



INA F

E LA TECNOLOGIA

Soluzioni innovative e ricadute industriali dell'astrofisica

Ogni volta che un grande telescopio spinge il suo sguardo oltre i limiti dell'orizzonte conosciuto, anche il nostro orizzonte si amplia. E ogni volta che un satellite esplora i meandri più remoti dell'universo, qualcosa resta a Terra. Qualcosa che riguarda la nostra vita quotidiana: nuove tecnologie, materiali d'avanguardia, soluzioni inedite a problemi di tutti i giorni. Questo perché, dai primi telescopi di Galileo all'Hubble Space Telescope, l'astrofisica ha sempre avuto sete di tecnologie e materiali d'avanguardia. Tecnologie e materiali ai limiti del possibile, non disponibili sul mercato, dunque da ideare e realizzare ex-novo. Tecnologie e materiali – come il processamento digitale delle immagini o le schiume a memoria di forma – che hanno radicalmente migliorato non solo il nostro modo di fare scienza, ma anche la qualità delle nostre vite.



Dita meccaniche con il senso del tatto

Circuito elettronico per la misura di una grandezza fisica generata da un attuatore

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Così come le dita possono esercitare una pressione e al tempo stesso darci la sensibilità al tatto, il brevetto aggiunge la funzione e le prestazioni di un sensore

Il brevetto è stato sviluppato nei laboratori INAF di Arcetri per ottenere la misura della deformazione direttamente da qualunque tipo di attuatore utilizzato negli specchi per le ottiche adattive.

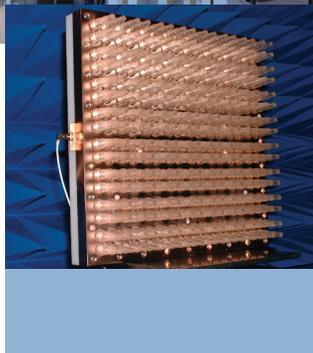
a tutti i tipi di attuatori per i quali esiste una relazione tra la loro impedenza e la grandezza fisica generata. Questa trasformazione in dispositivo con duplice prestazione è ottenuta implementando circuiti che pilotano l'attuatore e contemporaneamente

ne misurano l'impedenza. Il metodo può essere vantaggioso per molteplici applicazioni industriali e per le più variegate tipologie di attuatori, essendo adattabile a qualunque tipo di impedenza.

Dal punto di vista dell'utilizzo industriale, la possibilità di ottenere un sensore laddove c'era soltanto un attuatore può consentire ai sistemi di controllo esistenti un riposizionamento verso l'alto delle prestazioni. Infatti, ottenere la misura di una grandezza senza dover sostenere il costo e lo spazio occupato da un sensore reale può essere un vantaggio notevole per tutti quei sistemi che mirano ad una riduzione dei costi e delle dimensioni. Senza contare l'incremento di affidabilità, ad esempio per tutti quei sistemi che dipendono da sensori installati in ambienti ostili e sottoposti a condizioni ambientali estreme.

In una cifra

Zero: il numero di sensori necessari per controllare a loop chiuso un sistema che usa questo brevetto.



L'antenna satellitare? È una mattonella spaziale

*CAPSA - Compact Planar Array
for Satellite Applications*

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte - architettura](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#)
| [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) |

Paesaggi urbani deturpati e trasformati in uno scomposto campo di girasoli elettronico. E antichi tetti di cotto soffocati da miriadi di padelle metalliche, il cui sguardo fisso è perennemente orientato non più verso il sole, ma a cercare l'orbita geostazionaria di qualche satellite artificiale.

A seguito della forte espansione, avvenuta nell'ultimo decennio, del campo delle telecomunicazioni satellitari, un numero sempre crescente di antenne paraboliche popola gli edifici cittadini. Generando evidenti inestetismi, soprattutto nei centri storici e in zone ad alta valenza artistica.

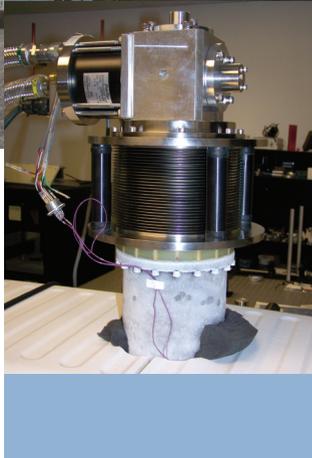
Ma le antenne devono essere proprio così brutte e ingombranti? Non è detto. Il team Inaf che ha progettato il telescopio spaziale Planck ha sviluppato le "antenne a geometria planare": piatte, compatte e a basso impatto ambientale. Grazie alle

dimensioni contenute e alla geometria planare, queste antenne sono in grado di offrire un impatto visivo modesto, pur garantendo un'elevata direttività. Non solo: la possibilità di orientare il fascio via software permette di contenere i costi di installazione e di manutenzione.

Le antenne a geometria planare sono state sviluppate presso l'Inaf-Oas Bologna grazie alle competenze di modellistica, progettazione e caratterizzazione dei materiali derivanti dal progetto ASI/INAF Planck-LFI. Le società private che hanno collaborato sono: Officine Pasquali Firenze (FI), RTW-Navacchio (PI), Sputtering S.r.l. (Bellusco, MB), T.O.P.P. Srl (Sandrigo, VI), NuovaEurrotar (Tivoli, RM) e Ics Modena (MO).

In una cifra

300 x 300 x 80 mm: sono le dimensioni di un pannello di 256 elementi radianti con un guadagno di 30 dBi.



Una telecamera a infrarossi da brivido

AMICA - Camera infrarossa multibanda (2 – 25 μm) per osservazioni astronomiche dall'Antartide

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Arriva dai ghiacci eterni dell'Antartide. Si chiama AMICA. Ed è una telecamera a infrarossi in grado di funzionare a meraviglia anche a temperature polari. Svilupp-

AMICA è nata come progetto astrofisico per effettuare osservazioni astronomiche dall'Antartide con dettaglio di immagine nel vicino infrarosso (2 – 5.5 μm) e nel medio infrarosso (7 – 25 μm). Alla sua realizzazione hanno preso parte gli Osservatori astronomici Inaf di Collurania (Teramo), Padova, Torino e Milano. Hanno collaborato alla realizzazione di veri e propri sottosistemi di AMICA la SkyTech S.r.l. (La Spezia) e l'IRLabs Inc. (Tucson, AZ, USA).

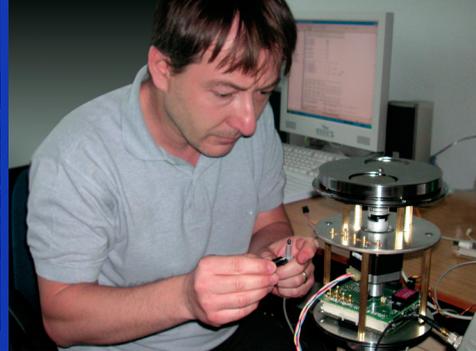
ata per effettuare osservazioni astronomiche dal Polo Sud, anche a 90 sotto zero AMICA continua a lavorare a pieno regime,

scattando immagini "termiche" al ritmo di 350 al secondo.

Una tecnologia con un vastissimo campo di applicazioni, dunque: monitoraggio ambientale in condizioni estreme, controllo ad alta velocità del comportamento termico di dispositivi elettronici e meccanici, sistemi di protezione dalle valanghe in alta montagna. Una tecnologia resa possibile dalla sfida che hanno dovuto affrontare gli astrofisici in Antartide: benché sia il "paradiso terrestre" dell'astronomia infrarossa, il plateau antartico offre infatti condizioni ambientali infernali. Per non parlare dei rigidi vincoli finanziari imposti dal budget risicato a disposizione dei ricercatori. Ostacoli che hanno imposto l'adozione di soluzioni tecnologiche innovative e a basso costo. Senza per questo penalizzare le performance: appena 2.87 ms per ciascuna immagine MIR (7 – 25 μm) di 128 x 128 pixel.

In una cifra

-90° C: è la minima temperatura ambiente alla quale AMICA riesce a lavorare automaticamente a pieno regime, rispetto ai -20° C dei dispositivi commerciali e ai -55° C dei dispositivi militari.



Fulmini in arrivo. Una sentinella atmosferica ti avverte

EFM - Misuratore di campo elettrico atmosferico

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Un temporale improvviso, la finestra lasciata aperta... È capitato a tutti, nonostante le previsioni del tempo sempre più affidabili. Poco male, ci si arma di secchio e stracci e tutto si risolve. Esistono però siti e situazioni in cui un forte temporale, o un fulmine, può causare danni ben più seri: impianti industriali, ponti radio, stazioni broadcasting, radar, aeroporti, funivie... Un dispositivo in grado di segnalare per tempo, e in modo automatico, l'approssimarsi della tempesta risolverebbe il problema: potrebbe avviare procedure d'emergenza, per esempio, o più semplicemente azionare attuatori per chiudere le finestre.

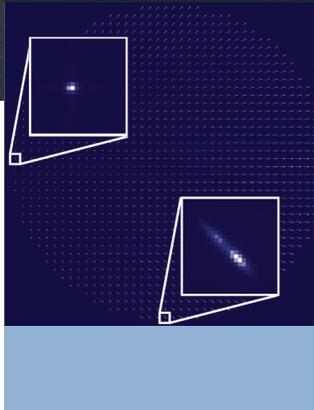
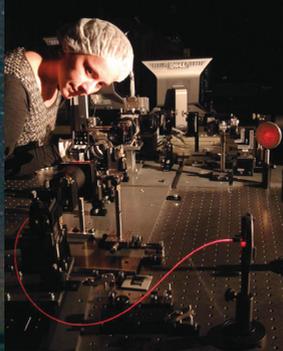
Come fare? Se un tempo ci si doveva affidare al volo delle rondini, ora c'è EFM, l'Electric Field Meter: misurando le variazioni del campo elettrico atmosferico in alta frequenza (fino alle centinaia di kHz) e

ad alta intensità (fino a 15kV/m), può anticipare e seguire lo sviluppo di un temporale in tutte le sue fasi, dalle prime avvisaglie all'allontanamento. Non solo: con una rete di più sensori EFM, sincronizzati tramite un GPS integrato, si può determinare anche la direzione di arrivo della cella temporalesca. Ampliando così il campo d'applicazione di EFM dalla prevenzione alla meteorologia e al monitoraggio dei fenomeni di inquinamento atmosferico.

EFM nasce come strumento di monitoraggio delle condizioni ambientali per le stazioni remote di SKA (lo Square Kilometre Array) e dal progetto delle schede di controllo dei ricevitori del Sardinia Radio Telescope. È stato progettato e realizzato dall'Inaf-Ira di Medicina (BO), in collaborazione con la MTX srl (Padova).

In una cifra

Dal 22% al 60%: è il risparmio energetico di EFM rispetto ad analoghi strumenti già in commercio. Caratteristica che ne consente l'impiego in luoghi senza rete, ricorrendo a batterie e pannelli fotovoltaici.



