

T2. Teoría y tecnología de los semiconductores

Teoría y tecnología de los semiconductores

🏠 **OBJETIVOS**

🏠 **CONDUCCIÓN EN SEMICONDUCTORES**

🏠 **FABRICACIÓN EN TECNOLOGÍA MICROELECTRÓNICA**

🏠 **MICROPROCESADORES**

Objetivos

- 🏠 **Entender las características de los materiales semiconductores.**
- 🏠 **Conocer (de forma general) el proceso de fabricación de dispositivos en tecnología microelectrónica.**
- 🏠 **Relación con componentes habituales en ordenadores: microprocesadores, memorias dinámicas, ...**

Conducción en semiconductores

⬆ Resistencia y resistividad: $V = I \cdot R \Rightarrow V = I \cdot \frac{\rho L}{A}$

Material	ρ (Ω m)	Tipus
Ag	$1.6 \cdot 10^{-8}$	Conductor
Cu	$1.7 \cdot 10^{-8}$	
Al	$2.8 \cdot 10^{-8}$	
W	$5.5 \cdot 10^{-8}$	
Fe	10^{-7}	
Pb	$2.2 \cdot 10^{-7}$	
Ge	$0.45 \cdot 10^{-8}$	Semiconductor
Si	640	
S	10^{15}	Aïllant
Fusta	$10^8 - 10^{14}$	
Vidre	$10^{10} - 10^{14}$	

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \cdot T); \alpha > 0$$

$$T \uparrow \rightarrow \rho \uparrow$$

$$T \uparrow \rightarrow \rho \downarrow$$

Conducción en semiconductores

🏠 Materiales semiconductores:

- » Distribución atómica ordenada.

🏠 Materiales tipo N y tipo P:

- » N: Partículas conductoras (mayoritarias) son electrones libres (similar a metales) (carga negativa).

- » P: Partículas conductoras (mayoritarias) son huecos (como si fuesen cargas positivas)

🏠 Muchos dispositivos microelectrónicos se forman por la unión de materiales tipo N y P. (como veremos en otros temas).

Conducción en semiconductores

Corrientes en semiconductores:

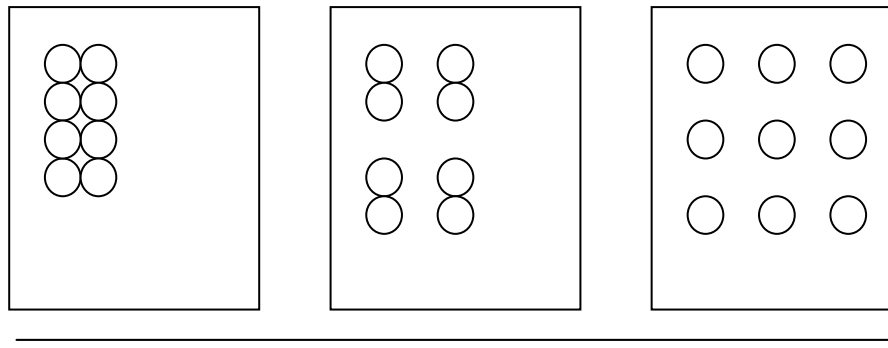
- » Corriente de arrastre: Al aplicar una diferencia de potencial, se induce una corriente. (La que hemos visto hasta ahora).

$$\vec{J}_A = \sigma \cdot \vec{E}$$

$$\sigma_e = e \cdot \mu_e \cdot n; \quad \sigma_n = e \cdot \mu_n \cdot p$$

$$\vec{J}_A = e(\mu_e n + \mu_h p) \cdot \vec{E}$$

- » Corriente de difusión: Las cargas tienden a ocupar todo el espacio.



$$J_{D_p} = -e \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dx}$$

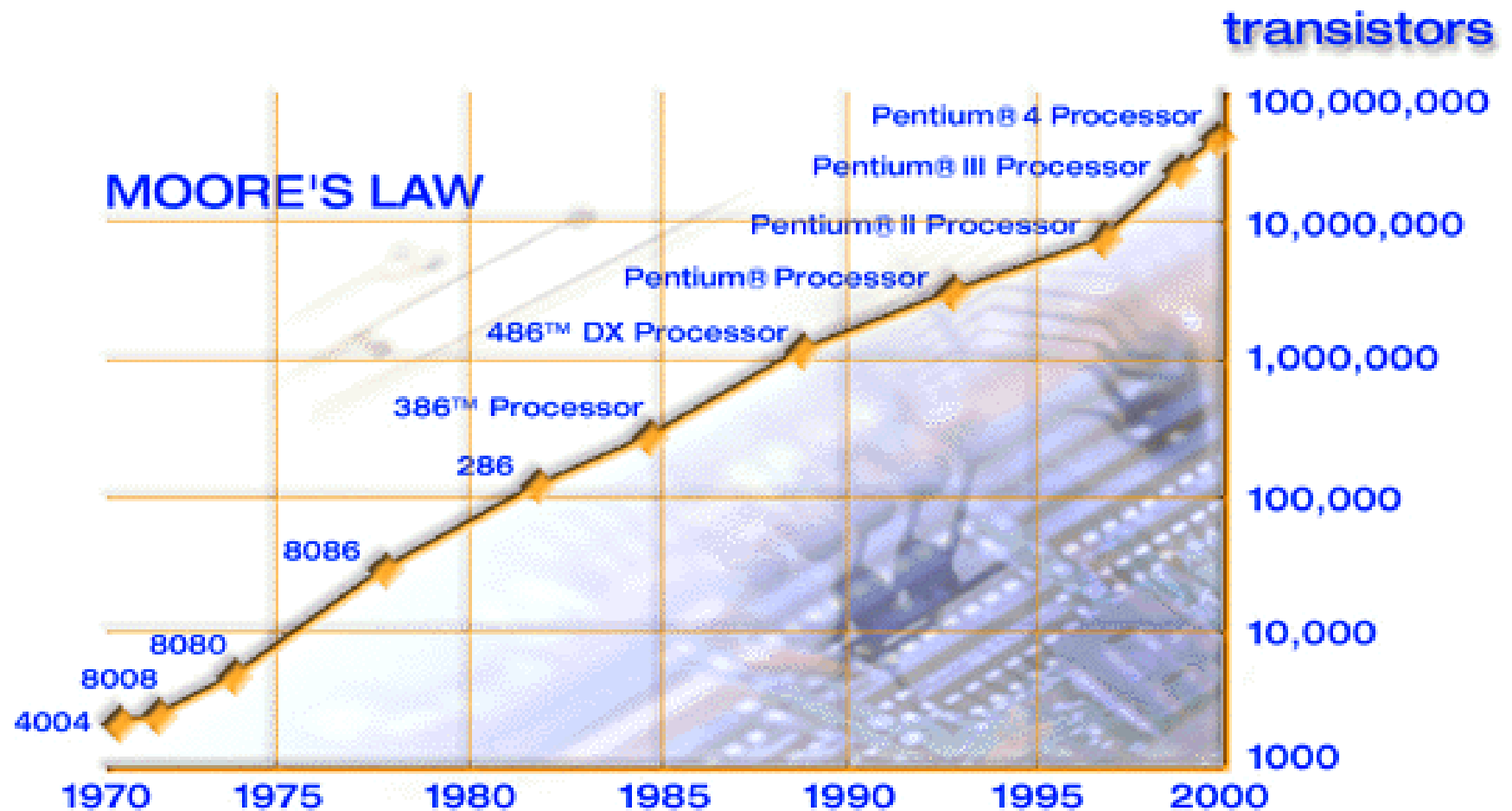
$$J_{D_n} = e \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx}$$

