

第七章: 微影製程

- 暫時在晶圓上塗佈光阻劑
- 將設計圖案轉移至光阻劑
- 為IC製程中最重要之步驟
- 占晶圓總製程時間的40 ~50%

光阻劑

- 光敏感物質
- 暫時塗佈在晶圓上表面
- 經由曝光製程將設計圖案轉移其上
- 非常類似於塗佈在照相機上的光敏感物質

1

光阻劑

負光阻

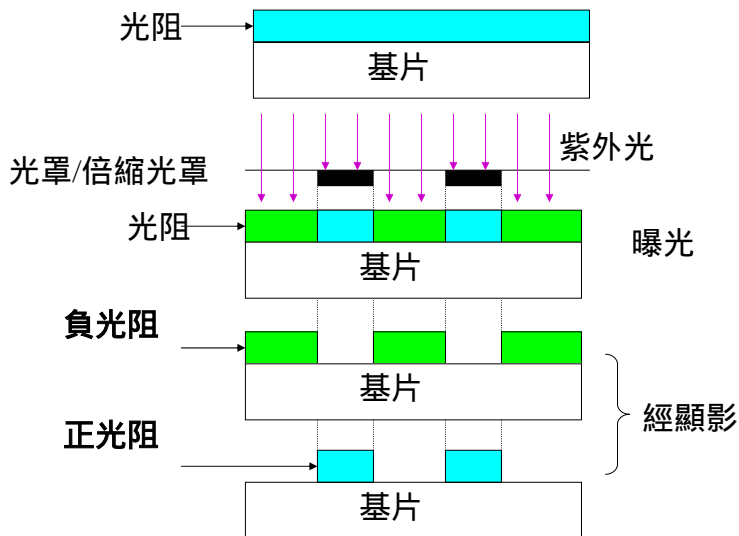
- 經曝光後變不可溶
- 經顯影製程，未曝光部分溶解
- 較便宜

正光阻

- 經曝光後變可溶
- 經顯影製程，曝光部分溶解
- 解析度較佳

2

負光阻及正光阻



3

光阻成分

- 高分子
- 溶劑
 1. 溶解高分子
 2. 允許光阻藉由旋轉塗佈而成薄層以進行應用
- 感光劑
 1. 決定曝光時間及強度
 2. 添加劑

4

負光阻

- 大部分負光阻為聚異戊二烯 (polyisoprene) 橡膠
- 經曝光之光阻變成交連之高分子，交連之高分子有較佳之抗化學蝕刻能力
- 未曝光部分將溶於顯影劑

缺點

- 由於光阻膨脹使解析度較差
- 環境及安全因素--主要溶劑為二甲苯

5

正光阻

- 酚醛 (Novolac) 樹脂
- 醋酸型溶劑
- 感光劑在樹脂中進行交連
- 光分解感光劑且切斷交連，在鹼性液中樹脂溶解性變更佳
- 較高之解析度 ($< 3 \mu\text{m}$)
- IC製程常用