Un firmamento laser per una vista da falchi

LGSWFS - Sensore di fronte d'onda di alti ordini per sistemi di ottiche adattive con stelle artificiali

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Anche il migliore dei telescopi, prima o poi, si deve arrendere. Per quanto perfette le sue ottiche e i suoi componenti, quando le prestazioni richieste superano una certa soglia, il nemico arriva da fuori. E si chiama atmosfera. Per la precisione, turbolenza at-

essa, nello spazio. Oppure, si può far ricorso alle moderne ottiche adattive: sistemi in grado di correggere le aberrazioni senza sosta, anche migliaia di volte al secondo.

Occorre però misurarle in tempo reale, queste aberrazioni. LGSWFS, il prototipo di sensore di fronte d'onda sviluppato per E-ELT (il futuro telescopio europeo da 42 metri), ci riesce grazie a un "firmamento" artificiale di stelle di riferimento, fatte con il laser. Fra i potenziali campi d'applicazione, c'è anzitutto l'oftalmologia: misurare le aberrazioni dell'occhio umano, distinguendo il contributo della cornea da quello del cristallino. Ma l'ottica adattiva fa gola anche a chiunque debba trasmettere dati ad altissima velocità con un raggio laser, per esempio. O realizzare concentratori solari ultra-efficaci per la produzione di energia pulita.

Nato per lo studio di un modulo di ottica adattiva multiconiugata per il futuro European Extremely Large Telescope, il prototipo LGSWFS è stato progettato e realizzato, grazie a un finanziamento del Settimo Programma Quadro dell'Unione Europea, nel laboratorio dell'INAF-Osservatorio Astronomico di Bologna.

mosferica: irrequieta e imprevedibile, l'atmosfera introduce aberrazioni tali da pregiudicare la nitidezza delle immagini. Si possono porre i telescopi al di sopra di

In una cifra

1250 sottoaperture: sono le micro-lenti del firmamento artificiale di LGSWFS. I sensori per gli attuali telescopi da 8 metri di diametro sono da 5 a 10 volte di meno.



Dalle comete ai vulcani misurando polveri ultrasottili

*DUSTING - Sensori di polvere
per ambienti spaziali*

| *aerospazio* | *ambiente* | *automazione* | *arte* | *biologia* | *elettronica* | *energia* | *informatica* |
| *meccanica* | *medicina* | *microstrutture* | *ottica* | *sicurezza* | *telecomunicazioni* | *altro* |

Hanno pesato al miliardesimo di grammo la polvere della coda di una cometa e le particelle che stanno nei grandi spazi interstellari. Sono in grado di misurare grani di particolato da un milionesimo di millimetro. Sfruttano le proprietà dei cristalli di quarzo, e sono fra i sensori più sensibili al mondo. Sviluppati per le applicazioni spaziali più estreme, come la missione Stardust della Nasa, questi sensori miniaturizzati possono essere impiegati anche sulla Terra, ovunque occorran misure accurate delle polveri ultrasottili: dal monitoraggio attivo di particelle nell'atmosfera terrestre a quello del particolato prodotto in seguito a esplosioni.

I sensori di polvere possono essere utilizzati anche a bordo di piccoli velivoli teleguidati, per esempio per monitorare zone di difficile accesso: aree ad alta radioattività, investite da incendi, colpite da incidenti

chimici o da eruzioni vulcaniche, come per esempio nel caso del vulcano islandese Eyjafjöll, che nella primavera 2010 ha bloccato il traffico aereo di mezza Europa. Le informazioni sulle caratteristiche fisiche e sulla concentrazione della polvere possono essere fornite in tempo reale, mentre le caratteristiche chimiche del campione raccolto possono essere analizzate in un secondo tempo nei laboratori a terra.

I sensori del progetto DUSTING sono a bordo di alcune fra le più ambiziose missioni spaziali dell'ESA, come Rosetta ed ExoMars. Nella loro progettazione e sviluppo sono stati coinvolti gli Osservatori astronomici Inaf di Capodimonte (NA) e Trieste, insieme a Selex-Galileo S.p.a. (FI), Techno System Developments S.r.l. (NA), Marotta A.T. S.r.l. (NA) e Novaetech S.r.l. (NA).

In una cifra

10^{-8} m. È la dimensione minima dei grani di particolato rivelabili: polveri mille volte più "sottili" delle PM10.



Specchi perfetti con i cannoni ionici

IBF - Lavorazioni ottiche di alta precisione tramite tecnica Ion Beam Figuring

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

È una sorta di sabbatrice atomica: il suo cannone non spara sabbia o microsferi metalliche, ma ioni di gas. Se volete lavorare uno specchio con una precisione ai limiti del possibile, è lo strumento ideale: la tecnologia IBF permette di ottenere i massimi livelli di correzione sulle ottiche,

con errori nell'ordine dei nanometri.

Il procedimento, chiamato Ion Beam Figuring, si può applicare a qualunque tipo di forma ottica (free-form), ed è deterministico. La lavorazione delle ottiche avviene quindi in modo efficiente e veloce. È di solito sufficiente un solo ciclo di lavorazione per completare la lavorazione dell'ottica. Le applicazioni riguardano tutti gli ambiti in cui sono necessarie ottiche di alta precisione, come quelle richieste nelle beamline dei sincrotroni, nei concentratori UV per nano litografia, negli interferometri ottici e nelle missioni spaziali di monitoraggio terrestre o per la difesa.

La tecnologia IBF è stata utilizzata all'Inaf-Osservatorio Astronomico di Brera (MI) per la correzione dei mandrini per il manufacturing di ottiche X destinate a missioni spaziali astronomiche. E, in collaborazione con Selex-Galileo (Firenze), per la lavorazione di ottiche in banda visibile/infrarosso (per esempio, quelle dello strumento Nirspec, lo spettrometro a bordo di JWST, il successore del telescopio spaziale Hubble).

Presso l'Inaf-Osservatorio Astronomico di Brera (MI) sono state sviluppate due facility Ion Beam Figuring, una delle quali è fra le maggiori attualmente disponibili al mondo: permette di lavorare ottiche fino a 1500 mm di diametro.

In una cifra

$\lambda/100$, un centesimo di lunghezza d'onda: è la precisione ottica resa possibile dalla tecnologia IBF. Un valore al top fra quanto è possibile ottenere oggi.



Materiali spaziali per l'ortopedia e l'odontoiatria rigenerativa

SiC-PECVD - Deposizione di Carburo di Silicio (SiC) tramite tecnica PECVD

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Si chiama carburo di silicio (SiC), ed è un materiale dalle proprietà mozzafiato: leggero, resistente, rigidissimo, dalla stabilità termica invidiabile. Ora, grazie alla tecnologia PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition), sviluppata dall'Inaf pensando ai telescopi terrestri e spaziali, è anche facile ed economico lavorarlo. La tecnica PECVD permette infatti di depositare il SiC a bassa temperatura su substrati di vario genere e con costi contenuti.

Le possibili applicazioni spaziano dalle ottiche per satelliti di monitoraggio terrestre all'avionica, dalla produzione di specchi X per sincrotrone fino alla biomedicina. Le proprietà del carburo di silicio, abbinate alla sua relativa economicità (per esempio, rispetto alla ceramica), lo rendono infatti un materiale perfetto per rivestire le protesi ortopediche, riducendo la necessità di ricorso ai re-impianti e l'insorgere di

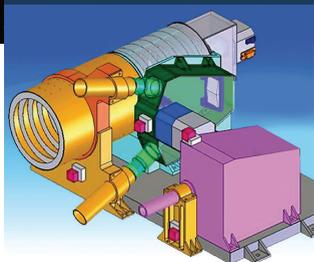
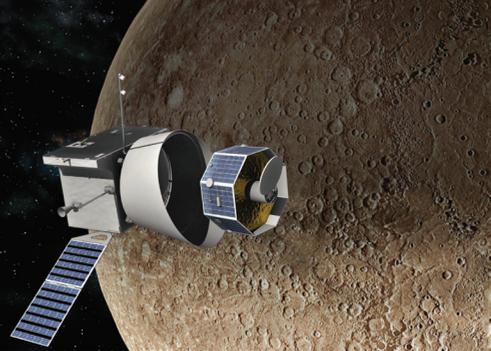
allergie. Non solo: la nota biocompatibilità del carburo di silicio, unita alla capacità delle cellule staminali mesenchimali umane isolate da tessuto adulto di aderire al SiC-PECVD e di mantenere la loro capacità

Ideata per telescopi sulla Terra (come E-ELT, lo European Extremely Large Telescope) e nello spazio (per esempio, a bordo dei satelliti BeppoSAX, Swift, XMM e IXO), la tecnologia SiC-PECVD è stata investigata, grazie al finanziamento PRIMA ottenuto nel 2005, dall'Inaf-Osservatorio astronomico di Brera (MI) insieme al Cetev Lab (Selex-Galileo, Firenze).

differenziativa verso la linea osteogenica (cellule ossee), apre prospettive promettenti per l'impiego del SiC-PECVD anche in campo odontoiatrico.

In una cifra

200 °C: è la temperatura alla quale si deposita il SiC-PECVD, 1000 gradi in meno rispetto al processo CVD. La bassa temperatura di processo riduce i costi e apre nuovi possibili campi applicativi.



Arriva da Mercurio l'imager hires resistente alle radiazioni

*HRIC - High spatial Resolution
Imaging Channel*

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Indispensabili per il monitoraggio ambientale, i satelliti posti su orbite basse sono però il punching-ball dei raggi cosmici e delle fasce di van Allen: costretti ad

HRIC è un componente del sistema SIMBIO-SYS (Spectrometers and Imagers for MPO BepiColombo Integrated Observatory SYSTEM), destinato alla missione spaziale ESA BepiColombo. Il suo scopo è l'osservazione delle strutture morfologiche superficiali (scarpe, fosse, domi vulcanici e crateri) di Mercurio. È stato sviluppato dall'INAF - Osservatorio Astronomico di Capodimonte (NA) e dalla Selex-Galileo S.p.A. (FI).

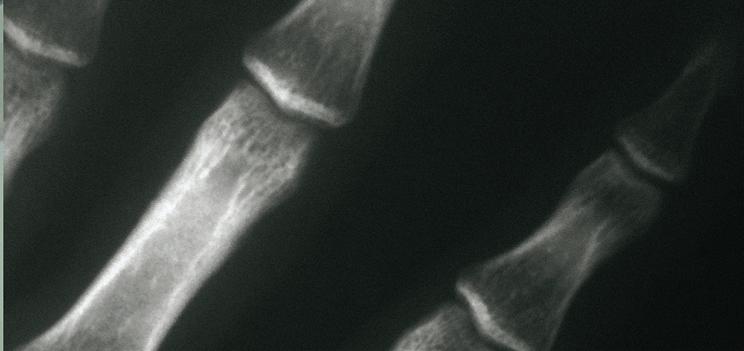
attraversare il terreno di scontro fra vento solare e campo magnetico terrestre, i loro strumenti rischiano continuamente di rimanere danneggiati dagli intensi livelli di

radiazione. A meno che non siano opportunamente corazzati. Come la camera ad alta risoluzione HRIC: progettata per orbitare attorno a Mercurio, dunque in un ambiente più ostile che mai, ha un disegno optomeccanico compatto, scalabile e a elevati livelli di radiation-hardness tolerance.

