

ÓXIDO DE GRAFENO: SÍNTESIS, PROPIEDADES Y APLICACIONES

Óxido de Grafeno: Síntesis, Propiedades y Aplicaciones

Brandon Isaac Salas Lozano¹

bsalas1200@alumno.ipn.mx

Alumno de Ingeniería en Mecatrónica

Luis Martín Reséndiz Mendoza²

lresendiz@ipn.mx

Doctor en Ciencias

Víctor Cabrera Arenas²

vcabreraa@ipn.mx

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación UPIITA

Doctor en Ciencias

Miguel Ángel Gómez Álvarez²

m5206823@gmail.com

Maestro en Tecnología Avanzada

Instituto Politécnico Nacional, UPIITA¹

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación UPIITA²

Abstract

For studying the Graphene Oxide (GO), there are two material that are directly involved; the first one is Graphene, this material is a nice electrical conductor and it have a high fracture strength; the second one is Reduced Graphene Oxide (RGO), this one have better electrical and mechanical properties than the GO, however, there is an enormous difference with Graphene. In general, GO is synthesized by three methods, being the Hummers method the busiest one. GO is a very complex and amorph material, that is why it does not have a unique model, it means that a group of material with similar structures characteristics are called GO. The electrical properties of GO tell us that it is a bad electrical conductor, but it is a nice insulator; in its optical properties we find the photoluminescence, and the mechanics properties are very pour against other materials. Talking about the applications of Go, we take two examples, the first one the PANI is doped with GO to make a supercapacitor, in the second one, GO is used to attack bacteria.

Introducción

Desde el origen de la humanidad, el estudio de los materiales ha sido fundamental para el desarrollo de diversas tecnologías, por ejemplo; la quema de materiales para producir fuego, el afilado de piedras para producir lanzas o las puntas de las flechas para la caza, o incluso el uso de materiales ligeros y que absorben altos impactos para producir los automóviles en la actualidad con la finalidad de que los pasajeros de este reciban la menor cantidad de fuerza pasible en un impacto. Esto ha llevado a que el ser humano realice un estudio profundo en los materiales que le rodean, y considerando que el carbono es uno de los elementos que puede tomar diversas formas alotrópicas, el estudio de este mismo ha provocado una diversa gama de materiales, de entre los cuales se encuentran el grafeno, el óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido.

El grafeno es uno de los materiales más prometedores en la actualidad, ya que cuanta con propiedades muy útiles; como ser un material mucho más duro que un diamante, ser un excelente conductor de corriente eléctrica y su maleabilidad, esta última es muy rara en este material ya que los materiales duros suelen ser muy poco maleables y muy frágiles. Esto proporciona todo un mundo de aplicaciones para este material como en el uso de pantallas táctiles para teléfonos celulares.

Por otro lado, el óxido de grafeno reducido es un punto intermedio entre el óxido de grafeno y el grafeno, ya que con la reducción del óxido de grafeno el modelo se vuelve mucho más parecido al del grafeno, teniendo propiedades más similares, sin embargo, al no ser el mismo material, el óxido de grafeno reducido es un peor conductor eléctrico que el grafeno y mejor que el óxido de grafeno.

En este artículo, se hablará sobre la síntesis, las propiedades y algunas de las aplicaciones del óxido de grafeno, ya que este material es precursor para el estudio de los dos materiales anteriormente mencionado, además, sus propiedades son relevantes para sus aplicaciones en diversas áreas, y la síntesis lo es para los posibles métodos de fabricación que se pueden utilizar para poder realizar nuevos proyectos o la implementación de alguno ya planteado.

