



Detectors de radiació extremadament sensibles per explorar l'univers en les pròximes missions espacials de l'ESA

La Dra. Lourdes Fàbrega, de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC), lidera el desenvolupament a Espanya d'un tipus de sensors que poden detectar canvis de temperatura molt petits i que seran utilitzats en les pròximes missions espacials europees.

Aquests sensors són microcalorímetres extremadament sensibles i miniaturitzats, com petits termòmetres, que poden detectar fins i tot l'energia d'un sol fotó.

L'equip dirigit per la Dra. Fàbrega és l'únic a Espanya que desenvolupa aquest tipus de sensors. L'estudi està finançat per l'Agència Espacial Europea (ESA), un projecte europeu H2020 i el Pla Nacional de l'Espai d'Espanya.

En quina missió es faran servir?

Aquests sensors s'utilitzaran com a alternativa europea per l'instrument X-IFU (espectròmetre de raigs X d'alta resolució) al telescopi de raigs-X ATHENA de l'ESA, que es llançarà cap al 2030. La missió ATHENA (Advanced Telescope for High ENergy Astrophysics) substituirà l'exitós XMM-Newton i estudiarà l'origen de les galàxies, els forats negres i altres fenòmens de l'univers calent i energètic.

La missió ATHENA està dissenyada per abordar el tema de l'Univers Calent i Energètic. El seu objectiu és respondre a preguntes com ara: com creixen els forats negres i com donen forma a l'Univers? Com pot la matèria ordinària formar les estructures a gran escala que veiem avui?

"Aquest tipus de sensors també s'estan desenvolupant per ser utilitzats en altres missions espacials com SPICA/SAFARI (SPace IR telescope for Cosmology and Astrophysics)", afirma la Dra. Fàbrega.

Volem saber més sobre aquests sensors!

Aquests sensors, anomenats sensors de transició abrupta (TES, per les seves sigles en anglès), estan fets d'una capa fina de molibdè recoberta per una capa fina d'or (Mo/Au), amb propietats superconductores, i funcionen a temperatures criogèniques (100 mK).

El molibdè és un material superconductor amb una temperatura crítica molt baixa (1 K). La temperatura crítica és la temperatura a la qual la resistència a l'electricitat augmenta bruscament. Combinant molibdè en contacte amb una capa de metall, com l'or, s'aconsegueix disminuir-ne la seva temperatura crítica fins als 100 mK. Aquestes baixes temperatures són necessàries per assegurar la detecció de la radiació amb una alta sensibilitat i amb baix nivell de soroll.



Quan s'acoblen aquests sensors a un absorbent adequat, els sensors TES esdevenen detectors de radiació amb capacitats espectroscòpiques excel·lents; això els fa extremadament interessants per a una gran varietat d'instruments que requereixen una alta sensibilitat i una alta resolució.

¿Els TES té altres aplicacions?

Els detectors de radiació criogènica TES són instruments d'última i ja s'utilitzen en una àmplia gamma d'aplicacions científiques i tecnològiques, incloses l'astronomia, la nanotecnologia, la biomedicina, la seguretat i la indústria, per la seva extraordinària sensibilitat.

Els sensors TES s'usen per a la caracterització de materials, per exemple, en instal·lacions de sincrotró. L'Advanced Photon Source (Argonne National Laboratory), l'EBIT (Lawrence Livermore National Laboratory) i el Brookhaven National Laboratory, tots a Estats Units, utilitzen sensors TES criogènics en les seves línies d'espectròmetre de raigs-X d'alta resolució.

"Els TES poden detectar gairebé el 100 % dels fotons de raigs X i poden determinar les diferències d'energia entre els fotons amb alta resolució en un rang d'energia clau per a l'estudi dels materials. Poden detectar diferències en l'energia dels fotons 50 vegades més petites que els detectors actuals d'última generació i, per tant, en anàlisi de materials proporcionen informació altament detallada sobre l'estructura química i electrònica que no es pot mesurar fàcilment amb altres tipus d'espectròmetres".

"Amb aquest desenvolupament, aconseguirem que Espanya tingui instruments d'alt valor afegit i expandirem les aplicacions electròniques de materials superconductors", diu la Dra. Fàbrega.

Socis del projecte

La Dra. Lourdes Fàbrega, de l'ICMAB-CSIC, treballa en estreta col·laboració amb l'ICMA-CSIC (Institut de Ciència dels Materials d'Aragó). Altres participants del projecte inclouen l'IFCA-CSIC (Institut de Física de Cantàbria) i el SRON-Netherlands Institute for Space Research.

