

Rossella Brunetti

Professore Associato
SSD FIS/03 Fisica della Materia

Relazione dell'attività scientifica
Periodo 2012-2016

Breve descrizione dell'attività scientifica

Nel corso del periodo 2012-2017 Rossella Brunetti (RB) ha proseguito la sua attività nell'ambito dello studio teorico/computazionale delle proprietà di trasporto di carica in nanostrutture. La sua attività si è prevalentemente concentrata sull'analisi del trasporto di carica in materiali calcogenuri amorfi per memorie a cambiamento di fase, in collaborazione con INTEL-USA, l'Università di Bologna, il Politecnico di Milano, il CNR (sedi di Bologna e Catania) e la Stanford University. Nel seguito si elencano brevemente i risultati più significativi conseguiti.

Nel periodo in oggetto RB ha proseguito, in collaborazione con il Centro di Ricerca Nazionale ARCES e la compagnia americana INTEL, una attività di ricerca volta ad indagare alcune proprietà di trasporto di carica in materiali denominati "calcogenuri", con particolare riferimento alle leghe di germanio, antimonio e titanio denominate "GST", opportunamente modellati per descrivere dispositivi di memoria a cambiamento di fase. La caratteristica corrente-tensione di queste strutture ha un caratteristico andamento ad S, cioè mostra un brusco aumento di corrente assieme ad un salto del potenziale a valori inferiori. Il progetto scientifico, realizzato in collaborazione con i gruppi teorico/computazionali del Prof. Rudan a Bologna e del Prof. Ielmini al Politecnico di Milano, ha avuto come obiettivo la formulazione e la implementazione numerica di un modello microscopico accurato per la conduzione di portatori in GST amorfo da utilizzarsi all'interno di un simulatore o di un solutore numerico di dispositivo. Caratteristica fondamentale del progetto è la descrizione corretta del profilo di carica e di potenziale interno alla struttura che viene ottenuta attraverso la soluzione auto consistente delle equazioni di trasporto con l'equazione di Poisson. I risultati delle simulazioni sono stati poi confrontati con dati sperimentali forniti dal gruppo sperimentale del Prof. Pop a Urbana e a Stanford e, in via confidenziale, dalla INTEL, mostrando un'ottima capacità interpretativa. Il modello così elaborato è stato poi esteso in modo da poter studiare fenomeni dipendenti dal tempo e sistemi non omogenei, includendo anche gli effetti della presenza di un circuito esterno sulla risposta elettrica del sistema. Il confronto con dati sperimentali resisi disponibili negli ultimi anni ha confermato le previsioni del modello nei diversi contesti di misura. Attualmente è in studio la progettazione di un selettore per memoria a cambiamento di fase che consenta l'utilizzo di contatti di grafene, sfruttando l'intrinseca bidimensionalità di questo materiale. L'uso di strutture "self heating" e di interconnessioni di grafene consente di progettare prototipi di array planari con prestazioni competitive con quelle degli attuali dispositivi di memoria convenzionali, con evidenti importanti ricadute applicative e tecnologiche.

Le ricerche descritte sopra hanno prodotto le pubblicazioni su riviste internazionali o in atti di convegni internazionali nel seguito elencate.

FINANZIAMENTI

Il progetto è stato finanziato dalla INTEL Corporation attraverso un contratto di ricerca, di cui RB è responsabile scientifico per l'Unità di Modena, dal titolo: "*First-principle and macroscopic modelling of transport in nanometric PCM devices to establish ultimate scaling limits*", per gli anni 2011-2014. Ammontare: 93 keuro

RB è stata anche responsabile della Seed Activity: "*Nuove prospettive quantistiche per il trasporto di carica elettrica e calore in dispositivi di memoria di nuova generazione*", Linea Strategica di Ateneo "*Nanosistemi, materiali e sistemi emergenti per tecnologie sostenibili*", per l'anno 2014. Ammontare del finanziamento: 13 kEuro.

Collaborazioni

Prof. Jacoboni, Prof. Emerito, Università di Modena e Reggio Emilia

Prof. Massimo Rudan, Dipartimento DEI, Università di Bologna

Prof. Daniele Ielmini, Politecnico di Milano

Dott.ssa Rita Rizzoli, CNR Bologna.

Dott. Giuseppe D'Arrigo, CNR Catania.

