

Detectores de semiconductor

Damián Gulich

Experimentos Cuánticos II

2008

Tipos de interacción - 1

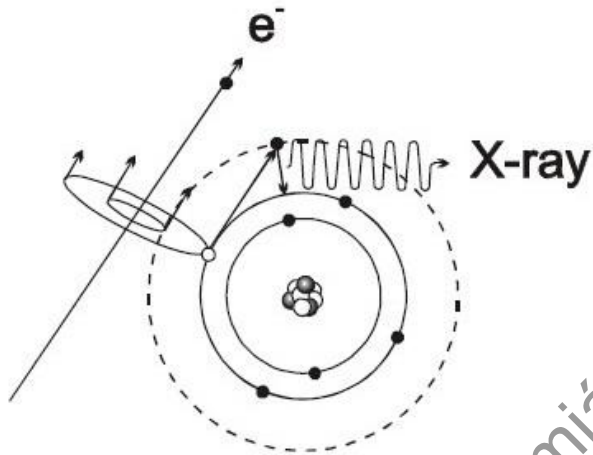


Figure 2 Inelastic collision: excitation.

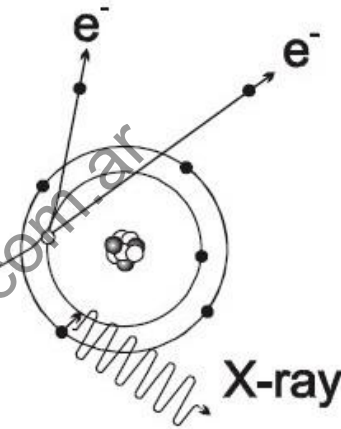


Figure 3 Inelastic collision: ionization.

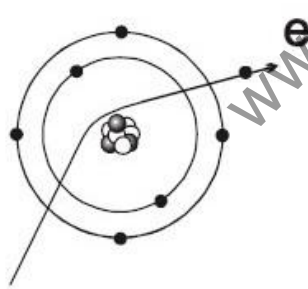


Figure 4 Elastic collision.

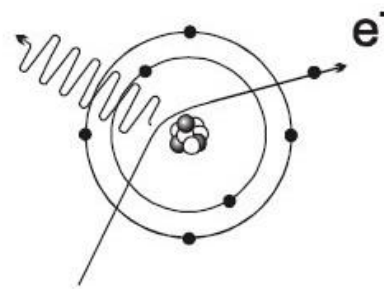


Figure 5 Bremsstrahlung.

Tipos de interacción - 2



Figure 6 Photoelectric effect (a) and nuclear photoelectric effect (b).

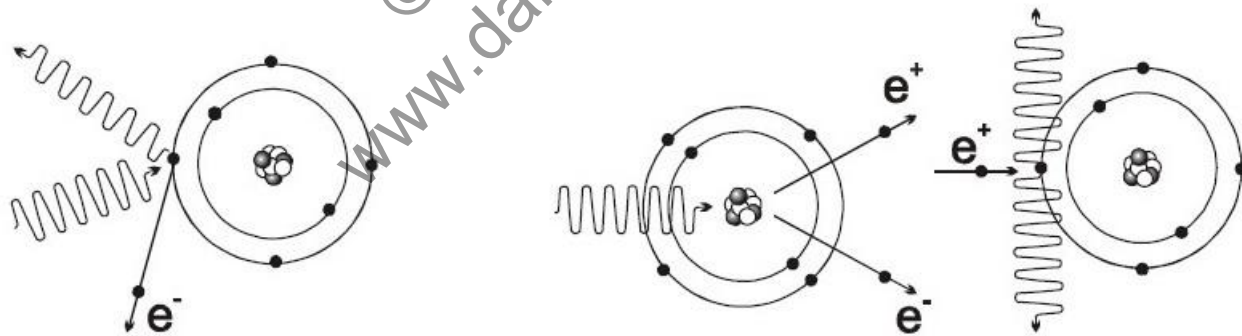


Figure 7 Compton scattering.

Figure 8 Pair production with subsequent annihilation.

Tipos de interacción – 3

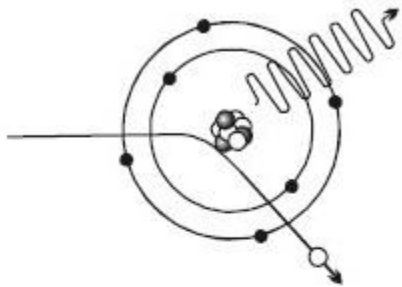


Figure 9 Inelastic scattering of neutrons.

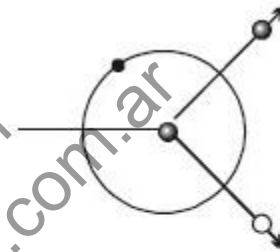


Figure 10 Elastic scattering of neutrons.

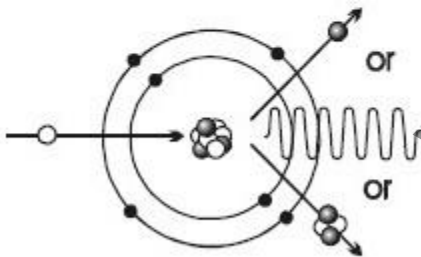


Figure 11 Radiative capture of neutrons.

