



**DIRECCIÓN GENERAL DE
ARMAMENTO Y MATERIAL**

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE
TECNOLOGÍA Y CENTROS**

Nº 4. Tercer Trimestre 2004

Secciones

- **ACTUALIDAD OBSERVATORIOS**
- **ACTUALIDAD TECNOLÓGICA**
- **ENLACES DE INTERÉS**
- **TECNOLOGÍAS EMERGENTES**
- **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
artuomaira@oc.mde.es

Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección

Col. CIP Carlos López Agudo
lqca@ext.mde.es

Observatorio de Simulación, Mando y Control y Comunicaciones

Col. CIP Francisco Cucharero Pérez
fcucper@oc.mde.es

Observatorio de NBQ

Cte. CIP Juan C. Fernández Fernández
jcfernandez@oc.mde.es

www.mde.es/dgam/observatec.htm

Boletín

de Observación Tecnológica en Defensa

Editado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica

En este número:

DESFASADORES

**ARQUITECTURAS
MDA**

SELENIURO DE PLOMO

COHETES GUIADOS

Desde la fatídica fecha del 11 de septiembre, de la que se cumplen tres años, en la que el atentado más veces televisado de la historia vino a confirmar la realidad de una nueva amenaza, desgraciadamente consolidada en las secuelas que hemos padecido en el resto del mundo, y en particular en nuestro país, se ha abierto una línea de actuación dentro del campo de la defensa y seguridad conocida como "defensa contra el terrorismo" (DAT en inglés).

Esta iniciativa abarca técnicas tanto para la protección de las propias Fuerzas Armadas en el cumplimiento de sus misiones, en especial en el extranjero, como para la protección del resto de la ciudadanía, mediante el apoyo a las fuerzas de seguridad pública, cuando son requeridas para ello.

Desde el punto de vista tecnológico, la DAT supone el redoblar los esfuerzos para conseguir tecnologías que detecten y hagan frente a las posibles amenazas, y que alcancen un grado de madurez suficiente para su inclusión en sistemas finales, todo ello con requisitos de usuario muy estrictos: desarrollos muy cortos, diseños robustos, alta movilidad, bajo coste, fácil implantación,

Sistemas tan variados como los orientados a la detección a distancia de explosivos sobre un gran número de personas o vehículos, sin que estos tengan que detenerse, o los de detección instantánea de francotiradores, nos dan una idea de la gran cantidad de posibles amenazas y lo complejo de las tecnologías que es necesario dominar para poder hacerles frente.

La concurrencia durante el presente otoño de varios seminarios, el establecimiento de grupos de trabajo en entorno OTAN, así como otras iniciativas, todas ellas sobre DAT, son un buen indicador de que se está avanzando en esta línea.

Tecnologías Disruptivas: MATERIALES INTELIGENTES Y NANOTECNOLOGÍAS

En el marco de los intercambios de información en Investigación y Tecnología promovidos en el seno de la LOI (acuerdo del que forman parte Alemania, Suecia, Reino Unido, Francia, Italia y España), se ha puesto en marcha un grupo de trabajo centrado en el área de tecnologías disruptivas. Una tecnología disruptiva podría definirse como aquella tecnología, nueva o existente, cuya utilización de una forma innovadora altera significativamente los usos y las prácticas establecidas.

El grupo de tecnologías disruptivas ha organizado una serie de seminarios temáticos, en los que participan expertos de los países LOI, que se realizan con el doble objetivo de identificar las tecnologías que, en áreas de conocimiento concretas (materiales inteligentes, nanotecnologías, ...) presentan un mayor potencial de disrupción, así como la metodología más idónea para realizar esta identificación. Después de los seminarios temáticos se realizara una sesión de puesta en común y conclusiones conjuntas.

El primer seminario, en el área de *Materiales Inteligentes*, tuvo lugar en Madrid y fue organizado por la Subdirección General de Tecnología y Centros con la colaboración del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Se desarrolló en forma de sesiones temáticas en las áreas de biomateriales, materiales fotónicos, "shape memory alloys", materiales piezoeléctricos y polímeros electroactivos. Las tecnologías analizadas fueron previamente consensuadas entre los países participantes en el seminario. Tras una introducción teórica, realizada por expertos del CSIC en cada una de las materias, se discutieron y analizaron las características de

cada una de las tecnologías intentando identificar su potencial de disrupción.

Por su parte, el seminario de *Nanotecnologías*, se realizó en Roma organizado por el "Segretariato Generale de Ila Difesa e Direzione Nazionale degli Armamenti" del Ministerio de Defensa italiano. Tras un simposio sobre Nanotecnologías y aplicaciones para defensa, que mostraba el estado de desarrollo de este tipo de aplicaciones en Italia, se procedió a una rueda de intervenciones por países donde exponían sus ideas en cuanto a aplicaciones disruptivas de la Nanotecnología. Las áreas analizadas fueron: nanofotónica, nanoelectrónica, materiales para condiciones extremas, almacenamiento de hidrógeno, sensores piezoeléctricos y nanotubos de carbono.

En estos primeros trabajos ya se ha puesto de manifiesto la estrecha relación entre tecnologías y aplicaciones disruptivas, las dificultades para cuantificar el factor de disrupción, En un futuro próximo se realizarán otros dos seminarios en las áreas de *Terahertzios* y *Computación avanzada*. Finalmente, las conclusiones y consideraciones de los expertos, tanto en lo relativo a la identificación de la metodología como al potencial de disrupción de las tecnologías analizadas, serán expuestas en el seminario final de puesta en común.

¿QUIERE COLABORAR EN EL BOLETÍN?

Envíe sus sugerencias al **Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica** y contactaremos con usted. Puede proponer temas que considere de interés o sobre los que le gustaría ampliar conocimientos, colaborar preparando artículos en temas de su experiencia, ...

Contacto: CN Ingº Manuel Pereira Rueda
Tlf. 913954654 mpereirar@oc.mde.es

GESTIÓN TECNOLÓGICA: NIVELES TRL

La gestión de riesgos en los programas de obtención, en especial en lo que se refiere a los aspectos técnicos, constituye uno de los puntos clave en las actividades de planificación de futuros sistemas. La selección de las tecnologías a incluir en un programa debe, no sólo tener en cuenta la idoneidad para la realización de una determinada función, o mejor respuesta a un requisito operativo, sino también criterios objetivos de coste y plazo. Es en este contexto donde el grado de madurez, o lo que es lo mismo, el grado de desarrollo alcanzado, es un parámetro decisivo para incluir o no una determinada tecnología en un programa. Independientemente de las expectativas levantadas por una tecnología emergente, su selección exige un nivel de madurez mínimo, que debe evaluarse de forma objetiva.

