

Construcción de detectores de silicio en el IMB-CNM

C. Martínez, M. Lozano, M. Ullán,
F. Campabadal, J. Santander,

Instituto de Microelectrónica de
Barcelona.
IMB-CNM (CSIC)



Líneas de trabajo

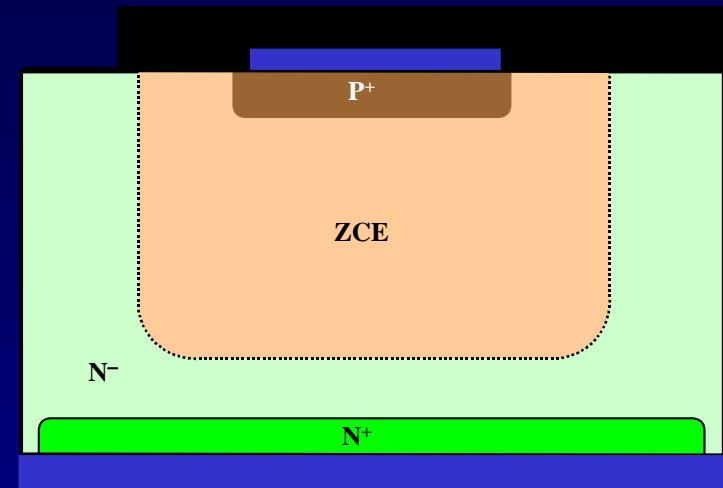
- **Proyecto ATLAS**
 - + Construcción de módulos para el SCT
 - + Construcción y distribución de dummy detectors
- **Fabricación de detectores en el IMB-CNM**
 - + Diseño de una tecnología de detectores PIN
 - + Caracterización eléctrica de los detectores
 - + Cartografías de las características eléctricas
- **Colaboración ROSE**
 - + Incorporación a la colaboración ROSE (RD48) del CERN
 - + Oxigenación de obleas de silicio para detectores radiation-hard.
 - + Estudio homogeneidad de las obleas procesadas
 - + Estudio de la concentración de O y C en colaboración con SINTEF

Tecnología detectores en el IMB-CNM

- **Diseño, fabricación y caracterización eléctrica de detectores de radiación de silicio.**
- **Silicio FZ de alta resistividad (2 a 10 K Ω cm) y orientación $\langle 100 \rangle$ o $\langle 111 \rangle$**
- **Posibilidad de incorporar resistencias de polisilicio o implantadas y también capacidades**
- **Espesor de oblea 500 y 300 μm**
- **Metalización de Al.**
 - + Posibilidad de depositar ITO como electrodo transparente
- **Compatible con CMOS25 del IMB-CNM**

Primera generación de detectores

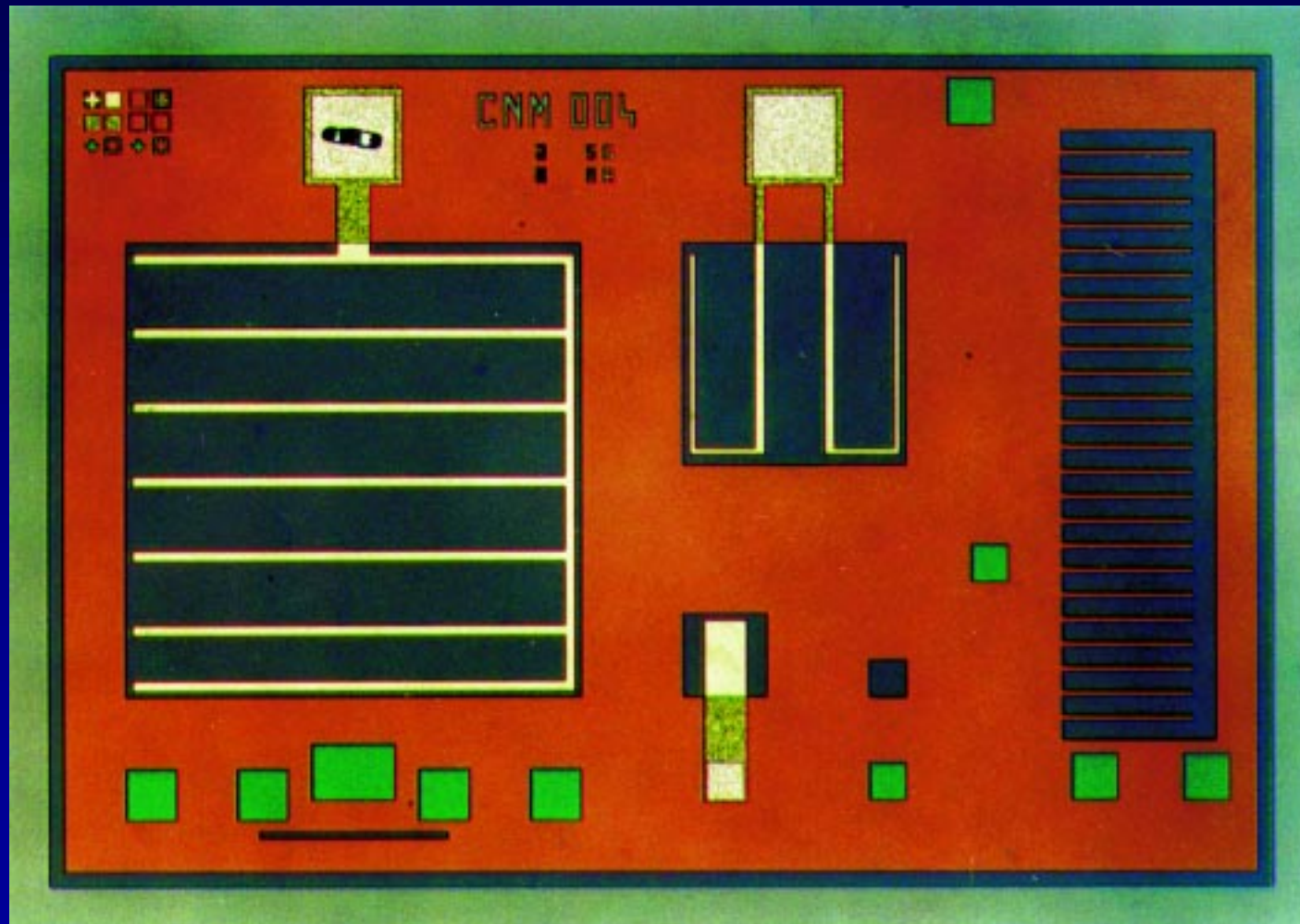
- **Características generales:**
 - + Diodos P⁺-v-N⁺ verticales sin anillo de guarda
 - + Espesor: 500 μm
 - + Substrato de alta ρ (2.5-3.8 kΩ cm)
 - + Orientación 1-0-0
 - + Área: 0.96 mm²