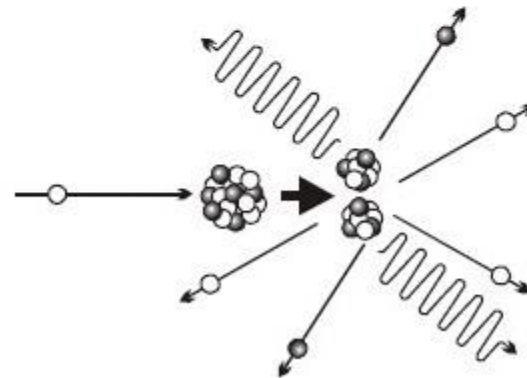
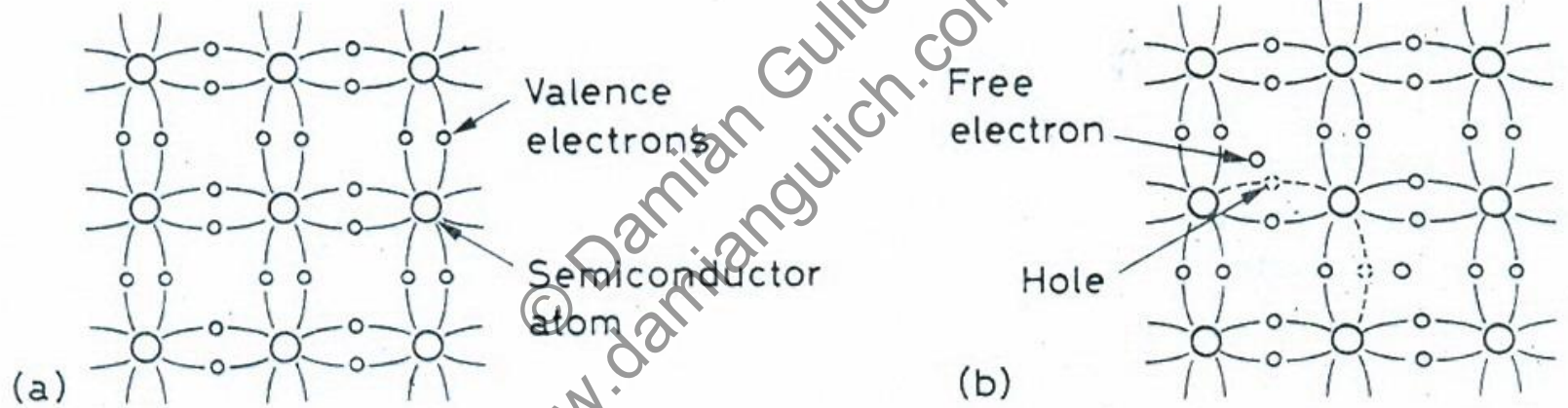


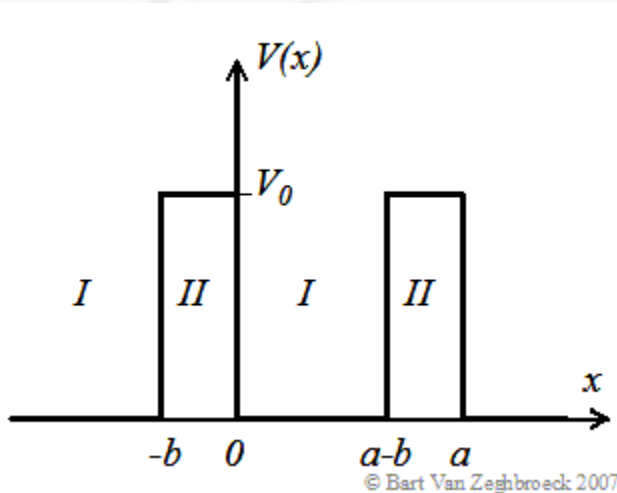
Figure 12 Fission by neutrons.

Arreglo cristalino



Modelo simple (1D)

El potencial de Kronig-Penney



Las soluciones para k y E a la ecuación de Schrödinger con este potencial infinito periódico son las que satisfacen:

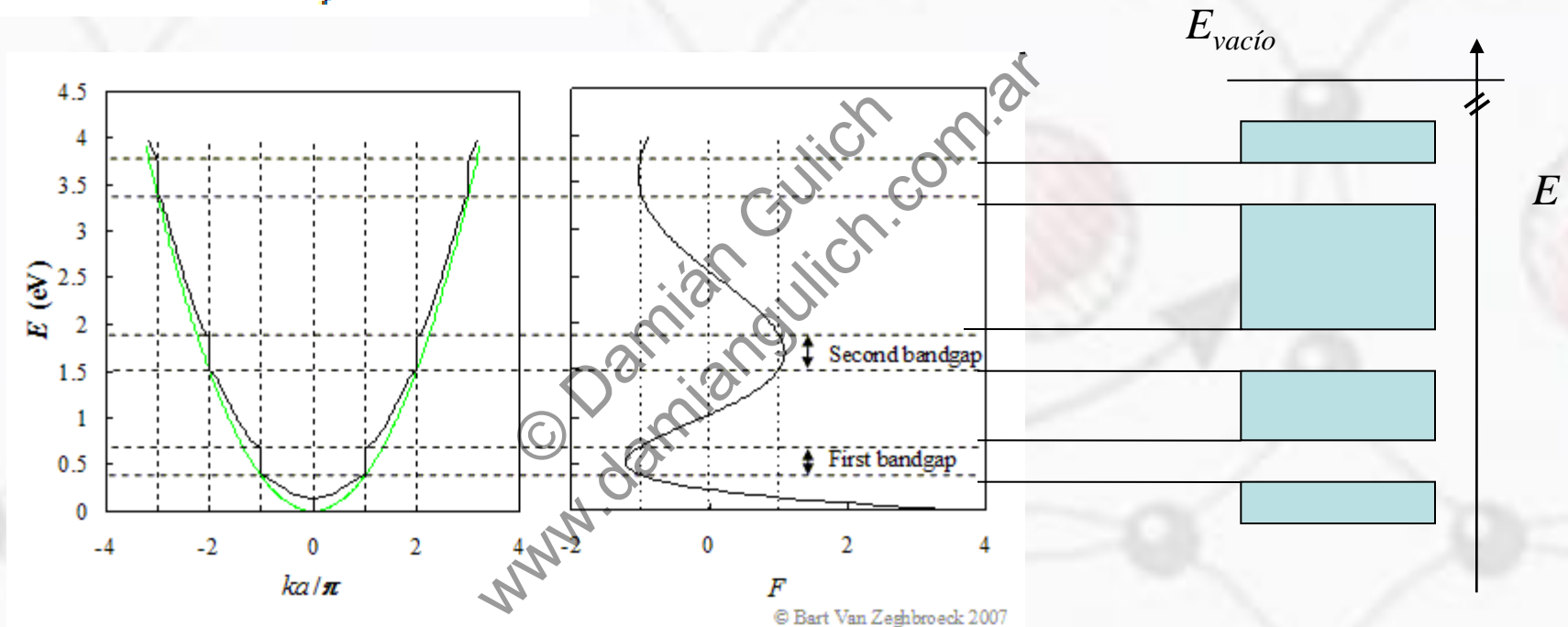
$$\cos ka = F = \frac{\alpha^2 - \beta^2}{2\alpha\beta} \sinh \alpha b \sin \beta(a-b) + \cosh \alpha b \cos \beta(a-b)$$

