DIRECCIÓN GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA Y CENTROS

Nº 1. Cuarto Trimestre 2003

En este número

- *PRESENTACIÓN*
- *ACTUALIDAD DE LOS OBSERVATORIOS*
- *ACTUALIDAD TECNOLOGICA*
- *TECNOLOGÍAS EMERGENTES*
- *ENLACES DE INTERES*
- *EN PROFUNDIDAD*
- *AGENDA*

Contactar

Para contactar con los Observatorios Tecnológicos, puede dirigirse a las siguientes direcciones.

Nodo Gestor
C.N. Ingº. Manuel Pereira Rueda
SDGTECEN C/ Arturo Soria 289
Madrid 28033
mpereirar@oc.mde.es

Observatorio de Electrónica
C.N. Ingº. Manuel Golmayo Fernández
mgolmayo@oc.mde.es

Observatorio de Óptica y Optrónica
C.N.Ingº Arturo Maira Rodríguez
arturomaira@oc.mde.es

Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección
Col. CIP Carlos López Agudo
lqca@ext.mde.es

Boletín
de Observación Tecnológica en Defensa

Editado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica

Presentación

Es para mi un orgullo el iniciar este primer boletín del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica, que representa el bautismo de fuego de este órgano de asesoramiento y apoyo al planeamiento del I+D, conforme a lo previsto en el vigente Plan Director de Investigación y Desarrollo (PDID) de la Defensa.

Desde aquí quiero desear los mayores éxitos a los distintos Observatorios que componen el Sistema, pues sus resultados servirán de ayuda para fortalecer tanto las actividades generales de I+D+i de nuestra nación, como su correcto planeamiento a largo plazo, lo cual debe representar claros beneficios tanto a nuestra industria, como a nuestros ejércitos.

Invito a toda la comunidad científica a que se acerque sin prejuicios a los Observatorios Tecnológicos, dado que cada vez son mas difusas las fronteras entre I+D Civil y el de Defensa. En los Observatorios se pretende hablar exclusivamente el lenguaje de la tecnología (y su divulgación) y no debemos olvidar que nuestro secular retraso en investigación se debe, en parte, a la falta de intercomunicación entre ambos sectores.

Finalmente quiero hacer un llamamiento a todo el personal de las FAS a que busquen el apoyo y la colaboración de los Observatorios para resolver cualquier duda o problema tecnológico que puedan identificar.

Fernando Díez Moreno
Secretario de Estado de Defensa

EDITORIAL

El componente tecnológico tiene un peso cada vez más decisivo en los equipos y sistemas de defensa, y se ha convertido en un elemento clave en el escenario operativo. La planificación tecnológica debe dar respuesta a las capacidades tecnológicas requeridas a futuro, pero esta respuesta debe aprovechar al máximo los avances tecnológicos, avances que en determinados campos se producen de forma imparable y cada vez a mayor velocidad.

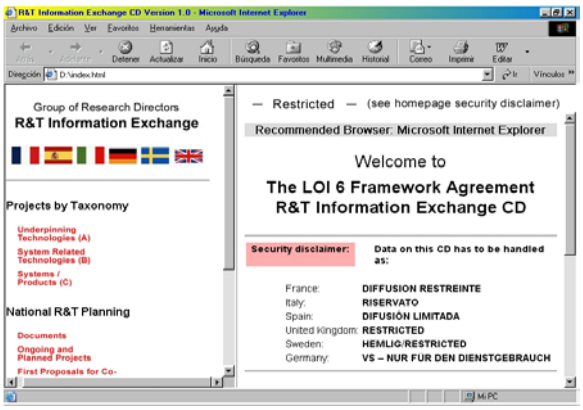
Este difícil equilibrio entre capacidades operativas y tecnologías, se complica aun más cuando se tienen en cuenta limitaciones presupuestarias. No puede olvidarse que la base tecnológica española y las capacidades de inversión del Ministerio de Defensa son limitadas y lo seguirán siendo en el futuro, lo que implica que las inversiones en el campo de la tecnología deberán ser selectivas, utilizando no solamente criterios operativos, sino también criterios técnicos, económicos y de oportunidad.