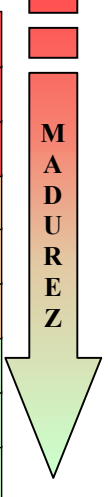
Uno de los métodos utilizados para sistematizar el concepto de madurez tecnológica es el de niveles TRL (Technology Readiness Levels). Los niveles TRL constituyen un sistema de medida que permite evaluar el grado de madurez de una tecnología en particular y establecer comparaciones de madurez entre diferentes tecnologías. Nacen en los años 90 como una herramienta de apoyo a la planificación de tecnologías espaciales en la NASA y pronto son adoptados por el Ministerio de Defensa (DoD) americano, que establece su utilización como obligatoria en la mayoría de sus programas de obtención. Por su parte el MoD británico recomienda desde el año 2001 su empleo en programas de adquisición en un intento de mejorar la gestión de la tecnología y reducir retrasos en los programas. Otros países anglosajones como Australia y Canadá los utilizan de forma esporádica, ya sea en estudios de alternativas o como apoyo en la planificación del I+D.

Nueve son los posibles niveles de madurez en los que encuadrar una tecnología:

- TRL 1. Observación de principios básicos: empiezan a evaluarse las aplicaciones de la investigación científica.
- TRL 2. Formulación del concepto y/o aplicación tecnológica: comienzo de la invención. Una vez que se han formulado los principios básicos se postulan aplicaciones prácticas. Se trata de especulaciones ya que no existen pruebas o análisis detallados que sostengan la hipótesis.
- TRL 3. Estudios analíticos y de laboratorio que validan las predicciones analíticas: se validan físicamente las predicciones analíticas sobre elementos individuales de la tecnología.
- TRL 4. La tecnología aplicada a componentes y/o subsistemas básicos se valida en un entorno de laboratorio: se integran los componentes básicos de la tecnología. Características y prestaciones por debajo de las esperadas para el sistema final.
- TRL 5. La tecnología aplicada a componentes y/o subsistemas básicos se valida en un entorno significativo: se incrementan considerablemente

características y prestaciones en la representación del subsistema. Componentes básicos basados en la tecnología se integran con elementos realistas con lo que la tecnología puede probarse en un entorno que simula condiciones reales.

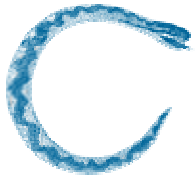
- TRL 6. La tecnología aplicada a un modelo o demostrador del sistema se demuestra en un entorno realista: el modelo es ya una aproximación al sistema y se prueba en un entorno significativo. Representa un paso adelante en la demostración de la madurez de la tecnología.
- TRL 7. La tecnología aplicada a un prototipo del sistema se demuestra en el entorno de operación: requiere la demostración del prototipo en condiciones de operación, como puede ser integrado en un avión o vehículo. Se obtiene información de apoyo a la evaluación.
- TRL 8. La tecnología aplicada al sistema se califica mediante demostración y prueba: la tecnología en su forma final se ha probado en condiciones típicas de operación. En la mayoría de los casos este nivel representa el final de la fase de demostración.
- TRL 9. La tecnología aplicada al sistema se "califica" en misiones operativas satisfactorias: aplicación de la tecnología en su forma final y bajo condiciones de misión.

| | | |
|---|--|--|
| 1 | Basic principles of technology observed & reported |  |
| 2 | Technology Concept and/or Application Formulated | |
| 3 | Analytical and Laboratory Studies to validate analytical predictions | |
| 4 | Component and/or basic sub-system technology valid in lab environment | |
| 5 | Component and/or basic sub-system technology valid in relevant environment | |
| 6 | System/sub-system technology model or prototype demo in relevant environment | |
| 7 | System technology prototype demo in an operational environment | |
| 8 | System technology qualified through test & demonstration | |
| 9 | System technology 'qualified' through successful mission operations | |

Cada uno de los niveles marca un paso adelante en el desarrollo de la tecnología, desde su inicio o formulación hasta su funcionamiento satisfactorio en los sistemas. Las tres primeras fases (TRL1-TRL3) corresponden a la formulación del concepto, las tres siguientes (TRL4-TRL6) a la evaluación del mismo y es sólo a partir del TRL7, cuando se considera que la tecnología está en nivel de demostración. Por último, la fase TRL9 está ya asociada a la producción; la tecnología ha pasado ya a formar parte del sistema.

Los niveles TRL se presentan así, como una herramienta de gran utilidad en la planificación de programas, ayudando a seleccionar tecnologías con el grado de madurez suficiente (a partir de TRL 7) cuando se trata de programas de obtención o tecnologías prometedoras (a partir de TRL 4) cuando se trata de programas de investigación y ajustando costes y plazos, teniendo en cuenta el grado de madurez inicial y su evolución prevista durante el ciclo de desarrollo del sistema.

JORNADAS DE PROTECCIÓN BIOLÓGICA Y QUÍMICA



Entre los días 2 y 5 de junio, tuvo lugar en Gothenborg (Suecia) el 8º Congreso "*Protection against chemical and biological warfare agents*", organizado por la Agencia Sueca de Investigación para la Defensa (FOI), con el objetivo de

intercambiar información relativa a la Protección frente Agentes de Guerra Química y Biológica. Prácticamente todos los países del entorno OTAN, así como muchos otros, han participado y/o asistido al foro. Las jornadas se desarrollaron en sesiones paralelas basadas en conferencias, exhibición de productos y mesas redondas de discusión, siendo las áreas de detección, identificación, descontaminación y protección corporal, las de mayor interés.

En el área de *detección*, las novedades en sistemas de detección, tanto biológicos como químicos, están relacionadas con el tiempo de respuesta y la sensibilidad de los sistemas. Los desarrollos van encaminados a la reducción del tamaño de los equipos y a la simplicidad en su manejo.

En el campo *biológico* las técnicas de PCR (Reacción en cadena de la Polimerasa) y las basadas en microarrays continúan siendo las más utilizadas para la detección de agentes de guerra biológica, si bien, coexisten con otras técnicas como la fotoluminiscencia o las técnicas inmunológicas. La mayoría de los nuevos equipos están basados en tecnología PCR, como es el caso del Biocapture, el RAZOR, y el Bio-Seeq, aunque también han sido comercializados sistemas basados en tecnología luminiscente como el nuevo sistema de detección portátil de BIOVERIS, conocido como M1M Analyzer.

Los estudios para la mejora de los sistemas de detección e identificación biológica a tiempo real se orientan al uso de materiales fotoluminiscentes "inteligentes", inmovilizados químicamente en elementos de reconocimiento (anticuerpos, fragmentos de anticuerpos, ADN, ARN, etc.).

En el campo *químico*, las novedades suponen una mejora de la tecnología de Espectrometría de Movilidad Iónica, IMS, usada para detectar y caracterizar vapores orgánicos en aire. IMS implica la ionización de moléculas y su desplazamiento temporal a través de un campo eléctrico. Con esta tecnología han aparecido algunos detectores portátiles como son el LCD 3.2 o el ChemPro 100. En otros casos, la tecnología utilizada para la detección es diferente, como es el caso del nuevo detector portátil de BAE SYSTEMS, ChemSentry 150C, que muestrea vapores químicos a través de un array de sensores SAW (onda acústica de superficie).

En este mismo área, también se detecta una clara tendencia hacia la investigación de nuevos procedimientos de muestreo y detección, y a su homologación por parte de los diferentes laboratorios europeos, tanto para agresivos biológicos como químicos.

En lo relativo a *identificación* de agresivos biológicos y químicos, se plantea la necesidad de generalizar y transformar en procedimientos operativos, las técnicas de análisis e identificación utilizadas por la mayoría de los laboratorios designados por la OPCW (Organisation for Prohibition of Chemical Weapons).

