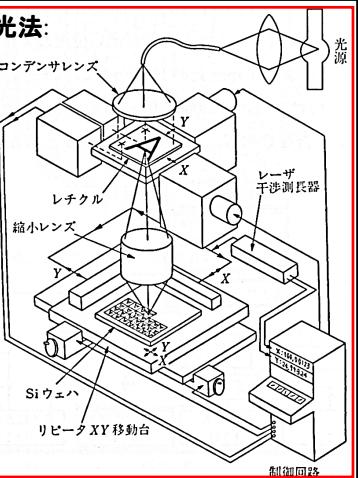


前回の復習: 縮小投影露光法:

1ショット毎にウェハーを移動するステッパー(SR)装置と、細長い露光領域を持ちレチクル(マスク)とウェハーを同期させて移動させるスキャナー(SS)装置がある。

ArEクシマレーザー($\lambda=193\text{nm}$)の1/4倍縮小では $l_m=100\text{ nm}$ 程度の解像度が得られる。変形照明、多重露光、液浸技術等の解像力向上技術が開発されている。



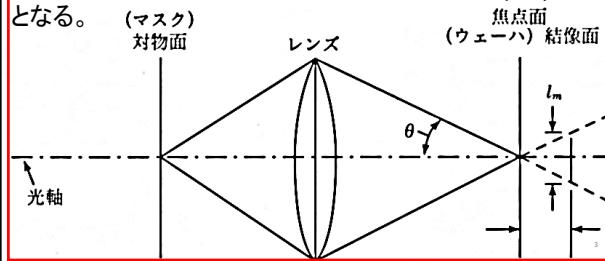
前回の復習: 投影露光装置の解像度: 解像度 l_m は、

$$l_m = \frac{k_1 \lambda}{NA}, \quad (NA \equiv \tilde{n} \sin \theta : レンズの開口数)$$

\tilde{n} :屈折率, k_1 :比例定数

となる。また、焦点深度 DOF は、

$$DOF = \frac{l_m/2}{\tan \theta} \cong \frac{l_m}{2 \sin \theta} \cong \frac{k_1 \lambda}{2NA \sin \theta} \cong \frac{k_1 \tilde{n} \lambda}{2(NA)^2},$$



前回の復習: フォトレジスト 現像時に感光した部分が溶媒に溶けるポジ型と、感光した部分が溶媒に不溶になるネガ型がある。

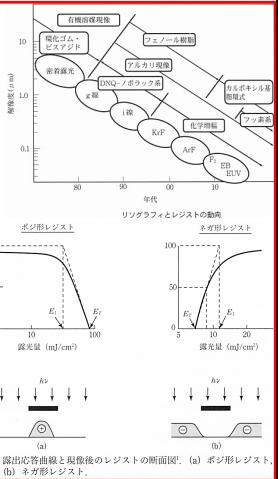
フォトレジストは、露光装置の短波長化に対応して、様々なものが開発されてきた。

フォトレジストのコントラスト比 γ は、

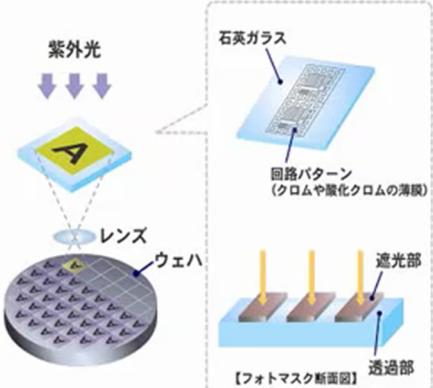
$$\gamma = 1/\ln(E_T/E_1) \quad (\text{ポジ}),$$

