Irradiación de sensores semitransparentes de a-Si:H

Mª Amparo López Virto

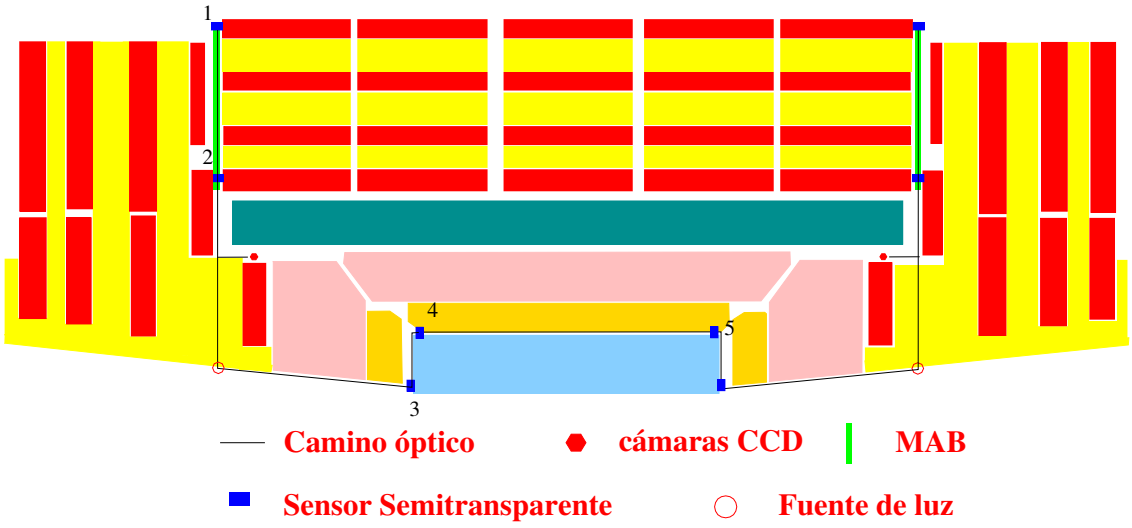
Grupo de Física de Altas Energías
Instituto de Física de Cantabria
CSIC- Universidad de Cantabria

XXVII Bienal de la RSEF
Valencia, Septiembre 1999

- Introducción
  - Sistema Link de alineamiento del detector CMS
  - Niveles de radiación en el detector
- Sensores Semitransparentes de a-Si:H
  - Características generales
  - Estructura de los sensores: Schottky y p-i-n
- Irradiación con gammas
  - Características de la irradiación
  - Medidas y resultados:
    - Medidas ópticas:
      - Dispositivo experimental
      - Deflexión y transmitancia
    - Estado de los componentes electrónicos
    - Respuesta del sensor
- Irradiación con neutrones
  - Características de la irradiación
  - Medidas y resultados
- Conclusiones

Sistema Link para el alineamiento global de CMS. Monitor multipunto.

- Referenciación común del CT y de las cámaras de muones
- Monitor multipunto: uso de haces láser y sensores 2D semitransparentes



Niveles de radiación en el detector

- Sensores en $|\eta| \sim 3$
  - Dosis de hasta 1MRad /año
  - Flujo de neutrones hasta 10^{14} cm^{-2} $año^{-1}$
  - Flujos de hadrones cargados de 10^{13} cm^{-2} $año^{-1}$