La *descontaminación* es un área que está cobrando gran protagonismo. Los estudios se centran en la búsqueda de nuevos descontaminantes y en el uso de agentes semejantes al DNA, que actúen como simuladores, de forma que permitan el estudio de su respuesta a métodos de descontaminación, conocer su resistencia al estrés ambiental, etc.

En *protección corporal* se está investigando en nuevos componentes reactivos y polímeros maleables, flexibles y permeo-selectivos (permeables al vapor de la humedad), y en la reducción del peso de los trajes actuales de hasta un 50% .

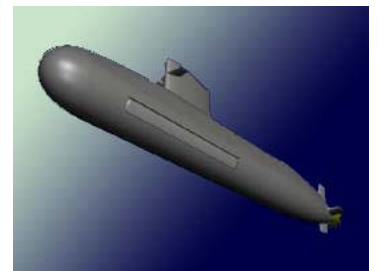
Finalmente, concluir que el cuadro actual del terrorismo, tan diferente con respecto al de antaño, ha obligado a abrir nuevas líneas de investigación y desarrollo en sistemas de protección, centrándose en equipos desplegables, rápidos y fáciles de montar en cualquier ambiente o estructura. Conviene destacar, que están cobrando gran importancia nuevas líneas como son el desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones en ataques NBQ o en situaciones de crisis, y las contramedidas médicas, con el desarrollo de vacunas eficaces frente a patógenos intracelulares e investigaciones de vacunas para hacer frente a aerosoles.

JORNADAS SUBMARINO S-80

El pasado 22 de abril tuvo lugar, en la Jefatura del Apoyo Logístico de la Armada, una jornada de divulgación sobre el futuro submarino S-80 cuya entrada en servicio esta prevista para el año 2011. El proyecto supone un gran reto para la industria española puesto que es el primer submarino de diseño y construcción enteramente nacional.

La jornada se organizó en dos sesiones y un coloquio, en los que se cubrieron los principales aspectos del proyecto: necesidad y capacidades operativas; ingeniería, construcción y sistema de control de la plataforma; sistema de propulsión (planta AIP); y sensores, sistemas de combate y de armas. Participaron en las ponencias tanto personal de la Armada como responsables de la industria.

El submarino S-80 supondrá un gran avance en la capacidad submarina de la Armada. Será capaz de actuar en teatros lejanos (1000 millas), con elevada discreción, y dispondrá de una notable autonomía en inmersión (15 días), gracias a su sistema de propulsión por células de combustible y contará con unas destacables capacidades operativas tanto en aguas oceánicas como en zonas litorales.



Movilink-16: formación en LINK-16

La segunda semana de junio, el CIDA (DGAM) prestó apoyo a la fragata F-102 en la realización de cursos de adiestramiento de su dotación en Link-16. Para ello, se trasladó al Arsenal de Ferrol el laboratorio móvil Movilink-16 desarrollado para pruebas de integración Link-16/MIDS en plataformas nacionales y tareas de adiestramiento y demostración.

El Movilink-16 consiste en un contenedor transportable y embarcable que integra un terminal MIDS-LVT y los medios necesarios para participar en una red Link-16. Para la realización de pruebas, se ha desarrollado una aplicación (SDEM), que simula los mensajes asociados a una plataforma naval y varias plataformas aéreas. Adicionalmente, cuenta con software para el control e inicialización del terminal y herramientas para monitorización, grabación y análisis del tráfico en la red.

ARMAS NO LETALES SAS-060

El carácter de las últimas operaciones militares, con destacado predominio de operaciones de ayuda humanitaria, condiciona los medios a utilizar en las mismas, tendentes a minimizar el número de víctimas civiles y daños colaterales. Con este objetivo, se vienen realizando trabajos para dotar a los ejércitos

de medios que cumplan estos requisitos como son las Armas No Letales (ANLs).

Se prevé, a priori, un extenso campo de aplicación de estas armas al permitir graduar la respuesta en situaciones determinadas, y como posible sustituto de las minas contra personal, sobre todo en aquellas misiones que las armas letales o la vigilancia no pueda suplir la pérdida de capacidad operativa y la protección de las tropas.

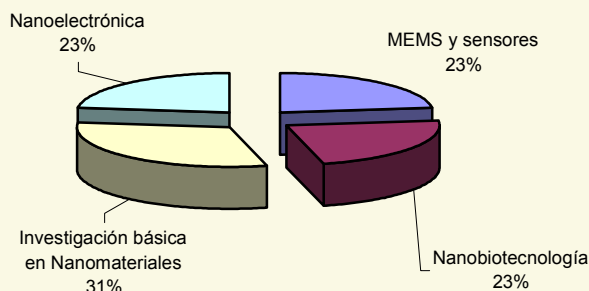
El MADOC trabaja desde 1999 en Armas y Obstáculos No Letales. Durante este periodo ha generado documentación relativa a conceptos, necesidades, limitaciones, clasificación y empleo de ANLs en conflictos de baja intensidad y operaciones de mantenimiento de paz.

Por su parte, la SDGTECEN, está participando en el Grupo de trabajo OTAN SAS-060 "Non Lethal Weapons - Effectiveness Assessment Development and Verification Study". El grupo, aprobado en mayo de 2004, continúa los trabajos realizados por el grupo SAS-035, orientados a elaborar una metodología para verificar y evaluar los sistemas de armas no letales hasta el nivel operativo. El resultado de estos trabajos permitirá disponer de medios estandarizados de evaluación para cualquiera de las tecnologías que comprenden las ANLs.

NANOTECHNOLOGIES AND APPLICATION FOR DEFENCE

El pasado mes de julio, tuvo lugar en Roma (Italia) el Symposium "Nanotechnologies and application for defence", organizado por Ministerio de Defensa italiano. El objetivo era dar una visión global de la situación italiana en cuanto a sus progresos nacionales en el desarrollo de la nanotecnología para aplicaciones de interés para defensa. España estuvo representada como oyente invitada dentro del marco de la LOI.

La estructura del congreso se materializó en cuatro grandes áreas temáticas, las cuales se aprovechan para establecer un indicador sobre la importancia de las actividades en las que se desarrolla la nanotecnología en Italia. Tal indicador muestra por área el número de presentaciones acaecido respecto al de presentaciones totales. Analizando el gráfico adjunto, el contenido de las presentaciones y realizando un análisis comparativo con la situación nacional presentada en el anterior número (cf. Boletín N°3), resaltaremos las siguientes afirmaciones:



- Existe un reparto homogéneo de las presentaciones en las cuatro áreas temáticas, si bien es cierto con una ligerísima predominancia de la investigación básica. Ésta se centra en desarrollo y caracterización de nanotubos de carbono para aplicaciones en nanocomposites para aleaciones aeronáuticas y para nanofibras de tejidos de protección individual.
- Aunque no expresado en el gráfico, el esfuerzo en investigación básica de nanotubos de carbono comienza a fructificar en la industria italiana a tenor de los resultados altamente prometedores mostrados en sendos demostradores en las áreas arriba indicadas.
- Se observa una línea claramente dirigida a la obtención de demostradores en las áreas de MEMS y sensores, nanoelectrónica y nanobioteconología. Esto es, predominan los esfuerzos experimentales en estas áreas frente a simulación e instrumentación-metrología, que serían estadios previos del desarrollo de este tipo de aplicaciones.

