Detector Irradiation at CNA

Joaquín Gómez Camacho, F.Javier García López, M. Carmen Jiménez Ramos

CNA (U. Sevilla, J. Andalucía, CSIC)

28th RD50 workshop
6-8 June 2016

Parque Tecnológico Cartuja'93, Avda.Thomas Alva Edison nº 7, E-41092 – Sevilla. Spain
Phone: +34.95.4460553, Fax: +34.95.4460145 cna@us.es

- Centro mixto U.Sevilla-J.Andalucia-CSIC
- Main Facilities: 4 accelerators, 1 irradiator, 1 scanner PET-CT.
- ICTS: Users facility. More than 100 usage requests per year, regulated by a scientific committee.
- Personnel: 56 people.

  20 staff. 20 temporary. 16 training.

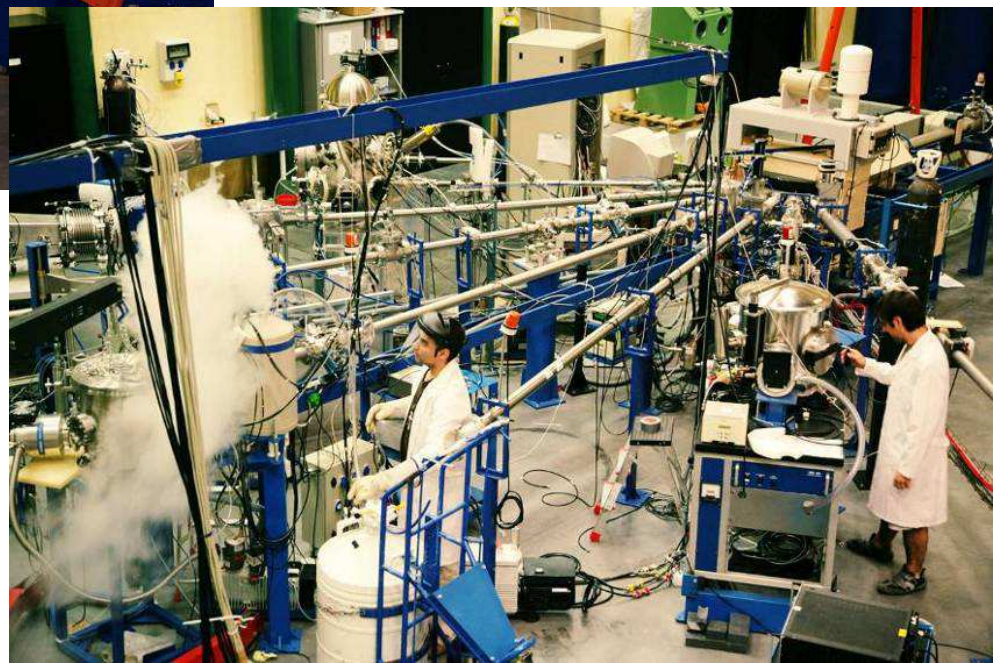
  14 doctors staff (13 US, 1 CSIC),

  10 doctores temporary (1 R&C, 9 postdocs).
- External funding by companies: SAS, IBA, ALTER, ENRESA …complemented by regional, national and european projects, and usage fees.

3MV Tandem accelerator

-**Nuclear physics and Instrumentation (Nuclear and Particle Physics)**

IEM-CSIC, IFCA-CSIC, IFIC-CSIC, I3M-CSIC, U-Huelva, U-Granada,



-**IBA techniques (Material Science)**

IO-CSIC, ICMSE-CSIC, ICMM-CSIC, ICMB-CSIC

TRINOS, AVS, CRIOLAB, ATI-Sistemas ...

INDO, ACERINOX ..

Cyclotron
18 MeV (p), 9 MeV (d)

-Radiopharmaceutical production (Molecular Imaging)

IBA Molecular

-Irradiation (Space technology)

-ALTER, TRAD, INTA

SARA, AMS system in CNA

-Precise AMS isotope measurements (Nuclear physics applied to environment)

ENRESA, DUCARES

CIEMAT, UAB, UEX, ULund

MICADAS compact 14C accelerator:

14C dating (Nucl Phys applied to arqueology and cultural heritage).

IPE-CSIC, IMF-CSIC, UAB, UEX,

CEPSA, Estudios de Arqueología

Irradiador de 60Co

-Photon irradiation (Space technology, Biophysics)

INTA, USE, UC3,

ALTER, Hisparroz,

AMPLIACIÓN DEL POTENCIAL DE USO DEL CNA PARA ENSAYOS DE IRRADIACIÓN

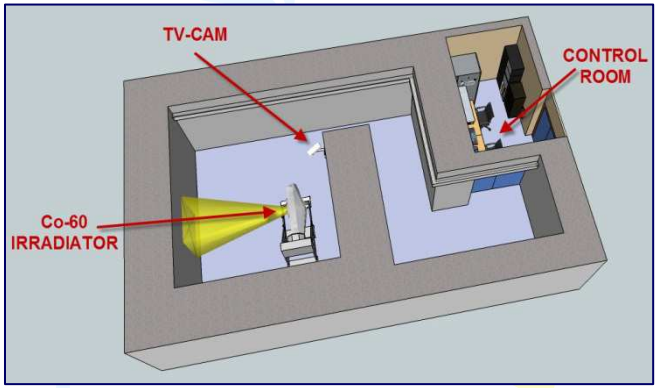
RADLAB Gamma Radiation Laboratory

Fuente de ^{60}Co
Semivida 5,27 años
Actividad (Enero 2013)
403 TBq (10,89 kCi)
Energía media de fotones 1,25 MeV

Tasa de dosis variable en función de la distancia fuente-superficie y el tamaño de campo

Rango de tasa de kerma en aire 2013
~ 10 - 415 Gy/h (1 – 41,5 krad/h)
Con sistema atenuación **0,05 Gy/h**

Tamaño de campo máximo 140 x 140 cm²
Incertidumbre en tasa de dosis < 4%
No uniformidad en campo de radiación < 1%



Monitorización dosimétrica in vivo
Cámaras de Ionización
Diodos de Si
Electrómetros

Equipo de monitorización PTH

Cableado (señal, tensión, red y fibra óptica)

Calibración en base a IAEA TRS-398 // TRS-469
Intercomparación con ESTEC-ESA/UCL
Requerimientos ESCC, MIL-STD, ASTM

Convenio con ALTER Technology (Member of TÜV NORD)

Campos aplicación:

Espacio, Física altas energías, Ciencia de materiales, Biomedicina, Metrología

ICTS-2009-42
IPT-2011-1603-370000

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD · CNA Centro Nacional de Aceleradores · Universidad de Sevilla · CSIC · JUNTA DE ANDALUCIA

Unidad de Imagen del CNA-HUVR

-PET-CT Molecular Imaging (Molecular Imaging applied to Oncology and neurology)

HUVR-SAS, HUVM-SAS, IBIS-CSIC,

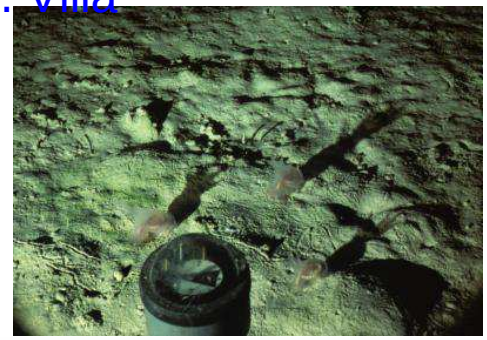
SIEMENS, IBA, PIRAMAL

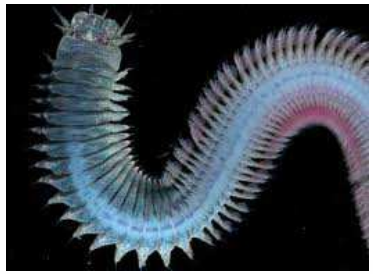
Hitos recientes

Medida de 236U y 239,240Pu en sedimentos marinos

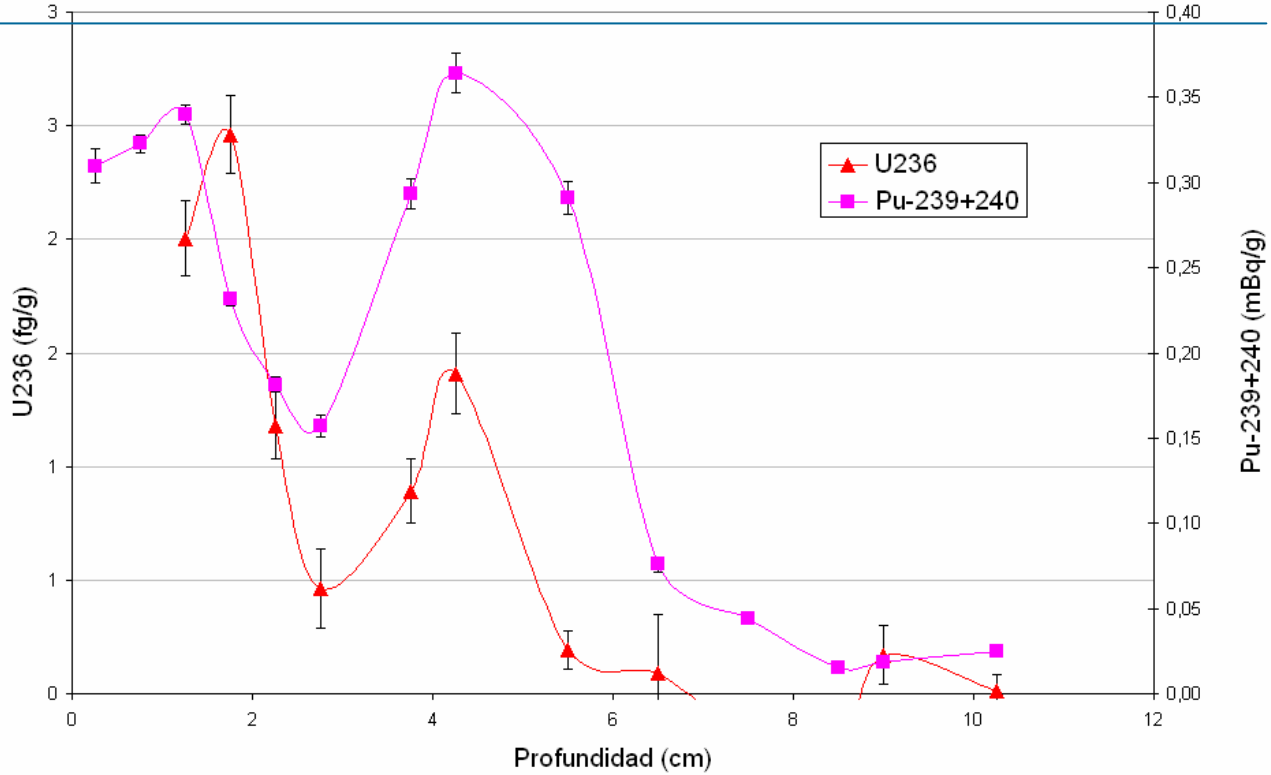
E. Chamizo, M. Villa

Fotos del fondo marino en la región estudiada, que demuestran la actividad biológica en la zona (anélidos marinos)





