

Diferentes fuentes de luz

- Luz Ultravioleta
- Rayos X
- Haces de electrones

Litografía con luz ultravioleta

- Mayor grado de producción y menor coste.
- Resolución con límite difraccional: a menor longitud de onda
⇒ mayor resolución

Litografía con rayos X

- Menor longitud de onda ⇒ Mayor resolución
- Problemas mascarar difíciles de fabricar
- Radiación puede dañar el dispositivo

Litografía con haces de electrones

- No necesita máscara
- Buena resolución
- Proceso muy lento

1.2. LITOGRAFÍA

-Polímeros para litografía óptica y de haz de electrones.

-Litografía Óptica.

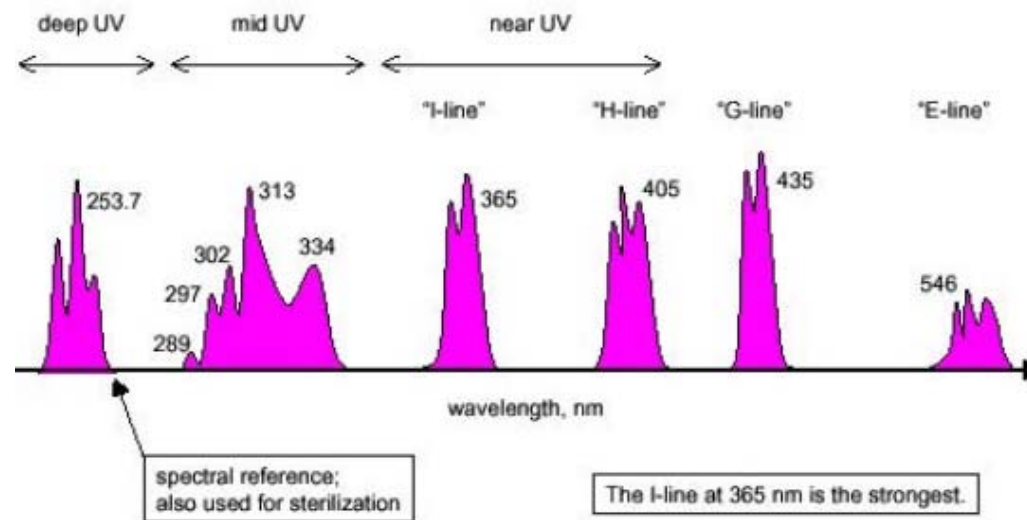
-Litografía de haz de electrones.

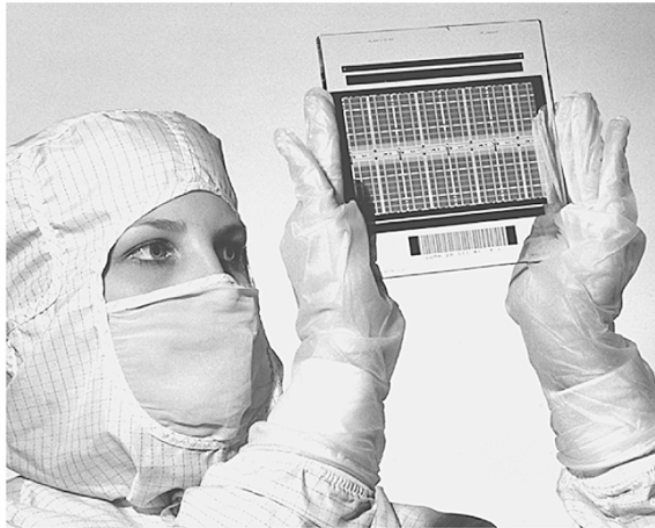
-Otros métodos litográficos.