Donde $\alpha = \frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}$ and $\beta = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$

En el caso de potenciales tipo delta

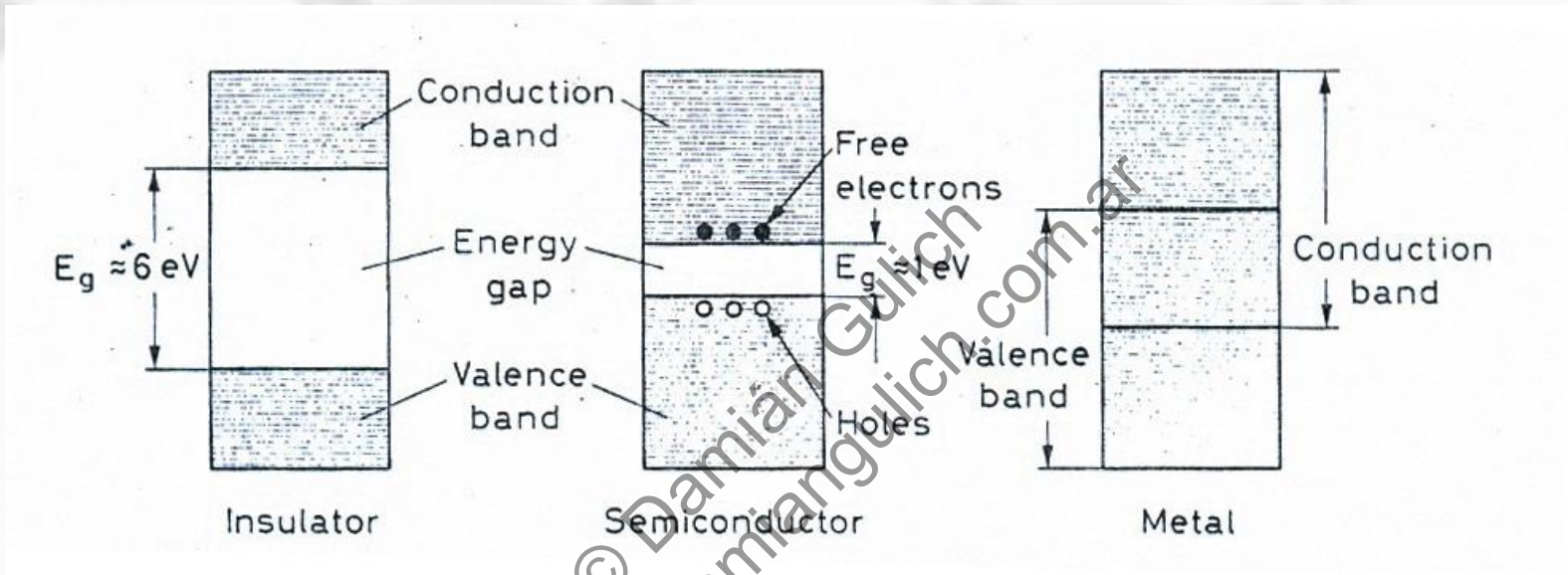
$$\cos ka = F = P \frac{\sin \beta a}{\beta a} + \cos \beta a$$

$$\left(\beta = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} \text{ and } P = \frac{mV_0ba}{\hbar^2} \right)$$



Solución gráfica al potencial de Kronig-Penney para $a = 1\text{nm}$ y $V_0b = 0.2\text{ nm}\cdot\text{eV}$. Se muestra la energía E , versus ka/π y F , que debe ser igual a $\cos(ka)$, de donde se pueden identificar las zonas permitidas.

Definición



Un semiconductor es un material cuyos niveles electrónicos tienen una estructura de bandas: una banda de valencia, un salto de energía del orden de 1 eV y una banda de conducción.

