



공정 4. Photolithography (2) : Nanolithography

➤ 관련 과목	
➤ 관련 시험/과제	
➤ 강의 일자	
☰ 상태	정리중
📎 강의자료	Lecture4_Photolithography_(2) - Nanolithography_(Kwon).pdf

[Reminder] Micro-lithography

Lithographic Image Formation

- four components : light / reticle / lens / photoresist

Points to consider for naonlithography

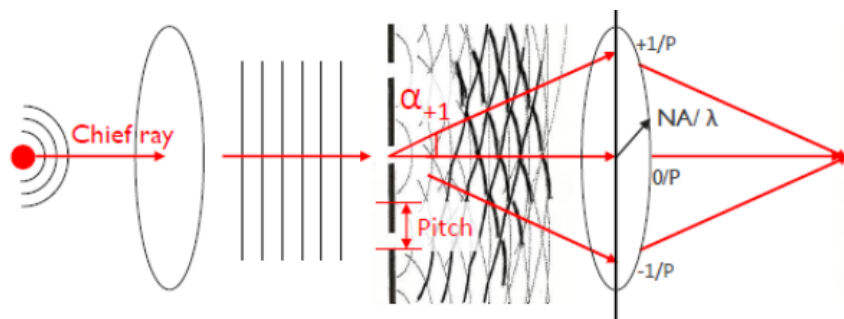
- 빛의 intensity가 원치 않는 바깥으로도 전달됨 → feature의 edge가 잘 정의되지 않음
- wavelength가 작을수록 critical dimension이 줄어들어서 작은 patterning에 용이
- feature가 printed 될 수 있더라도 linewidth control이 문제가 될 수 있음
- 증착/코팅된 물질의 slope가 너무 완만해지면 imaging이 불가함

→ nanolithography에서는 microlithography에서 무시됐던 현상들이 critical 해지는 경우가 많음

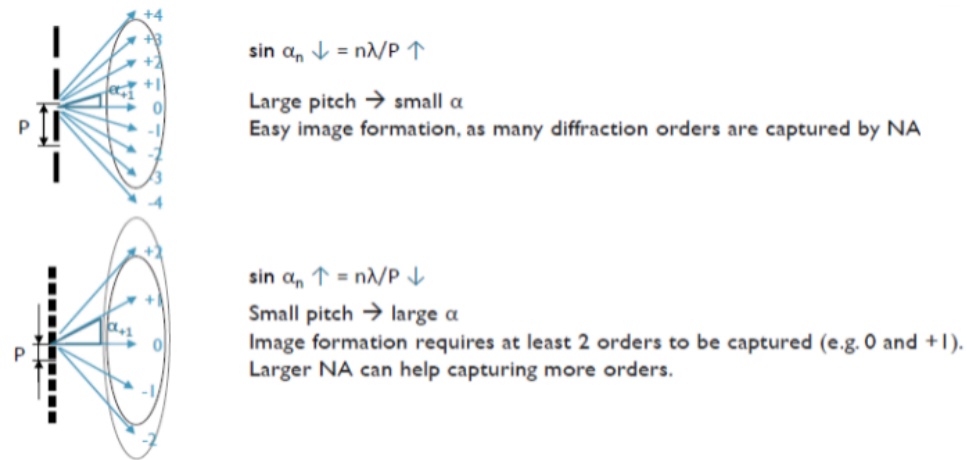
→ 광학적인 지식이 필요함

General Image Formation – Theory (Ideal)

- condenser lens : 점광원의 파장을 평행 파장으로 퍼줌
- 빛이 mask를 지나면서 간섭이 일어남. $\sin \alpha_n = n\lambda/P$
- projection lens : mask를 통과한 빛을 모아줌.