Esencial garantizar la resistencia frente a radiación de los sensores

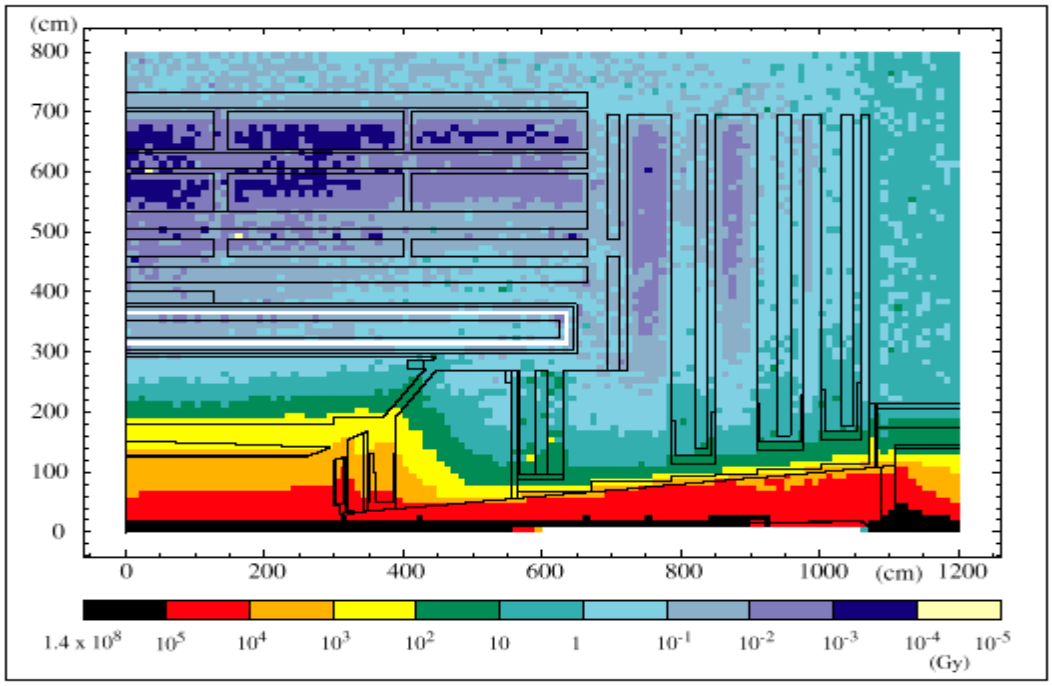


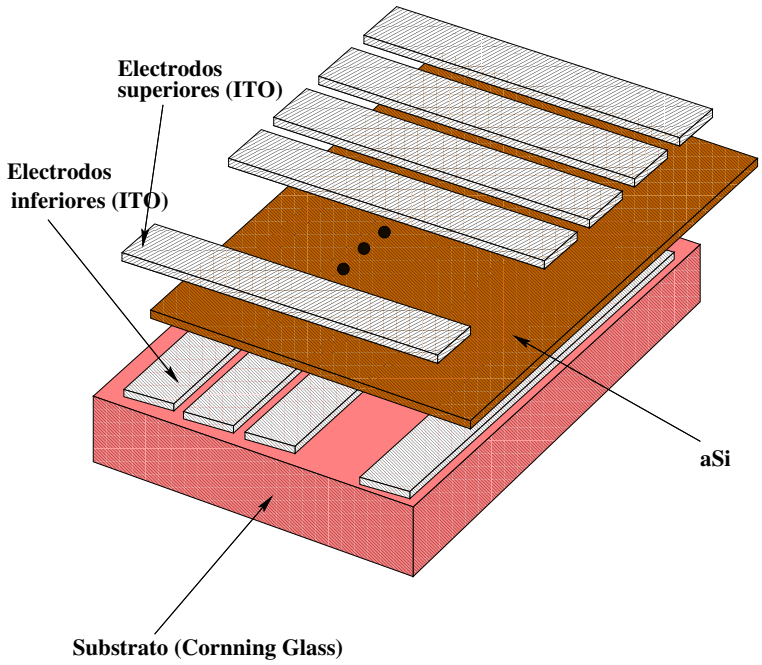
Fig. 10.8.1(color): Absorbed dose (in Gy) in the CMS detector. The values correspond to an integrated luminosity of $5x10^5$ pb^{-1}, as expected to be accumulated during the first ten years of LHC operation.

Sensores semitransparentes de a-Si:H (ALMY)

Desarrollados en el Max Planck Institute y comercializados por EG&G Optoelectronics

- Digital Position Sensing Devices
- Sensores 2D. Area activa 20 *20 mm^2
- Carácter amorfo ⇒ Resistencia a la radiación
- Baja mobilidad Hall ⇒ Buen comportamiento frente a campo magnético
- Transparentes para luz visible ⇒ Alineamiento multi-punto

Estructura de los sensores ALMY

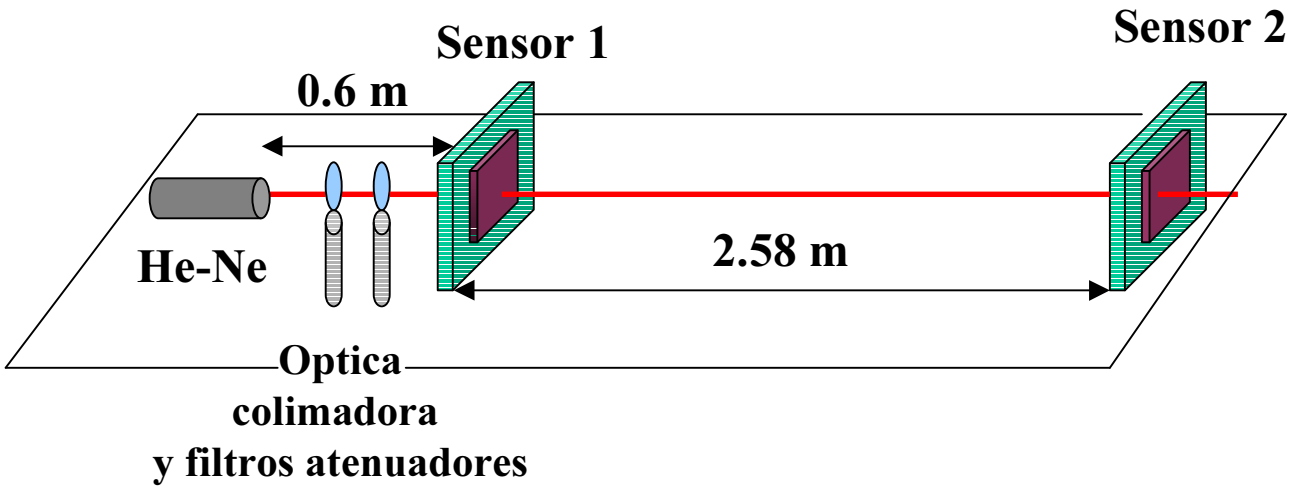


- **Schottky:**
  - 1μm de aSi hidrogenado (CVD)
  - Dos capas de ITO de 100 nm segmentado por metodos fotolitográficos formando una mátriz de 64+64 electrodos.
  - Substrato cristalino de 0.5mm
- **p-i-n:**
  - Igual geometría. Tres capas de aSi.
  - Capas dopadas 10-20 nm

Irradiación con gammas

- **Irradiación**
  - Unidad de irradiación NAYADE (CIEMAT)
  - Fuentes de ^{60}Co, 0.3 MRad/hora
  - Irradiación hasta 10 MRad
  - **p-i-n: (diodo)**
    - Irradiación hasta 10 MRad (pasos de 1MRad)
  - **Schottky: (diodo+electrónica front-end)**
    - Irradiación hasta 10 MRad (electrónica)
- **Medidas**
  - **p-i-n y Schottky**:
    - Medidas ópticas :Deflexión y transmitancia en cada uno de los pasos de irradiación (de ~ 1 MRad)
  - **Schottky**:
    - Status de los componentes electrónicos a los 10 KRad, 20 KRad, 40 KRad
    - Respuesta del sensor ante luz blanca uniforme a los 10 KRad, 20 KRad, 1 MRad y 10 MRad