$$\gamma = 1/\ln(E_1/E_T) \quad (\text{ネガ}),$$

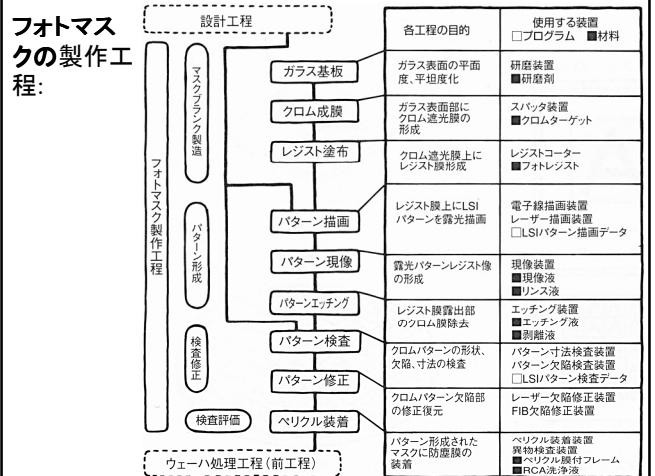
と定義される。 γ が大きい程コントラストの良いシャープな回路パターンが作れる。

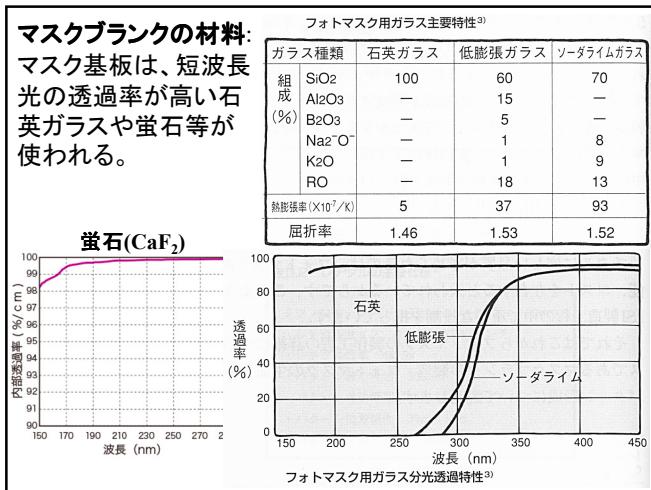


フォトマスクの役割:

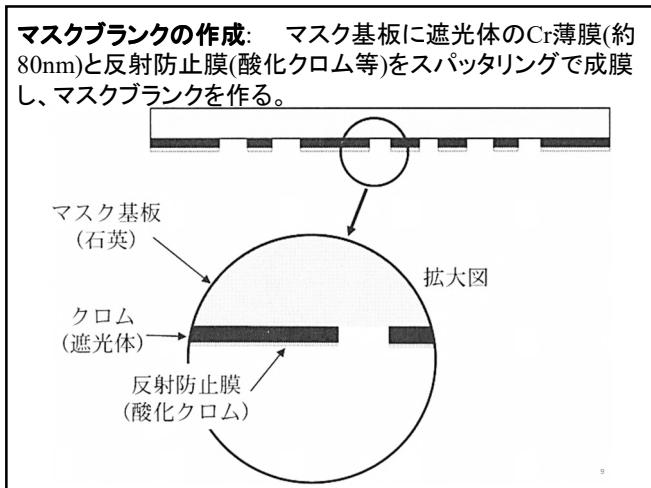


フォトマスクの製作工程:



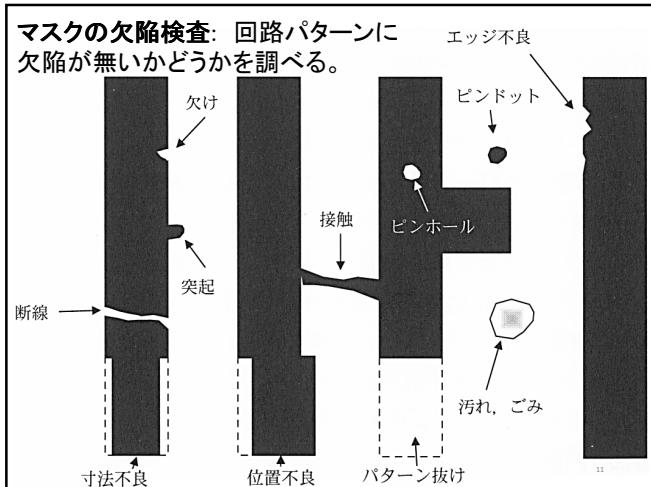
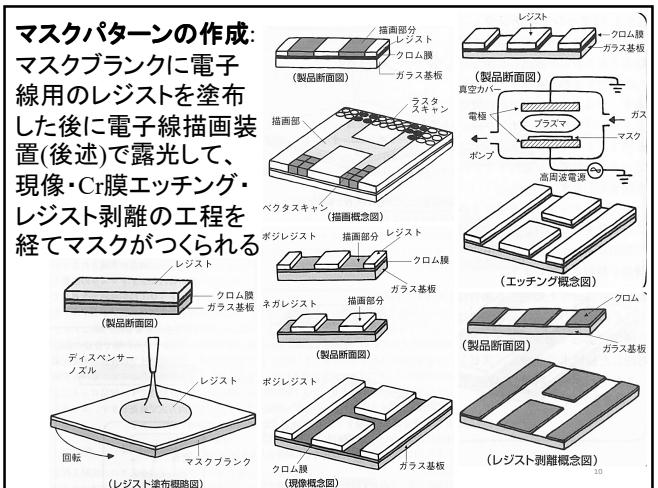