En este contexto y durante la preparación del Plan Director de I+D, es donde nace la idea de los Observatorios Tecnológicos. Los Observatorios deben proporcionar este apoyo específico a la planificación, e incorporar el criterio de "idoneidad tecnológica" a la selección de las tecnologías en las que se focalizarán las inversiones de I+D de la Defensa. De la misma forma, el criterio técnico debe aplicarse no sólo a la planificación de I+D, sino también a las adquisiciones, de forma que las compras de sistemas y equipos mantengan ese nivel de idoneidad tecnológica, o utilizando una expresión al uso, se actúe como "cliente inteligente".

Con estas dos misiones fundamentales, asesoramiento en la selección y planificación de tecnologías y apoyo al "cliente inteligente", nace el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica. El nombre completo, algo más preciso, puede dar una idea de las funciones a desarrollar. La observación continua, traducida en la realización de vigilancia tecnológica, aportará conocimiento sobre el estado del arte en el campo tecnológico. Esta vigilancia unida a la opinión de expertos colaboradores, procedentes tanto de la propia comunidad de investigación de defensa, como del mundo civil, permitirá valorar los avances del mundo tecnológico y preparará el camino a las actividades de prospectiva, centradas en predecir la evolución a futuro de las tecnologías de la defensa y en identificar las actividades necesarias para que esta evolución se produzca en la forma deseada.

COLABORACIÓN EN I+T EN EL MARCO DE LA LOI

La LOI (*Letter of Intentions*) es una carta de intenciones de 6 países, Suecia, Francia, Reino Unido, Italia, Alemania y España, firmada por sus respectivos Ministros de Defensa en julio de 1998. En ella se establece un Acuerdo Marco en el que se incluyen medidas encaminadas a facilitar la reestructuración de la industria europea de la defensa.



Dentro de la LOI, existe un subcomite especifico para temas de I+T, denominado Investigación y Tecnologías relacionadas con la Defensa (SC 4). Entre sus objetivos se encuentra el establecer los mecanismos para facilitar el intercambio de Información de I+T, tanto a nivel de planificación, estrategia y política como de programas y proyectos.

El intercambio de información ha dado sus primeros resultados con la preparación de un CD, actualizado semestralmente, en el que se recogen los proyectos de I+T en curso en cada uno de los países participantes.

OBSERVATORIO AMBP

El observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección ha iniciado su actividad durante el mes de septiembre. El observatorio, ubicado en las instalaciones del Laboratorio Químico Central de Armamento, centrará sus actividades en las áreas de letalidad, protección y diseño del armamento.

Con éste son ya tres los observatorios en funcionamiento, sumándose el observatorio AMBP a los ya existentes; el observatorio ELEC, centrado en las áreas de electrónica y guerra electrónica y el observatorio OPT2, en óptica y óptronica.

RECEPTOR DIGITAL AVANZADO (RDA)

Se han concluido con éxito el pasado mes de junio las pruebas de mar del Receptor Digital Avanzado (RDA) utilizado en aplicaciones de guerra electrónica Radar. Este Programa de I+D ha sido promovido y dirigido por el CIDA (Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada) y desarrollado por la empresa INDRA y la ETSIT-UPM.

La tecnología de receptores digitales incrementa de forma considerable la sensibilidad de los receptores actuales.

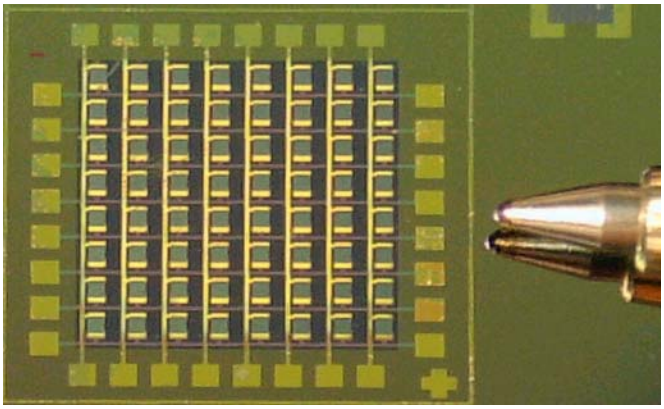
Esta sensibilidad permite la detección de los nuevos radares de baja probabilidad de interceptación.

En las pruebas de mar del Receptor Digital Avanzado, se demostró la capacidad del mismo en la detección de radares LPI, con un factor de ventaja considerable. También quedó demostrada su capacidad para trabajar en ambientes litorales caracterizados por una alta densidad de señales tanto pulsadas como de onda continua.