Síntesis

De manera general, existen tres métodos principales por los cuales el GO es sintetizado; ya sea por el método de Brodie, de Staudenmair, o de Hummer. Sin embargo, estos métodos se basan en el mismo principio, la oxidación del grafito en varios niveles. Los dos primeros métodos realizan una reacción química a través del de dos compuestos, Clorato de Potasio (KClO_3 con Ácido Nítrico (HNO_3) para oxidar el grafito. Sin embargo, el método de Staudenmair se caracterizaba porque añadía el Clorato en múltiples partes iguales durante la reacción. Esta diferencia en el procedimiento resultó en una mayor oxidación del grafito, llegando a resultados similares que la aplicación del primer método múltiples veces; haciendo mucho más práctico oxidar el grafito con una sola reacción, sin embargo, este método produce CO_2 . Por otra parte, el método Hummer, que es el más utilizado actualmente ya que este provoca una mejor homogeneidad en la estructura del óxido de grafeno, lo que también da un menor rango de variación en las propiedades, es una forma alterna de oxidación del grafito; este método utiliza dos compuestos diferentes a las reacciones anteriores: Permanganato de Potasio (KMnO_4) y Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4), por lo tanto, este método no produce CO_2 contaminante.

Propiedades

Las propiedades de un material se definen a través de su estructura, sin embargo, este material es muy peculiar, ya que no existe un modelo inequívoco de este material. En el estudio de los materiales es importante conocer el modelo que rige al material, ya que con este se pueden obtener propiedades físicas, químicas y mecánicas del material, dando la oportunidad a posibles aplicaciones para dichos materiales. Existen diversas razones por las cuales esto ocurre, pero la primordial es la complejidad de este material debido a que es amorfo, sin embargo, de manera general el óxido de grafeno se puede describir como una lámina

bidimensional que contiene átomos de carbón en forma de panal de abeja con grupos funcionales de hidróxido y oxígeno, a diferencia del modelo del grafeno que este busca quitar completamente las impurezas de manera que mantenga la forma de panal de abeja con átomos de carbón perfectamente ordenados. En la Figura 1 se representa el modelo general anteriormente descrito del óxido de grafeno.

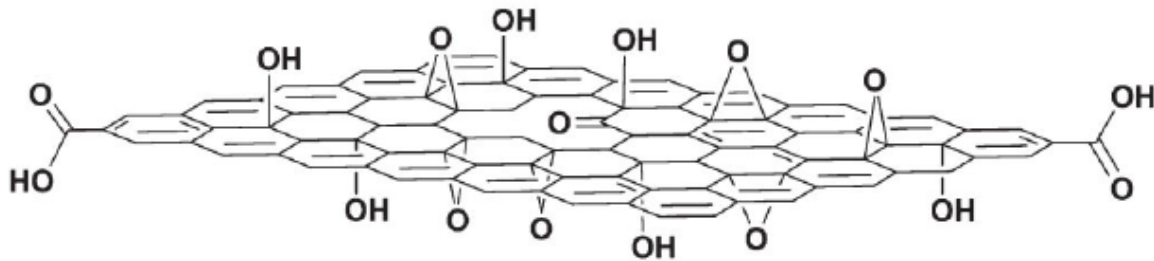


Figura 1. Modelo general del óxido de grafeno.

El óxido de grafeno presenta varias propiedades excelentes. Propiedades electrónicas, como la conductividad, la cual depende de su estructura química y atómica. En general, las películas de óxido de grafeno tienen una resistencia en una hoja **con** valores de $10^{12} \Omega/sq$ o mayor, esto quiere decir que este material conduce con muy poca facilidad, lo que es una propiedad pobre para conductores, sin embargo, para materiales dieléctricos es muy útil.

El óxido de grafeno también presenta propiedades ópticas únicas como la fotoluminiscencia, esto es la emisión de luz por una previa absorción de radiación. Esta propiedad puede ser útil en bio-sensado, en etiquetas fluorescentes y aplicaciones optoelectrónicas, como en sensores para detectar la luz que viaja en la fibra óptica o en pantallas de cristal líquido.

Haciendo una "hoja de papel" de óxido de grafeno, su módulo de elasticidad promedio y la mayor resistencia a la fractura son de ~ 32 GPa y ~ 120 MPa respectivamente, a comparación

del grafeno que su módulo de Young y su resistencia a la fractura son de 1.0 TPa y 130 GPa respectivamente.

Aplicaciones

Los supercondensadores son dispositivos electroquímicos capaces de almacenar una gran cantidad de energía eléctrica a comparación con los condensadores convencionales, sin embargo, estos trabajan a menores tensiones.

