiN-Oxide surface

F. Ruffino, I. Crupi, F. Simone, M. G. Grimaldi

Applied Physics Letters (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 98, p. 023101 (2011). DOI: 10.1063/1.3536526 (citato anche in "Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology", 24 Gennaio 2011).

46) Room-temperature electrical characteristics of Pd/SiC diodes with embedded Au nanoparticles at the interface

F. Ruffino, I. Crupi, A. Irrera, M. G. Grimaldi

AIP Conference Proceedings (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 1292, p. 103 (2010). DOI: 10.1063/1.3518271

47) Pd/Au/SiC nanostructured diodes for nanoelectronics: room-temperature electrical properties

F. Ruffino, I. Crupi, A. Irrera, M. G. Grimaldi

IEEE Transactions on Nanotechnology (IEEE Nanotechnology Council, New York), vol. 9, p. 414 (2010). DOI: 10.1109/TNANO.2009.2033270

48) **Kinetic growth mechanisms of sputter-deposited Au films on mica: from nanoclusters to nanostructured microclusters**

F. Ruffino, V. Torrisi, G. Marletta, M. G. Grimaldi

Applied Physics A (SPRINGER, NEW YORK), vol. 100, p. 7 (2010). DOI: 10.1007/s00339-010-5797-7. *Articolo su invito.*

49) **Atomic force microscopy study of the growth mechanism of nanostructured sputtered Au film on Si(111): evolution with film thickness and annealing time**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 107, p. 104321 (2010). DOI: 10.1063/1.3428467

50) **Island-to-percolation transition during the room-temperature growth of sputtered nanoscale Pd films on hexagonal SiC**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 107, p. 074301 (2010). DOI: 10.1063/1.3361321

51) **As doping of Si-based low-dimensional systems**

F. Ruffino, M. V. Tomasello, M. Miritello, G. Nicotra, C. Spinella, M. G. Grimaldi

Applied Physics Letters (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 96, p. 093116 (2010). DOI: 10.1063/1.3353987 (citato anche in “Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology”, 22 Marzo 2010).

52) **Au/Si nanodroplets towards Si nanowires formation: characterization of the thermal-induced self-organization mechanism**

F. Ruffino, A. Canino, M. G. Grimaldi, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 6, p. 012032 (2009). DOI: 10.1088/1757-899X/6/012032

53) **Room-temperature grain growth in sputtered nanoscale Pd thin films: dynamic scaling behaviour on SiO₂**

F. Ruffino, A. Irrera, R. De Bastiani, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 106, p. 084309 (2009). DOI: 10.1063/1.3246619 (citato anche in “Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology”, 21 Ottobre 2009).

54) **Tuning the electron transport mechanism in metal nanoparticles arrays by the manipulation of the electronic coupling and structural disorder**

F. Ruffino, A. M. Piro, G. Piccitto, M. G. Grimaldi, C. Bongiorno, C. Spinella

Applied Physics A (SPRINGER, NEW YORK), vol. 97, p. 63 (2009). DOI: 10.1007/s00339-009-5347-3

55) **Nanoscale current transport through Schottky contacts on wide bandgap semiconductors**

F. Giannazzo, F. Roccaforte, F. Incolano, V. Raineri, F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Journal of Vacuum Science and Technology B (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 27, p. 789 (2009). DOI: 10.1116/1.3043453 (citato anche in “Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology”, 30 Marzo 2009).

56) **Normal and abnormal grain growth in nanostructured gold films**

F. Ruffino, C. Bongiorno, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, C. Spinella, M. G.

Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 105, p. 054311 (2009). DOI: 10.1063/1.3093681

57) **Kinetic mechanisms of the in-situ electron beam-induced self-organization of gold nanoclusters in SiO₂ film**

F. Ruffino, C. Bongiorno, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, C. Spinella, M. G. Grimaldi

Journal of Physics D: Applied Physics (IOP PUBLISHING LTD, BRISTOL BS1 6BE, ENGLAND), vol. 42, p. 075304 (2009). DOI: 10.1088/0022-3727/42/7/075304

58) **Atomic Force Microscopy study of the kinetic roughening in nanostructured gold films on SiO₂**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri

Nanoscale Research Letters (SPRINGER, NEW YORK), vol. 4, pp. 262-268 (2009). DOI: 10.1007/s11671-008-9235-0

59) **Thermodynamic properties of supported and embedded metallic nanocrystals: Au on/in SiO₂**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Nanoscale Research Letters (SPRINGER, NEW YORK), vol. 3, pp. 454-460 (2008). DOI: 10.1007/s11671-008-9180-y

60) **Electrical properties of self-assembled nano-Schottky diodes**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Journal of Nanomaterials (HINDAWI PUBLISHING CORPORATION, NEW YORK), vol. 2008, ID: 243792 (2008) DOI: 10.1155/2008/243792.

61) **Microstructure of Au nanocrystals formed in and on SiO₂**

F. Ruffino, C. Bongiorno, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Superlattices and Microstructures (ACADEMIC PRESS LTD ELSEVIER SCIENCE LTD, LONDON), vol. 44, pp. 588-598 (2008). DOI: 10.1016/j.spmi.2008.01.001.

62) **Kinetic mechanism of the thermal-induced self-organization of Au/Si nano-droplets on Si(100): size and roughness evolution**

F. Ruffino, A. Canino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 104, p. 024310 (2008). DOI: 10.1063/1.2955784

63) **Clustering of gold on 6H-SiC and local nanoscale electrical properties**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Solid State Phenomena (TRANS TECH PUBLICATIONS Ltd, ZURICH), vols. 131-133, pp. 517-522 (2008).

64) **Effect of surrounding environment on atomic structure and equilibrium shape of growing nanocrystals: gold in/on SiO₂**

F. Ruffino, C. Bongiorno, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Nanoscale Research Letters (SPRINGER, NEW YORK), vol. 2, pp. 240-247 (2007). DOI: 10.1007/s11671-007-9058-4

65) **Self-organization of Au nanoclusters on the SiO₂ surface induced by 200keV-Ar⁺ irradiation**

F. Ruffino, R. De Bastiani, C. Bongiorno, F. Giannazzo, F. Roccaforte, C. Spinella, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B (ELSEVIER

SCIENCE BV, AMSTERDAM), vol. 257, pp. 810-814 (2007). DOI: 10.1016/j.nimb.2007.01.090

66) **Structural and electrical characterization of gold nanoclusters in SiO₂ films: realization of a nanoscale tunnel rectifier**

F. Ruffino, M. G. Grimaldi

Microelectronic Engineering (ELSEVIER SCIENCE BV, AMSTERDAM), vol. 84, pp. 532-537 (2007). DOI: 10.1016/j.mee.2006.10.090

67) **Self-organization of gold nanoclusters on hexagonal SiC and SiO₂ surfaces**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 101, p. 064306 (2007). DOI: 10.1063/1.2711151

68) **Electronic collective transport in disordered array of C49-phase TiSi₂ nanocrystals in Si**

F. Ruffino, A. M. Piro, G. Picitto, M. G. Grimaldi

Journal of Applied Physics (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 101, p. 024316 (2007). DOI: 10.1063/1.2427108

69) **Nanoscale voltage tunable tunnel rectifier by gold nanostructures embedded in SiO₂**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Applied Physics Letters (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 89, p. 263108 (2006). DOI: 10.1063/1.2424433

70) **Size-dependent Schottky barrier height in self-assembled gold nanoparticles**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Applied Physics Letters (AMER INST PHYSICS, MELVILLE), vol. 89, p. 243113-1 (2006). (citato anche in "Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology", 25 Dicembre 2006). DOI: 10.1063/1.2405407

CONTRIBUTI IN LIBRI SCIENTIFICI

1) **Self-assembled metal nanostructures in semiconductor structures**

F. Ruffino, F. Giannazzo, F. Roccaforte, V. Raineri, M. G. Grimaldi

Capitolo 3 del libro "Towards Functional Nanomaterials" nella serie "Lectures Notes in Nanoscale Science and Technology" (Vol. 5), Springer (New York), 2009. ISBN: 978-0-387-77716-0

NOTE TECNICHE

1) **Development of X-band accelerating structures for high gradients**

S. Bini, V. Chimenti, A. Marcelli, L. Palumbo, B. Spataro, V. A. Dolgashev, S. Tantawi, A. D. Yeremian, Y. Higashi, M. G. Grimaldi, L. Romano, F. Ruffino, R. Parodi

SPARC-RF-11/04, May 30, 2011 (Nota Tecnica)

STATISTICHE (DA ISI WEB OF KNOWLEDGE, THOMSON-REUTERS, MAGGIO 2015)

- * Numero di articoli indicizzati: 64
- * Numero di citazioni ricevute: 428
- * Numero medio di citazioni per articolo: 6.69
- * **h-index: 12**

PARTECIPAZIONE A CONGRESSI, SCUOLE, COMITATI SCIENTIFICI ED
ESPERIMENTI INTERNAZIONALI

- 2005
- * **“XCI Congresso della Società Italiana di Fisica”**, Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Catania (Italia) 26 Settembre-1 Ottobre 2005: attività di assistenza.
 - * **“X Scuola Nazionale di Scienza dei Materiali”**, con argomento “Le Nanostrutture”, Cortona (Italia), 17-22 Ottobre 2005. In tale occasione ha discusso un poster dal titolo *“Electronic Collective Transport in $TiSi_2$ disordered nanocrystals array”*.
- 2006
- * **“European Materials Research Society Spring Meeting 2006”**, Nizza (Francia) 29 Maggio-2 Giugno 2006. Nel corso di tale conferenza, all’interno del simposio *“Nanoscale imaging and metrology of devices and innovative materials”* ha tenuto una **relazione orale** dal titolo *“Structural and electrical characterization of gold nanoclusters in SiO_2 films: realization of a nanoscale tunnel rectifier”*. Con questa presentazione ha vinto il prestigioso premio internazionale **“Young Scientist Award 2006”** della European Materials Research Society.
- 2006
- * **“14th Workshop on Dielectrics in Microelectronics 2006”**, Santa Tecla (Acireale, Italy) 26-28 Giugno 2006. Nel corso di tale conferenza, all’interno del simposio *“Novel materials, substrates”* ha tenuto una **relazione orale** dal titolo *“Electrical characterization of gold nanocrystals in SiO_2 films: a proposal for a prototype of an integrated single electron transistor–MOS device at room temperature”*.
- 2007
- * **“15th International Conference on Ion Beam Modification of Materials 2006”**, Taormina (Messina, Italy) 18–22 Settembre 2006. Nel corso di tale conferenza ha presentato un **poster** dal titolo *“Ripening and inverse ripening of gold nanoclusters on the SiO_2 surface induced by ion beam irradiation”*.
 - * **“European Materials Research Society Spring Meeting 2007”**, Strasburgo (Francia) 28 Maggio-1 Giugno 2007. Nel corso di tale conferenza, all’interno del simposio *“Self-assembling and Patterning”* ha tenuto una **relazione orale** dal titolo *“Electrical Properties of Nano-Schottky diodes”*. Con questa presentazione ha vinto il prestigioso premio internazionale **“Young Scientist Award 2007”** della European Materials Research Society. Nello stesso simposio ha presentato un **poster** dal titolo *“Microstructure of gold nanoclusters formed in and on SiO_2 ”*.
- 2008
- * **“12th International Autumn Meeting on Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology (GADEST 2008)”**, Erice (Trapani, Italy) 14–19 Ottobre 2007. Nel corso di tale conferenza, ha presentato un **poster** dal titolo *“Clustering of gold on 6H-SiC and local electrical properties”*.
- 2009
- * **“European Materials Research Society Spring Meeting 2009”**, Strasburgo (Francia) 8-12 Giugno 2009. Nel corso di tale conferenza:
 - all’interno del simposio *“Semiconductor nanostructures towards electronic and optoelectronic device applications II”* ha tenuto una **relazione orale** dal titolo *“Au/Si nanodroplets towards Si nanowires formation: characterization of the thermal-induced self-organization mechanism”*;
 - all’interno del simposio *“Silicon and Germanium issues for future CMOS devices”* ha presentato un **poster** dal titolo *“ $TiSi_2$ nanocrystals in Si: formation and nanoelectronics applications”*;
 - all’interno del simposio *“Protective coatings and thin films 09”* ha presentato un **poster** dal titolo *“Nanostructured Au films on SiO_2 : study of the normal and abnormal grain growth kinetics in connection to a dynamic scaling behaviour”* ed un **poster** dal titolo

“Control of morphology and structural properties of Au/SiO₂ sputtered nanocomposite films by in-situ electron beam irradiation processes”.

2010

- * **“International School of Solid State Physics-47th Course: Materials for Renewable Energy”**, Erice (Trapani, Italy) 28 Maggio-2 Giugno 2010.
- * **“European Materials Research Society Spring Meeting 2010”**, Strasburgo (Francia) 7-11 Giugno 2010. Nel corso di tale conferenza:
 - all'interno del simposio *“Advanced silicon materials research for electronic and photovoltaic applications II”* ha tenuto una **relazione orale** dal titolo *“Analyses of the As doping of SiO₂/Si/SiO₂ nanostructures”*;
 - all'interno del simposio *“From embedded sensors to sensorial materials”* ha presentato un **poster** dal titolo *“Morphology of sputter-deposited Palladium thin film on SiO₂: from compact islands to nanoporous percolative structure”*;
 - all'interno del simposio *“Wide bandgap cubic semiconductors: from growth to devices”* ha presentato un **poster** dal titolo *“Room-temperature electrical characteristics of Pd/SiC diodes with embedded layer of Au nanoparticles at the interface: from materials to devices”* ed un **poster** dal titolo *“Growth and morphology of nanoscale sputtered Pd films on SiC: coalescence and percolation”*.
- * Partecipazione alla giornata informativa nazionale sul tema **“Nanoscienze, Nanotecnologie, Materiali e nuove Tecnologie di Produzione”**, organizzata allo scopo di presentare il 5° bando del Tema NMP, Catania (Italy) 10 Settembre 2010.
- * **“Italian Veeco Users Meeting”**, Roma (Italy) 16 Settembre 2010, con la **relazione orale su invito** *“AFM studies of the structure of thin sputtered metallic films on surfaces: towards a nanoscale morphology control”*.
- * **“CARBOMAT 2010: Workshop on carbon-based low dimensional materials”**, Catania (Italy) 6-8 Ottobre 2010.
- * 17-23 Novembre 2010: partecipa all'esperimento internazionale MA/961 (analisi EXAFS di film sottili di calcogenuri GeSbTe, GeTe), coordinato dal Dott. Francesco Dacapo, presso la “beam-line 08 (“GILDA”) dell'Istituto internazionale di ricerca ESRF (**European Synchrotron Radiation Facility**), Grenoble (Francia). Durante tale esperimento effettua misure **EXAFS**.