Fabricación en tecnología microelectrónica

- ⌚ **Componente principal: Transistor (control del paso de corriente y amplificación).**
- ⌚ **Permite la realización de múltiples funciones: lógicas, matemáticas, etc.**
- ⌚ **La tecnología microelectrónica consiste en métodos de fabricación de componentes electrónicos.**
 - » **Los avances se basan en la reducción de tamaño. (se mide por el espacio que ocupa un transistor (se denomina por la “longitud de puerta”)). 90nm, 65nm, etc**

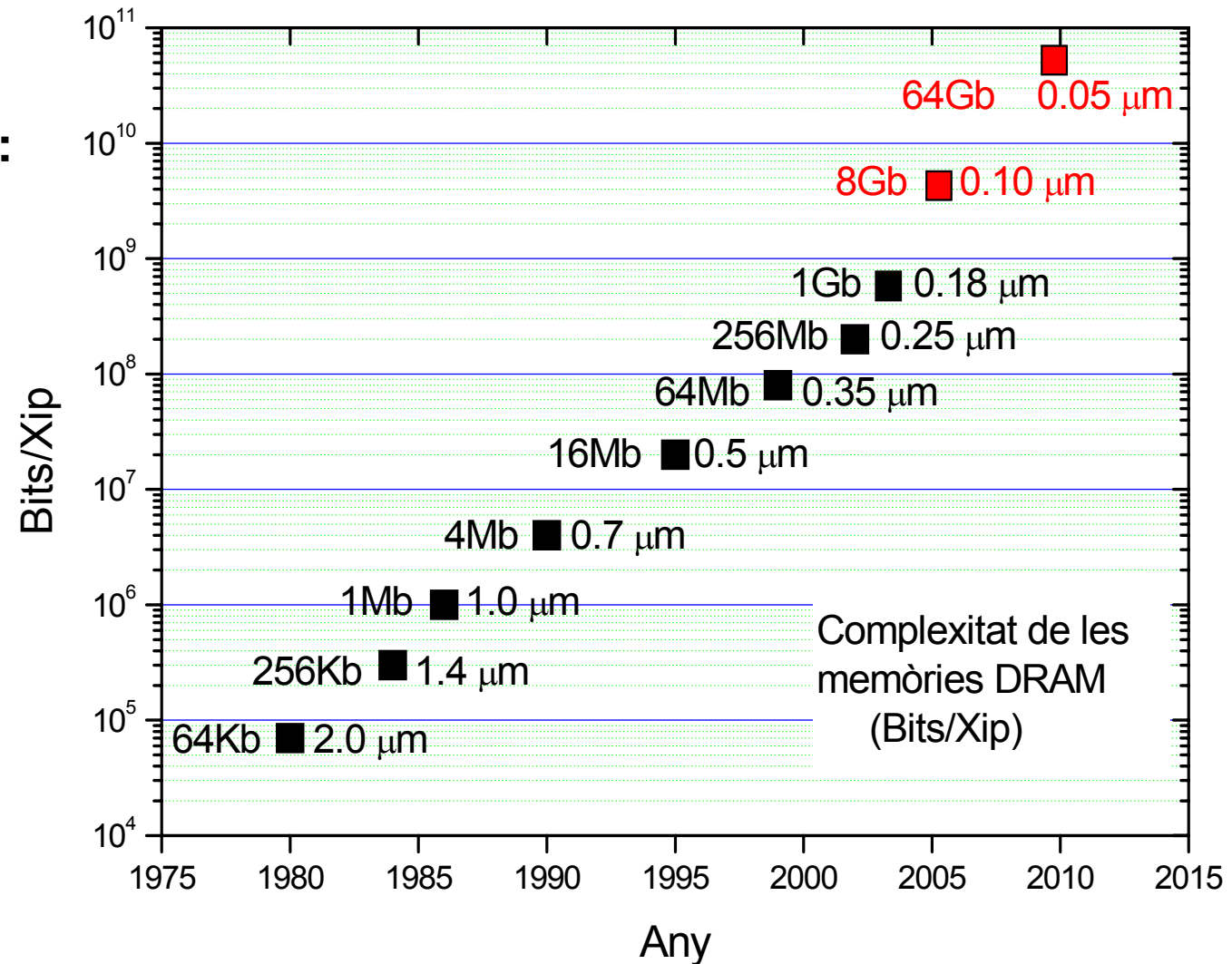
Fabricación en tecnología microelectrónica

📌 Ley de Moore: Cada dos años se duplica el nº de transistores.