6

光阻之必要條件

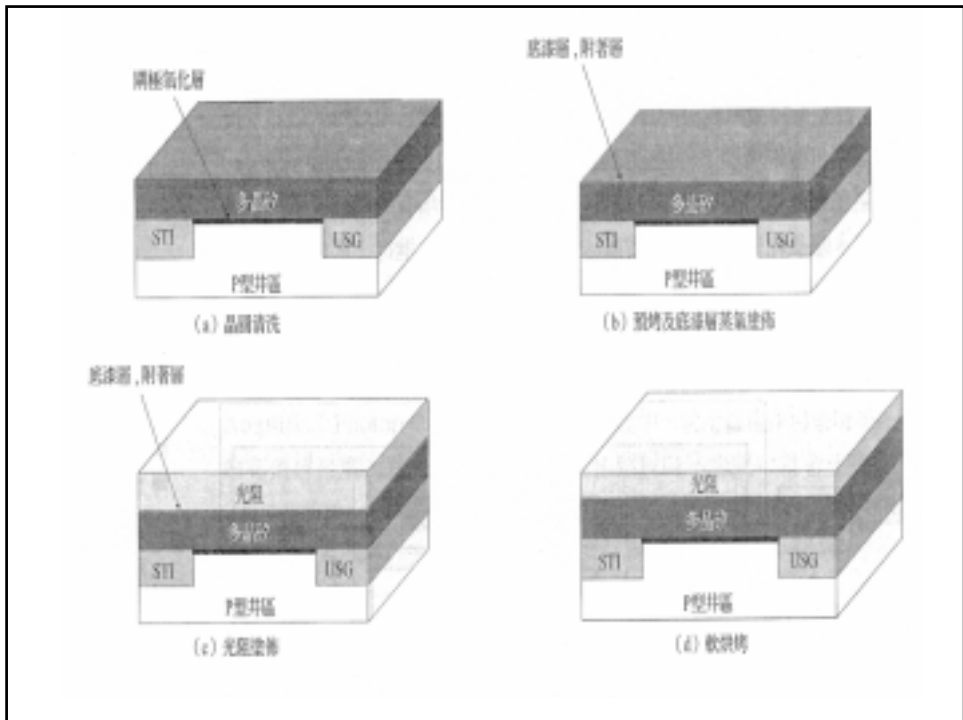
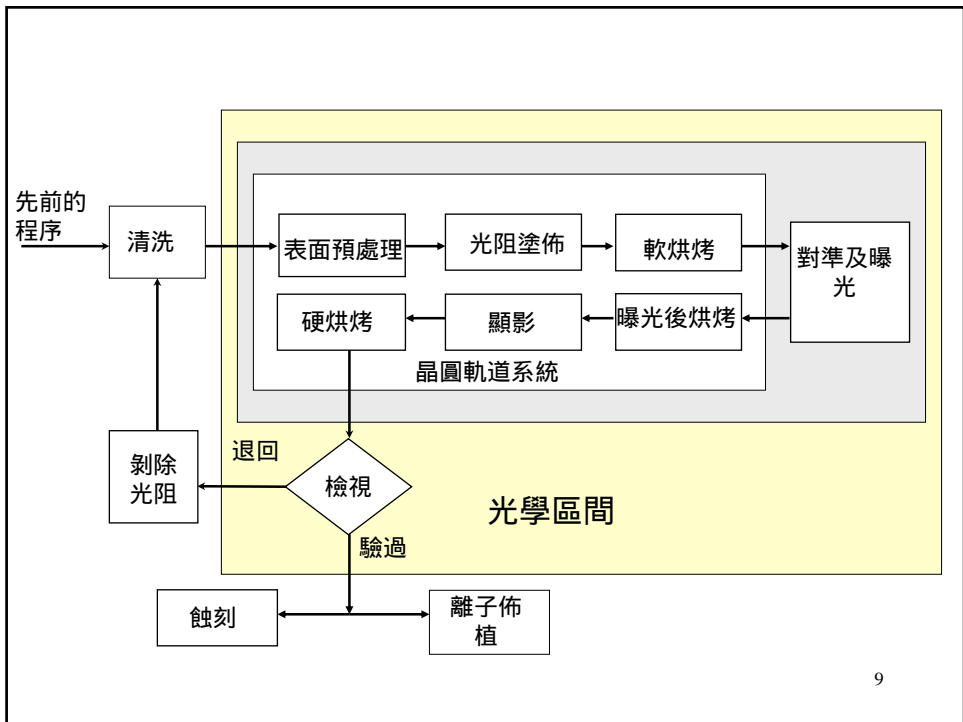
- 高解析度
 - 較薄的光阻薄膜擁有較佳的解析度
 - 較薄的光阻薄膜，其抗蝕刻及抗離子佈植的能力較差
- 高抗蝕刻能力
- 好的附著力
- 較大的製程自由度
 - 對製程條件的改變有較佳之容忍性