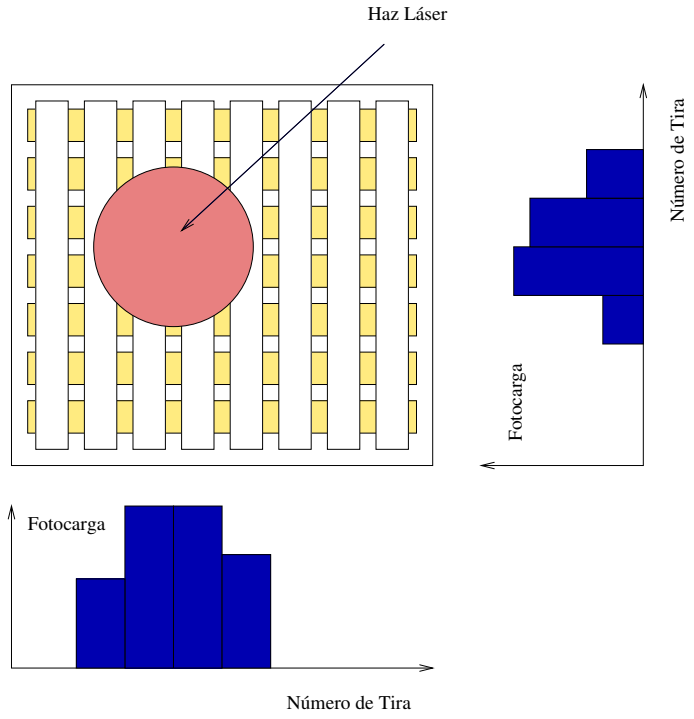
Medidas ópticas:
Dispositivo experimental



- Fuente He-Ne 632.8 nm
- Optica colimadora + filtros ópticos
- Sensor 1: Sensor irradiado (p-i-n o Schottky)
- Sensor 2: Sensor Schottky (no irradiado)

Señal del Sensor ALMY

•Señal de los strips da dos proyecciones ortogonales del haz incidente.



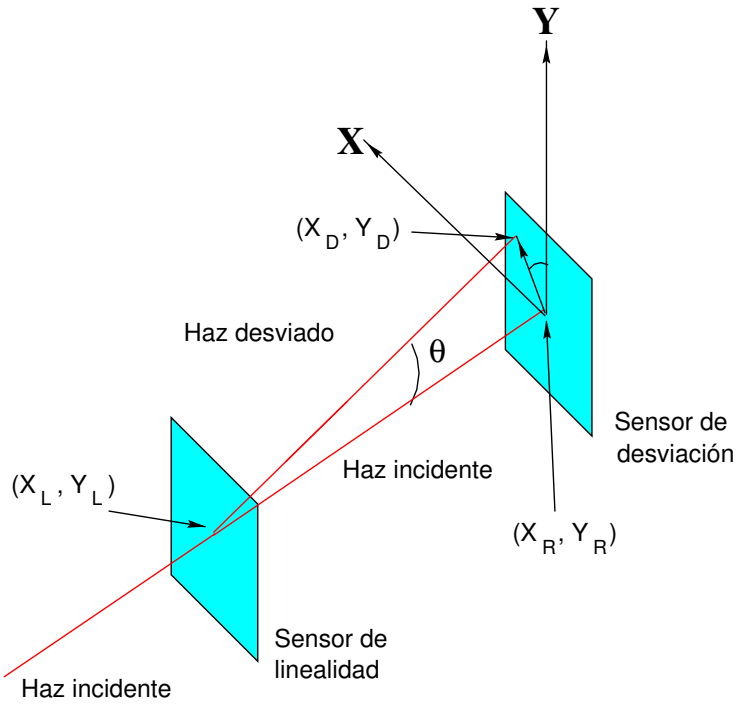
•Dejando fijo el laser

•Scan bidimensional del sensor 1

- •Area de 1.5*1.5 cm2
- •16*16 pasos de 1mm usando plataformas motorizadas (precisión mejor de 2μm)

•Se reconstruyen en el sensor más lejano las posiciones X e Y del spot luminoso

Medidas de deflexión



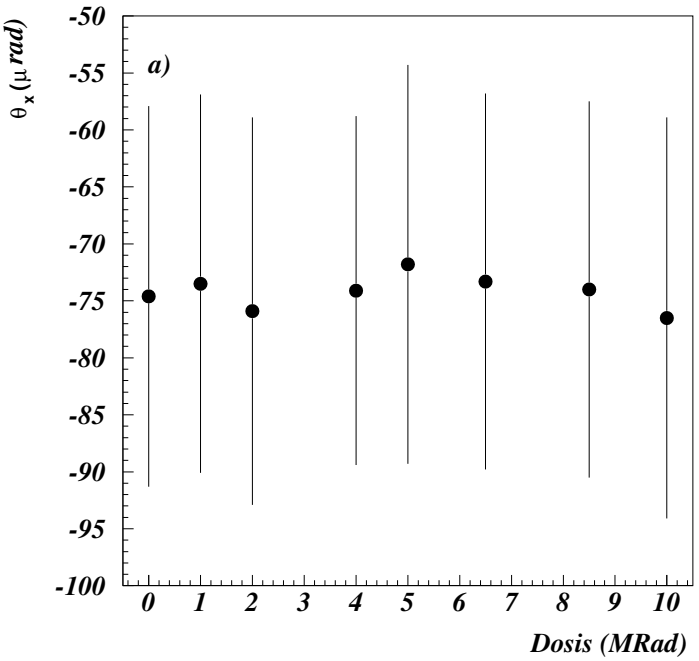
$$\Theta_x \cong tan\Theta_x = \frac{X_D - X_R}{D}$$

