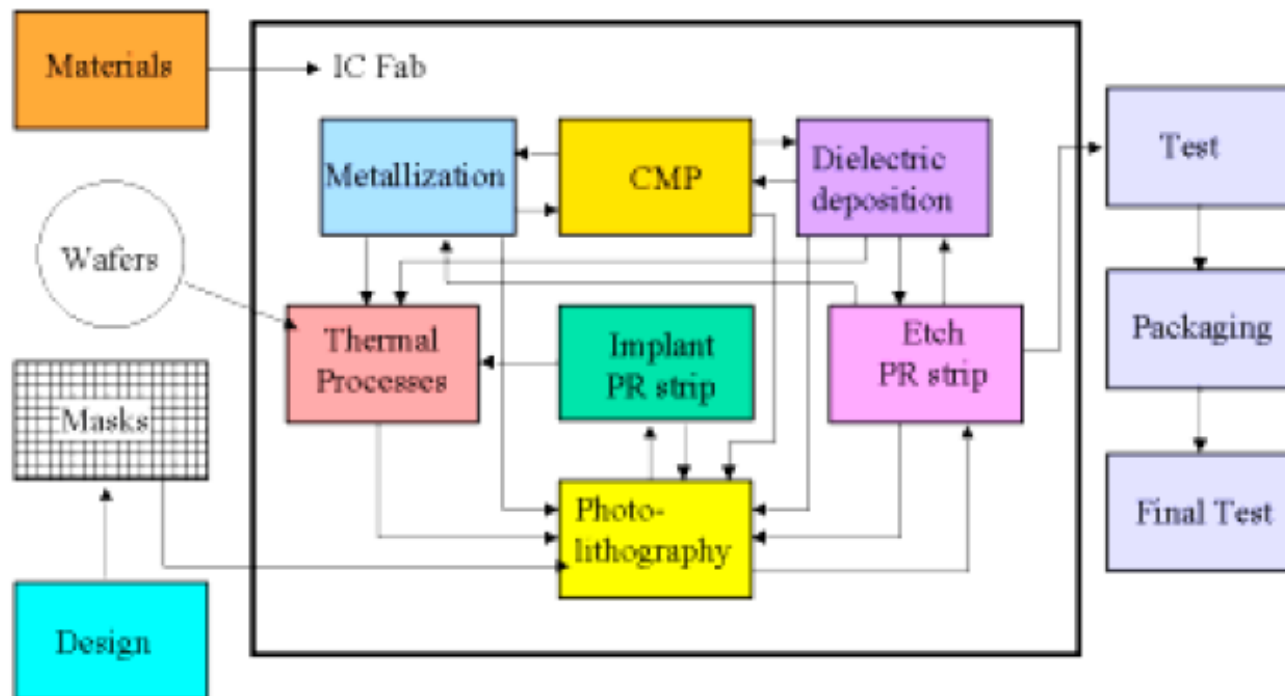


## 1.2. LITOGRAFÍA



### Ejemplito: fabricación de un MOSFET



1. Una capa aislante de Óxido de Silicio (azul) se crece en un horno teniendo como base una oblea dopada positivamente.



2. Se deposita una capa de Fotorresina (rojo), sensible a la luz ultravioleta (UV).



3. La luz ilumina a través de una máscara de vidrio con el dibujo impreso en Cromo (negro). Esto cambia las propiedades de la Fotorresina expuesta.



4. Un disolvente químico se lleva la Fotorresina expuesta, dejando una capa de ésta dibujada sobre el Óxido de Silicio.



5. La capa de Óxido de Silicio es atacada por un plasma de gas, en las zonas no protegidas por la Fotorresina, dejando sólo una fina capa aislante.