Finançament

Actualment, l'estudi està finançat pels següents projectes:

- CTP (Core Technology Program) contracte amb l'ESA: "Desenvolupament de detectors TES per ATHENA/X-IFU: optimització d'una matriu de sensors de transició abrupta europea"
- Projecte H2020: AHEAD ("Activitats integrades per a l'astrofísica d'alta energia")
- Pla Nacional de l'Espai d'Espanya: "Desenvolupament de detectors criogènics en TES"



Més informació

- **ATHENA:** <http://sci.esa.int/athena/59896-mission-summary/> and <http://www.the-athena-x-ray-observatory.eu/>
- **X-IFU** instrument d'ATHENA: <http://x-ifu.irap.omp.eu/>
- **AHEAD** H2020 projecte europeu: <http://ahead.iaps.inaf.it/>
- Exploring the Hot and Energetic Universe: The second scientific conference dedicated to the Athena X-ray observatory 24-27 September 2018, Palermo, Italy: <http://www.astropa.inaf.it/athena18/>
- X-IFU next Consortium meeting will be in Geneva from September 10-14: <http://x-ifu.irap.omp.eu/blog/2018/06/01/upcoming-x-ifu-consortium-meeting-cm8-in-geneva/>

Referències

Comparison of Different Mo/Au TES Designs for Radiation Detectors. Pobes, C., Fàbrega, L., Camón, A. et al. *J Low Temp Phys* (2018). Proceedings of the International Workshop on Low Temperature Detectors. DOI: 10.1007/s10909-018-1936-x
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10909-018-1936-x>

Transition Edge Sensors: versatile and sensitive radiation detectors. Fàbrega, L. Meeting point for radiation and photon detectors community. Third Barcelona Techno Week. 2-6 July 2018.
<https://indico.icc.ub.edu/event/5/timetable/#20180709>

Development of Cryogenic X-Ray Detectors Based on Mo/Au Transition Edge Sensors. C. Pobes, L. Fàbrega, A. Camón, N. Casañ-Pastor, P. Strichovanec, J. Sesé, J. Moral-Vico, R. Jáudenes. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. Volume: 27, Issue: 4, June 2017). DOI: 10.1109/TASC.2016.2637337.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7778239/>

Vídeo:

ATHENA X-ray observatory representation (source: <https://www.youtube.com/watch?v=4GUfdbzJDJ0>)

Imatges:



Portada: Representació d'ATHENA (font: <https://www.youtube.com/watch?v=4GUfdbzJDJ0>)

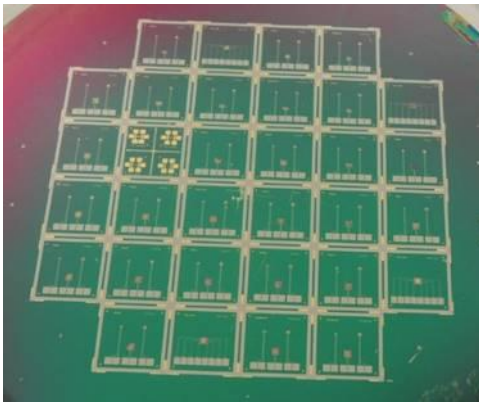


Figura 1: Oblea de silici amb sensors TES (font: Lourdes Fàbrega)

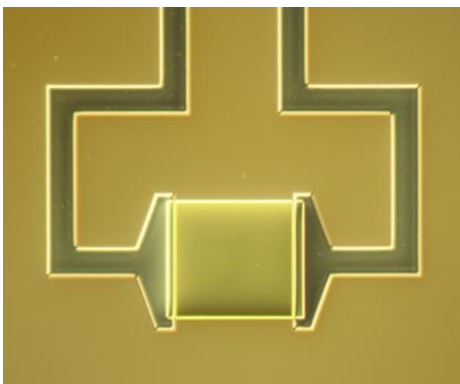


Figura 2: sensor TES (font: Lourdes Fàbrega)



Figura 3: Trobada del consorci X-IFU a París (Març 2018) (font: <http://x-ifu.irap.omp.eu/blog/2018/03/24/wrap-up-of-consortium-meeting-7/>)