- Fuente de luz:
Lámpara de Hg

Filtrado de una región de λ

High Pressure Hg Arc Lamp Spectrum

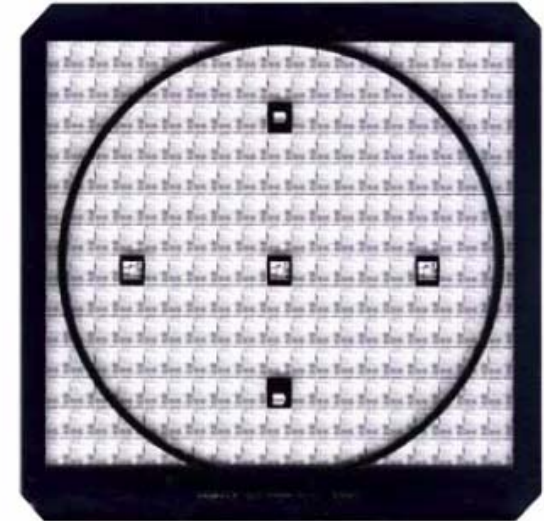




• Tipos de máscaras

Para un solo Chip

Para una oblea entera



Máscara reticular

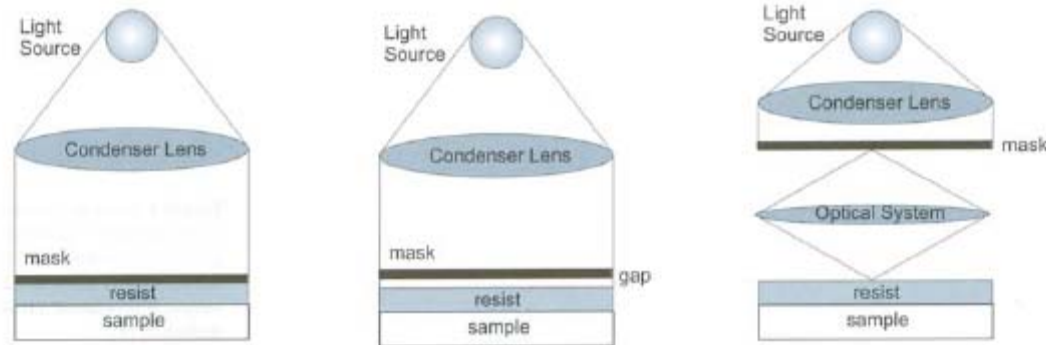
$$\text{Rendimiento} = \frac{n^{\circ} \text{ buenos chips}}{n^{\circ} \text{ total chips}} = e^{-D A}$$

D = n° promedio defectos fatales

A = área sensible o crítica

- Soporte de cuarzo (transparente a UV)
- Se recubre (por sputtering, p.e.) de una capa delgada de Cromo (100 nm).
- Recubrimiento con resina sensible a electrones e impresión directa con haz de electrones del diseño elegido.
- Revelado, eliminación del cromo descubierto con ataque químico y de la resina restante al final.

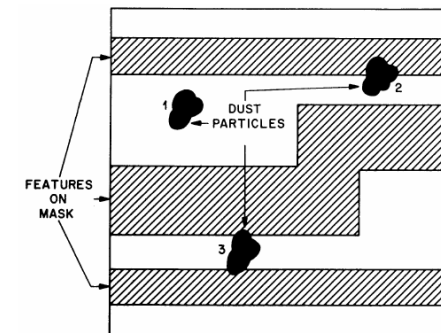
- Alineación de la Máscara sobre la oblea
- Exposición (contacto / proyección)



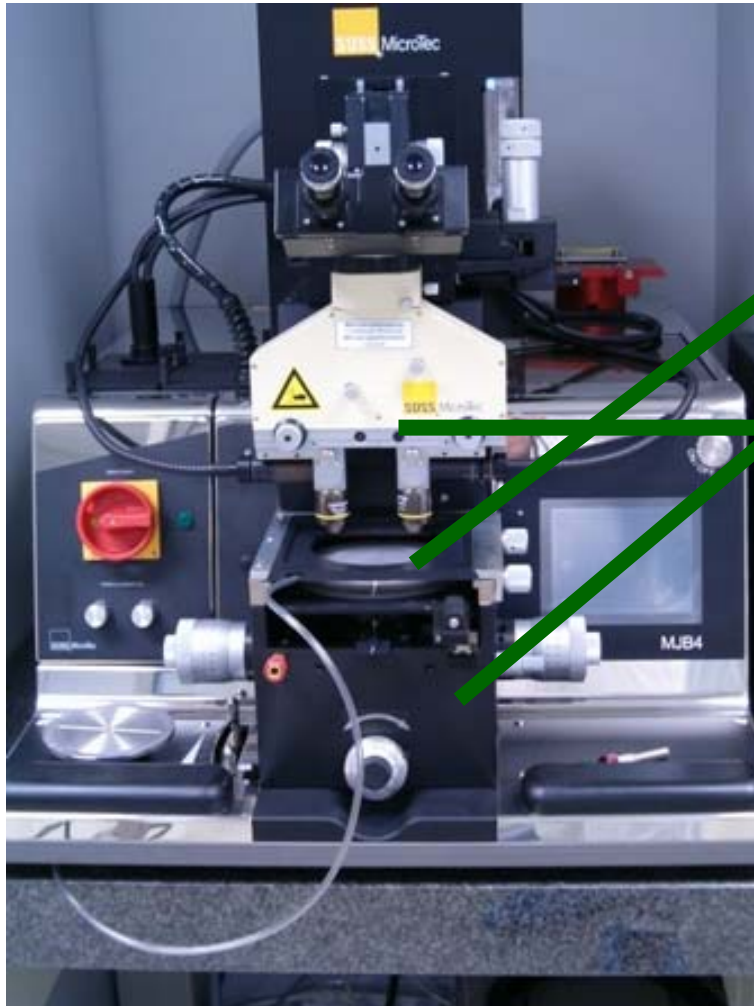
• Resolución límite

- Determinada por los fenómenos de difracción en el borde de las partes opacas de la máscara.
- Depende de la longitud de onda utilizada.
- Un punto opaco aislado da lugar a discos concéntricos (discos de Airy)