(余談) 萤石レンズ

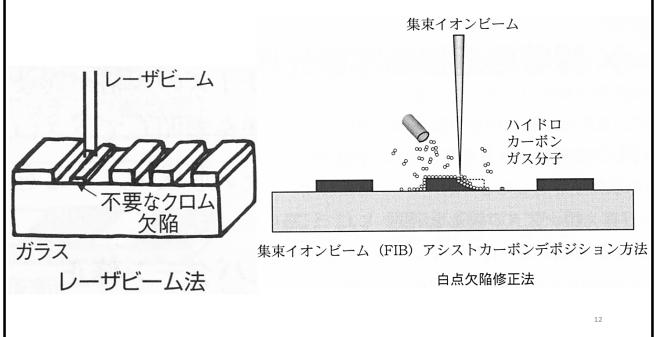


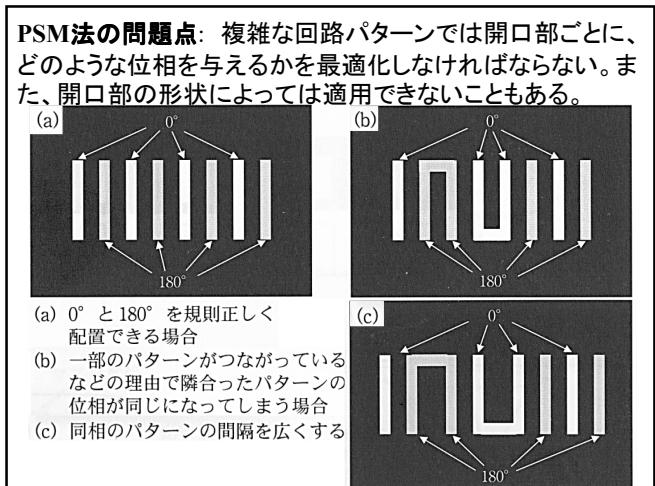
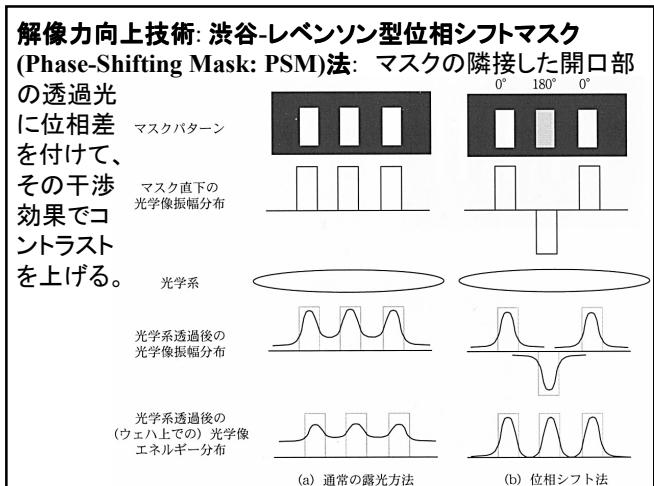
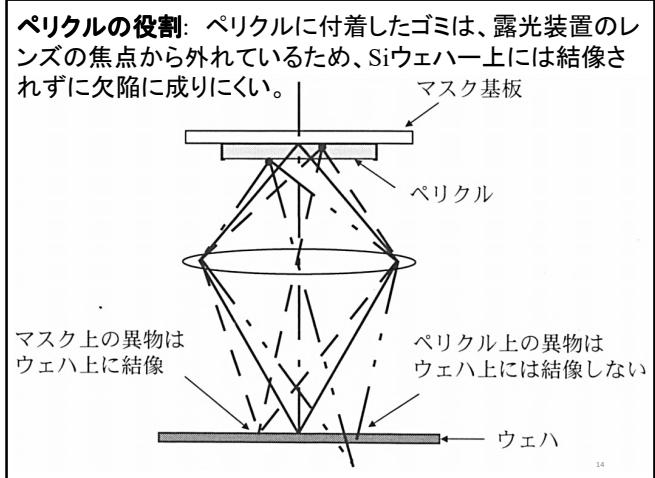
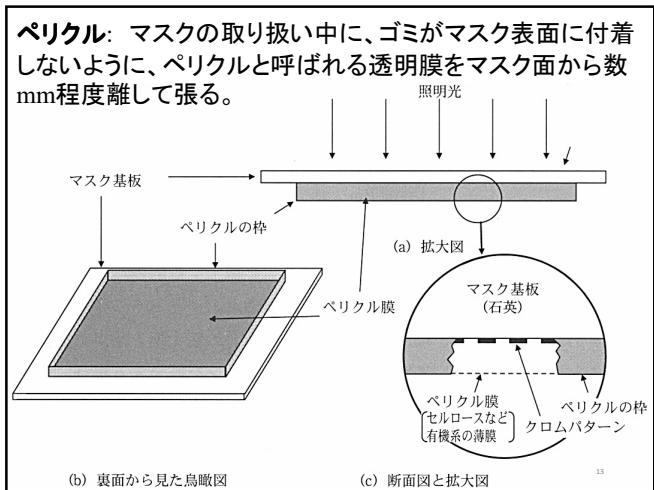
マスクパターンの作成:

マスクブランクに電子線用のレジストを塗布した後に電子線描画装置(後述)で露光して、現像・Cr膜エッチング・レジスト剥離の工程を経てマスクがつくられる



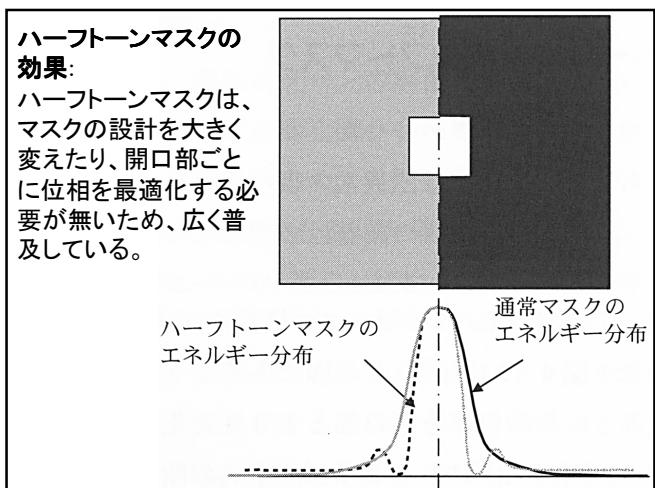
マスクの修正技術: 回路パターンに不要な遮光体(Cr)が残っている場合には、レーザービームで削除する。一方、必要な遮光体が欠けている場合には、集束イオンビーム・アシスト・カーボン・デポジション法で炭素を堆積させる。