Fabricación en tecnología microelectrónica

Memorias dinámicas:

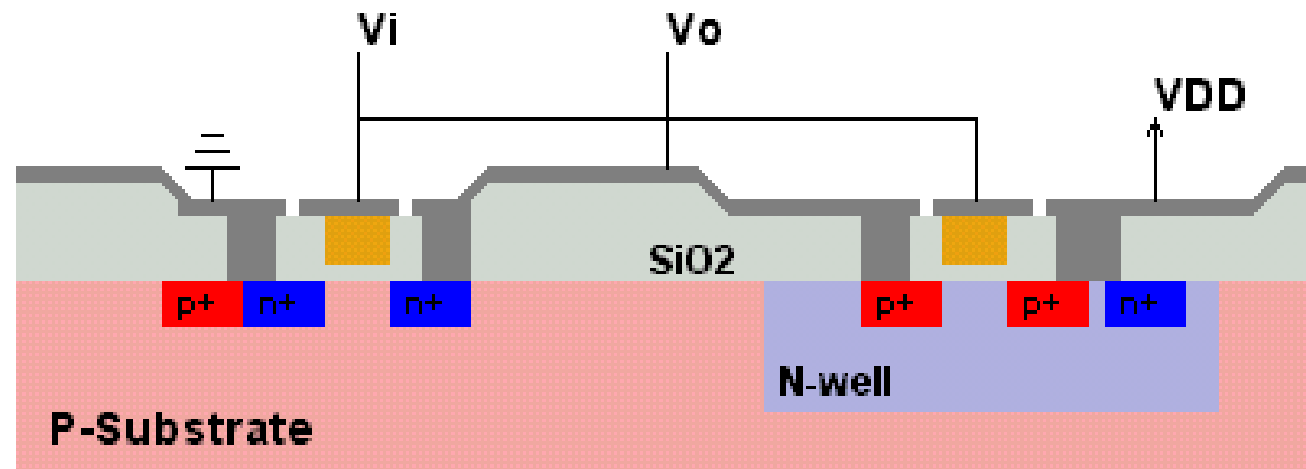


Fabricación en tecnología microelectrónica

¿Cómo se fabrican?:

» Se pueden distinguir dos partes en el proceso de fabricación:

- Modificaciones del substrato semiconductor (Si) para crear zonas N o P que permiten fabricar el transistor.
- Apilamiento de capas de metal y óxido (aislante) alternativamente para la creación de líneas y otros componentes.



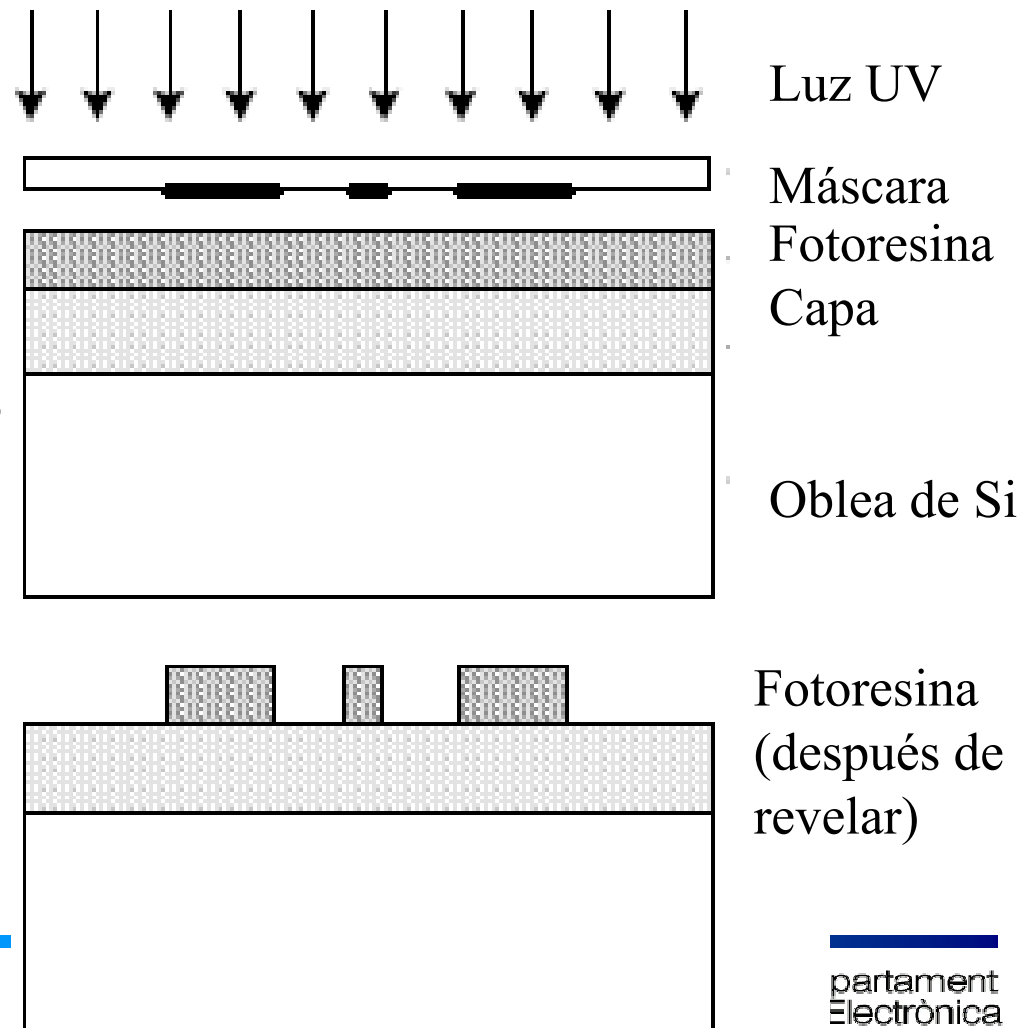
Fabricación en tecnología microelectrónica

🏠 Proceso clave: Fotolitografía.

» Máscara: Contiene el dibujo a “imprimir” (“layout”).

