

# SENSORES DE PRESION

## Referencias bibliográficas

Transducers for Biomedical Measurements: Principles and Applications,  
R.S.C. Cobbold, Ed. John Wiley & Sons

Biomedical Sensors and Instruments, T. Togawa, T. Tamura, P. Ake Oberg,  
Ed CRC Press

# MEDIDAS DE PRESION

## Magnitud

Fuerza ejercida por unidad de area (Pascal or  $N/m^2$ )

Presión fisiológico normalmente medida en mmHg o  $cmH_2O$

$$1 \text{ mmHg} = 133.322 \text{ Pa}$$

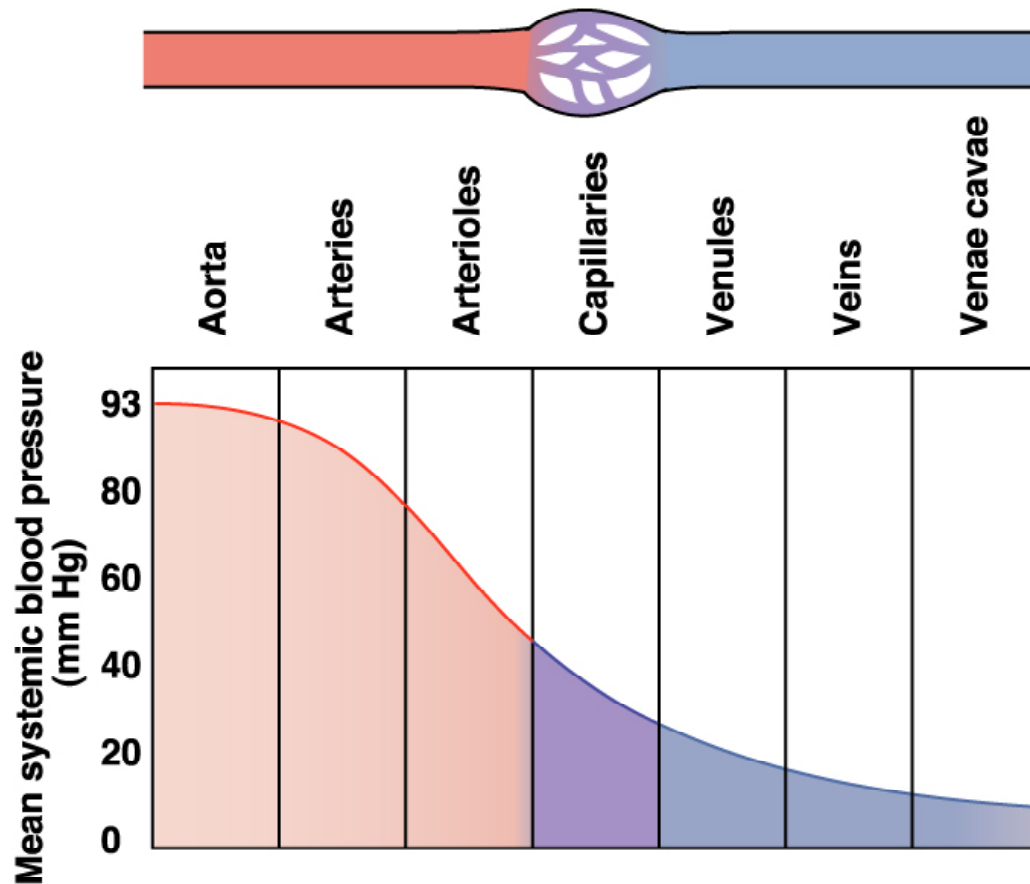
$$1 \text{ cmH}_2\text{O} = 98.06665 \text{ Pa}$$

## Aplicaciones

- P. sanguínea en el sistema cardiovascular (arterial, pulmonar venosa)
- P. intracraneal ( $<8$  mmHg) (tumores de cerebro, edemas, hemorragias)
- P. intraocular (10-20 mmHg) (glaucoma)
- P. intrauterina (contracciones uterinas 40-80 mmHg)
- P. intragástrica e intrainestinal ( $<30$  mmHg) (movimientos peristálticos)
- P. urinaria (en la vejiga)(50-100  $cmH_2O$ )

