

# El futuro del grafeno (IV): fotónica, oprónica y sensores químicos y biosensores

Autor: Pedro Carda Barrio, OT OPTR, SDG PLATIN.

Palabras clave: grafeno, fotónica, oprónica, sensores químicos, biosensores, láser, terahercios, defensa y seguridad.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 2.3.1; MT 5.2.1.

### Introducción

El grafeno tiene la capacidad de absorber energía de manera independiente a la longitud de onda de la radiación incidente en un material. Gracias a ello, podría sustituir en un futuro a múltiples materiales que se utilizan actualmente en dispositivos oprónicos y nanofotónicos. Mediante un dopaje electrostático (proceso de agregar impurezas en un material puro con el objetivo de modificar sus propiedades), se podrían conseguir propiedades ópticas sintonizables en función de la longitud de onda, así como el almacenamiento de altas

cantidades de energía electromagnética en pequeños volúmenes, por lo que, ciertas prestaciones de los dispositivos oprónicos y nanofotónicos actuales podrían mejorar enormemente.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, es perfectamente posible imaginar cambios relevantes en la integración de los dispositivos optoelectrónicos que impliquen mejoras muy importantes en la sensibilidad y en la velocidad de detección de los sensores de visión en los rangos visible e infrarrojo, en nuevos dispositivos que trabajen en el rango de los terahercios, láseres y metamateriales sintonizables, circuitos y dispositivos nano-optoelectrónicos, fibras ópticas, sensores químicos, biosensores, etc.

Todo ello podría suponer un cambio disruptivo en el sector de las telecomunicaciones y en el mercado de los sensores en los rangos visible, infrarrojos y terahercios.

### Fotodetección: detección en los rangos visible, infrarrojos y visión nocturna

El grafeno tiene unas propiedades fotosensibles muy particulares al ser capaz de detectar la radiación incidente en todo el espectro visible, infrarrojo y ultravioleta de manera si-

multánea, por lo que se investiga la posibilidad de incorporarlo en múltiples fotodetectores que trabajen en dicho espectro.

Actualmente, la mayoría de los detectores que trabajan en el rango visible no necesitan ser refrigerados. Respecto de los detectores que trabajan en los diferentes rangos del infrarrojo, pueden necesitar o no refrigeración, dependiendo principalmente del rango del infrarrojo. Por ejemplo, entre 3 y 5  $\mu\text{m}$  sí suelen necesitar refrigeración mientras que entre 8 y 12  $\mu\text{m}$  no suele ser necesario. La refrigeración hace posible el uso de detectores de una alta sensibilidad térmica, pero supone un problema en cuanto al aumento de peso, volumen y consumo eléctrico de los sistemas, además de producir vibraciones.

En el caso de futuros detectores fabricados con grafeno, la detección sería simultánea en todo el espectro (visible + todas las bandas de infrarrojos), y no sería necesaria la refrigeración, lo que implicaría una mejora en la capacidad de detección, y disminuiría el peso, volumen y consumo energético de los equipos actuales para aplicaciones tan diversas como vigilancia, visión nocturna, sanitarias, detección de averías eléctricas y fugas de gases, etc.

Otro ámbito en el que el grafeno podría resultar de gran interés sería en el de las fibras ópticas, cuya principal limitación en cuanto a su capacidad actual viene dada por los receptores que convierten las señales ópticas en eléctricas y viceversa. Mediante fotodetectores de alta velocidad basados en grafeno, se podrían crear nuevas conexiones de fibra óptica con mayor capacidad de transmisión de datos y mucho más rápidas.

No obstante, hay que tener en cuenta que todavía existen importantes retos tecnológicos a resolver. El grafeno absorbe un porcentaje muy bajo de la radiación incidente (inferior al 3%), con lo que resulta difícil generar las corrientes eléctricas que son necesarias para la fabricación de los fotodetectores.

### Láser

El grafeno podría ser utilizado para la creación de nuevos láseres de pulsos ultracortos de femtosegundos ( $1\text{fs} = 10^{-15}\text{ s}$ ), de diferentes longitudes de



Fig. 1: Imagen de visión nocturna de un AV-8B Harrier norteamericano. (Fuente: Wikipedia).

onda, gracias a su capacidad de absorción de la luz.

Por otro lado, los láseres actuales se fabrican con materiales que sólo son capaces de absorber la luz en longitudes de onda específicas, mientras que los futuros láseres basados en grafeno serían sintonizables en múltiples longitudes de onda. Esto implica que con este tipo de láser se podrían cubrir un número mayor de aplicaciones como la detección y seguimiento de partículas tóxicas o contaminantes.

**Dispositivos de detección en el rango de terahercios**

Otra de las múltiples propiedades del grafeno es su capacidad de amplificación de la radiación electromagnética en el rango de los terahercios (longitud de onda entre 0,1 y 1 mm), por lo que se está investigando la posibilidad de crear nuevos dispositivos de detección en dicho rango.

Los sistemas basados en ondas de terahercios tienen sus principales aplicaciones en la detección de explosivos (basados en la identificación de los componentes químicos del explosivo) y en los escáneres de personas para la detección de armas y explosivos ocultos, con lo que son de un alto interés en seguridad y defensa.