6. Un disolvente químico se lleva la Fotorresina, dejando una capa no uniforme de Óxido.



7. Una capa de Posilicio (verde), se deposita en la oblea. Formará la puerta del transistor para transmitir corriente.



8. Una nueva capa de Fotorresina es depositada sobre la superficie de Polisilicio.



9. La Fotorresina es expuesta a la luz UV utilizando una nueva máscara.



10. Un disolvente químico se lleva la Fotorresina expuesta, dejando una capa de ésta dibujada sobre el Polisilicio.



11. El Polisilicio y una fina capa de Óxido de Silicio son eliminadas mediante ataque por Plasma, dejando expuesta la superficie del Silicio.



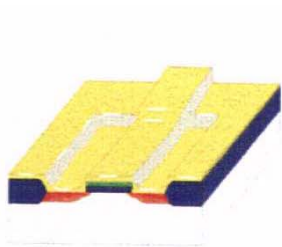
12. Un disolvente químico se lleva la Fotorresina, dejando la estructura de la Puerta de Polisilicio (verde).



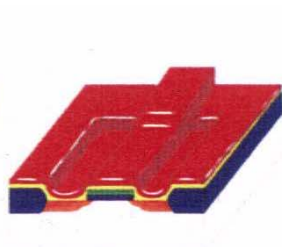
13. Se implantan átomos de Fósforo en el sustrato previamente dopado P formando la Fuente y el Drenador como Pozos de carga negativa (naranja).

Có  
Tn

## Ejemplito: fabricación de un MOSFET



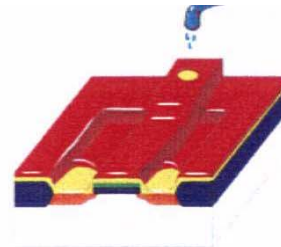
**14.** Se deposita una nueva capa de Óxido. Esta capa aislará la estructura del transistor, excepto para los contactos de metal que se harán después.



**15.** Se deposita una capa de Fotorresina en la oblea para preparar los contactos a la Puerta, Fuente y Drenador del transistor.



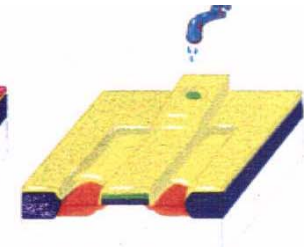
**16.** La luz que pasa a través de la máscara expone las zonas donde se van a abrir los contactos.



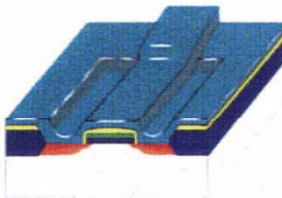
**17.** Un disolvente químico se lleva la Fotorresina expuesta abriendo accesos a tres áreas del Óxido de Silicio.



**18.** Mediante ataque seco se elimina el Óxido en las zonas abiertas por la Fotorresina.



**19.** Un disolvente químico elimina la Fotorresina. La fuente y el drenador dopados negativamente (naranja) y la puerta de polisilicio (verde) quedan abiertos para los contactos de metal.



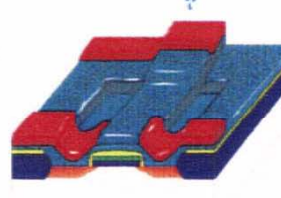
**20.** Se deposita Aluminio (azul) sobre la superficie colándose también en las ventanas. Esto servirá para las conexiones eléctricas.



**21.** Una cuarta capa de Fotorresina se deposita sobre la oblea.



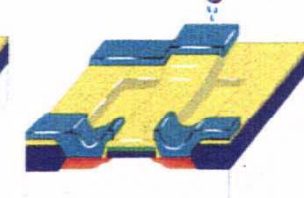
**22.** Con una nueva máscara se definen las Líneas de Metal.



**23.** Un disolvente químico se lleva la Fotorresina expuesta.



**24.** El Aluminio no protegido por la Fotorresina es atacado dejando las Líneas de Metal que conducirán la corriente hacia y desde el transistor.