De los puntos anteriores y realizando una comparación con la situación nacional, se observa una mayor madurez de la industria de seguridad y defensa italiana en cuanto a aplicaciones de la nanotecnología para defensa. La estrategia italiana se nos muestra enfocada principalmente hacia aplicaciones de nanotubos de carbono en aeronáutica (aleaciones) y en materiales para protección individual.

SIMULACIÓN: Congreso ITEC

El pasado mes de abril tuvo lugar en Londres el congreso ITEC (International Training and Education Conference). ITEC representa el punto de encuentro entre industria y representantes de los Ministerios de Defensa, ya sean usuarios finales u organismos responsables de la adquisición o establecimiento de doctrina, en el campo de los sistemas de simulación y entrenamiento en Defensa. Durante los tres días de celebración, el congreso se dividió en una serie de actividades entre las que cabe destacar las conferencias impartidas por representantes de los Ministerios de Defensa y de Industria, y los stands donde se demostraban los principales productos e iniciativas de las empresas que acudieron al evento o de los organismos internacionales relacionados con la simulación como la agencia de la OTAN NSMG y la CEPA 11 de la Unión Europea Occidental.

Entre los sistemas expuestos hay que mencionar los sistemas visuales 3D, cuyo desarrollo ha alcanzado grandes cotas de realismo, contando con una gran variedad de ángulos de visión, desde 180° hasta sistemas de inmersión total. A su vez se mostraron sistemas de simulación completos (sistemas de armas, de vuelo, etc.), sistema de simulación en vivo (armas con designadores de daño, simulación de efectos de minas, artillería, etc.) y sistemas de simulación constructivos (juegos de guerra).

También destacaron por su interés las conferencias relacionadas con el concepto NEC (Network Enabled Capability), centradas en los cambios tecnológicos que pueden tener lugar en el campo de la simulación para adaptarse a esta nueva filosofía y facilitar, mediante el entrenamiento y la simulación, la adaptación del personal a las nuevas doctrinas.

Otro aspecto ampliamente tratado fueron los avances realizados en el desarrollo de las denominadas fuerzas generadas por ordenador o CGF (Computer Generated Forces), capaces de representar de forma

realista y cada vez más automática el comportamiento de las tropas durante la simulación.

Finalmente, quedó claro que la interconexión de los diferentes simuladores es una faceta que cada día tiene más interés de cara al aprovechamiento de las posibilidades que poseen los sistemas de entrenamiento y simulación. En este sentido, destacaron las demostraciones de varios países sobre la integración de los distintos niveles de resolución de simulación, desde el soldado a pie o el sistema de armas, pasando por diferentes unidades como secciones, compañías o batallones, hasta un nivel de simulación de brigada o división, integrados en grandes redes de simuladores.

Reunión grupo SET084 / RTG048

El pasado 17 de junio, se celebró en el Ministerio de Defensa la reunión periódica del grupo de trabajo SET-084/RTG-048 "emerging technologies for sensors front-end" del panel SET de la OTAN/RTO. Representantes de Italia, Estados Unidos, Reino Unido, Holanda, España y Francia componen el citado grupo cuyo objetivo principal consiste en determinar la viabilidad y consecuencias que tendrán el desarrollo y la implantación práctica en defensa de las micro y nanotecnologías en los futuros sistemas de sensores. En la citada reunión, se expusieron las capacidades tecnológicas de cada país representado en cuanto a concepción, diseño y desarrollo de cristales fotónicos (PBGs), metamateriales, microsistemas mecánicos (MEMs), microsistemas ópticos (MOEMs) y microsistemas de RF de aplicación militar.

El grupo tiene previsto, para mediados del 2005, organizar un Workshop donde se dará una visión global de las conclusiones de sus trabajos y se reunirán expertos para tratar de concretar puntos de interés para el panel.

ENLACES DE INTERÉS

Australian Defence Science Magazine (DSTO)

La organización australiana de ciencia y tecnología de defensa (DSTO) incluye en sus páginas esta revista cuatrimestral con información diversa sobre proyectos de investigación en curso, nuevas tecnologías y su aplicación a sistemas de defensa, Breve y amena.



<http://www.dsto.defence.gov.au/corporate/publicity/ads/index.html>

CORDIS: Community Research & Development Information Service

Toda la información de I+D de la Unión Europea accesible desde un mismo portal: bases de datos de proyectos, servicios de noticias, funcionamiento de distintos foros y organismos, biblioteca de documentos, oportunidades de participación en programas, apoyo a la innovación, enlaces y servicios de búsqueda. Disponible en castellano.



<http://www.cordis.lu/es/home.html>

Euclid RTP 11.13

Sitio asociado al proyecto Euclid RTP 11.13: "Realising the Potential of Networked Simulation in Europe". Incluye información sobre los distintos aspectos que han conformado el proyecto, en el que han participado un gran número de naciones e industrias, y acceso a recursos y documentación generada durante el desarrollo del mismo.



<http://www.euclid1113.com>

Tendencias en Ingeniería del Software: ARQUITECTURAS MDA

La construcción de sistemas de información se enfrenta continuamente al reto de satisfacer las necesidades de unos usuarios cada vez más exigentes y conscientes de las posibilidades que pueden tener al operar dichos sistemas. En este escenario, el aumento de la complejidad y cambio continuo de los requisitos hacen que la dificultad en la construcción de los sistemas sea cada vez más elevada. Ante esta problemática, ha surgido MDA (Model Driven Architecture) como un nuevo estándar para el desarrollo de sistemas de información.

MDA constituye una nueva aproximación al desarrollo de sistemas software, basada en la separación entre la especificación de la funcionalidad esencial del sistema y la implementación de dicha funcionalidad en plataformas específicas, todo ello a través del uso de modelos formales. El objetivo es poder centrarse en definir los modelos de negocio del problema analizado, sin considerar detalles de implementación en una plataforma/tecnología específica hasta el final, lo que favorece la especificación de los sistemas y los hace más portables y resistentes a los cambios causados por las nuevas tecnologías (p.e. Microsoft .NET, Sun Java J2EE, Servicios Web) y más interoperables con otros sistemas independientemente de la tecnología que utilicen.

La iniciativa ha sido promovida por la corporación OMG (Object Management Group), formada por más de 800 miembros, entre los que se incluye el NATO C3A, y orientada a la estandarización de especificaciones software, lo que permite asegurar que MDA nace con el apoyo y la aprobación de la industria.

Una especificación MDA completa consiste en:

- Un modelo CIM (*Computational Independent Model*), que describe el dominio y los requisitos del sistema.
- Un modelo PIM (*Platform Independent Model*), que describe la funcionalidad del problema analizado, pero omitiendo detalles sobre cómo y dónde va a ser implementado (por ejemplo, el PIM puede ser independiente de la distribución y de la plataforma de objetos en donde se ejecutará, ya sea CORBA, J2EE, .NET, etc.).
- Uno o más modelos PSM (*Platform Specific Model*) dependientes de la plataforma final, y un conjunto de reglas de transformación entre ellos.