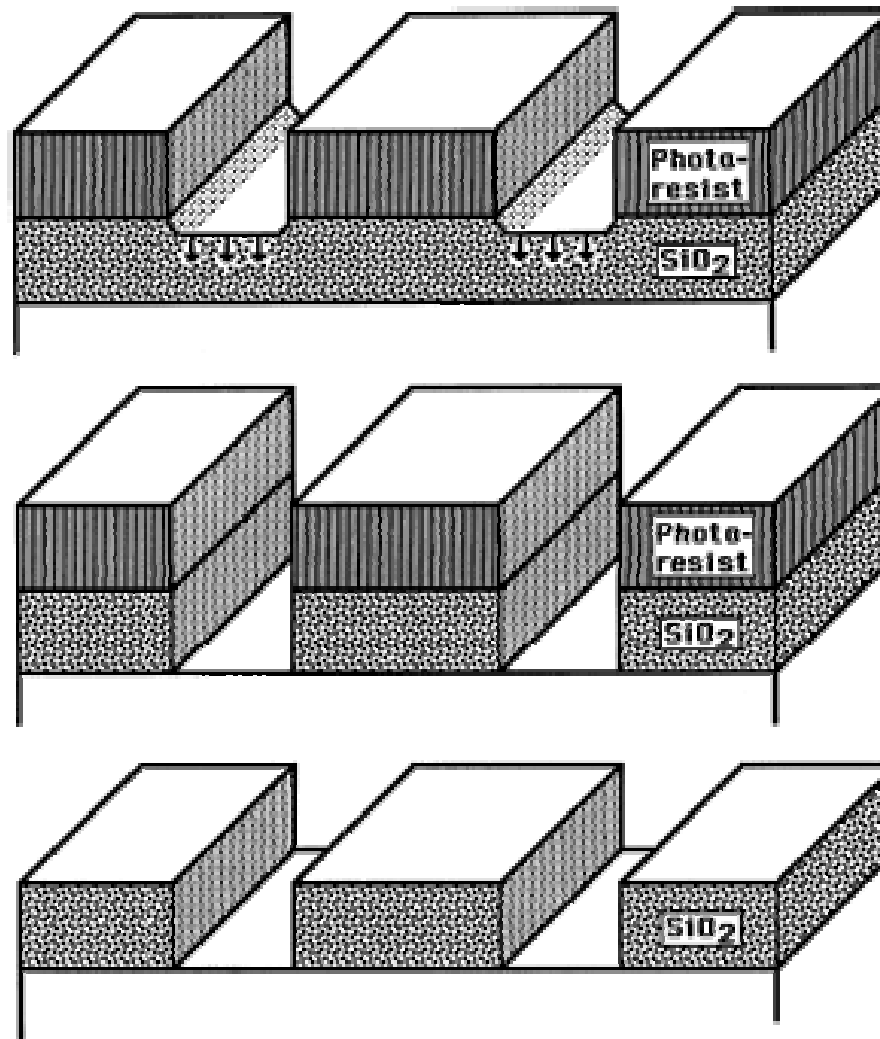
» Resina, al iluminarla cambia propiedades → puede atacarse químicamente sólo la parte expuesta (o la complementaria).

» Una vez “transferida”, puede depositarse o atacar la capa expuesta.



Fabricación en tecnología microelectrónica

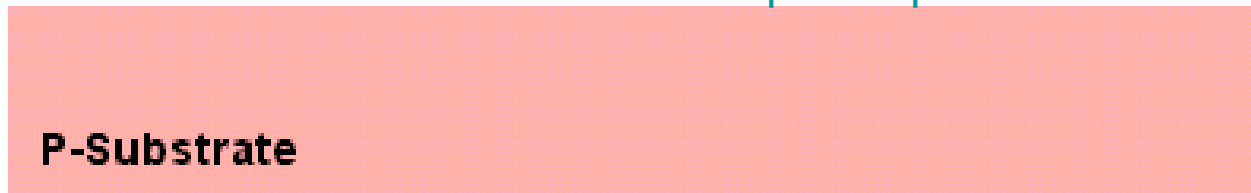
⬆ Proceso de ataque (ideal) de la capa.



Fabricación en tecnología microelectrónica

📌 Proceso típico paso a paso:

Inicio: Oblea de Si dopada tipo P



Oxidación térmica del substrato de Si ↓



Ataque químico del SiO₂ ↓



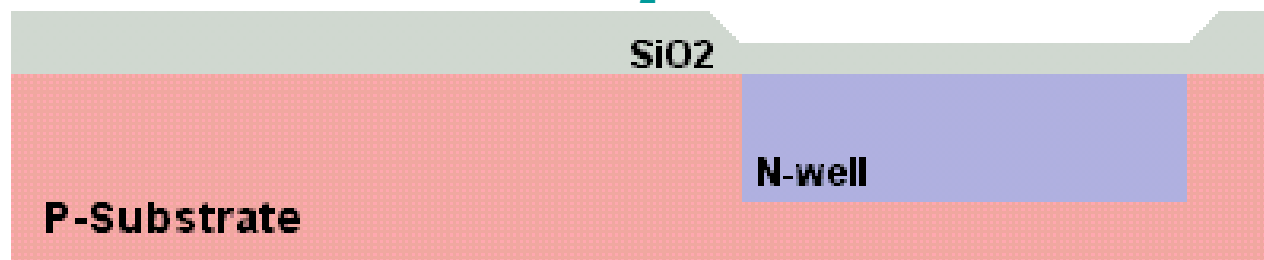
- P-type Silicon
- Silicon Dioxide
- Photoresist
- N-type Silicon
- Aluminum
- Polysilicon
- N+ type silicon
- P+ type silicon

Fabricación en tecnología microelectrónica

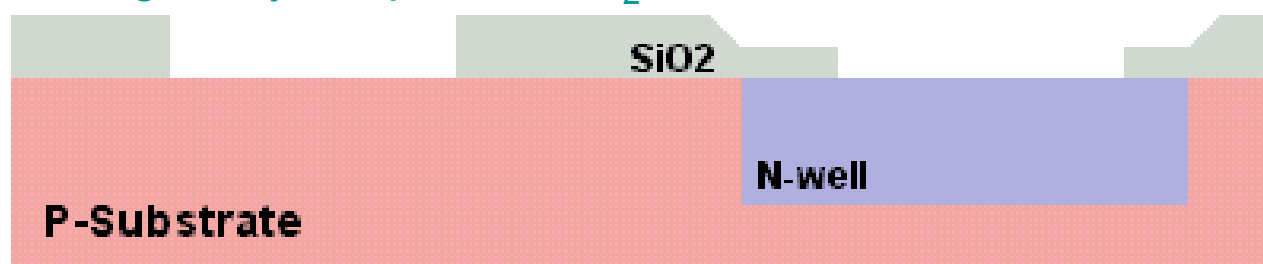
Proceso típico paso a paso: (cont.) Implantación iónica: Pozo-N