2011

- * 10-11 Marzo 2011: partecipazione, in qualità di rappresentante dell'unità MATIS IMM-CNR, al “kick-off meeting” relativo al progetto internazionale **“PROPHET” (Postgraduate Research on Photonics as an Enabling Technology)**, Cork (Irlanda).
- * **“European Materials Research Society Spring Meeting 2011”**, Nizza (Francia) 9-13 Maggio 2011. Nel corso di tale conferenza:
 - all'interno del simposio *“Laser materials processing for micro and nano applications”* ha tenuto una **relazione orale** dal titolo *“Towards a nanostructuring control of thin Au films on Si by nanosecond laser irradiation”*;

- all'interno del simposio "Ion beam synthesis and modification of nanostructured materials and surfaces" ha presentato un **poster** dal titolo "A combined ion implantation/nanosecond laser irradiation approach towards Si nanostructures doping";

- all'interno del simposio "Size-dependent properties of nanomaterials" ha presentato un **poster** dal titolo "Generation and self-organization of bimetallic Pd/Au nanoparticles on SiO₂ by sequential sputtering depositions and annealing processes";

- all'interno del simposio "Semiconductor nanostructures towards electronic and optoelectronic device applications" ha presentato un **poster** dal titolo "Investigation of the growth mechanisms of Au nanoparticles on Si(111) surface as a step towards Si nanowires fabrication";

- all'interno del simposio "Controlling and characterizing the structure of organic semiconductor film" ha presentato un **poster** dal titolo "Investigation of the morphology Au/Polystyrene and Au/Poly(methyl methacrylate) nanocomposites synthesized by radio-frequency sputtering".

2012

* **"European Materials Research Society Spring Meeting 2012"**, Strasburgo (Francia) 14-18 Maggio 2012. Nel corso di tale conferenza:

- all'interno del simposio "Advanced Materials and Characterization Techniques for Solar Cells" ha tenuto una **relazione orale** dal titolo "Nanostructuring thin Au films on transparent conductive oxide substrates";

- all'interno del simposio "Novel Materials and Fabrication Methods for new Emerging Devices" ha presentato tre **posters** dai titoli: "Nanoscale growth morphology of Ag/SiC Schottky diodes", "Oblique sputtering depositions to control the nanoscale film roughening: the case of Ag on mica", "A novel growth morphology of nanoscale Au films on mica deposited by radio-frequency sputtering".

* **"European Materials Research Society Fall Meeting 2012"**, Varsavia (Polonia) 17-21 Settembre 2012. Nel corso di tale conferenza, all'interno del simposio "Organized Nanostructures and Nano-objects: Fabrication, Characterizations, and Applications" ha tenuto una **relazione orale** dal titolo "Exploiting the Embedding Kinetics Properties to Fabricate Metal/Polymer Advanced Nanocomposites".

* **"Nanocristaux dans des diélectriques pour l'électronique et pour l'optique (NACRE 2012)"**, Tolosa (Francia) 8-10 Ottobre 2012. Nel corso di tale workshop ha tenuto una **relazione orale** dal titolo "Transport Properties of Ion-Beam Shaped Metallic nanowires in Vertical Geometry".

2013

* **"European Materials Research Society Spring Meeting 2013"**, Strasburgo (Francia) 27-31 Maggio 2013. Nel corso di tale conferenza:

- all'interno del simposio "Laser Materials Interactions for Micro and Nano Applications" ha tenuto una **relazione orale** dal titolo "Nanoparticles production on various substrates by dewetting thin Au and Ag films under nanosecond laser irradiations: a study of the Rayleigh-instability role";

- all'interno del simposio "Advanced Inorganic Materials and Structures for Photovoltaics" ha presentato un **poster** dal titolo: "Light Scattering Properties of Au and Au/SiO₂ Core/Shell Nanoparticles: Simulation Based Analyses".

- all'interno del simposio "Atomic-Scale Engineering of Multifunctional Nano-Sized Materials and Films" ha presentato un **poster** dal titolo: "Patterning of Templated-

2014

* **“Graphene day 2014-Workshop on Graphene and Graphene-Related compounds”**, svoltosi a Catania (Italy), presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università degli Studi di Catania in data 7 Febbraio 2014. Ha tenuto la relazione orale dal titolo “Experimental studies on the surface kinetics of Au atoms on graphene layers”.

* **Membro del “Program Committee”** per la conferenza internazionale **“IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference”** (Ottobre 12-15, 2014 Aci Castello, Italy).

* **“European Materials Research Society Spring Meeting 2014”**, Lille (Francia) 26-30 Maggio 2014. Nel corso di tale conferenza:

- all’interno del simposio “Solution processing and properties of functional oxide thin films and nanostructures” ha tenuto una **relazione orale** dal titolo “SiO₂ nanowires-Au nanoparticles functional composites: physical fabrication and structural characterizations”;

- all’interno del simposio “Materials by design for energy applications through theory and experiment” ha presentato un **poster** dal titolo: “Simulations of the light scattering properties of metal/oxide core/shell nano-spheres towards plasmonic applications”.

* **“European Materials Research Society-Fall Meeting 2014”** Varsavia (Polonia, 15-19 Settembre 2014), tiene la relazione su invito **“Approaches for nanostructuring metal films”** all’interno del simposio **“Organized nanostructures and nano-objects: fabrications, characterizations and applications”**.

* **“IEEE Nanotechnology Materials and Device Conference 2014”** Aci Castello (Italy, 12-15 Ottobre 2014), tiene la relazione orale **“Experimental studies on the surface kinetics of Au atoms on graphene layers”** all’interno del simposio “Graphene and carbon nanotubes based materials and devices”.

2015

* Partecipazione al Workshop **“Bridge the Research-Innovation Gap”** (Organizzato dalla società “Continue to Grow, www.continuetogrow.pt), 10-11 Febbraio 2015, Catania.

* **“European Materials Research Society Spring Meeting 2015”**, Lille (Francia) 11-15 Maggio 2015. Nel corso di tale conferenza:

- all’interno del simposio “Synthesis, processing and characterization of nanoscale multi functional oxide films V” ha tenuto una **relazione orale** dal titolo “Bottom-up growth of size-selected SiO₂ functional nanowires decorated by Au nanostructures”;

- all’interno del simposio “Advances in the prediction, design, fabrication and characterization of 2-dimensional crystal and metamaterial nanostructures for nanophotonics” ha presentato un **poster** dal titolo: “Two-dimensional patterned Au and Ag nanoparticles films: growth by template-confinement and thickness-dependent dewetting”.

- 2006 * Co-autore della relazione “Size-dependent Schottky barrier height in self-assembled gold nanoparticles on 6H-SiC” tenuta dal Dott. Filippo Giannazzo (CNR-IMM) durante il **“4th International Workshop on Nanoscale Spectroscopy and Nanotechnology”** (17-21 Settembre 2006, Rathen, Germania).
- 2008 * Co-autore della relazione “Nanoscale current transport through Schottky contacts on wide bandgap semiconductors” tenuta dal Dott. Filippo Giannazzo (CNR-IMM) durante la **“International Conference on Nanoscience and Technology-2008”** (20-25 Luglio 2008, Keystone-Colorado, USA).
- 2010 * Co-autore del poster “Hybrid bilayer by sputtered gold nanoparticles onto diblock-copolymer template” presentato dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche di Catania) durante il **“European Materials Research Society Spring Meeting 2010”** all’interno del simposio “Advanced hybrid materials: stakes and concepts”.
- * Co-autore del poster “Ion-induced honeycomb Ge: structural and electrical properties” presentato dalla Dott.ssa Lucia Romano (Dipartimento di Fisica ed Astronomia Università di Catania) durante la **“17th International Conference on Ion Beam Modification of Materials”** all’interno del simposio “Nanostructure synthesis and modification”.
- * Autore del poster “Atomic force microscopy investigation of the kinetic growth mechanisms of sputtered nanostructured Au film on mica: towards a nanoscale morphology control” presentato dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante l’**“European Materials Research Society-Fall Meeting 2010”** (Varsavia, Polonia, 13-17 Settembre 2010) nel simposio “Multidimensional electrical and chemical characterization at the nanometer-scale of organic and inorganic semiconductors”.
- * Co-autore della relazione “Electrical properties of hybrid bilayers composed by sputtered gold nanoparticles onto Langmuir-Blodgett films of diblock-copolymers” effettuata dalla Dott. ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante l’**“European Materials Research Society-Fall Meeting 2010”** (Varsavia, Polonia, 13-17 Settembre 2010) all’interno del simposio “Multidimensional electrical and chemical characterization at the nanometer-scale of organic and inorganic semiconductors”.
- 2011 * Co-autore della relazione “Self-ion-induced nanostructures in Ge thin films” effettuata dalla Dott. Ssa Lucia Romano (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università di Catania) durante l’**European Materials Research Society-Spring Meeting 2011** (Nizza, Francia, 9-13 Maggio 2011) all’interno del simposio “Ion beam synthesis and modification of nanostructured materials and surfaces”.
- * Co-autore del poster “Electrical characterization of self-ion-induced nanostructures in Ge” presentato dalla Dott. Ssa Lucia Romano (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università di Catania) durante l’**European Materials Research Society-Spring Meeting 2011** (Nizza, Francia, 9-13 Maggio 2011) all’interno del simposio “Ion beam synthesis and modification of nanostructured materials and surfaces”.
- * Co-autore del poster “Nanoscale control of structural and electrical properties of hybrid Multilayers fabricated by gold nanoparticles and diblock-copolymer templates” presentato dalla Dott. Ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante l’**European Materials Research Society-Spring Meeting 2011** (Nizza, Francia, 9-13 Maggio 2011) all’interno del simposio “Controlling and characterizing the structure of organic semiconductor films”.

- 2012 * Co-autore della relazione “Hybrid multilayers: transition effect in bipolar conduction behavior” presentato dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche di Catania) **durante il “European Materials Research Society Spring Meeting 2012”** (Strasburgo, Francia, 14-18 Maggio 2012) all’interno del simposio “Advanced Hybrid Materials II: design and applications”.
- *Co-autore del poster “Complex morphology of Au nanostructures for improving plasmonic effects” presentato dalla Dott.ssa A. Gentile (Dipartimento di Fisica ed astronomia, Università Catania) durante la **“International school : Materials for Renewable Energy”** Erice, Italy, 18-28 Luglio 2012.
- *Co-autore del poster “Structural and morphological characterization of molybdenum coatings for high gradient accelerating structures” presentato dal Dott. A. Marcelli (Laboratori Nazionali di Frascati) durante la **15th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS-XV)**, Beijing, China, 22-28 Luglio 2012.
- 2013 *Co-autore del poster “Hybrid Multilayers: Schottky diode behaviour and transition effect in bipolar conduction behaviour” presentato dalla Dott. Ssa V. Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche dell’Università di Catania) durante la **Third International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (Hybrid Materials 2013)**, Sorrento, Italy, 3-7 Marzo 2013.
- *Co-autore della relazione “A Physical Method to Grow Au Nano-Dendritic Structures on Various Substrates” tenuta dalla Dott.ssa Antonella Gentile (Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Catania) durante il **“European Materials Research Society Spring Meeting-2013”** (Strasburgo, Francia, 27-31 Maggio 2013) all’interno del simposio “Atomic-Scale Engineering of Multifunctional Nano-Sized Materials and Films”.
- * Co-autore della relazione “The modification of Schottky barrier height of Au/p-Si Schottky devices by hybrid organic-inorganic multilayers” tenuta dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante il **“European Materials Research Society Fall Meeting-2013”** (Varsavia, Polonia, 16-20 Settembre 2013) all’interno del simposio “Novel materials for electronic, optoelectronic, photovoltaic and energy saving applications”.
- * Autore del poster “Patterning strategies for Au and Ag nanomaterials on surfaces based on template-confined depositions and controlled dewetting” presentato dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante l’ **“European Materials Research Society-Fall Meeting 2013”** (Varsavia, Polonia, 16-20 Settembre 2013) nel simposio “Stress, structure and stoichiometry effects on the properties of nanomaterials II”.
- * Co-autore della relazione “Schottky barrier height tuning by hybrid organic-inorganic multilayers” tenuta dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante il **“Materials Research Society Fall Meeting-2013”** (Boston, USA, 1-6 Dicembre 2013) all’interno del simposio “Transport properties in nanocomposites”.
- * Autore del poster “Polymers/nano-metals interfaces: wetting and embedding kinetics at the nanoscale” Presentato dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università di Catania) durante il **“Materials research Society Fall Meeting-2013”** (Boston, USA, 1-6 Dicembre 2013) all’interno del simposio “Functional surface/interfaces for controlling wetting and adhesion”.
- * Coautore della **relazione su invito** “Electrical properties of organic-inorganic hybrid layered systems” tenuta dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche-Università di Catania) all’interno del Workshop **“Nanoscale Devices”** tenutosi all’interno dell’ **“International**

Conference on Small Science-2013” (15-18 Dicembre, Las Vegas-USA).