Para la definición de los modelos y las reglas de transformación, MDA utiliza varios estándares ya establecidos: UML (Unified Modeling Language), lenguaje gráfico que estandariza la manera en que un modelo es construido, visualizado, desarrollado y manipulado durante el análisis y el diseño de software; MOF (Meta-Object Facility) estandariza la manera de gestionar modelos en repositorios y CWM (Common Warehouse Metamodel), estandariza la manera de representar modelos de bases de datos (esquemas XML), modelos de transformación entre

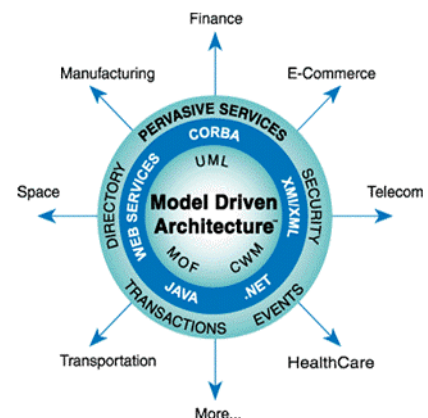
esquemas, ... Por otro lado, MDA se ha diseñado de forma que se pueda implementar utilizando diferentes soluciones middleware o tecnologías específicas (CORBA, DCOM, EJB, HLA, .NET, ...).

Además de las ventajas descritas anteriormente, la utilización de los estándares en la definición de los modelos permite automatizar diferentes fases en la obtención de la implementación final. El objetivo que MDA persigue es la construcción automática de un porcentaje muy alto del código fuente con el consiguiente ahorro de esfuerzo en el desarrollo de los sistemas de información.

Mientras que algunos de los conceptos de MDA están bien fundamentados y se están empezando a aplicar, otros sin embargo están todavía emergiendo. En este contexto son necesarios esfuerzos que conviertan MDA en una aproximación coherente basada en estándares abiertos y soportada por técnicas y herramientas maduras.

Además de las aplicaciones de propósito general, donde MDA comienza a tener un auge cada vez mayor, las posibilidades de aplicación en el campo específicamente militar son múltiples y ya es posible encontrar ejemplos de sistemas (p.e. modernización del software de misión del F-16, por Lockheed Martin), que se han basado en MDA.

En el ámbito de Mando y Control, existe una similitud muy importante entre los planteamientos actuales de desarrollo de sistemas, con la filosofía de MDA. Así, los modelos independientes de la plataforma (PIM) reflejan la vista operacional de los sistemas en los que se definen las funciones operativas que debe desarrollar el sistema. Los modelos dependientes de la plataforma (PSM) representan la vista del sistema, en la que se define la arquitectura de implementación. La vista técnica, en la que se definen los estándares a utilizar también se incluye en MDA a través de modelos UML.



En el campo de la simulación, la aparición de aplicaciones no militares que utilizan soluciones no basadas en estándar HLA (High Level Architecture), sino en servicios de CORBA o estándares basados en XML, introducen dudas sobre la evolución futura de HLA. No obstante, el hecho de que MDA plantee un marco formal en el que se puedan emplear diferentes "middlewares" ha hecho que algunos autores comiencen a trabajar en la evolución de HLA, de acuerdo a MDA, hacia una nueva solución de interoperabilidad.

Integración de tecnologías: LOS COHETES GUIADOS

La necesidad de contar con cohetes guiados aire-tierra (A-T), se hizo patente a partir de la Operación Tormenta del Desierto, donde se puso de manifiesto el gran número de misiles Hellfire disparados contra objetivos que habrían podido batirse con munición menor y de coste inferior.

Es este requerimiento de armamento de precisión de bajo coste (Low Cost Precision Kill Weapons -LCPK-) destinado a objetivos puntuales (defensas aéreas, centros de comunicaciones y vehículos acorazados ligeros) y con efectos colaterales mínimos, el que ha impulsado a diversos países, como EE.UU, Reino Unido, Noruega, Turquía y Alemania entre otros, a desarrollar cohetes con guiado, que vienen a cubrir el vacío existente entre los cohetes A-T (Aire - Tierra) tradicionales sin guiado de 70 mm y los misiles ASM (Aire - Superficie) tipo Hellfire.

Así, el cohete guiado supone una solución en la que, mediante la integración de tecnologías existentes, las asociadas al diseño y producción de cohetes y aquellas que tienen que ver con el guiado, se cubre una necesidad operativa de forma proporcionada y a un coste razonable.

Los trabajos y estudios realizados sobre cohetes guiados apuntan a mejoras en más de 30 veces la precisión de los cohetes tradicionales (hasta un CEP de 1 a 2 m), con un coste entre 5 y 10 veces superior, que se ve compensado por el previsible ahorro en munición, y que es bastante inferior al de un misil ASM, todo ello sin afectar de forma significativa su alcance. Adicionalmente, la integración de estos sistemas de armas en cazas y helicópteros de combate es sencilla, requiriendo modificaciones mínimas o incluso nulas.



Actualmente son ya varios países los que realizan trabajos en el área de cohetes guiados. La empresa BAE Systems ha desarrollado, en cooperación con el U.S. Army, la sección de guiado para el cohete Hydra de 70 mm que se instala entre el motor y la cabeza de guerra, transformando el cohete tradicional en un arma con guiado semiactivo láser de alta precisión.

El diseño modular sin requisitos de modificación del cohete, la adaptabilidad y la facilidad de instalación de la sección de guiado, sin la necesidad de

mantenimiento adicional, proporcionan una gran flexibilidad. El buscador o seeker, va montado en las alas de la propia sección de guiado, la cual cuenta además con unidad de medida inercial basada en MEMs (componentes Micro Electro Mecánicos).

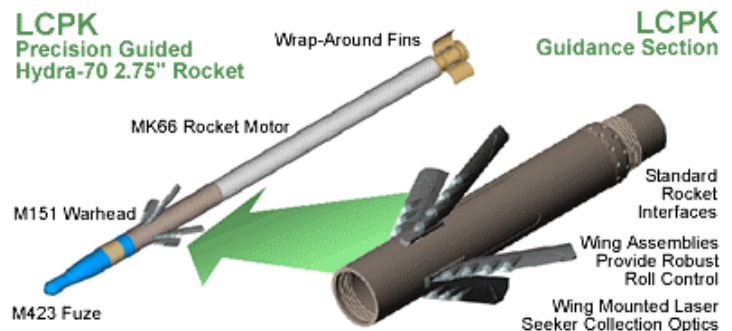


Fig. BAE Systems LCPK.

Otro desarrollo interesante lo está realizando el laboratorio noruego NOBLE, que con una planificación agresiva, está acometiendo la modificación del cohete CRV-7, por medio de la implementación de una sección de guiado con 3 "canards" independientes y espera tener disponible un prototipo a finales de este año.

En cuanto a los buscadores, se han planteado el desarrollo de diversos tipos para emplearlos según el escenario. El primer prototipo desarrollado es un seeker láser, integrando además un GPS. En fases posteriores desarrollarán un seeker con guiado antirradiación con GPS (ARM-GPS) y otro con guiado TV/IR.