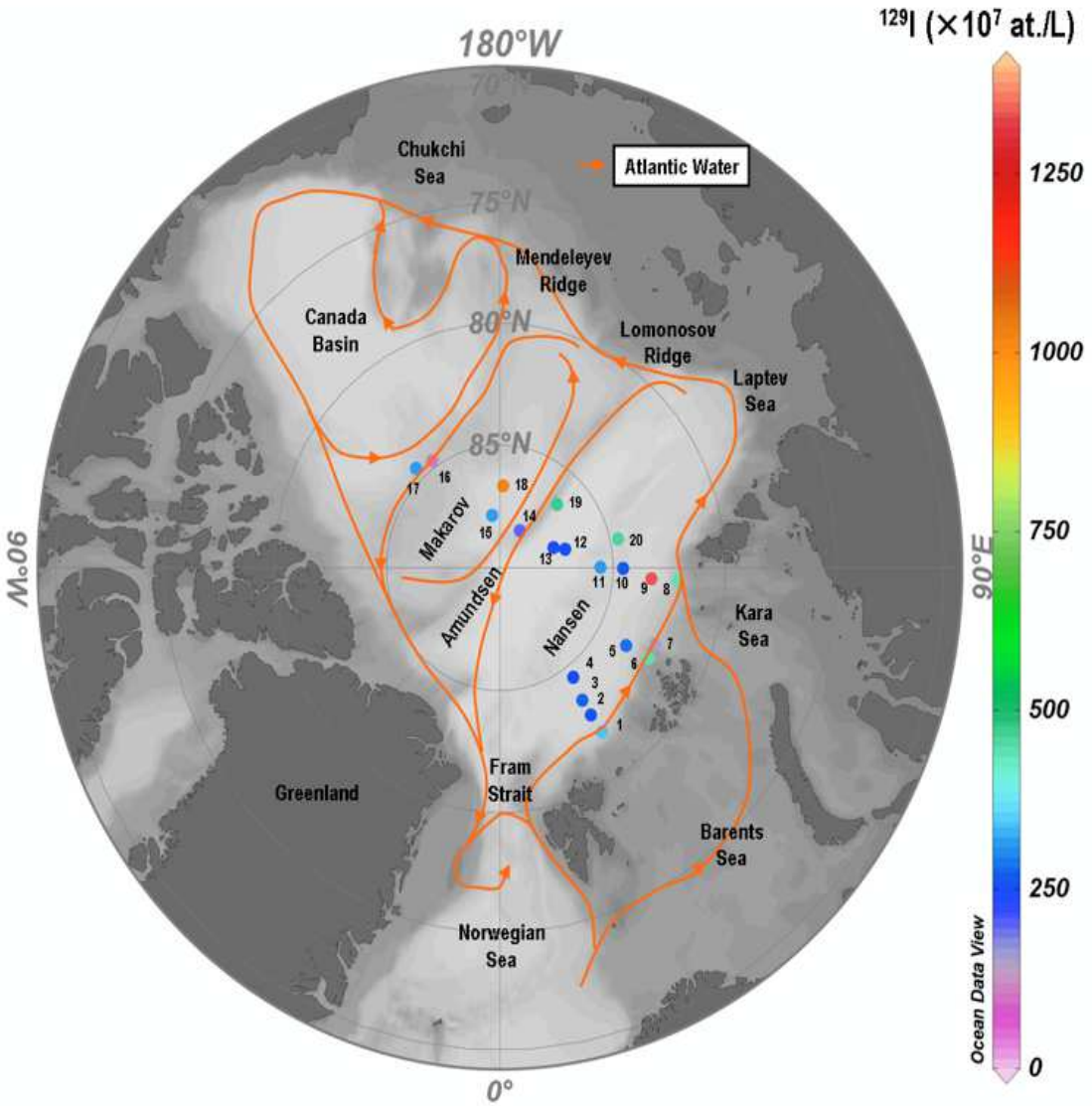
Perfiles de ^{236}U y de $^{239,240}Pu$ en el testigo de sedimento estudiado (PAP, Atlántico Norte, 4000 m de profundidad)



National Oceanography Centre
NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

CNA
Centro Nacional de Aceleradores



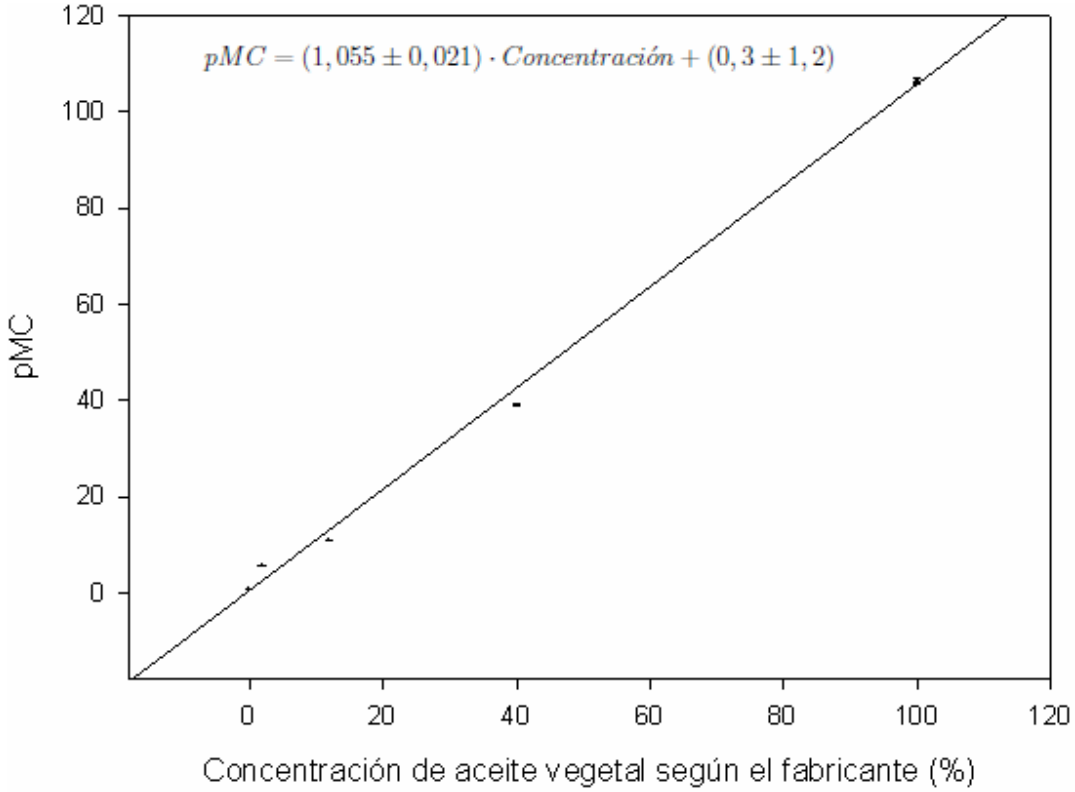
Medida de ^{129}I en muestras de hielo polar

Objetivo del estudio: evaluar el comportamiento del ^{129}I durante los procesos de creación y destrucción del hielo en el Océano Ártico.

J.M. Gómez-Guzmán, J.M. López-Gutiérrez, J.L. Mas, Takashi Suzuki, P. Cámara-Mor & P. Masqué. Enviado para publicación en *Marine Pollution Bulletin*.

Medidas de C14 en biodiésel

Muestra	pMC
BD_0	0,61±0,02
BD_0	0,66±0,02
BD_2	5,71±0,07
BD_12	10,89±0,10
BD_40	39,08±0,22
BD_100	106,48±0,47
BD_100	106,67±0,47



Las muestras BD_0 son fósiles puros. El C14 que aparece se debe probablemente al proceso de producción.

Año	pMC
2008,5	105,44
2007,5	105,93
2006,5	106,42
2005,5	106,61
2004,5	107,20

Existe una clara relación entre el porcentaje de biodiésel y el valor en pMC.

Los niveles de las muestras con 100% de aceite encajan perfectamente con los valores atmosféricos. Las muestras llegaron en 2006.

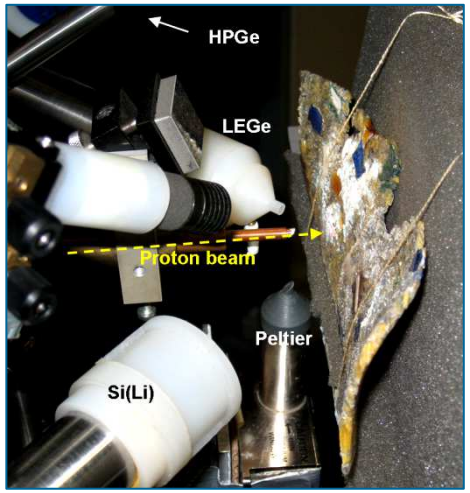
Estudio no destructivo de un vidrio “millefiori” romano recuperado de un pecio y en avanzado estado de degradación.

Después de siglos bajo el mar la pieza presenta una gran pérdida de materia en las flores, mientras que los fragmentos de colores mantienen su estructura.