# MEDIDAS DE PRESION SANGUÍNEA

Valor de la Presión sistémica vs. vasos por los que circula la sangre

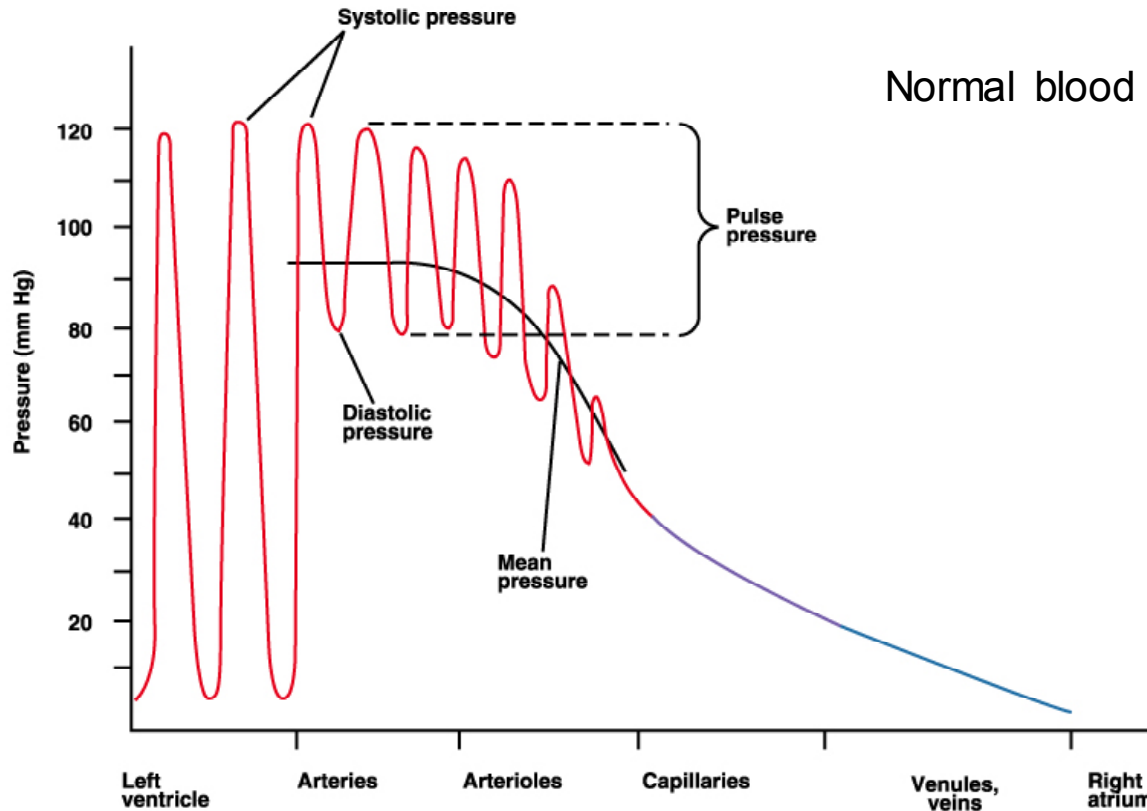


# MEDIDAS DE PRESION

La presión en los vasos no es constante. Refleja la presión generada en el corazón.