SENSORES DE INFRARROJOS BASADOS EN MATRICES DE PbSe PARA GUIADO DE MUNICIÓN (GUIATER)

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de algoritmos específicos para el control y guiado de munición inteligente basado en una matriz de sensores de 16x16 de PbSe (Seleniuro de Plomo). La novedad e interés del citado proyecto es la utilización práctica mediante la implantación del software de control de matrices de sensores IR no refrigerados en la banda II.

Destacar, asimismo, que la tecnología de base para la fabricación de tales matrices es nacional (desarrollada en el CIDA) y da prestaciones en sensores "single" que son referencia a nivel mundial. La no refrigeración hace que el sistema de guiado sea compacto y de bajo costo.



En el actual proyecto en curso, de dos años de duración (2003-2004), se pretende implantar tal guiado en munición de pequeño calibre teniendo como visión a medio-largo plazo no sólo munición de mayor calibre, sino sistemas militares más complejos.

Este Programa de I+D ha sido promovido y dirigido por el CIDA (Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada) **,** contando con la colaboración del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Carlos III.

RECEPTOR MULTICANAL COHERENTE AVANZADO DE BANDA ANCHA

Dentro de la iniciativa del Programa Coincidente auspiciado por los Ministerios de Ciencia y Tecnología y Defensa, para fomentar la investigación y desarrollo de tecnologías de doble uso militar y civil, se ha aprobado el proyecto presentado por la empresa INDRA para el desarrollo, fabricación y pruebas de un prototipo de receptor para la banda de 20 a 3000 MHz, con banda de análisis instantáneo muy ancha.

Introduce como novedad destacable, la integración de características hasta ahora dispersas en distintos receptores: sintonía ultrarápida, pureza espectral, excelente margen dinámico, banda de entrada muy ancha, banda de análisis instantáneo muy ancha, respuesta en fase entre canales, control simple, directo y síncrono, amplio margen de control de la ganancia del receptor, y adecuación de la señal para un óptimo procesado digital posterior.

Las aplicaciones del receptor se enmarcan en la detección, localización y medida (monitorización) de señales de comunicaciones situadas en su banda de cobertura. También encuentra aplicación en la síntesis de haces de recepción asociados a *arrays* de antenas.

Este proyecto podría repercutir directamente en la mejora de las características (multiplicando el ancho de banda previsto) de los receptores de RF de varios programas de guerra electrónica.

PRESTACIONES DE CÁMARAS DE VISIÓN POR ENCIMA DE 1100 NM

Este apartado lo dedicaremos a los recientes avances en cámaras de infrarrojo cercano basadas en matrices de detectores de InGaAs (Arseniuro de Galio e Indio), las cuales extienden el campo de aplicación de las actuales CCDs hacia el infrarrojo cercano (NIR) abarcando la banda del espectro de 900 a 1700 nm.

Las actuales CCDs están basadas en detectores de Si (Silicio), los cuales se vuelven transparentes a longitudes de onda por encima de 1100 nm, dejando las cámaras inoperativas para imágenes obtenidas en el NIR. Es cierto que tratando el detector con unos recubrimientos especiales podemos extender el rango de aplicaciones de las CCDs basadas en detectores de Si hasta 1700 nm, con una eficiencia del detector en torno al 1-2%, haciendo posible su utilización en caracterización espacial del perfil de haces de láseres, pero no en otras muchas aplicaciones donde las densidades de potencia óptica sean menores. Es aquí donde las cámaras de InGaAs tienen su campo, pues ofrecen una alta eficiencia (~85%) en la gama 900-1680 nm, sin necesidad de refrigerar el detector, lo que abarata el producto, haciendo esta tecnología competitiva además con las cámaras basadas en InSb (Antimoniuro de Indio), las cuales operan también en la banda NIR pero necesitando un sistema de refrigeración para el detector que puede llegar a costar en torno a 10,000 €.

Las matrices de detectores (FPAs) se obtienen a partir de obleas de InGaAs sobre InP (Fosfuro de Indio). Las dimensiones típicas de la matriz que se manejan actualmente son en torno a 30x30 μm^2 en arrays de 320x256. Los fotodiodos se integran híbridamente a una tarjeta de Si para el control y lectura electrónicas. Dichas matrices incorporadas a las cámaras ofrecen típicamente una operabilidad del 99.5% con un proceso bien controlado, al ser una tecnología relativamente madura la de este tipo de semiconductores III-V. Además, existen algoritmos desarrollados específicamente para esta aplicación, lo que resulta en una calidad de imagen que compite de igual a igual al día de hoy con las mejores cámaras CCDs del mercado.

