

MODELLISTICA DI COMPOSITI E THIN-FILM TRANSISTOR BASATI SU NETWORK DI NANOPARTICELLE DI CARBONIO

B. De Vivo, L. Egiziano, P. Lamberti, G. Spinelli, V. Tucci

Dip. Ing. dell'Informazione, Ing. Elettrica e Matematica Applicata (DIEM), Università di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084 - Fisciano (SA), e-mail: vtucci@unisa.it

Parole Chiave: Nanotubi di carbonio, Nanocompositi, Modellistica

Differenti nanoparticelle di carbonio, principalmente di tipo unidimensionale quali nanotubi (CNT) e nanofibre (CNF), grazie alle loro straordinarie proprietà fisiche, chimiche, meccaniche ed elettriche, sono largamente impiegati in molti campi della scienza e dell'ingegneria, al fine di ottenere nuovi materiali e nuovi dispositivi elettronici. Le maggiori aree di applicazione riguardano infatti la produzione di nanocompositi polimerici conduttivi, particolarmente utili nel settore aeronautico [1] e la produzione di una nuova classe di transistori ad effetto di campo basati su film sottili di nanotubi (TFFET). L'individuazione e progettazione di innovativi compositi resi conduttivi [2] mediante l'introduzione di queste nanocariche (fenomeno della percolazione) rientrano tra i temi del progetto UE – Seventh Framework Programme – “Improving the Aircraft Safety by Self Heating Structure and Protecting Nanofillers (IASS)” nel quale l'unità è coinvolta nell'ambito di una collaborazione multidisciplinare con altre unità di 6 Paesi. In relazione a questo contesto, le attività condotte dal Gruppo riguardano sia la caratterizzazione elettromagnetica di tali nanocompositi che lo sviluppo di modelli numerici [3] in grado di predire il loro comportamento. Gli studi condotti hanno messo in evidenza la forte influenza, sulle caratteristiche elettriche dei nanocompositi (conducibilità, costante dielettrica, etc), dell'interazione filler-matrice polimerica e delle diverse caratteristiche fisiche e geometriche delle nanoparticelle impiegate [4]. Inoltre, l'utilizzo dei modelli numerici consente di effettuare un'analisi di sensitività sui diversi parametri che concorrono a determinarne le prestazioni finali.

In particolare, il modello 3D basato su una opportuna rete elettrica (RC circuit) e nel tempo perfezionato dal Gruppo, consente di portare in conto, rispetto ai modelli presenti in letteratura, ulteriori dettagli quali ad esempio effetti capacitivi o deformazioni meccaniche (strain) delle strutture simulate. Dall'analisi di tali informazioni si individuano possibili applicazioni per schermature elettromagnetiche (EMI o RFI), come materiali antistatici, o come componenti strutturali alternativi ai classici materiali sino ad oggi largamente adottati nel settore aeronautico ed aerospaziale. I risultati numerici, in linea con i risultati sperimentali (Fig.1) suggeriscono l'adozione delle simulazioni numeriche per lo studio preliminare delle proprietà dei compositi (Fig.2) evitando, nella fase progettuale iniziale, la classica e onerosa investigazione di tipo trial and error. Lo stesso modello numerico, ben si presta anche per lo studio di moderni transistor ad effetto di campo, basati su reti di nanotubi di carbonio (Fig.3), la cui realizzazione è favorita dalla crescente riduzione delle dimensioni dei dispositivi, dall'aumento delle frequenze di lavoro e delle densità di potenza in gioco, nonché dai recenti studi circa la possibilità di utilizzare questi dispositivi per il rilevamento (sensori) di particolari sostanze a cui i nanotubi sono particolarmente sensibili. Anche in questo caso, un buon accordo tra dati simulati e dati sperimentali ottenuti (Fig.4) evidenzia quanto l'attività di modellistica possa favorire una migliore comprensione dei meccanismi fisici alla base del comportamento elettromagnetico necessaria per la progettazione e l'ottimizzazione delle prestazioni dei dispositivi e dei sistemi basati su tali nuovi materiali.

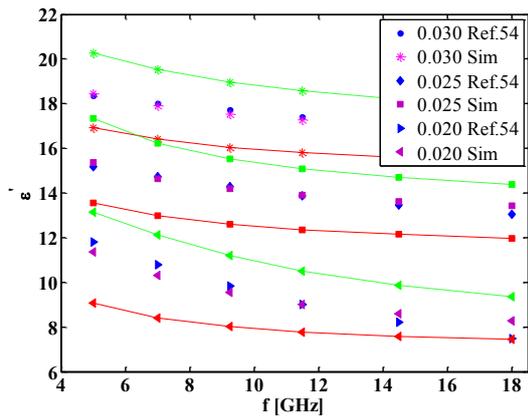


Fig. 1. Confronto tra risultati numerici e sperimentali (Ref. 54: D. Micheli, et al., IEEE T. Electromagn. C. 54, 60, 2012) per la parte reale della permittività relativa di compositi nel campo delle microonde per diversi valori della percentuale di carica.