Crecimiento de óxido de Si (SiO_2) ↓



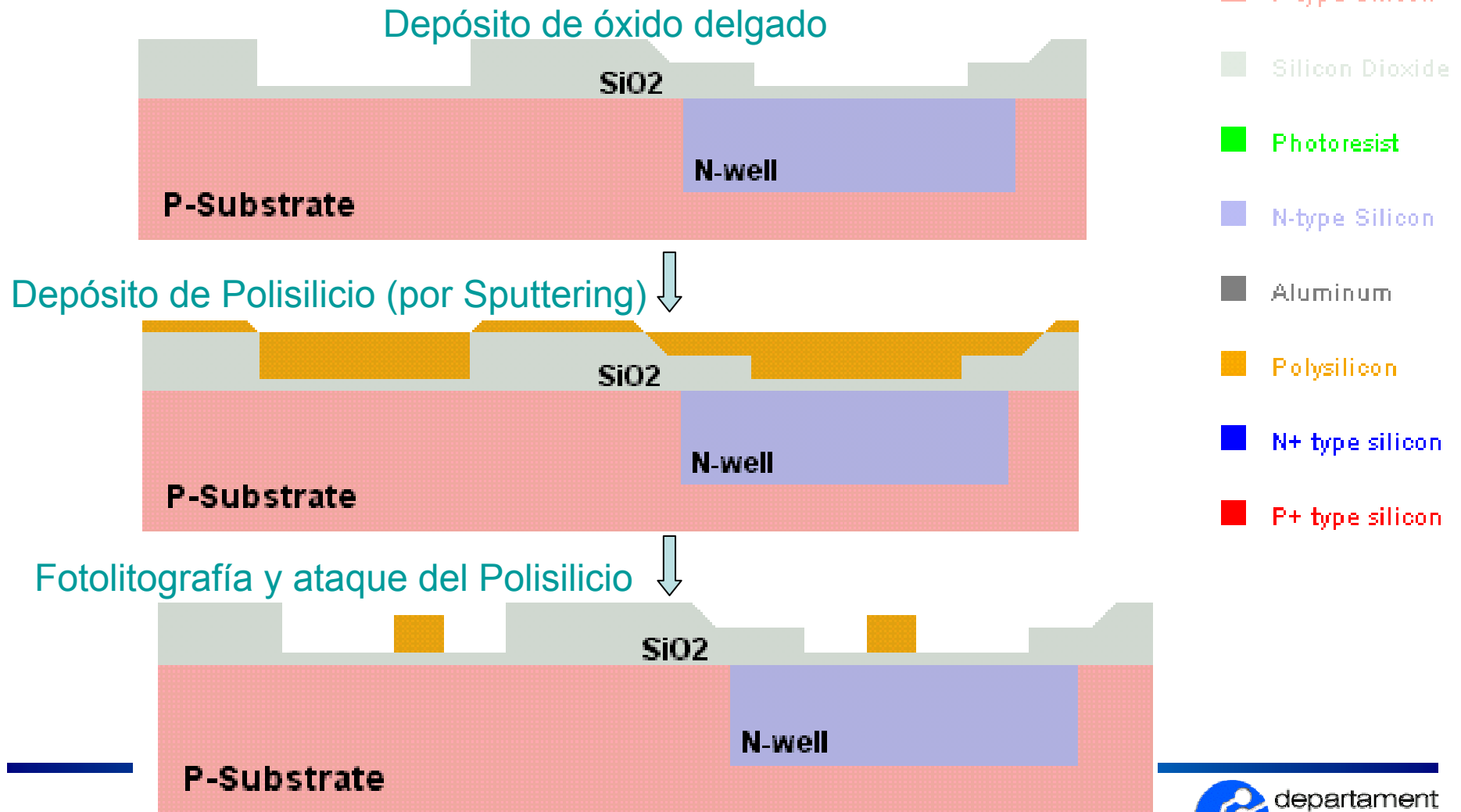
Fotolitografía y ataque del SiO_2 ↓



- P-type Silicon
- Silicon Dioxide
- Photoresist
- N-type Silicon
- Aluminum
- Polysilicon
- N+ type silicon
- P+ type silicon

Fabricación en tecnología microelectrónica

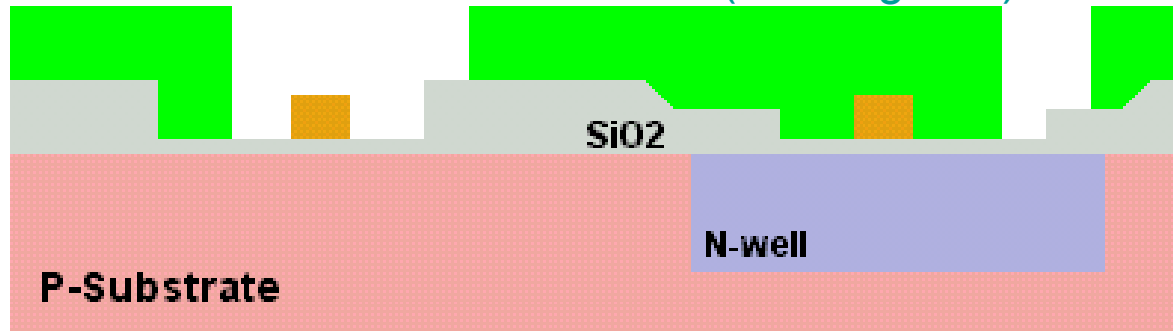
Proceso típico paso a paso: (cont.)



