

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, COMPOSICIONAL Y PLASMÓNICA DE NANOPARTÍCULAS DE GALIO MEDIANTE HACES DE ELECTRONES.

De la Mata. M, Díaz. C, Molina. SI.

Equipo de investigación Materiales y Nanotecnología para la Innovación, Instituto IMEYMAT, Universidad de Cádiz.

La plasmónica se ha convertido en una rama de la fotónica con entidad propia, impulsando el estudio y desarrollo de sistemas ópticamente activos para el control y explotación de las interacciones luz-materia. La actividad plasmónica está ligada a la presencia de electrones libres en un material y su oscilación colectiva a frecuencias características, donde la nanoestructuración del material permite el confinamiento de dichas resonancias en las superficies del mismo (plasmones de superficie localizados). Estas resonancias colectivas de electrones modifican localmente el campo electromagnético en las inmediaciones de las nanoestructuras, fenómeno explotable en multitud de aplicaciones como biosensores, guías de onda, espectroscopía Raman amplificada de superficie (“surface-enhanced Raman Spectroscopy”, SERS), etc.

Los metales nobles (plata, oro) son los sistemas plasmónicos por antonomasia, cuyas frecuencias de oscilación características están restringidas al rango infrarrojo-visible (IR-VIS), limitando la aplicación de los dispositivos. Este escenario está impulsando la investigación de materiales alternativos que cubran distintos rangos espectrales; donde el galio emerge como candidato idóneo, que ofrece ventajas adicionales como su síntesis sencilla, rápida y barata en forma de nanopartículas.

El galio presenta un rico diagrama de fases con numerosos polimorfos metaestables, varios de los cuales han podido observarse en nanoestructuras, siendo un material que ofrece multitud de vías para modular la respuesta y propiedades finales del sistema. Además, puede sintetizarse en forma de nanopartículas por evaporación térmica, cuya exposición al aire resulta en la formación superficial de una fina capa de óxido (GaO_x) que proporciona al sistema estabilidad estructural y química (pasivación superficial).

Es ampliamente conocido que, además de las propiedades intrínsecas del material, existen numerosas variables que modifican el comportamiento plasmónico de un sistema, tales como su tamaño, forma (anisotropía), composición, entorno (índice de refracción), proximidad de otros centros ópticamente activos, etc. Combinando el efecto de las variables extrínsecas sobre las propiedades ópticas con la idiosincrasia del galio, hacen de éste un sistema muy atractivo, no sólo por su vasto campo de aplicabilidad, sino como plataforma para generar conocimiento y un mejor entendimiento de las interacciones radiación-materia.

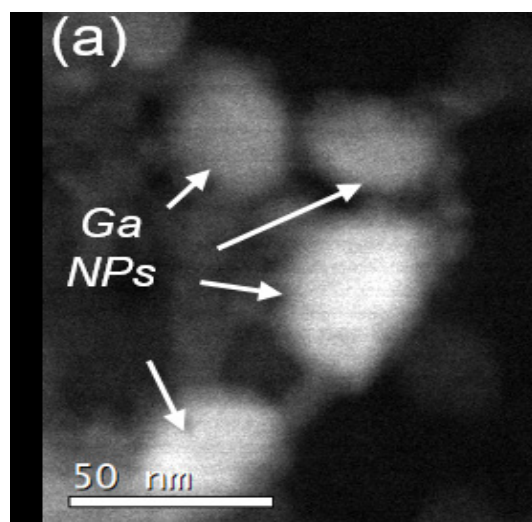


Figura 1. Nanopartículas (NPs) de galio.

“la metodología planteada permite analizar interacciones entre partículas o las implicaciones de depositar/dispersar las nanopartículas en diversos medios”

El proyecto planteado persigue explorar el comportamiento plasmónico de nanopartículas de galio a través de su caracterización intensiva empleando técnicas de microscopía electrónica. En la literatura, los estudios realizados sobre partículas aisladas o conjuntos de éstas para el caso concreto del galio son escasos y, hasta la fecha y nuestro conocimiento, no existen caracterizaciones ópticas reportadas sobre galio empleando espectroscopía de pérdida de energía de electrones (low-loss EELS), que permiten obtener mapas de la respuesta total (radiativa y no radiativa) del sistema tras ser excitado por el haz de electrones, con alta resolución espacial.

El desarrollo del proyecto nos ha permitido caracterizar en profundidad la morfología y composición de las nanopartículas sintetizadas como dispersiones coloidales y depositadas sobre varios sustratos. Además, hemos podido

acceder a las propiedades plasmónicas de NPs individuales y obtener mapas bidimensionales de la distribución espacial de los modos resonantes de plasmones localizados en la superficie de las mismas, revelando la presencia de múltiples modos resonantes en partículas individuales. El estudio se ha centrado en el análisis de las propiedades plasmónicas intrínsecas de las nanopartículas de galio, pero puede extenderse a sistemas más complejos derivados del mismo material ópticamente activo bajo distintas consideraciones. Por ejemplo, la metodología planteada permite analizar interacciones entre partículas o las implicaciones de depositar/dispersar las nanopartículas en diversos medios.

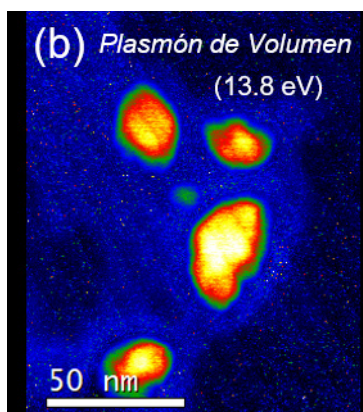


Figura 2. Mapas mostrando la distribución del plasmón de volumen, a 13.8 eV

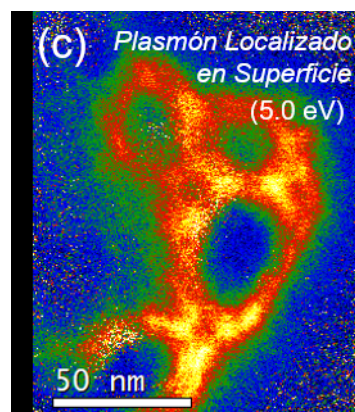


Figura 3. Mapas mostrando la distribución del plasmón localizado en superficie, a 5.0 eV.



La Dra. María de la Mata se licenció en Química por la Universidad de Oviedo. Tras cursar estudios de Máster en Ciencia y Tecnología de Materiales en la Universidad Autónoma de Barcelona, realiza allí su tesis doctoral finalizada en 2015 y galardonada con el premio extraordinario de doctorado del departamento y con el premio a la mejor tesis doctoral de la Sociedad de Microscopía Española. Posteriormente, ha disfrutado de contratos posdoctorales en el ICN2, en la Universidad de Lund (Suecia) y en la Universidad de Cádiz, donde actualmente es investigadora Juan de la Cierva.