Implementando le soluzioni tecnologiche sviluppate per HRIC a bordo di satelliti in orbite terrestri basse, è possibile realizzare strumenti spaziali più robusti e più resistenti alle condizioni ambientali avverse. Senza che questo vada a scapito della qualità: HRIC permetterà infatti di effettuare una caratterizzazione della superficie di Mercurio a 5 metri per pixel, un livello di dettaglio mai raggiunto prima. La tecnologia ideale, dunque, per garantire un monitoraggio dettagliato e prolungato della superficie terrestre anche ad elevate latitudini.

In una cifra

5 m/px: è la risoluzione spaziale raggiungibile da HRIC in orbita intorno a Mercurio.



Lastre senza paura con l'identikit dei raggi X

SSRX - Sistema spettrometrico on-line e Compton camera per la spettrometria dei raggi X

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | **medicina** | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

«Ora stia più fermo che può», ordina il medico. È un istante: un rumore un po' sinistro, e la lastra è pronta. Nessun dolore, nessun segno visibile che sia accaduto qualcosa. Ma quell'istante ci lascia sempre una lieve apprensione: per quanto sia stato breve, sappiamo che qualcosa è accaduto: siamo stati attraversati da un fascio di radiazione ad alta energia. Quanta, esattamente? In quali zone? E ancora: era proprio il dosaggio minimo indispensabile?

La conoscenza dettagliata dello spettro di un fascio diagnostico di raggi X è fondamentale per ottimizzare i protocolli degli esami, non solo per ridurre la dose somministrata al paziente, ma anche per migliorare la qualità delle immagini. È ciò che riesce a fare il sistema SSRX: sviluppato dagli astrofisici per mettere a punto i rivelatori delle missioni spaziali ad alta

energia, permette la misura in tempo reale dei parametri di funzionamento di un tubo RX, nonché una valutazione integrale del fascio emesso. Garantendo così ul-

SSRX è frutto dell'esigenza di caratterizzare con la massima precisione possibile il comportamento dei rivelatori e dei sistemi dei satelliti spaziali per l'astronomia X AGILE e INTEGRAL. È stato sviluppato dai ricercatori dell'Inaf-Oas Bologna, in collaborazione con il Dipartimento di fisica dell'Università di Bologna e il personale tecnico e sanitario del Policlinico S. Orsola-Malpighi (BO).

teriori margini di sicurezza alla tecnica diagnostica che più d'ogni altra ha rivoluzionato la storia della medicina.

In una cifra

50.000: è il range dinamico di sensore ed elettronica utilizzati nel loop di feedback per controllare il fascio emesso dal tubo RX in tutte le sue fasi, dall'accensione al funzionamento. Il range dinamico dei sistemi convenzionali raramente supera il valore 1000, dunque 50 volte inferiore.



Controllo in libertà con grappoli di sensori senza fili

Green Wireless Sensor Network

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Prendete i cinque sensi, aggiungetene qualcuno in più, e moltiplicateli per tutti i dispositivi che vi piacerebbe tenere co-

Partendo da un tecnologia già in commercio, e sfruttando le conoscenze acquisite nel campo della radioastronomia e delle tecnologie millimetriche in generale, l'Inaf-Oas Bologna e la Raptch S.r.l. (Roma) hanno adattato le schede Green-WSN in modo da ospitare più sensori di diverse tipologie.

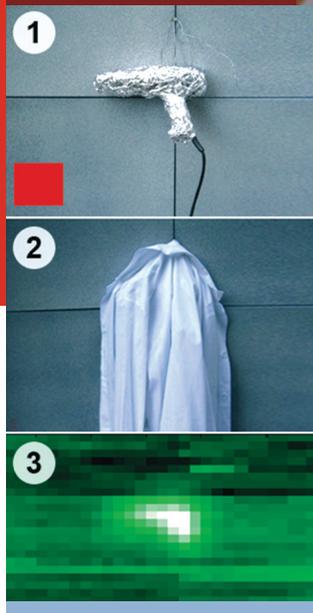
stantemente sotto controllo. Temperatura, pressione, umidità, energia consumata o prodotta, CO2 risparmiata... l'unico limite è la fantasia. Sparsi a piene mani ovunque

siano necessari (per esempio, in una energy farm, ogni pannello fotovoltaico potrebbe averne uno), i sensori wireless della piattaforma Green-WSN, basata sulla tecnologia ZigBee, si comporteranno come un'unica rete, permettendo una verifica efficiente ed economica dello stato di sistemi d'ogni genere, impianti industriali e persino delle singole abitazioni.

La piattaforma Green-WSN permette di gestire installazioni anche temporanee senza bisogno di alcun cablaggio. Le schede, alimentate a batteria e/o da pannelli fotovoltaici, alimentano anche i sensori a esse collegati, e inviano i dati acquisiti in modalità wireless. Non solo: la tecnologia ZigBee permette di creare reti mesh e di sfruttare l'hopping dei dati fra le varie schede, garantendo così grande elasticità nella configurazione.

In una cifra

255: sono i nodi che possono essere gestiti dalla piattaforma Green-WSN.



Implacabile e innocuo, il body scanner che viene dal cosmo

*ViKy - Videocamera
per immagini in banda Ka*

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | **sicurezza** | telecomunicazioni | altro |

In seguito all'intensificarsi di minacce di attacchi terroristici a bordo degli aerei, c'è da alcuni anni un'attenzione e una richiesta crescente per body scanner in grado di aumentare la sicurezza dei varchi aeroportuali creando il minor disagio possibile ai passeggeri. La videocamera ViKy, implementando la tecnologia sviluppata per indagare il fondo cosmico a microonde, risponde a questi requisiti: permette infatti d'individuare la presenza di oggetti metallici anche sotto ai vestiti, in condizioni di scarsa visibilità e in modo totalmente passivo: ovvero, senza esporre il soggetto ad alcuna radiazione. Tali caratteristiche rendono la tecnologia applicabile a sistemi di rivelazione di armi nascoste o a sistemi di video sorveglianza e assistenza aeroportuale.

La videocamera ViKy, già nella sua at-

tuale configurazione prototipale, è compatta e facilmente trasportabile. Il PC al quale è collegata permette di osservare

Le soluzioni implementate in ViKy derivano dalla tecnologia sviluppata per creare gli horn corrugati a 30 GHz dello strumento LFI (Low Frequency Instrument), montato a bordo del satellite dell'Esa Planck. Lo studio e la realizzazione del prototipo di ViKy è opera di ricercatori dell'Inaf-Oas Bologna.

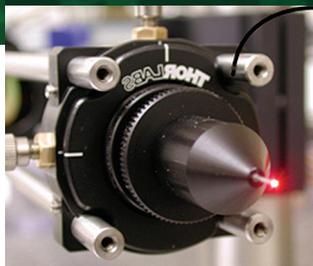
in tempo reale l'immagine della scena sia alle microonde sia nell'ottico. E rispetto ai tradizionali sistemi di mappatura termica, come per esempio i sensori a infrarossi, con la tecnologia a microonde è possibile osservare anche attraverso nebbia, fumo, polvere e pioggia.

In una cifra

1: al posto di un intero array di ricevitori, ViKy ha un solo reflect-array motorizzato e un'unica catena radiometrica, operante a temperatura ambiente. Ciò rende il sistema più economico.

senza ottica adattiva

con ottica adattiva



Microscopi in miniatura con le ottiche smart

MSO - Microscopy Smart Optics

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | **biologia** | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | **microstrutture** | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Rimpicciolire uno strumento inventato per ingrandire. Sembra un gioco di parole, ma in molte situazioni il poter disporre di microscopi al tempo stesso efficienti e miniaturizzati offre importanti vantaggi. Gli attuali obiettivi utilizzati nella microscopia

applicata alla biologia, basati su ottiche tradizionali, presentano infatti volumi ed ingombri spesso proibitivi per l'indagine su campioni difficili da raggiungere, oppure nel caso di applicazioni di microscopia in vivo, per le quali è necessario l'inserimento dell'obiettivo stesso nella zona in esame.

Frutto dell'esperienza acquisita nel campo delle ottiche adattive e delle smart-optics di piano focale utilizzate in astronomia, la tecnologia MSO è stata sviluppata presso l'Inaf-Osservatorio astronomico Padova, in collaborazione con il Venetian Institute of Molecular Medicine (VIMM, Padova) e la GRINTECH (Germania), grazie a un finanziamento destinato ai "Progetti d'eccellenza" della Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo.

Combinando la tecnologia delle ottiche graded index (GRIN) e quella per le ottiche adattive, l'Inaf-Osservatorio astronomico di Padova, in collaborazione con l'istituto VIMM, è riuscito a sviluppare e provare soluzioni per microscopi miniaturizzati in grado d'aprire nuove possibilità di indagine per la microscopia in vivo (in varie modalità: confocale, a fluorescenza, OCT), per le sonde endoscopiche (sia per applicazioni biologiche che per analisi superficiali di materiali) e nella realizzazione di optical tweezer per applicazioni in sistemi micro e nano strutturati.

In una cifra

0.5 mm.: le dimensioni fisiche degli obiettivi graded-index sono uno o due ordini di grandezza più contenute rispetto a quelle degli obiettivi basati su ottiche classiche.



Biblioteche con il telepass, la corsia privilegiata per i libri

*Gestione automatizzata di biblioteche
basata su tecnologia RFID*

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Prendere i volumi dagli scaffali della biblioteca come se fosse la libreria di casa propria. Entrare e uscire in tutta libertà, senza compilare moduli per il prestito o la restituzione. Con la velocità e la naturalezza con le quali si attraversa un varco Telepass in autostrada. E ogni volta che occorre, aggiornare l'intero inventario con la semplice pressione di un tasto. Una comodità impagabile, un notevole risparmio in termini di tempo e di costi. Soprattutto in contesti, come quelli accademici e di ricerca, nei quali la rapidità d'accesso alle pubblicazioni è cruciale.

Grazie alla tecnologia RFID, la biblioteca del futuro è già realtà. Una volta posizionati i lettori RFID presso gli scaffali o le postazioni di lettura, ogni volta che si consulta o si ripone un libro la posizione viene automaticamente registrata e archiviata nel database centrale.

In una cifra

2 metri: è la distanza di lettura alla quale può arrivare il varco.

Rispetto alle tecnologie comunemente usate, il sistema sviluppato dall'Inaf permette di localizzare, tracciare, fare l'inven-

Il progetto di gestione automatizzata di biblioteche basata su tecnologia RFID deriva dalle ricerche in capo radioastronomico e tecnologie millimetriche dell'Inaf-Oas Bologna, ed è stato sviluppato in collaborazione con la Raptch S.r.l. (Roma).

tario automatico e predisporre postazioni di prestito o di rientro libri automatizzate. Fra le caratteristiche che lo contraddistinguono, in particolare se confrontato con sistemi basati sui codici a barre, spiccano la robustezza e l'affidabilità di lettura, con conseguente aumento nell'efficienza di gestione delle risorse.