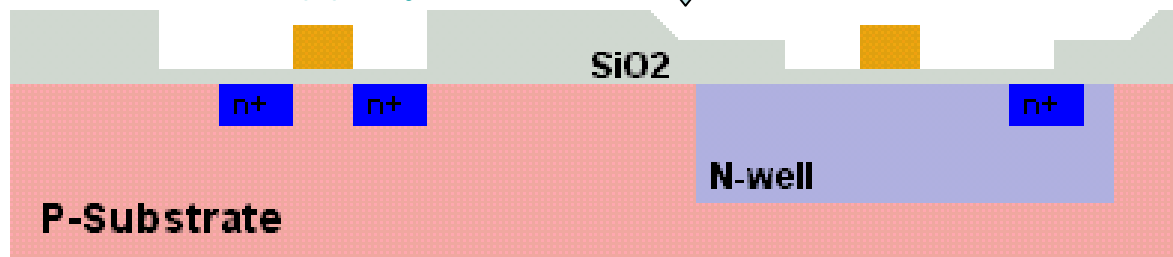
Fabricación en tecnología microelectrónica

Proceso típico paso a paso: (cont.)

Definición de fotoresina (fotolitografía)



Implantación iónica de As (n): S y D del NMOS

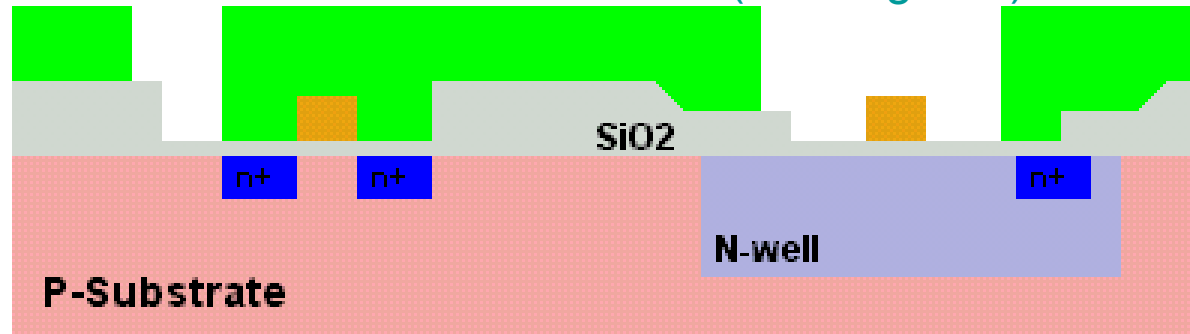


- P-type Silicon
- Silicon Dioxide
- Photoresist
- N-type Silicon
- Aluminum
- Polysilicon
- N+ type silicon
- P+ type silicon

Fabricación en tecnología microelectrónica

Proceso típico paso a paso: (cont.)

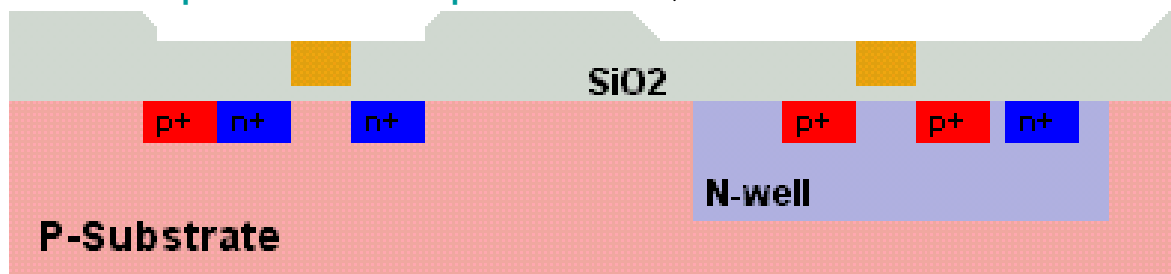
Definición de fotoresina (fotolitografía)



Implantación iónica de B (p): S y D del PMOS



Depósito óxido protector

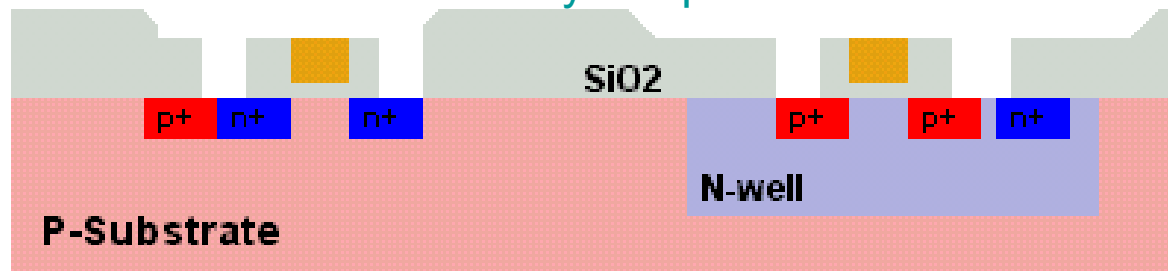


- P-type Silicon
- Silicon Dioxide
- Photoresist
- N-type Silicon
- Aluminum
- Polysilicon
- N+ type silicon
- P+ type silicon

Fabricación en tecnología microelectrónica

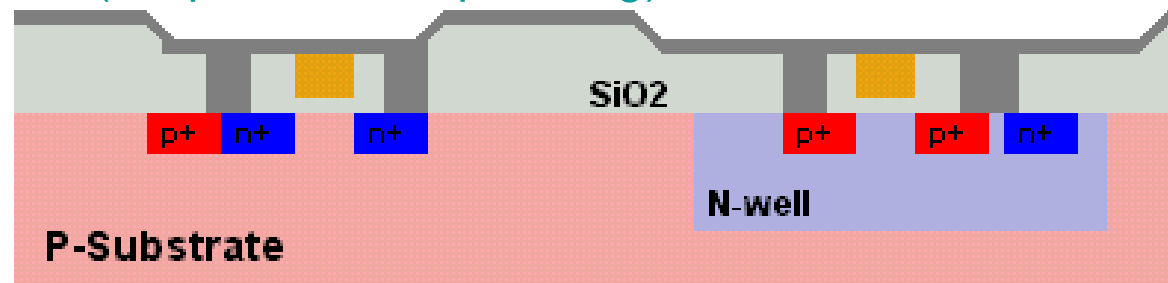
Proceso típico paso a paso: (cont.)