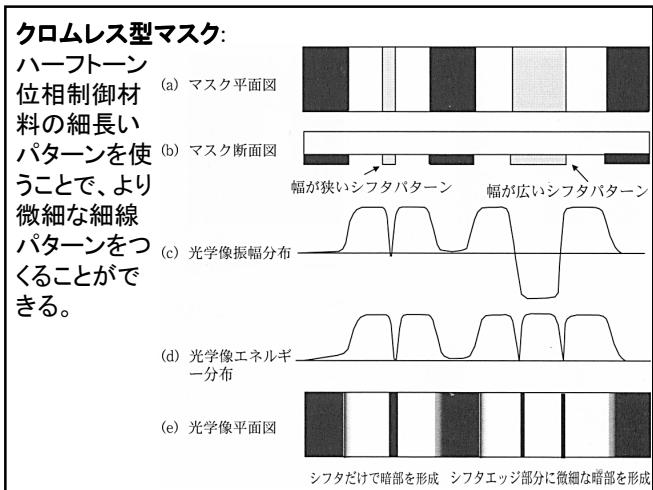




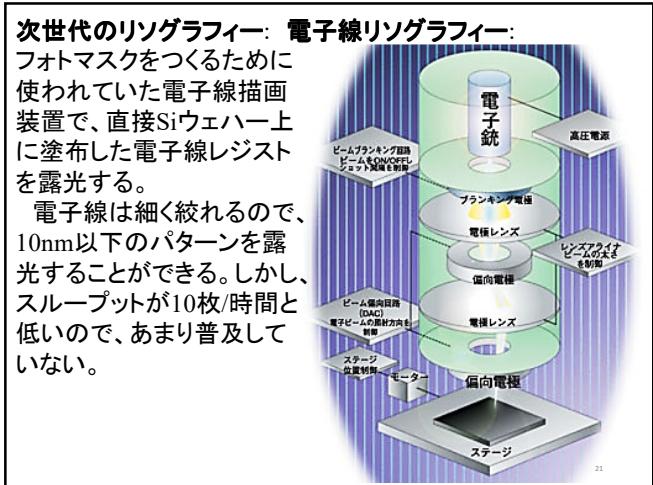
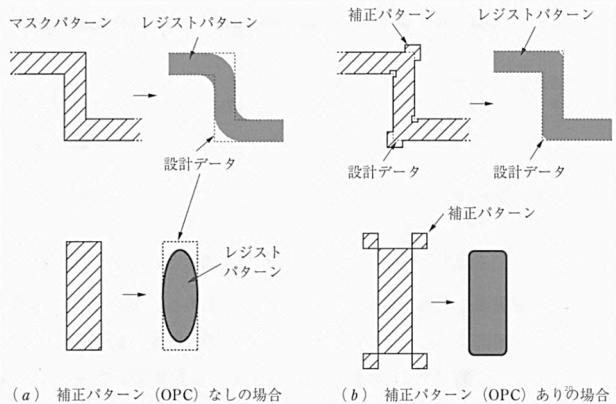
ハーフトーン型位相シフトマスク法:
通常の遮光体(Cr)をハーフトーン材料に変更する。ハーフトーン材料は、透過光の位相を180°回転させてレジストが感光しない程度の強度だけ透過させるので、開口部の透過光との干渉効果でコントラストが上がる。

ハーフトーン位相シフトマスクの遮光体材料							
波長 機能	i線 (365 nm)			KrF (248 nm)		ArF (193 nm)	
位相制御	SiO ₂	MoSiO	MoSiON	CrFO	MoSiO	MoSiO	TaSiO
透過率制御	Cr			Cr			Ta