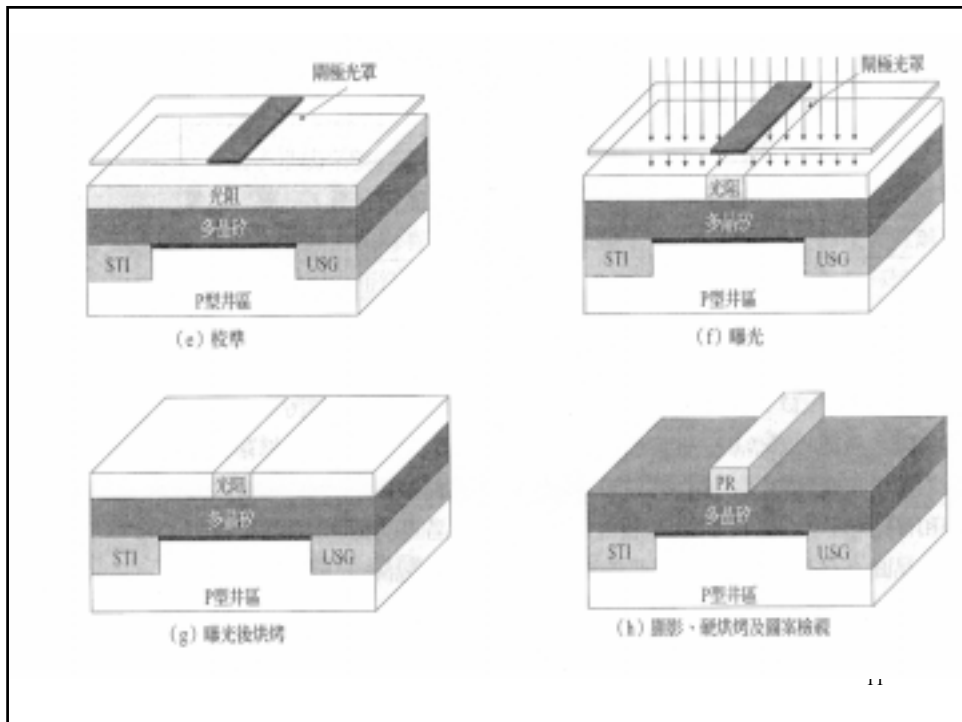
7

基本步驟

- 晶圓清洗
 - 脫水烘烤
 - 底漆層及光阻塗佈
 - 軟烘烤
 - 對準及曝光
 - 顯影
 - 圖案檢視
 - 硬烘烤
- } 光阻塗佈
- } 顯影

8





晶圓清洗

- 移除污染物
- 移除微粒
- 減少孔洞和其他缺陷
- 增加光阻附著性
- 基本步驟
 - 化學清洗
 - 洗滌
 - 旋乾

微影製程，預烘烤

- 脫水烘烤
- 從晶圓表面去除水氣
- 提升光阻和表面的附著性
- 通常約100 °C
- 和底漆層塗佈整合

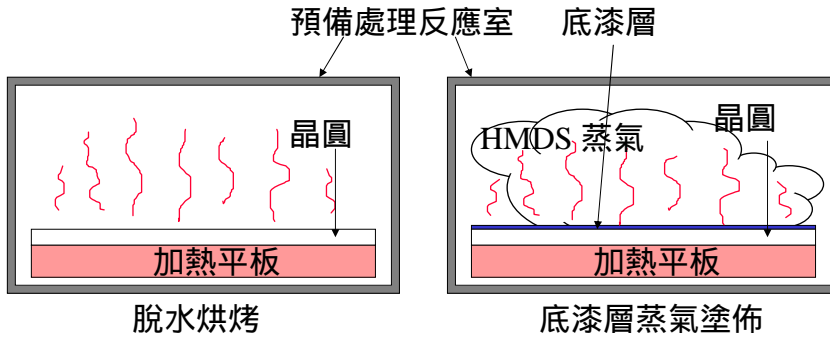
13

微影製程，底漆層

- 提升光阻和晶圓表面的附著性
- 六甲基二矽胺 (HMDS)
- 於光阻旋轉塗佈前進行HMDS蒸氣塗佈
- 在預烤製程中通常以臨場方式沈積
- 在光阻塗佈前以冷卻平板冷卻