Il cervello italiano di Integral si dà alla bioinformatica

AVES - Cluster di calcolo scientifico dedicato ad Integral

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Per i suoi neuroni al silicio, galassie e molecole pari sono: che si tratti di correre nei meandri d'enormi database o di mettere in moto modelli 3D d'interazioni complesse, la sua architettura modulare è quello che ci vuole. Sviluppato presso l'Inaf-laps Roma per analizzare i dati del sa-

plicazioni.

Basato su un'architettura di tipo cluster, l'hardware di AVES consiste attualmente in 34 PC commerciali. Grazie all'architettura modulare, il sistema è però facilmente espandibile fino a 120 nodi, arrivando così a circa 1.5 teraflops di potenza, 1900 terabytes di storage e 480 gigabytes di ram veloce: il cervello ideale per la gestione di database veloci o per il rendering architeturale, industriale e scientifico. Ma anche per la modellazione 3D in ambito medico e bioinformatico, o per lo studio di interazioni molecolari attraverso le tecniche di dinamica molecolare e docking. Il software d'interfaccia, sviluppato ad hoc, effettua un adattamento al calcolo parallelo, aumentando così la velocità di esecuzione di programmi altrimenti non ricompilabili su architetture parallele.

AVES è stato ideato e realizzato presso l'Inaf-laps Roma per il satellite dell'Esa Integral. Allo sviluppo del software ha preso parte anche l'Istituto di Analisi dei Sistemi Informatici "Antonio Ruberti" del CNR di Roma.

tellite Esa per le alte energie Integral, AVES è un sistema di calcolo innovativo, a basso costo e facilmente esportabile ad altre ap-

In una cifra

70: è il fattore d'incremento della velocità di calcolo per il software di analisi OSA rispetto ai sistemi attualmente in uso.



Arriva dalle stelle il formato per conservare il passato

Digitalizzazione dei libri e manoscritti antichi conservati presso la Biblioteca Apostolica Vaticana

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte - beni culturali](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) |

Antichi manoscritti e immagini di stelle e galassie, libri secolari e segnali radio dal profondo dell'Universo. Lo spazio e i beni culturali hanno ora una cosa in comune: le prossime generazioni di studiosi ed appassionati potranno studiarli a partire dallo stesso formato digitale. La Biblioteca Apostolica Vaticana, che possiede una delle raccolte di libri e manoscritti antichi più importanti al mondo, ha iniziato nel 2011 un progetto di studio che relativo alla digitalizzazione in formato FITS, finora usato quasi esclusivamente in campo spaziale, di tutti i manoscritti più antichi conservati nella Biblioteca.

Il FITS ha superato tutte le prove ed è stato scelto per le sue caratteristiche di longevità, affidabilità, qualità e perché completamente privo di royalty.

Prima dell'avvio è stata necessaria una lunga fase di studio e sperimentazione,

dovuta alle caratteristiche uniche ed innovative del progetto e per arricchire lo standard FITS ed adeguarlo meglio alle

Gli astronomi dell'INAF hanno collaborato con la BAV in questa lunga fase di studio e fatto da interfaccia verso le istituzioni che gestiscono il FITS, cioè lo IAU e la NASA. Nel progetto di archiviazione sono coinvolti l'INAF IAPS di Roma e l'INAF 'OA Trieste.

necessità bibliografiche. Attualmente il progetto è operativo ed è stata completata la digitalizzazione di circa il 20% dei manoscritti, con la possibilità di effettuare ricerche automatiche che apre al mondo scientifico e accademico possibilità di studio finora mai esplorate, e offrendo a tutti la visione di questi capolavori.

In una cifra

42 x 100: I dati digitalizzati in FITS occuperanno oltre 40 petabyte di spazio e ne sarà garantita la leggibilità per almeno 100 anni, Un'eternità nel frenetico mondo dell'informatica in cui tutto cambia in pochissimo tempo.



Training spaziale per satelliti

Camera a plasma S.W.I.P.S. - Simulatore di plasmi spaziali

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Mandare strumenti e dispositivi in orbita costa caro. È dunque cruciale poter simulare prima del lancio come il payload si comporterà una volta lassù. La camera a plasma S.W.I.P.S (Solar Wind and Ionospheric Plasma Simulator) è in grado di riprodurre l'ambiente sperimentato da

zionamento, della conformità alle specifiche di progetto e della compatibilità con il plasma dei payload progettati per operare a bordo di satelliti.

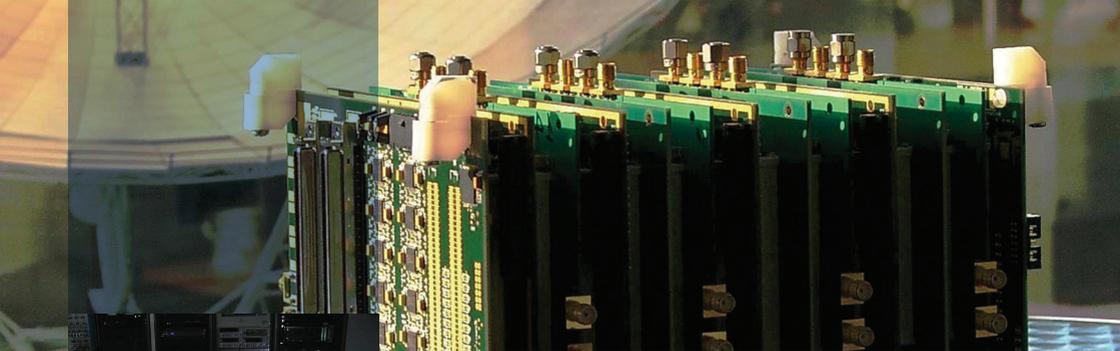
Nella modalità di simulatore di plasma ionosferico, il plasma ha una velocità di circa 8 km/s per simulare il moto relativo tra satellite e ionosfera, mentre un sistema di bobine controlla il campo magnetico ambiente simulando l'assetto del satellite, sia per orbite polari che equatoriali. La sorgente di vento solare invece, genera un flusso di plasma più tenue e veloce raggiungendo velocità di centinaia di km/s. Le sonde di diagnostica del plasma ambiente misurano i parametri del plasma nell'intorno del dispositivo sotto test. I parametri del plasma sono rappresentati in tempo reale, permettendo una valutazione immediata delle interazioni tra il payload e l'ambiente spaziale circostante.

S.W.I.P.S., realizzata dall'INAF IAPS di Roma, è una delle poche facility al mondo a permettere una accurata simulazione dell'ambiente spaziale come testimoniano le numerose missioni spaziali ospitate per test e sviluppi strumentali (dal TSS della NASA al CSES Cinese).

satelliti in orbita bassa (ionosfera) e nello spazio esterno (vento solare). Questo consente di poter effettuare la verifica del fun-

In una cifra

9 m³: è l'ampio spazio sperimentale utile di questa facility, tale da consentire test su payload di grande volume e la realizzazione di setup sperimentali complessi.



Il divora-segnali viaggia a miliardi di letture al secondo

DBBC - Sistema di elaborazione per ricevitori digitali a larghissima banda

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | **elettronica** | energia | informatica |
| meccanica | **medicina** | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Trattare i segnali radio a velocità elevatissime, convertendoli direttamente nel dominio digitale per una successiva elaborazione nel dominio numerico. Un compito nel quale il Digital Base Band Converter (DBBC), sviluppato dagli astronomi per la radioastronomia interferometrica VLBI (Very Long Baseline Interferometry), non ha rivali: grazie a tecnologie allo stato dell'arte, riesce infatti a "macinare", in tempo reale, miliardi di campioni al secondo. Quanto basta per essere in grado di rimpiazzare il modello di ricevitore radio esistente oggi, e utilizzato ormai da alcuni decenni dalla maggior parte dei radiotelescopi esistenti.

Gli impieghi possibili spaziano dalla generazione, trasmissione ed elaborazione in tempo reale di grandi quantità di dati in formato digitale alle applicazioni nel cam-

po delle apparecchiature elettromedicali e delle telecomunicazioni. Il sistema DBBC provvede non solo alla conversione in digitale, ma anche all'eventuale trasmissione su reti standard Ethernet 10G e al trattamento numerico. Sia la parte hardware che quella firmware sono componibili ad elementi discreti, permettendo così un dimensionamento ad hoc e una conseguente riduzione dei costi.

Il sistema di elaborazione per ricevitori digitali a larghissima banda DBBC è stato sviluppato, nell'ambito delle tecnologie per la radioastronomia interferometrica VLBI, dall'Inaf-Ira, in collaborazione con HAT-Lab S.r.l., uno spin-off dell'Inaf.

In una cifra

Nel campo della radioastronomia VLBI, per quanto riguarda prestazioni e funzionalità, DBBC attualmente non ha alcun sistema concorrente. In altri termini: è unico.



Con gli specchi danzanti, addio alla turbolenza

LBT672 - Specchi Secondari Adattivi per il Large Binocular Telescope

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica | meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Per restituire immagini dalla nitidezza senza paragoni, deformano in modo intelligente, fino a mille volte al secondo, la curvatura della loro superficie. Sono gli specchi adattivi, usati per correggere in tempo reale le distorsioni dei segnali luminosi

L'Inaf-Osservatorio astrofisico di Arcetri ha progettato i sistemi di ottica adattiva per il Large Binocular Telescope (Mt. Graham, AZ, USA), in collaborazione con Microgate S.r.l. (Bolzano), A.D.S. International S.r.l. (Valmadrera, LC) e il Mirror Lab (Tucson, AZ, USA).

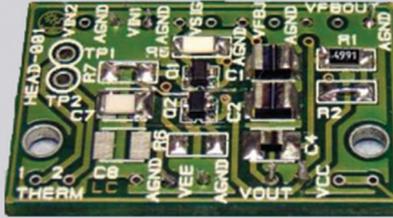
introdotte dal moto turbolento dell'atmosfera in cui si propagano. Nel campo astrofisico sono usati per ottenere da terra immagini ad alta definizione, come in as-

senza di atmosfera. La stessa tecnologia può essere usata per trasmettere dati codificati nel fascio luminoso, compensando i disturbi di propagazione e incrementando la banda di trasmissione. La capacità di focalizzare il fascio può permettere di trasmettere efficacemente energia da Terra ai satelliti artificiali, e costruire specchi attivi per grandi telescopi spaziali per osservare con dettaglio ed efficienza la superficie del pianeta per scopi ambientali.

Negli specchi adattivi progettati dall'Inaf, la deformazione avviene grazie a centinaia di attuatori privi di contatto (magnete-bobina). Questa tecnologia, oltre a essere più robusta rispetto ai guasti, permette di rendere adattivi specchi di dimensioni ed escursione maggiori rispetto a quelli attualmente in uso. La soluzione ideale per i telescopi giganti del futuro.