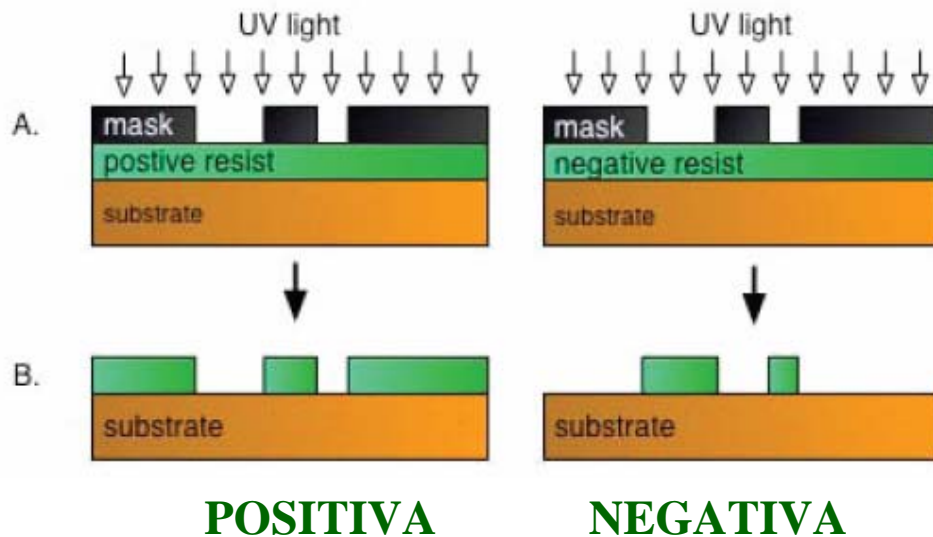


**25.** Se elimina la Fotorresina con un disolvente químico completando el proceso.

## 1.2. LITOGRAFÍA

- Polímeros para litografía óptica y de haz de electrones.
- Litografía Óptica.
- Litografía de haz de electrones.
- Otros métodos litográficos.

En el proceso de LITOGRAFÍA hay que RECUBRIR la oblea con una RESINA sensible a radiación (luz o haz de electrones)



(1) La resina expuesta se ablandará-dañará (+) o se endurecerá-estabilizará (-) en las zonas expuestas a la radiación utilizada en el proceso litográfico.

(2) Se elimina la fotoresina no polimerizada con el disolvente orgánico adecuado.

(3) El siguiente paso del procesado sería el ATAQUE del substrato por métodos químicos o físicos (Apartado 1.3).

### Positiva

-Las regiones expuestas resultan más solubles y se eliminan en el proceso de revelado (en fotolitografía se transfiere el “motivo” grabado en la máscara).

-Tienen 3 componentes:

- (1) Compuesto fotosensible, que es soluble en el compuesto utilizado para el revelado, después de absorber radiación y cambiar su estructura química.
- (2) Resina base (adherencia al sustrato).
- (3) Solvente orgánico para mantener la resina en forma líquida y manejable. La densidad, junto con la velocidad de rotación del spinner, determinarán el espesor deseado para la capa (el espesor es necesario para determinar la dosis de radiación).

### Negativa

-Las regiones expuestas resultan menos solubles (en fotolitografía se transfiere el negativo del “motivo” grabado en la máscara).

-Las resinas negativas son polímeros (en solventes orgánicos adecuados: hidrocarburos) combinados con un compuesto fotosensible. La absorción de luz se transforma en energía química para iniciar la reacción de polimerización (encadenado de las moléculas en todas las direcciones), lo que la hace insoluble en el revelador.