Los vidrios potásicos (posteriores a los romanos) se degradan más que los sódicos.

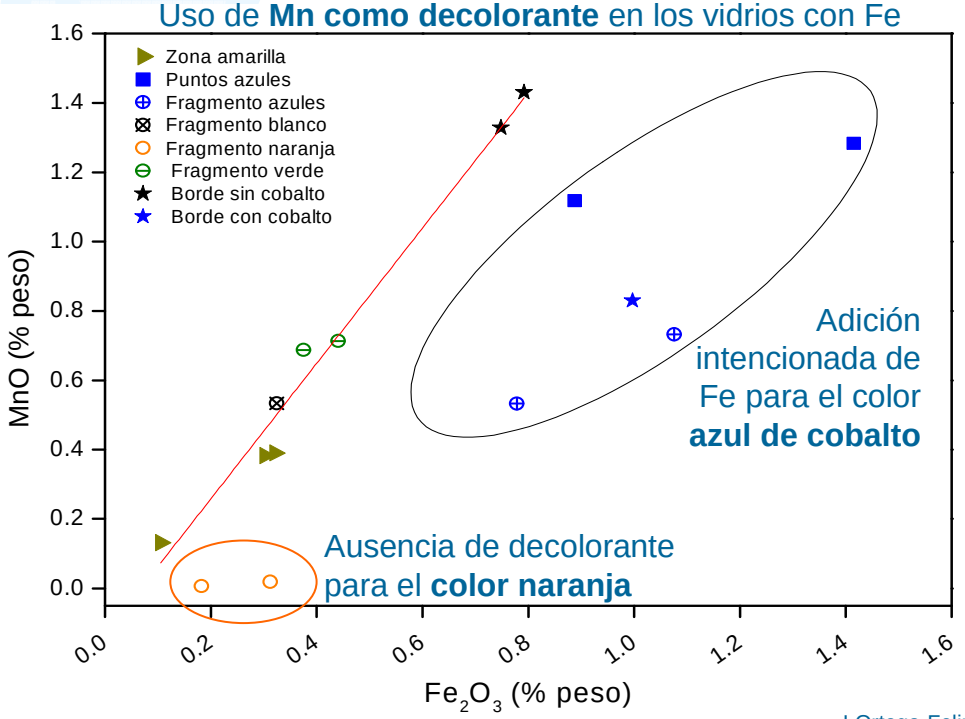
¿Tienen entonces una composición diferente?

La combinación de técnicas IBA (PIXE-PIGE) en atmósfera de helio y con monitorización de dosis ha permitido el **análisis no destructivo y cuantitativo** de esta valiosa y frágil pieza, imposible de estudiar en cámaras de vacío.



Algunas de las hipótesis presentadas sobre la fabricación del vidrio tras los análisis son :

Uso de **Mn como decolorante** en los vidrios con Fe

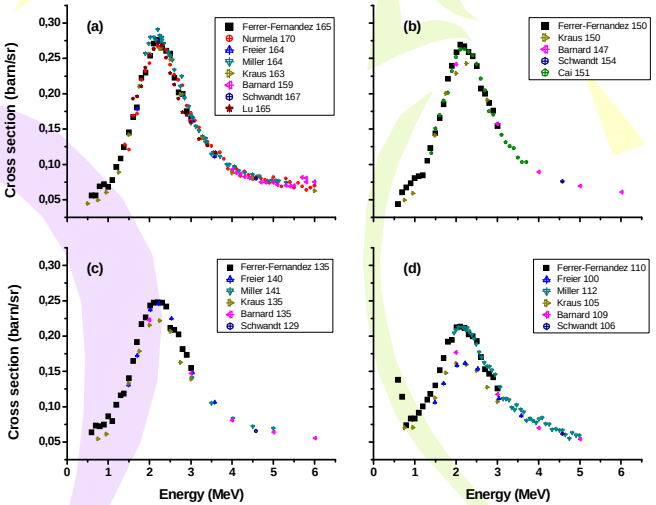


- **Vidrio sódico** (alta concentración de Na, baja concentración de K) a base de **natron** (baja concentración de Mg y K), acorde con otros vidrios romanos de la época.
- La causa del **diferente nivel de degradación** entre las flores y los fragmentos de colores no se debe a diferencias en la composición sino a diferencias en el **tratamiento térmico** durante la fabricación.
- Se utilizó una sola fuente de sílice, por la relación Ti-Fe.
- Los fragmentos de colores **no son vidrios reutilizados** de otros objetos, sino que toda la pieza está fabricada en el mismo taller.
- Se usó **arena de playa** o cercana a la costa, por las concentraciones y relaciones obtenidas de Ca, Sr, K y Zr.
- Los colorantes utilizados en los vidrios azules fueron a base cobalto: **trianita** (Cu) y **skutterudita** (Fe y ni)

I.Ortega-Feliu[1], B.Gómez-Tubío[1], MÁ.Respaldiza[1], F.Capel[2], X. Nieto Prieto[3] (1: CNA, 2: ICV, 3: ARQUA)

Blancos sólidos de Metal:He

- Se han utilizado blancos de Si:He (ICMSE-CSIC) para determinar la sección eficaz del proceso inelástico $^4He(p,p)^4He$



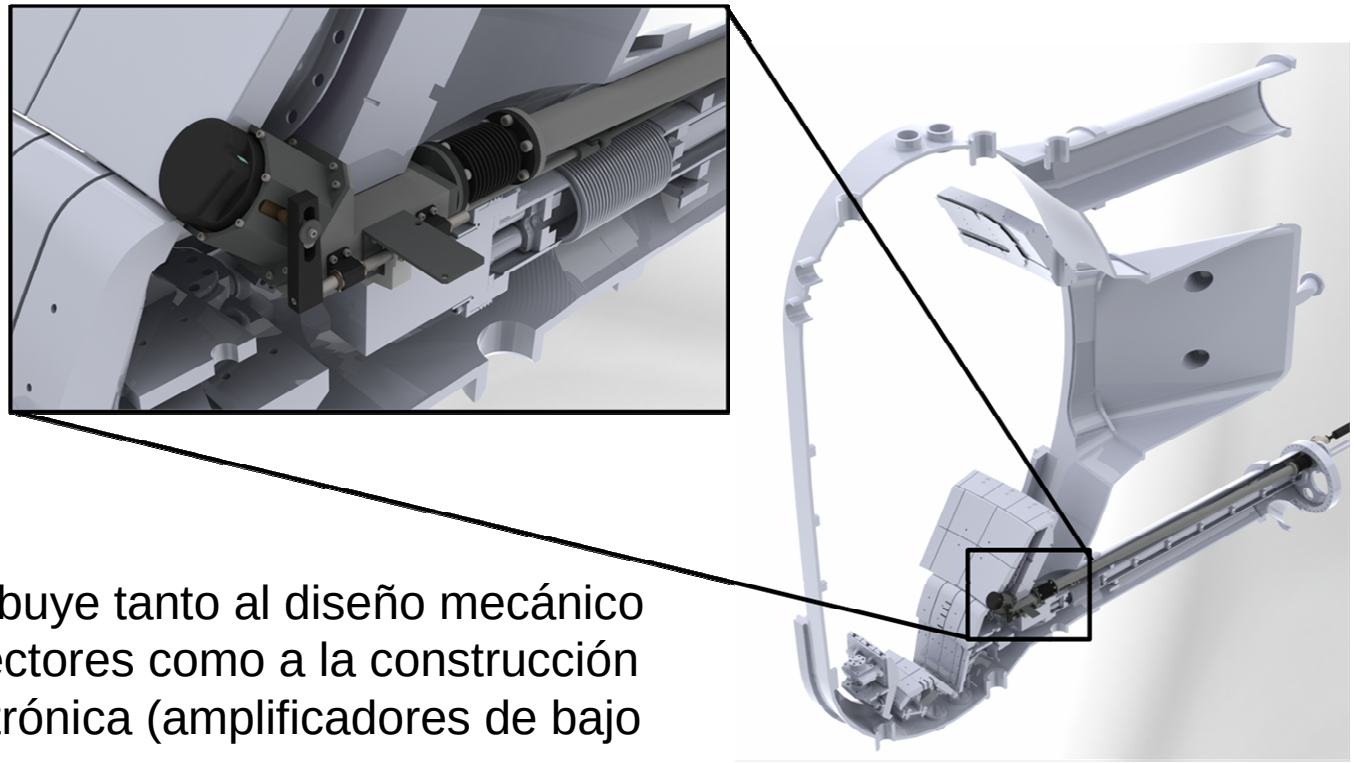
- Siguiendo esta línea se proponen la utilización de blancos autosoportados de este tipo de materiales M:He (M=Si, Cu) como blanco "sólido" de He en experimentos de cinemática inversa.