$$\Theta y \cong tan\Theta_y = \frac{Y_D - Y_R}{D}$$

$$\Theta \cong tan\Theta = \frac{\sqrt{(X_D - X_R)^2 + (Y_D - Y_R)^2}}{D}$$

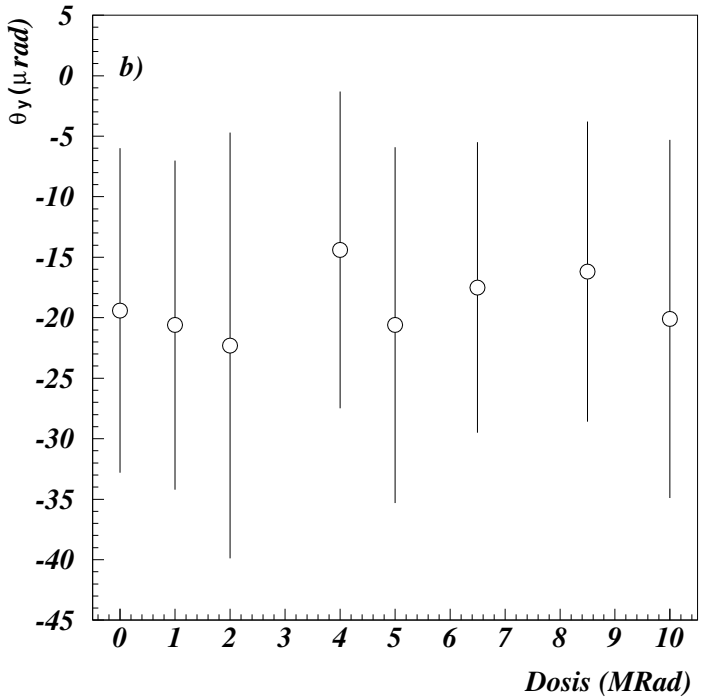
- **Distribuciones de los ángulos deflectados**
- **Cálculo de valores medios y r.m.s**