In una cifra

672: è il numero di attuatori con corsa di $100\mu\text{m}$ che possiede lo specchio LBT672, rispetto ai 360 attuatori con corsa di $5\text{-}10\mu\text{m}$ degli specchi correttori attualmente usati per osservazioni su telescopi astronomici.



Il microcalorimetro che viene dal freddo

Microcalorimetria Criogenica in Raggi X

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Basta un fotone, una microscopica “particella di luce”, per innescare nei sensori TES una transizione radicale: dallo stato di superconduttori a uno stato “normale”. Una tecnologia così d’avanguardia che, di fatto, non è ancora stato sviluppato nessun sistema completo basato su questi microcalorimetri a transizione di fase superconduttiva. Le potenzialità sono enormi e varie: dall’analisi fisica dei materiali al campo medico, dal settore dei beni culturali alla difesa. Per esempio, per rivelare la presenza di nuclei radioattivi.

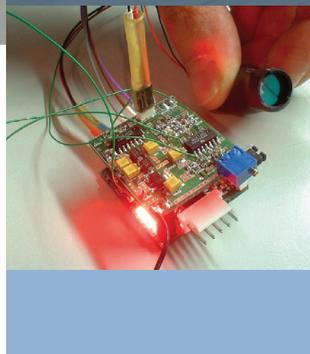
Rispetto ai rivelatori che già si utilizzano, i sensori TES si distinguono per l’alta risoluzione spettrale, che permette di eseguire spettroscopia ad altissima risoluzione, unita ad una buona capacità di imaging, rapidi tempi di risposta ed altissime efficienze. Non a caso, tali strumenti hanno trovato e continuano a trovare impiego

nel campo della fisica delle particelle. Inoltre, dovendo lavorare a bassissime temperature, il loro utilizzo è fortemente legato agli sviluppi di sistemi criogenici. Come il criostato a demagnetizzazione adiabatica utilizzato nei nostri laboratori, in grado di raggiungere temperature attorno a 0.04 K.

L’impiego dei TES nel campo dell’astrofisica per missioni su satellite è un settore che non ha ancora precedenti, se si eccettuano voli su razzo e la missione Suzaku, dove però il sensore era costituito da materiali semiconduttori e non superconduttori. Il progetto è legato allo studio di missioni quali IXO (ESA-NASA-JAXA) e SPICA (ESA-JAXA), nonché di R&D attraverso le agenzie spaziali ASI ed ESA, ed è stato sviluppato dall’Inaf-laps Roma insieme a Thales Alenia Space (Milano).

In una cifra

0.0002: è l’altissima risoluzione spettrale (dE/E) di questi rivelatori. Uno fra i loro principali punti di forza, insieme al rapidissimo tempo di risposta (< 100 μ s).



Record sul giro al millisecondo con il trigger laser

Lap trigger ottico per gare automobilistiche

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Quando basta un millisecondo a far la differenza tra i gradini del podio, un trigger ottico laser è la soluzione. Attualmente, nelle competizioni sportive viene utilizzato un lap trigger nella banda delle microonde. Un sistema nella banda ottica permette però di determinare una base dei tempi con maggiore precisione. Il si-

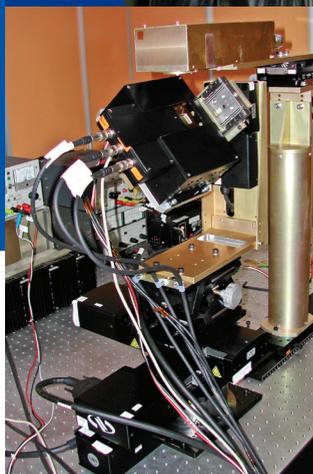
Per lo sviluppo di questo sistema si sono sfruttate le competenze sviluppate per la realizzazione di un "laser range finder" per la chiusura dell'anello di controllo del sistema di ottica attiva di cui è dotato SRT, il Sardinia Radio Telescope. La progettazione è dell'Inaf-Osservatorio Astronomico di Cagliari, in collaborazione con Magneti Marelli S.r.l. (Corbetta - Milano) e ART - Advanced Researches & Technologies (Milano).

stema di trasmissione viene posto a bordo pista, ed è costituito da un gruppo di scansione e da un obiettivo afocale anamorfico progettato per proiettare un fascio laser strutturato in grado di mantenere costante la densità di energia su distanze fino a 100 metri. Il sistema di ricezione è montato sull'auto, e registra l'impulso quando la vettura, durante la corsa, interseca il fascio laser. Il tempo registrato serve da base dei tempi per il sistema di telemetria, il quale registra i dati durante la competizione.

Derivato dai sistemi ottici per telescopi, il lap trigger ottico sviluppato dall'Inaf di Cagliari trova applicazione anzitutto nella determinazione dei tempi di percorrenza nelle gare automobilistiche sportive. Ma il sistema di trasmissione laser può essere utilizzato anche in tutti gli ambiti in cui occorrono scansioni e misure 3D.

In una cifra

Un millisecondo: è il margine d'errore nella determinazione dei tempi sul giro del circuito



Scorie radioattive nel mirino della videocamera a raggi X

*SDD - Rivelatori con tecnologia
Silicon Drift Detector*

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

I mitici occhialini a raggi X dei vecchi albi di fumetti sono diventati realtà. Non lasciano guardare attraverso pareti e vestiti, certo, ma sono in grado di produrre immagini unidimensionali di sorgenti di raggi X. Sorgenti spaziali, come i buchi neri di galassie lontane, per i quali questi sensori sono stati messi a punto. Ma anche sorgenti terrestri, che poco hanno a che fare con l'astronomia e molto, invece, con la nostra salute e la nostra sicurezza. Come i tracciatori utilizzati nella diagnostica medica per immagini, per esempio. O, nel campo della prevenzione dei danni ambientali, per segnalare la presenza di scorie radioattive, localizzandole rapidamente anche se nascoste fra altri tipi di rifiuti.

Gli SDD (Silicon Drift Detector) sono infatti rivelatori unidimensionali di grande superficie (circa 50 cm²) per raggi X, con

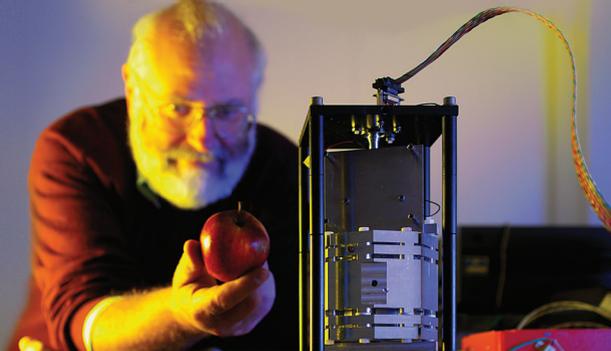
buona risoluzione energetica (circa 250 eV), buona risoluzione spaziale (decine di μm) e una banda d'energia estesa (2 - 50 keV). Grazie a queste caratteristiche, le

Il gruppo di Astrofisica delle alte energie e tecnologie relative dell'Inaf, in collaborazione con l'Infn di Trieste, è impegnato in un progetto di ricerca e sviluppo all'interno dei laboratori dell'Inaf-IAPS Roma per adattare le camere a deriva di silicio all'astrofisica dei raggi X.

camere a deriva di silicio possono rappresentare il futuro dei sensori per i raggi X di bassa energia.

In una cifra

50 cm²: è la superficie di un Silicon Drift Detector. I sensori attualmente disponibili hanno invece una superficie di poco superiore al centimetro quadrato.



Terremoti e vulcani sott'occhio con l'accelerometro spaziale

NGS - Nuovi Strumenti per la Geofisica

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

L'Italia è un paese ad alto rischio sismico, per cui negli ultimi anni è andata via via crescendo l'attenzione agli studi sismologici connessi al monitoraggio di zone ad alto rischio sismico, così come alle zone

La strumentazione per la geofisica sviluppata presso l'Inaf-Ifsi Roma, in collaborazione con AGI (Assist in Gravitation and Instrumentation), deriva da progetti spaziali come ISA (Italian Spring Accelerometer), l'accelerometro di alta sensibilità per la missione Esa BepiColombo, diretta verso Mercurio, e GRaT (General Relativity Accuracy Test), un esperimento di verifica del principio di equivalenza.

vulcaniche. Con l'incremento di queste attività, è aumentata la richiesta di nuova strumentazione, capace di alte sensibilità

e di funzionare nelle più diverse condizioni. Il know-how acquisito in ambito spaziale nell'implementazione di accelerometri di alta sensibilità consente di rispondere in modo efficace a questa richiesta.

L'adozione di soluzioni pensate per i telescopi spaziali permette infatti di realizzare strumentazione geofisica di elevata sensibilità, in grado di essere utilizzata nelle situazioni più disparate: a terra, in pozzi profondi o a bordo di veicoli in genere. Non solo: pensati per funzionare in ambienti estremi, come può essere un satellite in orbita attorno a Mercurio, gli accelerometri di derivazione spaziale si comportano egregiamente anche in condizioni avverse. Un altro campo di applicazione per questi strumenti è la ricerca di risorse naturali, come gas e petrolio, con misure eseguite sia terra che in mare.

In una cifra

10^{-10} g su radice di Hertz: è la sensibilità che questi strumenti riescono a raggiungere.



L'energia del Sole nello specchio d'un telescopio

*Ottiche
per concentratori fotovoltaici*

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Pensate per raccogliere quanta più luce possibile da sorgenti debolissime, come stelle e galassie remote, le tecnologie ottiche derivate dall'astronomia hanno grandi potenzialità anche in campo energetico. Con uno specchio studiato ad hoc, per esempio, è possibile concentrare la luce proveniente dal Sole su un pannello fotovoltaico, aumentandone la resa. Ed è proprio il fotovoltaico a concentrazione, e in particolare la progettazione e realizzazione di concentratori economici a riflessione e a rifrazione, l'obiettivo di uno studio condotto dall'Inaf di Cagliari. Il concentratore realizzato come prototipo è un vero e proprio telescopio: ha uno specchio primario parabolico in alluminio, di 300 mm di diametro, uno specchio secondario ellittico, e un terzo componente ottico in grado di recuperare i raggi che arrivano

entro un errore di puntamento di +/- 0.25 gradi, perdendo così una porzione minima di energia.

La principale applicazione dei sistemi a concentrazione solare è ovviamente la

Il progetto deriva dalla progettazione e realizzazione di telescopi e sistemi ottici per l'astronomia. È stato realizzato dall'Inaf-Osservatorio Astronomico di Cagliari, in collaborazione con COSPAL Composites (Bergamo) e POEMA S.r.l. (Cagliari).

produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. Ma non è la sola: un altro potenziale utilizzo riguarda i sistemi di illuminazione diurna di ambienti, sempre sfruttando la radiazione solare.

In una cifra

30%: è il rendimento del fotovoltaico a concentrazione nella produzione di energia rinnovabile. Circa il doppio rispetto a quello degli attuali pannelli fotovoltaici piani.