Sistólica = ventriculo contraído

Diastólica = ventrículo llenandose



Normal blood pressure = 120/80

# MEDIDAS INDIRECTAS DE LA PRESIÓN

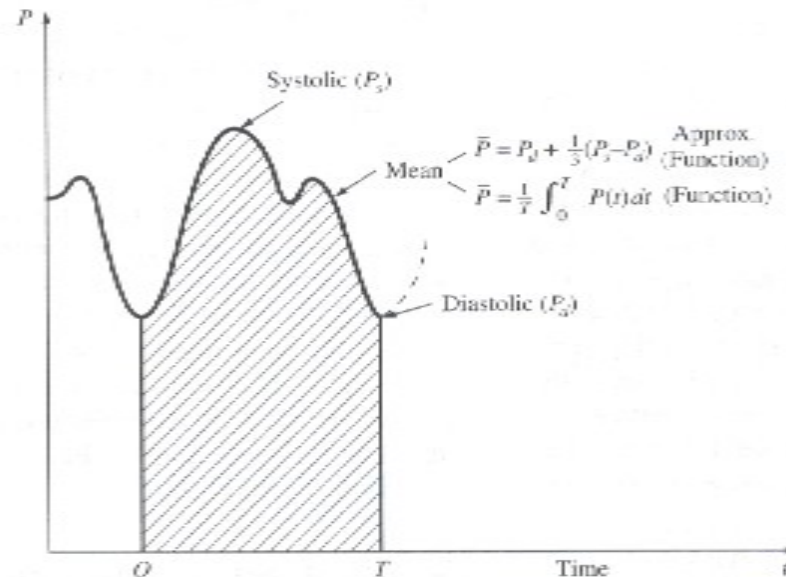
Son medidas no invasivas pero no proporcionan un registro continuo de las variaciones de presión y que su rapidez de repetición práctica está limitada.

Los parámetros medidos por éstos métodos incluyen:

- La presión sistólica (SP), que es el mayor valor de presión ocurrido cuando el corazón se contrae y eyecta sangre a las arterias,
- La presión diastólica (DP) que representa el valor menor ocurrido entre eyecciones del corazón.

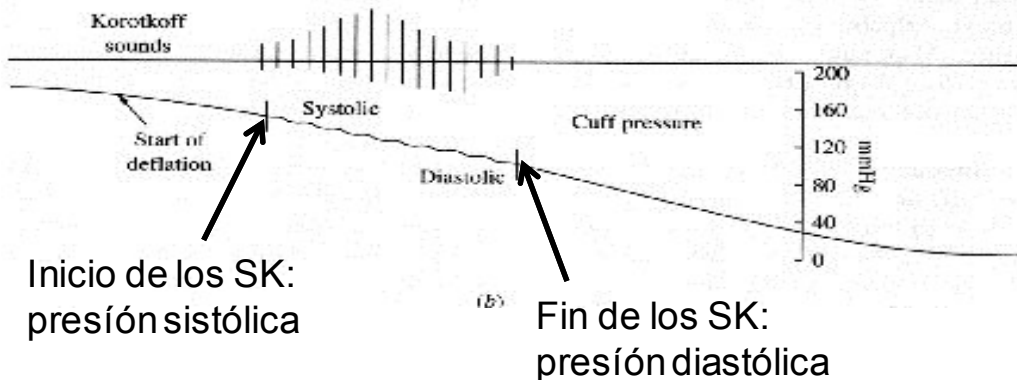
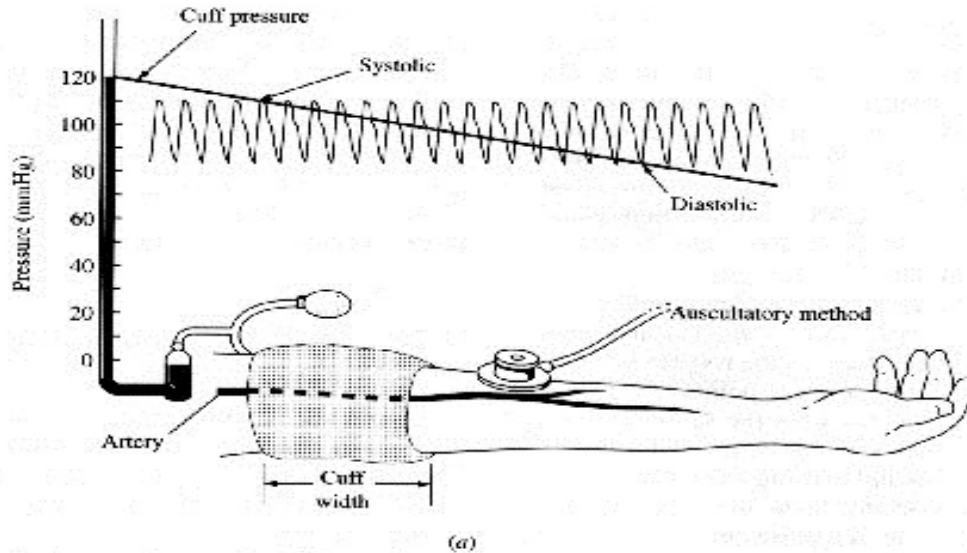
El período desde el fin de una contracción cardíaca hasta el el fin de la próxima se denomina ciclo cardíaco.