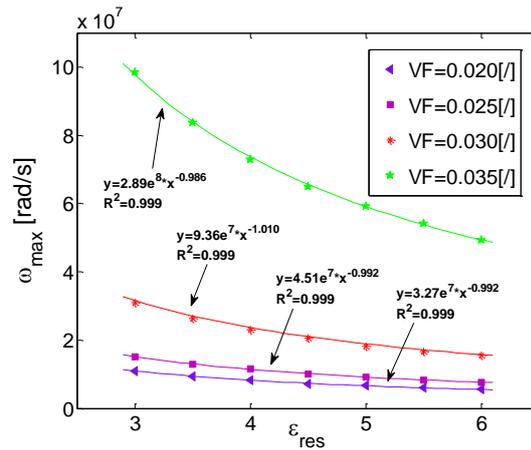


Fig. 2. Frequenza di rilassamento del composito simulato (a diverse concentrazioni di CNT) in funzione della costante dielettrica della resina.

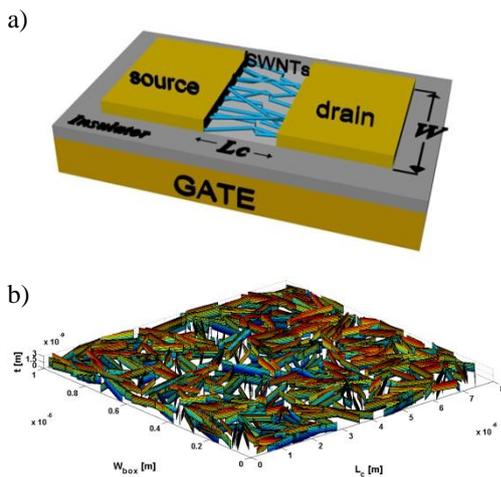


Fig. 3. Schema (a) di un back-gated transistor ottenuto mediante un thin-film costituito da una rete random di CNTs e modello di simulazione (Matlab) di una porzione di canale (b).

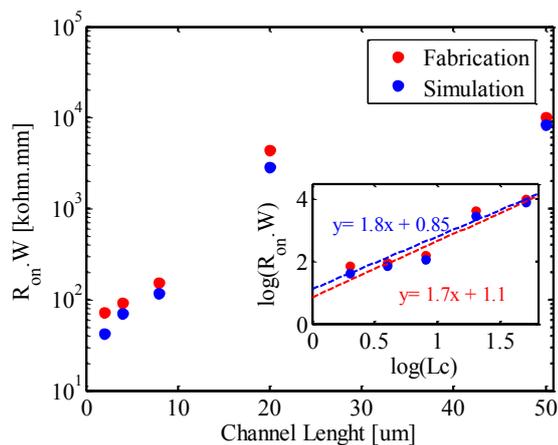


Fig. 4 Confronto risultati sperimentali e numerici della resistenza del TF-FET per differenti lunghezze di canale. Nell' inset il log-log plot degli stessi risultati dalla cui si estraggono parametri descrittivi del TFT.

BIBLIOGRAFIA

- [1] De Vivo et al. (2014); "Development of epoxy mixtures for application in aeronautics and aerospace". *RSC Advances*, Vol. 30, pp. 15474-15488.
- [2] P. Lamberti et al. (2013); "Improvement of the electrical conductivity in multiphase epoxy-based MWCNT nanocomposites by means of an optimized clay content". *Composites Science and Technology*. Vol. 89, pp. 69-76.
- [3] G. Spinelli et al. (2014); "A morphological and structural approach to evaluate the electromagnetic performances of composites based on random networks of carbon nanotubes". *Journal of Applied Physics*. Vol. 115, pp.154311-1 - 154311-12.
- [4] V. Tucci et al. (2013); "The role of carbon nanofiber defects on the electrical and mechanical properties of CNF-based resins". *Nanotechnology*, Vol.24, pp-305704-305704-10.
- [5] P. Lamberti et al. (2014); "Fabrication and Charge Transport Modeling of Thin Film Transistor Based on Carbon Nanotubes Network", *IEEE Transactions on Nanotechnology*. DOI 10.1109/TNANO.2014.2322284