Protezione a quattro ruote per il Sardinia Radio Telescope

MobLab – Strumentazione mobile per la ricerca di radio interferenze artificiali

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Il laboratorio mobile è pensato per proteggere dalle interferenze, dovute a segnali artificiali, le bande di frequenza del Sardinia Radio Telescope ovvero quelle allocate al servizio di Radio Astronomia e Scienze Spaziali nel Piano di Ripartizione Frequenze Nazionale.

È condotto da personale dell'INAF specializzato che svolge misure a radio fre-

quenza a tutela delle osservazioni scientifiche e relative all'attività dell'Agenzia Spaziale Italiana (la telemetria e controllo delle sonde interplanetarie) nell'ambito del Deep Space Network.

Allestito su un Mercedes Sprinter 4x4, MobLab è equipaggiato di tutto punto con strumentazione elettronica allo stato dell'arte. Il sistema di ricezione ha una banda di lavoro tra 50 MHz e 40 GHz, ed è caratterizzato da una elevata sensibilità, così da poter ricevere segnali molto deboli. Il mezzo è dotato di un palo telescopico innovativo, con un'altezza massima pari a 11 m, azionabile elettricamente sia per l'innalzamento che per l'orientazione azimutale e polarizzazione dell'antenna. Un software dedicato svolge infine la funzione di controllo della movimentazione dell'antenna e acquisizione dei segnali radio ricevuti (spettri e file dati).

Il laboratorio mobile per la ricerca di interferenze radio è stato realizzato dall'INAF Osservatorio Astronomico di Cagliari e dall'Officina GB Barberi di Sesto Calende (VA).

quenza a tutela delle osservazioni scientifiche e relative all'attività dell'Agenzia

In una cifra

Fino a 10000 volte più sensibile di un ricevitore cellulare LTE di ultima generazione.



Una bilancia nello spazio

CAM, la microbilancia che salva gli strumenti

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Molte persone, appena mettono su un etto di troppo, ricorrono ad alimenti leggeri, come lo yogurt. Per i costosi strumenti spaziali, la situazione è ancora più delicata: basta una piccolissima quantità di contaminanti – meno di un milionesimo di grammo! – per inficiarne le prestazioni. Serve dunque una bilancia che pesi i contaminanti. Ma dev'essere una bilancia poco ingombrante, in modo da non appesantire troppo le sonde. Grande quanto un vasetto di yogurt.

Questa è CAM (Contamination Assessment Microbalance): una microbilancia in grado di misurare variazioni di massa fino al miliardesimo di grammo. Una microbilancia innovativa: come i pesapersone che distinguono la massa magra da quella grassa, CAM distingue la massa refrattaria (le polveri) da quella volatile (i gas), grazie

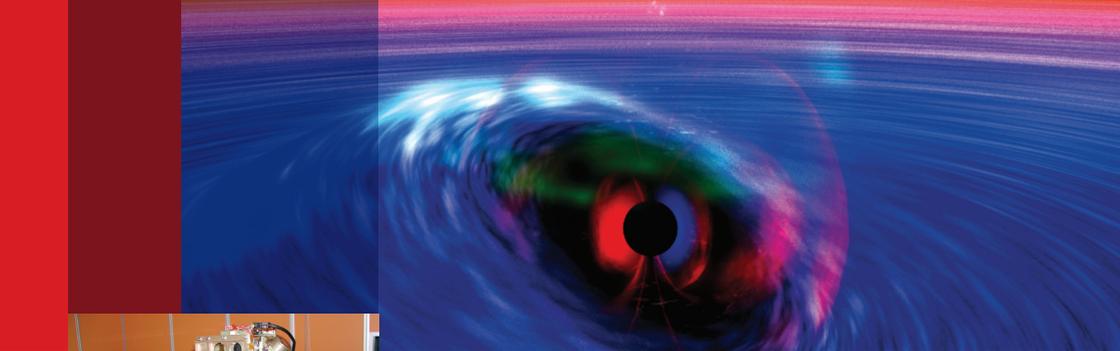
alla presenza di un riscaldatore integrato. Questo è utile per capire cosa sta contaminando la nostra sonda. Ma non solo: rende CAM adatta anche per studiare le superfici dei corpi planetari. Basta un po' di polvere

Il progetto CAM, finanziato dall'ESA, è guidato dall'INAF IAPS di Roma, con la collaborazione del CNR IIA, del Politecnico di Milano e dell'azienda Kayser Italia. Lo strumento è stato selezionato per la missione ESA MarcoPolo-R, ha vinto il Premio Innovazione WIRE 2016 (conferito da ESA ESRLIN) ed è stato premiato alla StartCup Lazio 2018.

proveniente da questi corpi per capire se ci sono acqua o materiali organici, ovvero i composti legati allo sviluppo della vita.

In una cifra

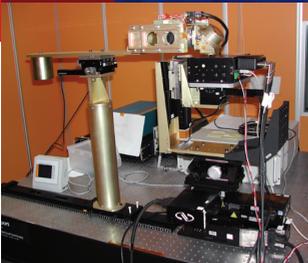
1 miliardesimo: la massa minima (in grammi) misurabile da CAM.



Un banco di prova per strumentazione a raggi X

*FCXP - Facility
per calibrazione con raggi X polarizzati*

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |



Strumenti per raggi X, come collaudarli? FCXP, una facility per la calibrazione con raggi X polarizzati, mette a disposizione tutto ciò che occorre. È un ambiente dedicato, attrezzato di tutto punto, nel quale

La facility è stata allestita dal Gruppo di astrofisica delle alte energie e tecnologie relative dell'Inaf-IAPS Roma, ed è attualmente utilizzata per calibrare strumenti per l'astronomia a raggi X destinati a telescopi spaziali.

calibrare, ad altissima precisione e in completa sicurezza, rivelatori per raggi X destinati all'uso sulla Terra e su satellite. Nel pieno rispetto della normativa sulla sicurezza, l'ambiente di calibrazione è situato in una

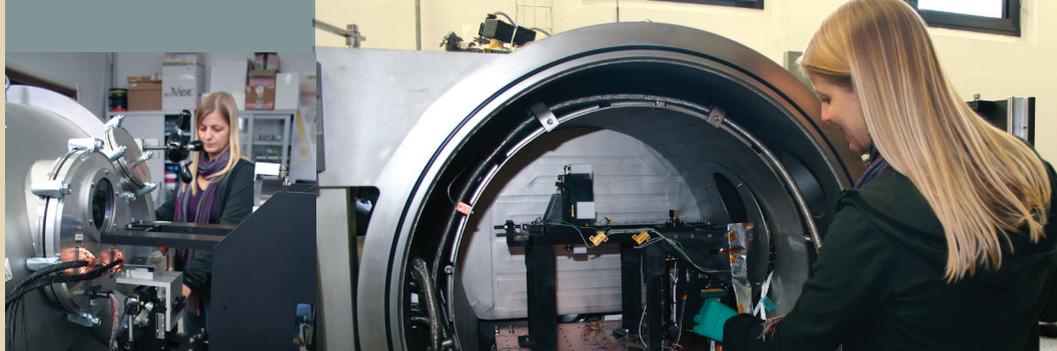
stanza completamente schermata da uno strato di piombo. All'interno sono disponibili tubi a raggi X di media potenza (50 W) con anodi di vari materiali (per esempio: titanio, molibdeno, oro e rodio).

La posizione delle sorgenti di raggi X è regolabile grazie a un banco ottico con un sistema di slitte motorizzate, controllate in remoto via computer, in grado di muovere il rivelatore da calibrare in due direzioni in traslazione (con una precisione di pochi micron) e su due assi in rotazione (con precisione superiore all'arcosecondo). Collimatori e diaframmi permettono di variare la forma del fascio di raggi X.

La facility offre inoltre la possibilità di ottenere fasci di raggi X polarizzati e monocromatici per mezzo della diffrazione di Bragg. Il sistema di movimentazione permette di caratterizzare con ottima precisione il sistema da calibrare.

In una cifra

100%: è il livello di polarizzazione del fascio di raggi X di energia compresa tra 1.6 e 20 keV e righe mono-cromatiche di larghezza inferiore a 10 eV.



Immagini spettrali uniche al mondo

Splm - Spectral Imaging Facility

| *aerospazio* | *ambiente* | *automazione* | *arte* | *biologia* | *elettronica* | *energia* | *informatica* |
| *meccanica* | *medicina* | *microstrutture* | *ottica* | *sicurezza* | *telecomunicazioni* | *altro* |

Che si tratti d'una preziosissima tela d'autore o d'un raro frammento di roccia piovuto dal cielo, se l'obiettivo è analizzarne in dettaglio la composizione, l'occhio di Splm è senza rivali. Anzitutto, è l'unico spettrometro ad immagine esistente sensibile a lunghezze d'onda tra 250 e 5000 micron. Da record anche la sua risoluzione spaziale: grazie al sistema di sincronizzazione fra gli spostamenti del porta-campione e le acquisizioni delle immagini spettrali, è inferiore a 40 micron. Nessun altro spettrometro al mondo è attualmente in grado di ottenere immagini con un'estensione spettrale e una risoluzione simili.

Pur così preciso e potente, Splm sa essere anche incredibilmente delicato. Rispetto ad un normale spettrometro a fenditura, infatti, permette di eseguire analisi non distruttive: quello che ci vuole per studiare frammenti rari o preziosi. Reperti

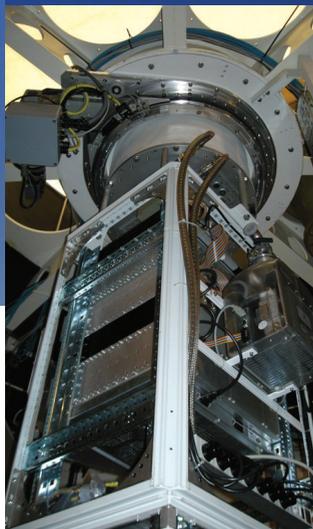
archeologici, opere d'arte o meteoriti, per esempio. Ma Splm è lo strumento perfetto anche per studiare in dettaglio campioni geologici in situazioni di criticità, come le colate laviche durante le eruzioni. Oppure,

Splm è stato finanziato dall'ASI ed è stato progettato e realizzato grazie ad una collaborazione tra l'Inaf-IAPS Roma e Selex-Galileo. Spim è in grado di fornire dati che, usati in sinergia con quelli di spettrometri analoghi in volo su diverse missioni spaziali (come VIR, VIRTIS, VIMS e VIHI), permettono di aumentare le nostre conoscenze sui pianeti e sui corpi minori del Sistema solare.

installando la strumentazione su piattaforme aviotrasportate, per creare database spettrali utili nel monitoraggio del territorio, dell'atmosfera e dei beni ambientali.

In una cifra

38 μ m: è la risoluzione spaziale di ogni spettro acquisito da Splm. Sistemi analoghi, con intervalli spettrali più limitati, hanno una risoluzione spaziale di circa 100 μ m.



