

Crecimiento y caracterización de películas de grafeno epitaxial sobre SiC

H.M.R.Giannetta ⁱ⁾, C.Calaza ⁱⁱ⁾, A.García Castaño ⁱⁱ⁾, P. Godignone ⁱⁱ⁾, L.Fonseca ⁱⁱ⁾, L.Fraigi ⁱ⁾

ⁱ⁾ Centro de investigación y desarrollo en Micro y Nano electrónica del Bicentenario (CNMB), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). San Martín, Buenos Aires, Argentina.

ⁱⁱ⁾ Centro Nacional de Microelectrónica (IMB-CNM, CSIC), Campus UAB, Bellaterra, 08193 Barcelona, España.

hgiann@inti.gob.ar

OBJETIVO

En el presente artículo se muestran los primeros resultados de la caracterización morfológica y eléctrica de películas de grafeno epitaxial crecidas sobre SiC (carburo de silicio). Una de las posibles aplicaciones de dichas películas es la de ser utilizadas en sensores de imágenes infrarroja con la particularidad de poder sintonizar la banda de absorción del IR mediante una señal de control externa.

MÉTODOS ESPERIMENTALES

El grafeno es una monocapa de grafito en la cual los átomos de carbono híbridos sp^2 se distribuyen hexagonalmente formando una red cristalina 2D. Los primeros en aislar una monocapa de grafeno fueron Novoselov y Geim en 2004 [1], lo cual les valió el premio Nobel de Física en 2010. Para lograr caracterizar las películas de grafeno se diseñaron estructuras de test del tipo TLM (Transmission line model) (Fig.1) y se fabricaron mediante técnicas de microfabricación MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems). Con estas estructuras se lograron caracterizar la resistencia de contacto entre el grafeno y los “pads” metálicos, como así también el valor de la resistencia de la película [3].

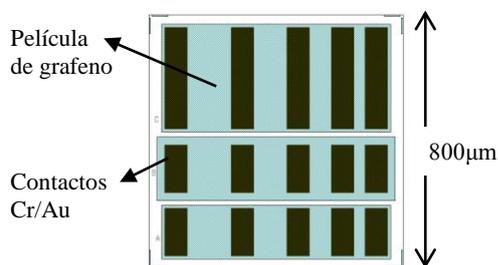


Figura 1: Diseño de estructuras de test del tipo TLM.

La parte experimental del trabajo consistió en realizar el crecimiento epitaxial del grafeno por sublimación de los átomos de Si (silicio) en una de las caras de una oblea de SiC del tipo semi-aislante *on-axis*, en un horno de ultra alto vacío (UHV) a 1900°C, en atmósfera de Ar [2]. Luego

se procedió a transferir el diseño por litografía electrónica EBL (Electronic Beam Litography), sobre la cara de la oblea crecida con grafeno. Para ello se deposita por *spin-coating* una película de fotosesina PMMA (Poly-methyl-methacrylate) que luego de ser expuesta al haz de electrones del EBL y someterla a la solución reveladora se logra transferir el diseño sobre el grafeno. El siguiente paso corresponde a conformar las estructuras de grafeno mediante un ataque por plasma de oxígeno de baja potencia (50W) sobre las aberturas logradas en el PMMA correspondientes a las estructuras transferidas por litografía electrónica. Por último se realizaron los contactos metálicos de Cr/Au, con un proceso similar al anterior depositando 50nm de Cr y 100nm de Au por evaporación y liberando las estructuras diseñadas por la técnica de *Lift-Off*.

CARACTERIZACIÓN Y RESULTADOS

La caracterización morfológica de las muestras se realizó mediante espectroscopía Raman, la cual nos permite determinar la cantidad de capas de grafeno presentes sobre la muestra.

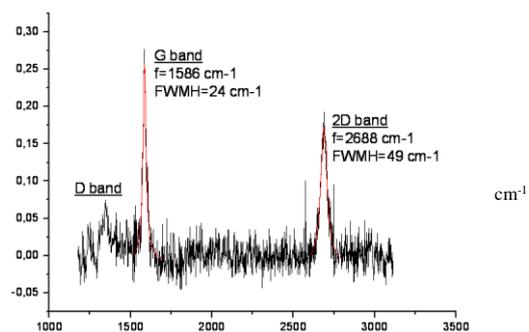


Figura 2: Espectroscopía Raman de la multicapas de grafeno.

Del análisis de la relación de intensidades y anchos de los picos *G-band* y *2D-band* [4] del espectro Raman, se logró identificar la cantidad de capas presentes sobre la muestra, que en nuestro caso correspondería a una película multicapas de grafeno de 3 o más capas [4].