Son muchas las aplicaciones de este tipo de cámaras operando en la banda NIR por encima de 1100 nm, tanto civiles como militares. Entre las primeras, destacaremos la inspección de circuitos CMOS sobre obleas de Si para la detección de defectos en volumen de la oblea. Otra aplicación interesante en el campo civil a destacar es en la rama medioambiental para la detección de ambientes húmedos. Efectivamente, el agua es muy absorbente en la banda por encima de 1350 nm. Luego por esta característica, se es capaz con cámaras de este estilo de caracterizar la presencia de agua sobre objetos o superficies mediante contraste en la imagen. En aplicaciones militares, este tipo de cámaras tiene un gran potencial. Efectivamente, los desarrollos en láseres militares tienden a sustituir los láseres a 1064 nm (láseres de Yag) por otros cuyas longitudes de onda se desplazan hacia el rango de los 1500 nm. Por consiguiente, este tipo de cámaras basadas en detectores de InGaAs son útiles muy potentes como herramientas de caracterización de tales futuros láseres, posiblemente utilizados como punteros o rastreadores de blancos por citar algún ejemplo.

En conclusión, creemos que las cámaras de InGaAs están haciendo surgir muchas nuevas aplicaciones en imágenes basadas en la banda NIR con una excelente calidad de imagen a un precio competitivo por dos razones: los detectores no necesitan criorefrigeración y su desarrollo aprovecha una tecnología ya madura, lo que permite la fabricación en volumen.

ANTENAS DE PLASMA

Si el plasma, gas ionizado, es un elemento conductor eficiente, ¿no se podría usar como sustituto de los elementos conductores metálicos que forman la parte radiante de una antena?. Quizás es ésta la pregunta que ha llevado a varios investigadores a contemplar la posibilidad de implementar antenas de RF basadas en plasma en lugar de materiales metálicos.

La Australian National University en colaboración con el DSTO (Defence Science and Technology Organisation) ha conseguido prototipos de antenas de plasma eficientes y de bajo ruido en las bandas HF y VHF.

Cuando el gas (por ejemplo neón, argón y helio) se carga eléctricamente, o es ionizado al estado de plasma, éste se convierte en un elemento conductivo permitiendo entonces la radiación o recepción de señales de RF. Actuando de manera inversa, desionizando el gas, éste deja de ser un elemento conductivo y la antena deja de existir a efectos electromagnéticos. No interactuar con la radiación RF, se traduce en que no se reflejan las señales radar y que no absorberá la radiación microondas de alta potencia, no siendo así detectado por el radar y reduciendo el efecto de las contramedidas electrónicas. Como complemento a esta propiedad, se añade la característica de que los plasmas (el gas ionizado) sólo se comportan como conductores para frecuencias inferiores a una frecuencia denominada frecuencia característica del plasma, típicamente 10 GHz para el plasma de los tubos fluorescentes de iluminación, por encima de esta frecuencia característica del plasma, éste es transparente a la energía electromagnética. Esto permite por ejemplo, usar estas antenas para comunicaciones y radar en la banda HF y que las antenas no sean detectadas por los radares basados en ondas centimétricas.

Otra característica destacable de estas antenas es que pueden ser activadas y desactivadas (ionizadas y desionizadas) en nanosegundos, siendo posible por lo tanto, eliminar el acoplamiento o *"ringing"* típicamente asociado a los elementos metálicos radiantes de una antena después de transmitir un pulso.

Estas características permiten diseñar antenas con baja detectabilidad por radar, eliminar la necesidad de cargar las antenas para evitar efectos de *"ringing"* y por lo tanto evitar las pérdidas de potencia que esto acarrea, antenas de plasma con propósitos diferentes pueden operar en proximidad a otras antenas de plasma que estén desactivadas eliminando la posibilidad de interferencias por acoplamiento mútuo.

Frente a todas estas ventajas las antenas de plasma presentan varios inconvenientes y problemas, algunos inherentes al grado de inmadurez de la tecnología de las antenas de plasma, y otros inherentes a las propias antenas de plasma. Las antenas de plasma presentan limitaciones en cuanto a la robustez y resistencia de la propia antena, cualidades que son necesarias en entornos operativos de Defensa. Debido a sus características su rango de aplicabilidad se centra por el momento en las bandas de HF, VHF y parcialmente UHF.

ENLACES DE INTERES

- **NANOSPAIN**

Espacio de la Red Española de Nanotecnología, Nanospain, y una de las principales fuentes de información sobre el tema a nivel nacional.