- 2014 * Coautore del poster “*Hybrid multilayers: insertion layer in Schottky diode devices*” presentato dalla Dott.ssa Vanna Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche-Università di Catania) durante la “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2014**” (Lille, Francia, 26-30 Maggio 2014) nel simposio “Hybrid materials engineering in biology, chemistry and physics”.
- * Coautore del poster “*Improvement of the structural, optical and electrical properties of AZO thin films upon O₂⁺ ion beam irradiation*” presentato dal Dott. Stefano Boscarino (Dipartimento di Fisica e Astronomia-Università di Catania) durante la “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2014**” (Lille, Francia, 26-30 Maggio 2014) nel simposio “Advanced materials and characterization techniques for solar cells II”.
- * Coautore del poster “*One-dimensional Au nanoparticles arrays: size and inter-particle distance optimization for healthcare devices*” presentato dal Dott. Giuseppe Cacciato (Dipartimento di Fisica e Astronomia-Università di Catania) durante la “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2014**” (Lille, Francia, 26-30 Maggio 2014) nel simposio “Hybrid materials engineering in biology, chemistry and physics”.
- * Coautore del poster “*Metal nanostructures for enhanced TiO₂ photocatalysis under solar illumination*” presentato dal Dott. Giuseppe Cacciato (Dipartimento di Fisica e Astronomia-Università di Catania) durante la “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2014**” (Lille, Francia, 26-30 Maggio 2014) nel simposio “Materials development for solar fuel production and energy conversion”.
- * Coautore del poster “*Laser based synthesis of metallic nanoparticles towards efficient Plasmonic solar cells*” presentato dalla Dott.ssa Antonella Gentile (Dipartimento di Fisica e Astronomia-Università di Catania) durante la “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2014**” (Lille, Francia, 26-30 Maggio 2014) nel simposio “Advanced materials and Characterization techniques for solar cells II”.
- * Coautore del poster “*Synthesis and characterization of hybrid metal based nanosystems*” presentato dalla Dott.ssa Antonella Gentile (Dipartimento di Fisica e Astronomia-Università di Catania) durante la “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2014**” (Lille, Francia, 26-30 Maggio 2014) nel simposio “Hybrid materials engineering in biology, chemistry And physics”.
- * Coautore del poster “*Nano-scale structuration and optical properties of thin gold films on textured FTO*” presentato dalla dott.ssa A. Gentile (Dipartimento di Fisica ed Astronomia-Università degli Studi di Catania) alla scuola internazionale “**Materials for Renewable Energy 2014**”, Erice (Italy), 12-18 Luglio 2014.
- * Coautore del poster “*Metal nanostructures for enhanced TiO₂ photocatalysis under solar Illumination*” presentato dal Dott. G. Cacciato (Dipartimento di Fisica ed Astronomia-Università degli Studi di Catania) alla scuola internazionale “**Materials for Renewable Energy 2014**”, Erice (Italy), 12-18 Luglio 2014.
- * Coautore della relazione orale “*Trasporto di massa in film di GeTe amorfo, effetto del rilassamento strutturale*” tenuta dal Dott. A. Mio (IMM-CNR) alla conferenza nazionale “100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica”, Pisa (Italy, 22-26 Settembre 2014).
- * Coautore della relazione orale “*Nanoscale hybrid multilayers based diodes: experimental studies and comparisons*” tenuta dalla Dott.ssa V. Torrisi (Dipartimento di Scienze Chimiche, Università degli studi di Catania) alla conferenza internazionale “**IEEE Nanotechnology Materials and Device Conference 2014**” Acì Castello (Italy, 12-15 Ottobre 2014).
- * Coautore della relazione orale “*Modification of AZO thin films under O⁺ ion beam irradiation*” tenuta

dal Dott. S. Boscarino (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli studi di Catania) alla conferenza internazionale “**IEEE Nanotechnology Materials and Device Conference 2014**” Aci Castello (Italy, 12-15 Ottobre 2014).

- * Coautore della relazione orale “*Nanoscale structuration and optical properties of thin Au films on textured FTO*” tenuta dalla Dott.ssa A. Gentile (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli studi di Catania) alla conferenza internazionale “**IEEE Nanotechnology Materials and Device Conference 2014**” Aci Castello (Italy, 12-15 Ottobre 2014).
 - * Coautore del poster “*SiO₂ nanowires-Au nanoparticles pea-podded composites: synthesis and structural analyse?*” presentato dalla Dott.ssa A. Gentile (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli studi di Catania) alla conferenza internazionale “**IEEE Nanotechnology Materials and Device Conference 2014**” Aci Castello (Italy, 12-15 Ottobre 2014).
 - * Coautore del poster “*Polymeric nanocomposites for water purification*” presentato dalla Dott.ssa M. Cantarella (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli studi di Catania) alla conferenza internazionale “**IEEE Nanotechnology Materials and Device Conference 2014**” Aci Castello (Italy, 12-15 Ottobre 2014).
- 2015
- * Coautore della relazione orale “*Efficient photocatalysis by polymeric nanocomposites for water purification*” tenuta dalla Dott.ssa M. Cantarella (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli Studi di Catania) alla conferenza internazionale “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2015**”, Lille (Francia, 11-16 Maggio 2016) nel simposio “Materials for applications in water treatment and water splitting”.
 - * Coautore del poster “*Metal nanostructures for plasmonic TiO₂ photocatalysis*” presentato dal Dott. G. Cacciato (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli studi di Catania) alla Conferenza internazionale “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2015**” Lille (Francia, 11-16 Maggio 2015) nel simposio “Materials for applications in water treatment and water splitting”. **Vincitore, nel suddetto simposio, del “Best Poster Award”.**
 - * Coautore del poster “*Macroscopic and microscopic electrical characterizations of Au/DNA systems towards a chemiresistive biosensor*” presentato dal Dott. M. Zimbone (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli Studi di Catania) alla conferenza internazionale “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2015**” Lille (Francia 11-16 Maggio 2015) nel simposio “Materials and biosensor systems for in vitro diagnostic applications”.
 - * Coautore del poster “*Improvement of AZO thin films properties upon ion beam irradiation*” presentato dal prof. A. Terrasi (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli Studi di Catania) alla conferenza internazionale “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2015**” Lille (Francia, 11-16 Maggio 2015) nel simposio “Synthesis, processing and characterization of nanoscale multi functional oxide films V”.
 - * Coautore del poster “*Surface-enhanced-Raman-spectroscopy properties of solid-state synthesized Au Nanodendritic structures*” presentato dalla Dott.ssa A. Gentile (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli Studi di Catania) alla conferenza internazionale “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2015**” Lille (Francia, 11-16 Maggio 2015) nel simposio “Functional surfaces and interfaces”.
 - * Coautore del poster “*Nanoscale structuration, optical and electrical properties of thin gold films on FTO substrates for photovoltaic applications*” presentato dalla Dott.ssa A. Gentile (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università degli Studi di Catania) alla conferenza internazionale “**European Materials Research Society-Spring Meeting 2015**” Lille (Francia, 11-16 Maggio 2015) nel simposio “Advanced inorganic materials and structures for photovoltaics”.

REFEREE

È referee di numerosi articoli sulle riviste internazionali: Physical Review Letters, Nanotechnology, Journal of Nanoparticle Research, Nanoscale Research Letters, Nanoscale, Journal of Physical Chemistry, Journal of Applied Physics, Thin Solid Films, Materials Science and Engineering B, Applied Surface Science, IEEE Transactions on Nanotechnology, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Crystal growth and design, Materials Science in Semiconductor Processing, Vacuum, Journal of vacuum science and technology A, Applied Physics A, Chemical Communications, Powder Technology, CrystEngComm, Journal of physics: Condensed Matter, Journal of Optics, Dalton Transactions, RSC Advances, Beilstein Journal of Nanotechnology, Metals, European Journal of Inorganic Chemistry, European Journal of Physics-Special Topics, Journal of Physics D: Applied Physics, Scientific Reports, ACS Applied Materials & Interfaces.

CONOSCENZE INFORMATICHE

Sistemi operativi: Windows 2003, XP, Vista, Windows 7, Windows 8; basilari di LINUX 10.0.

Linguaggi di programmazione: basilari di C++.

Programmi in ambiente windows: pacchetto Office (Word, Power Point, Excel, Access) programmi di analisi dati (Origin, MatLab, MatCad, Nanoscope, SPMLab, Gatan Digital Micrograph), programmi di simulazione e analisi dati (Srim, XRump, ScatLab), programmi di grafica (Corel Draw).

LINGUE

Inglese Buona conoscenza orale e scritta.

Italiano Madrelingua.

ATTIVITÀ SCIENTIFICA

Le attività svolte da Francesco Ruffino, sia durante la tesi di laurea (2003-2004), il triennio di Dottorato di Ricerca (2005-2008), che l'attività post-doc (assegno di ricerca, 2008-2012) hanno contribuito alla formazione di una competenza specialistica nel campo della realizzazione di materiali nanostrutturati basati su nanostrutture metalliche (oro, argento, palladio, siliciuro di titanio) in connessione a matrici e substrati sia isolanti (ossido di silicio) che semiconduttori (silicio, carburo di silicio) e alla loro caratterizzazione strutturale ed elettrica mediante l'utilizzo di avanzate tecniche di analisi microscopiche e macroscopiche. Nel seguito verranno esposte le principali tappe di questo percorso di formazione professionale (tesi di laurea, attività post-laurea, dottorato di ricerca, attività post-dottorato), con particolare attenzione rivolta ai risultati scientifici di maggior rilievo.

Tesi di Laurea

Francesco Ruffino si è laureato nell'aprile del 2004 con una tesi dal titolo "*Proprietà di Trasporto Elettronico in Sistemi Mesoscopici*".

Una nanostruttura può essere definita come un materiale i cui elementi strutturali (clusters, molecole) abbiano dimensioni nel range da 1 a 100 nm. Il notevole aumento, negli ultimi anni, dell'interesse scientifico ed industriale in sistemi di questo tipo deriva dalle notevoli variazioni delle proprietà elettriche, ottiche, magnetiche che si riscontrano in un dispositivo a stato solido allorché le sue dimensioni vengano ridotte da quelle macroscopiche a quelle nanoscopiche, range, quest'ultimo, in cui il sistema contiene un numero molto piccolo di atomi (qualche centinaia). La "nanoscienza" può essere vista come la naturale evoluzione dello studio rivolto verso i sistemi a bassa dimensionalità e guidata dalla fondamentale questione di come si comportino gli elettroni quando questi siano confinati in regioni di spazio con dimensioni paragonabili alla loro lunghezza d'onda di deBroglie e sottoposti alle più svariate sollecitazioni (campi elettrici, campi magnetici, radiazioni elettromagnetiche,). Essa si estende dallo studio fisico dei sistemi nanoscopici a quello chimico, biologico, ingegneristico e prettamente industriale.

Come accennato, lo scopo fondamentale della nanotecnologia è quello di comprendere la natura intima dei sistemi su scala nanoscopica permettendone, così, la manipolazione. Ciò comporta, naturalmente, la comprensione delle proprietà fisiche e dei processi di interazione a livello dei singoli atomi, delle singole molecole, dei singoli clusters (quantum dots), dei singoli nanotubi o delle singole biomolecole, e di come queste proprietà varino al variare delle loro dimensioni e delle loro stesse

interazioni (dato che tali proprietà, in questo range nanometrico, sono estremamente sensibili a tali fattori). Un aspetto, che ha notevolmente contribuito alla comprensione del mondo nanoscopico, è indubbiamente stato il campo della fisica mesoscopica. Essa studia gli effetti della “coerenza quantistica” nelle proprietà di sistemi conduttori di dimensioni nanometriche. I concetti fondamentali sviluppati nell’ambito della fisica mesoscopica e che sono direttamente applicabili ai sistemi nanoscopici, sono quelli per cui la conduttanza elettrica è interpretabile in termini di probabilità di trasmissione per onde viaggianti e che la conduttanza stessa abbia una natura quantizzata. In particolare, questo ultimo concetto, richiede una profonda rivisitazione della familiare legge di Ohm, per cui la resistenza di un conduttore scala proporzionalmente alla sua lunghezza: infatti, in un sistema nanoscopico la distanza percorsa da un elettrone tra due eventi di scattering è tipicamente più grande delle stesse dimensioni del sistema (*trasporto balistico*) ed in questa condizione la resistenza del sistema non è più semplicemente direttamente proporzionale alla sua lunghezza. Per tali sistemi il carattere stesso della resistenza cambia concettualmente ed una sua appropriata descrizione richiede l’analisi della natura ondulatoria degli elettroni. È importante osservare che la teoria classica relativa al trasporto elettronico in sistemi mesoscopici, utilizza un approccio perturbativo. Un tale approccio descrive bene il trasporto coerente degli elettroni attraverso il sistema mesoscopico in esame ma esclude dall’analisi tutti gli effetti che possono rompere la coerenza dei portatori (*effetti di disordine*: scattering inelastici, temperatura, interazione tra i componenti del sistema). È evidente l’importanza della formulazione di teorie che vadano oltre un tale limite ed è questo uno degli scopi principali del presente lavoro. Inoltre, in tali sistemi, la quantizzazione della carica ed i processi di trasporto della stessa per tunnelling portano a tutta una serie di innovativi fenomeni (Coulomb blockade, Coulomb staircase, Coulomb oscillations,...) che hanno contribuito alla rivoluzione della scienza dei sistemi a bassa dimensionalità.

Sulla base di tutto ciò l’interesse principale che ha portato a questo lavoro è quello di dare una descrizione teorica e sperimentale delle più recenti ed importanti conquiste della nanofisica relativamente alla risposta degli elettroni presenti in un dispositivo nanoscopico quando questi siano sollecitati da un campo elettrico e studiare, altresì, come gli effetti quantistici e mesoscopici si manifestino in particolari campioni.