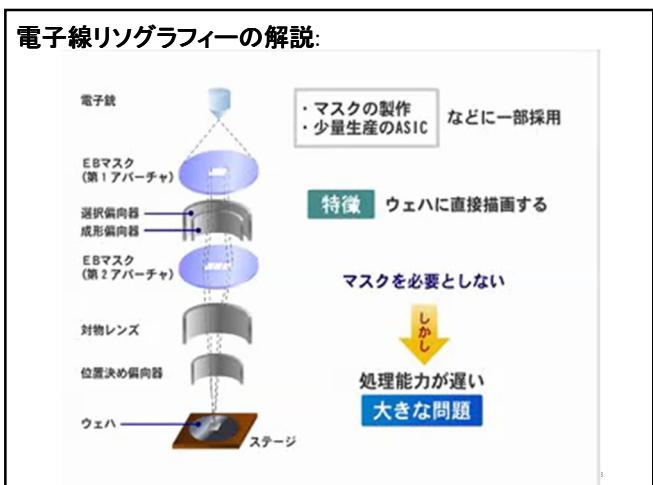
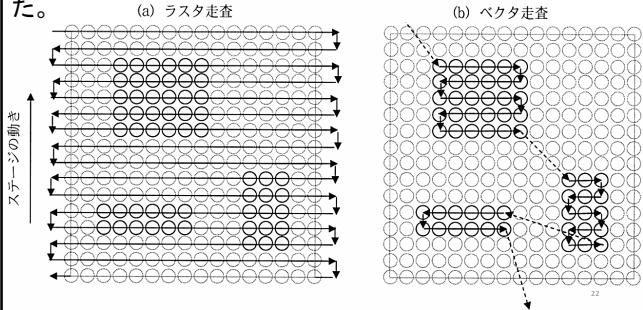




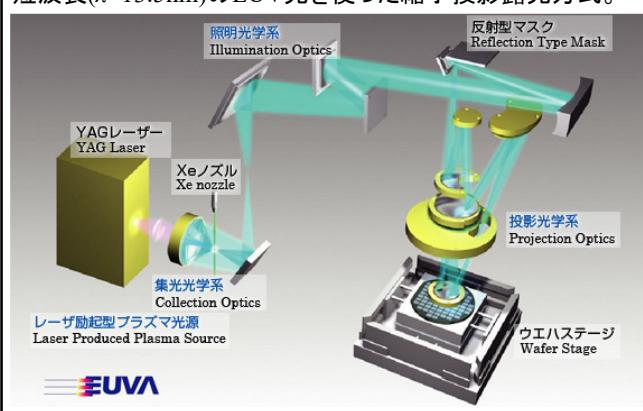
光学近接補正(OPC: Optical Proximity Correction)法:
マスクパターンにあらかじめ補正を施しておく。