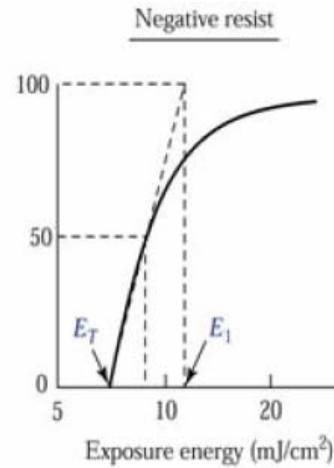
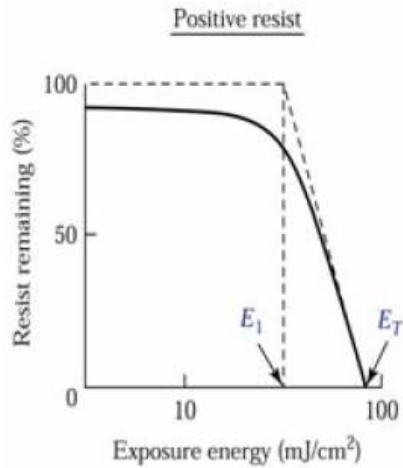
### Oblea:

**(1) Precaentado (200-250 °C) 20 min**

**(2) Spinning (< 12000 rpm)**

**(3) Recalentado (90-100 °C) 20-30 min**





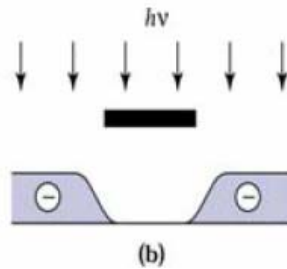
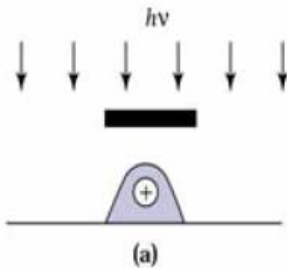
$E_T$  se conoce como sensibilidad

$E_1$  es la energía obtenida dibujando la tangente a  $E_T$  para alcanzar el 100% del espesor de la resina.

- La sensibilidad se define como la energía requerida para producir la solubilidad completa de la resina en la región expuesta

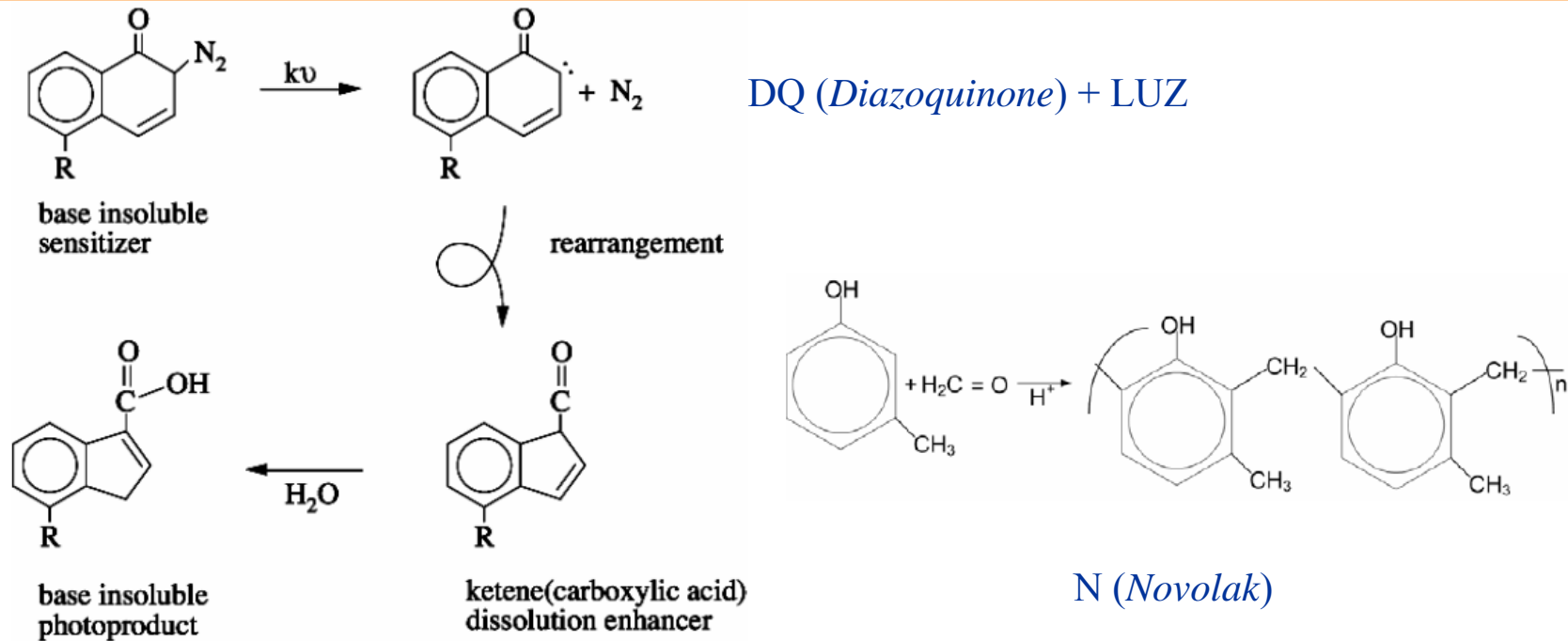
$$\gamma = \left[ \ln \left( \frac{E_T}{E_1} \right) \right]^{-1}$$

