

Tecnologías Emergentes

Aplicaciones de los nanocomposites basados en el grafeno como recubrimientos antirradar

Autor: Israel Gago, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena.

Palabras clave: Grafeno, Nanocomposites, Banda X, RAM.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 3.1.3; MT 4.1.1.

Introducción

Las tecnologías furtivas (*stealth*) han sido las más empleadas para reducir la firma de una plataforma (radar, IR, VIS, acústica, etc.) en el último siglo para dificultar su detección, y con ello, mejorar su supervivencia. Cuanto más grande es una plataforma, mayor es la probabilidad de que sea detectada a mayores distancias, lo que en el caso de las aeronaves puede llegar incluso a eliminar la ventaja de la velocidad, haciéndose imperativo el reducir la efectividad de los sistemas de detección enemigos.

En lo que se refiere a reducción de firma radar, lo que se busca es reducir la reflexión de la onda electromagnética que alcanza una plataforma para dificultar su detección. Una de las líneas fundamentales de investigación en este ámbito es el desarrollo de materiales absorbentes al radar (RAM).

Nanocomposites RAM

Para reducir la firma radar se suele trabajar en dos líneas fundamentales: en el diseño de plataformas con formas que contribuyan a la dispersión de las ondas de radar y en la aplicación a las superficies exteriores de la plataforma de materiales RAM que, mediante la absorción y atenuación de las microondas, reduzcan la sección equivalente radar (RCS). El desarrollo de materiales RAM comenzó en la Segunda Guerra Mundial en Alemania, en respuesta a los éxitos que los aliados estaban teniendo en sus avances en tecnología de radares,

siendo el primer RAM una pintura basada en la ferrita.

Los *nanocomposites* (materiales compuestos que contienen nanocomponentes) de matriz polimérica, están siendo objeto de estudio por parte de la comunidad científica debido a su posible uso como materiales estructurales y multifuncionales. La principal razón de ese interés se debe a que algunas propiedades de los materiales poliméricos se ven modificadas por la adición de nanomateriales, obteniéndose, entre otras mejoras, menores densidades, mejores propiedades mecánicas y mejor estabilidad dimensional y térmica.

Recientemente han aparecido estudios que han introducido los nanomateriales para aplicaciones RAM. Entre los nanomateriales más estudiados en este campo se encuentran los nanotubos de carbono (CNT), cuyas interesantes propiedades, como alta conductividad eléctrica, pequeño diámetro y rigidez mecánica, hacen de éste un material idóneo para producir estructuras multifuncionales con alto grado de apantallamiento electromagnético.

También, algunos *nanocomposites* dopados con grafeno han demostrado una elevada capacidad de absorción de las radiaciones de microondas. El grafeno, material ya sobradamente conocido¹, se ha convertido en uno de los más atractivos debido a sus excepcionales propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas. Desde su descubrimiento en 2004, las investigaciones acerca de las posibles aplicaciones de este material resultan muy prometedoras en campos como la sensorización, la optoelectrónica o los materiales compuestos de altas prestaciones. Dentro de este último campo, las propiedades eléctricas del grafeno podrían ser útiles para el desarrollo de revestimientos que permitan reducir la RCS de una plataforma.

Con objeto de analizar la viabilidad del desarrollo de nuevos revestimientos RAM basados en el grafeno para

¹ Para más información, ver la monografía del SOPT «Propiedades y Aplicaciones el Grafeno» https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/Lists/Publicaciones/Attachments/182/monografia_sopt_12.pdf

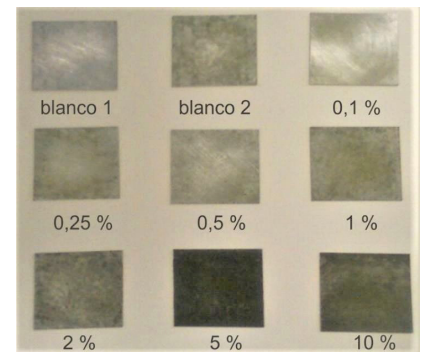


Fig. 1. Serie de probetas blanco y muestras con sus porcentajes de dopado. (Fuente: UPCT).

su posible aplicación en plataformas militares, un grupo de trabajo de la Universidad de Cartagena inició hace unos pocos años estudios sobre la influencia que la adición de grafeno a distintos materiales poliméricos tendría sobre la absorción de energía electromagnética.