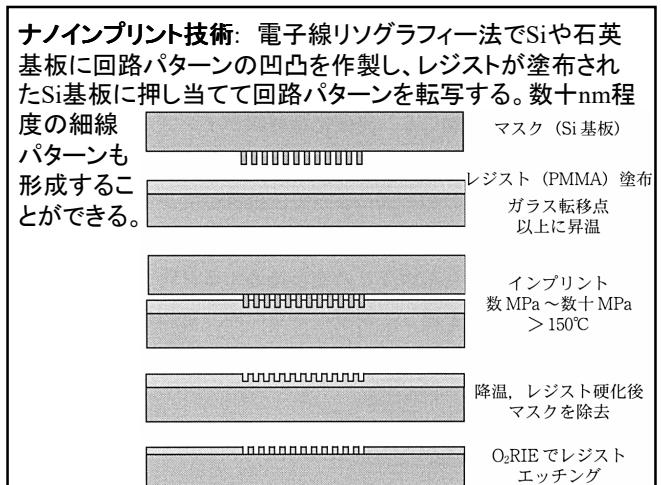
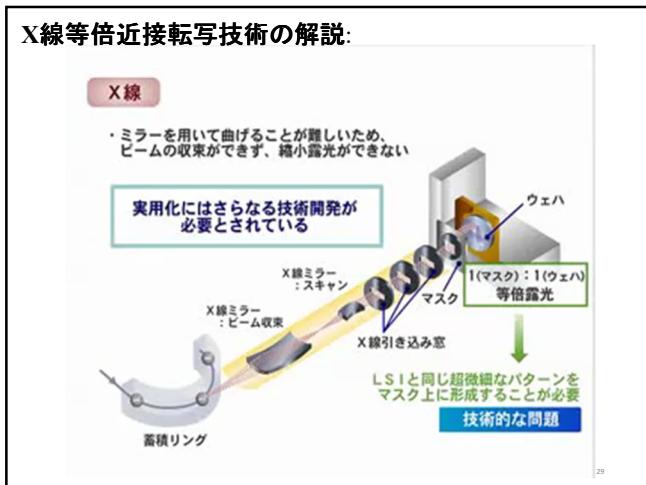
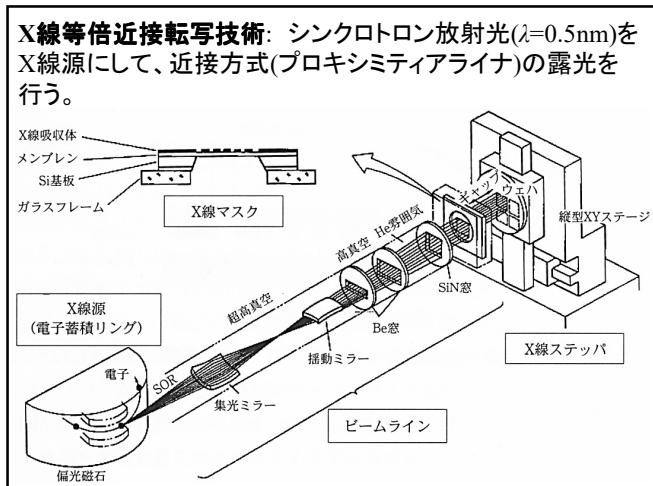
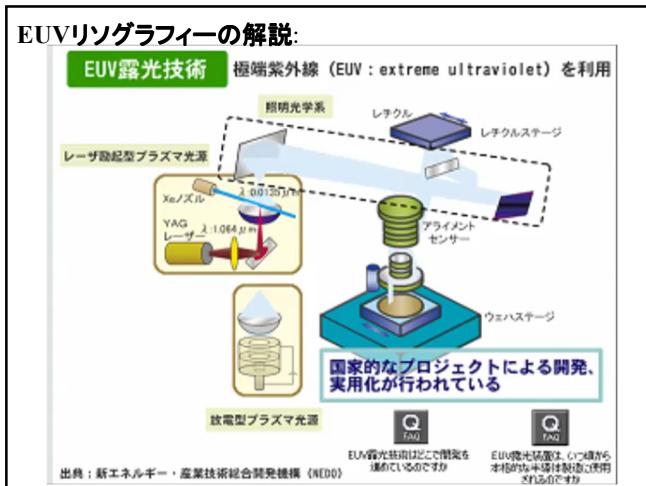
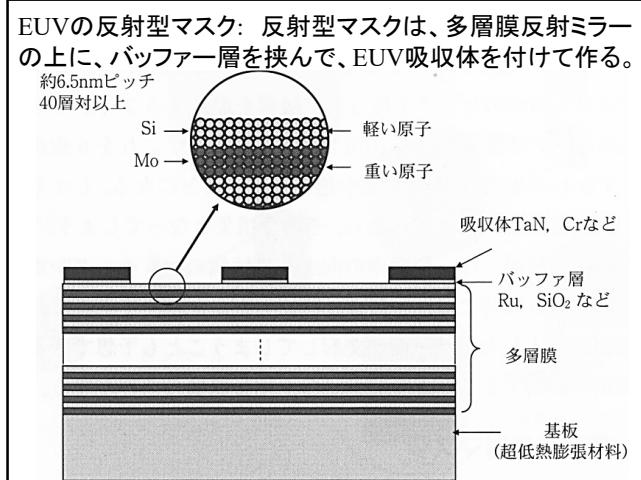
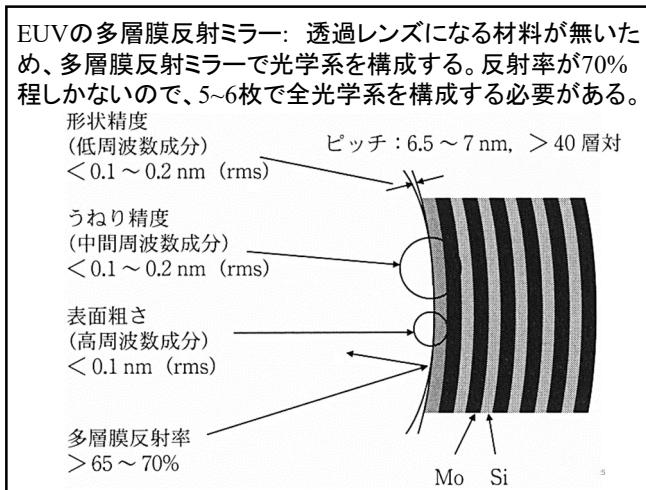