Il lavoro sperimentale originale è consistito nello studio di tali proprietà (Coulomb blockade) in un sistema granulare costituito da grani metallici di TiSi_2 in matrice di Si. Francesco Ruffino ha preparato tali campioni utilizzando la tecnica della deposizione fisica da fase vapore. In particolare sono stati depositati 10 strati di Si, ciascuno di spessore di 25nm, alternati a 10 strati di Ti, ciascuno di spessore di 1.7nm. Gli strati sono stati depositati con una rate di 0.04nm/s, a temperatura ambiente ed alla pressione di 3×10^{-8} Torr e tale che il rapporto tra la concentrazione totale di Ti e Si depositato fosse del 6% (come indicato dalle analisi di spettrometria di ioni retrodiffusi alla Rutherford). Il campione così realizzato è stato poi soggetto ad un processo termico veloce a 600 °C-3min. in ambiente di Ar. In conseguenza ad esso il Ti ed il Si reagiscono formando delle nanoparticelle metalliche di TiSi_2 , nella fase cristallina C49 (come indicato da analisi di diffrazione di raggi X), immersi in una matrice di Si policristallino. Analogo fenomeno avviene per processi termici 600 °C 3h, 600 °C 3h+700 °C 30 min e 600 °C 3h+800 °C 30 min ma con la formazione di nanograni sempre più grandi e separati nonché con una variabile dispersione in dimensioni e distanze. Le distribuzioni delle dimensioni dei nanograni R , delle loro distanze s e delle relative dispersioni ΔR e Δs sono state ricavate da analisi TEM. Poi Francesco Ruffino ne ha studiato le proprietà elettriche di questi sistemi effettuando misure corrente-tensione al variare della temperatura (da criogenica a temperatura ambiente). Infine, lo sforzo fondamentale è consistito nel trovare, applicare ed adattare i modelli della fisica mesoscopica per l’interpretazione di detti dati sperimentali.

Il risultato fondamentale di questo studio è che i dati sperimentali I-V raccolti su questi campioni sono consistenti, in linea generale, sia con i modelli teorici comunemente utilizzati per descrivere il trasporto elettronico in sistemi di nanocristalli metallici che con i dati sperimentali comunemente presenti in letteratura su tali tipologie di sistemi, sebbene i sistemi comunemente trattati in letteratura presentino alcune differenze rispetto a quello analizzato in questo lavoro. La differenza strutturale tra i campioni analizzati in questo lavoro e quelli generalmente presenti in letteratura si ripercuote sostanzialmente sulla modifica di alcune leggi per tenere in conto del disordine strutturale. La non applicabilità di alcune leggi della fisica mesoscopica ai campioni analizzati è ragionevolmente imputabile ad una troppo semplicistica schematizzazione dei sistemi in studio data dai modelli teorici tradizionali in relazione alla complessità strutturale presentata dal campione. Ad esempio detta

semplificata schematizzazione porta ad una troppo semplicistica valutazione delle capacità C e C_0 (ad esempio le immagini in microscopia in trasmissione elettronica planari mostrano chiaramente che molti grani sono ben lungi dall'essere approssimabili ad una forma sferica e la valutazione di C come capacità di un condensatore piano è sicuramente una approssimazione non troppo buona ma sicuramente la più semplice). Mentre dette capacità giocano un ruolo fondamentale nel regime di trasporto tunnelling degli elettroni attraverso il campione ciò non accade nel regime di trasporto "over barrier". Così esse influenzano le caratteristiche di trasporto in tale regime pur non alterando i suoi fenomeni fisici di base (e cioè sostanzialmente la caratteristica di *scaling behavior*), mentre non pesano in modo sostanziale sulla forma attivata termicamente della conduttanza differenziale del sistema nel regime di trasporto "over barrier" (dato che in tale regime le proprietà di trasporto elettronico non dipendono in modo importante dall'energia di carica dei dots costituenti il sistema).

Nel corso di questo lavoro si sono volute mettere in evidenza le caratteristiche più importanti degli effetti di elettrone singolo in sistemi nanostrutturati in particolar modo facendo riferimento a sistemi disordinati, dato che il disordine, la cui natura è stata specificata durante lo stesso studio, costituisce, oggi, una delle limitazioni più forti per lo sviluppo della nanotecnologia. Si accenna al fatto che in questo campo gli sforzi intellettuali e tecnologici maggiori sono rivolti alla ideazione di dispositivi che siano, quanto il più possibile, insensibili al suddetto disordine: è evidente come ciò comporti preliminarmente una approfondita conoscenza degli effetti che questo fattore ha sulle proprietà di elettrone singolo la cui comprensione, seppur semplificata, è stato uno dei temi fondamentali del presente lavoro.

In sintesi, questo lavoro di tesi, partendo dalla descrizione dei classici lavori teorici e sperimentali relativi al campo della nanoscienza ha avuto l'obiettivo primario ed originale di applicare alcuni dei concetti ad essa relativi per l'interpretazione di dati sperimentali inerenti ad un sistema (quello di grani nanometrici di TiSi_2 in Si) anch'esso del tutto originale rispetto ai soliti sistemi di nanocristalli metallici presenti e studiati in letteratura.

Attività post-laurea

Nel Giugno 2008 Francesco Ruffino ha ottenuto un contratto a progetto bimestrale per attività di collaborazione al fine della ricerca scientifica con il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università degli Studi di Catania nell'ambito del progetto di ricerca "*Caratterizzazione di materiali nanocompositi*" sotto la responsabilità della Prof.ssa Maria Grazia Grimaldi. Nell'ambito di questo progetto Francesco Ruffino ha continuato proficuamente le ricerche iniziate durante la tesi di laurea approfondendo l'effetto della temperatura sulle caratteristiche corrente-tensione in sistemi disordinati di grani metallici di TiSi_2 in matrice di Si. Da un punto di vista teorico, in particolare, il suo sforzo è stato quello di determinare una correlazione tra i dati sperimentali ed il modello teorico di Mott-Hubbard riguardante la descrizione della struttura elettronica di solidi costituiti da atomi artificiali.

Dottorato di Ricerca

Francesco Ruffino ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Scienza Materiali presso l'Università di Catania nel Settembre 2008, discutendo una tesi dal titolo "*Nanostructured Materials and Devices based on Metallic Nanoclusters*".

Il lavoro di ricerca di Francesco Ruffino è stato focalizzato sullo sviluppo di materiali nanostrutturati innovativi, e lo studio delle loro proprietà elettriche in connessione alle loro caratteristiche strutturali, in vista della fabbricazione di prototipi di dispositivi nanoelettronici.

Tale linea di ricerca si inserisce nel campo di studi relativo alla ricerca di soluzioni alle problematiche connesse con lo "scaling-down" dei dispositivi microelettronici sino a dimensioni nanometriche.

In particolare, come nanostrutture l'attenzione si è focalizzata sui nanograni metallici di Au e gli obiettivi posti sono stati:

- 1) Fabbricare materiali nanostrutturati utilizzando nanograni di Au in connessione a matrici e substrati isolanti e semiconduttori tramite opportune tecniche di deposizione;
- 2) Sviluppare tecniche per agire sui processi di auto-aggregazione dei nanograni metallici in modo da manipolarne le proprietà strutturali (es. dimensione);
- 3) Sviluppare prototipi di dispositivi elettronici nanostrutturati;
- 4) Utilizzare avanzate tecniche di analisi per studiare le proprietà strutturali dei suddetti sistemi (AFM, TEM, SEM, RBS);

- 5) Utilizzare avanzate tecniche di analisi per studiare le proprietà elettriche dei suddetti sistemi (C-AFM);
- 6) Sviluppare nuovi modelli teorici o utilizzarne di già esistenti per spiegarne le proprietà strutturali ed elettriche, determinando in particolare la loro connessione (es. come le variazioni di proprietà strutturali si ripercuotono su quelle elettriche).

L'attività di ricerca può essere sinteticamente suddivisa come segue:

1) Film nanostrutturati di Au su SiO₂: caratterizzazione del meccanismo di crescita indotto da processi termici:

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10⁻⁵ mbar) di Au su substrati di SiO₂ (cresciuto termicamente su Si). A causa della più elevata energia superficiale dell'Au (~1.5 J/m²) rispetto al SiO₂ (~0.5 J/m²) esso già nei campioni appena depositati risulta auto-organizzarsi in nanoparticelle sferiche di pochi nanometri di diametro. Una serie di campioni così depositati sono poi stati soggetti a trattamenti termici (nel range di temperatura 600 °C-800 °C e nel range di tempi 300s-3600s, in ambiente di Ar) allo scopo di indurre, per successiva auto-aggregazione, la variazione dei parametri strutturali delle nanoparticelle, quali dimensioni medie, densità superficiale, distanza superficie-superficie media. La tecnica della spettrometria di ioni retrodiffusi alla Rutherford (Rutherford Backscattering Spectrometry) ha permesso, innanzitutto, di quantificare la quantità di Au depositato e che essa non varia in funzione della temperatura o tempo di annealing (almeno nel range considerato) permettendo di considerare il sistema in esame come un sistema conservativo (conservazione della massa). La combinazione di varie tecniche microscopiche di analisi, quali la microscopia a forza atomica, la microscopia in trasmissione elettronica e quella a scansione elettronica hanno permesso di derivare l'evoluzione delle caratteristiche strutturali dei nanograni in funzione dei parametri di processo (temperatura e tempo del processo termico). Inoltre utilizzando opportuni modelli teorici che descrivono nucleazione e crescita delle nanoparticelle è stato possibile determinare le leggi microscopiche che regolano l'auto-organizzazione delle stesse in funzione di detti parametri. In tal modo, sono stati chiariti i meccanismi microscopici della auto-aggregazione delle nanoparticelle di Au su SiO₂ indotta da trattamenti termici, acquisendo un metodo pratico per la manipolazione delle proprietà strutturali dei materiali nanostrutturati preparati.

2) Film nanocompositi Au/SiO₂: caratterizzazione del meccanismo di crescita indotto da processi termici:

Partendo da uno strato di Au di circa 2nm depositato su SiO₂ termico e depositando su questo un altro strato di SiO₂ (circa 3 nm) per sputtering è stato ottenuto un film nanocomposito formato da nanograni di Au immersi in SiO₂. Una serie di campioni così depositati sono poi stati soggetti a trattamenti termici (nel range di temperatura 600 °C-800 °C e nel range di tempi 300s-3600s, in ambiente di Ar) allo scopo di indurre, per successiva auto-aggregazione, la variazione dei parametri strutturali delle nanoparticelle, quali dimensioni medie, densità superficiale, distanza superficie-superficie media. La microscopia in trasmissione elettronica ha permesso di derivare l'evoluzione delle caratteristiche strutturali dei nanograni in funzione dei parametri di processo (temperatura e tempo del processo termico). Inoltre utilizzando opportuni modelli teorici che descrivono nucleazione e crescita delle nanoparticelle è stato possibile determinare le leggi microscopiche che regolano l'auto-organizzazione delle stesse in funzione di detti parametri. In tal modo, sono stati chiariti i meccanismi microscopici della auto-aggregazione delle nanoparticelle di Au in SiO₂ indotta da trattamenti termici, acquisendo un metodo pratico per la manipolazione delle proprietà strutturali dei materiali nanostrutturati preparati.

In aggiunta, la microscopia in trasmissione elettronica ad alta risoluzione di singole nanoparticelle di Au depositate su SiO₂ ed inglobate in SiO₂, ha permesso di determinare la loro struttura cristallina interna e l'influenza dell'ambiente circostante su questa. Infatti i nanocristalli di Au depositati su SiO₂ od immersi in esso sono soggetti a differenti condizioni termodinamiche per cui la loro crescita indotta da trattamenti termici risulta diversa se avviene (a parità di condizioni di processo) su SiO₂ o in SiO₂. L'applicazione della costruzione di Wulff ha permesso la determinazione dell'andamento della funzione della energia superficiale dei nanocristalli di Au cresciuti su ed in SiO₂ in funzione della dimensione degli stessi. Argomenti basati sulla simmetria traslazionale e/o rotazionale di questa funzione hanno permesso di giustificare la presenza o la mancanza di simmetria nella forma di

equilibrio dei nanocristalli cresciuti su e in SiO₂.

3) Film nanostrutturati di Au su SiC: caratterizzazione del meccanismo di crescita indotto da processi termici:

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10⁻⁵ mbar) di Au su substrati di 6H-SiC (cresciuto termicamente su Si). A causa della più elevata energia superficiale dell' Au (~1.5 J/m²) rispetto sia al SiC esso già nei campioni appena depositati risulta auto-organizzarsi in nanoparticelle sferiche di pochi nanometri di diametro. Una serie di campioni così depositati sono poi stati soggetti a trattamenti termici (nel range di temperatura 600 °C-800 °C e nel range di tempi 300s-3600s, in ambiente di Ar) allo scopo di indurre, per successiva auto-aggregazione, la variazione dei parametri strutturali delle nanoparticelle, quali dimensioni medie, densità superficiale, distanza superficie-superficie media. La tecnica della spettrometria di ioni retrodiffusi alla Rutherford (Rutherford Backscattering Spectrometry) ha permesso, innanzitutto, di quantificare la quantità di Au depositato e che essa non varia in funzione della temperatura o tempo di annealing (almeno nel range considerato) permettendo di considerare il sistema in esame come un sistema conservativo (conservazione della massa). La combinazione di varie tecniche microscopiche di analisi, quali la microscopia a forza atomica, la microscopia in trasmissione elettronica e quella a scansione elettronica hanno permesso di derivare l'evoluzione delle caratteristiche strutturali dei nanograni in funzione dei parametri di processo (temperatura e tempo del processo termico). Inoltre utilizzando opportuni modelli teorici che descrivono nucleazione e crescita delle nanoparticelle è stato possibile determinare le leggi microscopiche che regolano l'auto-organizzazione delle stesse in funzione di detti parametri. In tal modo, sono stati chiariti i meccanismi microscopici della auto-aggregazione delle nanoparticelle di Au su 6H-SiC indotta da trattamenti termici, acquisendo un metodo pratico per la manipolazione delle proprietà strutturali dei materiali nanostrutturati preparati.