Luego se realizó la caracterización eléctrica en una estación de *testing* con micro-puntas de tungsteno sobre las estructuras *TLM* diseñadas. En dicha caracterización se estimaron la resistencia de contacto R_c entre *grafeno* y *pads* metálicos; y también se estimó la resistencia de la película R_{sh} . El circuito esquemático de resistencias de las estructuras *TLM* diseñadas se observa en el esquema de la fig.3:

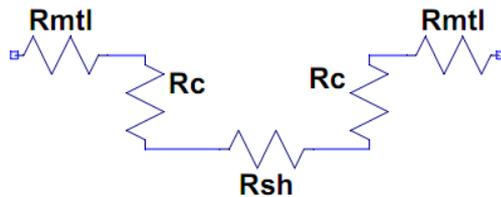


Figura 3: Circuito esquemático de composición de resistencias

Para obtener los valores de resistencia de contacto R_c y resistividades de la película R_{sh} se procede a medir los valores de resistencia entre los *pads* presentes dentro de las estructuras *TLM*, y mediante la linealización por cuadrados mínimos se obtienen los valores de resistencias R_c y R_{sh} (Fig.4).

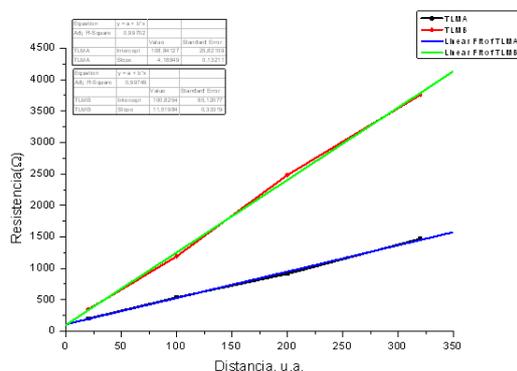


Figura 4: Caracterización eléctrica de la multicapas de grafeno.

El valor de la resistencia de contacto R_c se obtiene extrapolando la linealización de los puntos medidos hasta el origen, que corresponde a un valor de resistencia de $2R_c$. En nuestro caso, sobre las dos estructuras *TLM* medidas se obtuvieron valores de resistencia de contacto correspondientes a $2R_c=100\Omega$ y 108Ω . Por otra parte el método *TLM* nos permite obtener el valor de la resistencia de la película R_{sh} conociendo la pendiente de la recta y la geometría de la estructura *TLM*, mediante la relación $R_{sh}/W=m$, en donde R_{sh} es la resistencia de la película, W es el ancho de la estructura *TLM*, y m es la pendiente de la linealización de las resistencias. En nuestro

caso se obtuvieron valores de $R_{sh}=775\Omega/\square$ y $975\Omega/\square$. Este valor de resistencia de película corresponde a la composición en paralelo de la resistencia del grafeno y la resistencia de la oblea de SiC.

CONCLUSIONES

En el proceso de crecimiento epitaxial de grafeno sobre SiC se obtuvo una película multicapa de grafeno de al menos 3 capas de espesor, mientras que la caracterización eléctrica mostró que la resistencia por cuadrado de la película obtenida (correspondiente al paralelo de la resistencia del grafeno y la resistencia de la oblea de SiC) en promedio corresponde a $R_{SH}\approx 870\pm 100\Omega/\square$, mientras que la resistencia promedio de contacto R_c es de $R_c\approx 50\Omega$.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el Centro Nacional de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM) a través de la convocatoria GICSERV 7 (NGG-239) de la CSIC (España), como así también por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y la Agencia Nacional de Promoción Científica, Ministerio de Ciencia y Técnica de la Nación Argentina, a través de la convocatoria PRH 2007 N°203 (PAE 37079).

REFERENCIAS

- [1] K. S. Novoselov, Electric field effect in atomically thin carbon films, *Science* 306 (5696) (2004) 666–669. doi:10.1126/science.1102896.
- [2] W. A. de Heer, C. Berger, X. Wu, P. N. First, E. H. Conrad, X. Li, T. Li, M. Sprinkle, J. Hass, M. L. Sadowski, M. Potemski, G. Martinez, Epitaxial graphene, *Solid State Communications* 143 (1-2) (2007) 92–100. doi:10.1016/j.ssc.2007.04.023.
- [3] H. Murmann, D. Widmann, Current crowding on metal contacts to planar devices, *IEEE Transactions on Electron Devices* 16 (12) (1969) 1022–1024. doi:10.1109/T-ED.1969.16904.
- [4] A. C. Ferrari, J. C. Meyer, V. Scardaci, C. Casiraghi, M. Lazzeri, F. Mauri, S. Piscanec, D. Jiang, K. S. Novoselov, S. Roth, A. K. Geim, Raman spectrum of graphene and grapheme layers, *Physical Review Letters* 97 (18) (2006) 187401. doi:10.1103/PhysRevLett.97.187401.