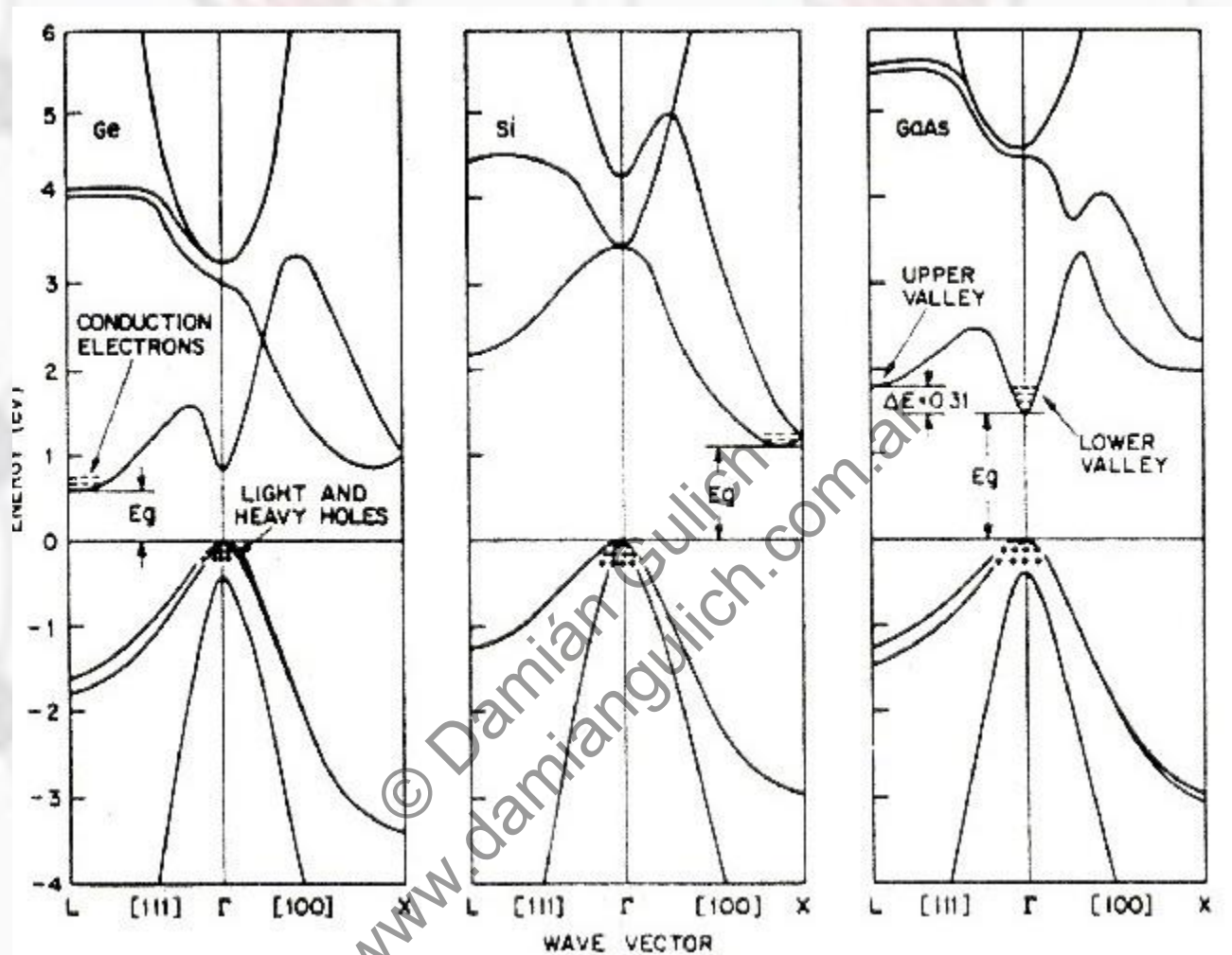


Diagrama de bandas de energía para (a) Ge, (b) Si and (c) GaAs (arsenuro de galio)

Energía como función de k , a lo largo de las direcciones cristalográficas principales. Hay bandas completas, vacías y parcialmente llenadas. Se puede simplificar puesto que el comportamiento del semiconductor está gobernado predominantemente por los electrones de la más alta banda casi llena y de la más baja banda casi vacía. Esto está indicado con los signos + y -, que corresponden a la carga de los portadores en esas bandas.

Table 10.1. Some physical properties of silicon and germanium

	Si	Ge
Atomic number Z	14	32
Atomic weight A	28.1	72.6
Density [g/cm^3]	2.33	5.32
Dielectric constant (relative)	12	16
Intrinsic resistivity (300 K) [Ωcm]	230000	45
Energy gap (300 K) [eV]	1.1	0.7
Energy gap (0 K) [eV]	1.21	0.785
Electron mobility (300 K) [cm^2/Vs]	1350	3900
Hole mobility (300 K) [cm^2/Vs]	480	1900