4) Film nanostrutturati di Au su SiO₂: caratterizzazione del meccanismo di crescita indotto da irraggiamento ionico:

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10⁻⁵ mbar) di Au su substrati di SiO₂ (cresciuto termicamente su Si).

Una serie di campioni così depositati sono poi stati soggetti a trattamenti di irraggiamento ionico (con ioni Ar⁺ nel range di dose 5×10¹³cm⁻²-10¹⁶cm⁻², con energia di 200keV, a temperatura ambiente) allo scopo di indurre, per successiva auto-aggregazione, la variazione dei parametri strutturali delle nanoparticelle, quali dimensioni medie, densità superficiale, distanza superficie-superficie media. La tecnica della spettrometria di ioni retrodiffusi alla Rutherford (Rutherford Backscattering Spectrometry) ha permesso, innanzitutto, di quantificare la quantità di Au depositato e la sua variazione in funzione dei parametri di processo. Il risultato fondamentale è stato che la quantità di Au per i campioni soggetti ad irraggiamento ionico diminuisce all'aumentare della dose di Ar⁺ irraggiata è stata evidente e causata dal fenomeno di erosione ionica dell' Au come conseguenza delle collisioni con gli ioni Ar⁺. La combinazione di varie tecniche microscopiche di analisi, quali la microscopia a forza atomica, la microscopia in trasmissione elettronica e quella a scansione elettronica hanno permesso di derivare tali caratteristiche in funzione dei parametri di processo (dose di irraggiamento). Inoltre utilizzando opportuni modelli teorici che descrivono nucleazione e crescita delle nanoparticelle in situazione di non-equilibrio è stato possibile determinare le leggi microscopiche che regolano l'auto-organizzazione delle stesse in funzione di detti parametri. In tal modo, sono stati chiariti i meccanismi microscopici della auto-aggregazione delle nanoparticelle di Au su SiO₂ indotta da irraggiamento ionico, acquisendo un altro metodo pratico per la manipolazione delle proprietà strutturali dei materiali nanostrutturati preparati.

5) Fabbricazione di un rettificatore di corrente tunnel su scala nanometrica a potenziale di soglia variabile tramite nanocristalli di Au in SiO₂:

Sono stati considerati i campioni nanostrutturati realizzati tramite deposizione di nanoparticelle di Au su SiO₂ ed opportunamente processati termicamente e/o irraggiati ionicamente per realizzare desiderate distribuzioni in dimensioni e densità superficiali delle stesse nanoparticelle. Su questi è poi stato depositato (tramite sputtering) un secondo strato, di circa 3nm, di SiO₂. Su tali campioni sono

quindi state effettuate analisi elettriche locali nanometriche sfruttando la tecnica della microscopia conduttiva a forza atomica. In tal modo è stato possibile sondare le proprietà di trasporto elettronico di singoli sistemi a barriera $\text{SiO}_2(3\text{nm})/\text{nanoparticella Au/SiO}_2(10\text{nm})$ in funzione della dimensione della nanoparticella di Au. Il risultato fondamentale di una tale analisi sperimentale risiede nel fatto che il sistema $\text{SiO}_2(3\text{nm})/\text{nanoparticella Au/SiO}_2(10\text{nm})$ opera, a temperatura ambiente, da rettificatore nanometrico di corrente, basato sull'effetto tunnel di elettroni attraverso i due strati di ossido mediato dalla nanoparticella metallica, con un potenziale di soglia caratteristico fortemente dipendente dalla dimensione della nanoparticella. Un tale sistema rettificatore nanometrico ha la possibilità di essere implementato nei futuri circuiti nanoelettronici. Un modello teorico è stato sviluppato, basandosi sul concetto di trasporto di singoli elettroni in doppie giunzioni tunnel per la spiegazione di dette caratteristiche e per la connessione del potenziale di soglia con le caratteristiche strutturali dei nanocristalli (dimensione).

6) Fabbricazione di un diodo Schottky Au/SiC su scala nanometrica:

Sono stati considerati i campioni nanostrutturati realizzati tramite deposizione di nanoparticelle di Au su 6H-SiC ed opportunamente processati termicamente per realizzare desiderate distribuzioni in dimensioni e densità superficiali delle stesse nanoparticelle. Su tali campioni sono quindi state effettuate analisi elettriche locali nanometriche sfruttando la tecnica della microscopia conduttiva a forza atomica. In tal modo è stato possibile sondare le proprietà di trasporto elettronico di singoli nano-contatti metallo/semiconduttore (contatto Schottky) Au/SiC in funzione della dimensione della nanoparticella di Au. Le misure sono state così effettuate: per ogni campione con dimensione media delle nanoparticelle $\langle R \rangle$ la punta conduttiva del microscopio a forza atomica è stata fissata su 400 punti diversi (in una matrice 20×20 con step di 500nm) e per ognuna di queste posizioni la caratteristica corrente-tensione è stata acquisita. Per il campione senza nanoparticelle (cioè il solo substrato di SiC) tutte le caratteristiche appartengono alla stessa famiglia di curve. Ciascuna curva è caratteristica di un contatto Schottky con un potenziale di soglia (corrispondente all'altezza di barriera del contatto) di circa 1.24eV. Nei campioni con i nanocristalli sono evidenti due famiglie di curve: la prima, fissa, corrispondente al contatto diretto tra la punta del microscopio e il substrato di SiC (superficie del campione non ricoperta da nanocristalli) ed una seconda famiglia, corrispondente al contatto nanocristalli Au/SiC che si sposta verso potenziali più alti all'aumentare della dimensione media dei nanocristalli indicando un aumento dell'altezza di barriera del contatto Schottky all'aumentare della dimensione dei nanocristalli. Per nanocristalli sufficientemente grandi tale potenziale di soglia tende all'altezza di barriera del contatto macroscopico Au/6H-SiC (1.8eV). Anche in questo caso è stato sviluppato un modello teorico opportuno per la descrizione del trasporto elettronico in contatti Schottky nanometrici basandosi sul modello ad interazione costante di singoli elettroni in "quantum dots".

Attività post-dottorato

Nel 2008-2012 Francesco Ruffino ha svolto con profitto l'attività prevista dall'assegnio di ricerca sul programma "*Caratterizzazione strutturale ed elettrica di nanograni in isolanti*" presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania. Nell'ambito di questa attività di ricerca Francesco Ruffino ha continuato proficuamente le ricerche iniziate durante il periodo di dottorato di ricerca approfondendo gli studi sulla tipologia di sistemi nanostrutturati realizzati in quell'ambito (Au, TiSi_2) e ampliando le stesse estendendo le competenze sulla caratterizzazione strutturale ed elettrica ad altri materiali (Pd e sistemi a bassa dimensionalità $\text{SiO}_2/\text{Si}/\text{SiO}_2$).

L'attività di ricerca può essere sinteticamente suddivisa come segue:

1) Film nanostrutturati di Au su SiO_2 : caratterizzazione del meccanismo dinamico di crescita

Relativamente a films nanostrutturati di Au su SiO_2 l'attività durante questo anno è consistita nella preparazione di tali sistemi, nella messa a punto di tecniche di "self-organization" (auto-aggregazione) degli stessi e in una approfondita analisi microscopica delle loro proprietà.

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10^{-5} mbar) di Au su substrati di SiO_2 (cresciuto termicamente su Si). Sono stati depositati film di diverso spessore h. Utilizzando la microscopia a forza atomica, il meccanismo dinamico di crescita dei nanograni di Au in funzione di h è stato dettagliatamente descritto e teoricamente modellato.

2) Film nanocompositi Au/SiO₂: caratterizzazione del meccanismo di autoaggregazione indotto da irraggiamento elettronico

Partendo da uno strato di Au di circa 2nm depositato su SiO₂ termico e depositando su questo un altro strato di SiO₂ (circa 3 nm) per sputtering è stato ottenuto un film nanocomposito formato da nanograni di Au immersi in SiO₂. La morfologia dei nanograni di Au è stata osservata evolvere sotto irraggiamento elettronico in un microscopio in trasmissione elettronica. Ciò, è quindi indice del fatto che l'irraggiamento elettronico promuove la crescita dei nanograni e può quindi essere una metodologia adeguata per controllare le proprietà strutturali dei nanograni in funzione dei parametri di processo (es. tempo di irraggiamento). Il meccanismo di crescita dei nanograni di Au in SiO₂ sotto irraggiamento elettronico è stato accuratamente descritto in funzione del tempo di irraggiamento, utilizzando la microscopia in trasmissione elettronica.

3) Film nanostrutturati di Pd su SiO₂: caratterizzazione del meccanismo dinamico di crescita

Relativamente a film nanostrutturati di Pd su SiO₂ l'attività durante questo anno è consistita nella preparazione di tali sistemi, nella messa a punto di tecniche di "self-organization" (auto-aggregazione) degli stessi e in una approfondita analisi microscopica delle loro proprietà.

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili film (a temperatura ambiente e pressione di circa 10⁻⁵ mbar) di Pd su substrati di SiO₂ (cresciuto termicamente su Si). Sono stati depositati film con crescente tempo di deposizione t e quindi con crescente spessore h (in atomi/cm², come indicato dalle analisi RBS). Utilizzando la microscopia a scansione elettronica, il meccanismo dinamico di crescita dei nanograni di Au in funzione di h è stato dettagliatamente descritto e teoricamente modellato.

4) Diodi Schottky nanostrutturati Pd/Au/SiC: proprietà elettriche a temperatura ambiente

L'attenzione si è concentrata sullo sviluppo di un prototipo di dispositivo elettronico nanostrutturato. Su un substrato di 6H-SiC sono stati depositati per sputtering nanograni di Au. Successivamente sono stati effettuati processi termici (nel range di temperature 600 °C-800 °C, e nel range di tempi 0-60min) per variare in modo controllato le dimensioni medie dei detti nanograni nonché la loro densità superficiale e frazione di area coperta. Infine un contatto metallico macroscopico di Pd (spessore 100nm, area $A=3.14 \times 10^{-2}$ cm²) è stato depositato su tutti i campioni in modo da realizzare un contatto Schottky macroscopico Pd/SiC contenente delle disomogeneità nanometriche localizzate (rappresentate dai nanograni di Au) all'interfaccia metallo/semiconduttore. Prima della deposizione del Pd, analisi SEM hanno permesso, per ogni campione, di determinare il raggio medio dei nanograni, la loro densità superficiale e frazione di area coperta, in funzione del particolare processo termico effettuato. Anche campioni di riferimento senza nanograni di Au sono stati realizzati. Infine si è proceduto con caratterizzazioni elettriche di questi dispositivi effettuando delle misure corrente-tensione (I-V) tra il contatto superiore (Pd) e quello inferiore (Ni₂Si) cercando di ottenere informazioni circa l'effetto della presenza dei nanograni di Au e della loro dimensione sulle caratteristiche del contatto Pd/SiC. Da queste caratterizzazioni sembra evidente una dipendenza delle proprietà elettriche dalle dimensioni medie dei nanograni di Au. I risultati mostrati dalle dette caratterizzazioni elettriche dimostrano che non solo è possibile variare in maniera controllata le caratteristiche elettriche dei dispositivi realizzati (altezza di barriera e coefficiente di idealità) modificando la dimensione media dei nanograni (e di conseguenza la loro densità superficiale e frazione di area coperta) ma anche che detti nanograni si comportano come disomogeneità nanometriche localizzate all'interfaccia metallo/semiconduttore che causano un "pinch-off" del livello di Fermi.

5) Drogaggio con As di sistemi a bassa dimensionalità SiO₂/Si/SiO₂

I nanograni di Si costituiscono una delle più promettenti alternative ai tradizionali dispositivi microelettronici. Le loro applicazioni nel campo della nanoelettronica sono ormai svariate; da qui nasce la necessità di un'indagine sul comportamento del drogante in tali sistemi nanometrici. In particolare, il presente lavoro ha come scopo lo studio della fattibilità del drogaggio di sistemi nanostrutturati, ad esempio costituiti da nanograni di Si immersi in una matrice di SiO₂; il drogante in esame è l'Arsenico, da introdurre nei campioni mediante impiantazione ionica. Innanzitutto abbiamo effettuato un lavoro preliminare a questo, che è quello descritto nel presente paragrafo. L'attenzione è rivolta in particolare a sistemi del tipo "quantum well", realizzati tramite un film sottile (da 20 nm) di Si, interposto tra due strati di SiO₂. Utilizzando la tecnica dell'impiantazione ionica, è stato inserito

dell'As nel suddetto strato nanometrico di Si, e successivi processi termici ne hanno indotto diffusione e segregazione. Le tecniche RBS e TEM hanno permesso una caratterizzazione microscopica dei meccanismi fisici, permettendoci di osservare fenomeni innovativi rispetto a quelli relativi ad un Silicio bulk drogato con As (ampiamente descritti in letteratura).

6) Approccio ibrido basato su impiantazione ionica ed irraggiamento laser al nanosecondo per un efficiente drogaggio con As di nanostrutture in Si

Nanograni di Si in matrice di SiO₂ sono stati realizzati tramite processo termico (1000 °C-60 minutes) di un film di ossido di Si substechiometrico. Ottenuto, dunque, un film di SiO₂ con nanograni di Si di raggio medio 1 nm e densità volumica di $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, è stato effettuato un impianto di As tale da ottenere un profilo a cassetta lungo tutto il film. Dopo l'impianto, irraggiamenti laser al nanosecondo ed alta potenza (10 ns Nd:yttrium aluminum garnet YAG laser a 532 nm) sono stati effettuati per promuovere l'incorporamento di atomi di As nei nanograni di Si in fase liquida (durante, cioè, la loro fusione indotta dall'irraggiamento laser). Misure ottiche, quali, in particolare, misure di spettrometria ellissometrica, hanno evidenziato proprietà ottiche dei nanocristalli effettivamente compatibili con il drogaggio con As dei nanocristalli dopo l'irraggiamento laser.

