

DEPOSIZIONE SPRAY DI FILM A BASE GRAFENE PER LA SCHERMATURA ELETTROMAGNETICA A RADIO FREQUENZA

C. Acquarelli, A. Rinaldi, A. Tamburrano, A.G. D'Aloia, G. De Bellis, M.S. Sarto

Sapienza Università di Roma
Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica, Energetica (DIAEE)
Centro di Ricerca per le Nanotecnologie applicate all'Ingegneria della Sapienza (CNIS)
Via Eudossiana 18, 00184 Roma

Parole chiave: grafene, film sottili, schermatura elettromagnetica

La crescente diffusione di dispositivi elettronici e sistemi di comunicazione wireless richiede lo sviluppo di soluzioni innovative per risolvere i problemi di interferenze elettromagnetiche (EMI). In molte applicazioni ingegneristiche, la protezione dalle EMI richiede materiali con caratteristiche di ingombro e peso minimizzati. Negli ultimi anni il gruppo di ricerca ha condotto un'ampia indagine sperimentale sulle proprietà elettromagnetiche a radio frequenza di materiali nanocompositi a base di nanoplacchette di grafene (GNPs) [1]-[3]. Il presente lavoro ha come obiettivo la produzione e caratterizzazione di film sottili a base di GNPs ottenuti mediante deposizione spray per la schermatura elettromagnetica.

I GNPs sono sintetizzati mediante esfoliazione in fase liquida dei materiali ottenuti per espansione termica di GIC (Graphite Intercalated Compound) commerciali e noti come TEGO (dall'acronimo Thermally Expanded Graphite Oxide) [4]. Quindi, i GNPs (Fig.1(a)) sono stati dispersi in un solvente organico (alcol n-propilico) e, mediante tecnica di deposizione spray si sono ottenuti film sottili con uno spessore compreso tra 3-8 micron. In particolare diversi campioni sono stati realizzati depositando la sospensione su vetro borosilicato mediante aerografo alla temperatura di 30°C e umidità del 29% in modo da controllare l'evaporazione del solvente.

Ottimizzando i parametri del processo di realizzazione è stata individuata la concentrazione ottimale che consente di ottenere una buona dispersione dei GNPs in sospensione, film sottili ed uniformi e migliori proprietà elettriche ed elettromagnetiche [5], [6]. In particolare, sono stati studiati la morfologia dei film ottenuti tramite microscopia elettronica a scansione, utilizzando il FESEM Auriga Zeiss disponibile presso il Laboratorio di Nanotecnologie e Nanoscienze della Sapienza, l'andamento della resistenza elettrica di sheet del film in funzione del numero di cicli di deposizione e l'effetto del trattamento termico di ricottura (annealing).

Le micrografie ottenute mostrano che i GNPs sono ben dispersi e possiedono una struttura stratificata che risulta principalmente orientata lungo il piano del substrato (Fig.1(b) e (c)).

La caratterizzazione elettrica è stata eseguita col metodo delle quattro punte, dopo ogni ciclo di deposizione spray (Fig.2(a)), posizionando le punte in cinque differenti posizioni sulla superficie del campione al fine di indagare l'uniformità del film prodotto. In figura 2(b) si vede il particolare di un film a base di GNPs depositato su vetro.

Il trattamento termico di ricottura, effettuato alla temperatura di 250°C per 12 ore, elimina i residui di solvente e le impurità del film e ne riduce la resistenza elettrica di circa un fattore tre (Fig.2(c)).

La caratterizzazione a radio frequenza è stata effettuata in guida d'onda coassiale con un analizzatore vettoriale (Agilent N5245A, 10 MHz-50 GHz) nel range 1-18 GHz [7], [8], prima e dopo il trattamento termico di ricottura (Fig.2(d)). L'efficienza di schermatura (SE) massima misurata è di circa 30 dB [9].

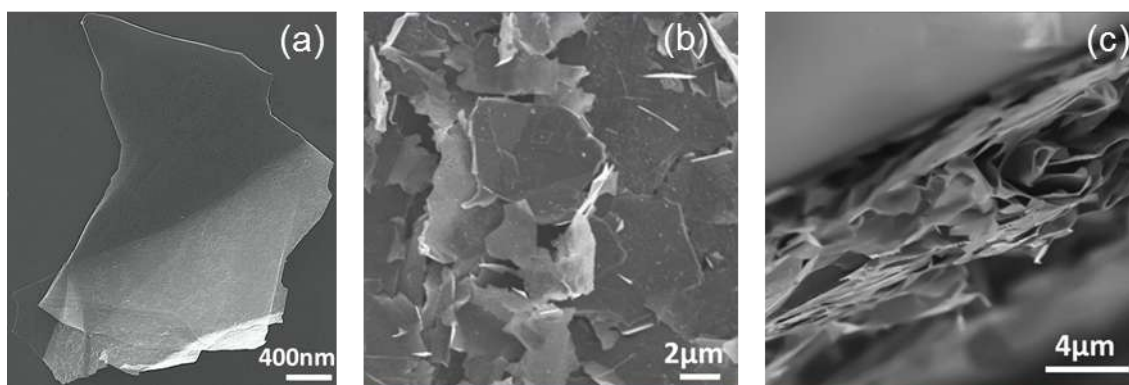


Figura 1- Immagini SEM: (a) fiocco di GNP, (b) superficie del film, (c) sezione trasversale del film.