La presión media (MP) se calcula como la integral de la curva de presión en un ciclo completo.



# MEDIDAS INDIRECTAS DE LA PRESIÓN

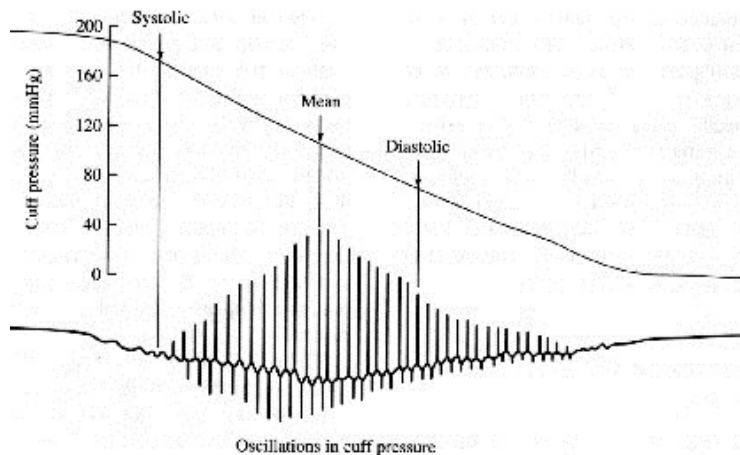
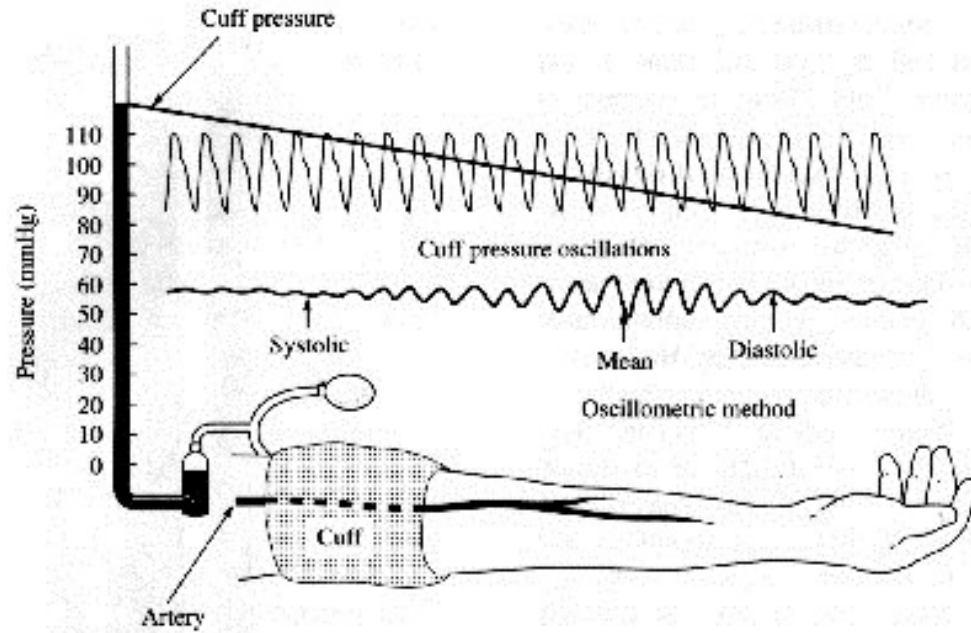
## MÉTODO AUSCULTATORIO



- Esfigmomanómetro: brazalete inflable a presión y manómetro de mercurio para medir la presión en el brazalete.
- Estetoscopio: transformador de impedancias acústicas.
- La sangre arterial fluye cuando la presión arterial es superior a la presión en el brazalete
- Cuando la presión en el brazalete ocluye sólo parcialmente la arteria braquial, se crea una turbulencia en la sangre al tener que atravesar la pequeña abertura arterial en cada sístole. Los sonidos producidos por esta turbulencia, llamados **sonidos de Korotkoff**, se pueden oír con un estetoscopio colocado sobre la arteria aguas abajo del brazalete.