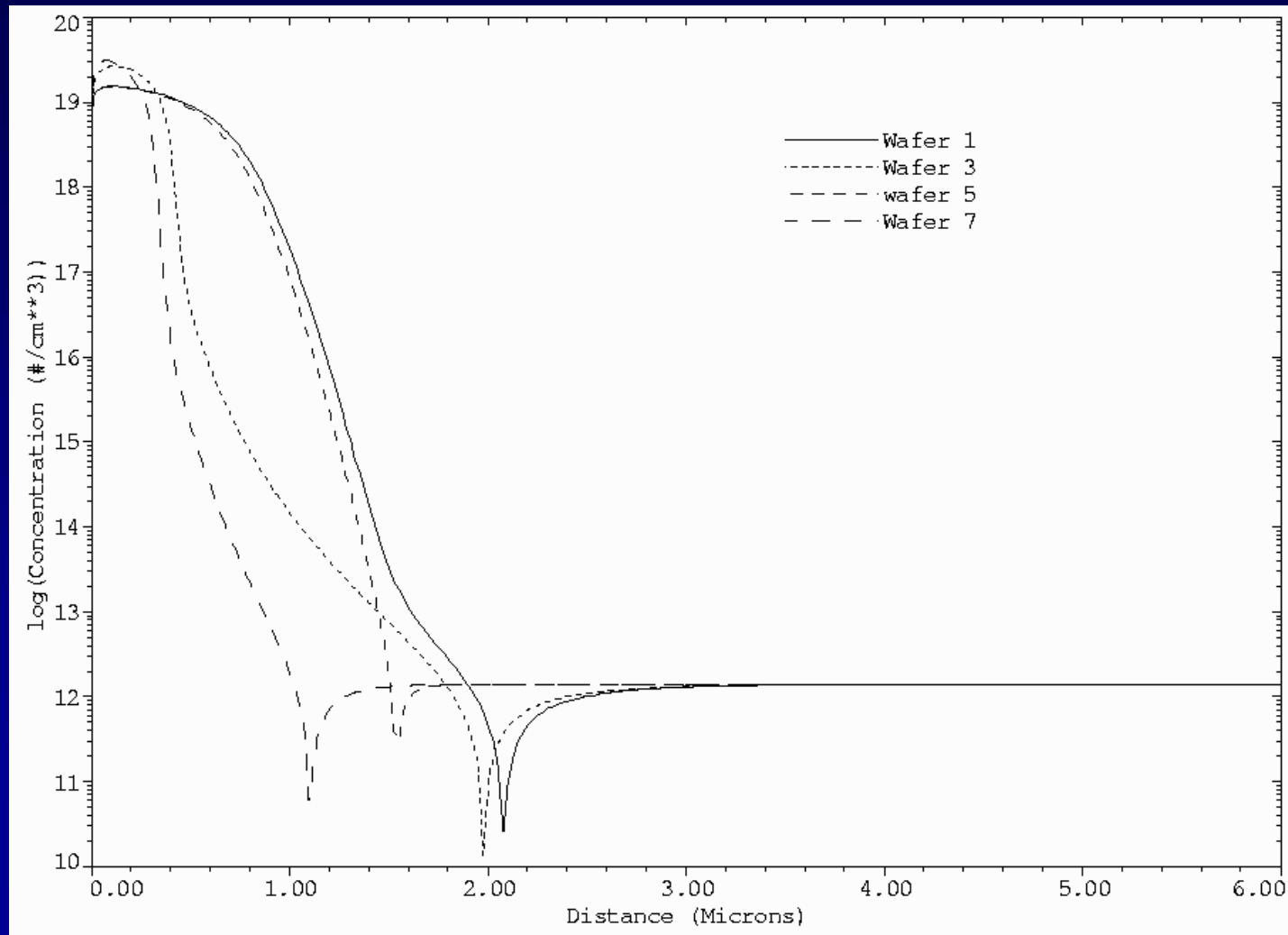
- **Metalización:**
 - + Detectores de radiación: el metal cubre todo el dispositivo
 - + Fotodetectores: el metal presenta forma de peine para permitir el paso de la luz

Factores		Niveles	Valores	Comentarios
Implantación iónica P+	IP	+	10 ¹⁵ cm ⁻² , 50 KeV	Compatible CMOS
		-	10 ¹⁵ cm ⁻² , 25 KeV	
Recocido	RE	+	1000°C, 147 min	Compatible CMOS
		-	950°C, 30 min	