Se puede definir el factor



Un mayor valor de  $\gamma$  implica que existe una mayor solubilidad de la resina para un aumento pequeño de la energía de exposición, lo que resulta en bordes más abruptos.

$$\gamma = \left[ \ln \left( \frac{E_1}{E_T} \right) \right]^{-1}$$



FOTORESINA +

DQN

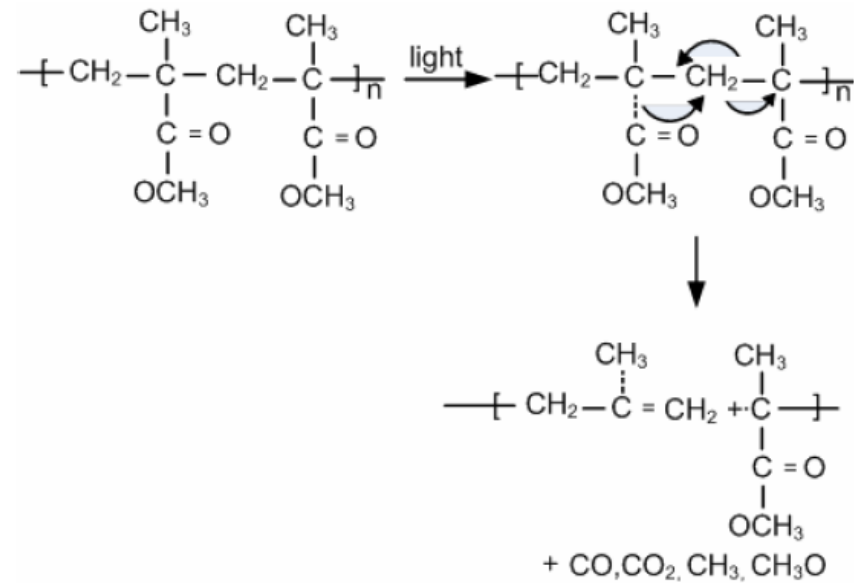
Es la resina + más popular para fotolitografía a 365 y 400 nm (líneas del mercurio).

- N (*Novolak*) es la resina base
- DQ (*Diazoquinone*) es el elemento fotosensible
- Hay que ajustar el solvente para tener la viscosidad adecuada (proceso de *spinning*)

## FOTORESINA + Poli (metil metacrilato) o PMMA

La luz produce una escisión de la molécula

Se puede conseguir una gran resolución con UV, rayos-X y haces de electrones.

