



Ramón Díaz de León
XE2PNC

Plasmónica.

La plasmónica, disciplina de la óptica que estudia la interacción de la luz con la materia, principalmente con estructuras cuyas dimensiones son similares o incluso menores que la longitud de onda de la radiación electromagnética que incide sobre ellas, se ha desarrollado con el apoyo de tecnologías computacionales capaces de realizar cálculos que involucran grandes volúmenes de datos para solucionar los complejos problemas de esta disciplina. Algunos de los problemas a resolver en la plasmónica requieren el uso de técnicas algorítmicas que puedan lidiar simultáneamente con más de una función que además no suelen presentar sus máximos o mínimos en el mismo punto, es decir, sus desempeños óptimos entran en conflicto entre ellas. La aplicación de un algoritmo genético multiobjetivo para obtener la máxima resonancia plasmónica en nanopartículas se aplica asumiendo tres factores de relevancia: geometría, densidad de corriente y campo eléctrico, que son a su vez, las llamadas funciones objetivo para el algoritmo. Fenómenos ópticos peculiares habían sido obtenidos y observados por casualidad a escala macroscópica aun cuando se desconocía la causa que los generaba como es el caso de la copa de licurgo cuya superficie de cristal cambia de color según se ilumine por su parte frontal o posterior y que es debido a la adición durante su proceso de fabricación (seguramente accidental) de lo que ahora conocemos como nanopartículas de oro.

Cuando se establecieron las bases formales del origen electromagnético de la luz a través de las ecuaciones de Maxwell, aparecieron estudios teóricos que sugerían la posibilidad de un comportamiento “exótico” de la luz si se pudieran fabricar estructuras de escala micro y nanoscópica, cosa que en aquél tiempo era tecnológicamente imposible y por tanto no se pudo corroborar la teoría sino hasta que, en tiempos modernos se cuenta ya con dicha tecnología, como es la epitaxia por haces moleculares, litografía de nanoimpresión, fotolitografía y auto ensamble químico por mencionar sólo algunas.

Resulta interesante resaltar que, a diferencia de otras tecnologías como el láser semiconductor, cuyo efecto de emisión estimulada de la radiación no se observa por casualidad o accidente a nivel macroscópico en la naturaleza, sí se pudieron observar los fenómenos de resonancia plasmónica en el caso de la copa de Licurgo, lo que sugiere que puede haber mayor tolerancia en las formas y dimensiones de aquellas nanopartículas que “contaminaron” el cristal con el que fue fabricada, pero también sugiere que puede no tratarse del máximo u óptimo efecto de resonancia plasmónica y que, justamente tras fabricar bajo estricto diseño cada nanopartícula optimizada, se podrá mejorar el desempeño de los dispositivos que aprovechen los efectos de la resonancia plasmónica, como los modernos microscopios de súper resolución que rompen la barrera del límite de difracción con ayuda de plasmones, aprovechar un rango más amplio de espectro electromagnético para generar energías limpias o renovables, detectar enfermedades o contaminantes, o permitir comunicaciones a Tera bit por segundo impulsando a los máximos niveles teóricos posibles el desarrollo tecnológico. Pretender un proceso de optimización de las nanopartículas o plasmones, implica utilizar funciones matemáticas dependientes de otras que son “incompatibles” para ser resueltas simultáneamente por los métodos analíticos “convencionales” y resulta conveniente, para alcanzar este objetivo de optimización aplicar





técnicas computacionales que permitan consensuar la convergencia de esas funciones a valores óptimos, aspectos que pueden resolverse aplicando algoritmos multiobjetivo.

Un problema adicional que se presenta en la plasmónica, es el uso de técnicas, materiales, geometrías etc. provenientes de otras áreas más estudiadas de la ciencia y la tecnología (como es el caso de las antenas de radiofrecuencia) en las que se ha asumido que funcionarán con el mismo desempeño en el régimen óptico (nano escala) aunque éste involucre otros principios que no fueron considerados a escalas macroscópicas.

La combinación de materiales, la forma geométrica o cualquiera otro aspecto que se pretenda sea el óptimo para una nanopartícula es desconocido y, obtenerlo por un método analítico convencional resulta inviable debido a la paradoja que tales métodos presentan pues para analizar el desempeño de una partícula se deben conocer sus parámetros, mismos que son, como se ha dicho, desconocidos. Una alternativa para encontrar esos parámetros desconocidos y que además resulten ser los óptimos es permitir que la nanopartícula, de inicio con valores arbitrarios y por ende no optimizados, se le permita evolucionar como si de un ente biológico se tratase, pues la evolución misma ha demostrado que sus procesos arrojan individuos altamente adaptados a su entorno, permitiéndoles el desempeño óptimo para sobrevivir y reproducirse. El fundamento teórico de estas propuestas evolutivas convertidas en algoritmos computacionales, ha sido riguroso y ha demostrado su efectividad para resolver problemas complejos a un coste conveniente, equilibrando la potencia y tiempo de cómputo con el tiempo de obtención de resultados. Del conjunto de algoritmos evolutivos, los llamados algoritmos genéticos por su simplicidad y compatibilidad con las técnicas multi-objetivo, resultan ideales para obtener la nanopartícula optimizada en su geometría, densidad de corriente e intensidad de campo eléctrico para una máxima resonancia plasmónica. Siendo las ecuaciones de Maxwell a través del modelo de Drude-Lorentz el tipo de problema a resolver para caracterizar la respuesta electromagnética de un plasmón, es factible utilizar como método de optimización multi-objetivo el denominado "clásico de no preferencia" en el que no se asume ninguna información acerca de las funciones objetivo, pero es usada una heurística para encontrar una única solución óptima y por lo que se suelen descartar otros posibles métodos que si bien logran el mismo resultado, su complejidad, tiempo y recursos de procesamiento aumentan.

De entre los diferentes algoritmos evolutivos se prefiere seleccionar el algoritmo genético por su simplicidad de implementación, adaptabilidad a los modelos de optimización multi objetivo y comprobada eficiencia en la resolución de problemas de optimización en plasmónica. Estudios realizados sobre plasmónica resaltan las propiedades resonantes de estructuras a las que se les han agregado nanopartículas, otros estudios se han centrado en el estudio de las nanopartículas con geometrías específicas, algunas simplificadas o generalizadas por la complejidad de su análisis y otras porque han sido las obtenidas en procesos químicos de auto ensamblado, sin embargo los modelos computacionales modernos proponen el diseño geométrico de la nanopartícula con el propósito específico de optimizar su desempeño plasmónico.

Si bien ya se habían sugerido ciertas estructuras similares a las obtenidas con estos procesos de optimización, las nanopartículas en sí no fueron objeto de estudio con el objetivo de corroborar su desempeño, sin embargo los recientes resultados obtenidos sugieren la fuerte dependencia de la eficiencia del plasmón con su aspecto geométrico para ser tomada en cuenta en la etapa de diseño para futuras estructuras o materiales a los que se desee agregar nanopartículas que provean de propiedades plasmónicas. Con todo ello, la contribución de la plasmónica al





conocimiento científico y tecnológico propiciará avances significativos en las telecomunicaciones ópticas a altas frecuencias (frecuencias de Terahertz), pues una de sus grandes ventajas radica en que la luz no necesita ser forzada para oscilar a dichas frecuencias. Descargas de pesados archivos como videos serán prácticamente instantáneos y entraremos a la nueva era de la definición real, sin modificación o compresión alguna de datos, pues ya no será necesario cuidar la capacidad máxima de transmisión o almacenamiento.