Incident ion	**Si:He**		**Cu:He**	
	Signals	Energy (keV)	Signals	Energy (keV)
Li 2 MeV	Scattering in Si	1870	Scattering in Cu	1941
	Scattering in He	1055	Scattering in He	1055
	Si recoiled	959	Cu recoiled	537
	He recoiled	1387	He recoiled	1387

Desarrollo de detectores FILD para reactores de fusión

EUROfusion contract

En el marco de EUROfusion (H2020) el CNA es el responsable del diseño, construcción y caracterización de los detectores FILD de los tokamaks ASDEX Upgrade (Instituto Max-Planck para física del plasma) y MAST-U (Culham Center Fusion Energy)

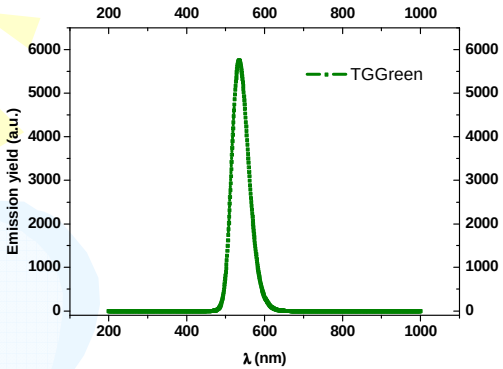


AVS contribuye tanto al diseño mecánico de los detectores como a la construcción de su electrónica (amplificadores de bajo ruido)

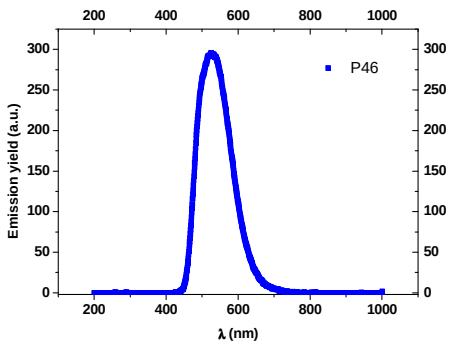
M. Garcia-Munoz, J. Garcia-Lopez, J. Ayllon, M. C. Jimenez-Ramos, M. Rodriguez-Ramos, L. Sanchis-Sanchez, J. Galdon (CNA)
J. M. Carmona, I. Sard, J. M. Nuñez (AVS - Scientifica)

Determinación del rendimiento absoluto y estudio de la degradación de centelleadores que forman parte de los detectores de iones rápidos utilizados en reactores de fusión (M.C. Jiménez Ramos et al., NIMB, aceptado para su publicación)

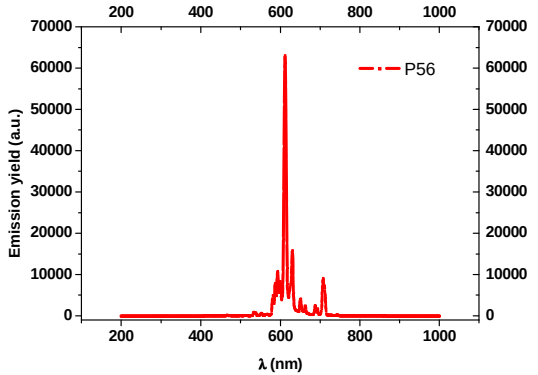
– TG-Green ($SrGa_2S_4:Eu^{2+}$)



–P-46 ($Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$)

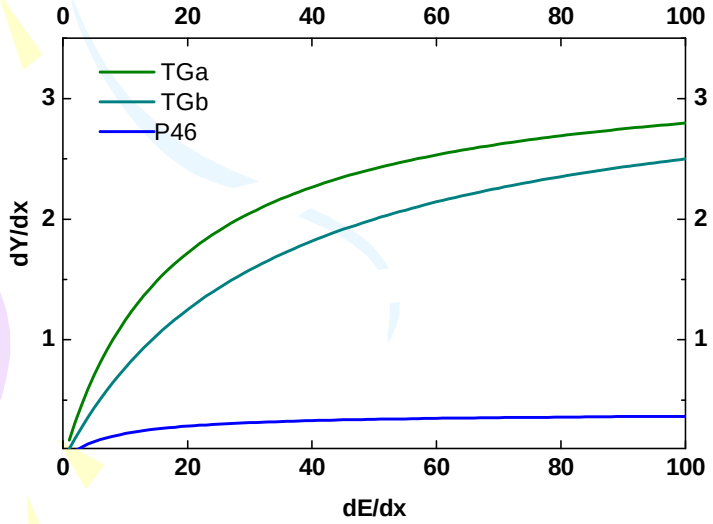


–P-56 ($Y_2O_3:Eu^{3+}$)



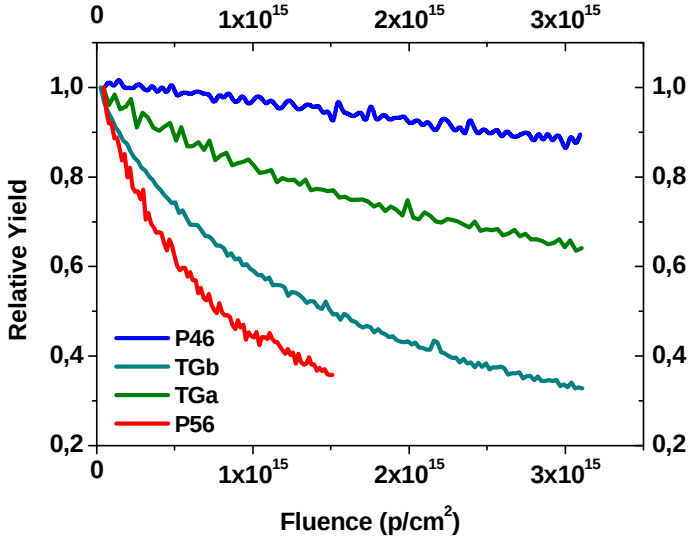
Rendimientos Absolutos

(Ajuste semiempírico: ley de Birk)



Degradación

(condiciones experimentales : D^+ 2 MeV; 10^{13} p/cm^2*s)

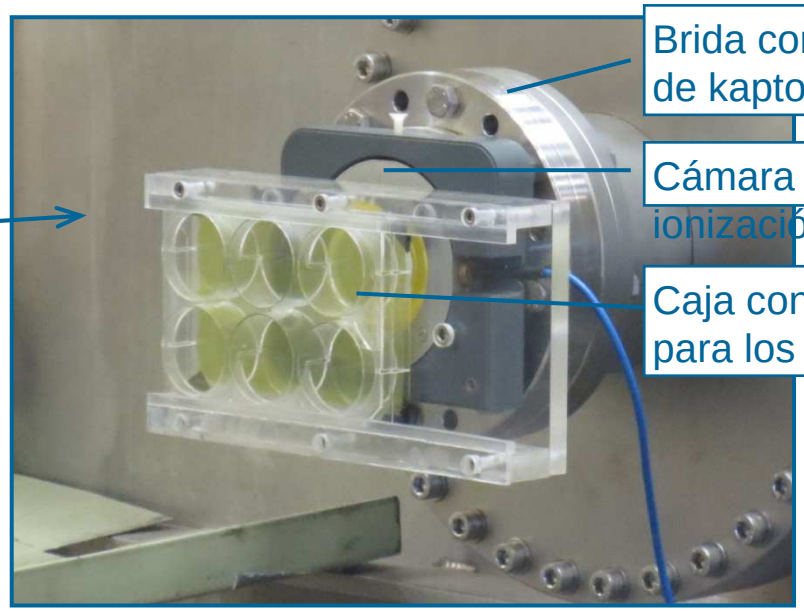


Mª Carmen Jiménez-Ramos, Javier García López, Manuel García Muñoz, Mauricio Rodríguez-Ramos y Maribel Carmona

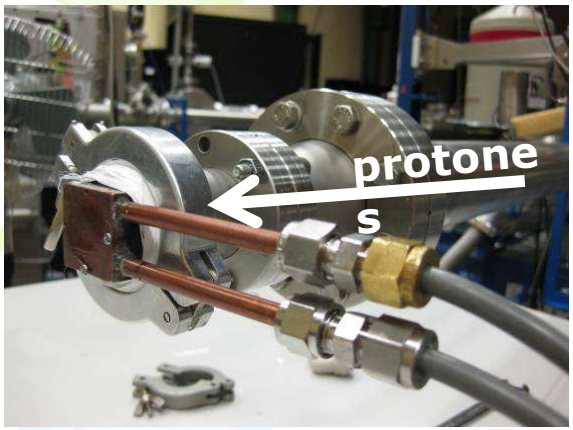
Estudios radiobiológicos con protones de energía entre 3 y 4 MeV.

Colaboración CNA - Univ. Sevilla - Univ. Granada - GSI.

Tras adaptar convenientemente la línea de Física Nuclear Básica hemos realizado, en Dic. 2013, las primeras irradiaciones de cultivos celulares con diferentes dosis de protones, acelerados en el tándem de 3 MV. Posteriormente se va a determinar el efecto biológico (daño) producido en las células de cada cultivo.



LÍNEA DE NEUTRONES en el CNA: astrofísica y neutrones rápidos: Collaboration LNL (Legnaro), nTOF (CERN)



Los protones configurados energéticamente a una guassiana (1860 keV y FWHM=162 keV) inciden sobre un blanco de Li, con este método la reacciónla reacción ^{7}Li(p,n) produce neutrones estelares.

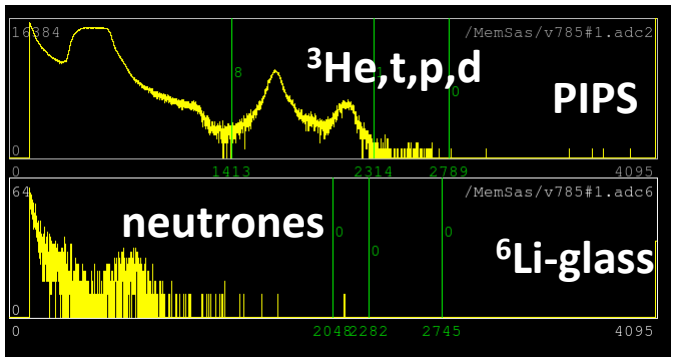
El Li debe de ser refrigerado y a la vez se debe evitar el paso de los neutrones por agua,

La medida de la MACS del ^{181}Ta(n,γ) a kT=30 keV en el CNA ha mostrado que el ^{181}Hf ($t_{1/2}$=42 d en la Tierra pero de ~1d en estrellas AGB) podría contribuir a la formación del ^{181}Ta en el Sistema Solar. (*)

Actualmente estamos caracterizando el espectro de neutrones rápidos generados con la reacción deuterio-deuterio mediante la técnica de la partícula de retroceso.

Estamos trabajando con un blanco de TiD_2, PIPS para detectar las partículas cargadas (d, ^{3}He, p y ^{3}H) de las reacciones D(d,n)^{3}He y D(d,p)^{3}H.

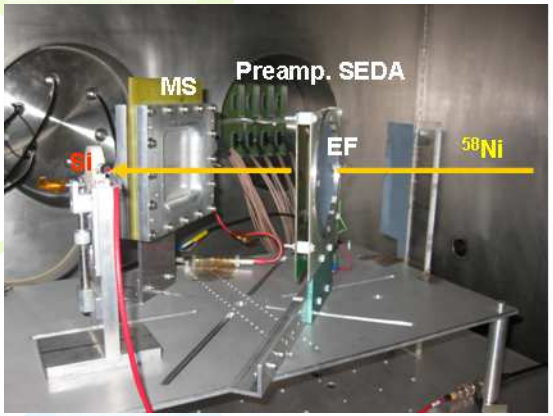
Para los neutrones usamos un detector de ^{6}Li-glass con moderación de polietileno.