Prof. Eric Pop, Stanford University (USA)

Dr. Der Chang Kau, INTEL Corporation (USA)

RB ha svolto attività di tutore per l'attività di ricerca del Dottor Piccinini e del Dottor Buscemi, entrambi assegnisti dell'Università di Bologna e dell'Università di Modena e Reggio Emilia, rispettivamente.

Elenco delle Pubblicazioni su Rivista o su Atti di Convegno con referaggio 2012-2017

F. Buscemi, E. Piccinini, M. Rudan, R. Brunetti and C. Jacoboni: "*Diffusion and high-frequency noise of electrons in amorphous semiconductors at low electric fields*", Fluctuation and Noise Letters, 11(3), 1242004 (2012).

M. Rudan, F. Buscemi, G. Marcolini, F. Giovanardi, A. Cappelli, E. Piccinini and R. Brunetti: "*Many-level trap to band Transitions in Chalcogenide Memories*", 2012 SISPAD, EDS. Denver (2012).

E. Piccinini, A. Cappelli, F. Buscemi, R. Brunetti, D. Ielmini, M. Rudan, and C. Jacoboni: "*Hot-carrier trap-limited transport in switching chalcogenides*", J. Appl. Phys. 112. 083722 (2012).

M. Rudan, F. Giovanardi, E. Piccinini, F. Buscemi, R. Brunetti, A. Cappelli, G. Marcolini, C. Jacoboni: "*Multilevel modeling for charge transport in Ovonic chalcogenide materials and devices*", J. Comp. El., 12:666-674 (2013).

A. Cappelli, E. Piccinini, F. Xiong, A. Benham, R. Brunetti, M. Rudan, E. Pop, and C. Jacoboni: "*Conductive preferential paths of hot-carriers in nanometer disordered materials*", Appl. Phys. Lett. **103**, 083503 (2013).

F. Buscemi, E. Piccinini, A. Cappelli, R. Brunetti, M. Rudan, and C. Jacoboni: “*Electrical bistability in amorphous semiconductors: a basic analytical theory*”, Appl. Phys. Lett. 104, 022101 (2014).

Fabrizio Buscemi, Enrico Piccinini, Rossella Brunetti, Massimo Rudan, and Carlo Jacoboni: “*Time-dependent transport in amorphous semiconductors: Instability in the field-controlled regime*” Appl. Phys. Lett. **104**, 262106 (2014)

E. Piccinini, R. Brunetti, P. Bordone, M. Rudan, and C. Jacoboni: “*Transient and Oscillating Response of Ovonic Devices for High-Speed Electronics*” J. Phys. D: Appl. Phys. 49 (2016) 495101.

E. Piccinini, R. Brunetti, and M. Rudan: “*Self-Heating Phase-Change memory Array Demonstrator for True Random Number Generator*” IEEE Trans. On Elect. Devices, 64(5), 2017.

C. Jacoboni, E. Piccinini, R. Brunetti, and M. Rudan: “*Time- and space-dependent electric response of Ovonic devices*” J.Phys. D-112438.R1 accepted for publication.

Atti di Convegni con referaggio internazionale

M. Rudan, F. Buscemi, G. Marcolini, F. Giovanardi, A.Cappelli, E. Piccinini, and R. Brunetti
Many-level trap-to-band transitions in Chalcogenide memories, 2012 SISPAD, EDS. V. Axelrad and N. Goldsman, p.129-132, Denver (USA)(2012).

M. Rudan, F. Buscemi, G. Marcolini, F. Giovanardi, A.Cappelli, E. Piccinini, and R. Brunetti
Many-level trap-to-band transitions in Chalcogenide memories, 2012 SISPAD, EDS. V. Axelrad and N. Goldsman, p.129-132, Denver (USA)(2012).

A.Cappelli, E. Piccinini, R. Brunetti, and C. Jacoboni
“*Charge transport 3D Modeling of Phase Change Memory Nano-devices*”
18th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors EDISON 18 Matsue (Japan) July 2013. (no proceedings)

A. Cappelli, R. Brunetti, C. Jacoboni, E. Piccinini, F. Xiong, A. Benham and E. Pop
3D-nHD: a Hydrodynamic Model for Trap-Limited Conduction in a 3D Network, Proc. SISPAD 2013, Glasgow, September 3-5 2013, ISBN 978-1-4673-5733-3 IEEE Cat n. CFP13SSD-PRT, p. 436-439, Ed. A. Asenov, IEEE, NY (USA).