Además de información sobre la red Nanospain y sus objetivos, la web identifica los distintos grupos de investigación y las empresas nacionales con actividad en la materia.

Incluye también una completa agenda de conferencias y reuniones de grupos de trabajo, así como de publicaciones, colaboraciones, resúmenes, referencias a grupos y materias, informes de proyectos en la UE, patentes, ...

http://www.nanospain.net

- **Technology Review**

Asociado a la revista del mismo nombre, es una de las publicaciones de divulgación del Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Especial interés merecen las paginas asociadas a seguridad y defensa donde es posible descargar gratuitamente muchos de los artículos y contenidos incluidos.
http://technologyreview.com

- **Isdefe**

Recopilación diaria de noticias de interés del sector de la defensa, tanto de industrias como de legislación y actividad parlamentaria.
http://www.isdefe.es

- **DARPA MTO Program Office**

Oficina de Programas de Tecnología de Microsistemas. Es una de las ocho oficinas técnicas de la agencia estadounidense DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). El grupo MTO (Microsystems Technology Office) nos presenta una introducción a cada uno de los 56 programas (38 en curso y 18 archivados) sobre Electrónica, Fotónica y MEMS.

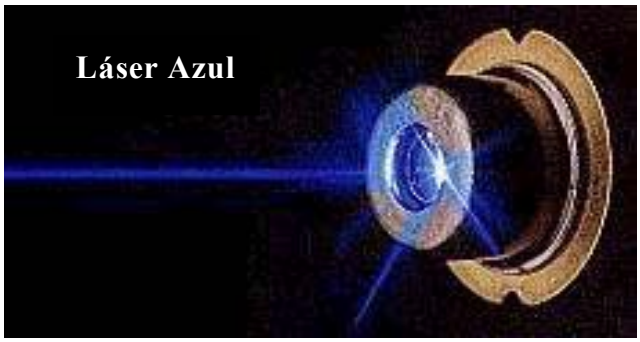
La temática de los programas presentados en el MTO es altamente tecnológica, innovadora y en ocasiones emergente.

http://www.darpa.mil/body/off_programs.html
http://www.darpa.mil/mto/ctareas.html

TECNOLOGIAS GaN y SiC

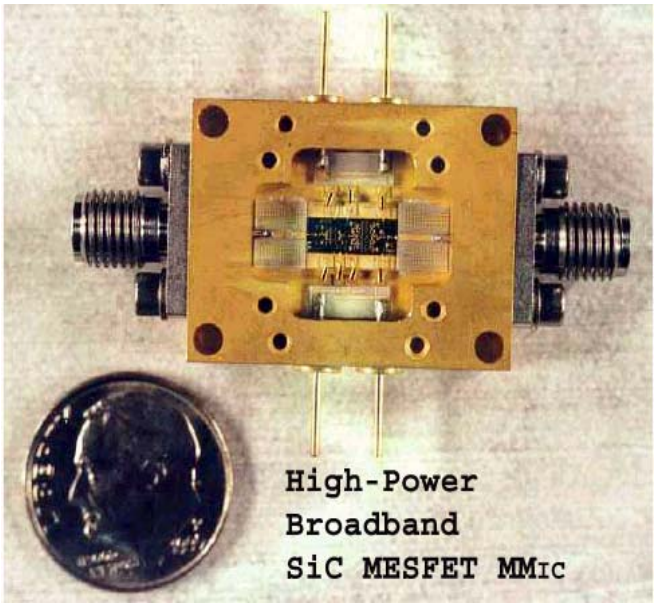
Los semiconductores de banda prohibida ancha SiC (Carburo de Silicio) y GaN (Nitruro de Galio), han despertado un gran interés en la última década. Las aplicaciones asociadas y posibilitadas por estos semiconductores son ejemplo claro de los beneficios y posibilidades que presentan las tecnologías duales. Estos semiconductores poseen un gran potencial para aplicaciones optoelectrónicas con un rango de longitudes de onda que abarcan desde el UV hasta el visible, y microelectrónicas de alta frecuencia, alta potencia y alta temperatura en ambientes químicos extremos. Transistores basados en GaN y SiC pueden amplificar señales de frecuencias y potencias muy superiores a las posibles con Si, Si/Ge, GaAs InP, y todo ello a temperaturas inalcanzables para estos últimos semiconductores mencionados.