**Sensores químicos y biosensores**

El grafeno es conocido por su ligereza, dureza, flexibilidad y capacidad de detección, además de por su elevada conductividad eléctrica y térmica. Estas propiedades son de gran importancia en los materiales que se utilizan en los detectores de sustancias químicas y biológicas, por lo que se está considerando la posibilidad de incorporar el grafeno en las futuras generaciones de detectores.

Los sensores químicos y los biosensores transforman la información de las sustancias detectadas en energía eléctrica mediante un transductor, y posteriormente, en una señal medible con un sistema electrónico. Actualmente se fabrican sensores químicos y biosensores con una superficie de óxido de grafeno de alta sensibilidad para la detección de células cancerígenas, bacterias o virus, ya que este

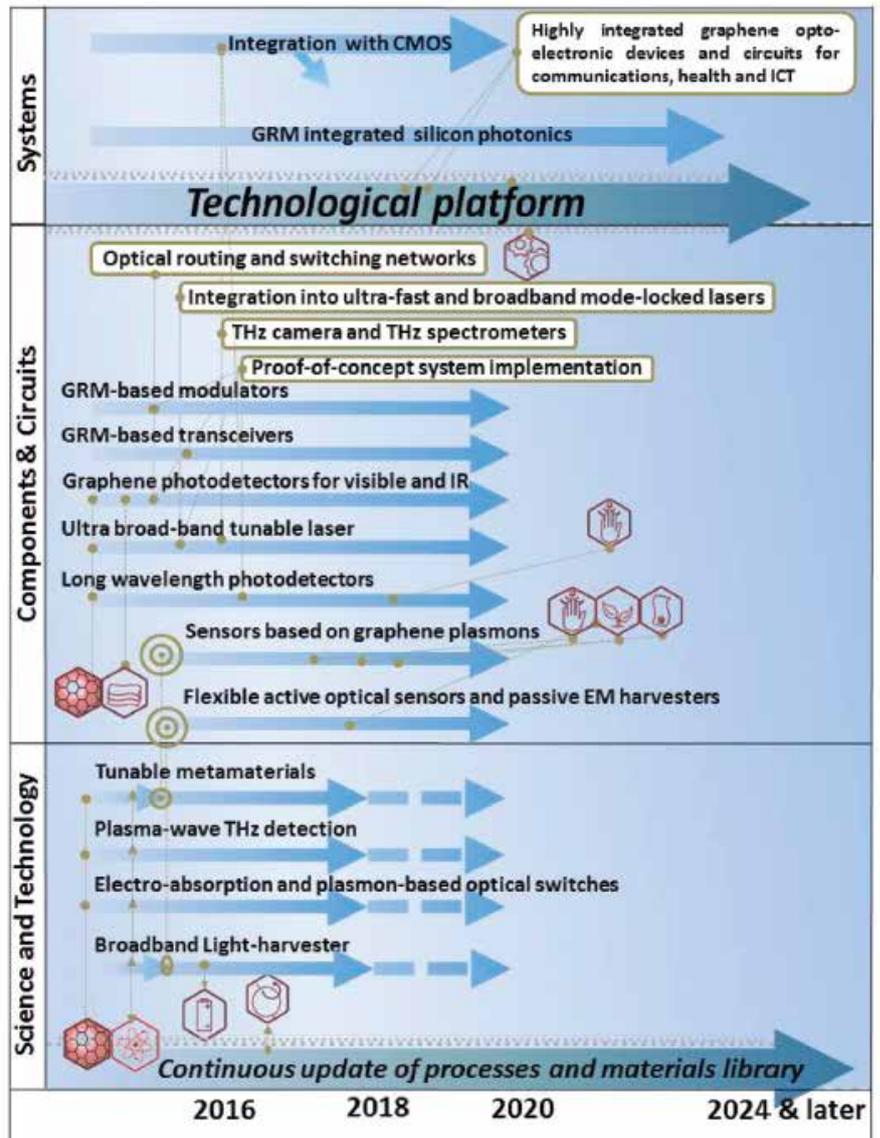


Fig. 2: Hoja de ruta fotónica y optróptica 2016-2024. (Fuente: Nanoscale 2015).

material tiene una alta capacidad de absorción de dichas sustancias. Además, los sensores químicos y biosensores basados en grafeno tendrían un bajo ruido eléctrico, lo que haría mejorar la relación señal/ruido.

**Conclusiones**

Dentro de las investigaciones que se están llevando a cabo para el uso del grafeno en los campos de la fotónica, optróptica y sensores químicos y biosensores, existen múltiples posibles aplicaciones en defensa y seguridad, como la mejora de los equipos actuales de visión nocturna, nuevos diseñadores láser para objetivos militares, sistemas de detección de explosivos y armas ocultas en el rango de los te-

rahercios o detección de sustancias químicas y biológicas mediante nuevos sensores.

La comunidad científica estima que al ritmo del desarrollo actual podríamos encontrar en el mercado alguno de estos nuevos dispositivos en un periodo no superior a cinco años.

**Referencias**

[1]. Ministerio de Defensa. Monografías del SOPT (Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica) (2013).  
 [2]. Royal Society of Chemistry. Nanoscale (2015). Recuperado el 21 de marzo de 2015 de <http://www.rsc.org/nanoscale>.