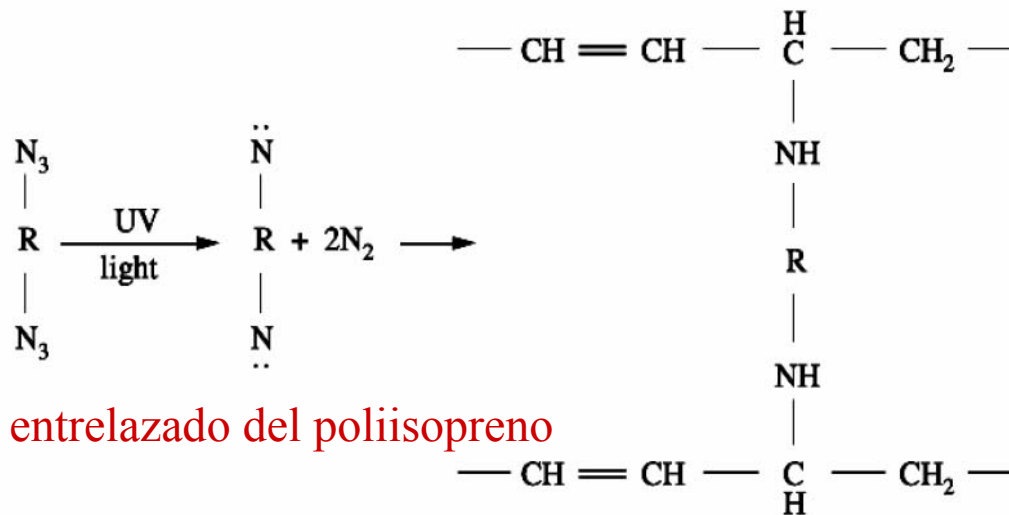
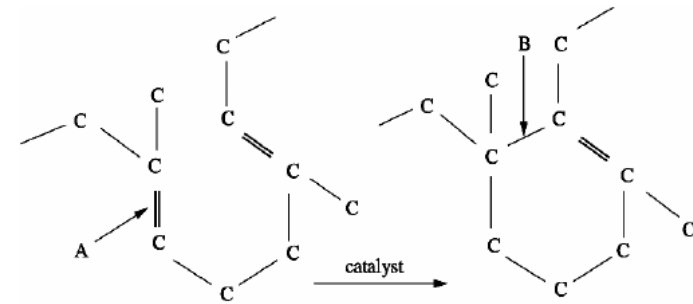


## FOTORESINA - Bis(aryl)aziderubber

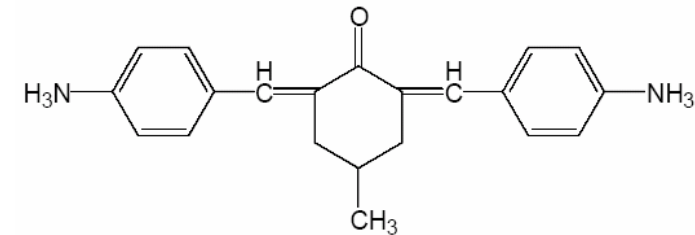
– Poliisopreno cíclico (elastómero – goma)  
Actúa como material substrato no fotosensible

– Bis(aryl)azide ABC

Actúa como agente fotosensible que permite el entrelazado de la resina en las tres direcciones.