# MEDIDAS INDIRECTAS DE LA PRESIÓN

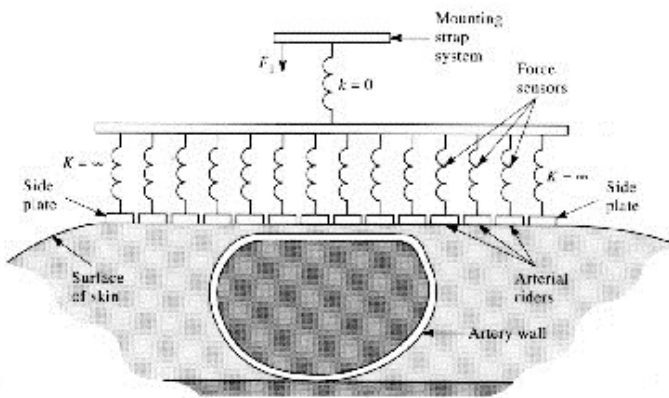
## MÉTODO OSCILOMÉTRICO



- La obstrucción parcial de la arteria por el brazalete genera también variaciones sobre la misma onda de presión.
- Método consistente en la detección de las oscilaciones sobre la onda de presión por medio del filtrado.
- Esas oscilaciones son máximas en la presión arterial media.
- Se convino y así está normalizado, que la presión sistólica es igual a la presión del manguito entre las dos oscilaciones sucesivas de mayor diferencia de amplitud (**derivada positiva máxima**) antes de la presión media y la diastólica es igual a la presión del manguito entre las dos oscilaciones sucesivas de mayor diferencia de amplitud (**derivada negativa máxima**) después de la presión media.

# MEDIDAS INDIRECTAS DE LA PRESIÓN

## TONOMETRÍA



Cuando sobre una arteria o un objeto lleno con un fluido con presión positiva en el interior se aplica una presión tal que la arteria presenta una superficie plana, la fuerza aplicada sobre el plano de contacto es igual a la presión interna.

Si aplicamos un servomecanismo que constantemente mantenga la superficie plana, el mismo tendrá que ejecutar una acción cuyas variaciones representarán las variaciones de presión interiores de la arteria.

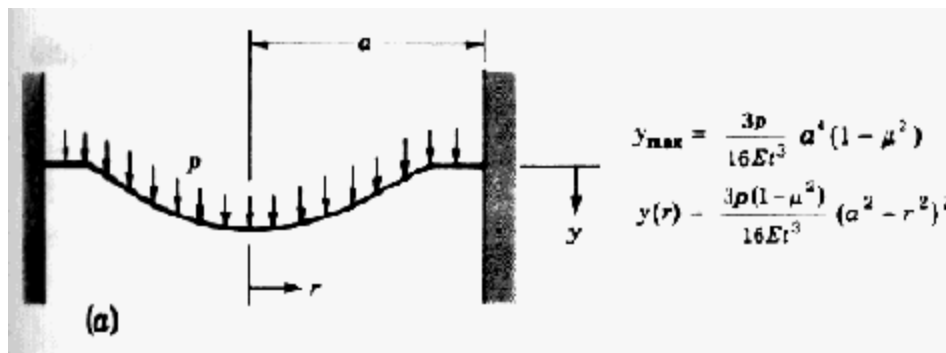


# MEDIDAS DIRECTAS DE LA PRESIÓN

Medida de la presión directamente dentro de la cavidad del cuerpo, mediante un CATETER conectado a un sensor de presión.

Según el principio de Pascal, el cambio de presión en el extremo del cateter dentro del cuerpo puede transmitirse al sensor de presión al que está conectado.