Uno de nuestros detectores



Perfiles de impurezas simulados



Características eléctricas

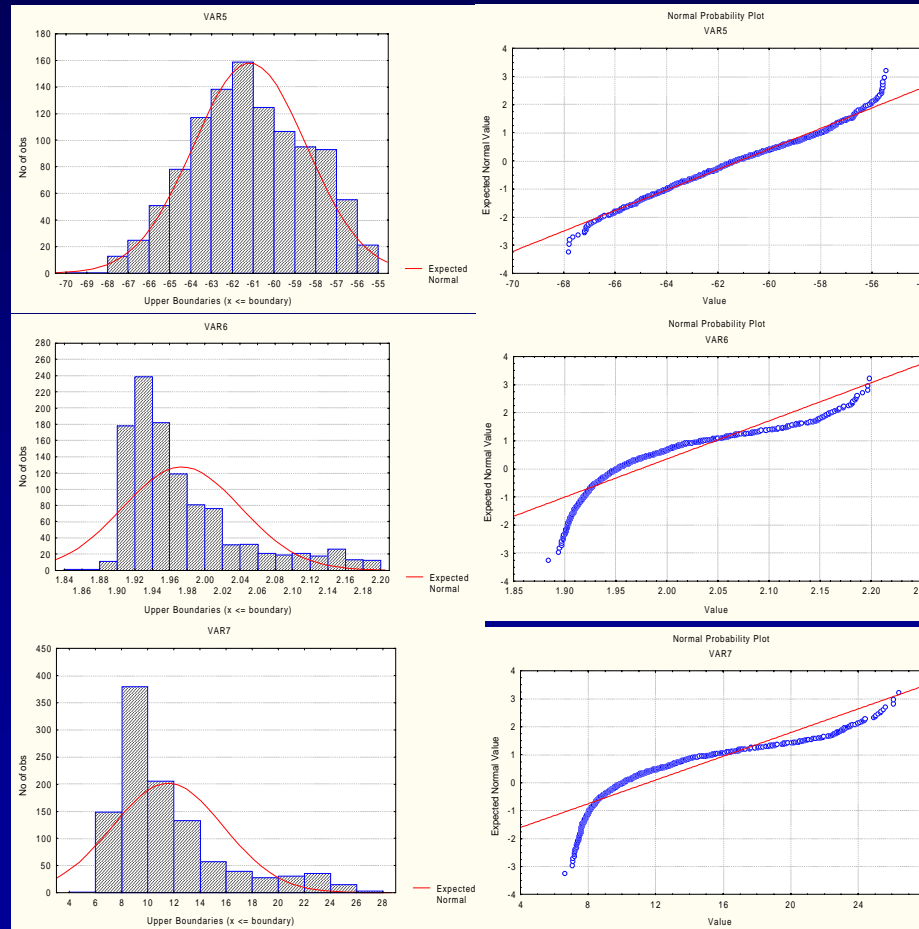
$$I = I_s \exp\left(\frac{qV}{nK_B T}\right)$$

Oblea	Factores			VBD(10uA) (V)			Fac. Idealidad			Is (nA)		
	IP	RE	MM	Media	Stddev	% Error	Media	Stddev	% Error	Media	Stddev	% Error
1327-1	+	+	+	-72.18	5.53	7.7%	1.79	0.02	1.3%	3.42	0.67	19.6%
1327-3	+	-	+	-60.44	8.55	14.1%	1.84	0.02	1.0%	5.06	0.51	10.1%
1327-5	-	+	+	-47.88	6.97	14.6%	1.86	0.01	0.8%	6.52	0.58	9.0%
1327-7	-	-	+	-77.19	16.49	21.4%	1.88	0.01	0.7%	6.71	0.50	7.5%
1327-9	+	+	+	-60.76	3.06	5.0%	1.92	0.04	2.0%	11.46	4.21	36.8%
1327-2	+	+	-	-46.51	12.24	26.3%	1.87	0.03	1.6%	5.37	0.91	17.0%
1327-4	+	-	-	-51.71	11.71	22.7%	1.88	0.01	0.6%	6.12	0.52	8.5%
1327-6	-	+	-	-43.60	6.12	14.0%	1.92	0.02	1.2%	9.35	1.32	14.2%