Desde que en 1998 Suji Nakamura consiguiera con GaN emitir luz verde, azul y violeta brillante, se inició una carrera tecnológica para obtener LEDs de luz blanca brillante para sustituir a la iluminación incandescente, así como realizar visualizadores RGB (Red-Green-Blue) brillantes basados en LEDs. La tecnología de LEDs de alta luminancia ha avanzado ya hasta la producción comercial para abastecer al creciente mercado de la señalización vial. Se espera que la demanda se dispare con la incorporación durante esta década de los LEDs blancos al mercado de la iluminación y de diodos láser azul-violeta al mercado de los DVD de alta densidad (con capacidades entre 22 y 26 GB por disco).



Pero éstas no son únicas aplicaciones dentro del mundo civil, ya que áreas como la electrónica de potencia y el transporte de energía también se están beneficiando, en este caso, es el carburo de silicio el que más juego está ofreciendo permitiendo el desarrollo de dispositivos microelectrónicos que soportan tensiones de ruptura superiores a los semiconductores existentes hasta ahora. Por si esto no fuera suficiente, la magnífica conductividad térmica del carburo de silicio permite trabajar a temperaturas varias veces mayores que las que permite el silicio, esta ventaja se traduce en equipos más robustos y menos voluminosos ya que se reduce la necesidad de las costosas unidades de refrigeración.

En los últimos años el mercado de las telecomunicaciones, y en especial el de los móviles, ha sido un potente motor de la industria de los semiconductores, y no es extraño, entonces, que la industria de los semiconductores de banda ancha haya estudiado como transferir las ventajas del GaN y del SiC a la industria de las comunicaciones. Transistores basados en SiC y, sobre todo, en GaN, se perfilan como los sustitutos perfectos para los transistores de potencia de los subsistemas amplificadores de potencia de las estaciones base para comunicaciones móviles y/o inalámbricas. La tecnología existente actualmente en las estaciones base, LDMOS (silicon laterally diffused MOS), tiene como límite superior de funcionamiento los 3 GHz y sufre de problemas de linealidad en frecuencias cercanas a esta frecuencia de corte. Esto ha forzado la incorporación a los subsistemas de amplificación de potencia, equipos de linealización de la señal y de refrigeración debido a las pobres características del silicio para disipar energía térmica. El SiC y GaN al tener un campo de ruptura mucho mayor, favorecen la construcción de dispositivos con mayores impedancias de entrada y salida.

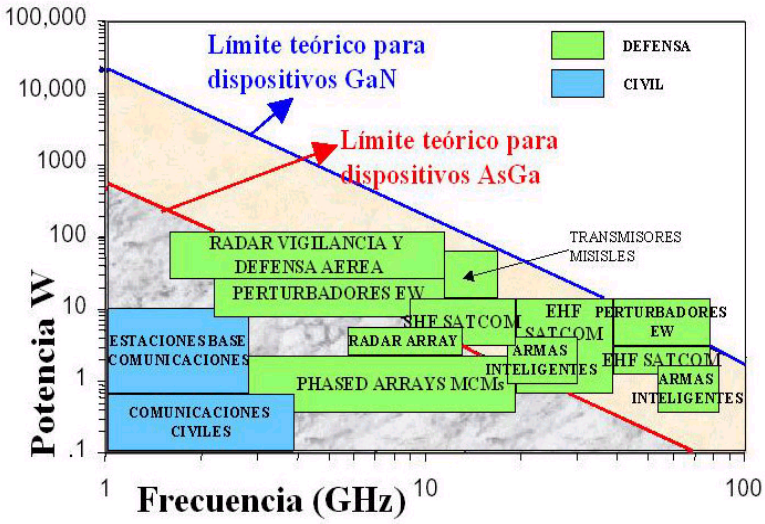


Los amplificadores construidos con estos dispositivos poseen menos pérdidas. Las prestaciones de potencia, alta frecuencia, y conductividad térmica de estos dispositivos permite mantener la linealidad de la señal amplificada en potencias y temperaturas muy altas (la linealidad es sensiblemente mejor en los dispositivos basados en GaN que los basados en SiC). Evitando de este modo, la inclusión de los equipos dedicados a mejorar la linealidad, aligerando el conjunto en coste y peso. Y si tenemos en cuenta la mayor densidad de potencia de estos dispositivos y sus mayores facilidades para refrigeración, también se reduce el volumen del conjunto. No sorprende que la industria de las telecomunicaciones haya mostrado su interés por estos dos materiales semiconductores.