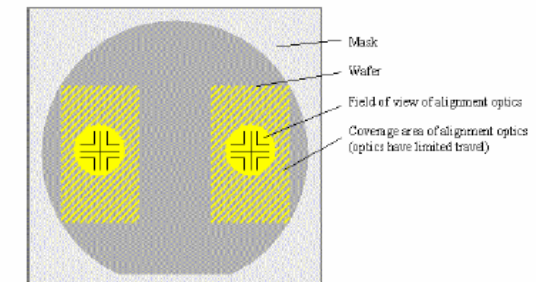
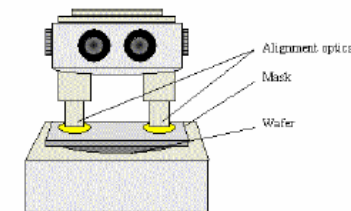
• Limpieza



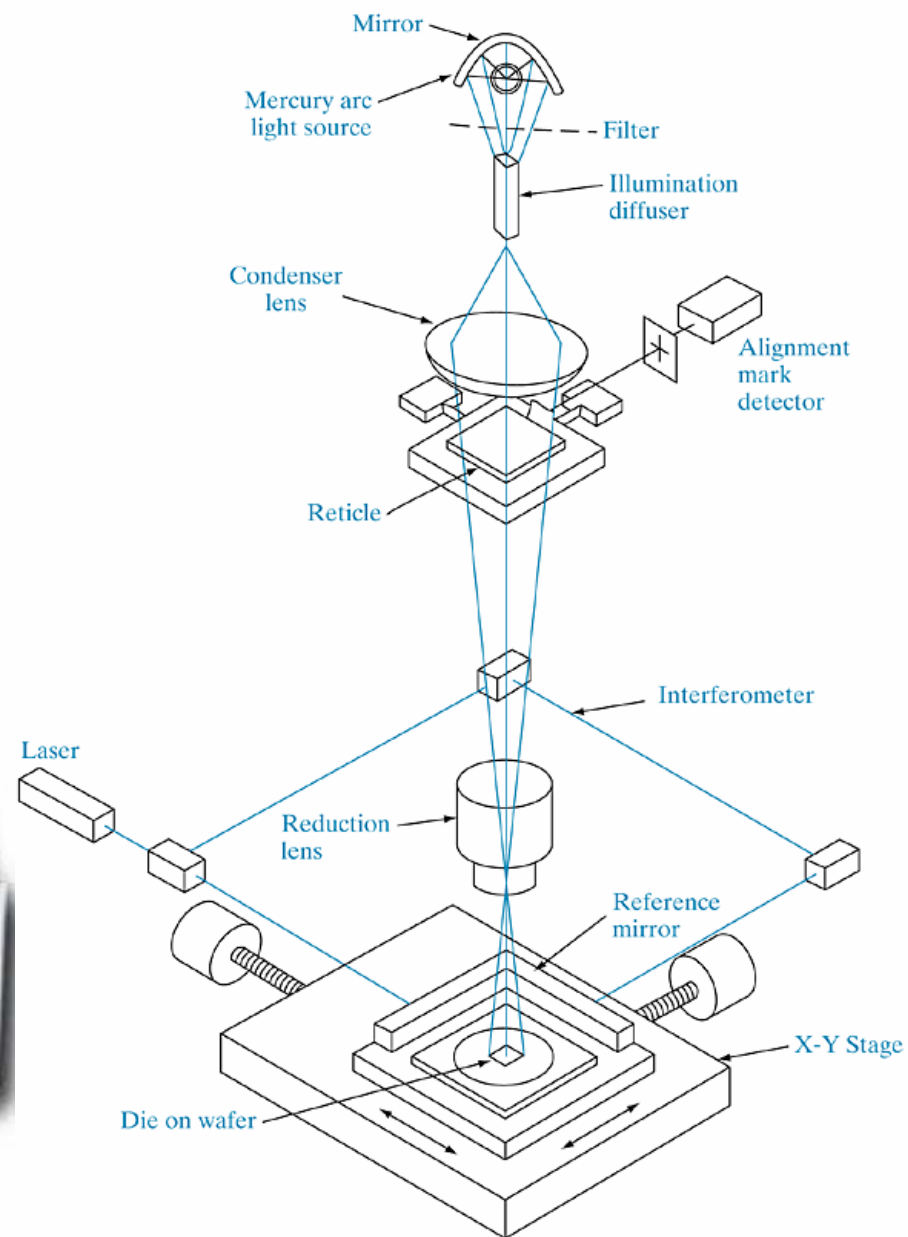
