

#### A1 Titolo dell'attività di ricerca

**Materiali Organici per elettronica e la sensoristica**

#### A2 Responsabile

*(aggiungere eventuale referente del Dipartimento se il Responsabile non è un afferente ad esso)*

Responsabile **ANTONIO CASSINESE**

#### A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)

Prof. Associati: **ANTONIO CASSINESE**

Ricercatori universitari: **LOREDANA PARLATO (50%)**

#### A4 Collaborazioni con altri enti

**CNR-SPIN, CNR-IMEM, CNR-IMM, CNR-ISMN, CNR-IOM, CNR-NANO, CNR-IMEM, INFN, ENEA, Dip. Chimica di Univ. Federico II, Dip. Ingegneria Chimica di Univ. Federico II, Università di Tubingen (Germany), DELFT University of Technology (The Netherlands), Osaka University, Okayama University (Japan)**

#### A5 Personale strutturato ricercatore o tecnologo altri enti convenzionati

**MARIO BARRA (CNR-SPIN)**

**FABIO CHIARELLA (CNR-SPIN)**

**ETTORE SARNELLI (CNR-SPIN) (50%)**

**CIRO NAPPI (50%)**

#### A6 Altro personale di ricerca (Assegnisti, Borsisti)

#### A7 Dottorandi di Ricerca

**FEDERICO CHIANESE (Dottorato in FISICA, 31° CICLO)**

#### B1 Breve descrizione della linea di ricerca

*(max 1000 caratteri)*

**Le attività riguardano in primis lo studio delle proprietà di trasporto di carica in materiali organici coniugati per lo sviluppo di dispositivi elettronici e sensori. Tali composti sono depositati in forma di film sottile mediante tecniche da fase da vapore basate sia su evaporazione joule che sull'uso di fasci supersonici. Le proprietà strutturali e morfologiche di tali layer sono analizzate attraverso tecniche di microscopia AFM e diffrazione a raggi X. Lo studio delle caratteristiche elettriche dei film depositati e dei relativi dispositivi è invece perseguito sia in regime DC che AC. Una notevole attenzione è inoltre rivolta alla analisi delle proprietà elettroniche di interfacce organico-metallo o organico-organico attraverso microscopia Kelvin Probe o tecniche con luce di sincrotrone. Più recenti attività sono focalizzate su transistor a singola molecola e su materiali 2D (Grafene, MoS<sub>2</sub>) e su nuovi sistemi derivanti dalla loro combinazione con molecole organiche coniugate.**

## B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016

*(max 2000 caratteri)*

**Le principali attività hanno riguardato:**

- **Fabbricazione e caratterizzazione elettrica di transistor organici (OFET) a canale n basati su composti (PDI8-CN<sub>2</sub> e PDIF-CN<sub>2</sub>) della famiglia dei Perileni Diimidi funzionalizzati con gruppi ciano (PDI\_CY). Per la fabbricazione dei dispositivi sono state utilizzate tecniche di deposizione di film sottile da fase vapore, incluso l'uso di fasci supersonici. Tale attività ha visto anche lo sviluppo di nuovi layout per lo studio della risposta di OFET in funzione della riduzione (fino a poche centinaia di nm) della lunghezza del canale.**
- **Nel'ambito del progetto EOS, in coll. con CNR-IMM, film di PDIF-CN<sub>2</sub> sono stati cresciuti su substrati plastici per la realizzazione di OFET flessibili con configurazione top-gate.**
- **Mediante la tecnica di evaporazione con fascio supersonico sono stati depositati e caratterizzati film di nuovi semiconduttori organici con specifico interesse ai composti della famiglia dei tienoaceni (es-BTBT ) e degli oligotiofeni funzionalizzati lateralmente con gruppi thieno-bismidi (NT4N);**
- **Mediante microscopia Kelvin Probe e spettroscopia STM-BEEM (in coll. con CNR-SPIN, UOS di Genova), sono state investigate le proprietà locali di iniezione di carica all'interfaccia tra elettrodi di oro e film di perileni diimide, evidenziando il ruolo della morfologia del layer organico. In particolare, la tecnica Kelvin Probe ha consentito di stimare i valori delle resistenze di contatto in OFET di PDI8-CN<sub>2</sub> e PDIF-CN<sub>2</sub>.**
- **In coll. con l'Università di Delft, sono stati stimati i livelli di conduttanza di singola molecola del PDI8-CN<sub>2</sub> con l'impiego di giunzioni a rottura controllata meccanicamente.**
- **Sono stati sviluppati modelli teorici per OFET a singola molecola con elettrodi superconduttivi e non.**
- **In coll. con CNR-IMEM e il Dip. di Ing. Chimica (UNINA), è stata caratterizzata la risposta di transistor elettrochimici con canali di PEDOT:PSS a contatto con varie soluzioni micellari e con microemulsioni a base di olio e surfattanti**

## B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2017-2019

*(max 2000 caratteri)*

- **Attraverso la collaborazione con gruppi di ricerca nazionali e internazionali, proseguirà la deposizione di film organici innovativi con particolare riferimento, tra gli altri, alla famiglia dei phenaceni e dei thienoaceni. Tale attività sperimentale si concentrerà sull'utilizzo della tecnica di deposizione con fascio supersonico.**
- **Saranno ottimizzati i processi di nano-fabbricazione per lo studio del trasporto di carica in canali organici micro e nanometrici. Tali processi saranno utilizzati per la fabbricazione di transistor organici ad effetto di campo, anche con elettrodo di gate isolato.**
- **I meccanismi di iniezione di carica in OFET organici verranno ulteriormente investigati mediante microscopia Kelvin Probe, anche in**

funzione della temperatura nel range compreso tra quella ambiente e 90 °C. Saranno sviluppati transistor top-contact, con elettrodi metallici evaporati sul film organico, per ottenere dispositivi dalle migliori prestazioni in termini di resistenza di contatto

- Verrà ottimizzata una nuova procedura sperimentale per la deposizione di film perovskitici organici-inorganici da fase vapore. Tali film verranno caratterizzati in termini poi delle loro proprietà morfologiche, strutturali e di (foto-)conduzione elettronica;

- Verrà sviluppato un nuovo set-up sperimentale per lo studio della spettroscopia di rumore a bassa frequenza in materiali e dispositivi organici.