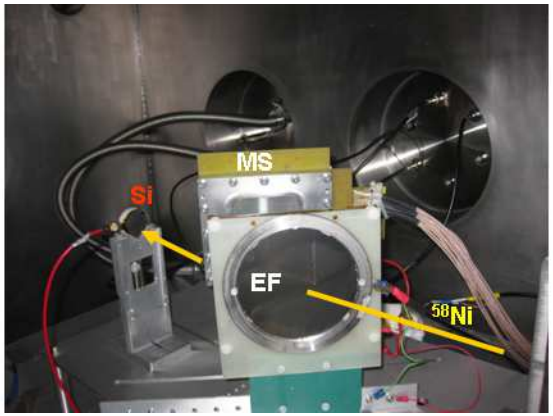


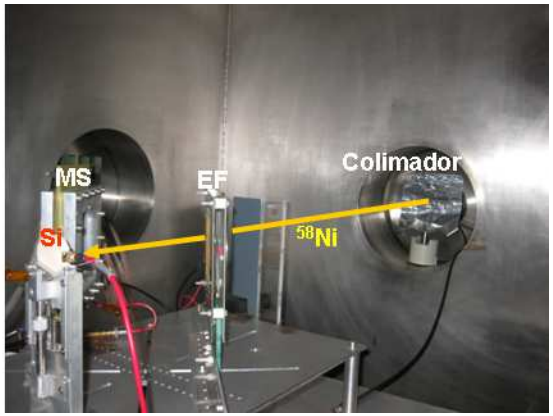
(*) J. Praena *et al.*, NIM A , 727, 1-6 (2013).

Beam tracking detectors tests at CNA: Collaboration GANIL, FAIR

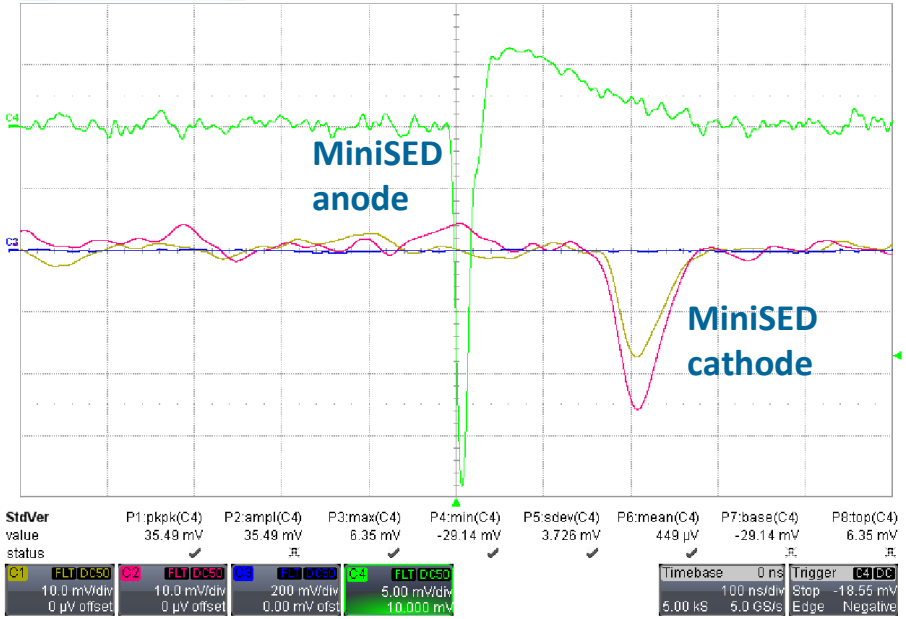
Experimental set-up:



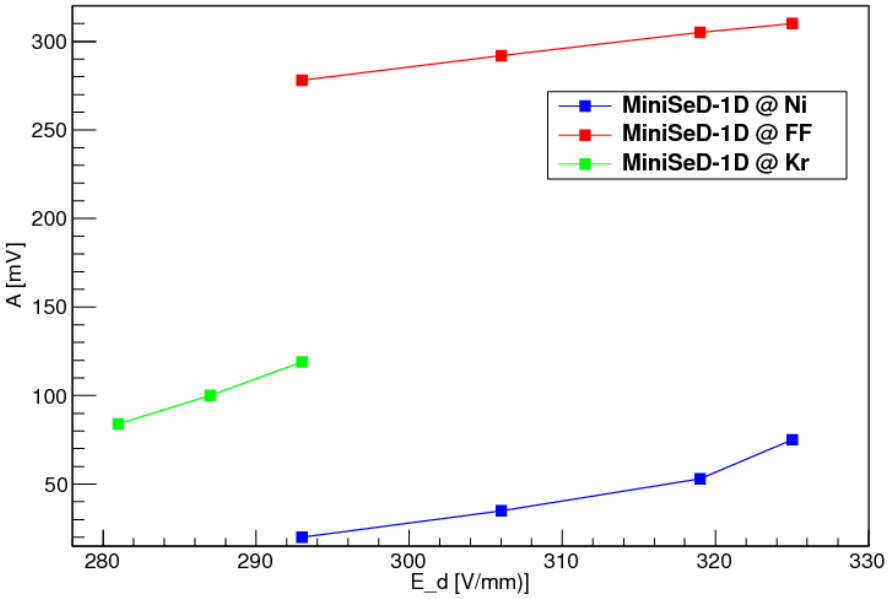




Beam: ^{58}Ni @ 36 MeV and 200 pA

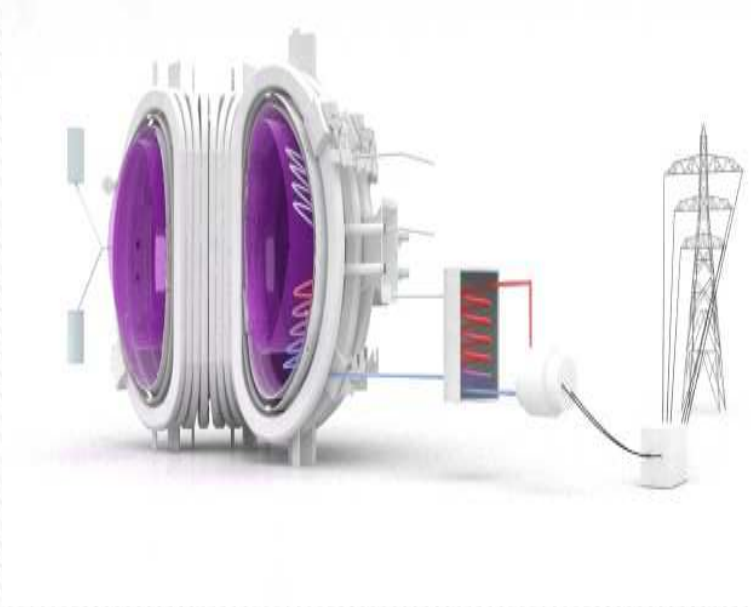


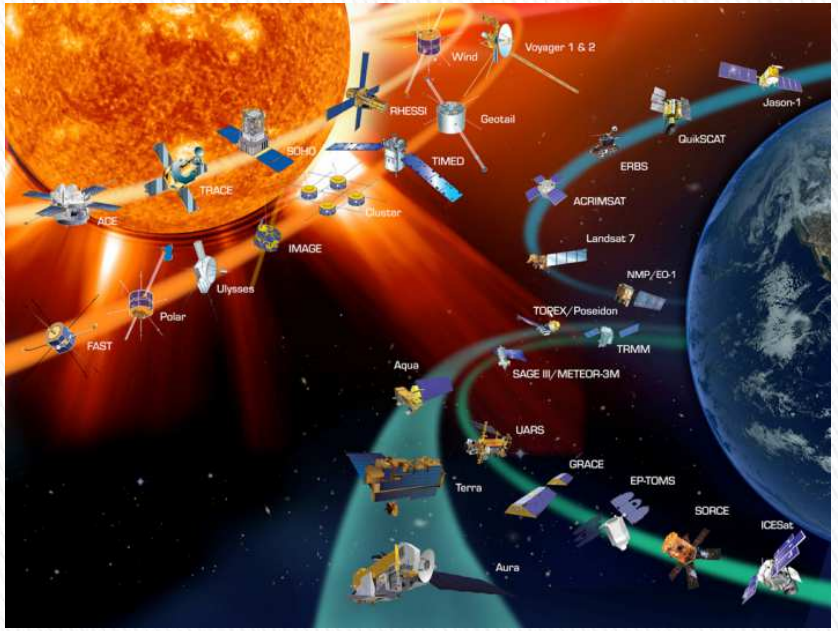
Amplitude comparison between beam and FF sour



Radiation hardness: Motivation

- Study of radiation effects in semiconductor electronics and detectors is fundamental to evaluate the lifetime and performance deterioration of devices working in high radiation environments like nuclear reactors, high energy physics experiments and outer space