Las posibilidades que ofrecen el GaN y el SiC en el ámbito de la Defensa, recordemos que se trata de tecnologías duales, no son menos sorprendentes que en las del mundo civil. El ministerio de defensa de los EEUU los ha identificado como los materiales semiconductores cruciales para una nueva generación de componentes electrónicos para las necesidades militares. Las generaciones previas de semiconductores como silicio, arseniuros, fosfuros no serán capaces de satisfacer los crecientes requerimientos en electrónica de alta potencia, alta frecuencia y alta temperatura de las aplicaciones futuras de defensa. Las aplicaciones más importantes de GaN y SiC dentro de la defensa incluyen:

- Radares de alta frecuencia (>10 GHz) y sistemas de RF multifunción. Las propiedades eléctricas y térmicas de estos materiales permiten obtener amplificadores de alta potencia con una potencia por cada circuito integrado diez veces mayor, mayores anchos de banda, mayor eficiencia, menor necesidad de refrigeración, menor peso y volumen. Estas mejoras se traducen en radares *"phased array"* de alta potencia para bandas L, S, C y X, amplificadores de alta potencia robustos en esas mismas bandas, amplificadores para guerra electrónica de gran ancho de banda.
- Sistemas de generación de alta potencia, sistemas de control y protección.
- Búsqueda y detección de misiles.
- Comunicaciones de alta velocidad.
- Fotodetectores de UV. Con GaN se pueden construir detectores de UV ciegos a la radiación solar (Solar Blind UV Detectors), es decir, pueden detectar objetos que radian en ventanas escogidas mediante diseño adecuado del espectro desde el UV hasta el visible, sin perturbación por parte de la radiación solar ultravioleta en esa ventana. Las aplicaciones más interesantes de este tipo de detectores serían de tipo medioambiental (como detección de llamas o focos calientes, control del nivel de ozono mediante sistemas compactos, económicos y de fácil manejo), control de procesos de combustión, así como caracterización de contramedidas en la banda UV de radiación.

Todas las ventajas de las que hacen uso estas aplicaciones se derivan de las especiales propiedades físicas y químicas de estos semiconductores, de entre todas



estas propiedades destaca la de tener una banda prohibida varias veces superior que los del Si y el AsGa; esto permite a los dispositivos basados en GaN y SiC soportar campos eléctricos internos hasta seis veces superiores que los del AsGa. La fortaleza frente a campos eléctricos internos altos deriva en voltajes de ruptura por avalancha mucho mayores, permitiendo que los dispositivos soporten mayores voltajes sobre menores tamaños. Si a esta característica le añadimos la alta conductividad térmica del SiC, mucho mayor que la del Si y el AsGa, y en menor medida la del GaN, obtenemos que estos dos materiales presentan unas prestaciones muy superiores para aplicaciones de alta potencia y alta temperatura.

Mediante las figuras de mérito Johnson y Baliga se pretende aunar las propiedades en dos valores cuantitativos. Así la figura de mérito Johnson define una valoración cuantitativa de las prestaciones para manejar altas frecuencias, teniendo en cuenta el voltaje de ruptura y la velocidad saturada de los electrones. La figura de mérito Baliga define una valoración cuantitativa de la capacidad para manejar alta potencia, teniendo en cuenta la constante dieléctrica, la movilidad de los electrones (en campo eléctrico débil) y el campo eléctrico crítico. Estas figuras de mérito nos indican que el GaN ofrece mayores prestaciones potenciales que el SiC.

	Figura de mérito Johnson	
GaN	80 veces la del Si	22 veces la del AsGa
SiC	60 veces la del Si	17 veces la de AsGa
	Figura de mérito Baliga	
GaN	24.6 veces la del Si	2.56 veces la del AsGa
SiC	3.1 veces la del Si	3 veces menor la de AsGa

No obstante, y a pesar de todas estas propiedades ventajosas, existen campos de aplicación, especialmente en óptica, donde el GaN nunca podrá sustituir al Si. Por ejemplo, todas las tecnologías que incluyan detectores de Si en el espectro visible o el infrarrojo cercano, ya que por razones físicas propias del GaN estas bandas del espectro no son posibles.