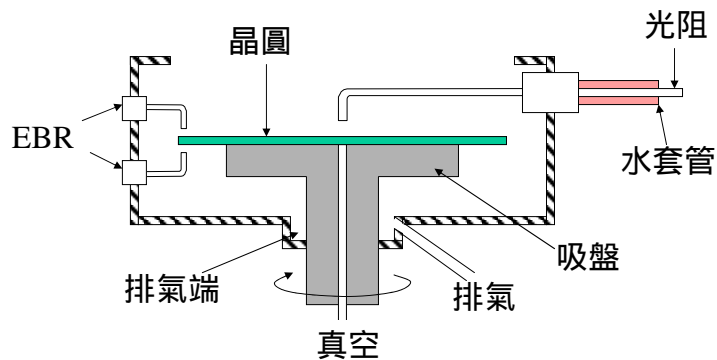
14

預烘烤及底漆層蒸氣塗佈



15

光阻旋轉塗佈機



16

旋轉塗佈

- 晶圓置於真空吸盤上
- 在高速下旋轉
- 液體光阻滴加在晶圓中心
- 藉由離心力將光阻延展開
- 平坦地塗佈在晶圓表面

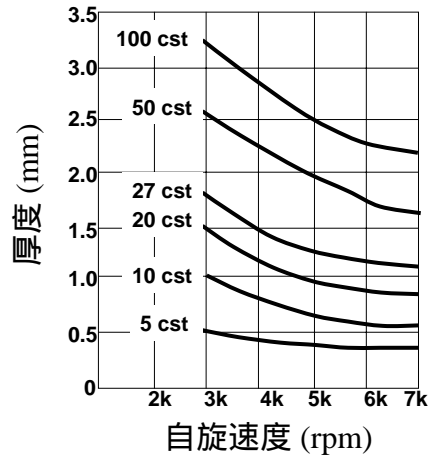
17

黏度

- 流體黏在固體表面
- 在旋轉塗佈時影響光阻厚度
- 和光阻種類及溫度有關
- 需高速自旋速度以達均勻塗佈

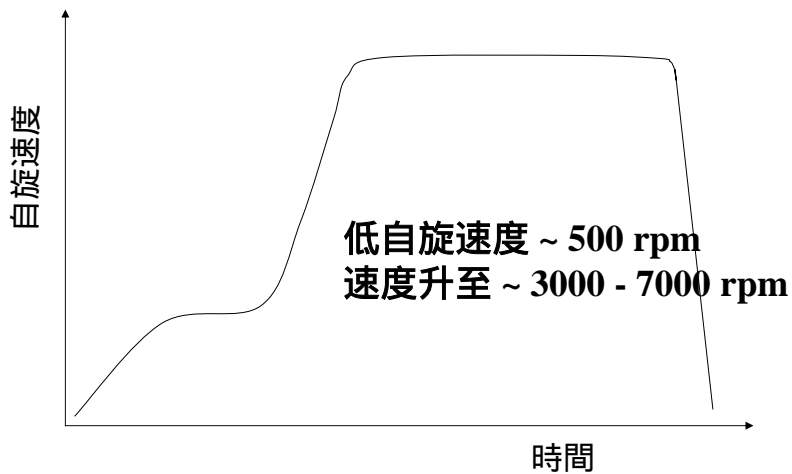
18

光阻厚度與自旋速度及黏度之關係



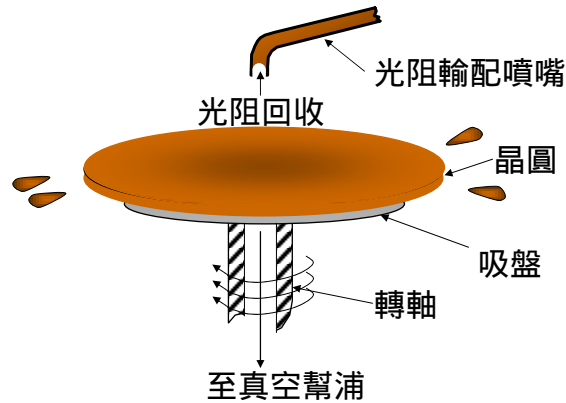
19

動態輸配自旋速度



20

光阻旋轉塗佈



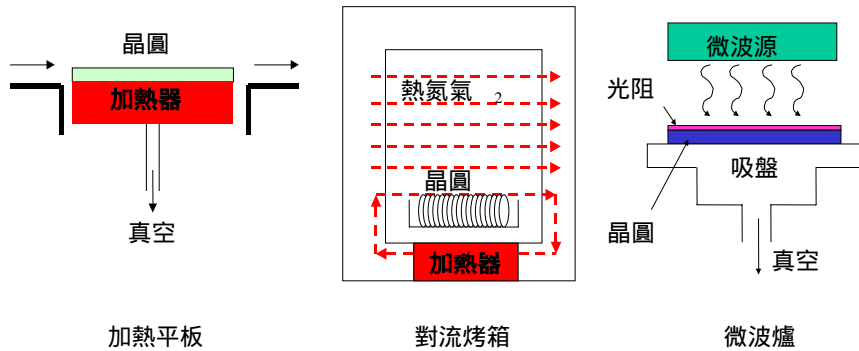
21

軟烘烤

- 驅除光阻中大部分之溶劑
- 溶劑幫助形成一光阻薄層，但會吸收輻射及影響附著力
- 軟烘烤時間及溫度由matrix evaluations所決定
- 過度烘烤：聚合作用，較差的光敏感性
- 烘烤不足：影響附著力及曝光