©Damián Gülich
www.damiangulich.com.ar

Impurezas

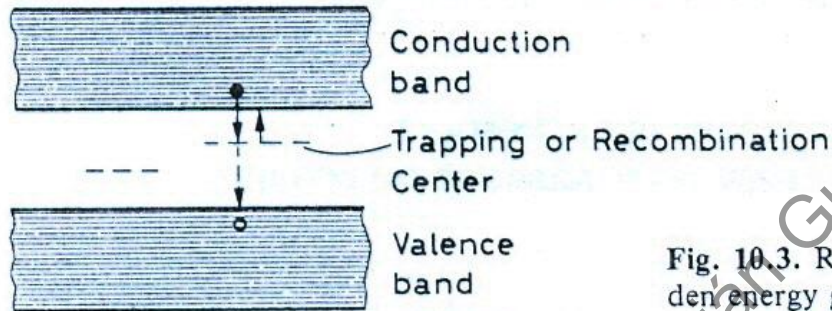
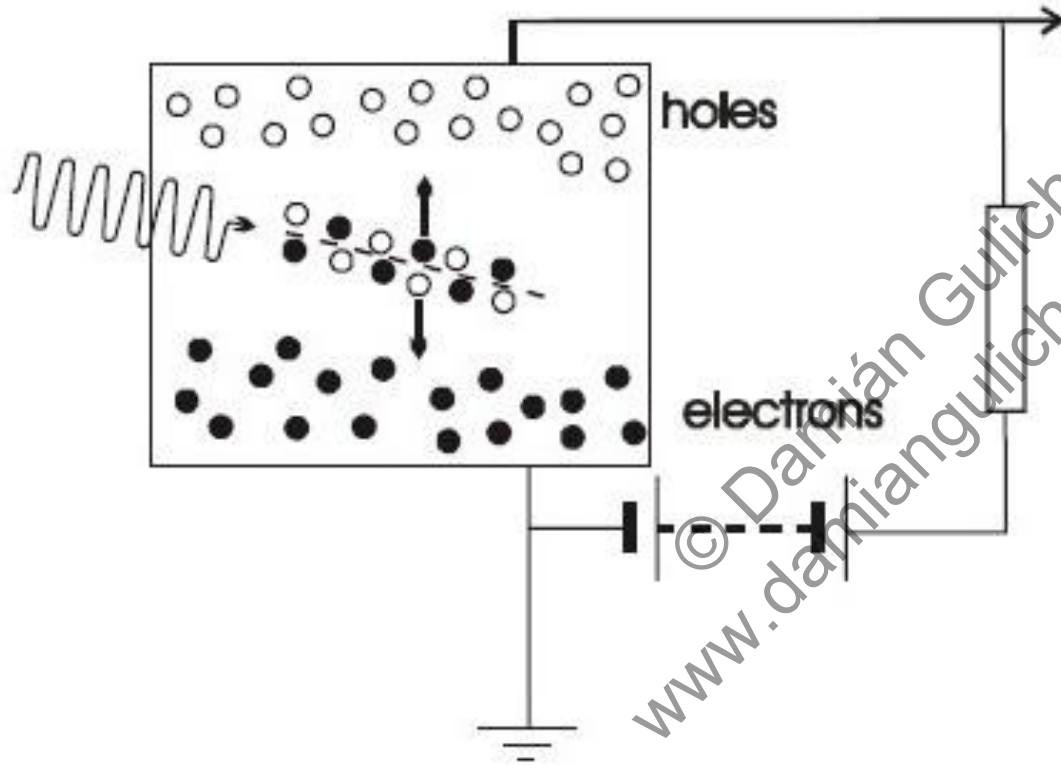


Fig. 10.3. Recombination and trapping sites in the forbidden energy gap.

© Damiano Gulich
www.damiangulich.com.ar

<http://jas.eng.buffalo.edu/education/semicon/recombination/indirect.html>

Detectores de semiconductor

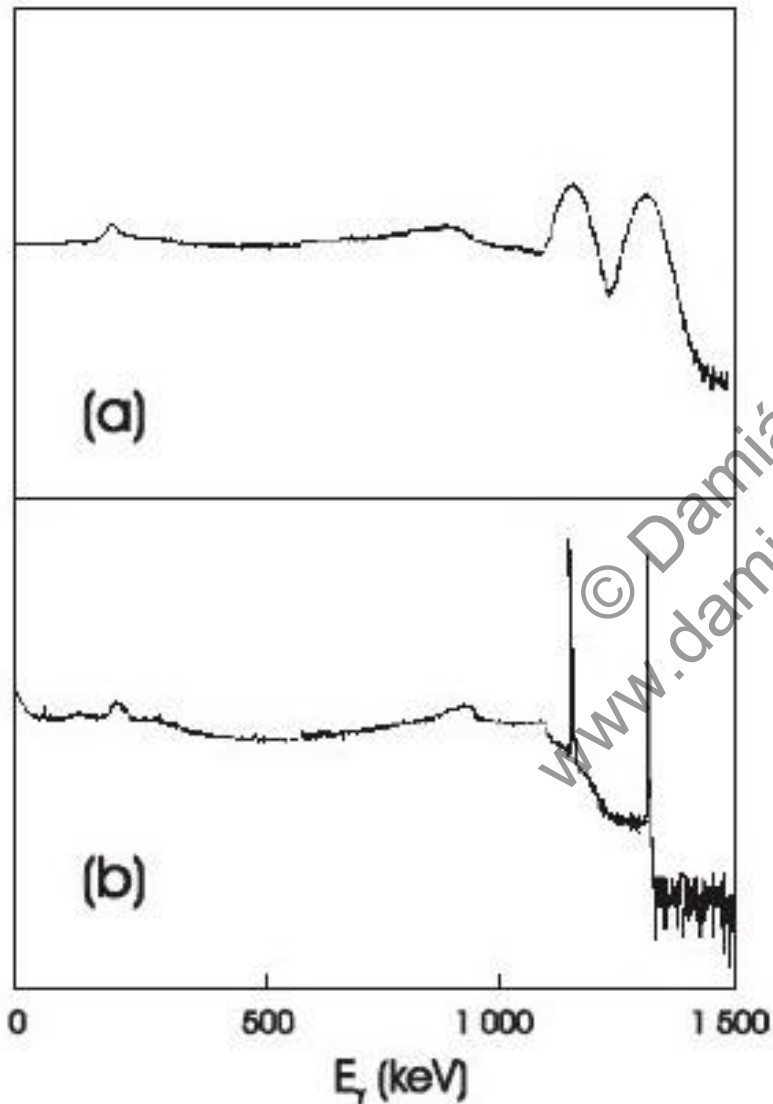


Rango de longitudes de onda

Material	Lambda [nm]
Si	0.2 - 1.1
Ge	0.4 - 1.8
InAs	1.0 - 3.8
InSb	1.0 - 7.0
InSb (77K)	1.0 - 5.6
HgCdTe (77K)	1.0 -25.0

La radiación eleva un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción dejando una vacancia. Expuestos a un campo externo, se produce una corriente que puede ser convertida en un pulso eléctrico.