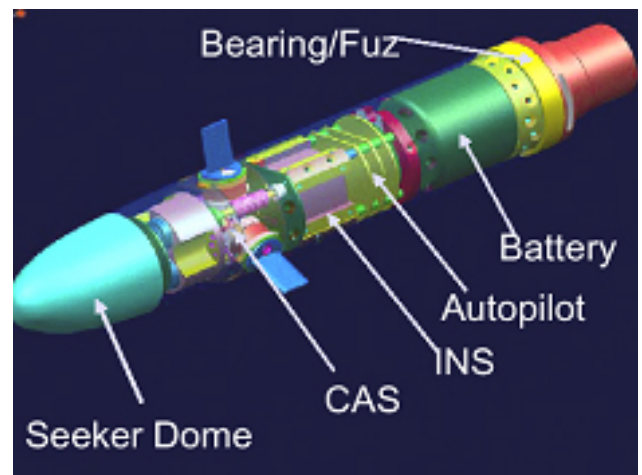


Fig. Noble LCPK. Sección de guiado

En conclusión, el cohete guiado se presenta como un claro ejemplo en el que la aplicación de la ingeniería de sistemas y la integración de tecnologías existentes permiten dar una respuesta proporcionada a una necesidad operativa.

-Preparado con la colaboración de E.Martín Romero y J.J Piñeiro García de León, ingenieros del Laboratorio Químico Central de Armamento (LQCA) y colaboradores del Observatorio AMBP -

TECNOLOGÍAS PARA PHASE SHIFTERS

El problema de la formación de haces, tanto en transmisión como en recepción, en antenas compuestas por elementos radiantes en disposiciones de array (antenas denominadas en la literatura anglosajona como "phased array"), pasa ineludiblemente por controlar la fase de las señales que se aplican a cada uno de dichos elementos. Mediante el control electrónico de la fase se puede además controlar el barrido de la antena sin necesidad de movimiento físico del array.

Este comportamiento es muy importante en su aplicación a antenas de sistemas radar, guerra electrónica e incluso comunicaciones, por cuanto que permite controlar con una misma disposición física de elementos, normalmente lineal, características del haz tales como apuntamiento, directividad, barrido y en general el diagrama de transmisión/recepción de la antena.

Los dispositivos que permiten variar la fase de una señal de forma controlada son los "phase shifters", elementos fundamentales en las arquitecturas de antenas de array. Las cualidades esenciales de éstos dispositivos deben ser la estabilidad de fase en función de la frecuencia y precisión angular, las bajas pérdidas de inserción y un tiempo de conmutación muy bajo.

Los phase shifters representan una parte importante del coste, volumen y peso de los sistemas phased array por lo que resulta lógico que el esfuerzo investigador en éste campo sea importante. En éste artículo se realiza un repaso a las tecnologías, tanto maduras como emergentes, utilizadas en los phase shifters.

Los phase shifters basados en ferritas han sido el medio más popular de controlar radares de arrays de alta potencia. Algunos de estos desfasadores pueden manejar potencias medias de cientos de vatios en bandas S y C o del orden de vatios con ondas milimétricas. Comparados con las otras posibilidades para phase shifters requieren mayor potencia de conmutación, son voluminosos, pesados y caros. Es una tecnología madura, pero sus características sólo los hace candidatos para sistemas terrestres y sistemas de comunicaciones basados en lentes.

Otra tecnología asentada es la de phase shifters basados en diodos, sobretodo circuitos basados en diodos PIN (de línea conmutada, híbridos y de línea cargada). Conmutan rápidamente y presentan bajas pérdidas por inserción. Su rango de aplicación son los sistemas terrestres y algunos sistemas aéreos. Tienen menor peso que los basados en ferritas y poseen un bajo coste, lo que hace de ellos una opción muy utilizada en sistemas con elevado número de módulos T/R. Sin embargo necesitan una potencia de control relativamente elevada lo que limita su portabilidad, aunque phase shifters basados en varactores requieren una potencia de control muy baja, con la contrapartida de una mayor pérdida por inserción.

Los desfasadores ferroeléctricos se han convertido en un importante campo de investigación durante la última década. Presentan ligereza y una potencia de control muy pequeña, por lo que podrían ser buenos candidatos para aplicaciones espaciales. Aunque tienen problemas de estabilidad térmica, diseños recientes han conseguido reducir la sensibilidad con la temperatura.

Los desfasadores basados en MMIC (integrados en módulos T/R MMIC) construidos sobre sustrato de AsGa utilizando procesado PHEMT, presentan el problema de altas pérdidas de inserción, en general entre 6 y 8 dB. Con el aumento de la utilización de tecnologías wireless por encima de 1 GHz en el sector de la electrónica de consumo, se han desarrollado procesos de bajo coste de producción de MMIC. Sin embargo, la producción de MMICs de aplicación militar ha permanecido hasta hace pocos años con unos costes mucho más elevados. En 2001 DARPA lanzó el programa ALA (Affordable Large Array), con el propósito de obtener módulos independientes T/R MMIC para banda X que se basasen en procesos de diseño y fabricación comerciales. En la tabla siguiente, se muestran los objetivos de este programa. Nótese el coste objetivo de producción (10 \$), comparándolo con el coste objetivo de los MEMS (5 \$). Este objetivo fue un requisito de producción para los contratistas. Nótese también que, gracias a una baja potencia de transmisión por unidad, no es necesario el uso de circuladores.

| | |
|-------------------------------------|------------|
| Coste (encapsulado) | <10 \$ |
| Frecuencia | 10 GHz |
| Ancho de Banda | +/- 10% |
| Potencia. Transmisión | >10mW pico |
| Ganancia. Transmisión | 15-20 dB |
| PAE (Power Added Efficiency) | >40% |
| Figura de ruido. Recepción. | 2.0-2.5 dB |
| Ganancia. Recepción | 20 dB |
| Nº de bits Phase Shifter | ≥3 |
| Consumo Potencia | 15 mW |

-Objetivos de prestaciones para cada módulo T/R. Programa ALA-

Debido a que el coste por unidad es bajo así como la potencia de transmisión, estos módulos están previstos para ser integrados en arrays de un gran número de módulos, es por ello que se inició otra línea dentro de ALA, la de encapsulación ligera, para así no penalizar el peso total del sistema. Así mismo, como línea innovadora, Raytheon está considerando conectar el chip T/R directamente al elemento radiante y utilizar para la pasivación de los MMICs revestimientos de GaN y de SiC como único encapsulado.

Los sistemas en phase shifters basados en MEMS utilizan los mismos circuitos que los desfasadores basados en diodos. También son muy ligeros, baratos y tienen pérdidas por inserción muy similares a éstos, además, la potencia de control de la conmutación es del orden de microvatios, lo que la hace varios ordenes de magnitud menor que la de los diodos. Todas estas buenas cualidades, aunque poseen un tiempo de conmutación regular (en torno al microsegundo), harían de ellos unos candidatos muy

interesantes para la mayoría de aplicaciones de phased arrays, sin embargo, problemas de estabilidad y fiabilidad durante el ciclo de vida han impedido y retrasado su implementación hasta que la tecnología madure.