M. Rudan, F. Giovanardi, R. Brunetti, F. Buscemi and G. Marcolini
Microscopic description of the inter-trap transitions in a-Chalcogenides,

Proc. SISPAD 2013, Glasgow, september 3-5 2013, ISBN 978-1-4673-5733-3
IEEE Cat n. CFP13SSD-PRT, p. 428-431, Ed. A. Asenov, IEEE, NY (USA).

- G. Marcolini, F. Giovanardi, M. Rudan, F. Buscemi, E. Piccinini, R. Brunetti, A. Cappelli
"Modeling the PCM Dynamical Self-Heating"
ESSDERC-ESSCIRC, Bucharest (Romania), september 2013.
- A. Cappelli, E. Piccinini, F. Buscemi, F. Xiong, A. Benham, R. Brunetti, M. Rudan,
E. Pop, and C. Jacoboni
3D-nHD: transport in a 3D Network using the Hydrodynamic Model,
EPCOS2013, Berlin (Germany), september 2013. (no proceedings)
- A. Cappelli, E. Piccinini, F. Buscemi, R. Brunetti, M. Rudan, and C. Jacoboni
Simulation of Charge transport in Ovonic Materials,
National Conference on Physics of Matter (FISMAT 2013)
Milano Politecnico, Italy September 2013. (no proceedings)
- F. Buscemi, E. Piccinini, C. Jacoboni, A. Cappelli and R. Brunetti
Towards the basics of transport in Ovonic Materials
Fourth International Workshop on Simulation and Modeling of Memory Devices
Micron Corp., Agrate, Italy, October 2013. (no proceedings)
- A. Cappelli, E. Piccinini, F. Buscemi, R. Brunetti, M. Rudan and C. Jacoboni
Three –dimensional network model for charge transport in amorphous PCM devices
Fourth International Workshop on Simulation and Modeling of Memory Devices
Micron Corp., Agrate, Italy, October 2013. (no proceedings)
- G. Marcolini, F. Giovanardi, M. Rudan, F. Buscemi, E. Piccinini, R. Brunetti, and A.
Cappelli
Modeling of the Oscillation Decay in PCM,
Fourth International Workshop on Simulation and Modeling of Memory Devices, Micron
Corp., Agrate, Italy, October 2013. (no proceedings)
- E. Piccinini, A. Cappelli, F. Xiong, A. Behnam, F. Buscemi, R. Brunetti, M. Rudan, E. Pop,
and C. Jacoboni
Novel 3D random-network model for threshold switching of phase-change memories
IEDM 2013, Washington (USA), December 2013.
- F. Buscemi, M. Rudan, E. Piccini, and R. Brunetti
A 5-th-Order Method for 1D-Device Solution
Proc. Int. Workshop on Computational Electronics IWCE-2014, (2014).
- F. Buscemi, E. Piccini, R. Brunetti, and M. Rudan
High-Order solution Scheme for Transport in Low-D Devices
Proc. SISPAD 2014 (2014).
- E. Piccini, M. Rudan, F. Buscemi, and R. Brunetti
Efficient Numerics for Thermally-Assisted Trap-Limited Conduction in Chalcogenides
Proc. ESSDERC 2014, Venezia (2014).
- M. Rudan, E. Piccini, F. Buscemi, and R. Brunetti

Ovonic Materials for memory Nano-devices: Stability of the I(V) Curve
Proc. EuroSOI-ULIS 2015, Bologna (2015).

E. Piccini, F. Buscemi, M. Rudan, R. Brunetti and C. Jacoboni
Intrinsic Electric Oscillations of Ovonic Devices towards the TeraHerz limit
Proc. EDISON 19 (Salamanca, Spain), J. Phys. Conference Series 647, 012021 (2015).

F. Buscemi, E. Piccini, R. Brunetti, and M. Rudan
Intrinsic and Extrinsic Stability of Ovonic-Switching Devices
Proc. SISPAD 2015, Washington (USA) (2015).

C. Jacoboni, E. Piccinini, R. Brunetti, and M. Rudan
Time and Space-dependent electric response of Ovonic devices
EPCOS2013, Cambridge (U.K.), september 2016 (no proceedings)

E. Piccini, R. Brunetti, M. Rudan, and C. Jacoboni
Electric response of Ovonic Devices to Oscillating Potentials
Proc. SISPAD 2016, Nurnberg (Germany) (2016).

E. Piccinini, M. Rudan and R. Brunetti
"Closed-form transition Rate in Hopping Conduction"
ESSDERC-ESSCIRC, Lausanne (Switzerland), september 2016.