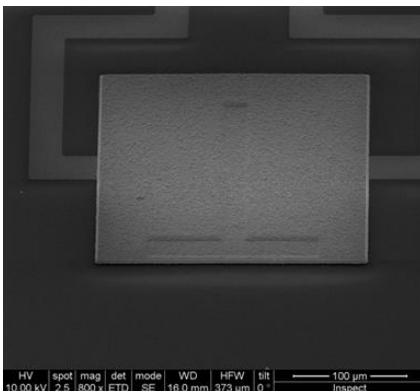


Figura 4: sensor TES amb absorbent (font: Lourdes Fàbrega)



Detectores de radiación extremadamente sensibles para explorar el universo en las próximas misiones espaciales de la ESA

La **Dra. Lourdes Fàbrega**, del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC), lidera el desarrollo en España de unos sensores que pueden detectar cambios muy pequeños de temperatura y que serán utilizados en las próximas misiones espaciales europeas.

Estos sensores son microcalorímetros extremadamente sensibles y miniaturizados, como pequeños termómetros, que pueden detectar incluso la energía de un solo fotón.

El equipo dirigido por la Dra. Fàbrega es el único en España que desarrolla este tipo de sensores. El estudio está financiado por la Agencia Espacial Europea (ESA), un proyecto europeo H2020 y por el Plan Nacional del Espacio de España.

¿En qué misión se usarán?

Estos sensores serán usados como alternativa europea para el instrumento X-IFU (espectrómetro de rayos X de alta resolución) en el telescopio de rayos X ATHENA de la ESA, que se lanzará durante la década de 2030. La misión ATHENA (Advanced Telescope for High-ENERgy Astrophysics) sustituirá al exitoso XMM-Newton y estudiará el origen de las galaxias, los agujeros negros y otros fenómenos del universo caliente y energético.

La misión ATHENA está diseñada para abordar el tema del Universo Caliente y Energético. Su objetivo es responder a preguntas tales como: ¿cómo crecen los agujeros negros y cómo dan forma al Universo? ¿Cómo puede la materia ordinaria formar las estructuras a gran escala que vemos hoy en día?

"Este tipo de sensores también se están desarrollando para ser utilizados en otras misiones espaciales como SPICA/SAFARI (SPace IR telescope for Cosmology and Astrophysics)", afirma la Dra. Fàbrega.

¡Queremos saber más sobre estos sensores!

Estos sensores, llamados sensores de transición abrupta (TES, por sus siglas en inglés), están hechos de una capa fina de molibdeno recubierto por otra de oro (Mo/Au), con propiedades superconductoras y funcionan a temperaturas criogénicas (100 mK).

El molibdeno es un material superconductor con una temperatura crítica muy baja (1 K). La temperatura crítica es la temperatura a la cual la resistencia a la electricidad aumenta bruscamente. Combinando molibdeno en contacto con una capa de metal, como el oro, se



consigue disminuir su temperatura crítica hasta los 100 mK. Estas bajas temperaturas son necesarias para asegurar detectar la radiación con una alta sensibilidad y con un bajo nivel de ruido.

Cuando se acoplan estos sensores a un absorbente adecuado, los sensores TES se convierten en detectores de radiación con capacidades espectroscópicas excelentes; esto los hace extremadamente interesantes para una gran variedad de instrumentos que requieren alta sensibilidad y alta resolución.

¿Los TES tiene otras aplicaciones?

Los detectores de radiación criogénica TES constituyen unos instrumentos de última generación y ya están en uso en una amplia gama de aplicaciones científicas y tecnológicas, incluida la astronomía, la nanotecnología, la biomedicina, la seguridad y la industria, debido a su extraordinaria sensibilidad.

Los sensores TES se usan para la caracterización de materiales, por ejemplo, en instalaciones de sincrotrón: en el Advanced Photon Source (Argonne National Laboratory), el EBIT (Lawrence Livermore National Laboratory) y el Brookhaven National Laboratory, todos en Estados Unidos, utilizan sensores TES criogénicos en sus líneas de espectrómetro de rayos X de alta resolución.

"Los TES pueden detectar casi el 100 % de los fotones de rayos X y pueden determinar las diferencias de energía entre los fotones con alta resolución en un rango de energía clave para el estudio de los materiales. Pueden detectar diferencias en la energía de los fotones 50 veces más pequeñas que los detectores actuales de última generación y, por lo tanto, en análisis de materiales proporcionan información altamente detallada sobre la estructura química y electrónica que no se puede medir fácilmente con otros tipos de espectrómetros".