22

烘烤系統



23

對準及曝光

- IC製程中最具決定性之步驟
- IC廠房中最昂貴的工具（步進機）
- 最具挑戰性的技術
- 決定最小圖案尺寸
- 當前為 $0.18 \mu\text{m}$ 且將推展至 $0.13 \mu\text{m}$

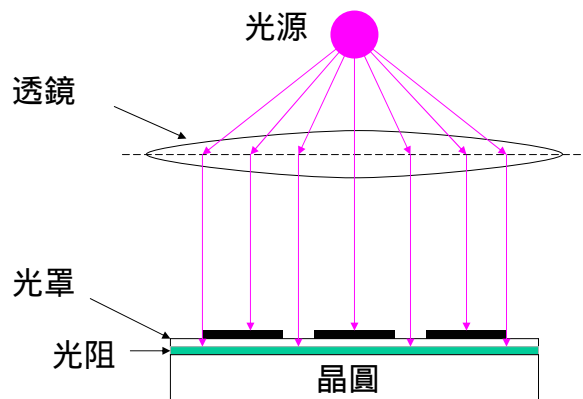
24

對準及曝光工具

- 接觸式印像機
- 鄰接式印像機
- 投影式印像機
- 步進機

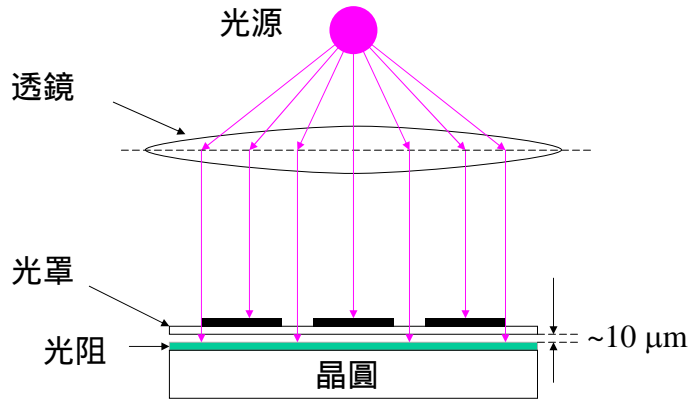
25

接觸式印像機



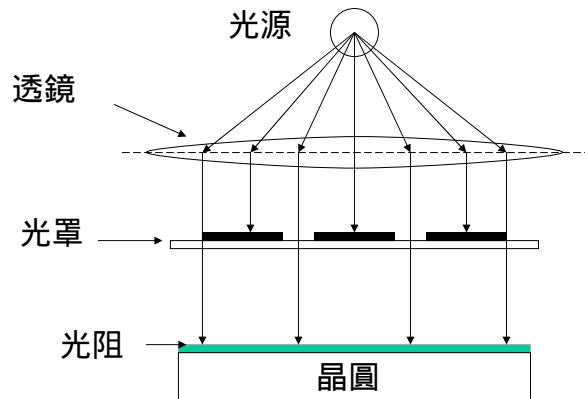
26

鄰接式印像機



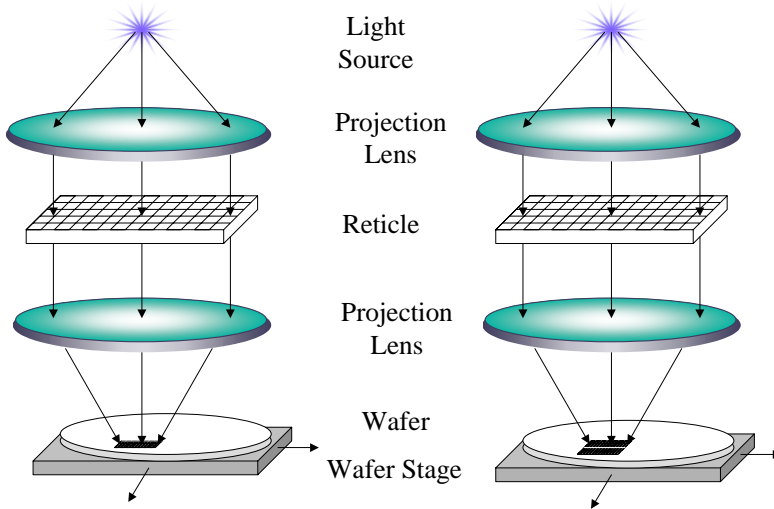
27

投射式系統

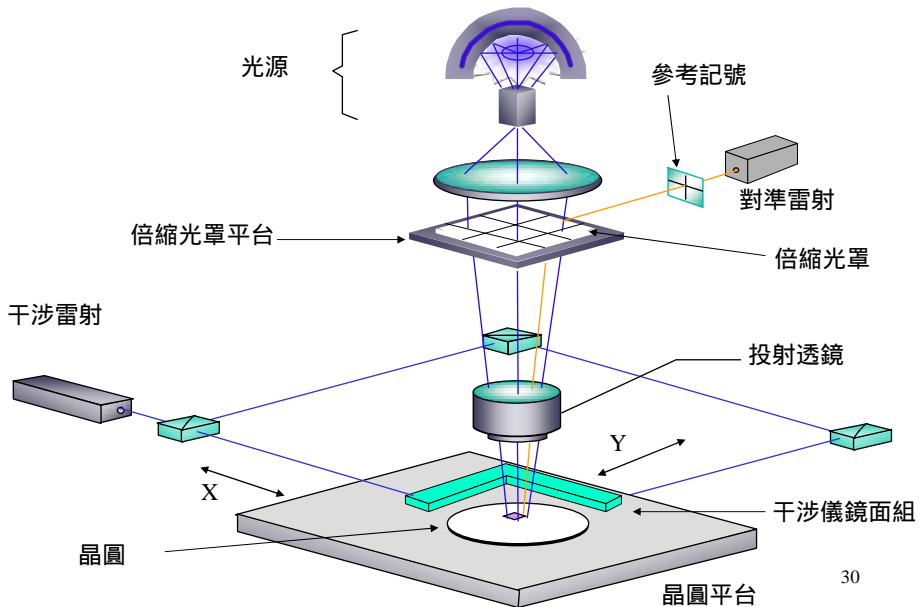