Estos problemas han sido constatados por la agencia DARPA de EEUU en programas como el RECAP (Reconfigurable Antenna Program) y el LCCMD (Low Cost Cruise Missile Defence). La información más significativa extraída del programa LCCMD, es en lo relativo al tiempo de vida operacional de los MEMS (en concreto de los RF MEMS), éste estaba limitado a unos 100 millones de ciclos de conmutación. En una aplicación de radar, el phase shifter puede necesitar ser conmutado 1000 veces por segundo, lo que resultaría en un tiempo de vida operacional de tan sólo un día de operación continua. Esto puede ser más que suficiente para un buscador de un misil, pero es claramente insuficiente para la mayoría de las otras aplicaciones de radar.

No fueron éstos los únicos problemas que el programa LCCMD tuvo con la tecnología de los RF MEMS, ya que la producción se vio resentida por la falta de un proceso estable y maduro. La tecnología de encapsulado de RF MEMS está mucho menos madura que la propia tecnología de RF MEMS. Como resultado, un desfaseador cuyo coste de producción es de unos pocos dólares, termina, al ser encapsulado, por costar unos 30-40 dólares. En 2002, el programa LCCMD ha pasado de una arquitectura basada en un array con MEMS a una arquitectura con módulos MMIC activos. Como consecuencia también de los resultados obtenidos por el programa ALA y reconociendo que los problemas encontrados con los RF MEMS eran resultado de inmadurez tecnológica, más que de problemas inherentes a la física, DARPA inició el programa RFIMP (RF MEMS Improvement

Program) en 2002. Este programa se centra en la banda X. Los objetivos del programa son, en lo relativo al conmutador MEMS RF, conseguir mejorar los procesos de fabricación y obtener las prestaciones indicadas en la tabla siguiente:

| | |
|---|--|
| Tiempo de vida (Almacenado) | > 10 años |
| Tiempo de vida (Operacional) | > 100e9 ciclos con alimentación y conmutando señal de RF |
| Entorno Operacional | -40°C a 60°C, 80% humedad, baja altitud |
| Velocidad Conmutación | < 50 µs |
| Máx. tiempo de conmutación activada a ON | >1 minuto |
| Potencia de Actuación de Conmutación | < 1mW |
| Pérdidas por Inserción (Encapsulado) | < 0.3 dB banda X < 0.5 dB banda Ku < 0.7 dB banda Ka |
| Aislamiento | < 20 dB |
| Pérdidas de retorno | < 15 dB |
| Potencia controlada | >1 W potencia pico |
| Coste (encapsulado) | < 5\$ |

- Objetivos de prestaciones para MEMS. Programa RFIMP-

En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones para la consecución de phase shifters capaces de realizar formación de haz para antenas de banda ancha. Los phase shifters fotónicos representan una interesante tecnología por su gran ancho de banda, inmunidad a EMI y ligereza de peso. Como contrapartida, destacan su inmadurez y los altos costes de los componentes y de instalación de éstos.

Finalmente, se resumen las características principales de cada tecnología para phase shifters en la tabla siguiente:

| | DIODO PIN | Ferrita Toroidal | Ferrita Dual Mode | Ferrita Campo Rotatorio | Ferroeléctrico | Módulo T/R (AsGa MMIC) | MEMS |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|---|
| Tiempo Conmutación | BUENO (50-200 ns) | REGULAR (2-5 µs) | MALO (20-100 µs) | MALO (100-200 µs) | MUY BUENO (1 ns) | BUENO (5-200 ns) | REGULAR (2-4 µs) |
| Precisión Angular | 4° | 2° | 2° | 1° | | 1-2° | 1-2° |
| Pérdidas por Inserción | BUENO (1-1.5 dB) | MUY BUENO (0.6 dB) | MUY BUENO (0.9 dB) | MUY BUENO (0.2 dB) | REGULAR (3-6 dB) | MALO (4-8 dB) | BUENO (1-1.5 dB) |
| Potencia de Control | REGULAR (30-100 mW) | MALO (100 mW) | MALO (100 mW) | MALO (2 W) | MUY BUENO (0.05-0.1mW) | MUY BUENO (0.1-0.2mW) | MUY BUENO (0.05-0.1mW) |
| Máxima Potencia Controlada | 2 W | 10 W | 20 W | >200 W | 1-5 W | >10 W | 2-10 W |
| Coste | BUENO (20\$) | Muy malo (100\$) | Muy Malo (100\$) | Muy Malo (100\$) | Bueno | Regular Potencia (30\$) Muy Bueno (Programa ALA 10\$) | Muy Bueno (5\$) Con encapsulado Bueno (20\$) |

DETECTORES IR DE PbSe: un ejemplo de tecnología dual de desarrollo nacional

La tecnología de base para sensores de estado sólido basados en Seleniuro de Plomo (PbSe) policristalino lleva siendo trabajada desde hace unos 30 años. Sin embargo, a nuestro conocimiento, no existen detectores de tercera generación basados en matrices (FPAs) de PbSe, fundamentales para el desarrollo de sensores de infrarrojo no refrigerados en la región de 3-5 micras baratos y rápidos¹ y que requieran una sensibilidad media. La madurez de la tecnología que durante una década lleva desarrollando el CIDA hace posible prever una transferencia a la industria para aplicaciones duales.

¹Las mejores alternativas se sitúan en torno a 10 milisegundos, 100 veces más lentos que los detectores de PbSe

Entre las aplicaciones militares que se prevén, se citarán las de su uso en munición inteligente y/o guiado terminal, junto con las de protección individual del combatiente mediante la detección de gases o agentes tóxicos en el campo de batalla.

Entre las aplicaciones civiles, citaremos: detectores térmicos de partes mecánicas de vehículos en movimiento (bielas de trenes, por ejemplo), apertura selectiva de Air-bags mediante sensores de presencia, detección de focos calientes en termografía industrial, medio-ambiental, etc.

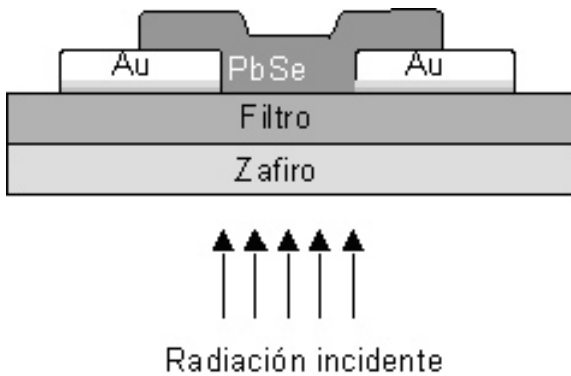


Fig. Esquema de funcionamiento de un detector integrado con su filtro interferencial

La situación tecnológica actual es bastante prometedora y comparable a la de EE.UU, única alternativa a nivel mundial, tal y como se viene observando por el interés creciente que despiertan en el extranjero las actividades que el CIDA viene desarrollando en relación a este asunto. Básicamente, ésta viene descrita por los siguientes puntos:

- Se procesan detectores individuales (o conjuntos de los mismos como es el caso de la espoleta VT-IR) y matrices FPA. En la figura derecha, vemos una imagen de una FPA típica de 16x16 elementos y sus dimensiones y principales características listadas en la tabla 1. Valores

típicos para su detectividad pico a temperatura ambiente son del orden de $3 \times 10^9 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ y anchos de banda de operación en torno a 10 KHz. Se cree que con la tecnología actual se podrá llegar hasta matrices de 32x32 sin degradación de sus prestaciones.