"Con este desarrollo, conseguiremos que España tenga instrumentos de alto valor añadido y expandiremos las aplicaciones electrónicas de los materiales superconductores", dice la Dra. Fàbrega.

Socios del proyecto

La Dra. Lourdes Fàbrega, del ICMAB-CSIC, trabaja en estrecha colaboración con el ICMA-CSIC (Instituto de Ciencia de los Materiales de Aragón). Otros participantes del proyecto incluyen el IFCA-CSIC (Instituto de Física de Cantabria) y el SRON-Netherlands Institute for Space Research.

Financiación

Actualmente, el estudio está financiado por los siguientes proyectos:



- CTP (Core Technology Program) contrato con la ESA: "Desarrollo de detectores TES para ATHENA/X-IFU: optimización de una matriz de sensores de transición abrupta europea"
- Proyecto H2020: AHEAD ("Actividades integradas para la astrofísica de alta energía")
- Plan Nacional de Espacio de España: "Desarrollo de detectores criogénicos en TES"

Más información

- **ATHENA:** <http://sci.esa.int/athena/59896-mission-summary/> and <http://www.the-athena-x-ray-observatory.eu/>
- **X-IFU** instrumento de *ATHENA*: <http://x-ifu.irap.omp.eu/>
- **AHEAD H2020** proyecto europeo: <http://ahead.iaps.inaf.it/>
- Exploring the Hot and Energetic Universe: The second scientific conference dedicated to the Athena X-ray observatory 24-27 September 2018, Palermo, Italy: <http://www.astropa.inaf.it/athena18/>
- X-IFU next Consortium meeting will be in Geneva from September 10-14: <http://x-ifu.irap.omp.eu/blog/2018/06/01/upcoming-x-ifu-consortium-meeting-cm8-in-geneva/>

Referencias

Comparison of Different Mo/Au TES Designs for Radiation Detectors. Pobes, C., Fàbrega, L., Camón, A. et al. *J Low Temp Phys* (2018). Proceedings of the International Workshop on Low Temperature Detectors. DOI: 10.1007/s10909-018-1936-x
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10909-018-1936-x>

Transition Edge Sensors: versatile and sensitive radiation detectors. Fàbrega, L. Meeting point for radiation and photon detectors community. Third Barcelona Techno Week. 2-6 July 2018.
<https://indico.icc.ub.edu/event/5/timetable/#20180709>

Development of Cryogenic X-Ray Detectors Based on Mo/Au Transition Edge Sensors. C. Pobes, L. Fàbrega, A. Camón, N. Casañ-Pastor, P. Strichovanec, J. Sesé, J. Moral-Vico, R. Jáudenes. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. Volume: 27, Issue: 4, June 2017). DOI: 10.1109/TASC.2016.2637337.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7778239/>

Video:

ATHENA X-ray observatory representation (source: <https://www.youtube.com/watch?v=4GUfdbzJDJO>)



Imágenes:



Portada: Representación de ATHENA (fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4GUfDbzJDJ0>)

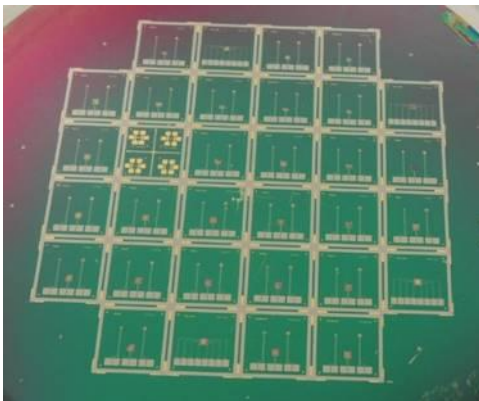


Figura 1: Oblea de silicio con sensores TES (fuente: Lourdes Fàbrega)

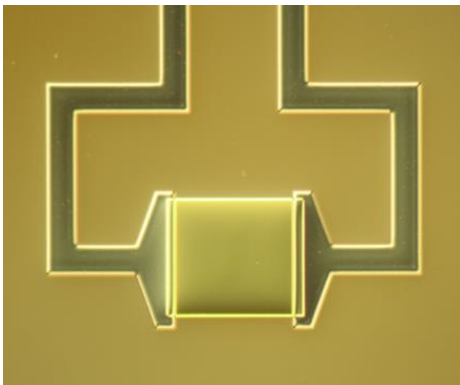




Figura 2: sensor TES (fuente: Lourdes Fàbrega)