28

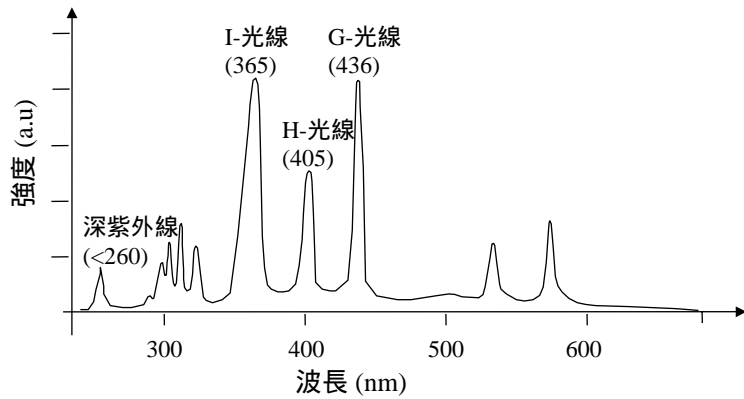
步進式對準/曝光



步進式對準/曝光



水銀燈之光譜



31

	名稱	波長 (nm)	所應用的圖形尺寸 (μm)
水銀燈	G-line	436	0.50
	H-line	405	
	I-line	365	0.35 to 0.25
準分子雷射	XeF	351	
	XeCl	308	
	KrF (DUV)	248	0.25 to 0.15
	ArF	193	0.18 to 0.13
氟雷射	F₂	157	0.13 to 0.1

32

顯影

- 顯影劑溶解光阻軟化之部分，並將光罩或倍縮光罩上的圖案轉到光阻上
- 三個基本步驟: 顯影, 洗滌, 旋乾

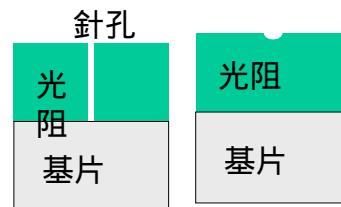
	正光阻	負光阻
顯影劑	TMAH	二甲苯
洗滌	去離子水	乙酸丁脂

•TMAH ((CH₃)₄NOH).