Deflexiones X , Y para el sensor Schottky vs dosis



<θx> = (-74.2 ± 1.5) μrad

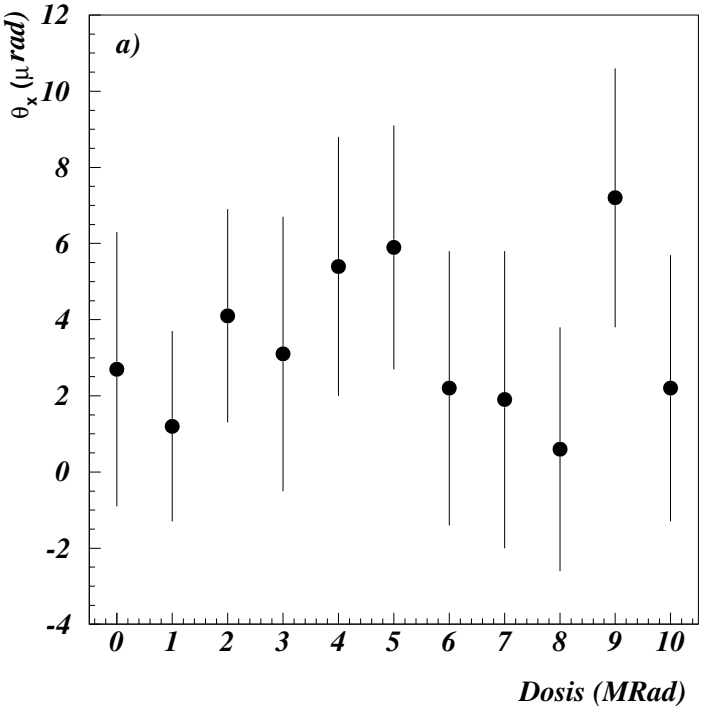
<rms (θx)> = (16.7 ± 0.7) μrad



<θy> = (-18.9 ± 2.6) μrad

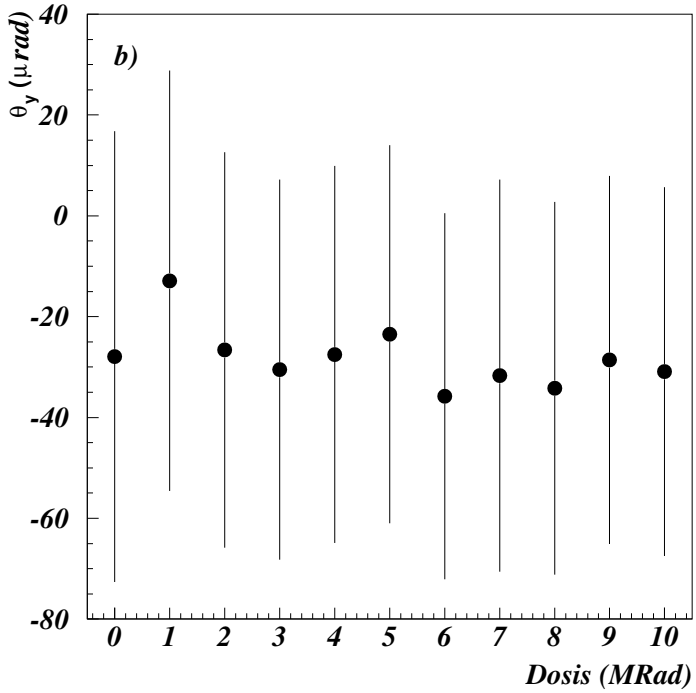
<rms (θy)> = (14.0 ± 1.8) μrad

Deflexiones X , Y para el sensor p-i-n vs dosis



<θx> = (3.3 ± 2.1) µrad

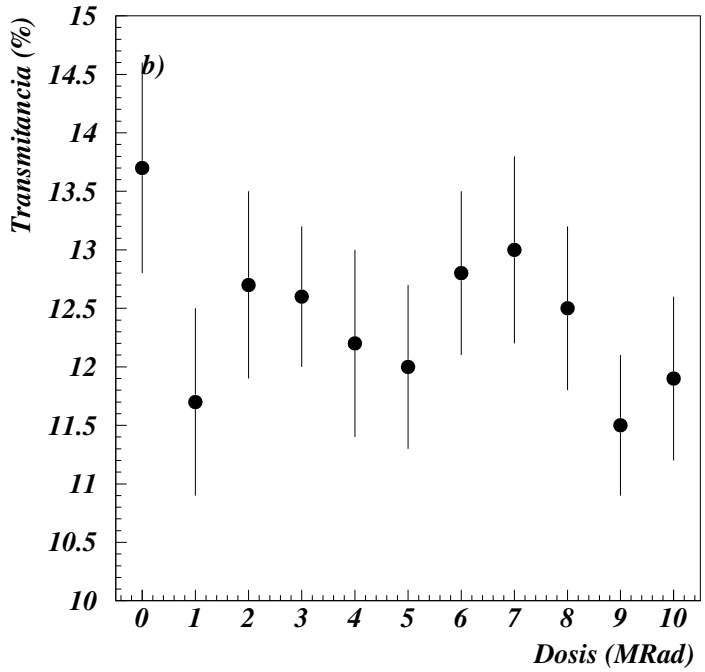
<rms (θx)> = (3.3 ± 0.4) µrad



<θy> = (-28.2 ± 6.1) µrad

<rms (θy)> = (38.5 ± 2.6) µrad

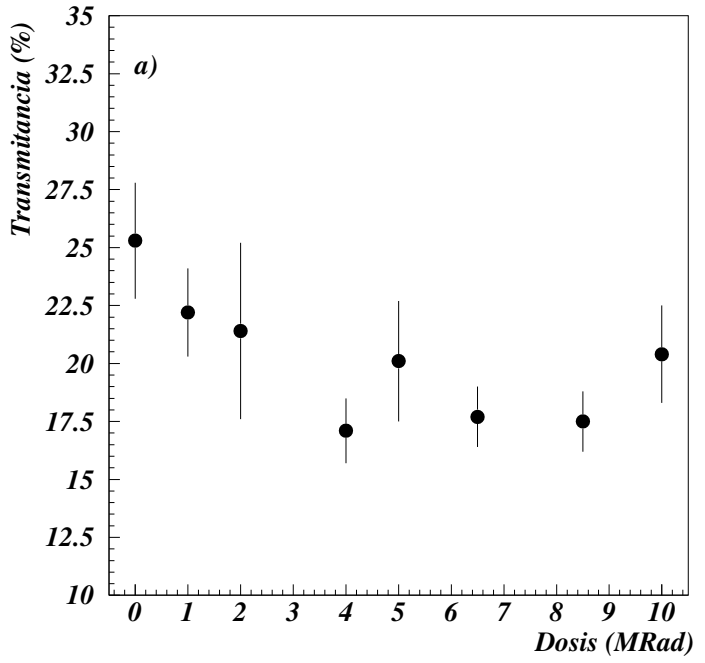
Transmitancia para los sensores p-i-n y Schottky vs dosis



p-i-n

<T>= (12.4 ± 0.6) %

<rms (T)>= (0.7 ± 0.1) %



Schottky

<T>= (20.2 ± 2.8) %

<rms (T)>= (2.1 ± 0.9) %

Pequeña degradación del 5 al 10% al comienzo de la irradiación

Medidas de la respuesta del sensor vs dosis

- Medida de background de los 64+64 canales en ausencia de luz

- Iluminación del sensor con una luz blanca uniforme y de intensidad controlada con una célula fotovoltaica

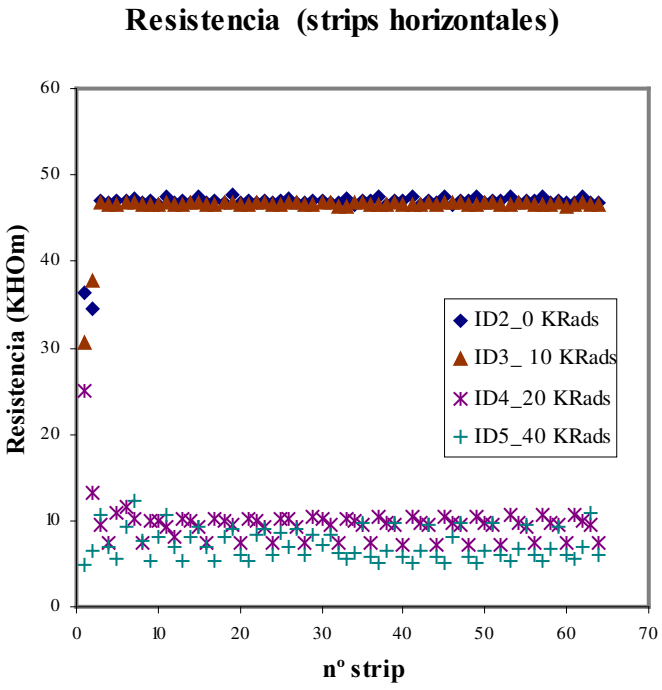
- Toma de medida a los 20 Krad, 1 Mrad, 10 Mrad

Irradiación	**S(cuentas ADC)**
Antes de irradiar	196.1 ± 4.1
20 KRads	195.9 ± 3.9
1 MRad	174.6 ± 4.6
10 MRad	176.9 ± 4.9

Una degradación de ~ 10% en la sensitividad se detecta a partir de dosis de 1MRad