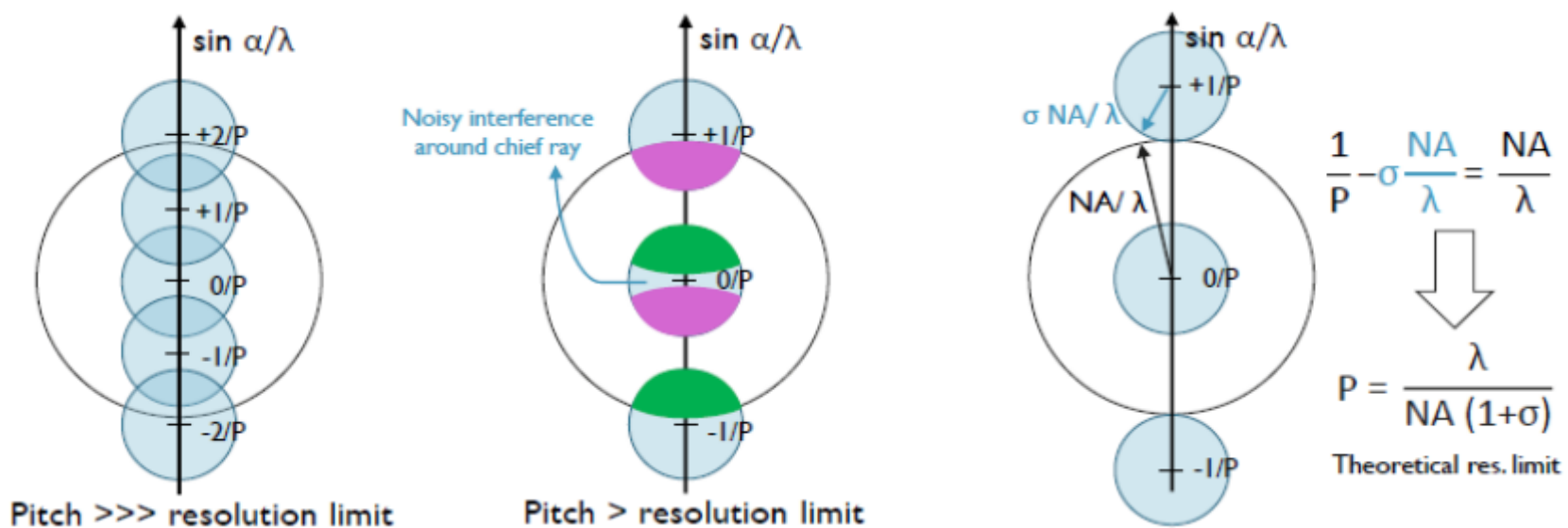


- Diffraction order들이 많이 recombined 될수록 image가 좋아짐
- projection lens의 NA가 너무 커서 0-order-beam만 capture할 수 있다면 pattern이 안 만들어짐.
- 그러나 trade-off가 있음. pitch를 작게 해야 작은 patterning이 가능한 건데 pitch를 줄이면 각도 a가 커짐, image가 점점 안 좋아지는 것...
-



General Image Formation – Real Lithographic System

Real source is only partial coherent.



← 이 R 값이 작을수록 해상도가 높은 것

Practical resolution limit for half-pitch:
(spatial resolution)

$$R_{H.P.} = \frac{P}{2} = k_1 \frac{\lambda}{NA}$$

Process para.
 $k_1 > 0.25$

<Three key parameters for improving resolution>

- Lower K_1
- Shorter wavelength
- Higher NA (larger: more expensive lenses, fundamentally limited by geometry : $\sin \theta < 1$)

$\sin \theta = 1$ 이면 $\theta=90^\circ$ 라는 건데 그러면 order가 전혀 모이지를 않으므로 상이 안 생김.

1) Low K_1 is Impassible

As K_1 shrinks, the aerial image becomes worse \rightarrow pattern에서 끊기는 부분이 생김

- Higher probability of CD variation leading to **shorts, breaks**.

2) Higher NA Has Limitation

Increasing NA : 상이 만들어지도록 하려면 물리적인 한계가 있음

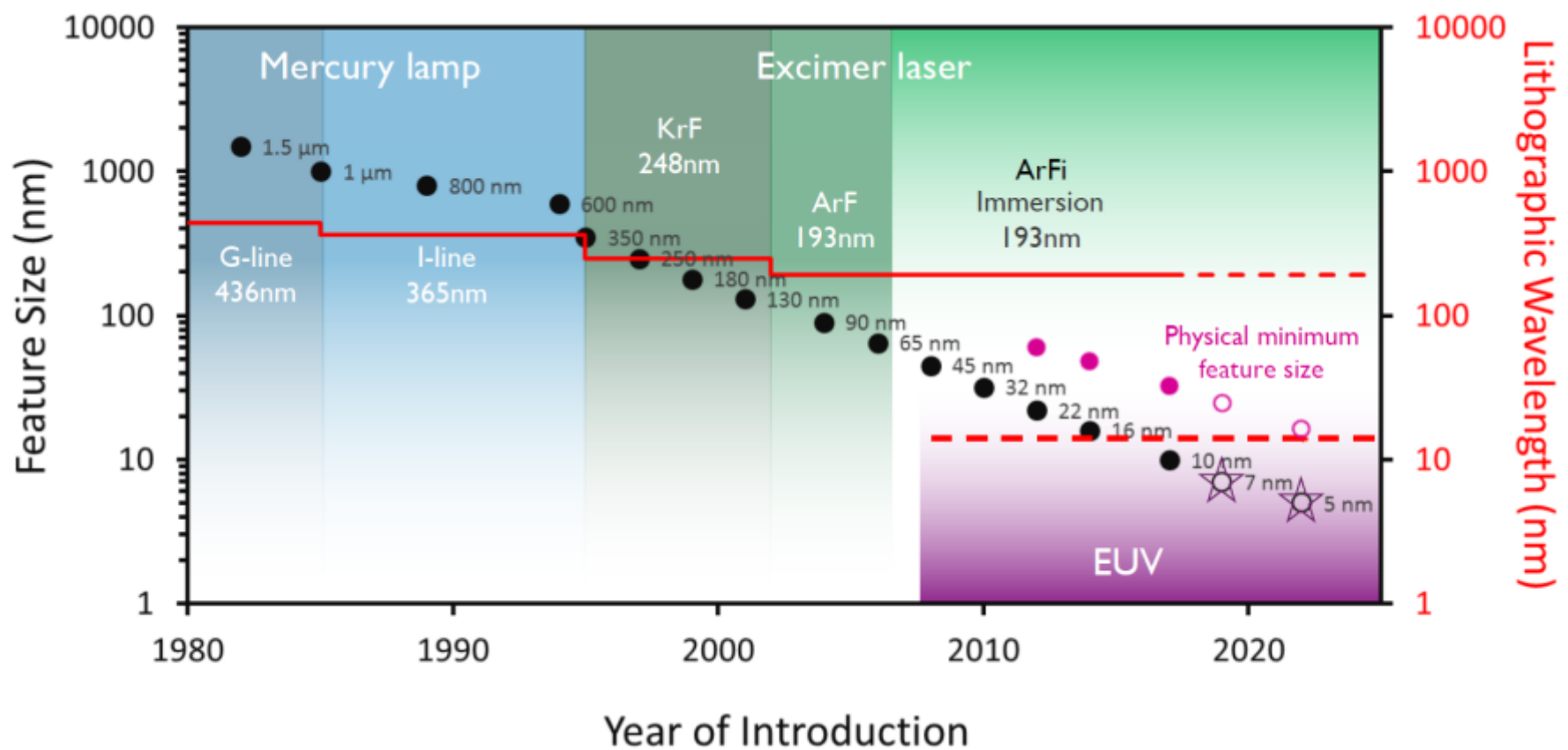
- Lens design and fabrication now allow NA near 1 (~ 0.93)
- There is no room left (fundamentally limited by geometry: $\sin \theta < 1$)
- Lens increases in size and cost