Saranno studiate le caratteristiche di trasporto, anche in presenza di illuminazione, di dispositivi basati sulla combinazione di composti 2D e film organici funzionali. In tale ambito, sarà in primo luogo caratterizzata la risposta di OFET basati su elettrodi di grafene e film di perilene diimidi, con un particolare focus sulla miniaturizzazione alla nanoscala della lunghezza dei canali attivi tramite tecniche EBL. In maniera sinergica, saranno analizzate le proprietà elettriche di canali di MoS<sub>2</sub> (disolfuro di molibdeno) accoppiato a film di radicali organici.

#### **C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016**

*(indicare il numero complessivo nel triennio e elencare le più significative (max 10))*

##### **2014**

(1) F. Chiarella, M. Barra, L. Ricciotti, A. Aloisio, A. Cassinese, Morphology, Electrical Performance and Potentiometry of PDIF-CN2 Thin-Film Transistors on HMDS-Treated and Bare Silicon Dioxide, *Electronics* 3, (2014) 76-86; doi:10.3390/electronics3010076;

(2) F. Chiarella, T. Toccoli, M. Barra, L. Aversa, F. Ciccullo, R. Tatti, R. Verucchi, S. Iannotta, A. Cassinese, High mobility n-type organic thin-film transistors deposited at room temperature by supersonic molecular beam deposition, *Applied Physics Letters* 104, (2014) 143302;

##### **2015**

(3) A. Calio, A. Cassinese, M. Casalino, I. Rea, M. Barra, F. Chiarella, L. De Stefano Hybrid organic-inorganic porous semiconductor transducer for multi-parameters sensing *JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY INTERFACE* 12 108 (2015), 20141268 DOI: 10.1098/rsif.2014.1268

(4) R. Frisenda, L. Parlato, M. Barra, H.S. J. van der Zant, A. Cassinese Single-Molecule Break Junctions Based on a Perylene-Diimide Cyano-Functionalized (PDI8-CN2) Derivative *NANOSCALE RESEARCH LETTERS* 10, (2015) DOI: 10.1186/s11671-015-1011-3, (2015)

(5) R. Buzio, A. Gerbi, D. Marrè, M. Barra, A. Cassinese, Electron injection barrier and energy-level alignment at the Au/PDI8-CN<sub>2</sub> interface via current-voltage measurements and ballistic emission microscopy, *Organic Electronics* 18 (2015) 44-52;

(6) A. Pezzella, M. Barra, A. Musto, A. Navarra, M. Alfè, P. Manini, S. Parisi, A. Cassinese, V. Criscuolo, M. d'Ischia, Stem cell-compatible eumelanin biointerface fabricated by chemically controlled solid state polymerization, *Materials Horizon*, (2015), DOI: 10.1039/c4mh00097h;

7) V. Preziosi, G. Tarabella, P. D'Angelo, A. Romeo, M. Barra, S. Guido, A. Cassinese, S. Iannotta, Real-time monitoring of self-assembling worm-like micelle formation by organic transistors *RSC Advances* 5, (2015), 16554, DOI: 10.1039/c4ra14118k;

## 2016

8) F. Chiarella, F. Chianese, M. Barra, L. Parlato, T. Toccoli, A. Cassinese Spontaneous Wetting Dynamics in Perylene Diimide n-Type Thin Films Deposited at Room Temperature by Supersonic Molecular Beam *JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C*, Vol. 120 (45), pp. 26076-26082, DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07310

9) R. Buzio, A. Gerbi, D. Marrè, M. Barra, A. Cassinese, Ballistic electron and photocurrent transport in Au/organic/Si(001) diodes with PDI8-CN<sub>2</sub> interlayers, *Journal of Vacuum Science & Technology B* 34, 041212 (2016); doi: 10.1116/1.4950733

10) F. Chiarella, M. Barra, A. Carella, L. Parlato, E. Sarnelli, A. Cassinese, Contact-resistance effects in PDI8-CN<sub>2</sub> n-type thin-film transistors investigated by Kelvin-probe potentiometry *Organic Electronics* 28 (2016) 299-305

## C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali

*(solo se lo speaker è tra il personale elencato nel punto A3)*

- **ORBITALY: National Workshop on organic Bioelectronics (Modena , 9-11 September 2015): oral Presentation (A. Cassinese)**
- **ORBITALY: National Workshop on organic Bioelectronics (Otranto , September 2016): oral Presentation (A. Cassinese)**

## C3 Presentazioni di brevetti internazionali e nazionali

**D1 Progetti di ricerca attivi**

*(Progetti di Enti di ricerca, Progetti Europei, Progetti MIUR, PON, POR, ...)*

- **Progetto MIUR PRIN: PERSEO (2015) Perovskite-based solar cells: towards high efficiency and long-term stability**