

AMORFO, GRAFITO Y DIAMANTE: DESDE LAS JOYAS A LA INGENIERÍA

Alberto Requena

Catedrático de Universidad e investigador Principal del Grupo Láseres, Espectroscopia Molecular y Química Cuántica

Luis Manuel Tomás

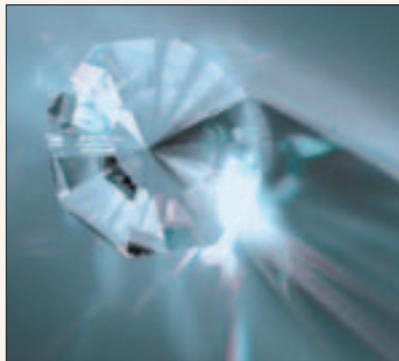
Profesor Titular de Universidad e Investigador principal del Grupo Visión Artificial, Robótica y Proyectos de Ingeniería

El diamante ha representado ese material exótico empleado para exaltar la belleza rodeando cuellos, muñecas y dedos como signos externos de riqueza. Estructuralmente se trata de una agrupación tetraédrica de carbono, el sexto elemento más abundante del Universo. Pero no solamente se le encuentra en materiales decorativos sino en hojas de corte especiales, en dispositivos de aplicación en condiciones térmicas extremas, en producción de sonidos de elevada frecuencia o en sistemas de reproducción de sonidos en equipos estéreos de alta fidelidad. De esta forma está presente en aplicaciones que cubren desde aspectos puros de gemas de reputada calidad y, al mismo tiempo, herramientas versátiles de aplicación en Ingeniería.

Han sido sus aplicaciones las que han fomentado el desarrollo de métodos de crecimiento artificiales de manera que se pueda disponer de diamantes sintéticos. Uno de los procedimientos más difundidos es el denominado *deposición de vapor químico*, conocido bajo las siglas del acrónimo anglosajón CVD. Es el más empleado en la microfabricación de dispositivos semiconductores y consiste en la deposición de finas películas de diamante por un procedimiento muy lento que llega a producir espesores de micras por hora. En función de las condiciones de tal deposición, se consiguen cristales simples, creciendo epitaxialmente o micro o nanocristales ligados mediante granos de carbono amorfo.

Una de las limitaciones del proceso deriva de la elevada temperatura

de funcionamiento que llega a ser de 90 °C lo que limita el empleo de muchos materiales que tienen puntos de ebullición bajos como los vidrios, plásticos o el propio arseniuro de galio tan empleado en los materiales semiconductores. Esto impide que se puedan depositar cristales de diamante envolviendo a estos materiales. En cambio, sí es posible conseguir envolturas de carbono amorfo en estas condiciones, que tienen propiedades similares a las del diamante, aun cuando la ventaja reside en que se pueden efectuar a temperatura ambiente. El procedimiento se denomina carbón como diamante, cuyo acrónimo en inglés es DLC. Está muy extendido el uso de las películas DLC como recubrimientos protectores.



Los discos duros de ordenador están protegidos de los daños de la cabeza de lectura/escritura mediante una película nanométrica de carbono amorfo y lo mismo ocurre con las cuchillas de las máquinas de afeitar, que deben su duración a la capa de carbono amorfo de que están cubiertas.

Las propiedades de los materiales dependen de que la estructura sea cristalina o amorfa. Las películas de carbono amorfo son más suaves y blandas que las de cristales de diamante construidas a partir de nanocristales, que, a su vez, son más suaves y menos transparentes que las películas construidas a partir de microcristales. La forma de identificar qué tipo de carbón constituye un material es emplear técnicas radioacti-

vas. Los rayos X han sido durante mucho tiempo la técnica indiscutible. La difracción y la microscopia electrónica han sido las técnicas que permitían la caracterización de las muestras, pero son procedimientos lentos y requieren la destrucción de las muestras. La espectroscopia *Raman* ha venido a aportar una solución muy eficaz al ser una técnica rápida y no destructiva. El láser ha impulsado las técnicas *Raman*. Un láser se focaliza a través de un microscopio sobre la muestra y la luz que se dispersa se hace pasar por un espectrómetro que hace incidir la radiación sobre un detector de CCD (dispositivo acoplado de carga). La frecuencia del láser se escoge en función de la aplicación. Normalmente se emplea el rojo de helio neón de 632 o el verde de 514,5 de ión argón o el ultravioleta de helio camino de 325 o el infrarrojo de diodo de 785.

Los cristales de diamante tienen una línea *Raman* de 1.332 centímetros inversos. Cuando se trata de películas de diamante construidas por la técnica CVD, envolviendo grafito o carbono amorfo, se producen líneas adicionales que permiten caracterizarlo e incluso identificar la proporción de cristales y, por tanto, la calidad de la muestra. El grafito precisó del desarrollo del láser y la espectroscopia *Raman*, puesto que, al ser negro, absorbe toda la radiación. Produce un pico en 1.575 centímetros inversos denominado pico G (si se trata de cristales y, si se trata de otros compuestos de grafito como el carbón de leña, entonces presenta un segundo pico en 1.355 centímetros inversos denominado pico D). Las proporciones de ambos picos denotan el tamaño del cristal de grafito y la cantidad de grafito desorganizado que hay en una muestra. Por último, el carbono amorfo es desestructurado con propiedades que dependen de la proporción de los tipos de carbón que lo componen. ■