Distribución estadística de valores

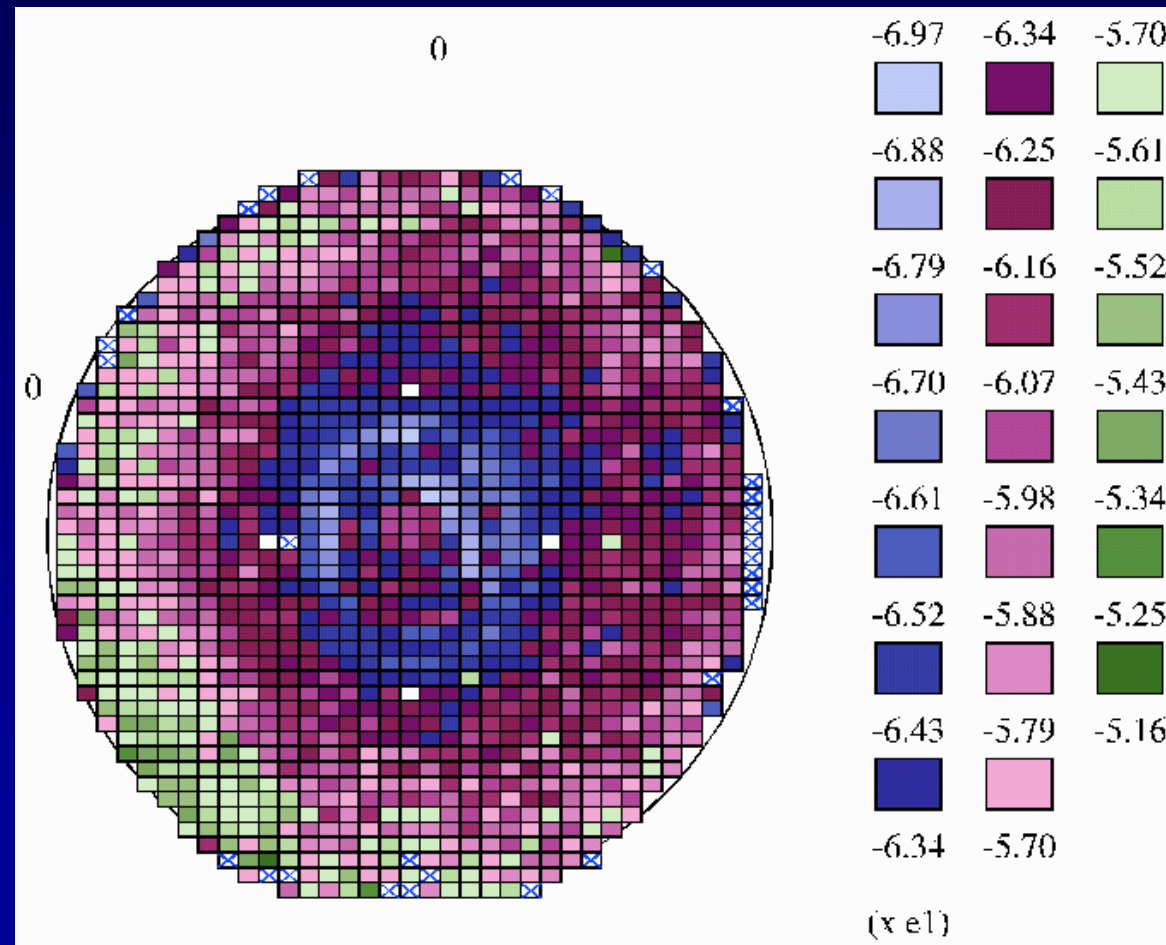
- V_{BD} , n , I_S en Oblea 9

V_{BD}



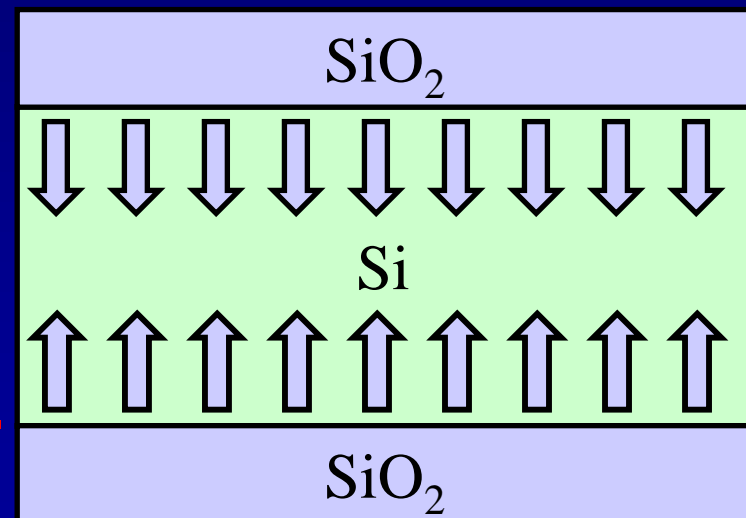
Cartografía de oblea

- V_{BD} en Oblea 9



Actividades en ROSE

- **Objetivo:** Mejorar la resistencia de los detectores a altas dosis de radiación
- **Radiación** → defectos I y V → nuevos estados en el gap → $\tau_{\text{minor.}} \downarrow$, $I_{\text{fugas}} \uparrow$, $V_{\text{full}} \uparrow$
- **Solución:** Introducir altas concentraciones de O (10^{17} cm^{-3}) → desactivan eléctricamente los defectos
- **Problema:**
 - + FZ → $\rho \uparrow$, $[\text{O}] \downarrow$
 - + CZ → $[\text{O}] \uparrow$, $\rho < 1 \text{ K}\Omega \text{ cm}$
- **Alternativa:** difusión de O
- **Desafío:** $[\text{O}] > 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ **Hom.**
 $[\text{C}] \downarrow$

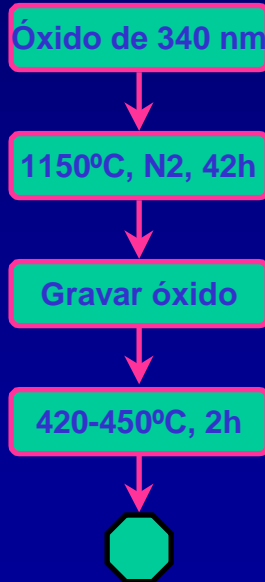


Experimentos oxigenación de Si

Dos procesos

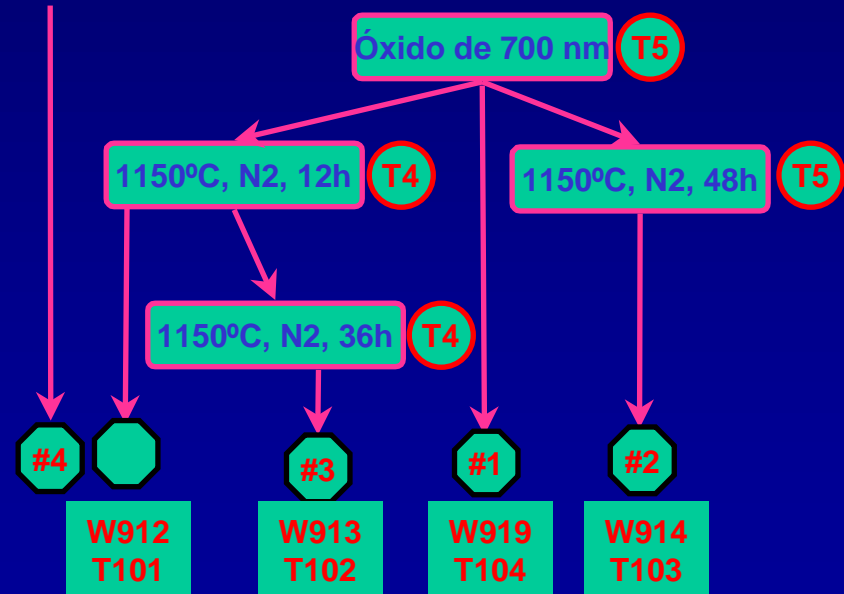
1^{er} proceso

- + Propósito: testear la idoneidad de los hornos del IMB-CNM para el procesamiento de alta pureza
- + Sólo una oblea 300 μm $\langle 100 \rangle$ $\rho \uparrow$
- + Medir homogeneidad de la oblea durante el proceso



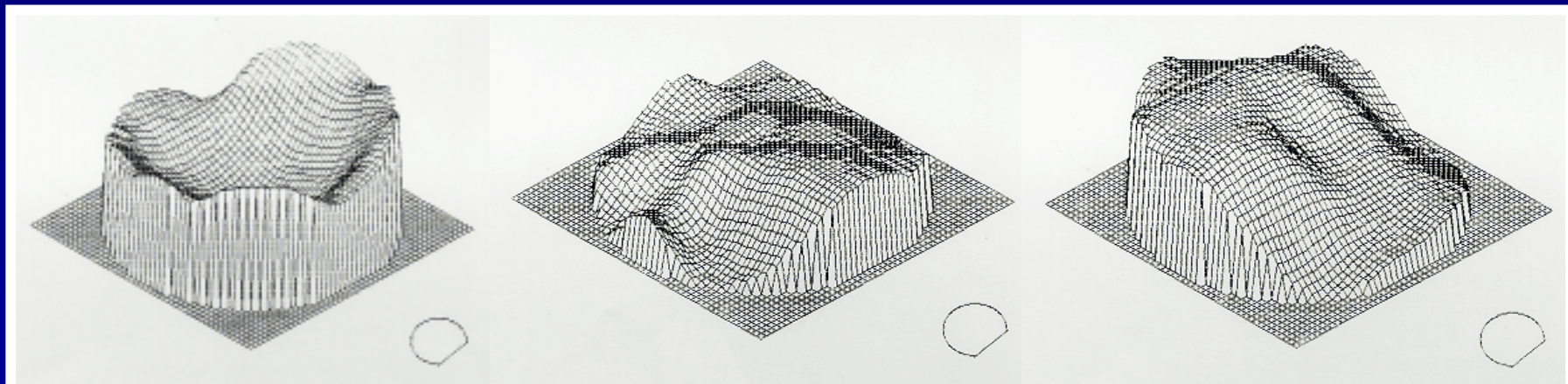
2^o proceso

- + Oxigenación en distintos hornos
- + 8 obleas + 1 oblea en cuartos
- + obleas $\langle 100 \rangle$ y $\langle 111 \rangle$ $\rho \uparrow$



Resultados del 1^{er} experimento

Medidas	Resist. ($\Omega \cdot \text{cm}$)	[portadores] (cm^{-3})	Homogeneidad	Radio de curvatura promedio (m)
Inicial	4470	$3.2 \cdot 10^{10}$	12.9%	234
Difusión a 1150 °C				476
Grabado óxido	2519	$5.6 \cdot 10^{10}$	3.3%	164
Final proceso	2970	$4.7 \cdot 10^{10}$	7.8%	182
2 meses	2307	$6.1 \cdot 10^{10}$	4.7%	

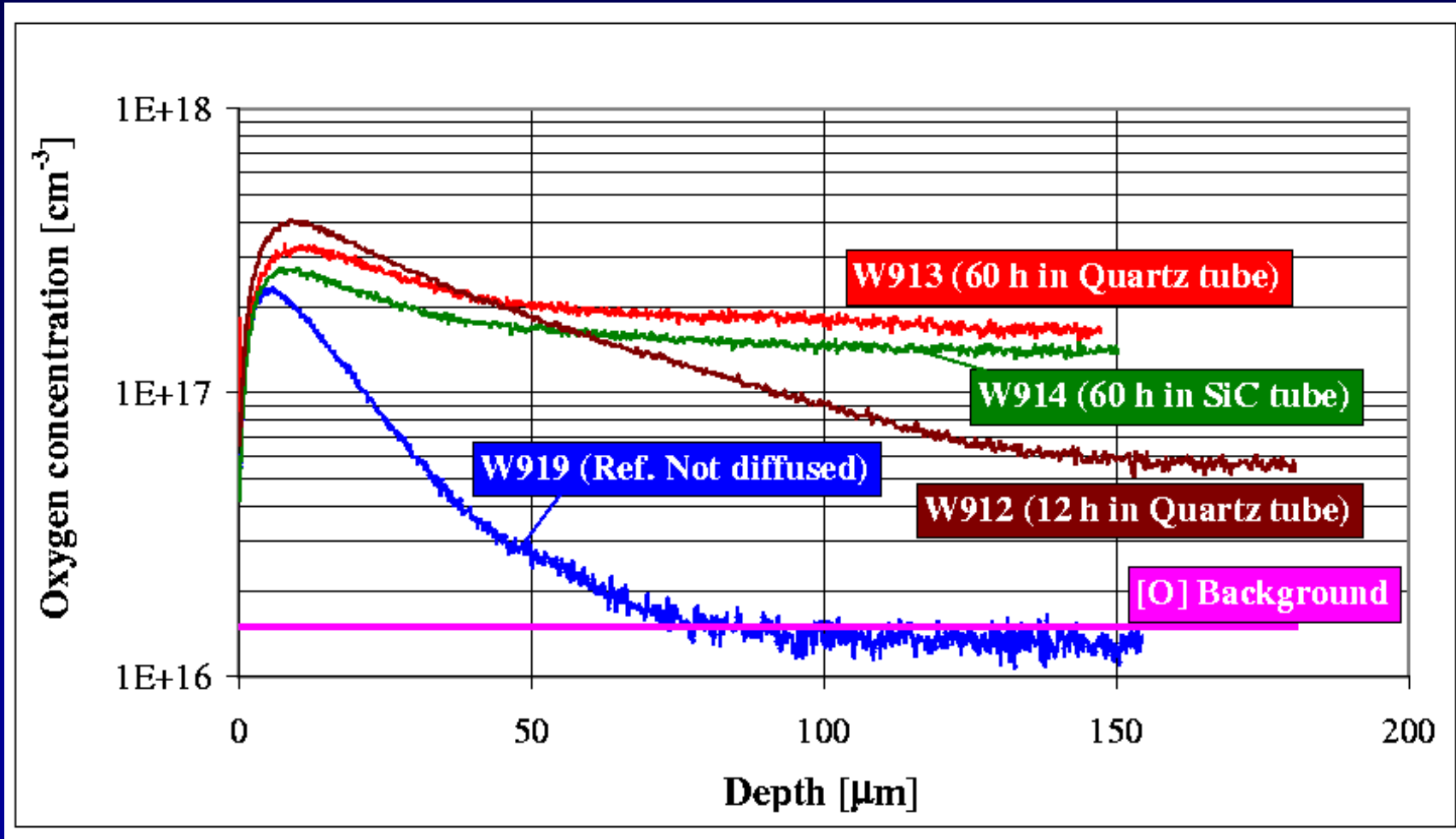


Inicial

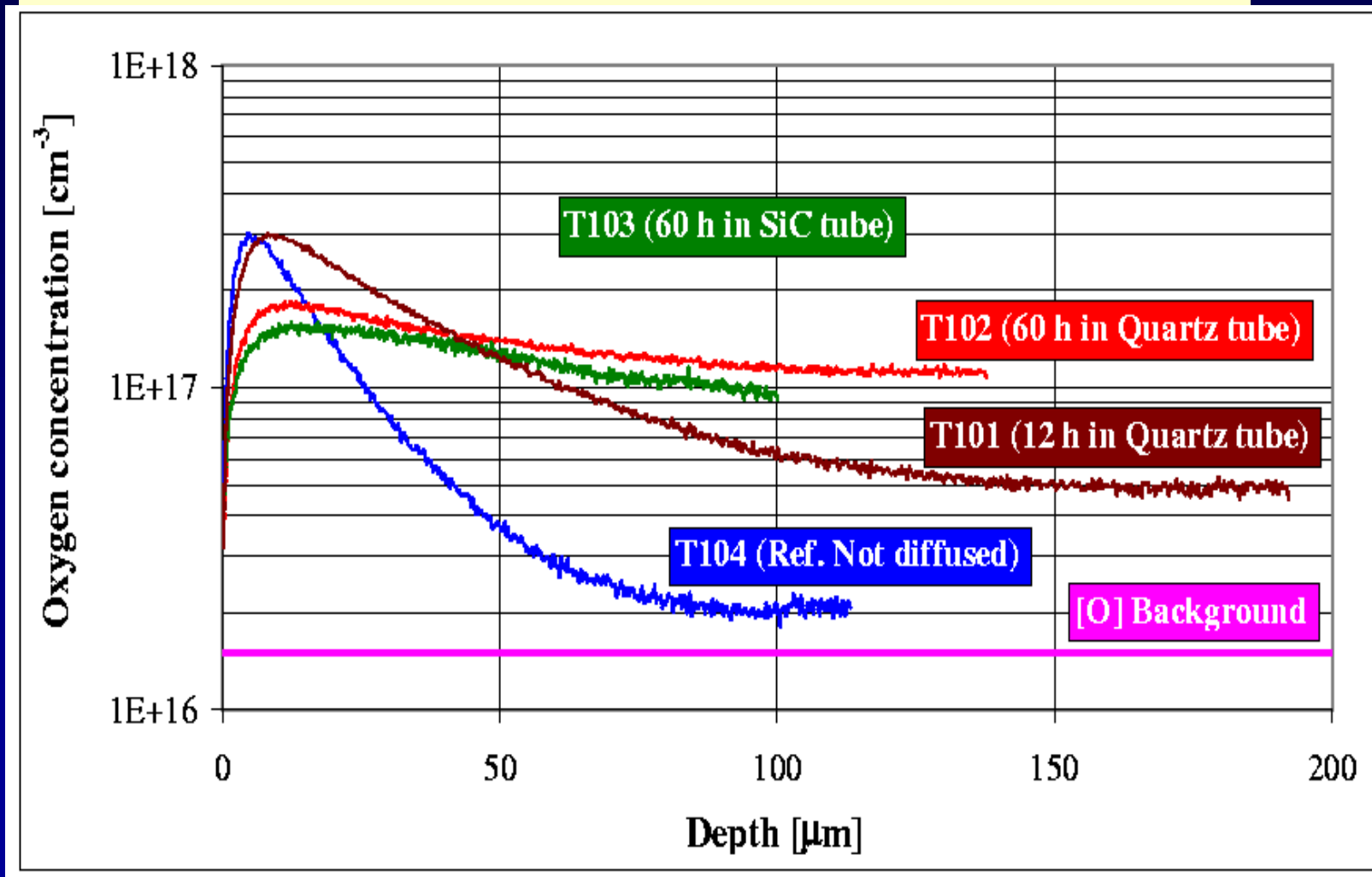
Difusión a 1150 °C

Final proceso

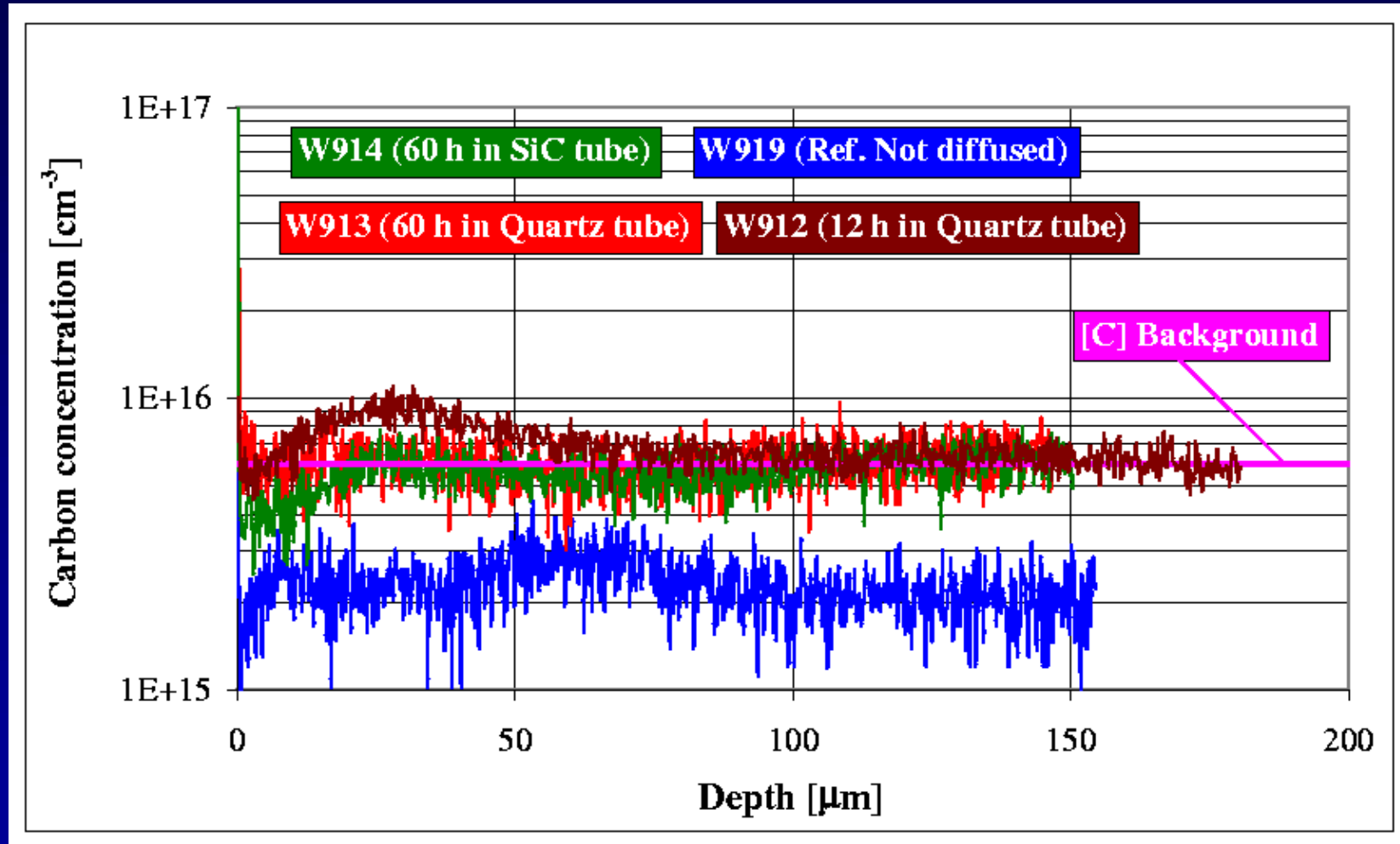
Resultados CNM [O] obleas <111>



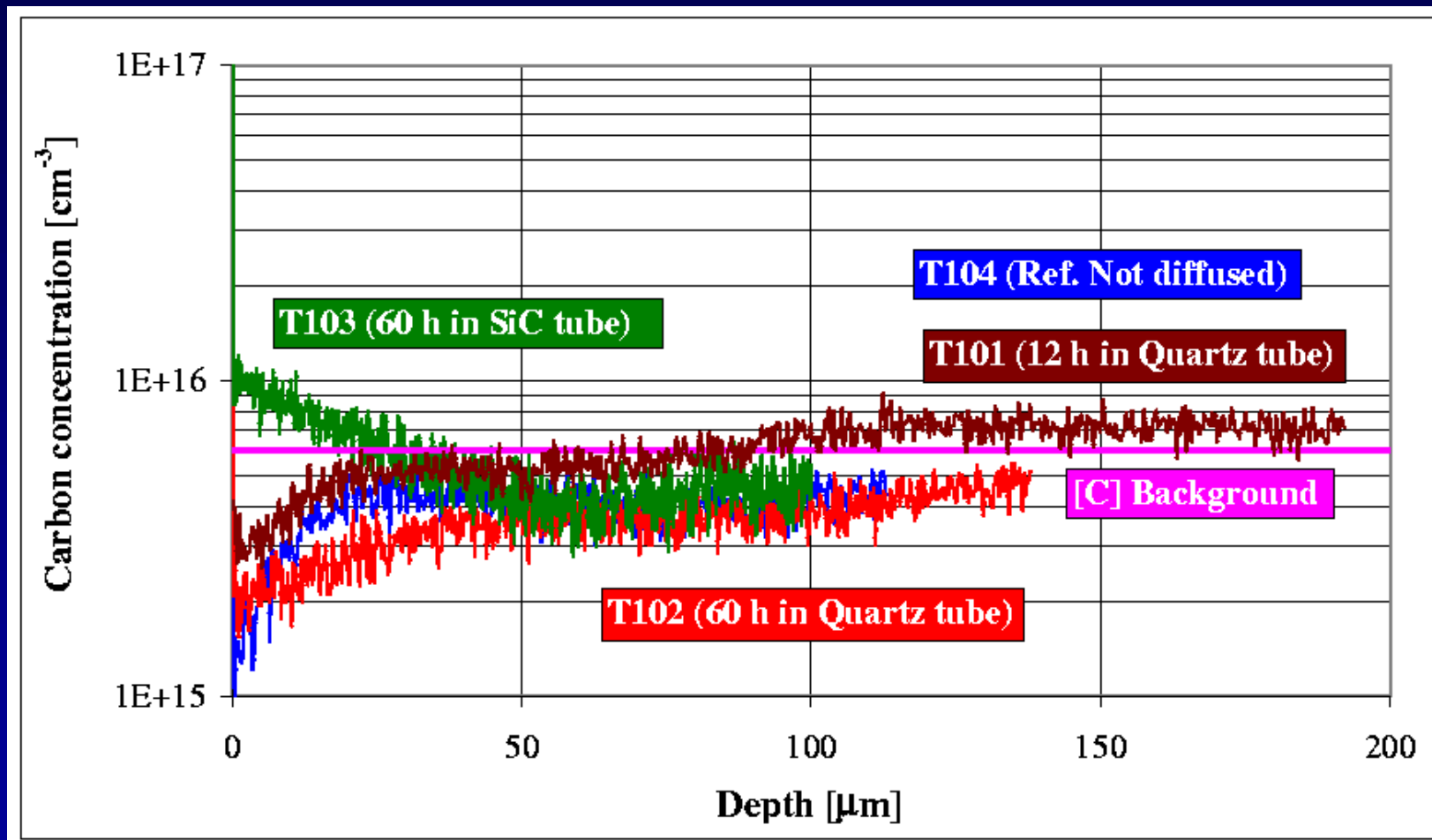
Resultados CNM [O] obleas <100>



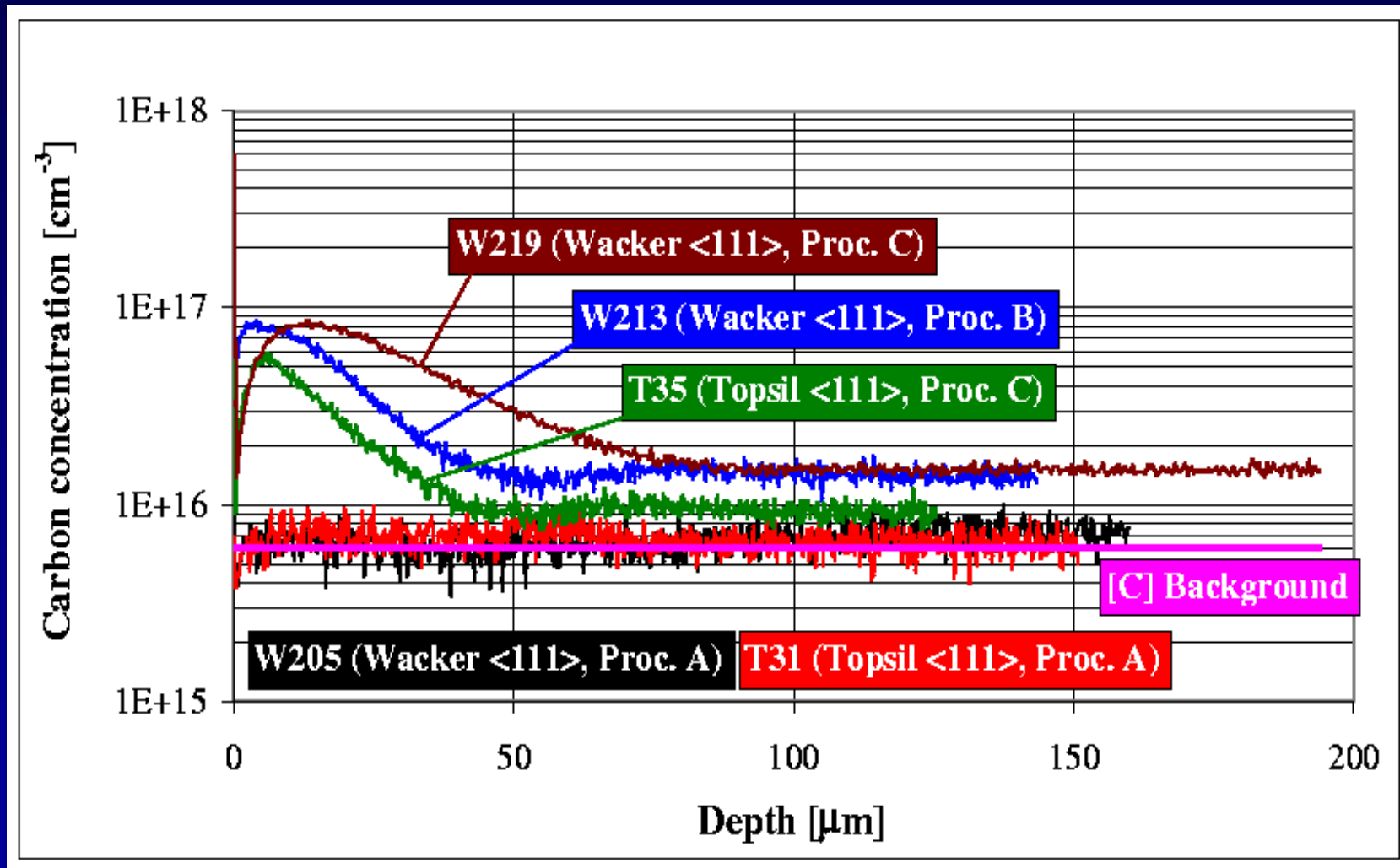
Resultados CNM [C] obleas <111>



Resultados CNM [C] obleas <100>



Resultados SINTEF [C] obleas <111>



Conclusiones

- **Se ha fabricado la 1ª generación de detectores de radiación en el IMB-CNM**
 - + Muy buenas características eléctricas
 - + Alto rendimiento: Posibilidad de fabricar detectores de gran área
- **Se han procesado con éxito obleas oxigenadas para fabricar detectores radiation-hard**
 - + Excelente nivel de homogeneidad tras el procesado
 - + Excelentes perfiles de concentración de O
 - + Nivel ínfimo de contaminación por C

Próximos meses

- **Construcción y test de los módulos del SCT de ATLAS en colaboración con el IFIC.**
- **Fabricación de la 2ª generación de detectores**
 - + Detectores cuadrados de 25 mm² de área (máscaras ITME proporcionadas a través de la colaboración ROSE (RD48) del CERN)
 - + Tecnología PIN con anillo de guarda sobre substratos de 300 µm de alta ρ
 - + Gettering
- **Oxigenación de obleas**
 - + Uso de un nuevo tubo de cuarzo con dedicación exclusiva para obleas de alta resistividad
 - + Acondicionamiento durante un mes
- **Fabricación de detectores de radiación en obleas oxigenadas**
 - + Estudio de la tolerancia de los detectores a altas dosis de radiación

Agradecimientos

- **CICYT, AEN97-1712**
- **Programa Fullbright de cooperación científica y tecnológica entre España y EEUU.**
- **IFIC**