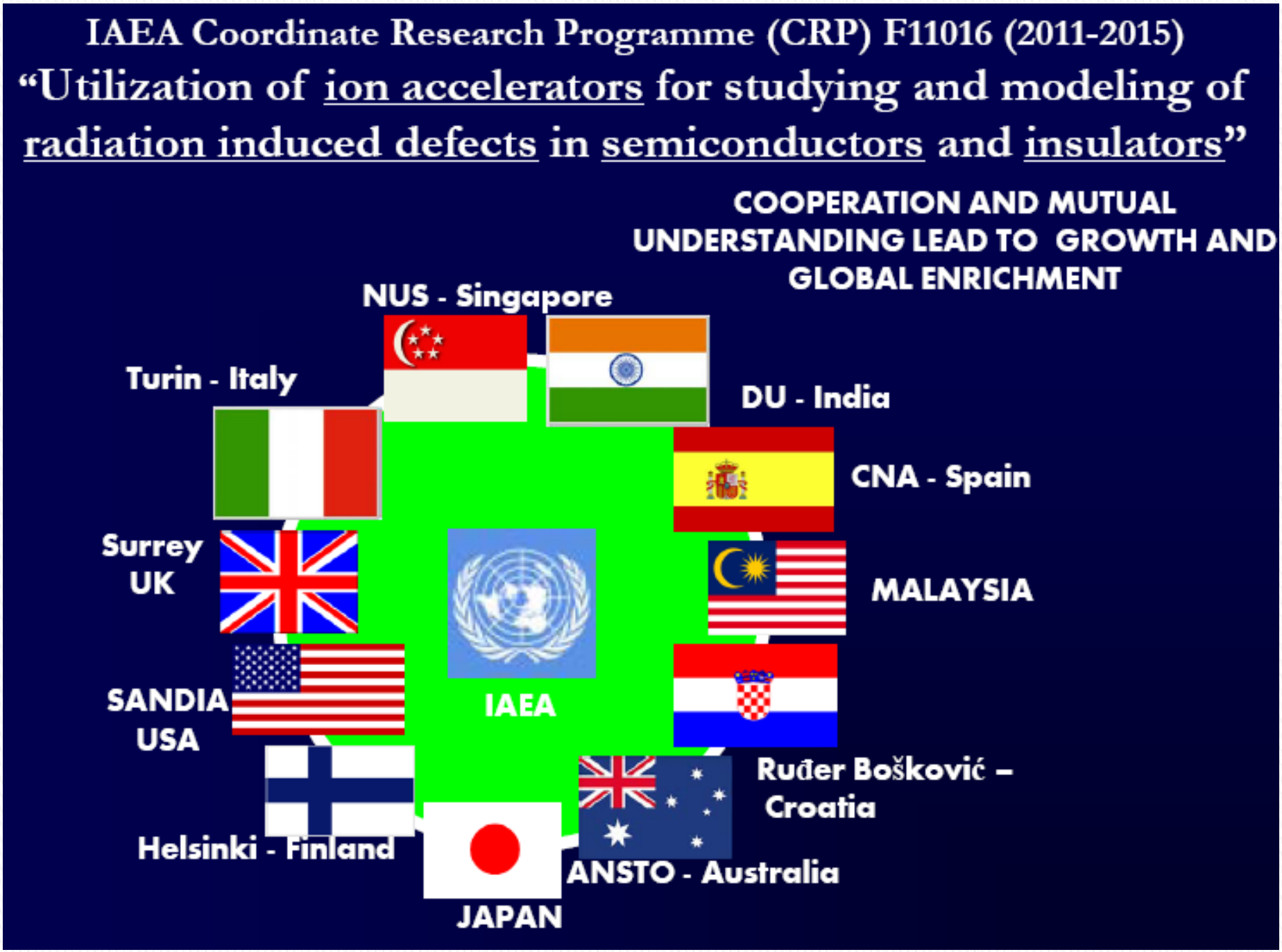




- After 50 years of research in the field, there are still significant gaps in the understanding of what types of defects are formed, how they can be detected and their effects on electrical and structural properties.

IAEA Coordinate Research Programme (CRP) F11016 (2011-2015)

"Utilization of ion accelerators for studying and modeling of radiation induced defects in semiconductors and insulators"



Ion Beam Induced Current (IBIC) technique

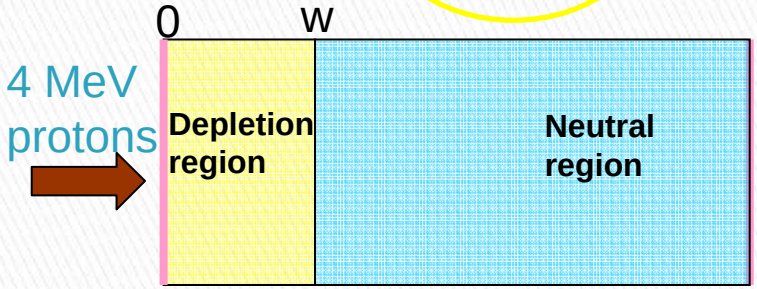
Drift term
(majority + minority carriers)

Diffusion term
(only minority carriers)

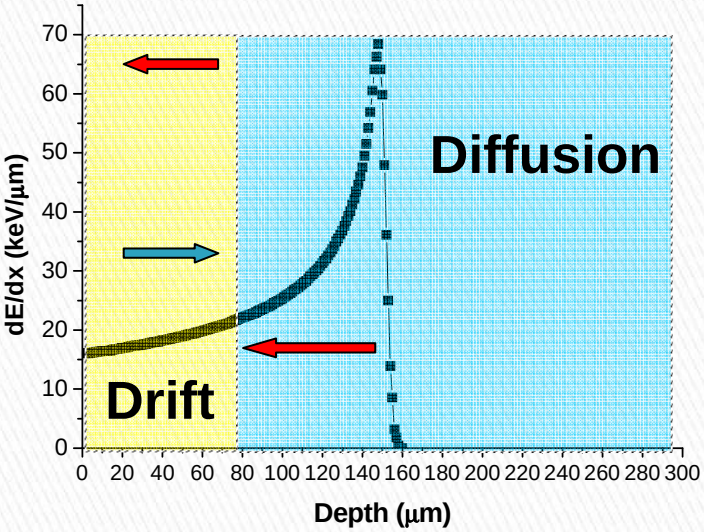
$$CCE = \frac{1}{E_i}\left(\int_0^w \frac{dE}{dx}dx + \int_w^{R_p} \frac{dE}{dx} e^{-\frac{x-w}{L_{diff}}} dx\right) \leq 1$$

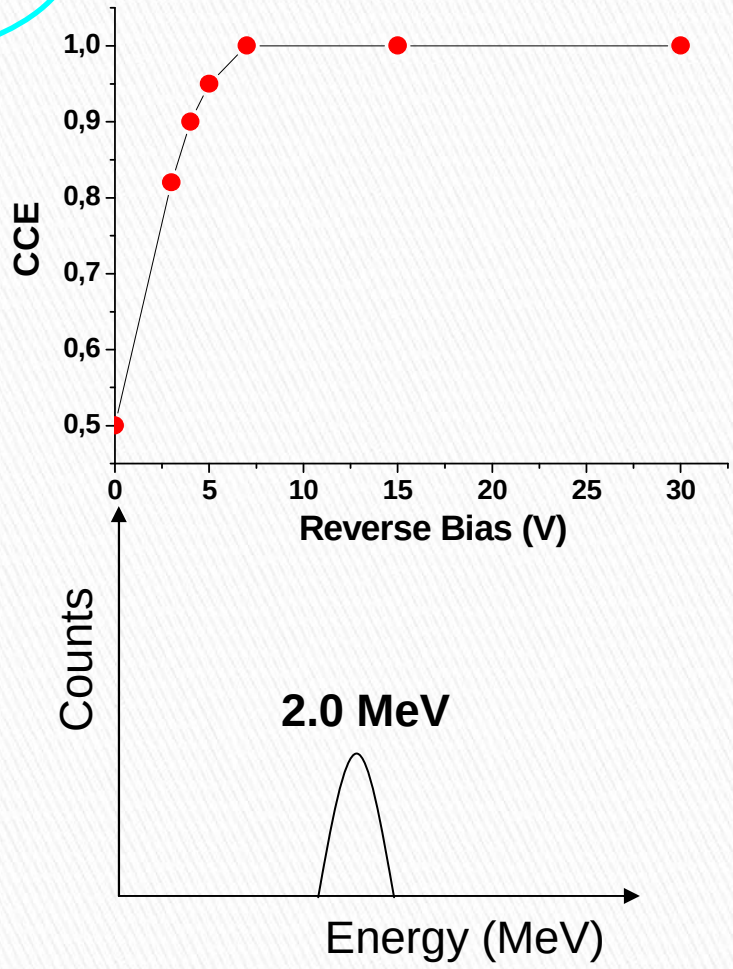
$$L_{Diff} = \sqrt{D_{min} \cdot \tau_{min}}$$

Minority carriers lifetime

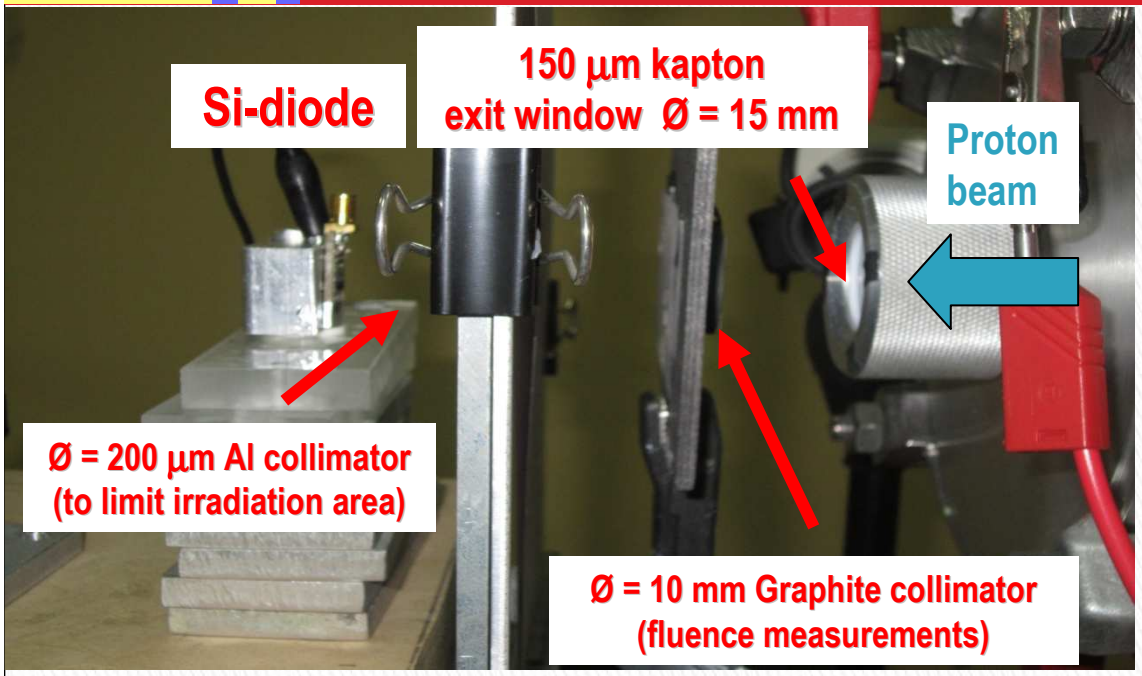


V=0 v
w=75 µm





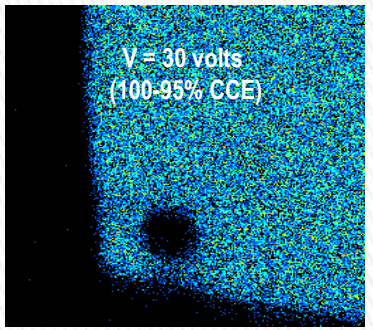
Irradiation with 17 MeV protons



Proton fluences

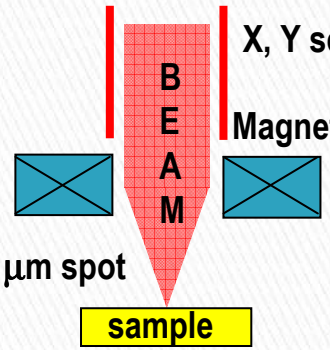
N-type Si: 5 x 10^{12} p/cm^2 - 1 x 10^{13} p/cm^2