Figura 3: Encuentro del consorcio de X-IFU en París (Marzo 2018) (fuente: <http://x-ifu.irap.omp.eu/blog/2018/03/24/wrap-up-of-consortium-meeting-7/>)

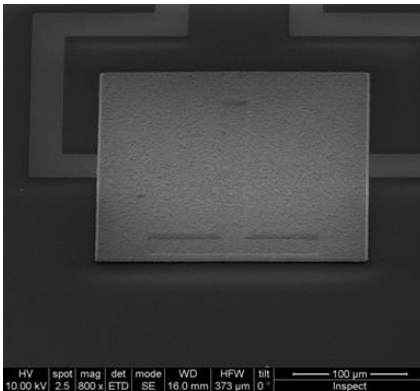


Figura 4: sensor TES con absorbente (fuente: Lourdes Fàbrega)



Extremely sensitive radiation detectors to explore the universe in the forthcoming ESA space missions

Dr. Lourdes Fàbrega, from the Institute of Materials Science of Barcelona (ICMAB-CSIC), leads the development in Spain of a special type of sensors that can detect very small changes in temperature and that will be used in the forthcoming European space missions.

These sensors are extremely sensitive and miniaturized microcalorimeters, like small thermometers, that can detect even the energy of one single photon.

The team lead by Dr. Fàbrega is the only one in Spain developing this type of sensors. The study is financed by the European Space Agency (ESA), H2020 Europe and Spain's Space National Plan.

In which mission will they be used?

These sensors are being planned to be used as a European backup of the X-IFU instrument (high resolution X-ray spectrometer) in ESA's X-ray telescope ATHENA, to be launched by 2030s. ATHENA (Advanced Telescope for High-ENERgy Astrophysics) will substitute the successful XMM-Newton and will study the origin of the galaxies, black holes and other phenomena of the hot and energetic universe.

The ATHENA mission is designed to address the Hot and Energetic Universe science theme. It aims at answering questions such as: how do black holes grow and shape the Universe? How does ordinary matter assemble into the large-scale structures we see today?

"This type of sensors is also being developed as an enabling technology, to be used in other space missions such as SPICA/SAFARI (SPace IR telescope for Cosmology and Astrophysics)" affirms Dr. Fàbrega.

We want to know more about these sensors!

These sensors, called transition-edge-sensors (TES), are made out of molybdenum and gold (Mo/Au) bilayers, which have superconducting properties and work at cryogenic temperatures (100 mK).

Molybdenum is a superconducting material with a very small critical temperature (1K). The critical temperature is the temperature at which the resistance to electricity increases sharply. Combining molybdenum with a metal layer in close contact, such as gold, its critical temperature decreases



down to 100 mK. These low temperatures are necessary to ensure the detection of radiation with high sensitivity and with low excess noise.

When coupled to a suitable absorber, TES sensors become radiation detectors with outstanding spectroscopic capabilities; this makes them extremely interesting for a variety of instruments which require high sensitivity and resolution.

Do TES have other applications?

TES cryogenic radiation detectors constitute the next generation in instrumentation for a variety of scientific and technological applications. They are already in use in a wide range of applications, including astronomy, nanotechnology, biomedicine, security and industry, due to their extraordinary sensitivity.

TES sensors are used for materials characterization, for instance, in synchrotron facilities. The Advanced Photon Source (Argonne National Laboratory), the EBIT (Lawrence Livermore National Laboratory) and the Brookhaven National Laboratory, all in the USA, use cryogenic TES sensors in their high-resolution X-ray spectrometer beam lines.

“TES can detect nearly 100% of X-ray photons, and can determine energy differences between photons with high resolution at a key energy range for studying materials. That capability is a factor of 50 better than current state-of-the-art detectors and provides highly detailed information about the chemical and electronic structure not easily measurable with other types of spectrometer.”

“With this study, we will enable Spain to have high value instrumentation, and we will enhance the electronic applications of superconducting materials” says Dr. Fàbrega.

Project partners

Dr. Lourdes Fàbrega, from ICMAB-CSIC, works in close collaboration with the ICMA-CSIC (Institute of Materials Science of Aragon). Other participants of the project include the IFCA-CSIC (Instituto de Física de Cantabria), and the SRON-Netherlands Institute for Space Research.