Aunque la tecnología de semiconductores de banda ancha (WBG, Wide Band Gap) está progresando rápidamente en países de nuestro entorno, dicho desarrollo está todavía una década por detrás con respecto a las otras tecnologías citadas (InP, GaAs, Si). La tecnología y los dispositivos asociados al SiC para aplicaciones microelectrónicas están más maduros

que los asociados al GaN. Además, el SiC como substrato para heteroestructuras de GaN ofrece unas buenas cualidades. Sin embargo, los inconvenientes y razones por las que el mercado se abre al GaN, es por un lado, el coste elevado de la tecnología asociada a los dispositivos de SiC, y por otro el difícil control de los defectos en los cristales, siendo necesaria la disminución de la densidad de impurezas, para poder hacer obleas lo suficientemente grandes y reproductibles para abaratar los costes de producción.

Por lo tanto, uno de los mayores retos es la obtención de substratos para realización de obleas que sean de una calidad adecuada que garantice una "materia prima" para la realización de dispositivos que permitan producciones comerciales.

En toda tecnología de semiconductores, la elección del *tipo de substrato* donde se crece la oblea de base depende de la aplicación que se pretende. Para las aplicaciones de microelectrónica la tabla siguiente resume el análisis de los substratos más relevantes frente a los parámetros técnicos más influyentes.

	Zafiro	Silicio	SiC
Precio/calidad	Correcto	Ideal	Deficiente
Conductividad térmica	Pobre	Medio	Excelente
Características para RF	Media	Pobre* (Baja resistividad)	Excelente

* Aunque con un tratamiento adecuado de la oblea puede llevarse a la categoría de "bueno" Dicho tratamiento está patentado por un consorcio francés que se denomina SOITEC creado precisamente para mejorar las características eléctricas de substratos de Si.

Finalmente, es interesante resaltar la brecha existente entre los EEUU y Europa en cuanto a la industria asociada a estas tecnologías. En lo referente a los centros de investigación, si bien esta brecha también existe, no es tan acusada. Con respecto a Asia, en especial Japón, la brecha es igualmente acusada en la industria de dispositivos ópticos (Láseres, diodos de alta luminancia y fotodetectores).

Resumiendo, los WBG (WideBand Gap), y en particular el GaN y el SiC, merecen un interés primordial en los futuros desarrollos de aplicaciones RF de potencia y de aplicaciones optoelectrónicas. Para que esta afirmación fructifique se deben superar los siguientes desafíos a corto y medio plazo:

- Existencia de substratos de calidad y tamaño que contribuyan a la disminución de los costes de fabricación y desarrollo.
- Adaptación de las etapas tecnológicas de fabricación al desarrollo de este tipo de aplicaciones.
- Adaptación de los controles de calidad a los procesos de fabricación de los WBG.

Este artículo está redactado a partir del estudio "Estado del arte de las tecnologías GaN y SiC" elaborado por los Observatorios de Electrónica y de Óptica y Optrónica. En el estudio se incluyen también las actividades nacionales en este campo, entre las que destaca el programa coincidente "GaN", para el desarrollo de transistores HEMT en banda X con la participación del CIDA y el ISOM (ETSIT-UPM).

AGENDA

I Curso de Gestión de Programas
Curso oficial orientado a personal con responsabilidad en la gestión de programas del Ministerio de Defensa.
Cerrada primera convocatoria, previstas próximas ediciones.
Madrid, oct. - dic. 2003
BOD 122/2003

2003 IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology
Ultimos desarrollos en tecnologías sistemas *Phased Arrays*. Colaboración, entre otros, de DARPA y AFOSR.
Boston, 14-17 Octubre 2003
http://www.ballos.com/pa_2003

MILCOM 2003
Conferencia internacional sobre comunicaciones militares, con participación de expertos operativos. Temas de interés: JTRS, comunicaciones UWB, Net Centric Warfare, ...
Boston , 13-16 octubre 2003
http://www.milcom.org/2003

SPIE Defense and Security Symposium, formerly AeroSense
Congreso de referencia en Optrónica aplicada a sistemas de Defensa.
Orlando, 12-16 abril 2004
http://www.spie.org

Second European Workshop on Optical Fibre Sensors
Congreso europeo en dispositivos y sistemas opto-electrónicos. Mesa redonda: "como fundar una compañía fotonica".
Santander, 9-11 junio 2004
http://grupos.unican.es/GIF/EWOFS04

NATO-OTAN RTO (Research and Technology Organisation) Lecture Series. Knowledge-Based Radar Signal&Data Processing.
Linköping 3-4, noviembre
Roma 6-7 noviembre
Budapest 10-11 noviembre
http://www.rta.nato.int/Meetings.asp