entrelazado del poliisopreno



### Ejercicio:

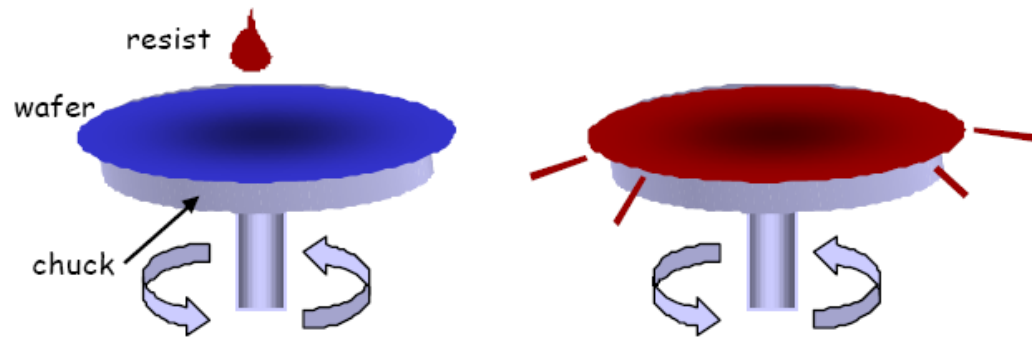
Encontrar la nomenclatura española para el “Bis(aryl)aziderubber”, así como información relativa a la reacción “fotosensible”.

Characteristic	Resist type	
	Positive	Negative
Adhesion to Si	Fair	Excellent
Step coverage	better	lower
Exposure time	Slower (10-15 sec)	Faster (2-3 sec)
Developer	Aqueous based	Organic solvent
Influence of oxygen	No	Yes
Minimum feature	0.5 $\mu\text{m}$ and below	$\pm 2 \mu\text{m}$
Wet chemical resistance	Good	Fair
Plasma etch resistance	Very good	Not very good
Pinhole count	Higher	Lower
material cost	More expensive	Less expensive

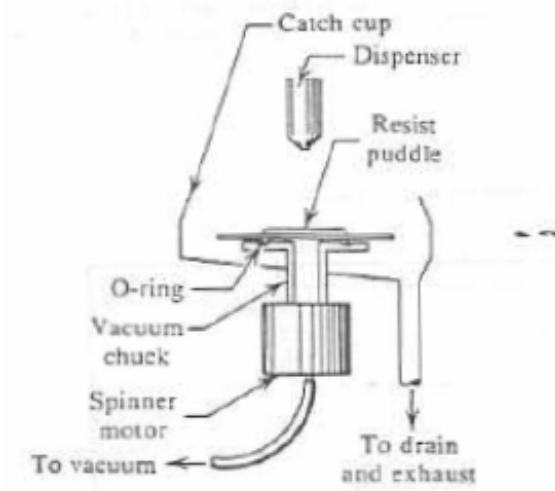
**Ejercicio:**

Encontrar información sobre el parámetro “pinhole count”. Significado y origen.

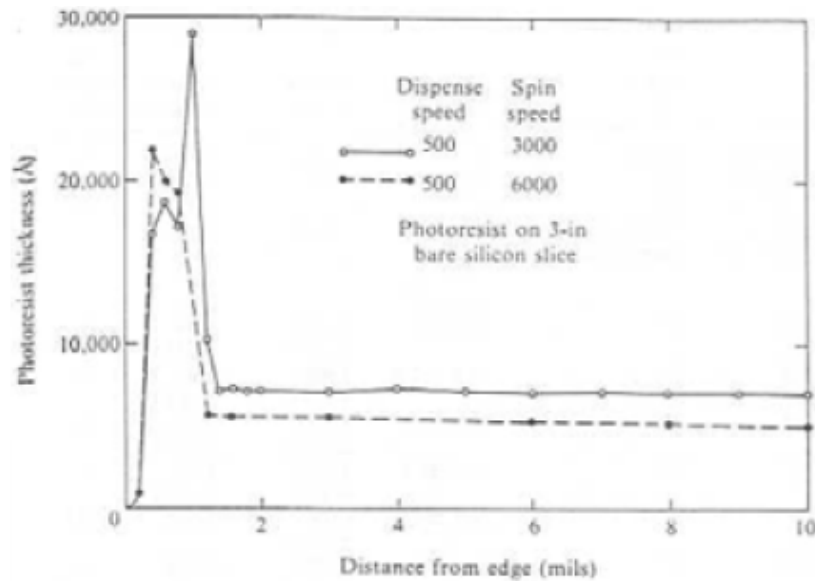
# SPINNING



## Sujeción y dispensación



## SPINNING



## Resist Thickness

$$Z = \frac{kP^2}{\sqrt{w}}$$

where

Z = resist thickness ( $\mu\text{m}$ )