Resolución



Espectro gamma de una fuente de ^{60}Co tomada
(a) con un detector de centellador de NaI(Tl)
(b) con un detector de semiconductor de GeLi.

Aplicaciones

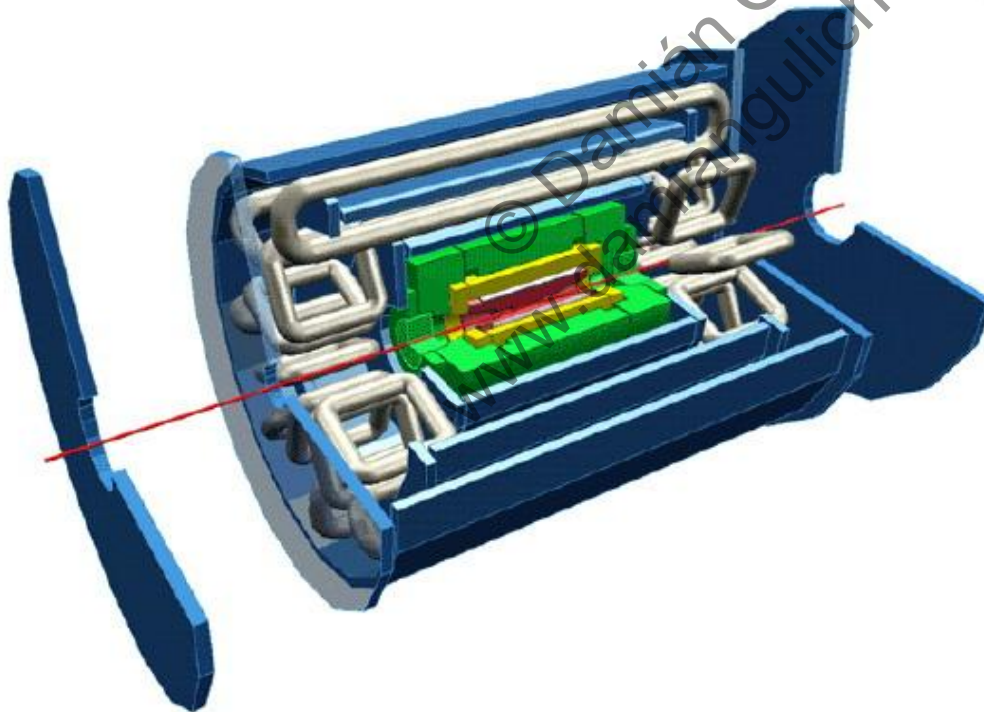
Los fotones y partículas cargadas ionizan la materia

- Gases: se producen pares electrón-ion
- Semiconductores: se crean pares electrón-vacancia
- Permiten medir posición y energía
- La energía de creación de pares en semiconductores es menor que en gases
- La alta densidad de los sólidos significa gran probabilidad de interacción
- Son fácilmente integrables a circuitos.

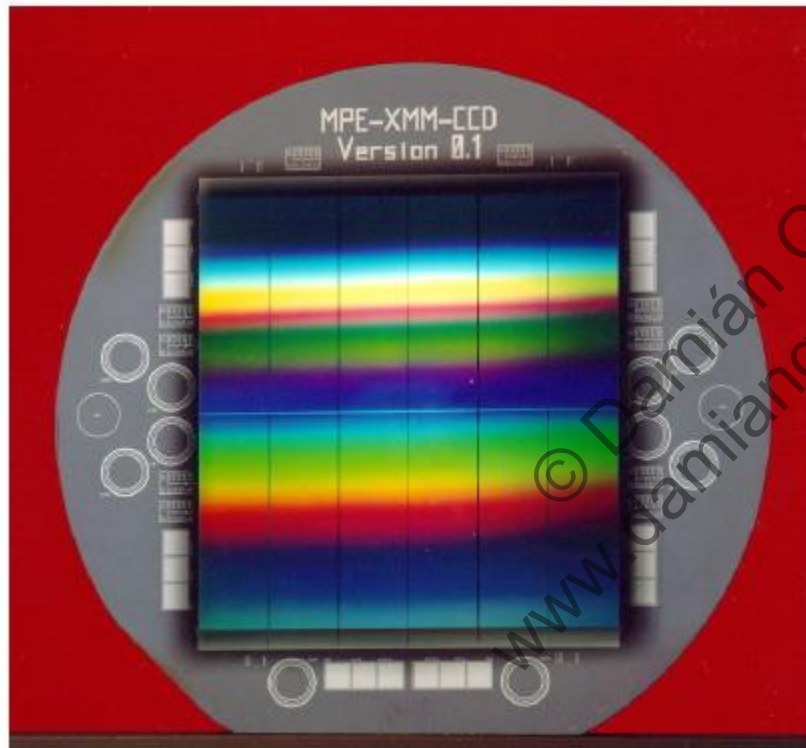
Física de altas energías



Cada tira de detectores tipo "pixel" da un rastreo de posición.