Microonde senza rumore con gli amplificatori monolitici

FARADAY - Focal-plane Arrays for Radioastronomy, Design Access and Yield

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | **elettronica** | energia | informatica |
| meccanica | **medicina** | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Nel campo delle microonde, sono l'equivalente d'un impianto Hi-Fi al top della gamma. Progettati per SRT, il Sardinia Radio Telescope, che con la sua parabola da 64 metri di diametro si appresta a diventare il più potente radiotelescopio europeo, i componenti realizzati dall'Inaf, nel campo dei circuiti per le microonde, sono vera-

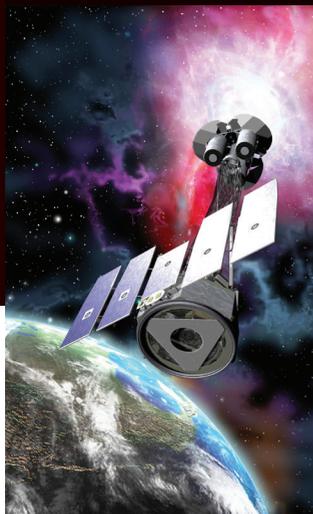
mente unici: a tutt'oggi, non ne esistono in commercio di paragonabili. Si tratta di componentistica realizzata con la tecnologia MMIC (circuiti integrati monolitici per microonde), che permette di realizzare circuiti integrati a banda larga utilizzando un unico substrato di materiale semiconduttore.

I componenti MMIC sono stati realizzati per le survey nel continuo e in spettroscopia del Sardinia Radio Telescope. Oltre all'Istituto di Radioastronomia e all'Osservatorio astrofisico di Arcetri dell'Inaf, hanno collaborato al progetto: NGST (Northrop Grumman Space Technology, USA), Pasquali (Firenze), RIAL (Parma) e Milltech (Bologna).

Per soddisfare i requisiti estremi richiesti dal Sardinia Radio Telescope, la ricerca si è concentrata sul raggiungimento delle massime prestazioni possibili in termini di basso rumore e banda larga nel campo delle microonde. Prestazioni che potrebbero far gola non solo agli astronomi: amplificatori con queste caratteristiche riescono infatti ad aumentare la sensibilità della strumentazione a microonde e a onde radio utilizzata in medicina, in particolare in campo diagnostico.

In una cifra

0.18dB: figura di rumore raggiunta usando un chip di 3x2.5mm raffreddato a -250 °C con banda di funzionamento da 18 a 26.5GHz.



Occhiali X polarizzati per il check-up dei reattori a fusione

*GPD - Polarimetro
Gas Pixel Detector*

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Scorre nelle vene dei dispositivi Tokamak per la fusione nucleare. Si agita nei campi magnetici delle di neutroni. È il plasma ad alta temperatura, una miscela di gas altamente ionizzati non semplice da analizzare. Uno fra i più importanti mezzi di diagnostica per i plasmi ad alta temperatura, la misura della polarizzazione dei raggi X, è infatti rimasto finora un campo largamente inesplorato, a causa delle difficoltà intrinseche della tecnica di misura e alla scarsa sensibilità degli strumenti fin qui costruiti.

Dalla sinergia tra l'INAF-IAPS di Roma e l'INFN di Pisa arriva un nuovo tipo di polarimetro per i raggi X, basato sull'effetto fotoelettrico, per colmare questa lacuna. Chiamato Gas Pixel Detector (GPD), è uno strumento ad immagini per raggi X che permette di "fotografare" il percorso dei

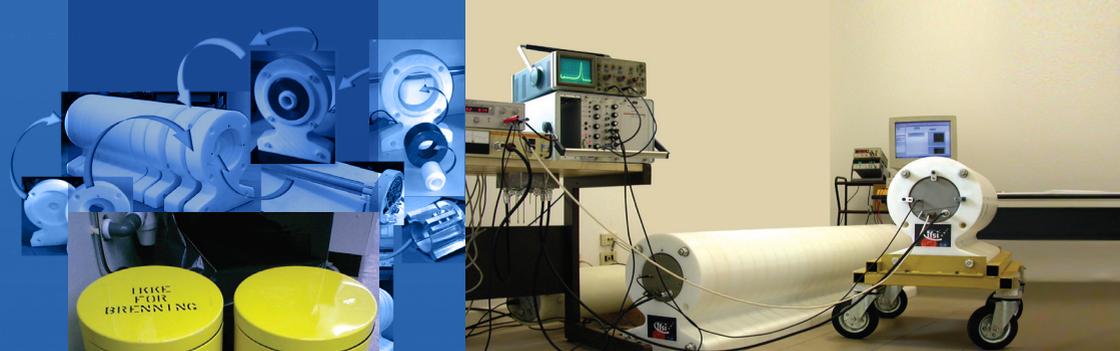
fotoelettroni emessi in una cella di gas anche a bassa energia (1 – 35 keV) quando la traccia è lunga pochi decimi di millimetro. I rivelatori da laboratorio sono estrema-

Il Polarimetro Gas Pixel Detector è stato sviluppato dall'INAF IAPS di Roma e dall'INFN di Pisa per lo strumento XPOL a bordo della missione IXPE, un progetto NASA-ASI dedicato che verrà lanciato in 2021.

mente compatti (14×19×7 cm³) e hanno peso (1.6 kg) e consumo (5 W) molto ridotti. Inoltre, a differenza degli strumenti concorrenti costruiti oggi in tutto il mondo, il GPD unisce l'elevata sensibilità alla polarizzazione e le buone capacità spettroscopiche con la possibilità di produrre un'immagine della sorgente.

In una cifra

> 0.2: è il fattore di qualità del polarimetro. Per la prima volta lo strumento unisce una buona efficienza con un'ottima sensibilità alla polarizzazione.



Un kit per cacciatori di materiale radioattivo

Rivelatore modulare di neutroni per misure di raggi cosmici

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Riescono a coprire indisturbati lunghissime distanze. Vengono liberati durante una reazione nucleare. E non è facile rivelarli. Sono i neutroni, particelle subatomiche prive di carica elettrica. I neutroni

un enorme interesse non solo per fisici e astrofisici, ma anche per chi si occupa di misurare la radiazione ambientale. Come quella prodotta dalle scorie radioattive, per esempio.

Il rivelatore modulare di neutroni è stato sviluppato dall'Inaf-Ifsi Roma nell'ambito di esperimenti per la misura della componente nucleonica secondaria della radiazione cosmica galattica.

Le competenze acquisite nel settore delle misure di raggi cosmici hanno reso possibile la realizzazione, da parte dello staff tecnico-scientifico dell'Inaf-Ifsi Roma, di diversi tipi di rivelatori di neutroni, completi di strumentazione elettronica, da utilizzare sia nei siti osservativi permanenti per i raggi cosmici, sia in campagne di misura al di fuori degli osservatori. Proprio per queste ultime, è stato realizzato un innovativo rivelatore di facile trasporto ed assemblaggio. Grazie alla sua struttura modulare, un solo operatore è in grado di montarlo, in appena due ore, in completa autonomia.

liberi, a differenza di quelli presenti nei nuclei atomici, sono instabili, e la loro produzione avviene durante la disintegrazione di un nucleo atomico. Le apparecchiature in grado d'intercettarli rivestono perciò

In una cifra

2 ore: è il tempo necessario ad un solo operatore per il montaggio completo del rivelatore nella sua configurazione più grande (220 cm di lunghezza, 800 Kg di peso).



Un tagliando per lo spazio. Rapido e low-cost

Test di burn-in e compatibilità termica a range esteso di circuiti elettronici e strumentazione

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Si chiama in gergo “curva a vasca da bagno”, e indica l’andamento del tasso di guasti durante i test sotto stress della strumentazione elettronica: molti guasti all’inizio, sempre meno mano a mano che il tempo passa. Test come quelli di burn-in (con gli strumenti lasciati in funzione per lunghi periodi in ambienti a temperature più alte del normale) o di compatibilità termica sono indispensabili, per esempio, prima d’inviare strumenti nello spazio, dove un qualsiasi intervento di manutenzione o riparazione, quando non impossibile, avrebbe costi proibitivi.

Nei nostri laboratori, grazie all’esperienza acquisita in preparazione di numerose missioni spaziali, siamo in grado di effettuare questi test per qualsiasi circuito elettronico, strumento o materiale. E siamo in grado di produrre la relativa certifi-

cazione di qualità, necessaria, per esempio, per rilasciare prodotti space-qualified: il range di temperatura dei test termici può infatti

L’esperienza in questi rodaggi estremi è stata acquisita lavorando a telescopi spaziali (come SAX e AGILE) e terrestri (come VST). I laboratori Inaf coinvolti sono quelli di IAPS Roma, OAS Bologna e l’Osservatorio di Capodimonte, insieme al personale della sede centrale dell’Inaf (Roma) e all’ISC-CNR di Roma.

essere adattato secondo le specifiche Asi, Esa, Nasa ed Eso. Siamo anche in grado di sviluppare tutte le interfacce (meccaniche, elettroniche ed informatiche) per i test stessi.

In una cifra

Fino al 60%: è la riduzione dei costi rispetto a processi di certificazione analoghi. I risultati del test sono inoltre disponibili in tempi molto minori. Tutto grazie all’elasticità della strumentazione e alle competenze esistenti presso il personale dell’Istituto.



Per sentire le microonde ci vuole orecchio. Meglio se polarizzato

Sviluppo di un prototipo di polarizzatore in elettroformatura

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | **elettronica** | energia | informatica |
| meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Se mai vi è capitato di mettere le mani sulle impostazioni di un ricevitore satellitare, vi sarete imbattuti nella scelta fra due diverse "famiglie di canali": verticale e orizzontale. O, a volte, destrorsa e sinistrorsa.

Il progetto, realizzato da Inaf-Osservatorio astrofisico di Arcetri (FI) e Inaf-Oas Bologna, è finalizzato alla realizzazione di un dispositivo per lo studio delle componenti di polarizzazione di sorgenti celesti. Tale dispositivo dovrà essere integrabile in un ricevitore a 22GHz in via di sviluppo per il Sardinia Radiotelescope.

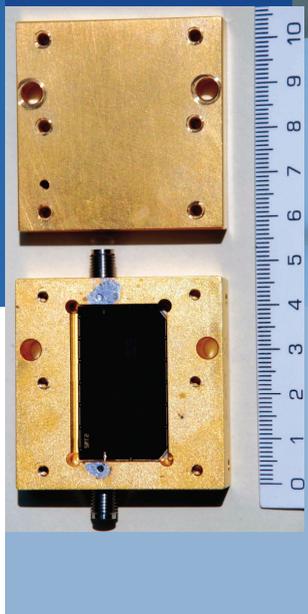
Sono le componenti in polarizzazione del segnale elettromagnetico, tipicamente un segnale a microonde: poterle discriminare

permette di utilizzare le stesse frequenze per coppie di segnali diversi, raddoppiando così il numero di canali. Irrrinunciabile fonte d'informazioni per gli astrofisici, la polarizzazione ha dunque molte applicazioni anche in altri settori: telecomunicazioni, certo, ma anche radar e telerilevamento.