Resultados obtenidos

Se llevaron a cabo unos estudios preliminares relativos a la capacidad de absorción de radiación electromagnética de un revestimiento compuesto por una matriz polimérica dopada con grafeno prístino *few-layer* entre el 0,1% y el 10% en peso. Se empleó para la fabricación de los *nanocomposites* un barniz marino basado en resinas alquídicas modificadas, ciclohexano como disolvente y grafeno sintetizado previamente. Como soporte y material reflector de microondas se empleó una chapa de acero galvanizado de 1 mm de espesor.

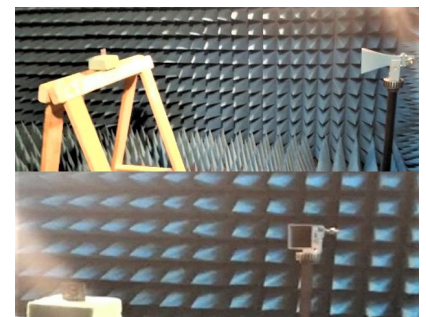


Fig. 2. Vista general del montaje realizado en cámara anecoica (arriba) y detalle de una de las probetas blanco y la antena emisora-receptora (abajo). (Fuente: UPCT).

Se prepararon 9 probetas cuadradas de 35 x 35 mm, sobre las que se aplicó el recubrimiento de material compuesto dopado con grafeno en distintos porcentajes, tal y como se puede ver en la figura 1. Dos de las probetas se utilizaron como blancos; la primera sin recubrimiento alguno como blanco de calibración del sistema de medición (blanco 1) y la segunda, con una capa de barniz sin dopaje (blanco 2).

Para estudiar la capacidad de absorción de energía electromagnética de las muestras, se utilizó una cámara anecoica y una antena emisora-receptora para el rango de frecuencias correspondiente a la banda X (8.2-12.4 GHz) con una emisión constante de 10 dB. El barrido de frecuencias se realizó entre 8,5 y 12 GHz con las probetas situadas a 1 metro de la boca de la antena y con ángulo de incidencia de 0°. Para cada probeta se obtuvieron los valores de reflexión (S11), correspondientes a todo el barrido de frecuencias descrito. Esta configuración corresponde a la región de campo lejano para este rango de frecuencias, de modo que la forma del frente de onda es constante con la distancia.

Los valores de absorción electromagnética obtenidos para diferentes cantidades de grafeno presentes en el revestimiento de las probetas mostraron tres comportamientos diferentes dependiendo del rango de frecuencias de la radiación incidente (Figura 3).

Para el rango más bajo de frecuencias comprendido en la banda X (8,5 GHz), la absorción del revestimiento mejora al aumentar el dopaje de grafeno, alcanzando su máximo valor para un porcentaje del 1%. Para la zona intermedia de la banda, comprendida entre los 9 y los 10,5 GHz, la variación de la absorción con el porcentaje de grafeno muestra que la mayor absorción se produce para un dopaje del 2%, obteniéndose las dos absorciones máximas de toda la banda X para 9 y 10,5 GHz. Para la zona más alta de frecuencias (entre 11 y 12 GHz) la tendencia es similar a la observada en el intervalo de frecuencias anterior pero con un leve incremento tras el 2% de dopaje, hasta alcanzarse el máximo para una adición de grafeno del 5%.

Los resultados obtenidos demuestran que la adición de pequeñas cantidades de grafeno (<5%) permite aumentar la absorción electromagnética de un material compuesto, así como

ajustar el máximo de absorción a la frecuencia deseada mediante la variación del porcentaje de dopaje. Esta tecnología permite combinar los diferentes dopajes en un revestimiento multicapa para maximizar su efectividad. El comportamiento observado en los recubrimientos obtenidos, es similar al descrito por otros autores para *nanocomposites* basados en distintos polímeros y dopados con nanomateriales como los CNT o las nanoplaquetas de grafeno.