En el año 2009, por parte de la *Nanjing University of Science and Technology*, se realizó una publicación donde exponen la experimentación de creación de supercondensadores basados en el uso de polianilina (PANI) dopada con óxido de grafeno, presentando resultados bastante favorables, como se menciona en esta publicación, el uso del óxido de grafeno para dopar la PANI entregaba resultados de hasta 531 F/g (unidad de medición de la capacidad de almacenar energía respecto a la masa de un objeto), y sin el dopado de este material se obtuvo que el resultado era de 216 F/g, con estos datos podemos deducir que el uso del óxido de grafeno ayudó a que la capacitancia por unidad de masa se incrementará a más del doble de que sin el dopado. Esto quiere decir que este dopado puede ser utilizado en la industria electrónica, ya que siempre se busca reducir el espacio que ocupan los componentes con propiedades similares a las de sus sucesores. Por otro lado, este material también puede ser utilizado en el área biológica.

En el año 2010, en la *Sharif University of Technology*, se realizó un estudio donde se utilizaba nano-paredes de óxido de grafeno, constituidas de una o múltiples capas de óxido de grafeno, donde se demostraba que el contacto directo de una bacteria dañaba de manera efectiva a la membrana celular teniendo como resultado la inactivación de la bacteria a través de las nano-paredes. Esto se debe a que las nano-paredes de óxido de grafeno tienen esquinas muy filosas, esto se debe a que en la orilla de la estructura del óxido de grafeno quedan esquinas de la forma característica del panal de abeja, sin embargo, no solo influye la forma de la estructura, sino que esta es bidimensional, lo que permite que sea lo suficientemente delgada para penetrar las células con extrema facilidad.

Conclusiones

El estudio de los materiales es importante para conocer sus propiedades físicas, químicas y mecánicas; con esta información podemos ver las posibles aplicaciones que se le pueden dar a algún material específico.

El óxido de grafeno es un material amorfo sin un modelo único que lo represente, es decir, que existe un grupo de materiales similares que cumplen ciertas características atómicas, físicas, químicas y mecánicas a los que los clasificamos como óxido de grafeno. Estas características nos permiten saber que este material es un material dieléctrico, lo que propone una amplia gama de aplicaciones para la electrónica; también es un material que puede dañar a las bacterias, lo que propone soluciones en el área médico-biológica, entre otras.

Referencias

1. Zhu, Y., Zhu, Y., Murali, S., Cai, W., & Li, X. (29.06.2010). *Graphene and graphene oxide: Synthesis, properties, and applications* John Wiley & Sons Inc.
2. Wang H., Hao Q., Yang Y., Lu L., Wang X. (2009). *Graphene oxide doped polyaniline for supercapacitors* Electrochemistry Communications.
3. Chung, C., Kim, Y., Shin, D. Ryoo S., Hee B., Min D. (2013). *Biomedical Applications of Graphene and Graphene Oxide* Accounts of Chemical Research.
4. Pei, S., Cheng, H. (2012). *The reduction of graphene oxide* Carbon.
5. Akhavan, O., Ghaderi, E. (2010) *Toxicity of Graphene and Graphene Oxide Nanowalls Against Bacteria* ACS Nano.
6. Gómez, C., Meyer J., Sundaram, R., Chuvilin, A., Kurasch, S., Burghard, M., Kern, K., Kaiser, U. (2010) *Atomic Structure of Reduced Graphene Oxide* Nano Letters.
7. Dreyer, D., Park, S., Bielawski, C., Ruoff, R. (2010). *The chemistry of graphene oxide* Chem. Soc. Rev.
8. Zaaba, N., Foo, K., Hashim, U., Tan, S., Liu, W., Voon, C. (2017). *Synthesis of Graphene Oxide using Modified Hummers Method: Solvent Influence* Procedia Engineering.
9. Tkachev, S., Buslaeva, E., Naumkin, A., Kotova, S., Laure, I., Gubin, S. (2012). *Reduced graphene oxide* Inorganic Materials
10. Marcano, D., Kosynkin, D., Berlin, J., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L., Lu, W., Tour, J. (2010). *Improved Synthesis of Graphene Oxide* ACS Nano.