Medidas de componentes electrónicos

No se observa cambio hasta 10 KRad pero mueren a 20 Krad

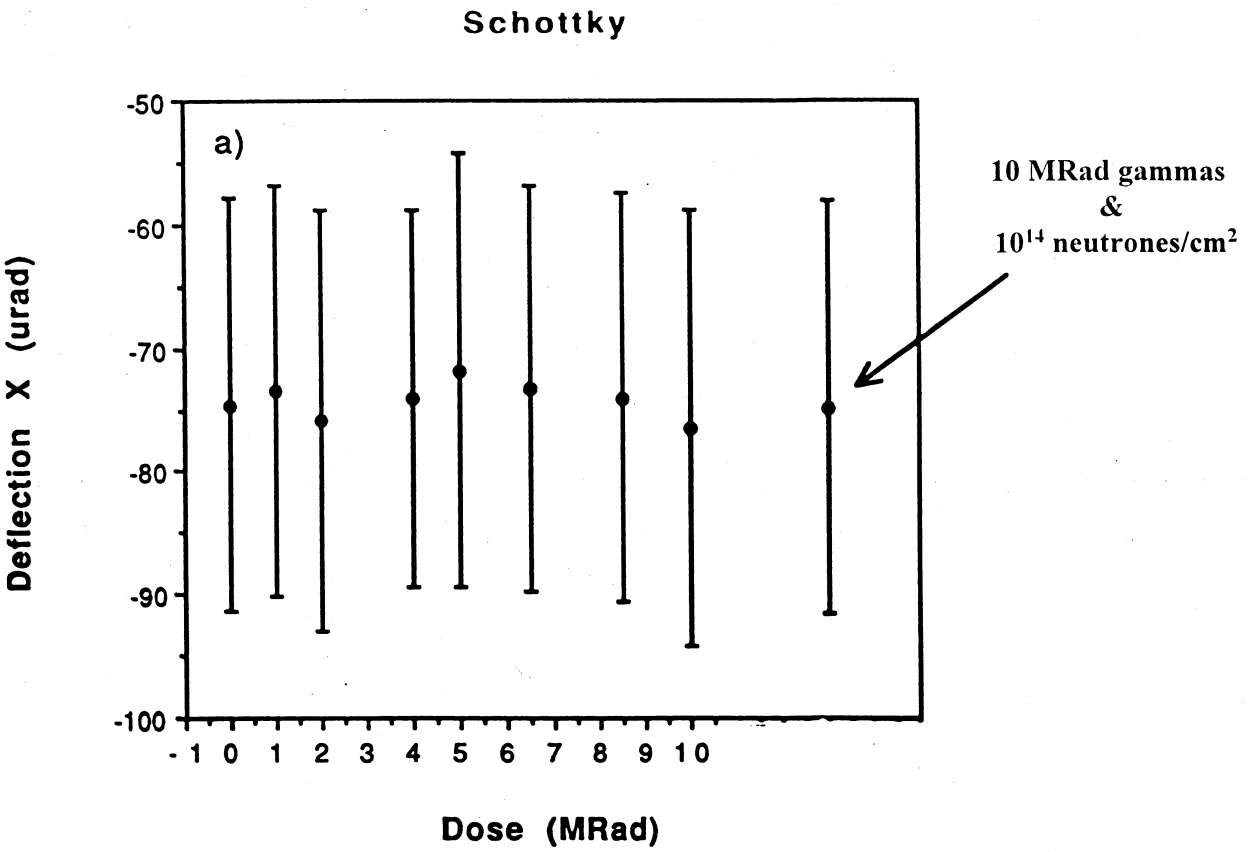


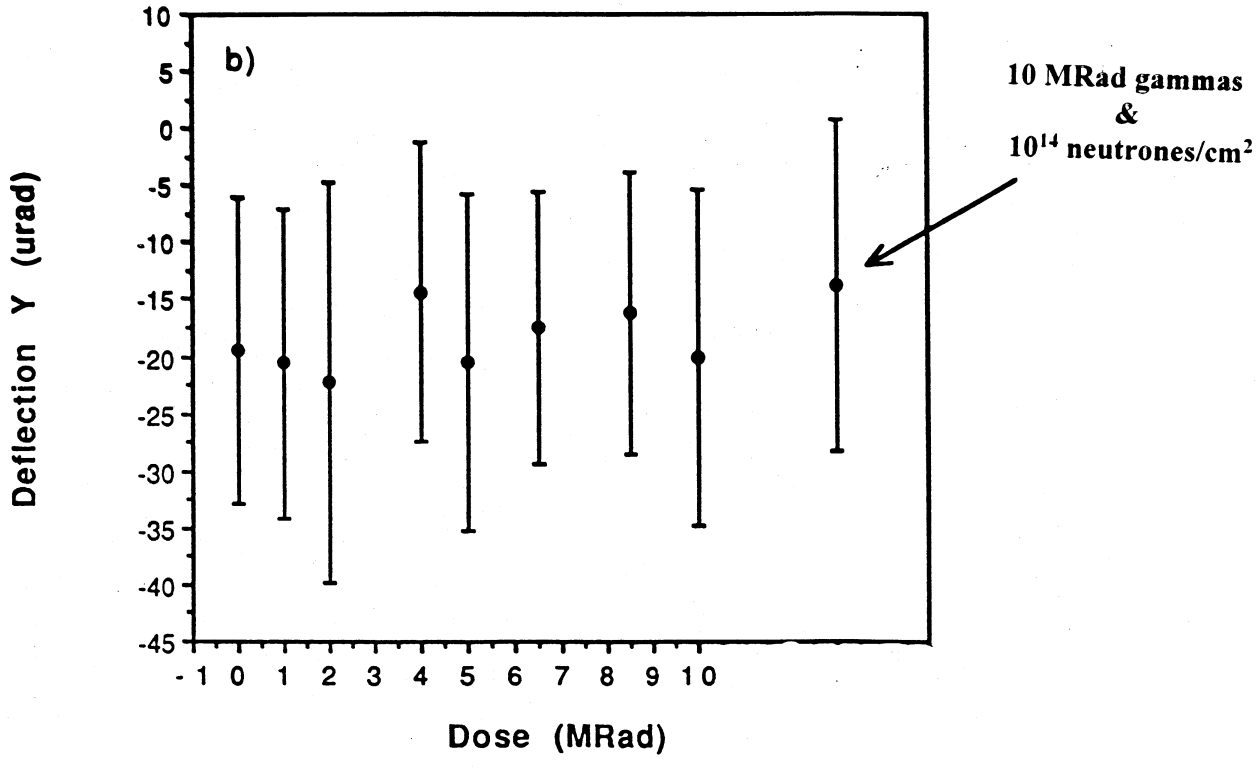
•Resistencias (nicrom, empaquetado cerámico, SMD) y condensadores (cerámicos multicapa, SMD) sobreviven después de los 10MRad