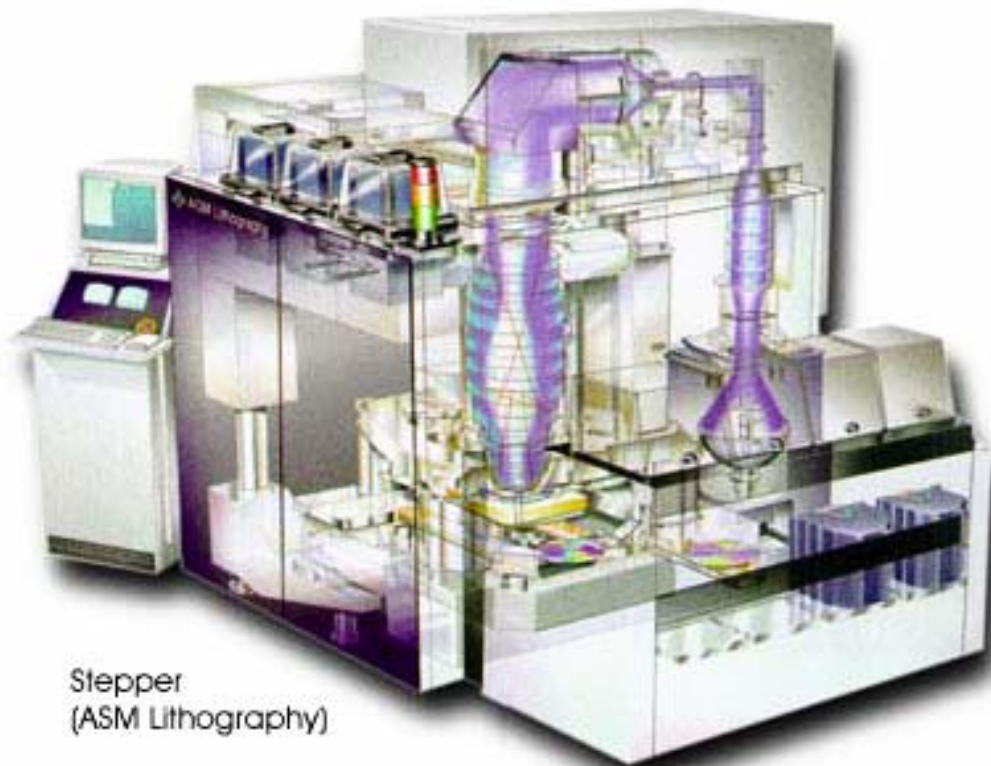
- **Aligner (sistema alineamiento)**
- **Exposición (contacto - proximidad)**