P = % of solids in the resist

(viscosity (thickness) of resist)

w = rotational velocity of the spinner

k = empirical constant  $\mu\text{m} - \sqrt{\text{sec}}$

• Typically want 1.0 – 1.5  $\mu\text{m}$  thick

**Ejercicio:**

**Demostrar la expresión para la anchura de la resina en función de su viscosidad y velocidad de giro del sustrato.**



**REVELADO**

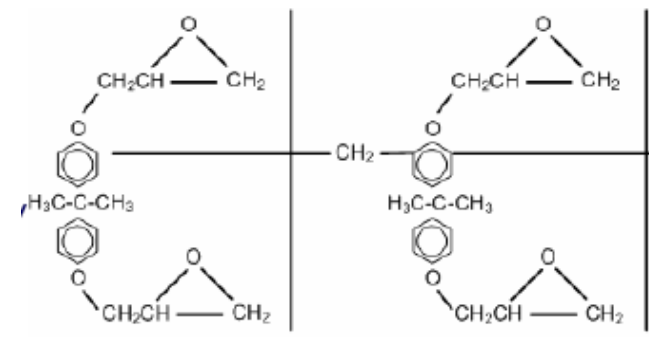
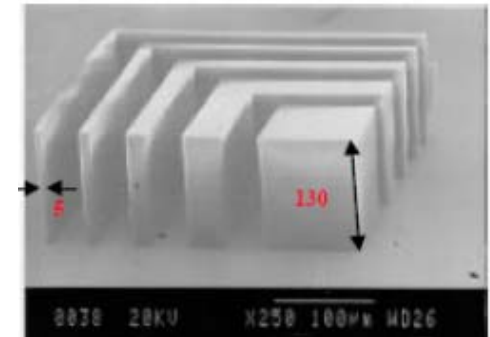
## Recipes of various photoresists

	AZ1512	AZ7220	AZ4620	AZ5214
PR type	positive	positive	positive	negative
Thickness	1.2 $\mu\text{m}$	2.0 $\mu\text{m}$	7 $\mu\text{m}$	1.6 $\mu\text{m}$
Pre bake	-	-	30 min at 130 $^{\circ}\text{C}$ in oven	30 min at 95 $^{\circ}\text{C}$ in oven
spin coating	35 sec at 4000 rpm	35 sec at 4000 rpm	35 sec at 4000 rpm	35 sec at 4000 rpm
Soft bake	30 min at 95 $^{\circ}\text{C}$ in oven	30 min at 95 $^{\circ}\text{C}$ in oven	2 min at 105 $^{\circ}\text{C}$ on hotplate	5 min at 90 $^{\circ}\text{C}$ on hotplate
Exposure	8.5 sec at 12 mW	6 sec at 16 mW	50-60 sec at 14 mW	8.5 sec at 12 mW
Post-exposure bake	-	-	-	2.5 min at 95 $^{\circ}\text{C}$ on hotplate
Whole surface exposure	-	-	-	10.5 sec at 12 mW
Development (AZ300 MIF)	70 sec (6:1 developer)	50 sec (100 % developer)	2-3 min (100 % developer)	75 sec (6:1 developer)
Hard bake	30 min at 110 $^{\circ}\text{C}$ in oven	30 min at 110 $^{\circ}\text{C}$ in oven	2 min at 120 $^{\circ}\text{C}$ on hotplate	-

• **Fotoresinas gruesas capaces de alta resolución.**

**SU-8** Pueden depositarse capas de hasta 500  $\mu\text{m}$

- Excelente sensibilidad
- Alta resolución
- Buena estabilidad térmica y química
- 365, 436 nm UV light, haz de electrones y rayos-X



SU-8