P-type Si: 1 x 10^{12} p/cm^2 - 5 x 10^{12} p/cm^2



How to analyze the irradiated spot? → **Nuclear microprobe !!!**

Nuclear microprobe



Synchronous signal acquistition with microbeam scanning system

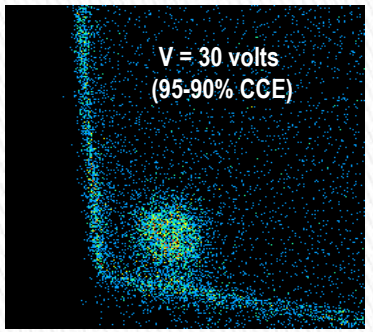
Analysis: IBIC with 4 MeV protons
Range in Si: 150 μm

IBIC mappings to localize damaged area

Point measurements for analysis

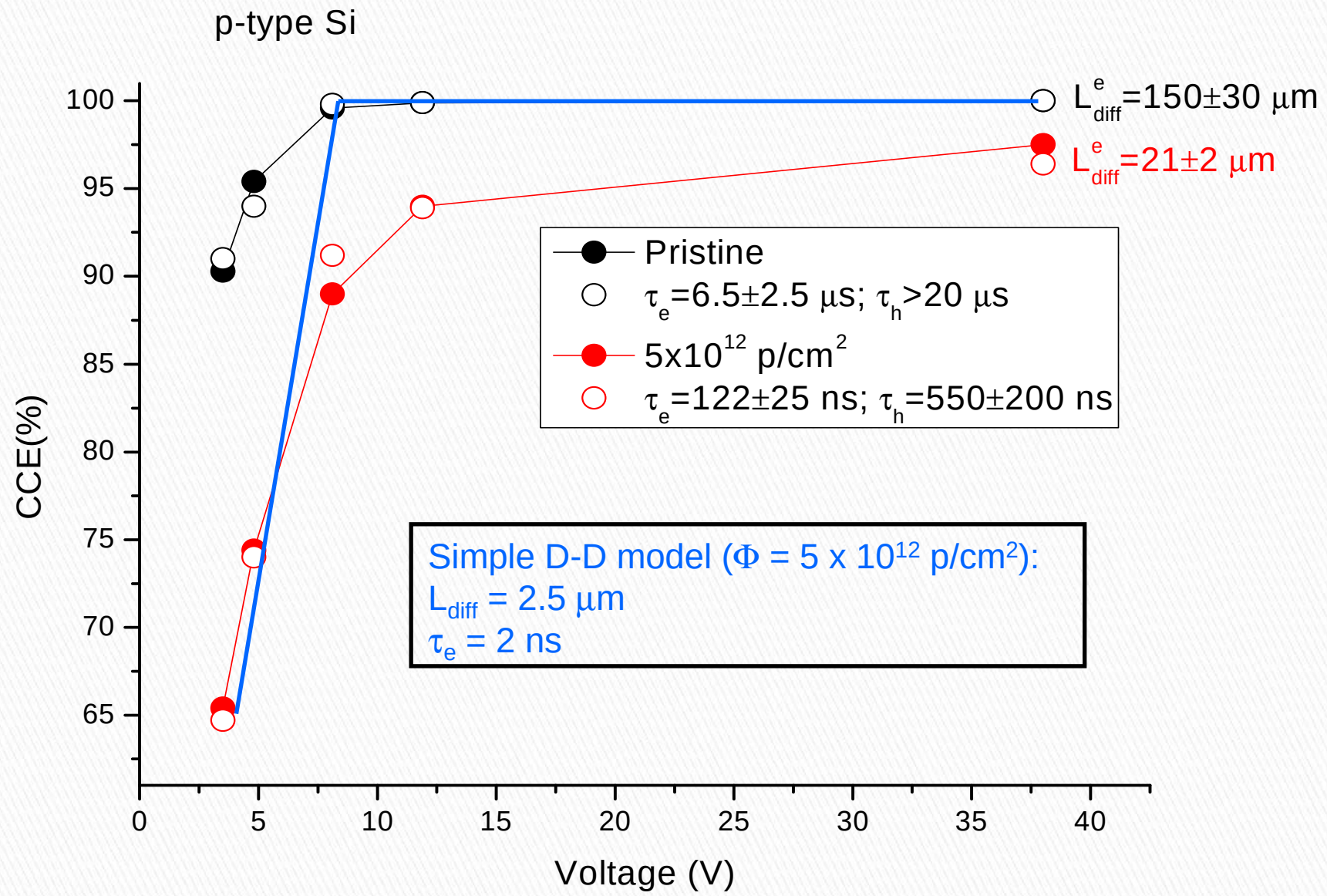
Beam spot ≈ 10 x 10 μm^2

Count rate < 200 Hz to avoid additional damage during the measurements

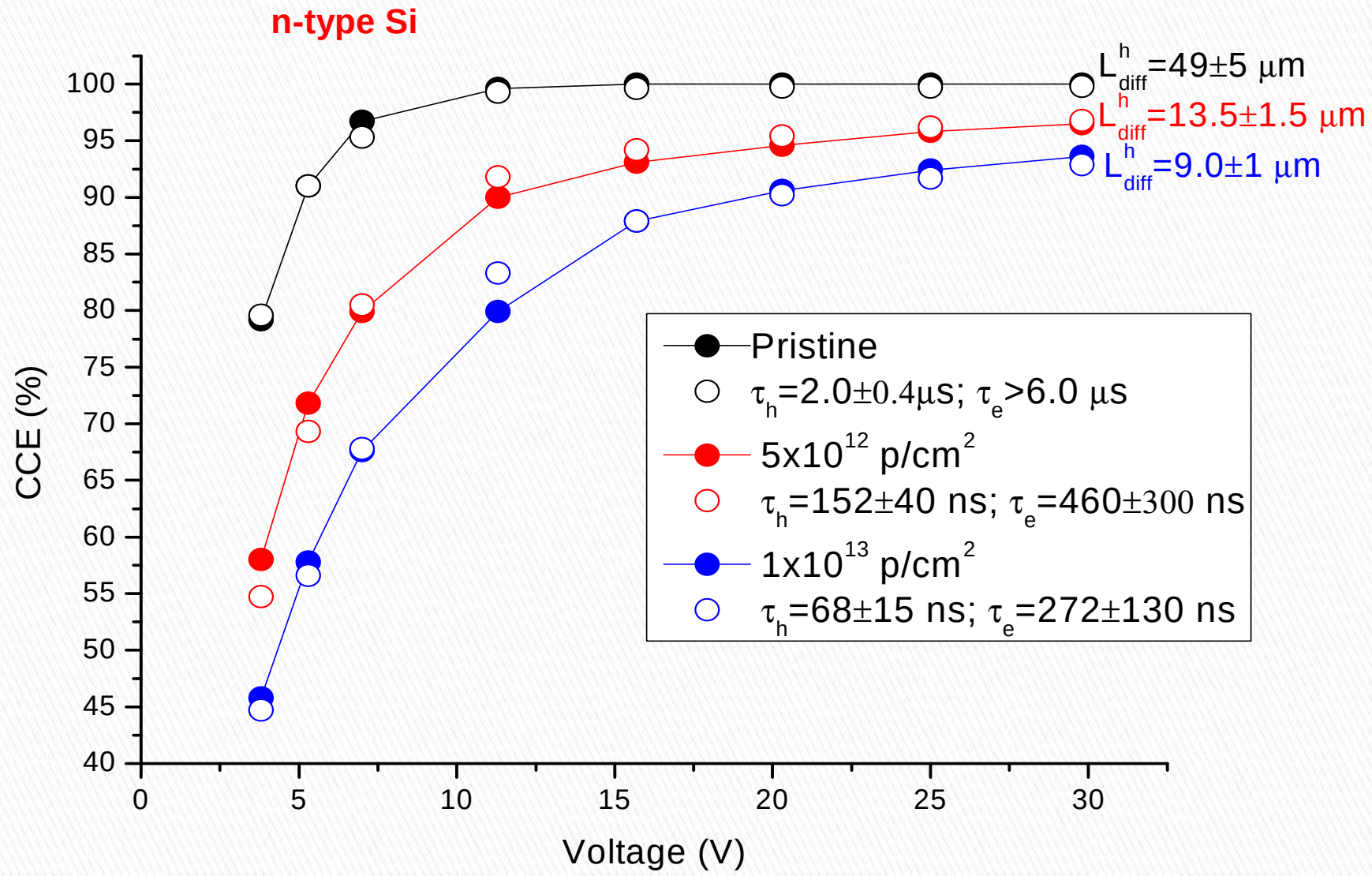


IBIC mappings 1x1 mm^2 of Si sample irradiated to 1x10^{13} p/cm^2

Results: p-type Si

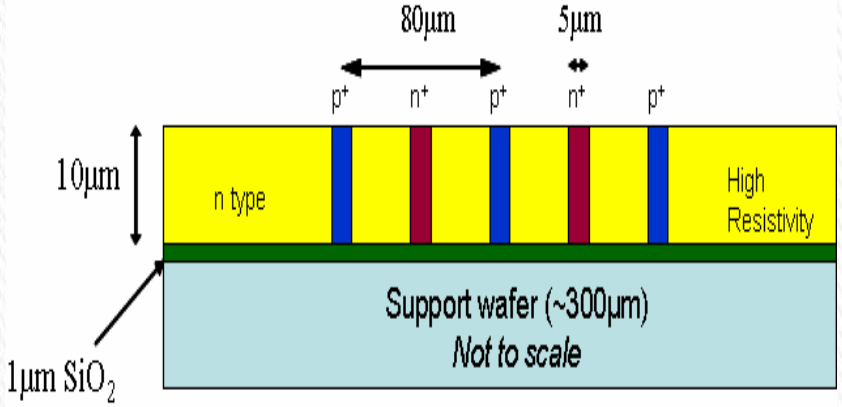


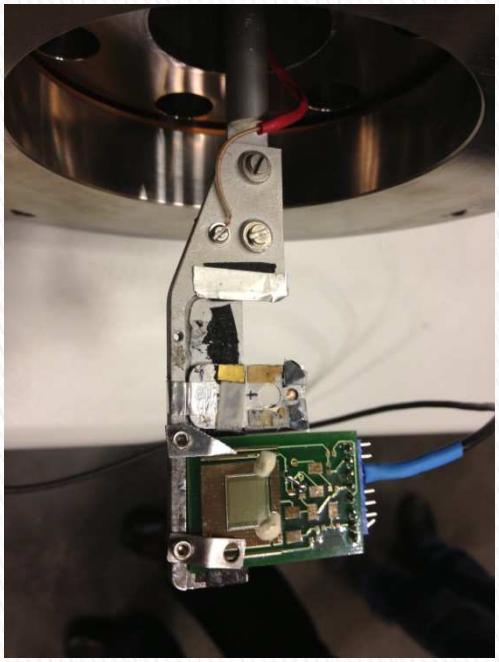
Results: n-type Si

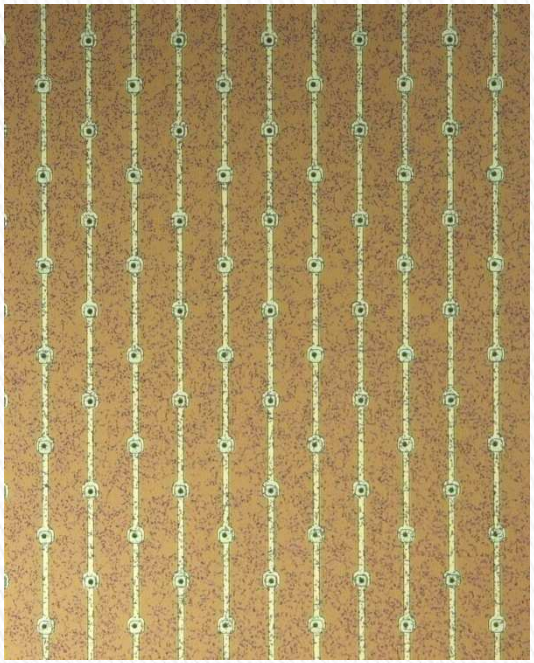


Ultra-thin Si 3D detectors

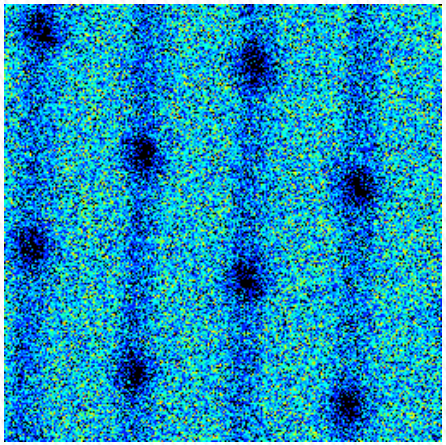
(Grupo de Detectores. Instituto de Microelectrónica de Barcelona)

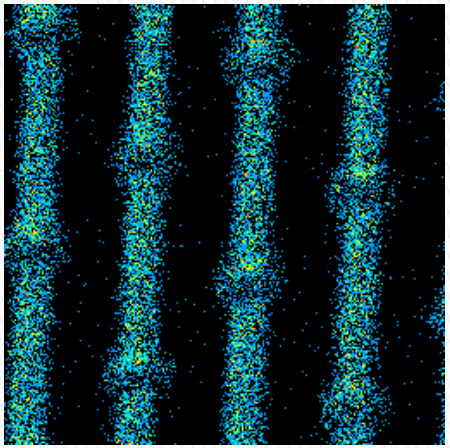


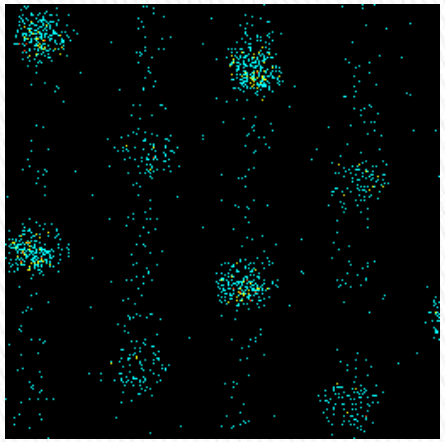




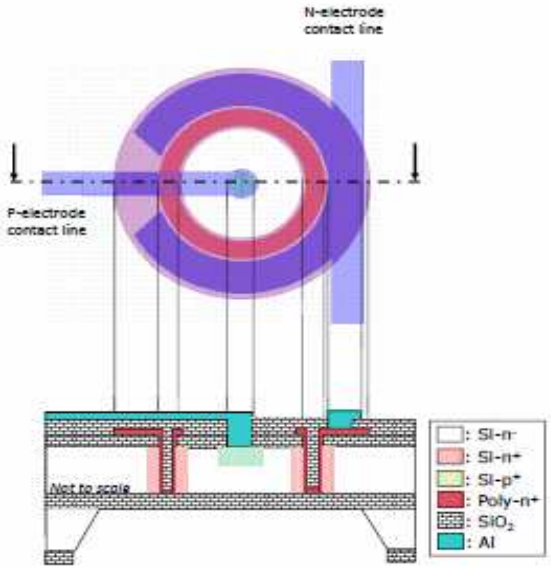