Funding

Currently, the study is funded by the following projects:

- CTP (Core Technology Program) ESA contract: "TES Detector Development for ATHENA/X-IFU: Optimization of a European Transition Edge Sensor Array"
- H2020 project: AHEAD ("Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain")



- Spain's Space National Plan: "Desarrollo de detectores criogénicos basados en TES"

More information

- **ATHENA:** <http://sci.esa.int/athena/59896-mission-summary/> and <http://www.the-athena-x-ray-observatory.eu/>
- **X-IFU** instrument of *ATHENA*: <http://x-ifu.irap.omp.eu/>
- **AHEAD H2020** European Project: <http://ahead.iaps.inaf.it/>
- Exploring the Hot and Energetic Universe: The second scientific conference dedicated to the Athena X-ray observatory 24-27 September 2018, Palermo, Italy: <http://www.astropa.inaf.it/athena18/>
- X-IFU next Consortium meeting will be in Geneva from September 10-14: <http://x-ifu.irap.omp.eu/blog/2018/06/01/upcoming-x-ifu-consortium-meeting-cm8-in-geneva/>

References

Comparison of Different Mo/Au TES Designs for Radiation Detectors. Pobes, C., Fàbrega, L., Camón, A. et al. *J Low Temp Phys* (2018). Proceedings of the International Workshop on Low Temperature Detectors. DOI: 10.1007/s10909-018-1936-x
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10909-018-1936-x>

Transition Edge Sensors: versatile and sensitive radiation detectors. Fàbrega, L. Meeting point for radiation and photon detectors community. Third Barcelona Techno Week. 2-6 July 2018.
<https://indico.icc.ub.edu/event/5/timetable/#20180709>

Development of Cryogenic X-Ray Detectors Based on Mo/Au Transition Edge Sensors. C. Pobes, L. Fàbrega, A. Camón, N. Casañ-Pastor, P. Strichovanec, J. Sesé, J. Moral-Vico, R. Jáudenes. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. Volume: 27, Issue: 4, June 2017). DOI: 10.1109/TASC.2016.2637337.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7778239/>

Video:

ATHENA X-ray observatory representation (source: <https://www.youtube.com/watch?v=4GUfdbzJDJ0>)

Images:



Cover image: ATHENA X-ray observatory representation (source: <https://www.youtube.com/watch?v=4GUfdbzJDJ0>)

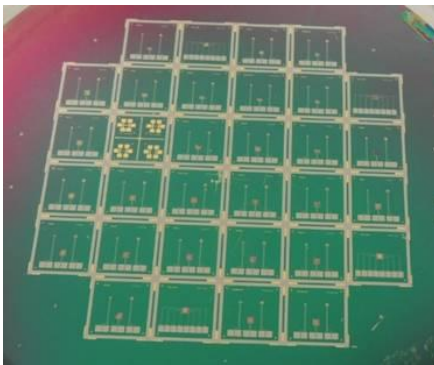


Figure 1: Silicon wafer with TES sensors (source: Lourdes Fàbrega)

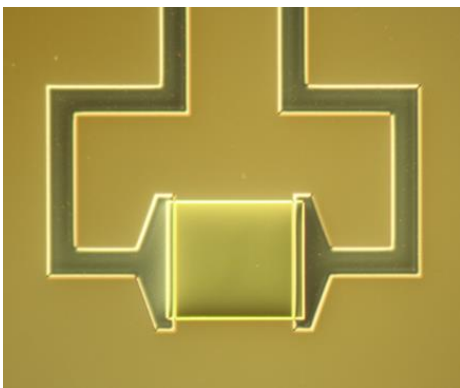


Figure 2: TES sensor (source: Lourdes Fàbrega)



Figure 3: X-IFU meeting in Paris (March 2018) (source: <http://x-ifu.irap.omp.eu/blog/2018/03/24/wrap-up-of-consortium-meeting-7/>)

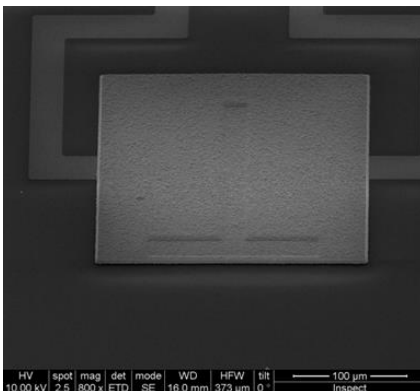


Figure 4: TES sensor with absorber (source: Lourdes Fàbrega)