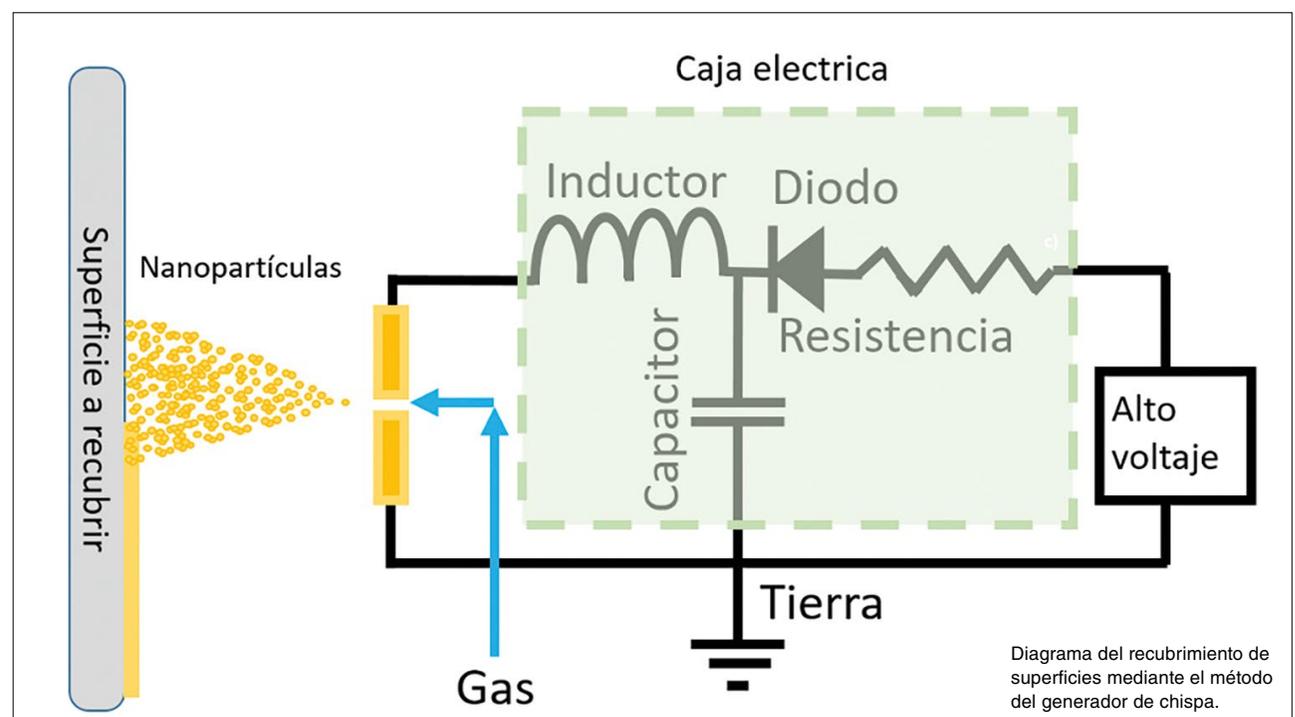


FUNCIONALIZACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE NANOPARTÍCULAS GENERADAS POR MÉTODO DE CHISPA



A lo largo de la historia, se ha buscado emplear recubrimientos para modificar las características de las superficies, yendo desde la estética, como cambiar el color, hasta consideraciones prácticas, como la protección contra la corrosión. También se ha explorado la posibilidad de alterar las propiedades fisicoquímicas de la superficie misma, cómo hacerla más adherente o antiadherente, hidrófobo o hidrófila. Desde la llegada de la nanotecnología, nuestro control de las propiedades de los materiales ha aumentado substancialmente. Sin embargo, estas tecnologías han tenido hasta ahora una aplicación limitada al tratamiento de superficies. Lo cual provee de mucho potencial por delante para este tipo de tecnologías. Aquí es donde entran en juego las nanopartículas con todos sus atributos deseables. Para aplicar nanopartículas en superficies, lo primero que se requiere es fabricarlas. Para ello, existen numerosos métodos, dentro de las cuales destacan la síntesis mediante flama, deposición química de vapor (CVD por sus siglas en inglés), nucleación en fase acuosa, etc. Estos métodos tienen ventajas, pero no cuentan con tanta versatilidad y nivel de pureza alcanzable como la generación mediante el método de chispa.

Este método de preparación de nanopartículas se presentó por primera vez en el año de 1988 [1]. Aunque la producción de chispas mediante alto voltaje lleva más de 150 años en utilización, esta última se emplea principalmente en motores de combustión interna para producir una chispa a partir de alto voltaje que encienda una mezcla inflamable y se procura que la evaporación y, por ende, el desgaste de los electrodos sea mínima. En cambio, para el método de generación de nanopartículas mediante chispa, se busca que el alto voltaje produzca la mayor evaporación posible de los electrodos trayendo como consecuencia la formación de nanopartículas.