33

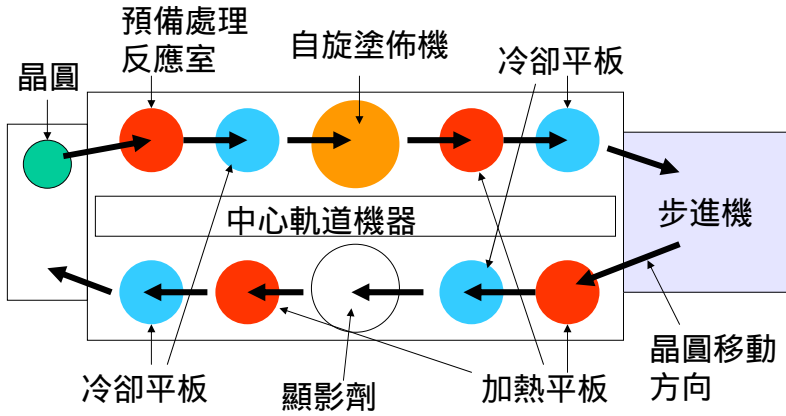
硬烘烤

- 蒸發所有光阻中的溶劑
- 增加抗蝕刻及佈植能力
- 增加光阻和表面的附著力
- 聚合反應並穩定光阻
- 光阻流動並填充針孔
- 硬烘烤溫度: 100 到 130 °C
- 烘烤時間約 1 至 2分鐘



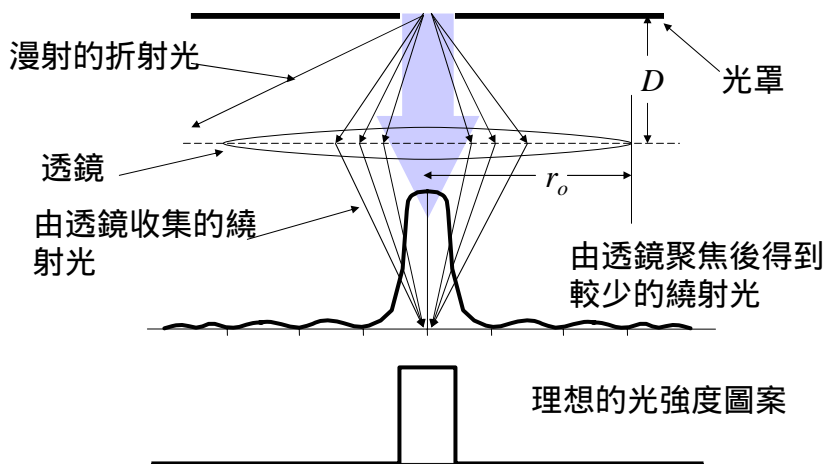
34

晶圓軌道機-步進機整合系統



35

經透鏡的繞射光



36

數值孔徑

- NA 代表一透鏡收集繞射光之能力
- $NA = 2 r_0 / D$
 - r_0 : 透鏡之半徑
 - D : 光罩與透鏡兩物體間的距離
- 具有較大 NA 之透鏡能捕捉較高階的繞射光並獲得較清晰的影像