Fotorecina y ataque del óxido

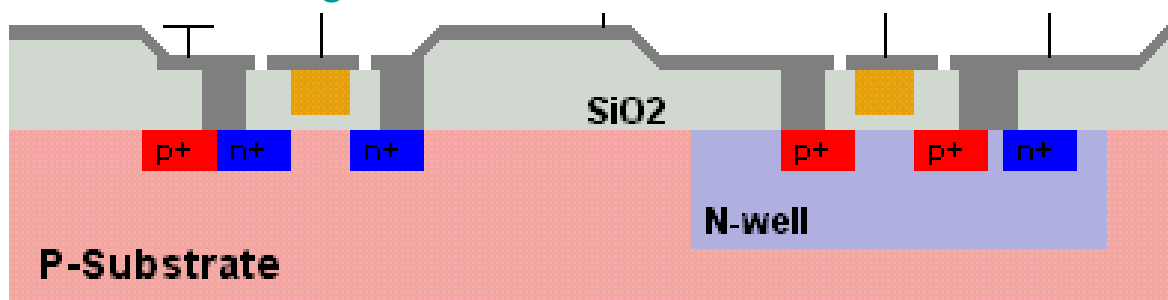


- P-type Silicon
- Silicon Dioxide
- Photoresist
- N-type Silicon
- Aluminum
- Polysilicon
- N+ type silicon
- P+ type silicon

Metalización (evaporadora o sputtering)



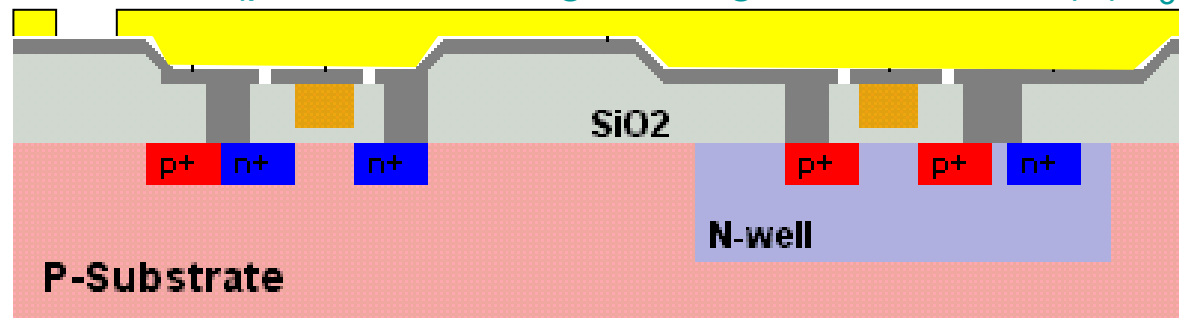
Fotolitografía del metal



Fabricación en tecnología microelectrónica

Proceso típico paso a paso: (cont.)

Pasivación (protección a algunos agentes externos) (Si_3N_4)



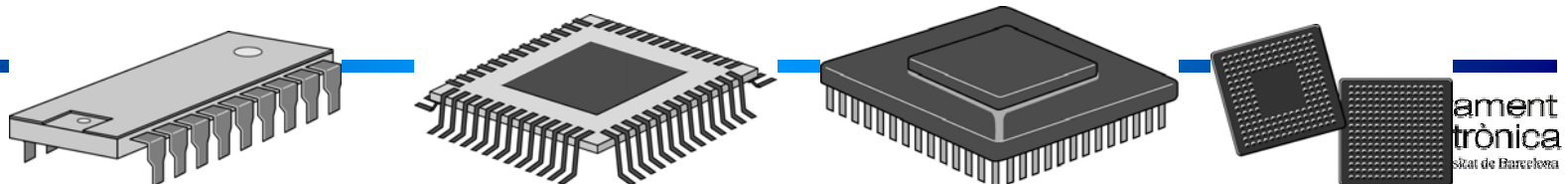
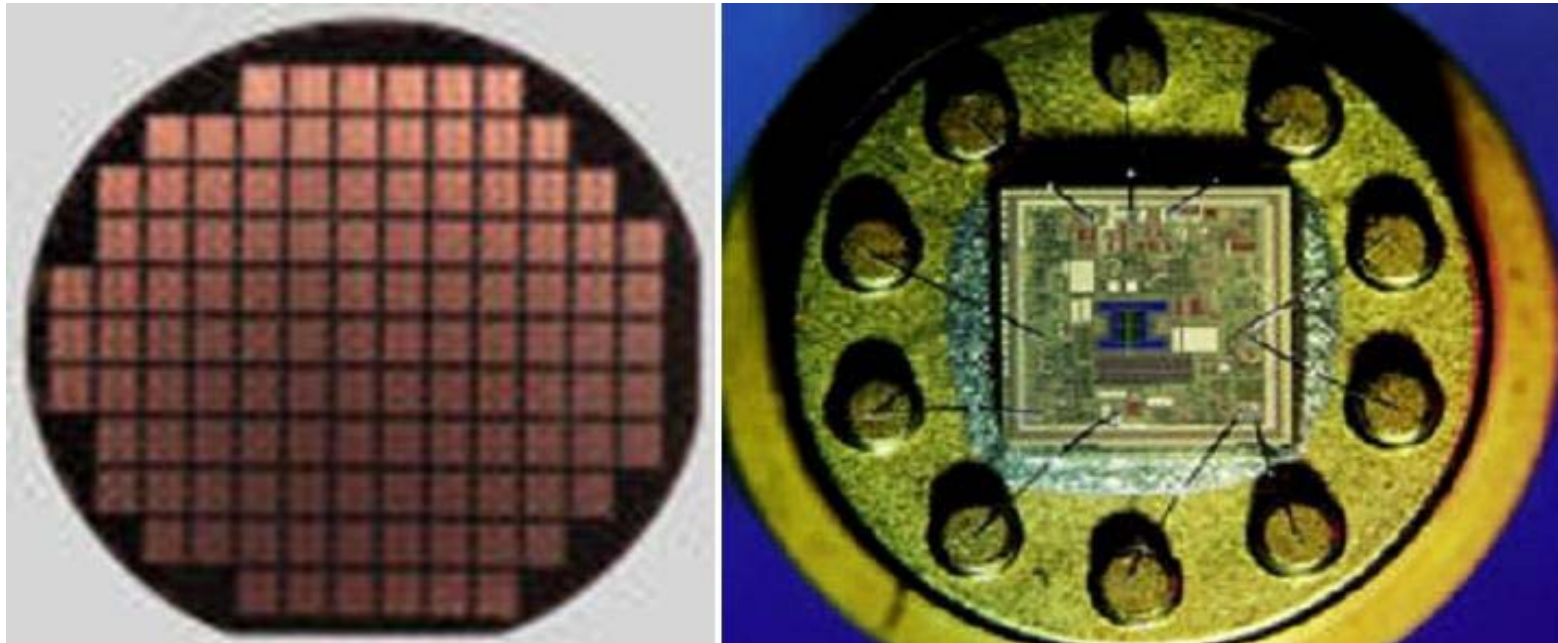
- P-type Silicon
- Silicon Dioxide
- Photoresist
- N-type Silicon
- Aluminum
- Polysilicon
- N+ type silicon
- P+ type silicon