La mayoría de los dispositivos tienen un diafragma elástico y se detecta su desplazamiento o tensión (strain) mediante un sensor piezorresistivo, capacitivo o fibra óptica.



P: presión

a: radio del diafragma

t: espesor del diafragma

$\mu$ : coef. Poisson

E: módulo de Young

# SENSORES DE PRESIÓN INTEGRADOS

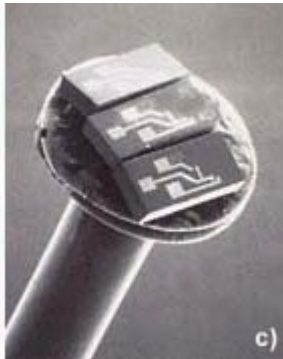
## SENSORES PIEZORRESISTIVOS EN MEMS (Micro-ElectroMechanical Systems)

Efecto piezorresistivo: variación de la resistencia eléctrica con la deformación mecánica

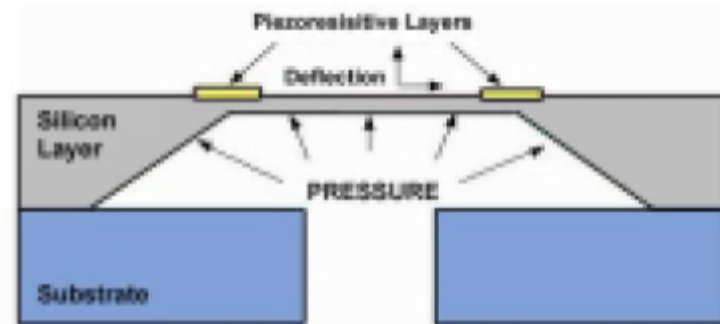
$$R = R_0 \left( 1 + G \frac{dL}{L} \right)$$

### Especificaciones:

- Resistencia nominal  $R_0$  ( $\sim 100 \Omega$  metálicas,  $K\Omega$  semiconductores)
- Factor de la galga  $G$
- Deformación máxima ( $\sim 10^4 \mu\epsilon$  metales,  $10^3 \mu\epsilon$  en semiconductores)  
(la deformación relacionada con la presión)



Sensor de presión en un cateter de monitorización cardiaca



Esquema del diafragma para medida de presión

# TECNOLOGÍA MEMS

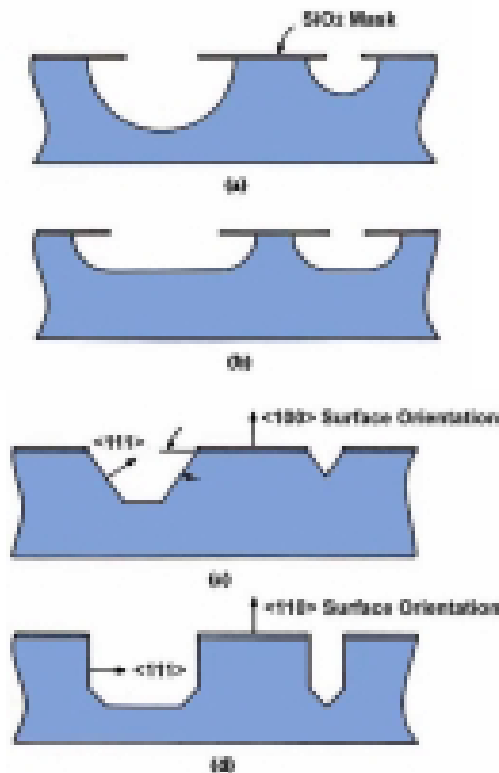
**MEMS**: (Micro-ElectroMechanical Systems) es una tecnología de procesamiento usada para crear dispositivos o sistemas diminutos que combinan componentes eléctricos y mecánicos.

- Los componentes micromecánicos se fabrican con técnicas de manipulación del silicio para la fabricación de circuitos integrados y otros sustratos usando procesos de micromecanizado para eliminar selectivamente partes del silicio o añadir capas estructurales adicionales para formar componentes mecánicos y electromecánicos.
- Esta tecnología aprovecha las propiedades mecánicas del silicio o ambas (eléctricas y mecánicas).
- Se pueden producir en grandes volúmenes comerciales.

# MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE MEMS

**MICROMECHANIZADO EN VOLUMEN**: Es un proceso sustractivo que eliminar parte del volumen del sustrato mediante grabado húmedo o seco, para crear pozos, ranuras y canales.

- **Grabado húmedo** (wet etching): el material se elimina mediante su inmersión en un baño líquido del agente químico grabador.



- **Grabadores isotrópicos:** graban el material expuesto a la misma velocidad en todas las direcciones.

- Agente más común: HNA (mezcla de ácido fluorhídrico, nítrico y acético)
- Hay efecto de «undercutting» debido al grabado bajo la máscara.
- Dan lugar a formas redondeadas.
- Pueden parar por efectos limitantes de difusión.

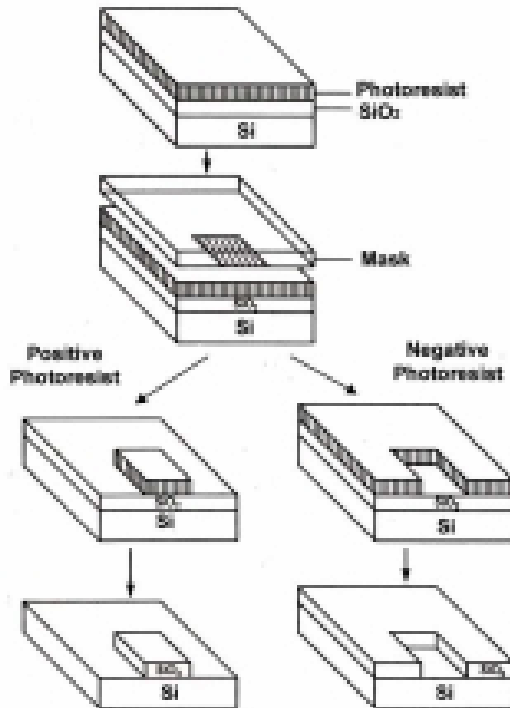
- **Grabadores anitrópicos:** graban más rápido en una dirección preferencial.

- Agente más común: hidróxido potásico (KOH).
- La dirección perpendicular a los planos (111) son de grabación muy lenta. Y la dirección perpendicular al plano (110) suele ser más rápida que la perpendicular al plano (100).
- Las formas dependen de la orientación cristalográfica del sustrato (formas limitadas por planos perpendiculares a (111)).
- El nivel de dopado (generalmente con niveles altos de B) puede detener el grabado con KOH

# MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE MEMS

**FOTOLITOGRAFÍA:** Técnica para transferir copias de un estampado (pattern) maestro a la superficie de un material (ej. Oblea de silicio).

- En la fabricación de un IC, se define el dopado de la oblea con impurezas para alterar la conductividad local (definir uniones p-n).
- En MEMS se definen geometrías añadiendo o quitando capas de material.



Se deposita una capa delgada generalmente de SiO<sub>2</sub> sobre la que se hacen los huecos y una capa de polímero orgánico sensible a la radiación ultravioleta (fotoresina)

La fotomáscara consiste en una placa de vidrio transparente cubierta con el pattern opaco. La oblea se expone a la radiación ultravioleta y transfiere el pattern a la máscara de fotoresina.

La radiación causa una reacción química en las áreas expuestas de la fotoresina de 2 tipos. La radiación UV endurece las fotoresinas positivas mientras que debilita las negativas. Al revelar la fotoresina, la solución elimina bien las áreas expuestas o las áreas no expuestas dejando el pattern en la fotoresina sobre el óxido.

Un agente químico, generalmente ClH, se usa para eliminar el óxido no cubierto por la fotoresina. El resto de la fotoresina se elimina con ácido sulfúrico caliente, que elimina la fotoresina pero no ataca el óxido.