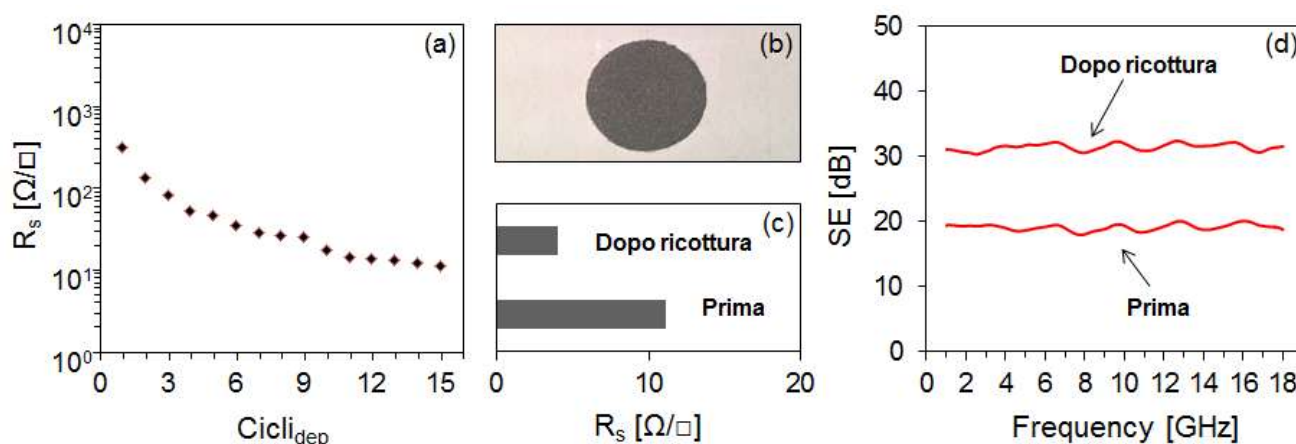


Figura 2 – (a) Caratteristica della resistenza elettrica del film in funzione del numero di cicli di deposizione; (b) film a base di GNPs depositato su vetro borosilicato; (c) effetto del trattamento termico di ricottura sulla resistenza elettrica del film; (d) efficienza di schermatura del film prima e dopo trattamento termico di ricottura.

Bibliografia

- [1] G. De Bellis, A. Tamburrano, A. Dinescu, M. L. Santarelli, and M. S. Sarto, "Electromagnetic properties of composites containing graphite nanoplatelets at radio frequency", *Carbon*, vol. 49, issue 13, pp. 4291-4300, 2011.
- [2] M.S. Sarto, A.G. D'Aloia, A. Tamburrano, G. De Bellis, "Synthesis, modeling, and experimental characterization of graphite nanoplateletbased composites for EMC applications," *IEEE Trans. on EMC*, vol.54, no.1, pp.17-27, Feb. 2012.
- [3] A.G. D'Aloia, F. Marra, A. Tamburrano, G. De Bellis, M.S. Sarto, "Electromagnetic absorbing properties of graphene-polymer composite shields", *Carbon*, 73, 175–184, 2014.
- [4] S. Stankovich, R. D. Piner, X. Chen, N. Wu, S. T. Nguyen, and R. S. Ruoff, "Stable aqueous dispersions of graphitic nanoplatelets via the reduction of exfoliated graphite oxide in the presence of poly (sodium 4-styrenesulfonate)", *Journal of Materials Chemistry*, vol. 16, pp. 155- 158, 2006.
- [5] G. De Bellis, A. Bregnocchi, S. Di Ciò, A. Tamburrano, M.S. Sarto, "Effect of sonication on morphology and dc electrical conductivity of graphene nanoplatelets-thick films", *IEEE NANO 2013*, Beijing, China, July 2013.
- [6] G. De Bellis, A. Tamburrano, A.G. D'Aloia, F. Marra, L. Paliotta, A. Bregnocchi, M.S. Sarto "Enhancement of the DC electrical conductivity of Graphite Nanoplatelets through the control of the process parameters" *Graphene 2013*, Bilbao April 23-26 2013.
- [7] M.S. Sarto, S. Greco, A. Tamburrano, "Shielding Effectiveness of Protective Metallic Wire Meshes: EM Modeling and Validation", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 2014, vol. PP, issue 99, pp. 1-7, 2014.
- [8] D.A. Lampasi, A. Tamburrano, S. Bellini, M. Tului, A. Albolino, M.S. Sarto, "Effect of Grain Size and Distribution on the Shielding Effectiveness of Transparent Conducting Thin Films", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 2014, vol. 56, issue 2, pp. 352-359, 2014.
- [9] C. Acquarelli, A. Rinaldi, A. Tamburrano, G. De Bellis, A.G. D'Aloia and M.S. Sarto, " Graphene-based EMI shield obtained via spray deposition technique", *EMC Europe 2014*, Gothenburg, Sept. 1-4 2014.