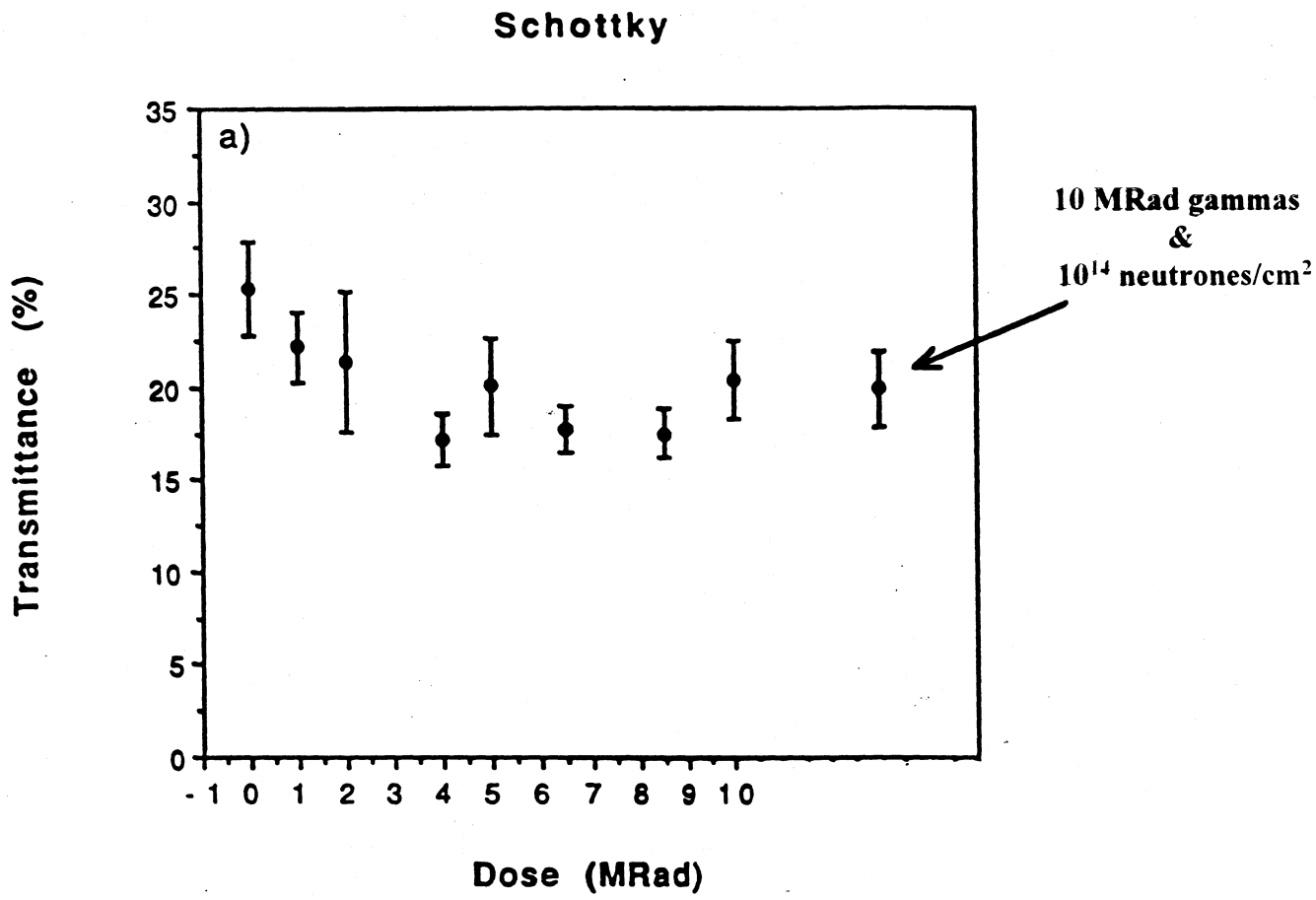
Irradiación con neutrones

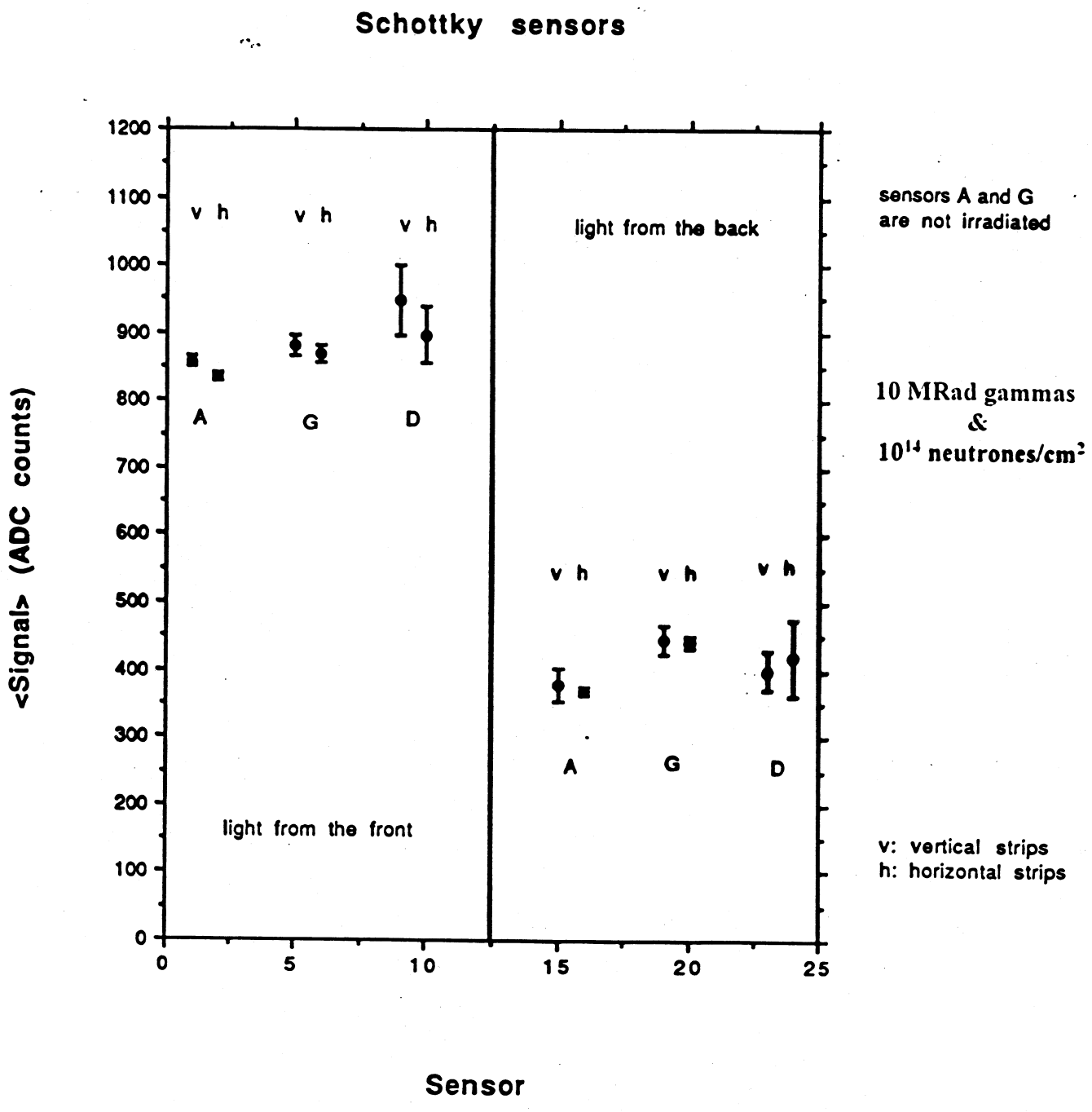
- **Irradiación**
  - Ciclotrón MGC-20, instalación ATOMKI (Debrecen, Hungria)
    - p(18 Mev) + Be
    - <E>= 3.7 MeV, $1.6 * 10^{9}$ cm $^{-2}$ s^{-1}
    - Fondo de gammas desperciable (≈500 rad)
  - **Irradiación hasta 10^{14} neutrones /cm^{2}**
  - **Schottky y p-i-n**

- **Setup experimental y medidas**
  - Igual al test de gammas


Schottky
a)
-50
-60
-70
-80
-90
-100
-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Deflection X (urad)
Dose (MRad)
10 MRad gammas
&
10^14 neutrones/cm^2


b)
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Deflection Y (urad)
Dose (MRad)
10 MRad gammas
&
10^14 neutrones/cm^2


Schottky
a)
35
30
25
20
15
10
5
0
-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Transmittance (%)
Dose (MRad)
10 MRad gammas
&
10^14 neutrones/cm^2


Schottky sensors
<Signal> (ADC counts)
Sensor
light from the front
light from the back
v h
A
G
D
sensors A and G
are not irradiated
10 MRad gammas
&
10^14 neutrones/cm^2
v: vertical strips
h: horizontal strips

Medidas de respuesta del sensor Schottky vs dosis

•Una degradación de ~20 % en la sensitividad se detecta para 10^{14} neutrones /cm^2

Irradiación	S(cuentas ADC)