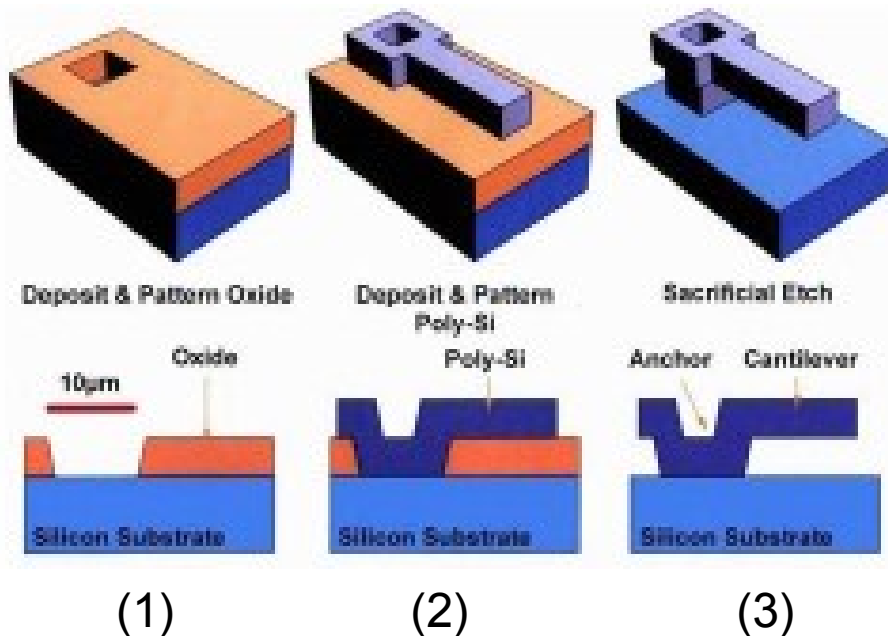
El óxido resulta ser una copia positiva o negativa de la fotomáscara que sirve como máscara para otros pasos del proceso.

# MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE MEMS

**MICROMECHANIZADO EN SUPERFICIE:** Es un proceso aditivo en el que se añadan capas de material sobre la superficie del sustrato (típicamente una oblea de silicio).

Generalmente hay dos tipos de capas o materiales:

- Materiales estructurales de los que se hacen las estructuras suspendidas. Generalmente polisilicio, nitrurio de silicio o aluminio.
- Materiales sacrificables que actúan como espaciadores de las capas estructurales y que se eliminan tras el depósito de las mismas. Generalmente un óxido.



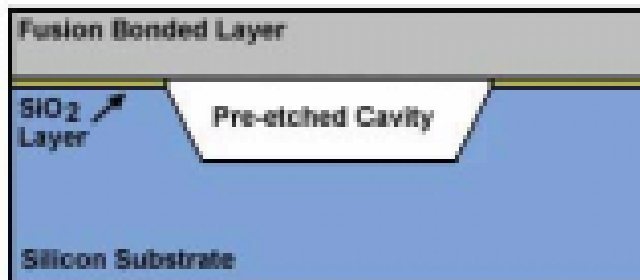
- 1) Se deposita una capa sacrificable de óxido sobre la superficie del sustrato de silicio y se marcan los motivos geométricos con fotolitografía.
- 2) Se deposita la capa de polisilicio y se le da forma usando un proceso RIE para formar una estructura (voladizo y anclaje).
- 3) La oblea es introducida en un baño de grabado húmedo para eliminar el óxido sacrificable y liberar el voladizo del sustrato.

# MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE MEMS

**UNIÓN DE OBLEAS**: Permite estructuras complejas al unir una microestructura de silicio u otro sustrato a otra superficie de material similar o diferente.

Existen diferentes tecnologías que proporcionan diferente fuerza de unión y se realizan a diferente temperatura.

Technology	Bonding temperature	Adhesion with
Polymer	Low (130-350°C)	Resist, polyimides, etc.
Fusion	Wide range (100-600°C)	Glass frits, silicates, phosphate etc.
Anodic	Medium (400-800°C)	Soda glasses
Reaction	Medium (>300°C)	Directly to silicon



Se forma una cavidad hermética al unir la estructura de silicio con una capa superior