7) Film nanostrutturati di Au su mica: caratterizzazione del meccanismo dinamico di crescita in funzione dello spessore

Relativamente a films nanostrutturati di Au su mica l'attività durante questo anno è consistita nella preparazione di tali sistemi, nella messa a punto di tecniche di "self-organization" (auto-aggregazione) degli stessi e in una approfondita analisi microscopica delle loro proprietà. Tale studio è di particolare rilevanza nell'ambito della nanofabbricazione in quanto su substrati di mica è possibile ottenere film di Au ultra-piatti, i quali sono a loro volta piattaforme ideali per l'ancoraggio di molecole, nanotubi e nanoparticelle. Il nostro obiettivo è stato quello di studiare l'evoluzione della morfologia del film di Au in funzione delle condizioni di deposizione ed, in particolare, di determinare le condizioni ottimali di deposizione per "sputtering" per ottenere film a rugosità minima.

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10^{-5} mbar) di Au su substrati di mica. Sono stati depositati film con crescente tempo di deposizione t e quindi con crescente spessore h . Utilizzando la microscopia a forza atomica, il meccanismo dinamico di crescita dei nanograni di Au in funzione di h è stato dettagliatamente descritto e teoricamente modellato. È stato possibile distinguere e controllare la crescita di nanoparticelle di Au sul substrato di mica dalla crescita di microparticelle nanostrutturate di Au su un film quasi-continuo dello stesso Au formato dalle nanoparticelle precedentemente realizzate.

8) Film nanostrutturati di Au su mica: caratterizzazione dei meccanismi di crescita indotti da processi termici

I film nanostrutturati di Au precedentemente cresciuti su mica sono stati anche soggetti a processi termici opportuni (300 °C-500 °C tra 20 e 80 minuti) per indurre una variazione morfologica rispetto a quella di partenza. Utilizzando la microscopia a forza atomica, lo scopo è stato quello di determinare delle relazioni quantitative tra la variazione dei parametri strutturali del film ed i parametri di processo (tempo e temperatura del processo termico). In particolare, l'evidenza sperimentale ha mostrato che un opportuno processo termico (300 °C-20 minuti) del film quasi continuo di Au su mica porta alla rottura dello stesso con la nucleazione di nanoparticelle di Au la cui dimensione media e densità superficiale può essere opportunamente controllata variando la temperatura ed il tempo del processo termico. L'evoluzione morfologica osservata è stata interpretata utilizzando i comuni modelli di nucleazione e crescita tramite "Ostwald ripening" limitata dalla diffusione superficiale. Unendo questi modelli ai dati sperimentali è stato possibile determinare il coefficiente di diffusione dell' Au sulla superficie di mica.

9) Realizzazione e studio delle proprietà strutturali di film nanostrutturati di Au su Si(100) e Si(111)

La realizzazione di nanoparticelle di Au su Si, ed in particolare la possibilità di controllo delle caratteristiche strutturali di queste (dimensioni, densità superficiale, distanza reciproca) ha acquisito una notevole importanza nell'ambito della nanofabbricazione al fine della produzione in massa di "nanowires" di Si tramite il meccanismo "Vapour-Liquid-Solid". In tal senso, nostro obiettivo è stato quello di depositare nanoparticelle di Au su substrati di Si con orientazioni (100) ed (111). I campioni

sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10^{-5} mbar) di Au sui substrati detti. Sono stati depositati film con crescente tempo di deposizione t e quindi con crescente spessore h . Alcuni campioni sono stati anche termicamente processati a $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ al variare del tempo (5-60 minuti). Utilizzando, poi, la microscopia a forza atomica, l'obiettivo è stato quello di effettuare un accurato studio quantitativo della variazione dei parametri strutturali delle nanoparticelle di Au (dimensioni, densità superficiale, distanze reciproche, in funzione dei parametri di processo (quantità di Au depositata, durata del processo termico). Questo ci ha portati alla determinazione del meccanismo dinamico di crescita dei nanograni di Au ed alla correlazione dell'evoluzione delle loro caratteristiche strutturali con i parametri di processo.

10) Film nanostrutturati di Pd su SiC: studio della transizione percolativa

Relativamente a films nanostrutturati di Pd su SiC l'attività durante questo anno è consistita nella preparazione di tali sistemi, nella messa a punto di tecniche di "self-organization" (auto-aggregazione) degli stessi e in una approfondita analisi microscopica delle loro proprietà.

I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10^{-5} mbar) di Pd su substrati di 6H-SiC. Sono stati depositati film con crescente tempo di deposizione t e quindi con crescente spessore h . Utilizzando la microscopia a forza atomica, il meccanismo dinamico di crescita dei nanograni di Au in funzione di h è stato dettagliatamente descritto e teoricamente modellato. In particolare, le analisi in microscopia a forza atomica hanno permesso di caratterizzare accuratamente la transizione percolativa, per il film di Pd, cioè da nanoparticelle isolate di Pd ad un sistema di isole formate dalla parziale unione delle nanoparticelle di Pd ad, infine, un film di Pd quasi-continuo. Una tale caratterizzazione si è inserita nell'ambito dello studio dell'effetto delle disomogeneità morfologiche nanometriche sulle caratteristiche elettriche di diodi metallo-semiconduttore (Pd/SiC nel nostro caso specifico).

11) Realizzazione e studio delle proprietà strutturali di nanoparticelle bimetalliche PdAu su SiO₂

Nanoparticelle bimetalliche realizzate su substrati isolanti, sono note avere notevoli proprietà catalitiche ed accentuate rispetto ai rispettivi materiali massivi ed alle superfici bimetalliche. Tali nanoparticelle bimetalliche è noto catalizzare molte reazioni di interesse industriale ed avere un effetto catalitico fortemente dipendente dalle loro dimensioni. Di conseguenza, negli ultimi anni è stato notevole l'interesse nella realizzazione di tali particelle e nel controllo accurato delle loro proprietà strutturali. La nostra attività ci ha portato a dimostrare come sia possibile ottenere nanoparticelle bimetalliche PdAu su SiO₂ tramite deposizione sequenziale via "sputtering" di Pd ed Au. I campioni sono stati preparati depositando tramite sputtering (utilizzando un apparato Emitech K550X) sottili films (a temperatura ambiente e pressione di circa 10^{-5} mbar) di Pd e successivamente Au sul SiO₂. Sono stati depositati film con crescente tempo di deposizione t e quindi con crescente spessore h . Alcuni campioni sono stati anche termicamente processati a $700\text{-}900\text{ }^{\circ}\text{C}$ al variare del tempo (5-60 minuti). Utilizzando, poi, la microscopia a forza atomica, l'obiettivo è stato quello di effettuare un accurato studio quantitativo della variazione dei parametri strutturali delle nanoparticelle di PdAu (dimensioni, densità superficiale, distanze reciproche, in funzione dei parametri di processo (quantità di Au depositata, temperatura e durata del processo termico). Questo ci ha portati alla determinazione del meccanismo dinamico di crescita delle nanoparticelle bimetalliche ed alla correlazione dell'evoluzione delle loro caratteristiche strutturali con i parametri di processo.

12) Formazione ed evoluzione di "nanorings" di Au su ossido di zinco drogato con stagno

Recentemente, l'acquisizione della capacità di realizzare nanostrutture metalliche (e controllarne opportunamente le proprietà strutturali) su substrati trasparenti e conduttivi è divenuta di grande importanza sia da un punto di vista scientifico che tecnologico. Infatti, nanostrutture metalliche su tali tipi di substrati mostrano proprietà ottiche di notevole interesse esibendo spettri di assorbimento e trasmissione fortemente dipendenti dalle dimensioni di tali nanostrutture a causa dell'occorrere di effetti plasmonici. Utilizzando la tecnica di deposizione via sputtering, la nostra attività ha permesso la realizzazione di nanograni di Au su un importante substrato trasparente e conduttivo quale l'ossido di zinco drogato con stagno. Inoltre, una volta realizzati nanograni di Au su un tale substrato sottoponendo questi ad opportuni processi termici è stata osservata, e poi quantitativamente descritta, una peculiare evoluzione di questi nanograni in nanostrutture tipo "nanorings". Queste ultime

nanostrutture acquistano notevole importanza nell'ambito plasmonico potendo mostrare marcate risonanze plasmoniche in base al rapporto tra il loro diametro esterno ed interno. L'evoluzione delle caratteristiche strutturali di questi nanorings è stata accuratamente studiata in funzione della temperatura e del tempo del processo termico utilizzando la microscopia a forza atomica.

13) Fabbricazione di strutture “core-shell” Au-SiO₂ tramite irraggiamenti laser al nanosecondo di sottili film di Au su Si

Nanoparticelle a struttura “core-shell” costituiscono una nuova classe di materiali con importanti applicazioni tecnologiche. In questo contesto, nanostrutture core-shell Au/SiO₂ sono di grande interesse per le loro proprietà ottiche dipendenti dalle dimensioni, in particolare proprietà di tipo plasmonico. In tali strutture la risposta plasmonica può essere finemente controllata cambiando il rapporto tra la dimensione del core di Au e della shell di SiO₂. Tale proprietà permette di utilizzare tali sistemi in svariate applicazioni tecnologiche quali sensori chimici e biologici ultrasensibili, filtri ottici, ecc. ad oggi gli unici approcci per la fabbricazione di tali nanostrutture core-shell sono di tipo chimico. La nostra attività di ricerca, ha invece, portato allo sviluppo di una metodologia di tipo completamente fisico, semplice e versatile per la produzione su larga scala di nanoparticelle core-shell Au/SiO₂. Infatti, utilizzando le dinamiche ultraveloci di fusione e solidificazione di sottili (5 e 25 nm) film di Au depositati su Si indotti da irraggiamenti laser al nanosecondo, e la particolare natura dell'interazione Au/Si (formazione di una lega eutettica in opportune condizione) è stato possibile produrre tale tipologia di nanostruttura. È, inoltre, stato possibile ottenere un controllo sulle dimensioni medie, densità superficiale, e rapporto in dimensioni tra core e shell in funzione dell'energia del laser e dello spessore iniziale del film di Au.

14) Nanostrutturazione di sottili film di Au su ITO (ossido di Indio drogato con Stagno) tramite irraggiamenti laser al nanosecondo

L'interesse nel produrre nanoparticelle di Au e Ag su substrati trasparenti e conduttivi come l'ossido di Indio drogato con Stagno (In₂O₃: SnO₂, ITO), è, recentemente, aumentato. Infatti, le interfacce risultanti mostrano interessanti proprietà ottiche presentando spettri di assorbimento e trasmissione dipendenti dalla struttura delle nanoparticelle a causa di effetti di risonanza plasmonica localizzata. In conseguenza a tale proprietà, tali sistemi potrebbero essere utilizzati in celle plasmoniche solari per aumentare l'efficienza di conversione dell'energia luminosa in elettrica. Un punto chiave per l'effettiva applicazione tecnologica di tali sistemi riguarda la generazione e il controllo delle proprietà strutturali (forma, dimensioni) delle nanoparticelle metalliche sulla superficie dell'ITO come pre-requisito per il controllo delle risultanti proprietà plasmoniche. Di conseguenza, ruolo fondamentale viene assunto dalla necessità di sviluppare procedure innovative, semplici e versatili che consentano la fabbricazione e manipolazione di nanoparticelle di Au e Ag sulla superficie dell'ITO.

In questo ambito, abbiamo studiato la possibilità di generare nanoparticelle di Au e Ag irraggiando con laser al nanosecondo sottili film di Au e Ag depositati su substrati di ITO. In particolare, è stato effettivamente possibile osservare un fenomeno di dewetting di 5 nm di Au e Ag depositati su ITO come conseguenza dei processi di fusione e solidificazione indotti da irraggiamenti laser. La dimensione media e densità superficiale sono risultate controllabili tramite la potenza dell'impulso laser. Il meccanismo microscopico che porta alla formazione di tali nanoparticelle è stato dettagliatamente analizzato e discusso in termini di concetti quali dewetting guidato dall'instabilità di Rayleigh, minimizzazione dell'energia superficiale, ecc...

15) Fabbricazione di nanostrutture dendritiche di Au

Nanostrutture metalliche sono state sintetizzate in molte forme e strutture, da nanoparticelle colloidali con dispersione in dimensione molto piccola, a nanocristalli di forma controllata, nanofili e nanofogli. Tuttavia, la sintesi di ulteriori tipi di nanostrutture è altamente auspicabile e tecnologicamente importante. Pertanto, vi è un crescente interesse nella produzione di nanostrutture metalliche a forma e struttura più complesse come nanostrutture dendritiche e frattali. In tal senso, protocolli chimici per la fabbricazione di nanostrutture dendritiche di Au sono ampiamente utilizzati. Tali strutture ramificate hanno mostrato una vasta gamma di proprietà fisiche, assenti in nanostrutture a simmetria sferica, tecnologicamente importanti per la fabbricazione di dispositivi ottici, elettronici e sensoristici.

In questo senso, la nostra attività di ricerca ha, invece, portato allo sviluppo di una metodologia di tipo completamente fisico, semplice e versatile per la produzione su larga scala di nanostrutture dendritiche

di Au. Tale metodologia prevede la deposizione di sottili (5-25 nm) di Au su Si e conseguenti processi ad alta temperatura (1100 °C) con rampe veloci di riscaldamento e raffreddamento (~1100 °C/s). Il meccanismo di formazione di tali strutture è stato studiato e attribuito a processi di non-equilibrio termodinamico conseguenti alle veloci rampe di riscaldamento e raffreddamento.