Astronomía de rayos X

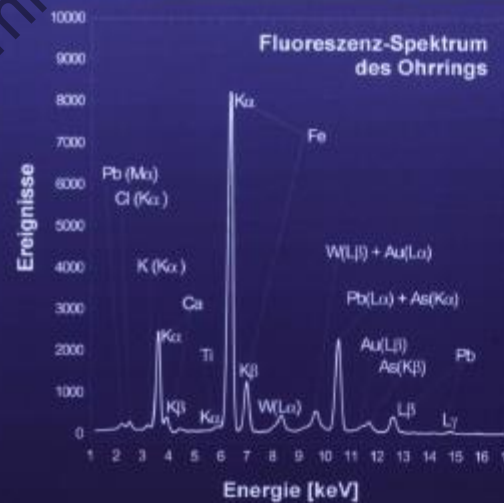
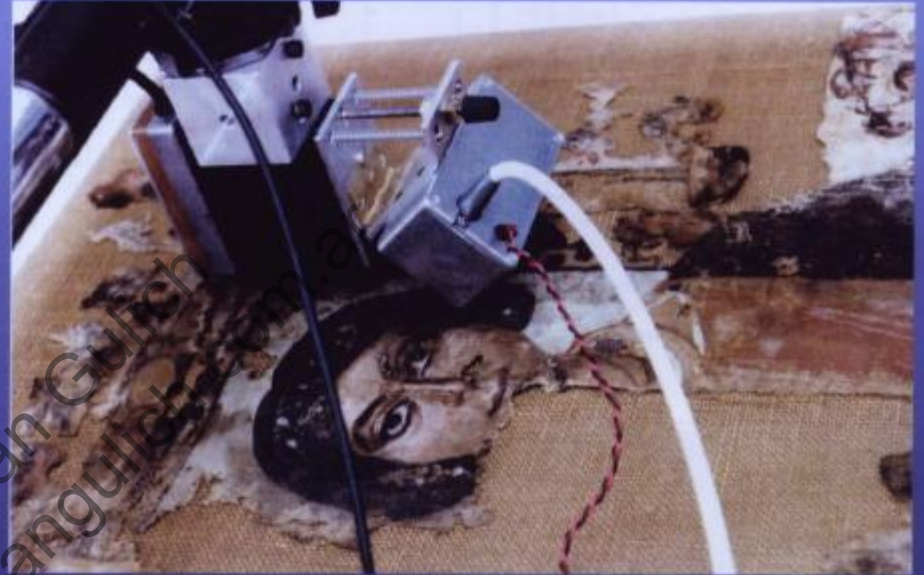


Spectroscopy of cosmic x-ray sources
Fully depleted pn-CCD on ESA's x-ray multi-mirror mission (XMM)

Fluorescencia por rayos X

XRF-Analyse (X-Ray Fluorescence)

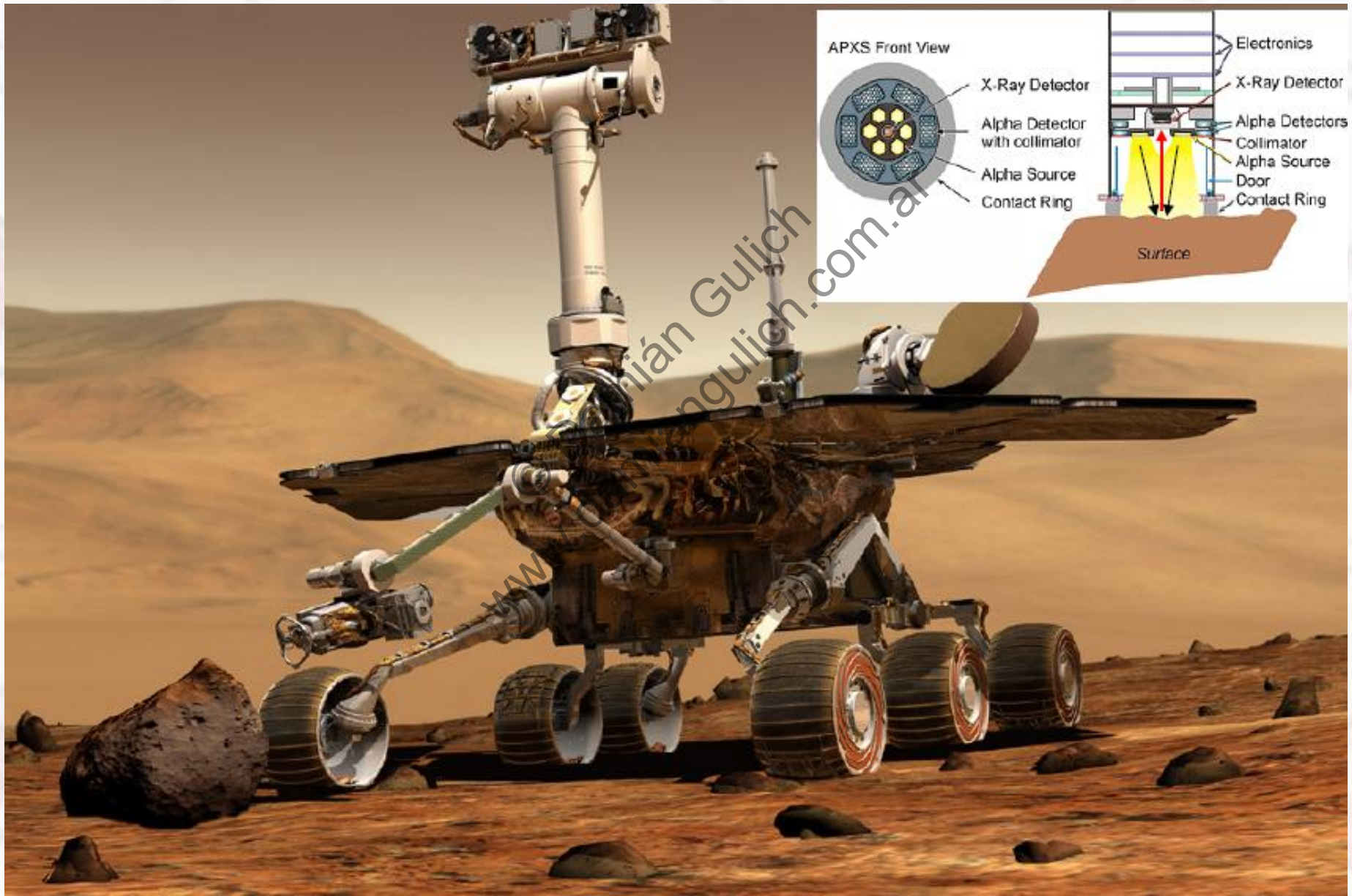
Untersuchung eines Leichentuchs
(Antinopolis, III. Jahrhundert n.Chr., Vatikanische Museen)