- **Cargador** de obleas (opcional) y máscaras.
- **Sistema mecánico** de precisión para alineamientos y aproximación.
- **Sistema óptico** de iluminación/proyección de la máscara.
- **Sistema de visión** (manual/automático) para alineamiento.



STEPPER (exposición por proyección)

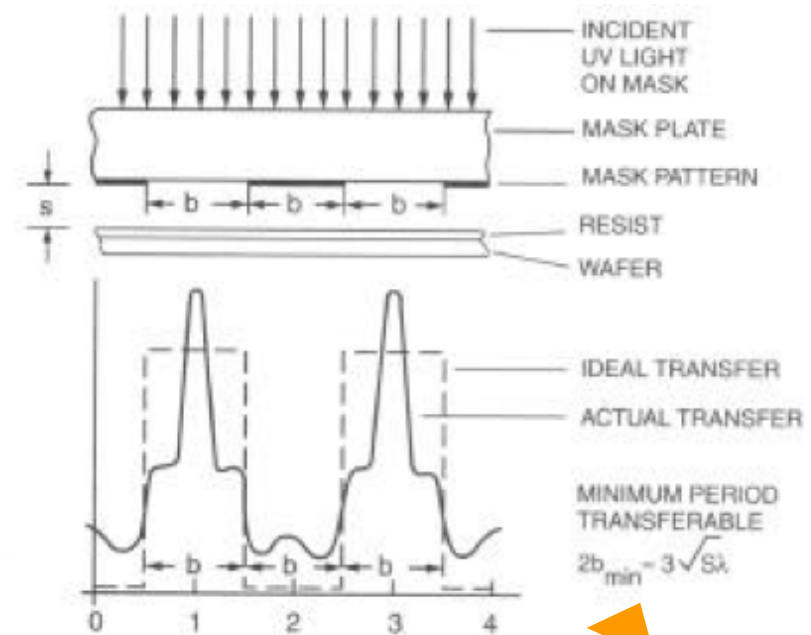


La resolución en la exposición por contacto

$$R = b_{\min} = 1.5 \sqrt{\frac{\lambda z}{2}}$$

z es el grosor de la resina

para $z = 1 \mu\text{m}$, $\lambda = 365 \text{ nm}$: $R = 0.7 \mu\text{m}$



Contacto-----Partículas de polvo →

Proximidad (50 – 100 μm) ---menos resolución por difracción

$$DC = \sqrt{\lambda g}$$

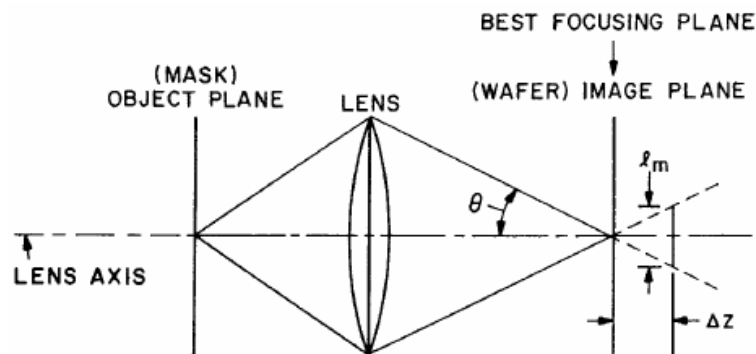
- La resolución también determinada por los fenómenos de difracción en el borde de las partes opacas de la máscara.
- Evita daños en la máscara por partículas presentes en la oblea.
- Depende de la longitud de onda utilizada.

Para exposición por proyección:

$$R = l_m = k_1 \frac{\lambda}{NA}$$

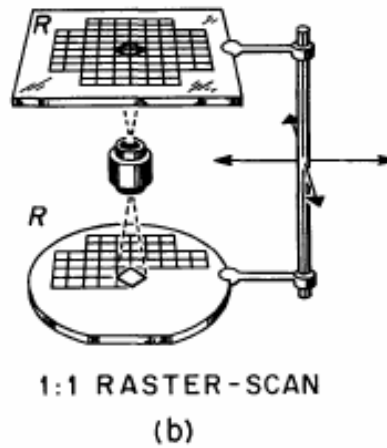
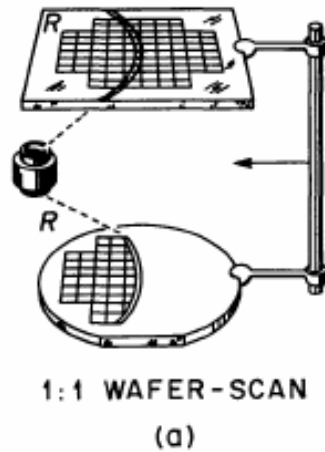
Resolución

- k_1 es un factor numérico dependiente de la resina y de la superficie (no reflectante) 0.4 - 1.1 (reflectante)
- NA: apertura numérica de la lente, de 0.16 a 0.60 [$NA = D/2f = n \sin \theta$]
- Para cortas longitudes de onda (deep UV, 193 nm) la resolución sería del orden de éstas



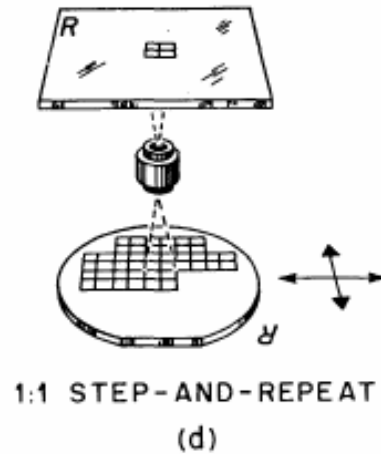
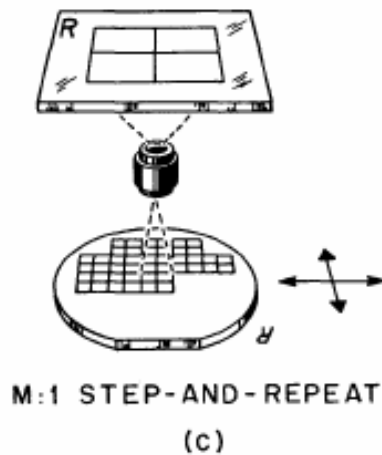
$$PF = \Delta z = k_2 \frac{\lambda}{(NA)^2}$$