Antes de irradiar	196.1 ± 4.1
20 KRads	195.9 ± 3.9
1 MRad	174.6 ± 4.6
10 MRad	176.9 ± 4.9
10^{14} neutrones/cm^2	140.4 ± 8.0

• Comparando con la respuesta de otros sensores no irradiados, se muestra que la sensitividad después de la irradiación se encuentra dentro de valores típicos

Medidas de componentes Electrónicos

• Condensadores y resistencias OK después de 10^{14} neutrones /cm^2

Conclusiones

- **Sensores de a-Si:H (Schottky y p-i-n) se han irradiado con gammas y neutrones hasta dosis de 10 Mrad (~10 LHC años) y neutrones hasta 10^{14} cm^{-2} (~1 LHC año) respectivamente**
- **No se observa variaciones en los ángulos deflectados**
- **Existen indicios de una pequeña degradación en la transmitancia (5-10 %) con He-Ne (1 Mrad)**
- **La respuesta se degrada ~10% para 10 MRad gammas y ~ 20% para 10^{14} neutrones cm^{-2}**
- **La respuesta del sensor irradiado esté dentro de la banda de respuesta típica (válida para nuestra aplicación)**
- **Los condensadores y resistencias irradiados sobreviven las dosis máximas probadas**
- **Los multiplexores no sobreviven trás 20 Krad de irradiación con gammas**
- **El efecto de mayores dosis de neutrones (hasta 10^{15} neutrones cm^{-2}) y de piones cargados (hasta hasta 10^{14} hadrones cm^{-2}) deberá ser testeado**