100 x 100 µm² IBIC mappings with 800 keV Li; C.R.≈ 100-200 Hz

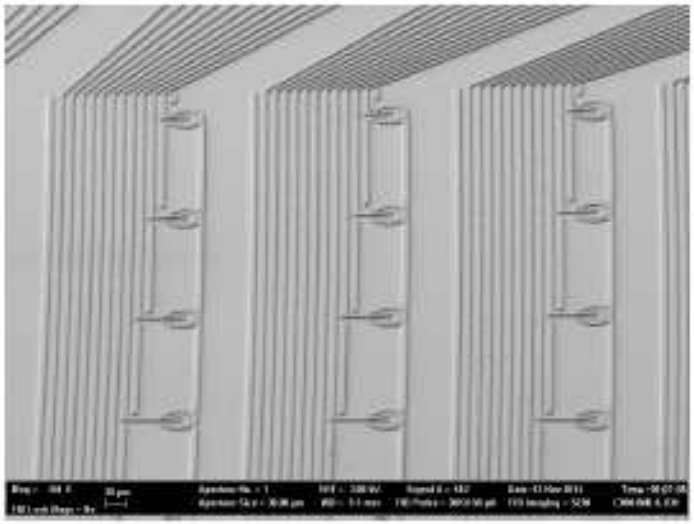






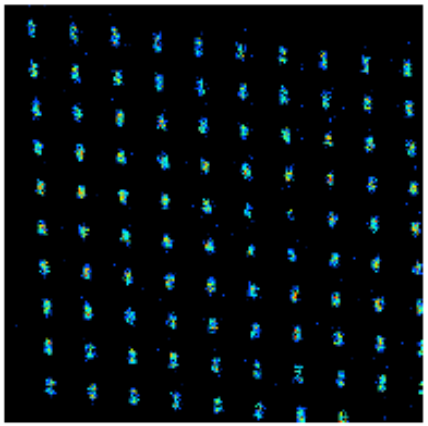
3D cylindrical Si microdosimeters
(Grupo de Detectores. Instituto de Microelectrónica de Barcelona)



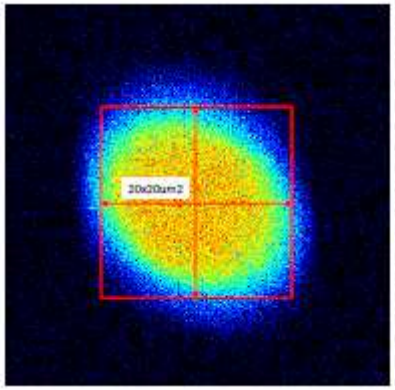


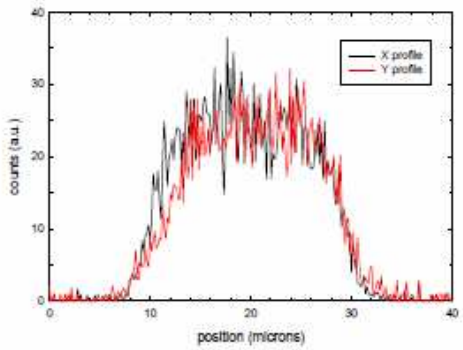
SEM image of an array of microdosimeters with 200 μm pitch.

IBIC map of 10x10 unit cells sensor
(2 mm x 2 mm area)



IBIC map of a single unit cells (40 µm x 40 µm scan)
and corresponding XY profiles





Final remarks

- **CNA is a cross disciplinary accelerator research centre, and a users facility (ICTS).**
- **CNA has sinergies and collaborations with large international facilities (GANIL, CERN, LNL, GSI)**
- **CNA identifies detector development and irradiation as two of its five strategic objectives.**
- **CNA will participate in RD50 to increase its usefulness for the HEP community.**
- **CNA can contribute to the scientific and technological return of the spanish participation on large international facilities, such as CERN.**