Profundidad de foco



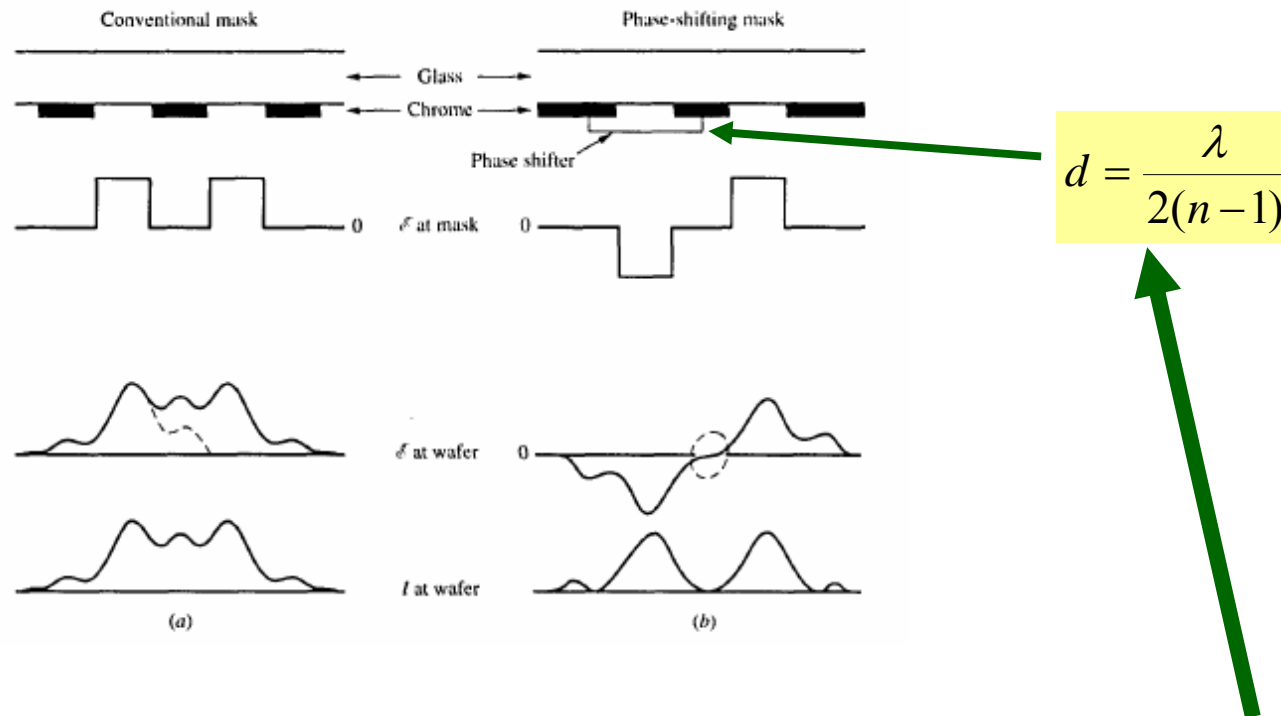
(a) Barrido de la oblea mediante un campo anular (lente fija).

(b) Barrido punto a punto (lente fija).



(c) Movimiento y repetición de un motivo con reducción (M:1).

(d) Movimiento y repetición de un motivo sin reducción (1:1).



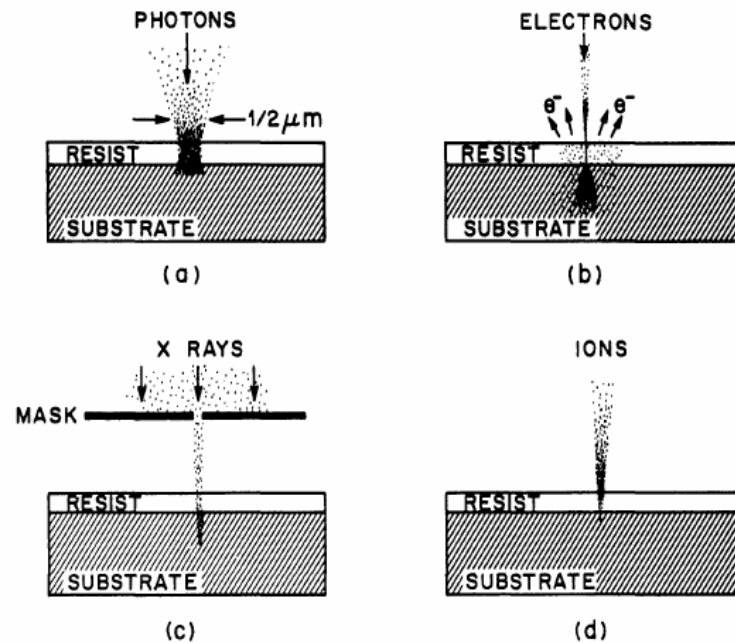
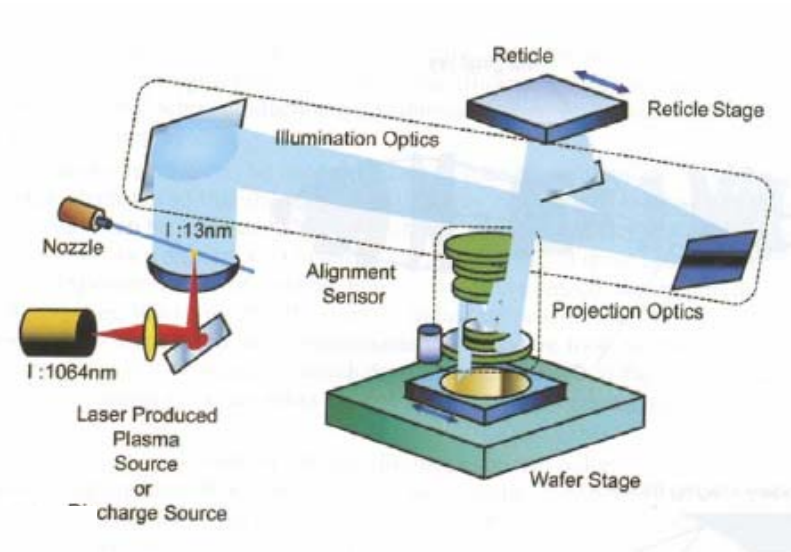
Se puede mejorar la resolución con máscaras que incluyan un Corrimiento de Fase o usar una Corrección de Proximidad.