37

解析度

- 可達到且可重複之最小圖案尺寸
- 由光波長及系統的數值孔徑決定。解析度可表示為

$$R = \frac{K_1 \lambda}{NA}$$

K_1 為系統常數, λ 為光波長, $NA = 2 r_0 / D$,
為數值孔徑

NA : 透鏡收集繞射光的能力

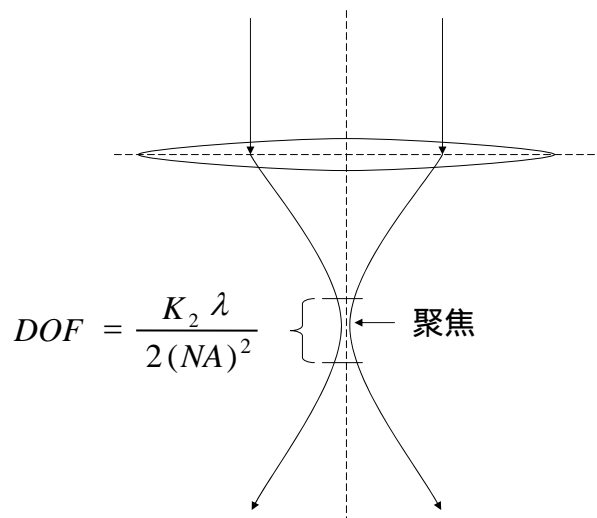
38

改善解析度

- 增加 NA
 - 更大的透鏡, 可能太貴或是不實際
 - 減少 DOF 及造成製程困難度
- 降低波長
 - 需開發新光源, 光阻及設備
 - 降低波長的限制
 - UV 到 DUV, 到 EUV, 甚至 X-Ray
- 降低 K_1
 - 相轉移光罩

39

景深



40

表面平坦化之要求

- 較高的解析度需要
 - 更短的 λ
 - 更大的 NA .
- 兩者皆減少 DOF
- 晶圓表面必須高度平坦化
- 對 $0.25\ \mu\text{m}$ 圖案，CMP 是必須的

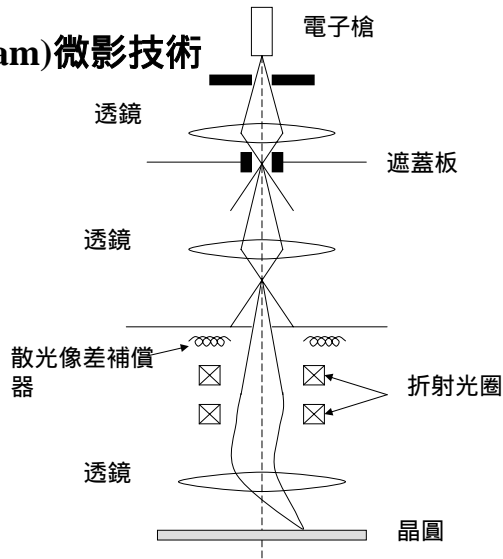
41

I-光線及深紫外線

- 水銀 I-光線，365 nm
 - 通常在 $0.35\ \mu\text{m}$ 微影使用
- DUV KrF 準分子雷射，248 nm
 - $0.25\ \mu\text{m}$, $0.18\ \mu\text{m}$ 及 $0.13\ \mu\text{m}$ 微影
- ArF 準分子雷射，193 nm
 - 應用: $< 0.13\ \mu\text{m}$
- F_2 準分子雷射，157 nm
 - 仍處 R&D， $< 0.10\ \mu\text{m}$ 應用

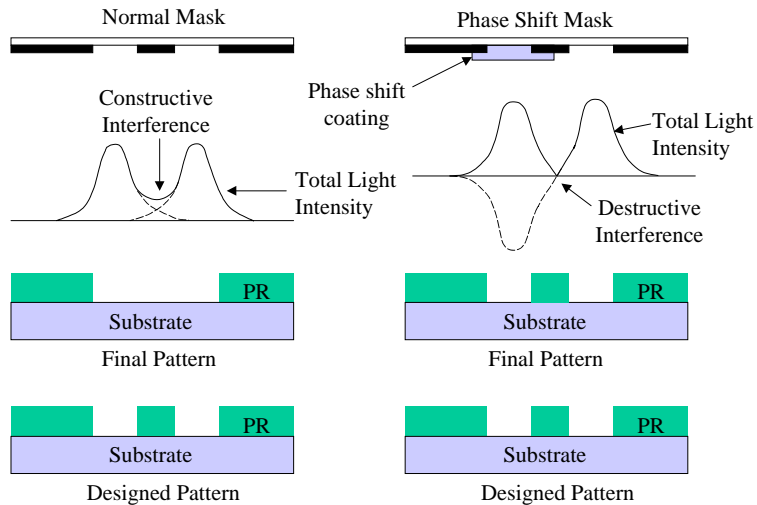
42

- 極紫外線 (EUV) 微影技術
- X光微影技術
- 電子束 (E-beam) 微影技術



43

相位移光罩圖案化



44