El generador de chispa como método de producción de nanopartículas cuenta con numerosas ventajas. Por ejemplo, cualquier elemento conductor de la tabla periódica que sea conductor se puede emplear directamente para su síntesis de nanopartículas. Estas pueden, al menos en principio, sintetizarse en su estado no oxidado. Posteriormente, estas pueden ser oxidadas por completo, o parcialmente de forma controlada o recubriendo de otro material para lograr su estabilidad a largo plazo en la atmósfera a la que se vayan a exponer, de modo que las

nanopartículas pueden llegar a contener dos materiales o fases distintas a modo núcleo-caparazón.

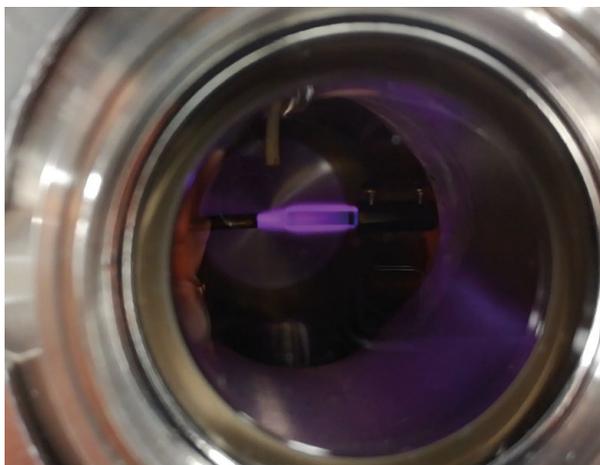
Además, este método se puede controlar con mucha facilidad ya que la mayoría de las variables de proceso son eléctricas. Una vez establecidas, estas no cambian rápidamente durante la síntesis, y, por ello, es considerado un proceso altamente reproducible, controlable y que puede emplearse el mismo dispositivo directamente para la síntesis de nanopartículas de diferentes materiales.

También, este método puede generar nanopartículas de materiales semiconductores, o incluso cerámicos si se deposita una capa micrométrica en la superficie de los electrodos que sí sean conductores. El grosor máximo de dicha capa iría en función de la constante dieléctrica del material. Esto garantiza que el voltaje nominal máximo del generador sea capaz de vencer el dieléctrico y así lograr producir la chispa y las nanopartículas [2]. Un estudio reciente muestra el efecto de las principales variables de la chispa en las nanopartículas logradas [3]. Incluso se pueden emplear 2 electrodos de metales diferentes para obtener mezclas bimetálicas de nanopartículas, aunque para mantener la pureza y estabilidad a largo plazo, sería más conveniente emplear 2 generadores de chispa en paralelo. Además, con esta tecnología, se pueden cambiar los electrodos y depositar un material completamente diferente con el mismo generador de chispa.

De ese modo sería posible, por dar solo un ejemplo, rociar una capa conductora transparente en un vidrio, seguido de un recubrimiento semiconductor en forma de sándwich y así lograr tener un vidrio semi-transparente que pueda hacer de ventana y al mismo tiempo funcionar como panel solar para la generación de energía eléctrica.

Uno de los retos que quedan es poder asegurarse de una buena adherencia y permanencia de las nanopartículas en las superficies, sin que estos métodos de adherencia causen la pérdida de las propiedades particulares tan atractivas de las nanopartículas. Diversas tecnologías parecen prometedoras para la implementación de dicha adhesión. Un ejemplo de dichas tecnologías que se ha venido desarrollando recientemente para la adherencia de nanopartículas en superficies incluye la modificación de aminosilanos [4].

Algunas aplicaciones adicionales de las propiedades que se pueden obtener de las nanopartículas en superficies incluyen el cambio de color, propiedades antimicrobianas, papel auto borrable, anti-falsificación, fotocatalisis, sensores, paneles so-



Fotografía del generador de chispa en el momento en que ocurre una descarga entre los electrodos en operación a baja presión.

lares, capa conductora y transparente, capacidades auto limpiables, entre muchas otras más [5]. Al seguir los desarrollos de estas tecnologías los últimos años, parece razonable asumir que muchas de ellas estarán lo suficientemente maduras y optimizadas para su implementación a gran escala y a bajo coste en un futuro cercano. Por su parte, el generador de chispa se enlista como un potente candidato para la síntesis y funcionalización de dichas superficies.

Por: Miguel Vazquez-Pufleau, Andrew Johnston y Juan José Vilatela

REFERENCIAS

- [1] Schwyn, S., E. Garwin, and A. Schmidt-Ott. "Aerosol generation by spark discharge." *Journal of Aerosol Science* 19.5 (1988): 639-642.
- [2] Vons, Vincent A., et al. "Silicon nanoparticles produced by spark discharge." *Journal of Nanoparticle Research* 13 (2011): 4867-4879.
- [3] Vazquez-Pufleau, Miguel, et al. "Spark discharge generator as a stable and reliable nanoparticle synthesis device: Analysis of the impact of process and circuit variables on the characteristics of synthesized nanoparticles." *Advanced Powder Technology* 34.3 (2023): 103955.
- [4] Yin, Yaoting, et al. "Improving adhesion between nanoparticles and surface of mica substrate by aminosilane modification." *Plasmonics* 15 (2020): 399-407.
- [5] Ngo, Ying Hui, et al. "Paper surfaces functionalized by nanoparticles." *Advances in colloid and interface science* 163.1 (2011): 23-38.