Corrección de Proximidad: se actúa sobre la geometría-contorno del diseño a transferir en la máscara para conseguir el diseño óptimo en la oblea.

DUV = Deep UV (150 – 250 nm)

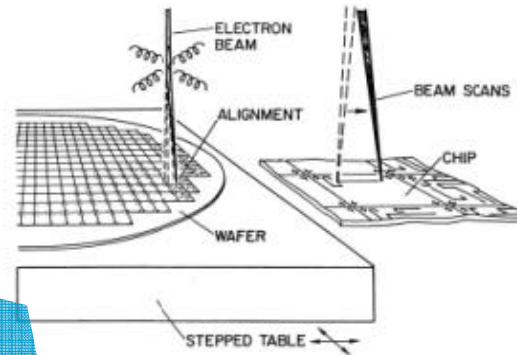
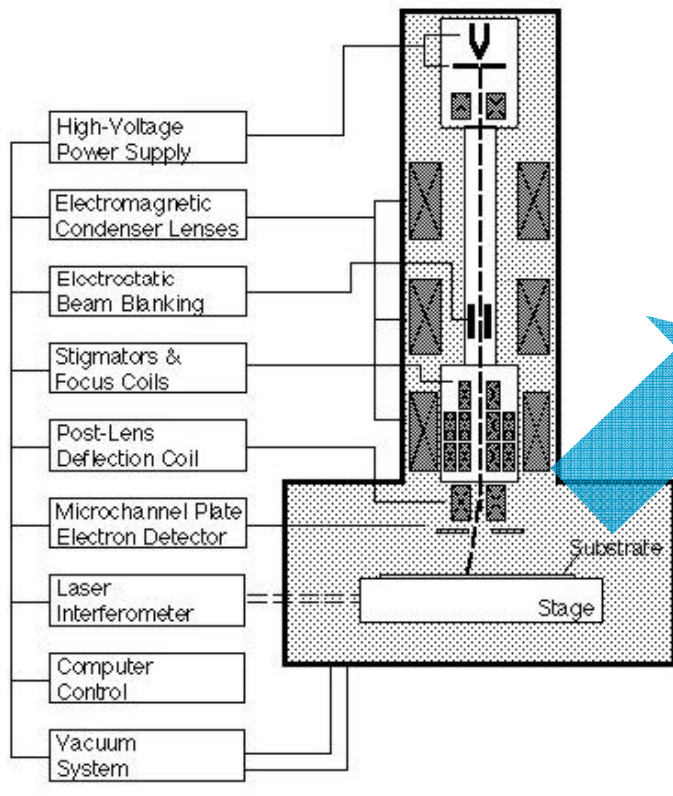
EUV = Extrem UV (10 – 15 nm)

RX ----- < 10 nm

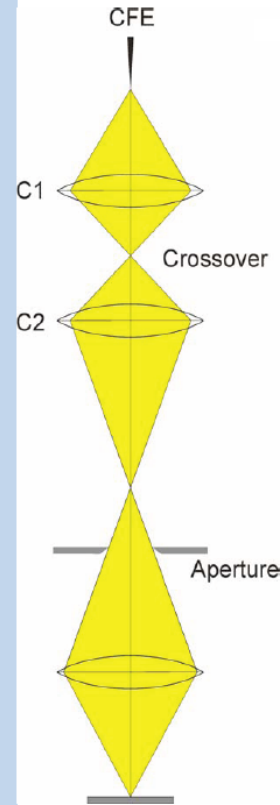


1.2. LITOGRAFÍA

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

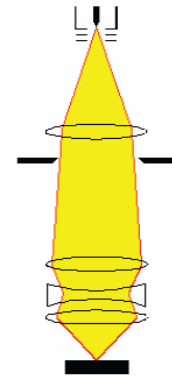


- Un haz de electrones finamente colimado se dirige hacia un sustrato recubierto por una resina sensible a los electrones
- El haz se desvía de forma controlada para escribir directamente el diseño sobre tal sustrato.
- La desviación del haz está limitada a un campo (área) específico.
- Para escribir sobre áreas mayores hay que mover el sustrato con suficiente precisión: sistema interferométrico láser del control de la posición (hasta casi 1 nm de precisión).