→ Immersion for Higher NA

lens와 wafer 사이 매질을 물로 바꿈. $NA = n \sin \alpha$ 에서 굴절률 n 을 높임으로써 NA를 높임.

Resolution Limit

ArF laser로는 resolution 높이는 데 한계가 있음. (10nm 단위까지 올릴 수 있었던 건 double patterning 등의 기술 때문 → HW1-c 참고)



What is EUV Lithography?

해상도를 높이기 위해 파장을 바꿔버린 것

EUV (Extreme Ultraviolet) : 파장이 매우 짧음 (13.5 nm)

최근 많이 사용 중

Comparison (DUV vs EUV)

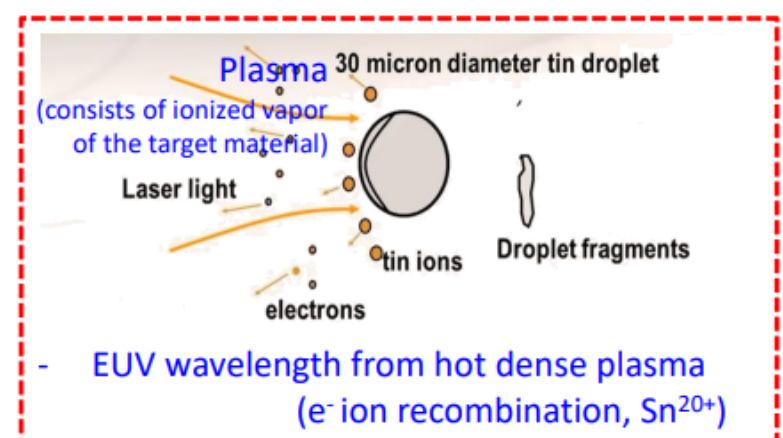
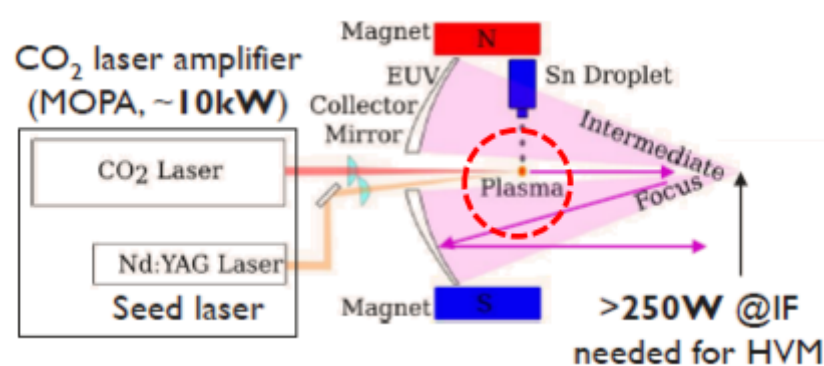
EUV는 거울을 사용하는 reflection optic를 사용함. <— EUV의 photon energy가 높아서 렌즈에 흡수되고 열 발생. 렌즈에 damage 발생도 됨. 그래서 transmission optics는 사용 불가.

진공 상태에서 공정함. NA=0.33으로 작지만 파장이 짧으니 괜찮음.

Module 1: EUV Source

Laser produced plasma (LPP)

- 1) CO₂ laser → “pre-pulse” flattens the droplet
- 2) Seed laser → the main pulse generates plasma and EUV.



Module 2: Reflective Mask

- High reflectivity
- Thermally and environmentally robust multilayers coatings

Module 3: Beam Delivery & Scanning