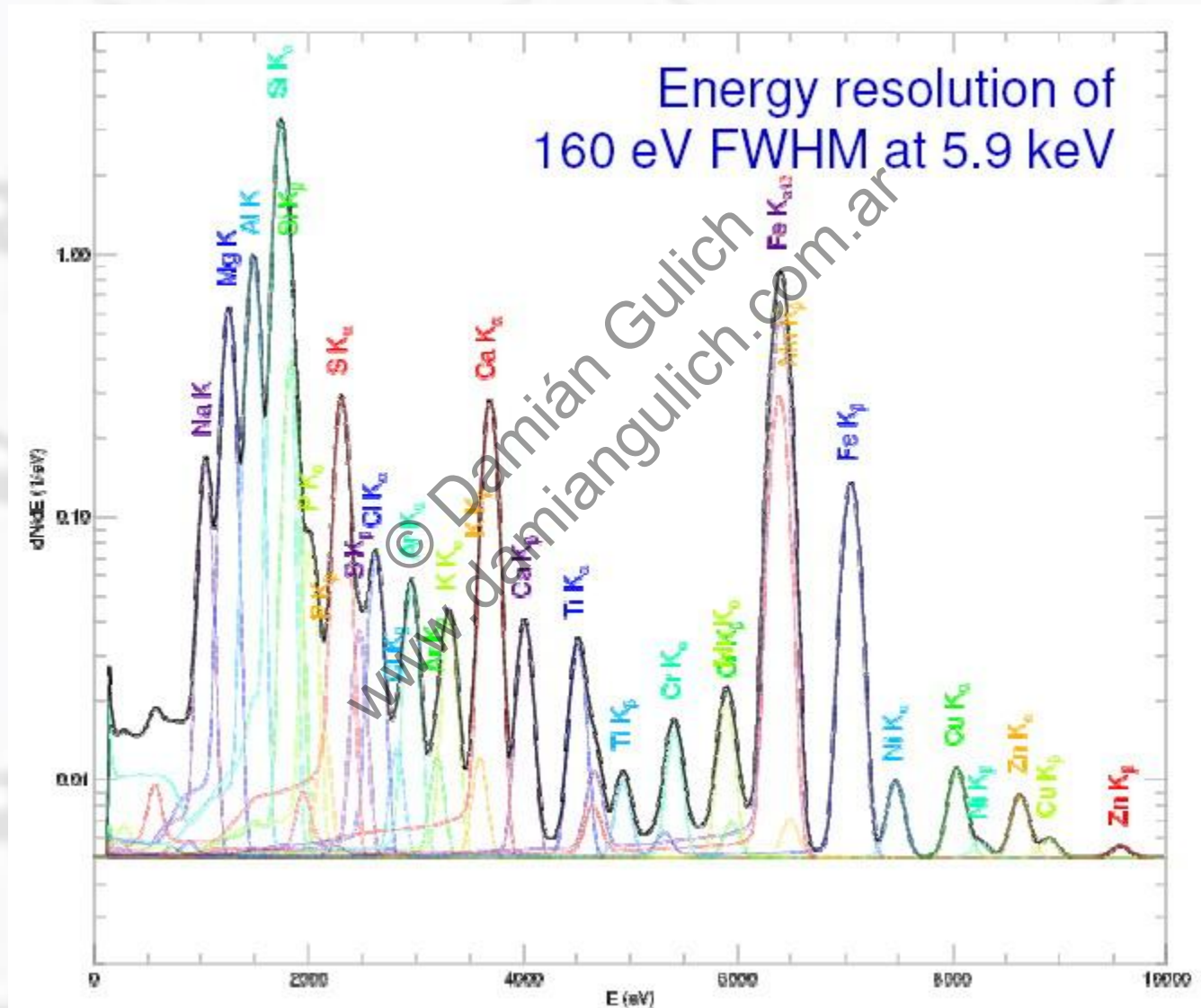
Photographie des Detektor-Moduls

© Damián Guzmán
www.damianguzman.com

Marte



Espectro del suelo de Marte





Fin

© Damir Gulich
www.damirgulich.com.ar