16) Controllo della rugosità superficiale di film nanometrici di Ag tramite deposizioni oblique

La rugosità (intesa come deviazione standard delle altezze) è una caratteristica molto importante di un film depositato su un substrato. Il suo controllo è una questione chiave per le applicazioni tecnologiche che vanno dalla micro- e nano-elettronica, alla plasmonica e alla biologia. La nostra attività di ricerca, in questo senso, ha portato ad individuare in deposizioni oblique di Ag su mica, un approccio per variare in maniera controllata la rugosità di film di Ag. Abbiamo, infatti, potuto constatare un aumento della rugosità del film di Ag depositato sul substrato di mica aumentando l'angolo di incidenza degli atomi di Ag sul substrato. È stato, inoltre, sviluppato un semplice modello geometrico per la spiegazione di un tale dato, risultando un tale modello in ottimo accordo con i dati sperimentali.

17) Studio dell'evoluzione morfologica di film di Au e Ag nanometrici depositati su PMMA e PS e processati termicamente

Negli ultimi anni, materiali nanostrutturati fabbricati con nanoparticelle metalliche depositate su o incorporate in matrici polimeriche, sono emersi nel campo dello sviluppo dell'elettronica organica. In tal senso, lo studio delle proprietà di interfaccia metallo/polimero risulta fondamentale in quanto tali proprietà determinano il funzionamento specifico del dispositivo risultante. Di conseguenza, notevole importanza riguarda la comprensione dei processi cinetici microscopici di crescita del film metallico sulla superficie del polimero e come il polimero influenzi la morfologia del film metallico. Tali motivazioni ci hanno portato ad investigare le proprietà di materiali nanocompositi realizzati con nanoparticelle di Au e Ag depositati su due polimeri particolarmente interessanti: poly(methyl methacrylate) (PMMA) e polystyrene (PS). Tali nanoparticelle sono state depositate su detti substrati ed i sistemi risultanti sono stati sottoposti a trattamenti termici a temperature superiori a quella di transizione vetrosa di ciascun polimero (temperatura caratteristica del polimero oltre la quale esso va incontro ad una transizione di fase diventando un fluido viscoso). Le nostre analisi hanno permesso di osservare notevoli variazioni nella morfologia superficiale di tali sistemi in funzione della temperatura e tempo del processo termico. Tali variazioni sono state attribuite ad un processo di inglobamento delle nanoparticelle dalla superficie del polimero verso l'interno dello stesso. Numerosi parametri caratterizzanti tale fenomeno sono stati quantificati (velocità del processo di inglobamento, energia di attivazione del processo, ecc.).

18) Fabbricazione e studio delle proprietà di film nanoporosi di Ge

Materiali nanoporosi sono attualmente di grande interesse tecnologico grazie al loro altissimo rapporto superficie/volume. Questa proprietà, in particolare, ha fondamentali ripercussioni sulle caratteristiche chimico-fisiche di tali materiali, in termini, ad esempio, della loro capacità di adsorbimento di molecole e catalisi. In tal senso, l'attività di ricerca in questione è stata focalizzata sull'utilizzo della classica e versatile tecnica di impiantazione ionica per realizzare una porosità su scala nanometrica in film di Ge depositati su vari substrati. Sono stati studiati i parametri di processo (energia del fascio ionico, ...) per controllare larghezza, profondità e densità dei nanopori ottenuti. Il loro meccanismo di formazione è stato indagato. Le tecniche di misura di resistenza di strato Hall, di spettroscopia fotovoltica di superficie e di microscopia a scansione tunnel sono state utilizzate per la caratterizzazione elettrica di tale materiale mettendone in evidenza eccezionali proprietà di trasporto elettrico, facendo di tale materiale un candidato significativo come elettrodo nanoporoso in vari dispositivi.

19) Celle solari "p-i-n" a Si amorfo: caratteristiche elettro-ottiche

All'interno di una collaborazione con STMicroelectronics, un prototipo di cella solare basata su un diodo pin in Si è stato realizzato e caratterizzato. In particolare, fulcro del lavoro è stato lo studio l'effetto, sulle proprietà elettro-ottiche, dei parametri di sintesi di una omogiunzione di silicio amorfo idrogenato. Risultato fondamentale è stato l'aumento della efficienza quantica interna del dispositivo risultante all'aumentare del contenuto di idrogeno nello strato intrinseco della struttura. Inoltre, la causa di tale effetto è stata ricercata e studiata all'interno del modello di Meyer-Neldel.

Attività scientifica da ricercatore presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli Studi di Catania

Francesco Ruffino, dal 1 Ottobre 2012 prende servizio come ricercatore a tempo indeterminato (area: Fisica Sperimentale della Materia) presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università degli Studi di Catania. Accanto alla attività didattica prosegue la sua attività di ricerca scientifica ampliando le attività svolte nel decennio precedente ed iniziandone di nuove, come di seguito riassunto.

1) Attività di gestione dei sistemi di deposizione tramite “sputtering” di film sottili metallici Quorum-EMITECH K500X e Q300D (dual sputter) installati presso i laboratori del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Catania

2) Attività di gestione del sistema integrato microscopio a forza atomica-a scansione tunnel “Innova” della Veeco Instruments installato presso il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Catania. Durante tale attività di gestione, **Francesco Ruffino procede a periodici upgrade del microscopio (tramite acquisizione, diretta installazione e collaudo dei moduli relativi) rendendo il microscopio capace di operare, oltre che nelle usuali modalità di topografia, nelle modalità: microscopia conduttiva, microscopia piezo-responsiva, microscopia di potenziale superficiale.**

3) Simulazione delle proprietà di diffusione della luce da nanostrutture metalliche pure e complesse
Nanoparticelle metalliche composte, ad esempio, da Au o Ag mostrano notevoli effetti di assorbimento e diffusione di radiazione elettromagnetica grazie ad effetti di risonanza plasmonica localizzata di superficie. Questi effetti vengono utilizzati in importanti applicazioni tecnologiche riguardanti dispositivi fotovoltaici (per aumentare l'efficienza di conversione energetica di tali dispositivi) e sensori molecolari ad effetto Raman. In tale ambito, preliminare alla fabbricazione ed utilizzo di tali nanoparticelle per tali applicazioni, è la modellizzazione delle loro proprietà ottiche in funzione della loro struttura ed interazione con l'ambiente esterno. Tale approccio modellistico fornisce la possibilità di scegliere opportune dimensioni e costanti dielettriche per il raggiungimento di uno specifico obiettivo tecnologico. In questo senso, l'attività di ricerca si è focalizzata sulla simulazione, in particolare, utilizzando il software “SCATLAB (www.scatlab.com/index.html)”, delle proprietà di diffusione della luce da parte di strutture metalliche sferiche nanometriche pure (Au, Ag, Ti, Pd, Cu) o composte (strutture core-shell Au/SiO₂, Ag/Ag₂O, Ti/TiO₂, Pd/PdO, Cu/CuO). Sulla base della teoria di Mie, diagrammi polari riportanti l'intensità della radiazione elettromagnetica diffusa in funzione dell'angolo di diffusione sono stati calcolati per una grande varietà di dimensioni delle nanoparticelle in esame, correlando, inoltre, la dimensione stessa con l'efficienza di diffusione.

4) Studio delle proprietà strutturali ed ottiche di film sottili di di-silicati Yb-Y drogati con Er
Nell'ultimo decennio, materiali innovativi emettitori di luce a base Si hanno ricevuto notevole attenzione scientifica e tecnologica. In particolare, materiali a base Si drogati con Er sono molto promettenti per il loro utilizzo in tecnologie a fibre ottiche operanti a 1.5 μm. In tale ambito, la nostra attività di ricerca si è focalizzata su materiali innovativi quali i film sottili di di-silicati Yb-Y drogati con Er: ci siamo occupati della realizzazione di tali materiali, della loro caratterizzazione strutturale in funzione dei parametri di crescita e soprattutto all'analisi delle loro caratteristiche di emissione di luce in funzione dei parametri strutturali. È stato possibile dimostrare come tali materiali, sulla base dell'opportuna scelta della struttura cristallina, della concentrazione di drogaggio, ecc. possono operare da efficienti guide d'onda attive e amplificatori ottici.

5) Realizzazione di film metallici “patternati” su varie superfici
L'attività inerente la fabbricazione e studio delle proprietà strutturali, elettriche ed ottiche di film e strutture metalliche nanometriche è stata ampliata con l'obiettivo del raggiungimento di un controllo sulla disposizione spaziale di tali strutture realizzate in superficie. Infatti, nanostrutture metalliche su superfici quando arrangiate in particolari disposizioni spaziali regolari possono mostrare effetti collettivi ottici ed elettronici più intensi rispetto ad una disposizione irregolare. L'approccio sviluppato per la realizzazione di nanostrutture metalliche (Au, Ag) su vari substrati (SiO₂, mica, SiC, PMMA) con un ordine a lungo range è stato quello di “dewetting” di un film precedentemente patternato in fase di deposizione tramite opportune maschere. Così, è la maschera stessa che, in fase di deposizione, stabilisce un “pattern” specifico al film depositato. Un successivo processo termico opportuno induce

la formazione di nanoparticelle dal film continuo, che mostreranno, su larga scala, l'ordine spaziale imposto dalla maschera. Sono stati studiati i parametri di processo, in fase di deposizione e trattamento termico, per ottenere pattern opportuni, nonché i meccanismi termodinamici e cinetici del fenomeno di dewetting del film patternato sono stati studiati nel dettaglio.

6) Nanofili di SiO₂ decorati con nanoparticelle di Au

Lo sviluppo di metodologie controllate, semplici e versatili per la fabbricazione di nanofili SiO₂ in superficie riceve, oggi, notevole attenzione scientifica per le loro potenziali applicazioni tecnologiche come biosensori e guide d'onda. Ancora più interessanti risultano tali sistemi se decorati con nanostrutture metalliche (Au, Ag) implementando le proprietà plasmoniche di queste ultime per massimizzare l'efficienza dei nanowires in dispositivi tecnologici reali. In tal senso, all'interno di questa attività di ricerca, è stato messo appunto un processo fisico per la fabbricazione di nanofili di SiO₂ su Si basato sul trattamento termico ad alta temperatura (1100 C°) di un sottile film di Au (25 nm) depositato su Si. Poi, è stato messo appunto un processo per la formazione di nanoparticelle di Au sui nanofili precedentemente fabbricati. Tale processo è basata sulla deposizioni di sottili strati di Au continui su nanofili e l'induzione dell'agglomerazione degli strati in nanoparticelle tramite processi termici. Le caratteristiche strutturali delle nanoparticelle sono state messe in correlazione con i parametri di deposizione e trattamento termico modellizzando il processo di formazione delle nanoparticelle.

7) Film nanometrici di oro su fogli di grafene: studio delle proprietà morfologiche

Il grafene (un singolo strato bidimensionale di atomi di C) è probabilmente il materiale più promettente in scienza e tecnologia dei materiali e nanotecnologie. Grazie alle sue straordinarie proprietà elettroniche, elettriche, ottiche, meccaniche, ecc. è ritenuto essere il candidato ottimale per tutta una serie di applicazioni tecnologiche in dispositivi elettronici, ottici, sensoristici dalle straordinarie performances. Per tali applicazioni, però i fogli di grafene devono essere interfacciati con altri materiali. In particolare, i compositi grafene/film metallici e grafene/nanoparticelle metalliche godono di particolare attenzione scientifica e tecnologica per le possibili applicazioni nei più svariati campi. In tal senso, lo sviluppo di opportune tecniche di fabbricazione di tali compositi, la comprensione dei meccanismi di crescita di film e nanoparticelle metalliche su grafene, come tali film e nanoparticelle influenzino le proprietà intrinseche del grafene sono tutti argomenti di grande interesse e studio. In tale ambito, nostro obiettivo è stato quello di utilizzare la tecnica di sputtering per depositare sottili film di Au (5 nm) su singoli strati di grafene cresciuti su fogli di Cu. Sottoporre tali campioni a processi termici opportuni per indurre il fenomeno di "dewetting" dell'oro in nanoparticelle e studiare l'evoluzione delle caratteristiche strutturali delle nanoparticelle (tramite tecniche di microscopia) in funzione della temperatura del processo. Utilizzando la classica teoria denominata "mean field theory" per trarre informazioni sui meccanismi cinetici a cui gli atomi di Au vanno incontro sugli strati di grafene. In particolare, risultato fondamentale di tale studio è stata la determinazione del coefficiente di diffusione superficiale, in funzione della temperatura, degli atomi di Au sui singoli strati di grafene.

8) Proprietà strutturali ed ottiche di strutture nanodendritiche di Au a stato solido

La sintesi, in superficie, di nanostrutture metalliche dalla geometria complessa (quali nanostrutture dendritiche e frattali, è un campo di ricerca altamente interessante a causa delle applicazioni tecnologiche che tali strutture nanometriche possono trovare. Infatti, grazie alle particolari proprietà plasmoniche e di asimmetria geometrica, tali strutture possono presentare notevoli effetti SERS (Surface-Enhanced-Raman-Spectroscopy) che possono essere sfruttati, in particolare, in campo sensoristico. Dopo la messa a punto di una metodologia completamente fisica per la produzione di strutture nanodendritiche di Au in superficie (attività 15 di cui sopra) la nostra attenzione si è focalizzata su un dettagliato studio delle loro caratteristiche morfologiche e della connessione alle loro proprietà ottiche sondate tramite misure di assorbimento, riflessione e trasmissione di luce. Risultato conseguito è stata la quantificazione della capacità di tali strutture di diffondere la radiazione elettromagnetica.