Fabricación en tecnología microelectrónica

🏠 Encapsulado: (Soporte chip + wirebonding)

» Objetivos:

- Extraer señales eléctricas.
- Protección: mecánica y agentes externos.



Fabricación en tecnología microelectrónica

Microprocesadores:

» Ejemplo: 4004 (primer microprocesador Intel (1971))

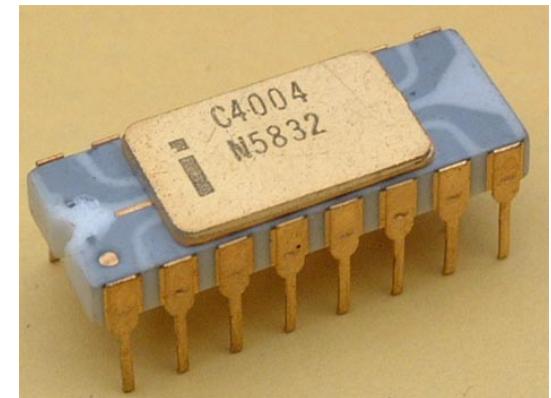
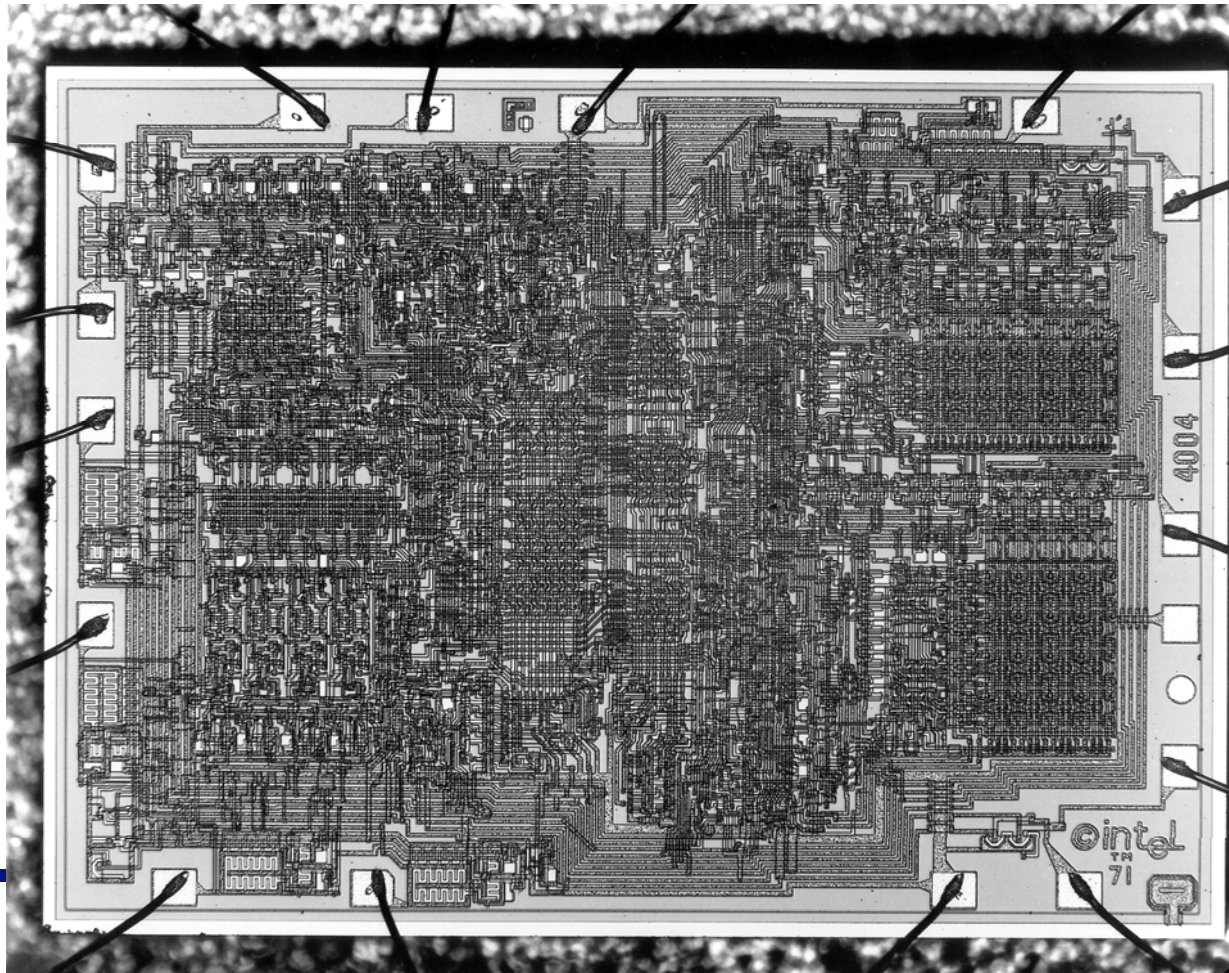


Image courtesy of www.CPU-Zone.com