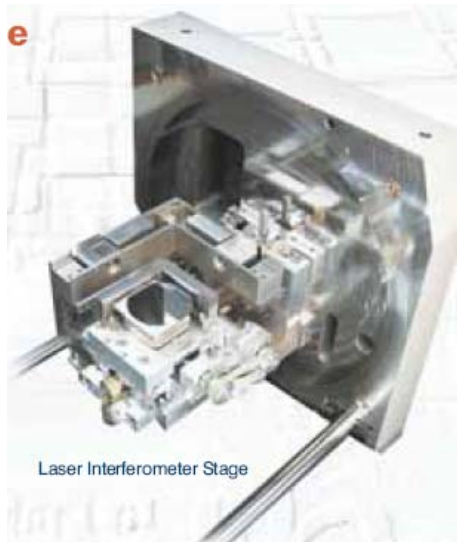


Discussion of Raith e_LiNE optics:

Conventional Optics	Spec	Raith Optics
Cross over	Beam path	No cross over
2 nm / 30 keV	Spot size @ energy	2 nm / 20 keV 4 nm / 1 keV
2 nm / ~10pA	Spot size @ current	2 nm / 250 pA (minimum)
~ 320 A/cm ²	Current density	> 7.500 A/cm ²



No e⁻ - e⁻ interaction in Crossover (Boersch Effect)



	Leica/Cambridge EBMF 10.5/CS	JEOL JBX 5-D/II(U)
Beam Energy	40 kV	50 kV
Beam Current	0.3 - 60 nA	0.01 - 5 nA
Beam Diameter	50 - 400 nm	10 - 100 nm
Working Distance	55 mm	11 mm
Exposure Field Size	0.3 - 3 mm	0.080 - 1.6 mm
Field Stitch Error	~70 nm	~30 nm
Substrate Size	7 - 125 mm	5 - 75 mm

1.2. LITOGRAFÍA

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

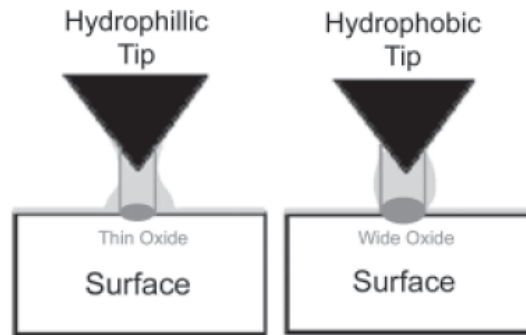


Figure 3

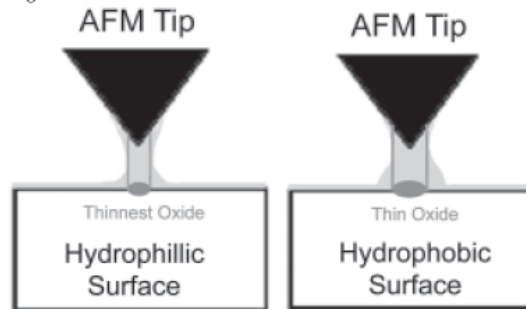


Figure 4

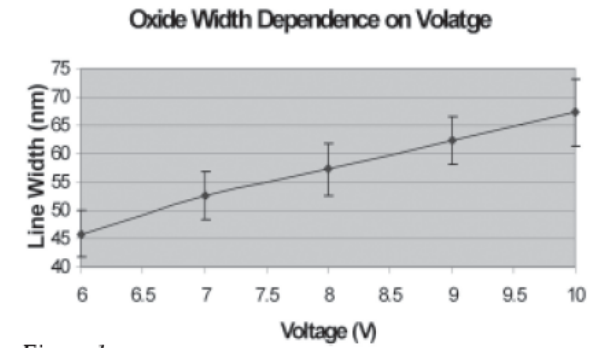
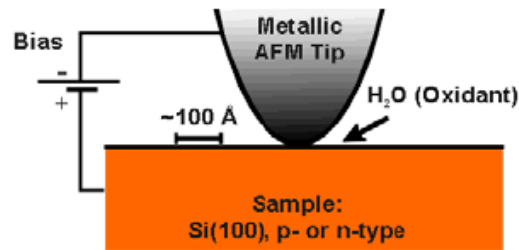


Figure 1

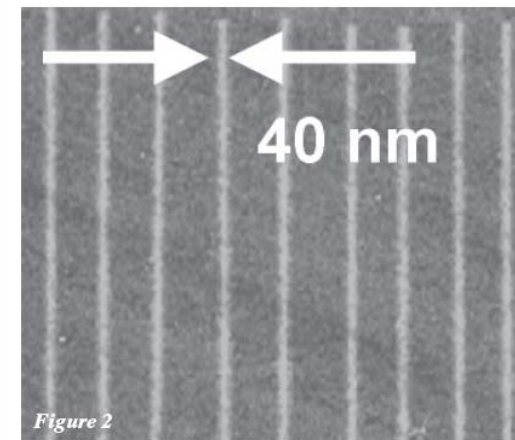


Figure 2

OXIDACIÓN LOCAL DE LA SUPERFICIE (SiO₂ en Si)