Il progetto dell'Inaf riguarda la realizzazione di un prototipo di polarizzatore alla frequenza di 22GHz mediante un procedimento di elettroformatura, che consente la fabbricazione di questi componenti passivi a costi contenuti. Sette polarizzatori identici, replicati appunto mediante la tecnica di elettroformatura, sono stati integrati in un array di altrettanti ricevitori, mantenuti a 20K all'interno di un criostato. I test elettromagnetici hanno evidenziato le prestazioni attese.

In una cifra

50dB: è il livello di isolamento fra le polarizzazioni raggiunto dal prototipo.



Dalla radioastronomia, dispositivi a microonde per tutti i gusti

*Componenti a microonde
per ricevitori radioastronomici*

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [arte](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) |
| [meccanica](#) | [medicina](#) | [microstrutture](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

Situate nella terra di mezzo fra onde radio e infrarossi, le microonde hanno infinite applicazioni. Per i cosmologi sono le ambasciatrici dell'universo primordiale, tanto che si lanciano satelliti in orbite remotissime pur di captarle. E tutte le moderne antenne per la radioastronomia hanno componenti in grado di ricevere anche le microonde. Ma altrettanto vario è il loro impiego al di fuori della ricerca: nei sistemi commerciali per telecomunicazioni e per le applicazioni spaziali, per esempio, o nei sistemi di misura e controllo in campo alimentare, o ancora nei sistemi di rilevamento del territorio e dell'ambiente.

All'Inaf, la ricerca e lo sviluppo di componenti e sistemi riceventi, attivi e passivi, è un processo continuo: per ottenere prestazioni sempre migliori in

termini di cifra di rumore, guadagno e perdite di inserzione. Un altro parametro che si cerca di innovare è l'integrazione, cercando di accorpare quanti più componenti possibile su un unico dispositivo.

Il progetto di ricerca e sviluppo di componentistica per le microonde è portato avanti soprattutto dalle strutture Inaf che si occupano di radioastronomia. In particolare, dall'Osservatorio Astronomico di Cagliari, dall'Istituto di Radioastronomia e dall'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, in collaborazione con Termomeccanica S.r.l. (Cagliari), Pascuali (Firenze) e Milltech (Bologna).

In una cifra

Pochi Kelvin: è l'ordine delle cifre di rumore dei nostri dispositivi.



Metrologia submicrometrica tridimensionale con "Numero 5"

Un interferometro per misure 3D di microstrutture

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica |
 | meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Grazie all'utilizzo di una tecnica conosciuta come "interferometria a bassa coerenza", l'Istituto nazionale di astrofisica ha sviluppato un sistema di misura tridimensionale di microstrutture con una

0.1 micrometri, ovvero appena un decimillesimo di millimetro. Lo strumento è stato battezzato "Numero 5" per la sua somiglianza al robot di "Corto Circuito", popolare film di fantascienza del 1988.

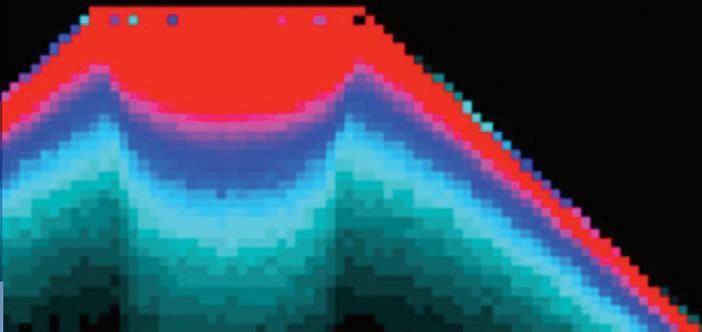
Il sistema è stato sviluppato da INAF Padova per la metrologia delle antenne a microonde nell'ambito del progetto spaziale Planck. L'interesse dimostrato da subito dalla comunità che si occupa di diagnostica artistica ha portato alle collaborazioni con ART-TEST sas (Firenze), Museo degli Uffizi (Firenze), dove è stato utilizzato sul Bacco di Caravaggio, e l'Opificio delle Pietre dure (Firenze).

Sviluppato per operare la metrologia di antenne a microonde per la missione Planck dell'Agenzia spaziale europea, "Numero 5" ha trovato molte altre applicazioni esterne all'astrofisica. Fra queste vi sono le misure in campo artistico, per il monitoraggio tridimensionale di tele e statue, e l'ambito forense, per il riconoscimento di frodi nella realizzazione di ologrammi e per perizie calligrafiche. Il sistema è infatti in grado di misurare lo spessore dell'inchiostro dei caratteri scritti, anche con stampanti laser. Lo strumento ha vinto una Start-Cup, premio per le attività di spin-off, all'Università di Padova.

accuratezza sub-micrometrica. È in grado di raggiungere una precisione mozzafiato:

In una cifra

0.1 micrometri: è l'accuratezza con la quale "Numero 5" è in grado di misurare strutture tridimensionali fino a 3 mm di profondità.



Fotocamera Cherenkov per la TAC ai vulcani

Ispezione non invasiva con l'imaging muonico

| [aerospazio](#) | [ambiente](#) | [automazione](#) | [geologia](#) | [biologia](#) | [elettronica](#) | [energia](#) | [informatica](#) | [archeologia](#) | [medicina](#) | [vulcanologia](#) | [ottica](#) | [sicurezza](#) | [telecomunicazioni](#) | [altro](#) |

È una tecnica utilizzata in ambito astrofisico nel telescopio Cherenkov "ASTRI", ma si presta anche alla rivelazione e localizzazione spaziale dei muoni in corpi solidi attraverso la luce Cherenkov emessa da queste particelle lungo il loro percorso. In particolare, la fotocamera è in grado di rivelare la luce emessa dai muoni, particelle altamente penetranti generati nell'atmosfera terrestre, per ricavare informazioni sulla distribuzione delle densità all'interno di strutture geologiche con un meccanismo simile a quello della radiografia ai raggi X. Dato che i muoni perdono energia quando attraversano la materia, si ha una riduzione del flusso che dipende dallo spessore e dalla densità del materiale attraversato. Quindi, misurando l'assorbimento di queste particelle nella struttura massiva si può risalire alla distribuzione

delle densità al suo interno (struttura in densità), riconoscendo vuoti e/o zone con caratteristiche anomale. Nel caso dei vulcani, per esempio, si possono ottenere informazioni con un dettaglio senza pre-

Le strutture INAF coinvolte nel progetto sono lo IASF-Palermo, per l'esperienza decennale nella progettazione e costruzione di foto-camere, e l'Osservatorio Astronomico di Brera, per l'esperienza nella progettazione e produzione dell'ottica.

cedenti delle caratteristiche geometriche dei condotti e delle zone di accumulo superficiali, migliorando le previsioni sullo stato di attività del vulcano e mitigando di conseguenza il rischio legato al verificarsi di eventi parossistici.

In una cifra

12: è il fattore di riduzione del tempo osservativo per la risoluzione di una struttura all'interno di un corpo solido massivo rispetto alle tecniche convenzionali.



Occhiali da fantascienza

Dispositivo optoelettronico per applicazioni a realtà aumentata

| aerospazio | ambiente | automazione | arte | biologia | elettronica | energia | informatica | meccanica | medicina | microstrutture | ottica | sicurezza | telecomunicazioni | altro |

Sono occhiali speciali per la realtà aumentata, simili agli head up display applicati in aeronautica e più recentemente nell'ambito automobilistico. Indossandoli, la vista dell'ambiente circostante risulta ar-

ricchita da informazioni in sovraimpressione, come per esempio le coordinate GPS della posizione in cui ci si trova, indicazioni stradali, SMS e notifiche varie. Tutte queste informazioni sono trasmesse da un altro dispositivo – tipicamente lo smartphone – via Bluetooth. Si tratta di dispositivi pensati soprattutto per applicazioni industriali e medicali: possono proiettare informazioni sul funzionamento di un'apparecchiatura, per esempio, oppure le procedure che l'utente tecnico deve seguire, o ancora parametri vitali durante un intervento chirurgico. Un elemento fondamentale è la lente olografica, in grado di riflettere solo le immagini da proiettare e risultare trasparente – come una lente comune – in tutti gli altri casi. Un po' come avviene, appunto, nella sala ologrammi sull'Enterprise di Star Trek.

Per lo sviluppo della lente olografica è stata coinvolta la struttura INAF di Brera, che da anni ha competenze in ambito olografico, sia legate al design dell'elemento ottiche che del materiale olografico, di altro livello e che sono state utilizzate sia per la realizzazione di sistemi disperdenti per astronomia sia per applicazioni ottiche, come in questo caso.

Il progetto (con il potenziale brevetto) ha visto coinvolta l'azienda GlassUp S.r.l., una start-up di Modena che ha guidato lo sviluppo del dispositivo indossabile.

In una cifra

5 pollici: è la dimensione dello smartphone virtuale che puoi vedere all'occorrenza attraverso la lente olografica con area di 2 cm.



Cristalli liquidi per filtrare la luce

*Polarimetri elettro-ottici per applicazioni veloci
e a larga banda spettrale*

| *astrofisica* | *ambiente* | *fisica dei materiali* | *biologia* | *arte* | *meccanica* | *chimica* |
microstrutture | *controllo di processi industriali* | *medicina* | *sicurezza* | *microscopia* | *altro* |

La polarimetria è un tecnica che permette di ricavare informazioni sui processi fisici alla base della generazione della radiazione elettromagnetica osservata. Per questo motivo è ampiamente utilizzata in astrofisica. Da qui nasce l'esigenza di creare dispositivi che permettano di ottenere sempre maggiori risoluzioni spaziali e temporali. Il primo passo in questa direzione è l'utilizzo di polarimetri che, invece di utilizzare lamine di ritardo con cristalli birifrangenti ruotati meccanicamente, utilizzano cristalli liquidi che introducono una «rotazione equivalente» dipendente da un campo elettrico applicato alle celle. Questo implica un tempo di transizione tra uno stato all'altro dell'ordine dei millisecondi invece dei secondi. I polarimetri a cristalli liquidi, oltre a essere molto più veloci rispetto a quelli tradizionali, permet-

tono il disegno di strumenti più compatti e leggeri con minori rischi di failures, non avendo parti in movimento. Inoltre funzionando anche a bassi voltaggi sono ideali per applicazioni spaziali. I dispositivi com-

Il polarimetro è stato sviluppato dall'INAF di Torino in collaborazione con l'Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial – INTA- di Madrid.

merciali però presentano una forte dipendenza dal campo di vista, dalla lunghezza d'onda e dalla temperatura.

Il dispositivo brevettato permette, usando due o più cristalli liquidi di tipo e spessore diverso e con diverse leggi di dispersione di avere una risposta omogenea in larghe bande spettrali, e campi di vista grandi.

In una cifra

100 millisecondi: il tempo necessario per cambiare stato di polarizzazione.



**LE TECNOLOGIE DEL FUTURO
DAL PIÙ GRANDE DEI LABORATORI: L'UNIVERSO**