| | |
|--|-------------|
| Número de "leads" | 32 |
| Tamaño matriz (mm x mm) | 14.1 x 14.2 |
| Pitch (μm) | 640 |
| Área de pixel ($\mu\text{m} \times \mu\text{m}$) | 575 x 555 |
| Filling factor (%) | 77 |

Tabla 1. Principales parámetros geométricos de una matriz 16x16

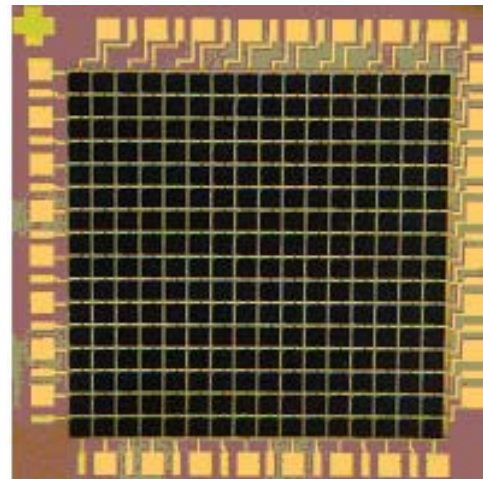


Fig. Vista frontal de una FPA típica de 16x16

- Se está estudiando y adquiriendo la tecnología para la integración monolítica de matrices detectoras de media y alta densidad con su electrónica de lectura tipo CMOS. Esto facilitará el desarrollo de sensores cada vez más manejables y con mayores prestaciones. Dentro de esta línea, se están llevando a cabo dos principales áreas de trabajo: la compatibilidad de la circuitería standard tipo CMOS con los tratamientos térmicos propios de los detectores de PbSe para su activación y la compatibilidad de los contactos de tales detectores con las capas de aluminio intrínsecas a la tecnología CMOS. Este segundo punto es de especial interés, ya que se debe estar seguro que no existe interdifusión entre las capas de Al propias de la electrónica CMOS y el Au que compone los contactos de los detectores. El fenómeno de la interdifusión entre los metales Au y Al es un fenómeno térmicamente inducido y que degrada profundamente las prestaciones de la electrónica y detector si no se controla. Para solucionar este problema, se han insertado a los diseños electrónicos CMOS unas capas que

impiden esta interdifusión asegurándose, al día de hoy, que se ha alcanzado un compromiso aceptable entre las capas de interdifusión incorporadas a los diseños CMOS electrónicos y el tratamiento térmico que necesitan los detectores, de modo que las prestaciones del ROIC y de los detectores no se han degradado. En la figura siguiente, observamos una oblea test obtenida tras la integración monolítica de los detectores con su ROIC.

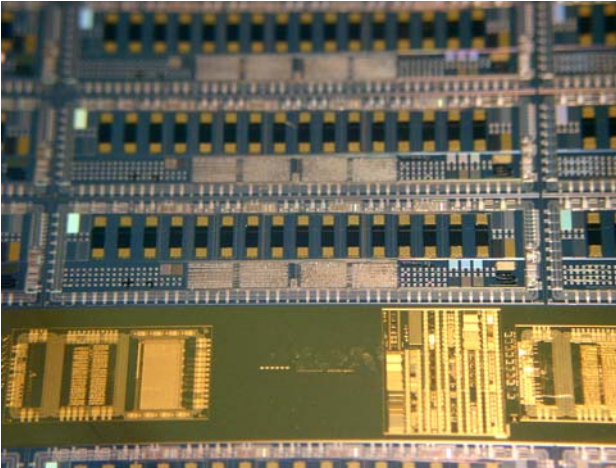


Fig. Oblea de prueba CMOS después del proceso PbSe

- Se ha demostrado con éxito y por primera vez en el mundo, la posibilidad de integración monolítica del sensor con un filtro interferencial, que permite una elección a conveniencia de la respuesta espectral. La próxima generación de sensores

mejorará sus prestaciones no solamente aumentando su sensibilidad mediante el aumento de la densidad por unidad de área, de elementos activos, sino diseñando arquitecturas donde electrónica de lectura, óptica y elementos de detección estén integrados en unidades compactas. De modo análogo a lo expuesto en el apartado anterior, la integración de un filtro óptico debe ser compatible con los tratamientos térmicos a los que se someten los detectores para su activación. Pero una nueva línea de trabajo específica se abre en este tema: la estabilidad mecánica de las capas de PbSe depositadas directamente sobre el filtro (constituido básicamente por capas de SiO y Ge), ya que los coeficientes de dilatación térmicos de estas capas son muy distintos a los del PbSe. Al día de hoy, se ha encontrado un método de deposición que minimiza la inestabilidad mecánica de las capas depositadas sobre el filtro interferencial, obteniéndose detectores sin degradación de sus prestaciones.

En resumen, el desarrollo de la tecnología de base de detectores de PbSe, de índole exclusivamente nacional, ha alcanzado un grado de madurez que permitiría su transferencia a la industria en aplicaciones de índole dual donde se requiera sensores robustos, baratos, rápidos y fiables en un estado de evolución considerado de referencia a nivel mundial.

AGENDA

"Asistencia y Protección ante Armas Químicas"

Ministerio de Defensa. 1º Curso para estados latinoamericanos y del Caribe miembros de la OPAQ
 Madrid, 13-23 Sept 2004

"Gestión de Programas"

DGAM, Curso Especialización. 2ª edición. BOD num.109
 Madrid, 20 Sept-30 Nov 2004

"Terahertzios"

LOI, R&T
 Tecnologías disruptivas
 Edimburgo, 22-23 Sept 2004

"Computación avanzada"

LOI, R&T
 Tecnologías disruptivas
 Suecia, Oct 2004

Radec 2004

Efectos de la radiación en componentes optoelectrónicos y dispositivos fotónicos.
 Inta, Madrid, 22-24 Sep
<http://www.inta.es/dept/radecs/>

"Working for the future: Long-term approaches to European defence Capabilities"

Fondation pour la Recherche Strategique, European Seminar
 Paris, 11-12 Oct 2004
<http://www.frstrategie.org>

"Countering Improvised Explosive Devices (IED)"

NATO International Seminar
 Madrid, 18-19 Oct 2004
<http://www.mde.es/dgam/SYMPOSIUM/file/convocatory1.htm>

"Knowledge-based Radar Signal & Data Processing"

NATO RTO, SET-063
 Lecture Series
 Madrid, 28-29 Oct 2004
<http://www.rta.nato.int>

"Pathological Aspects and Associated Biodynamics in Aircraft Accident Investigation"

NATO RTO HFM-
 Madrid 28-29 Oct-2004
<http://www.rta.nato.int>

"VIIIth INTERNATIONAL CBRN DEFENCE SYMPOSIUM"

Defence Academy of the United Kingdom
 Shrivenham, 10-12 Nov 2004
<http://www.rmcs.cranfield.ac.uk/symposia/2004cbrn>

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa ahora en Internet

Disponible en <http://www.mde.es/dgam/observatec.htm>