Aunque el mecanismo que produce este aumento en la absorción de un *nanocomposite* basado en el grafeno no se conoce en profundidad, la Figura 4 muestra un esquema del posible funcionamiento del sistema. Las láminas de grafeno forman multitud de ángulos diédricos entre sí, de modo que las microondas sufren un elevado número de reflexiones dentro de la matriz de polímero, incrementando sensiblemente la longitud de propagación en la misma. Cada reflexión produce una pérdida de energía electromagnética, disipada en forma de energía térmica, debido probablemente a movimientos moleculares (conducción iónica, relajación dipolar, etc.) provocados por la interacción de las microondas con materiales dieléctricos.

Los resultados obtenidos apoyan la viabilidad del desarrollo de nuevos *nanocomposites* basados en el grafeno con mejores prestaciones de absorción electromagnética, que permitan la construcción de plataformas aéreas, navales y terrestres con una capacidad furtiva mejorada.

Conclusiones

En este artículo se presentan los primeros resultados obtenidos por un grupo de investigación de la Universidad de Cartagena para una serie de *nanocomposites* preparados a base de un barniz marino convencional (material polimérico) y grafeno, como posible recubrimiento reductor de firma radar.

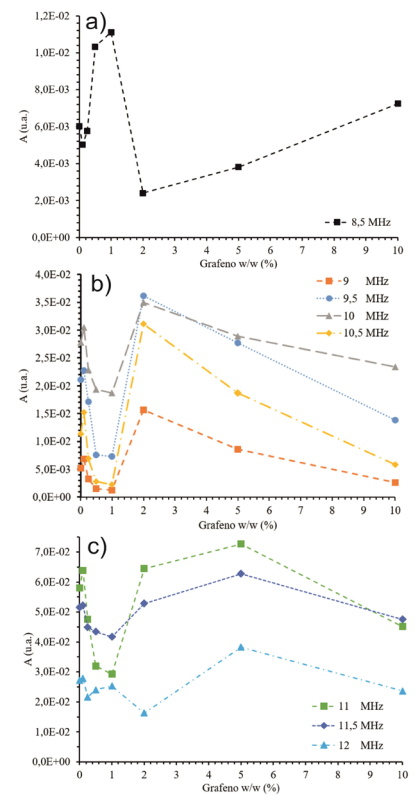


Fig. 3. Variación de la absorción de las muestras en función del porcentaje de grafeno para los tres rangos de la banda X respecto al porcentaje de grafeno: zona de baja frecuencia (a), de frecuencias intermedias (b) y de altas frecuencias (c). (Fuente: UPCT).

Estos resultados demuestran la viabilidad del desarrollo de nuevos *nanocomposites* basados en el grafeno con mejores propiedades de absorción en la banda X y con capacidad de ser ajustados para optimizar su firma radar a una misión específica o un teatro de operaciones concreto. Un revestimiento multicapa constituido por varias manos de este tipo de pinturas, con diversos porcentajes de grafeno y diferentes espesores, podría mejorar de un modo muy significativo las tecnologías *stealth* disponibles en la actualidad, permitiendo a medio plazo la obtención de plataformas aéreas, terrestres y navales con capacidad furtiva mejorada.

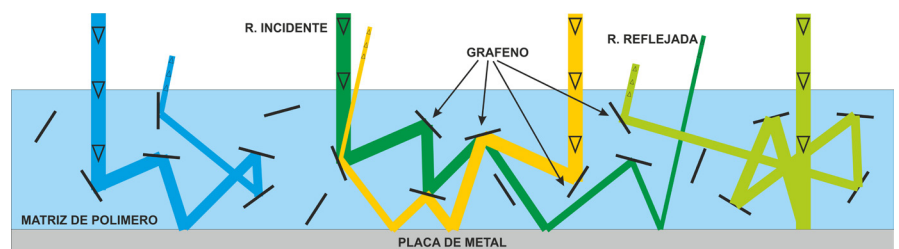


Fig. 4. Representación esquemática del mecanismo de incremento en la absorción electromagnética de un *nanocomposite* basado en el grafeno. (Fuente: UPCT).