電子線描画装置のスループットの向上方法: 全てのパターンを細く絞った電子線で塗りつぶす方式には、ラスタ走査型とベクタ走査型がある。パターン数が少ない場合には、ベクタ走査型の方がスループットが上がる。ベクタ走査型は、成形絞りを使って一括露光する固定成形ビーム型へと発展した。

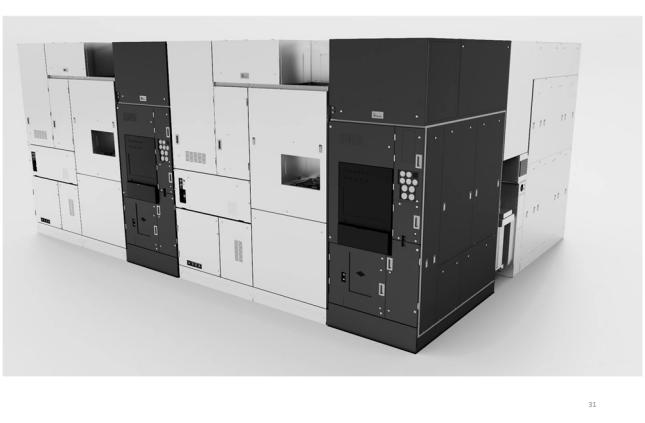


遠紫外線(Extreme Ultra-Violet: EUV)リソグラフィー:
短波長($\lambda=13.5\text{nm}$)のEUV光を使った縮小投影露光方式。



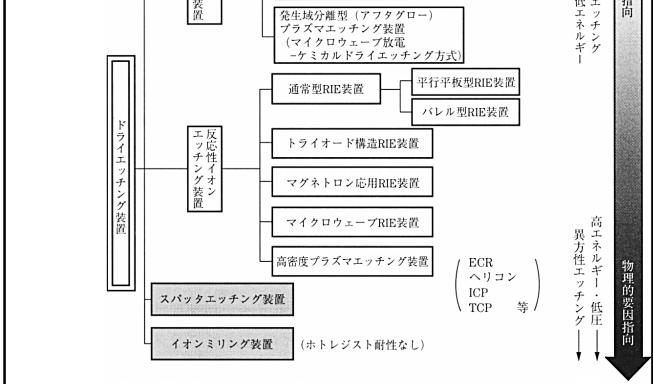


ナノインプリント装置:

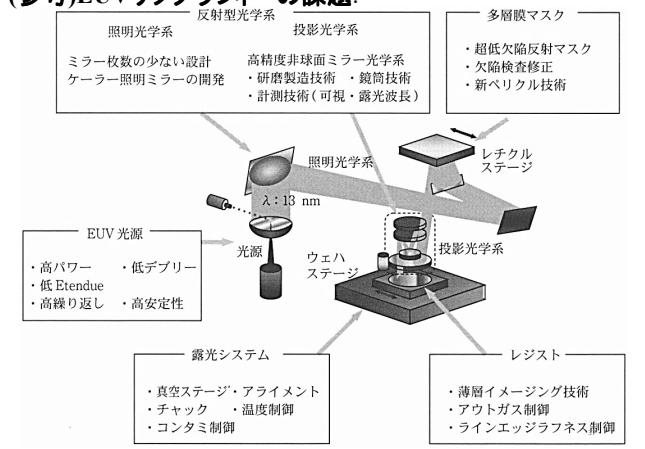


31

次回の予告: ドライエッティング:



(参考)EUVリソグラフィーの課題:



(参考)紫外線硬化型レジストのナノインプリント技術:

