

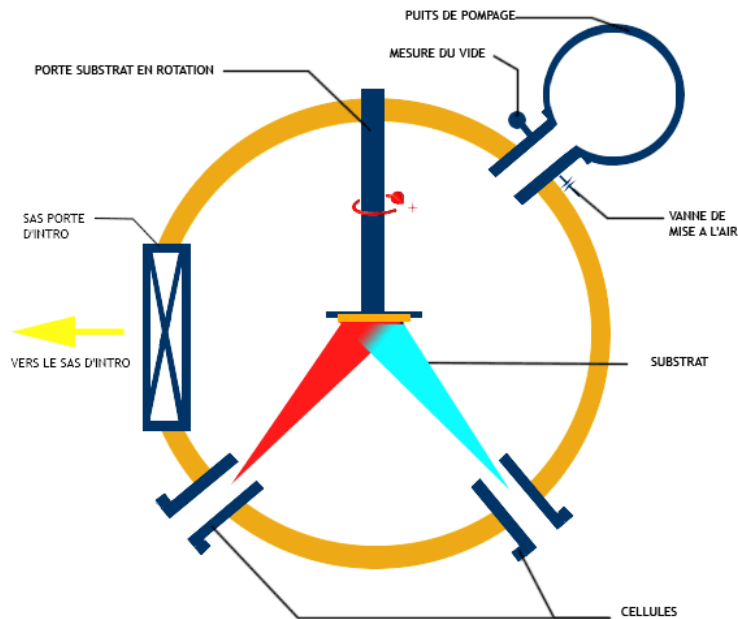
BAJA PRESIÓN:  $10^{-11}$  Torr (con vacío criogénico)

Presión durante crecimiento:  $10^{-8}$  to  $10^{-7}$  Torr

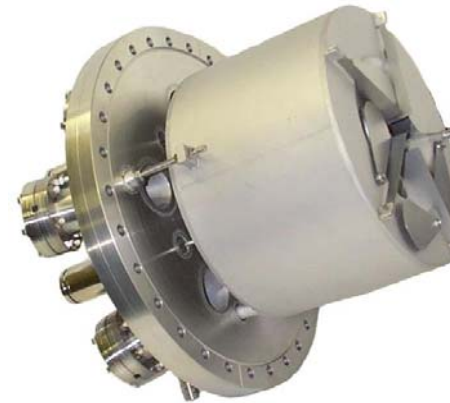
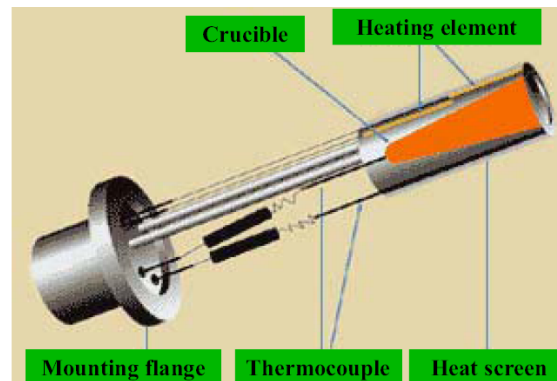
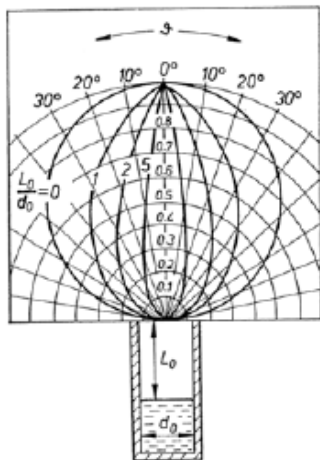
**CORAZÓN: CELDA DE EFUSION**

(+ fuentes sólidas)

(+ fuentes de plasma de nitrógeno/ hidrógeno)



effusion (Knudsen) cell



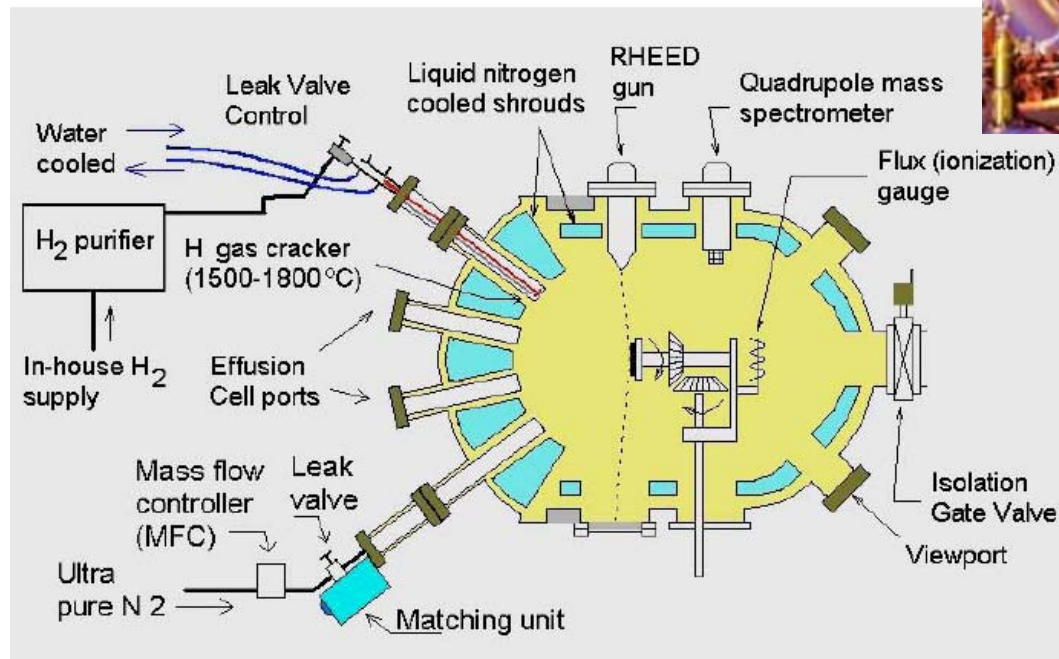
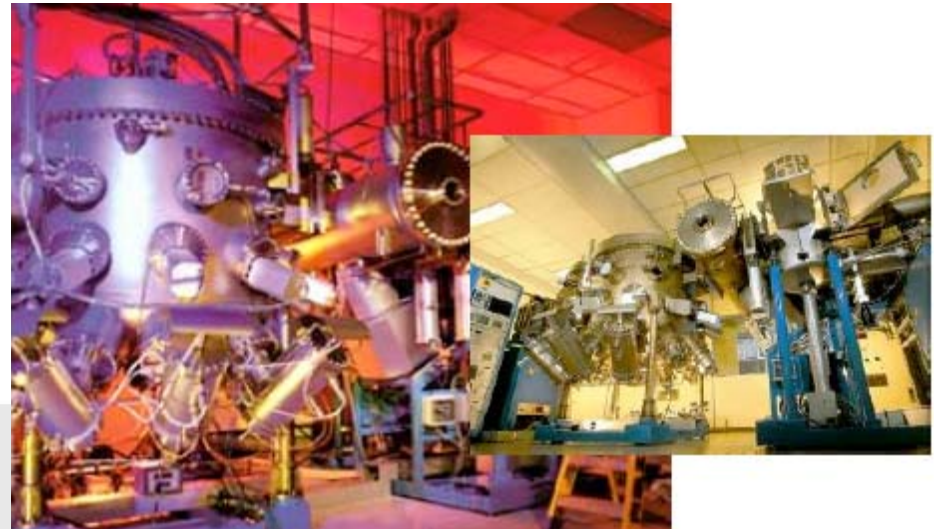
# RECUBRIMIENTOS

# MBE



MBE de fuentes sólidas  
MBE de fuentes gaseosas

**TÉCNICAS HÍBRIDAS**  
MBE metalorgánico  
CBE - MOCVC



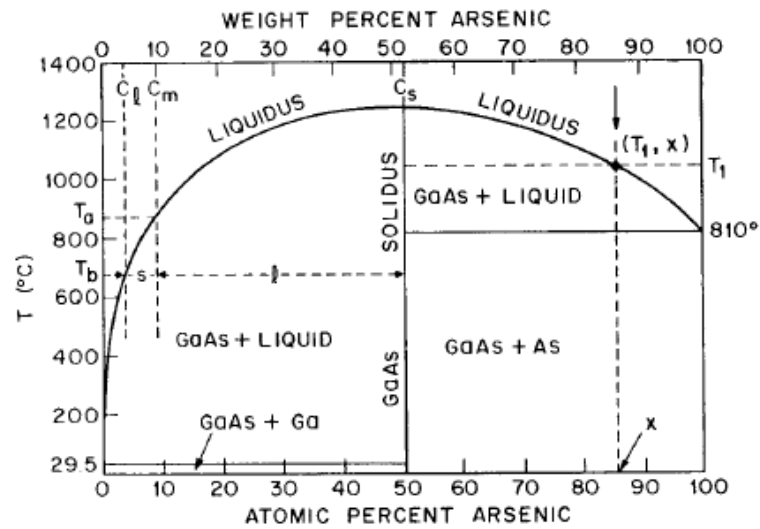


Fig. 5 – 19a Phase diagram of the GaAs system. The temperatures  $T_a$  and  $T_b$  are the values used in the explanation above.

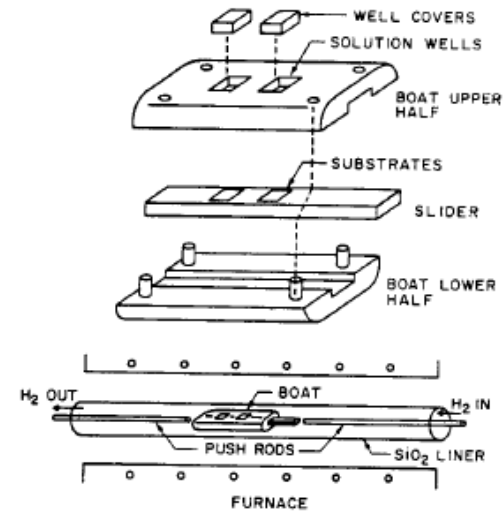
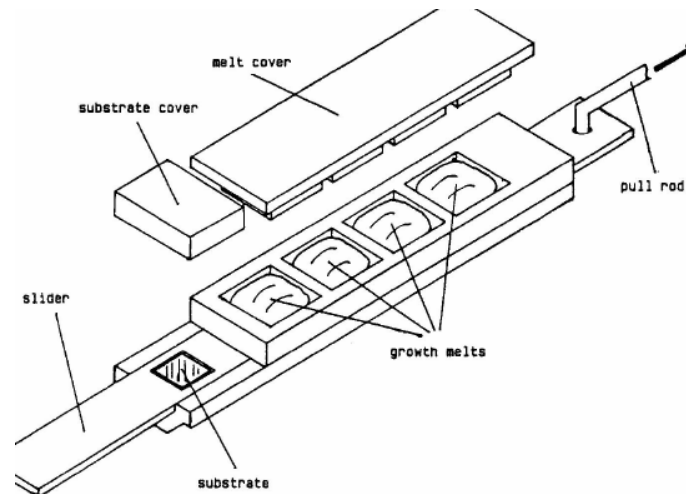


Fig. 5 – 19b Schematics of LPE deposition arrangement with graphite boat for substrates and liquid source containment in a H<sub>2</sub> flushed furnace[8]



# ELECTRODEPOSICIÓN

## SPINNING



**LPE**

**Ventajas:** barato, crecimiento en equilibrio, gran calidad capas, baja toxicidad.

**Desventajas:** complicado hacer multicapas, control limitado del espesor y la uniformidad, limitación materiales, difícil de escalar.

**VPE**

**Ventajas:** alta pureza, baja toxicidad.

**Desventajas:** complejo, control limitado del espesor y la uniformidad.

**MOCVD**

**Ventajas:** control espesor, rápido, versátil, variedad de materiales.

**Desventajas:** gases tóxicos, control limitado de la uniformidad.

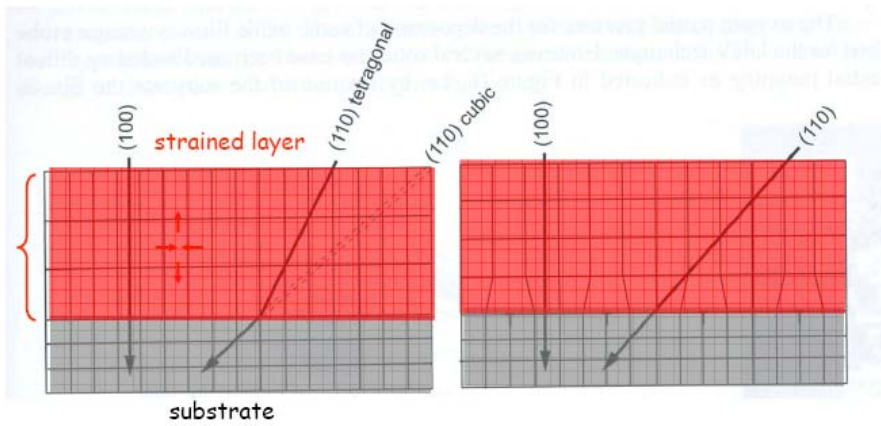
**MBE**

**Ventajas:** técnica de haz, monitorización in-situ, control de espesor hasta la monocapa.

**Desventajas:** lento, caro, mantenimiento UHV.

# RECUBRIMIENTOS

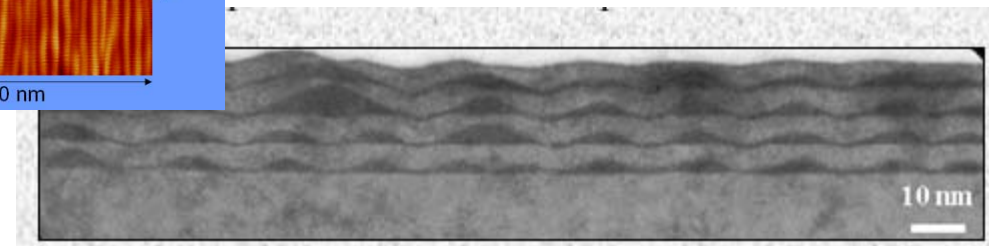
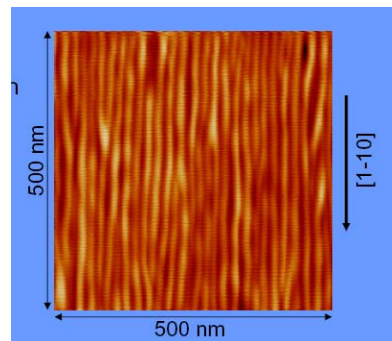
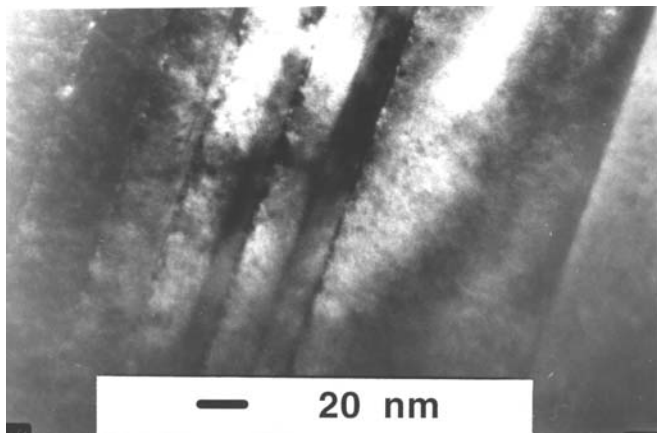
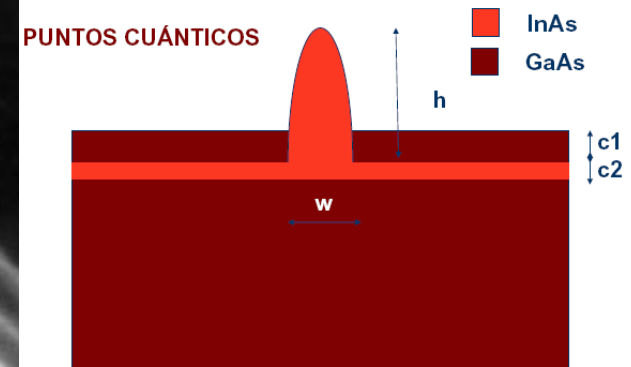
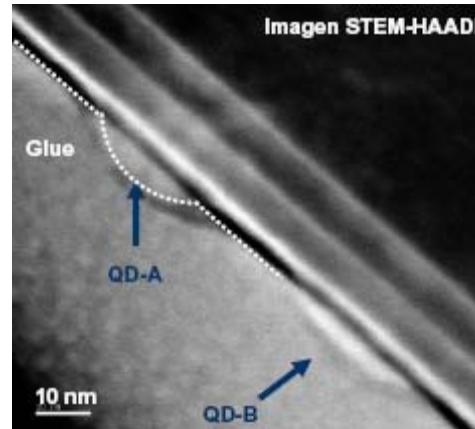
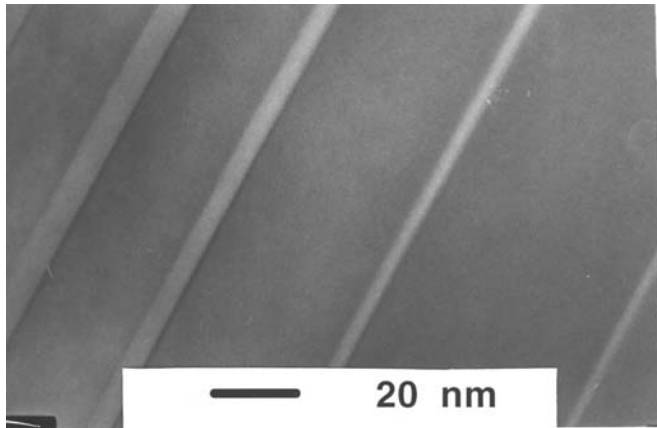
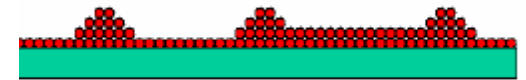
# CVD



Frank-Van der Merwe  
(layer growth; ideal epitaxy):



Stranski-Krastanov  
(layers + islands):



# 1.1. Obleas: tratamientos y recubrimientos

-Obleas

-Recubrimientos

-Dopados por difusión e implantación

-Recocidos

## Dos métodos de dopado: **Difusión e implantación iónica**

(más versátil y menos coste)

### Difusión

Para Si tipo P el dopante más usual es el Boro y para tipo N se usa el Arsénico y Fósforo.

Para GaAs el dopante *n* típico es Si y el tipo *p* el Be.

La solubilidad depende de la temperatura del proceso.

Ejemplo (Si): Se colocan las obleas en el interior de un horno a través del cual se hace pasar un gas inerte que contenga el dopante deseado.

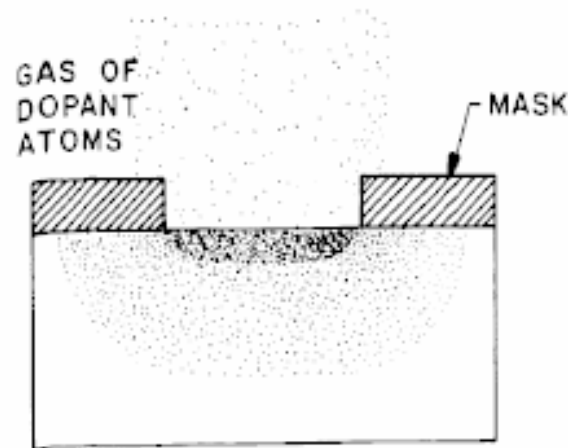
T entre 800° y 1200° C

- a) **Con fuente ilimitada:** se mantiene la misma concentración de impurezas durante el proceso
- b) **Con fuente limitada:** se parte de una concentración inicial y no se añaden mas dopantes

Se suelen usar los dos métodos uno seguido del otro.

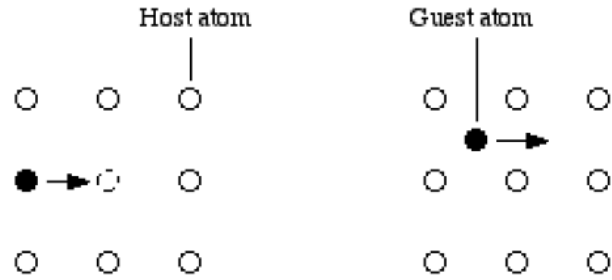
La concentración de dopante disminuye monótonamente a medida que se aleja de la superficie.

La técnica de difusión tiene el problema de que las impureza se difunden lateralmente



# DOPADOS

# difusión



$$\vec{J} = -D\vec{\nabla}C$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{J}$$

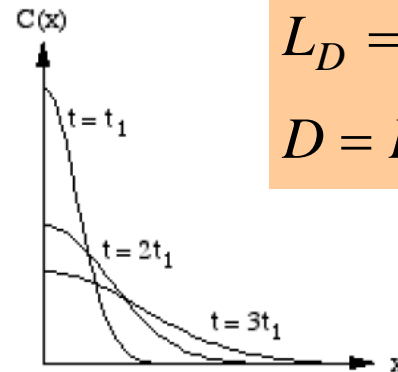
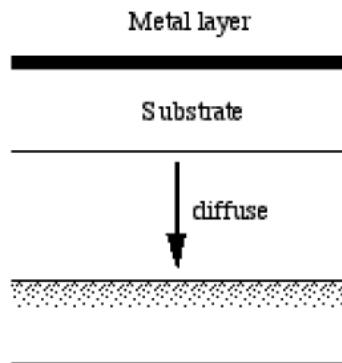
**Leyes de Fick de la difusión**  
**(D depende de T, no de C)**

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\Delta C = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

$$C = \frac{S}{\sqrt{\pi Dt}} e^{-x^2/(4Dt)}$$

x: distancia desde la superficie

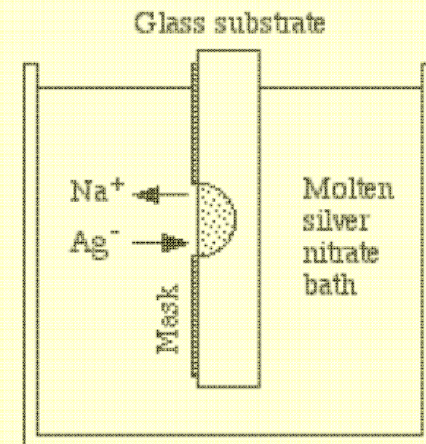
S: cantidad de dopante por unidad de área en t = 0



$$L_D = 2\sqrt{Dt}$$

$$D = D_0 e^{-E_a/kT}$$

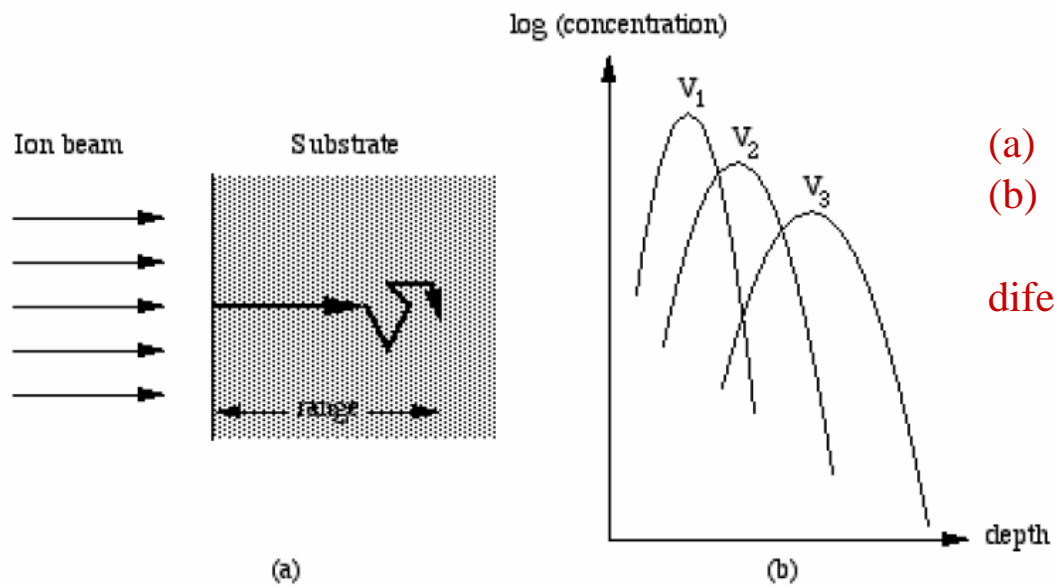
## Intercambio de Iones



## Implantación iónica

- Se ionizan las impurezas
- Se aceleran y adquieren alta energía
- Se introducen en el material con el ángulo adecuado
- Se somete la oblea a un recocido para reordenar al estructura

Se obtiene un buen control de la profundidad y dopado



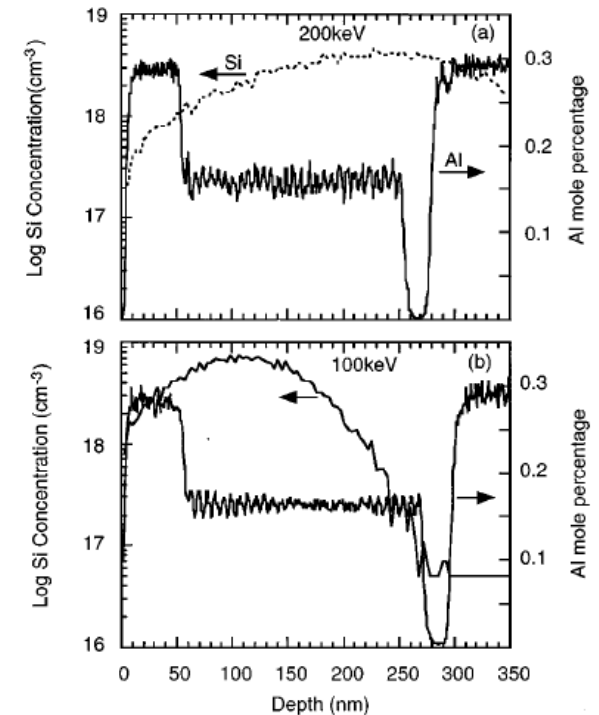
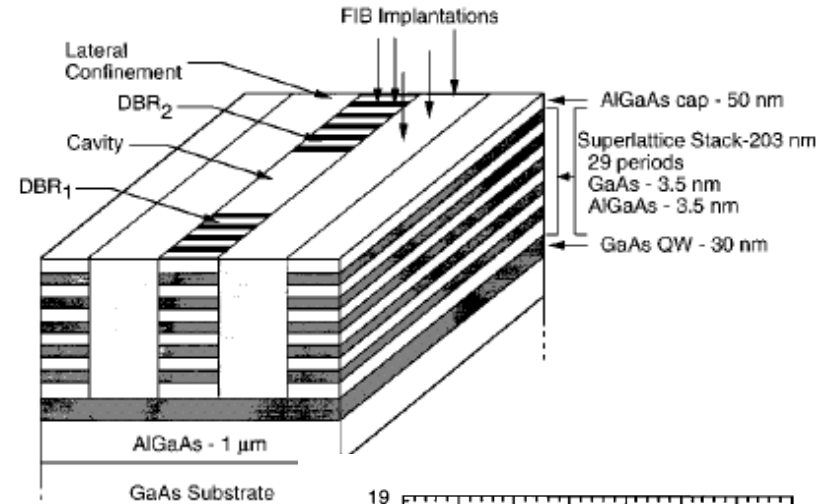
- (a) Esquema  
(b) Distribución de iones implantados para diferentes voltajes de aceleración.

# FIB: Haces de Iones Focalizados

(no necesita máscaras --- más caro)

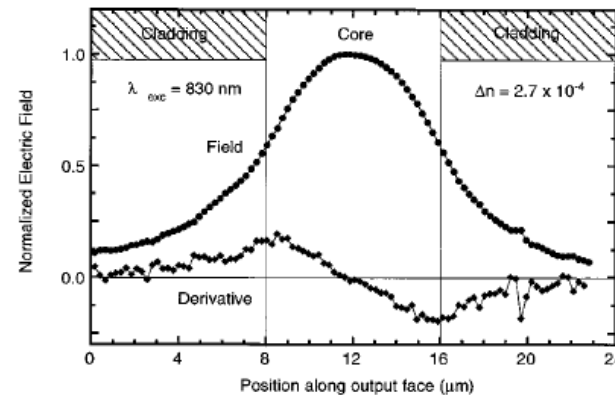
TABLE I. FIB fabricated optoelectronic components.

Component	Application	Fabrication technique	Material system
Facet reflectors	Vertical emission from horizontal laser cavity	Micromachining	InGaAsP/InP
Beam splitters	Ridge channel waveguide	Micromachining	GaAs/AlGaAs
Turning mirrors	DBR surface emitting ring laser	Micromachining	GaAs/AlGaAs
Buried waveguide	Laser cavity confinement	Mixing (suppression)	GaAs/AlGaAs
Channel waveguides	Optical switch, modulator	Mixing	GaAs/AlGaAs
Gratings	DBR laser	Doping	GaAs/AlGaAs
Gratings+waveguide	DBR laser	Mixing	GaAs/AlGaAs
Gratings	DFB laser	Doping (damage)	InGaAs/AlGaAs
Gratings	DBR laser	Lithography	InGaAs/GaAs



Guía de onda fabricada por implantación FIB

distribución de intensidad de luz para el modo transversal de la guía.



# 1.1. Obleas: tratamientos y recubrimientos

-Obleas

-Recubrimientos

-Dopados por difusión e implantación

-Recocidos

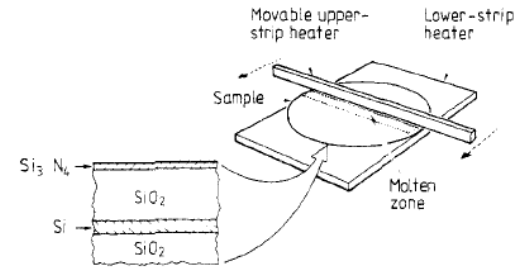
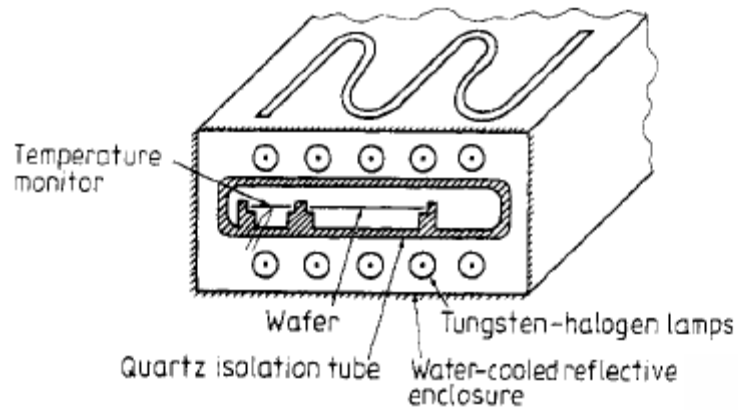


Figure 10. Diagram of typical dual-strip heater assembly: a sample geometry required for the recrystallisation of deposited Si on insulator is also shown (from Fan *et al* 1981b)

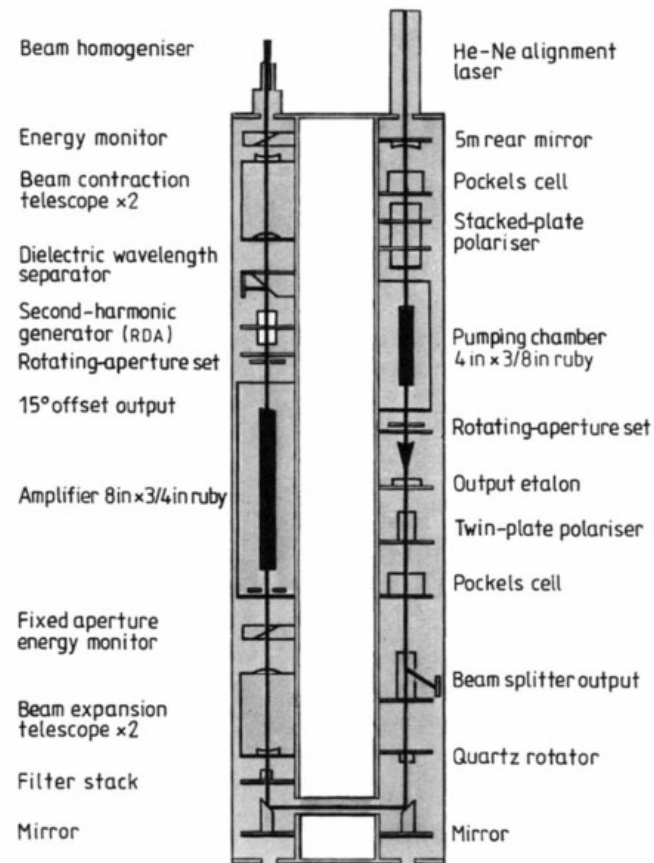


Figure 1. Diagram of typical ruby laser system with pulse chopper, amplifier and frequency doubler.

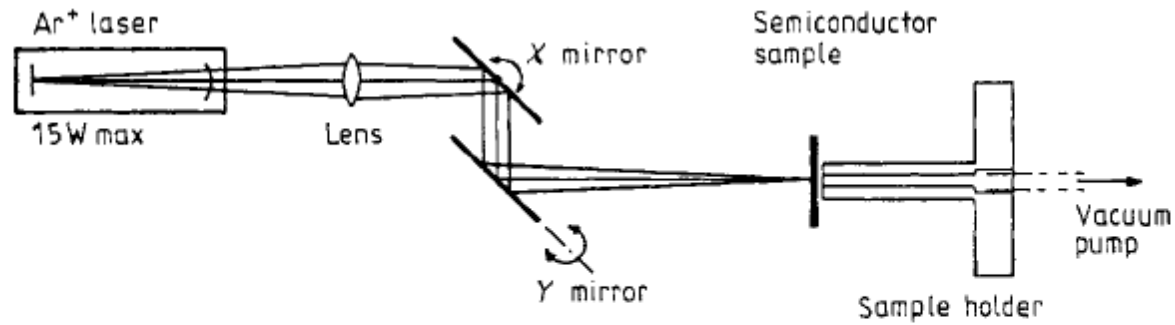


Figure 5. Diagram of typical scanning laser beam annealing system (from Gat and Gibbons 1978).

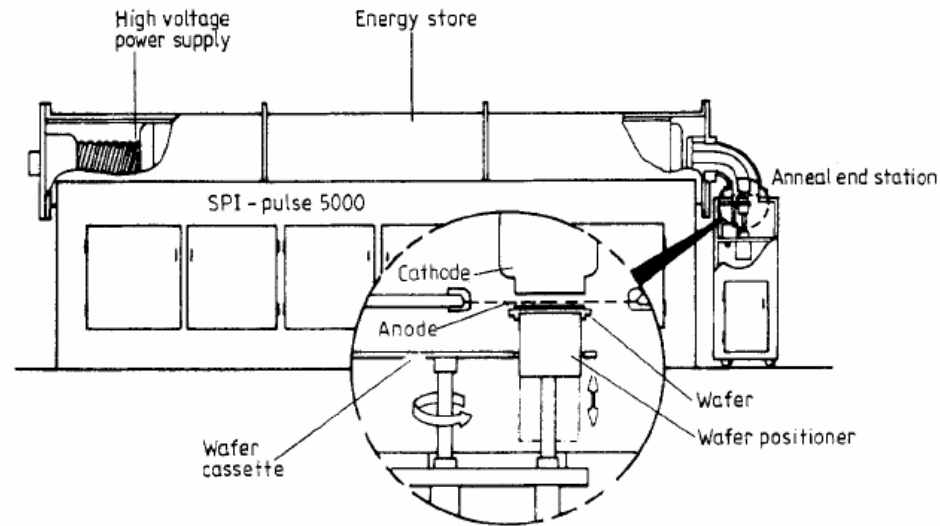
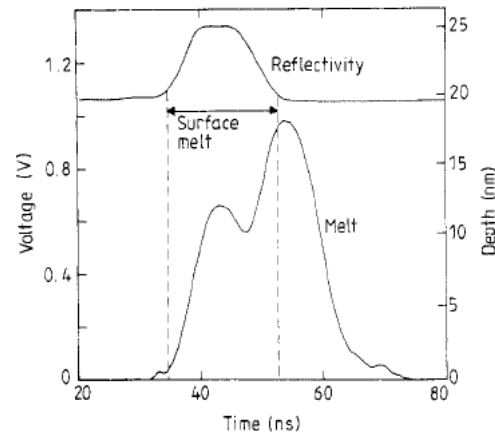
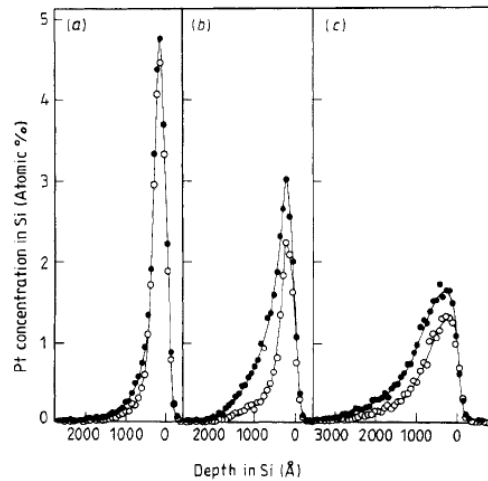


Figure 7. Diagram of typical pulsed electron beam annealing system (from Greenwald *et al* 1979).

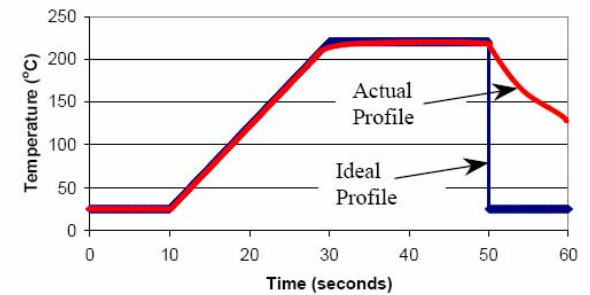


**Figure 13.** Simultaneous transient measurements during 30 ns ( $0.2 \text{ J cm}^{-2}$ ) pulsed ruby laser irradiation of (001) Si with 3200 Å amorphous surface layer. Lower curve, sample electrical conductivity and melt depth as a function of time; upper curve, surface reflectivity as a function of time (from Thompson *et al* 1984).



**Figure 16.** Random (●) and channelled (○) 2 MeV  $\text{He}^+$  ion back-scattering spectra obtained from  $\text{Pt}^+$ -ion-implanted and laser annealed (001) Si layers. Background substrate temperatures were (a) 620, (b) 300 and (c) 77 K (from Cullis *et al* 1980c).

### Ideal Pb/Sn Rapid Thermal Anneal Reflow & Bonding Profile



**Figure 3.** Temperature profile inside the RTP bonding chamber; ideal heating profile consists of a 20 second ramp up to 220°C, a 20 second hold at 220°C, and an instant cool down to room temperature. The actual temperature in the chamber takes about 80 seconds to fall below 80 °C.