9) Studio delle proprietà di trasporto elettronico di multistrati ibridi polimero/nanoparticelle metalliche

I dispositivi organici-inorganici forniscono in termini applicative un valido approccio alternativo per lo

sviluppo di dispositivi elettronici, in quanto traggono vantaggio sia dalle caratteristiche di flessibilità, trasparenza, versatilità dei materiali organici, che dalle proprietà (come ad esempio quelle elettriche dei materiali inorganici). È stato mostrato l'effetto sul comportamento elettrico prodotto in dispositivi Schottky dall'inserimento all'interfaccia metallo-semiconduttore di multistrati ibridi polimero/metallo su scala nanometrica. In particolare i sistemi multistrato sono modulabili ed offrono la possibilità di modulare lo spessore dei componenti inseriti all'interfaccia metallo-semiconduttore. Grazie a questa caratteristica i multistrati ibridi possono essere particolarmente adatti per il controllo e la modifica dell'altezza di barriera di un dispositivo Schottky ed è stato sviluppato un semplice modello per la previsione della variazione dell'altezza di barriera in funzione dell'aggiunta e dello spessore di ciascuno strato di metallo o di polimero, sia esso isolante o semiconduttore. Inoltre, i multistrati ibridi polimero/metallo combinano la flessibilità strutturale, la processabilità e la modulabilità delle proprietà elettroniche degli strati polimerici con le elevate mobilità dei portatori di carica e la stabilità termica e meccanica degli strati metallici.

I multistrati ibridi vengono preparati mediante un metodo iterativo che prevede una deposizione sequenziale degli strati di polimero (mediante *spin coating*) e degli strati di nanoparticelle metalliche (mediante *sputtering*). La sequenza polimero/Au nanoparticelle viene chiamata 1 *bilayer* (BL), mentre 1.5 BL la sequenza polimero/Au nanoparticelle/polimero, 2BL la sequenza polimero/Au nanoparticelle/polimero/Au nanoparticelle e così via.

10) Studio delle proprietà strutturali ed ottiche di nanoparticelle metalliche su FTO (ossido di stagno drogato con fluoro) testurizzato

Lo studio delle proprietà di nanostrutturazione di film metallici su substrati trasparenti e conduttivi tramite l'utilizzo di irraggiamenti laser al nanosecondo è stato ampliato a film di oro depositati su FTO testurizzato. Tale substrato è stato direttamente fornito dalla industria 3SUN che ha attualmente in produzione celle solari costruite su tale substrato. In particolare, l'interesse di questa attività è stato focalizzato allo sviluppo di una metodologia che permettesse la formazione di nanoparticelle metalliche sull'FTO, che fosse integrabile nel processo standard industriale di 3SUN e che permettesse la fabbricazione di una cella plasmonica a base silicio a film sottile. Per il raggiungimento di questo obiettivo, la presente attività è consistita in quanto segue: la tecnica di sputtering è stata utilizzata per depositare, sull'FTO fornito da 3SUN, film di Au rispettivamente di 5 nm e 10 nm. Partendo dai film di Au di 5 e 10 nm, sono stati su questi effettuati irraggiamenti laser con un laser Nd:YAG operante a 532 nm, durata dell'impulso 10 ns e densità di energia nel range 0.5-1 J/cm². In particolare, sulla superficie del campione, tramite spari ripetuti adiacenti, è stata realizzata una regione laserata di circa 1 cm×1 cm. Gli irraggiamenti laser, alle densità di energia utilizzate, determinano, a causa dell'assorbimento di radiazione elettromagnetica da parte dell'au, un veloce innalzamento della temperatura dell'au, sopra la sua temperatura di liquefazione. Ciò determina, quindi, una veloce (tempo dell'ordine della durata dell'impulso laser) fusione e risolidificazione del film di Au. In fase liquida, il film di au va incontro ad un processo di "dewetting": instabilità termodinamiche e principio di minimizzazione dell'energia superficiale portano alla agglomerazione dei film quasi continui di Au in nanoparticelle. Dalla analisi microscopiche è stato possibile ricavare il raggio medio $\langle R \rangle$ delle nanoparticelle e la loro densità superficiale N (particelle/cm²). La caratterizzazione dei campioni è stata integrata con misure ottiche (trasmittanza e riflettanza). In particolare, gli spettri di trasmittanza, riflettanza, e assorbanza dei campioni sono stati misurati al variare di $\langle R \rangle$ and N stabilendo che i campioni, a causa della presenza delle nanoparticelle mostrano un intenso picco plasmonico negli spettri di assorbimento alla lunghezza d'onda di circa 530 nm. In particolare, il campione con nanoparticelle caratterizzate da $\langle R \rangle = 24$ nm e $N = 2 \times 10^{10}$ cm⁻² (derivanti dall'irraggiamento a 1 J/cm² del campione ricoperto da 10 nm di Au) è quello che ha mostrato il picco plasmonico più intenso. Ciò è stato giustificato sulla base di simulazioni concernenti le proprietà di assorbimento e scattering delle nanoparticelle di Au. Tali risultati hanno costituito il lavoro preliminare per il successivo sviluppo di una efficiente cella plasmonica a film sottile a partire dal substrato di FTO ricoperto dalle nanoparticelle di Au.

11) Fabbricazione di un prototipo di cella plasmonica a film sottile in Si

Le metodiche di realizzazione e manipolazione di nanoparticelle di Au su un substrato trasparente e conduttivo quale l'FTO (fluorine-doped tin oxide), come illustrate nel paragrafo precedente, sono state applicate per la fabbricazione di un prototipo di cella fotovoltaica plasmonica in Si a film sottile.

Lo sviluppo del prototipo ha comportato le seguenti attività fondamentali: a) scelta della struttura del dispositivo; b) deposizioni dei singoli strati costituenti il dispositivo (nanoparticelle di Au, struttura p-i-n in Si amorfo idrogenato, ecc.); c) caratterizzazioni morfologiche del dispositivo ad ogni step di fabbricazione; d) caratterizzazioni ottiche; e) caratterizzazioni elettriche; f) misura della efficienza quantica esterna del dispositivo finale. In particolare, 3SUN ha fornito il film testurizzato di FTO depositato su un substrato vetroso (soda lime glass). Tale sistema è quello standard utilizzato da 3SUN per la fabbricazione di celle solari a film sottile a base Si, come illustrato in Fig. 1 ad eccezione dello strato di nanoparticelle di Au presenti all'interfaccia tra l'FTO e lo strato p della struttura p-i-n. Lo sviluppo del prototipo di cella plasmonica prevede, quindi, l'inserzione, in corrispondenza di tale interfaccia, di uno strato di nanoparticelle di Au di dimensioni e densità superficiale opportuna al fine di sfruttare le loro proprietà di interazione con la luce per incrementare l'intrappolamento della luce stessa all'interno dello strato attivo (struttura p-i-n) della cella.

La fabbricazione del prototipo ha previsto, quindi: a) deposizione di film di Au sull'FTO testurizzato fornito da 3SUN; b) irraggiamenti laser del film di Au per indurre la sua agglomerazione in nanoparticelle di Au senza intaccare le proprietà strutturali, ottiche ed elettriche dell'FTO; c) deposizione (da parte di 3SUN) della struttura p-i-n e dello strato metallico finale. In particolare, tale cella prevede uno strato p-i-n in Si, in cui la regione intrinseca è realizzata in Si amorfo idrogenato, e i tre strati hanno spessore, rispettivamente, pari a 20 nm (strato p), 250 nm (strato intrinseco), 20 nm (strato n). Infine sul retro del dispositivo è ricoperto da uno strato metallico che funge da secondo elettrodo e strato riflettente per la radiazione incidente.

In particolare, i prototipi che hanno mostrato comportamento ottimale sono quelli realizzati utilizzando all'interfaccia FTO-regione p, nanoparticelle di Au ottenute da irraggiamenti laser a 1 J/cm² dei film di Au da 5 e 10 nm.

12) Studio dei fenomeni cinetici di crescita di nanoparticelle di oro confinate unidimensionalmente in superficie

Deposizioni di Au su una superficie di SiO₂ risultano nella formazione di strati granulari costituiti da nanoparticelle (NP) distanziati da gap dell'ordine di pochi nanometri. Il preciso posizionamento ed ordinamento spaziale di tali nanoparticelle in superficie hanno ricevuto notevole attenzione in quanto conferiscono al sistema di nanoparticelle proprietà non ottenibili in un posizionamento non ordinato. Sistemi ordinati di nanoparticelle di Au in due e tre dimensioni sono stati ampiamente studiati per le loro proprietà elettriche ed ottiche, mentre sistemi unidimensionali (1D), o quasi-1D, costituiscono ancora una grande sfida per le capacità di nanofabbricazione. Vari approcci sono stati proposti per costruire tali strutture. Tra tali metodi, uno dei più promettenti in termini di controllo della dimensione e spaziatura delle nanoparticelle, versatilità, semplicità è quello basato sull'autoassemblaggio delle nanoparticelle su nano-linee generate tramite litografia a fascio di elettroni sulla superficie in esame. Tuttavia, il controllo fine della dimensione, della spaziatura e della densità delle nanoparticelle disposte unidimensionalmente è, tuttavia, il passo fondamentale per applicazioni tecnologiche affidabili. La base per raggiungere un tale controllo è la comprensione del processo fisico e parametri che governano la cinetica di crescita delle nanoparticelle posizionate unidimensionalmente. L'attività presente è stata focalizzata sullo studio della evoluzione strutturale di nanoparticelle di Au disposte in maniera quasi-unidimensionale su SiO₂ in funzione dei parametri di processi termici (temperatura e tempo) effettuati sul sistema dopo le deposizioni. Tale studio ha permesso la quantificazione dei parametri fondamentali connessi alla dinamica di crescita delle nanoparticelle, permettendo il raggiungimento del controllo delle caratteristiche strutturali delle nanoparticelle a disposizione quasi-unidimensionale ed i parametri di processo.

13) Realizzazione di nanofili monodispersi di SiO₂ in superficie e loro decorazione con nanoparticelle metalliche

In relazione all'attività (6) di questa sezione, nonostante il processo messo a punto per la fabbricazione, direttamente in superficie, di nanofili di SiO₂ decorati con nanoparticelle di Au sia semplice e versatile, suo limite fondamentale risiede nella alta dispersione dei diametri dei nanofili ottenuti che limita notevolmente il controllo delle proprietà chimico-fisiche di tali sistemi per applicazioni tecnologiche reali. Tale dispersione deriva dalla alta dispersione dei diametri delle nanoparticelle di Au ottenute per "dewetting" dello strato di Au depositato su Si e processato termicamente e da cui, poi, i nanofili si originano. L'idea della presente attività è stata quella di sviluppare un metodo alternativo che permettesse il controllo fine dei diametri dei nanofili

minimizzandone la dispersione. Tale metodologia alternativa comporta l'utilizzo di processi termici ad alta temperatura di nanoparticelle colloidali di Au di diametro selezionato depositate sulla superficie del Si, anziché di uno strato depositato di Au. Le analisi microscopiche hanno dimostrato, in termini di risultati di tali processi: 1) nanofili di SiO₂ con diametro molto molto possono essere ottenuti rispetto a quelli provenienti da film (fino a 10 volte inferiore); 2) la dispersione in diametro dei nanofili così ottenuti è molto più bassa rispetto a quelli originari da film (fino a 10 volte inferiori); 3) il diametro dei nanofili può essere finemente regolato mediante il controllo del diametro delle nanoparticelle colloidali di Au; 4) è possibile decorare tali nanofili con nanoparticelle di Au semplicemente rivestendo con un film di Au i nanofili ed inducendo, mediante un processo termico, il dewetting del film.

14) Fabbricazione e studio del meccanismo di crescita di nanofili di Si con struttura "zig-zag"

In nanostrutture unidimensionali la presenza di difetti strutturali porta ad una sensibile modifica delle loro proprietà fisiche (meccaniche, elettriche, ottiche,...). Negli ultimi anni, di conseguenza, la possibilità di produrre nanofili di Si con l'inserimento controllato di difetti strutturali è stata vista come una metodologia capace di offrire il controllo delle proprietà fisiche di tali sistemi. Tra i numerosi difetti strutturali caratteristici del Silicio, la classe che va sotto il nome di "twin" gioca un ruolo fondamentale nel modulare le proprietà fisiche di nanofili di silicio. La nostra attività di ricerca ci ha portato ad osservare la crescita di nanofili di silicio in conseguenza a trattamenti termici ad alta temperatura (1100 °C) di nanoparticelle colloidali di oro deposte su un substrato di silicio e con il processo termico effettuato in ambiente a bassa pressione. In particolare, dalle nanoparticelle di oro è stata osservata la crescita di nanofili di silicio caratterizzati da una peculiare struttura "zig-zag". Il meccanismo di crescita di tali nanofili è stato studiato in funzione dei parametri di crescita e la struttura "zig-zag" è stata imputata al manifestarsi, durante la crescita, di "twins". Il processo di crescita è stato spiegato utilizzando un modello, precedentemente sviluppato in letteratura per spiegare simili osservazioni per nanofili di carburo di silicio, basato su argomenti di minimizzazione dell'energia superficiale ed rilascio di energia elastica.

15) Studio dei processi di formazione di materiali nano-compositi composti da nanoparticelle di oro inglobate in nanofili di SiO₂

In progress

16) Studio del fenomeno di coalescenza, in superficie, di nanoparticelle colloidali di oro

In progress

17) Studio delle proprietà elettriche, su scala nanometrica, di contatti metallo-grafene-metallo

In progress

18) Studio dell'evoluzione della topografia superficiale di film di oro a seguito di immobilizzazione di DNA

In progress

19) Fabbricazione di nanostrutture metalliche su substrati di TiO₂ per applicazioni fotocatalitiche

In progress

20) Nanostrutturazione, tramite irraggiamenti laser al nanosecondo, di film di Pt, Pd e compositi Au/Pd su substrati trasparenti e conduttivi

In progress

21) Nanocompositi polimerici a base di TiO₂ per la purificazione dell'acqua

In progress

22) Fabbricazione e strutturazione di film di ossido di zinco drogati con alluminio per applicazioni elettroniche su substrati flessibili

In progress

Il sottoscritto dichiara di essere informato, ai sensi del decreto legislativo 196/2003, che i dati sopra riportati verranno utilizzati nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Catania,.....

Il dichiarante

Francesco Ruffino

.....