



EUVリソグラフィ 研究開発センター

(Center for EUV Lithography)

2010年10月開設



兵庫県立大学

高度産業科学技術研究所



1. 挨拶

兵庫県立大学高度産業科学技術研究所では、1995年開設当初から極端紫外線リソグラフィ（EUVL）の研究を進めてきた。特に、世界に先んずる大面積露光可能な露光機の開発に力を注ぎ、2001年にはASETとの共同研究にて、40 nmの微細パターン形成に成功した。翌年米国EUVLLCでも39 nmのパターン形成を発表した。これらの成果をもって、2002年にIntelのMoore氏は今後のデバイス量産技術としてEUVLの導入を決定し、以後、露光機メーカーによる装置開発、マスク・レジストの開発が進められた。



その後、マスクに関しては、2002年から2007年までの科学技術振興機構の戦略的創造研究（CREST）にて、マスク検査のためのEUV顕微鏡を独自に開発した。この装置は、パターン検査とブランク検査の双方同時に検査できる世界で唯一の装置であり、各種の試料評価により、マスク欠陥についての多くの知見を得ている。また、2008年からは22 nm世代以降の検査装置を開発すべく、これまでとは180度発想を変えたレンズレスなシステムの開発を、CRESTのテーマとして、理化学研究所、大阪大学との共同研究で進めている。

レジストに関しては、2000年からEUV光照射時のレジストからのアウトガスの評価を進め、材料とカーボンコンタミなどに関して多くの成果を残してきた。さらに、今後の22 nm世代、16 nm世代用のレジスト評価のためのEUV干渉露光装置の開発を進め、現在のところ15 nmのパターン形成を実証している。

EUVLのマスクとレジストの供給は全世界レベルでも日本企業の占有率が高く、マスクは100%、レジストも70%を占めている。

こうした現状を踏まえ、兵庫県立大学では、「EUVリソグラフィ研究開発センター」を設置し、今後のEUVLによるデバイス開発を支援するために、これまでニュースバルに構築した設備を一般開放し、国内外の多くの企業に利用して戴きたく整備を進めた。これにより兵庫県立大学が次世代半導体デバイスの開発に大きな役割を果たすことができると考えている。

平成23年9月 センター長 木下博雄

2. 利用可能な設備

EUVLの研究設備はニュースバルBL-3、BL-9、BL-10に設置している。

以下に利用可能な設備を示す。

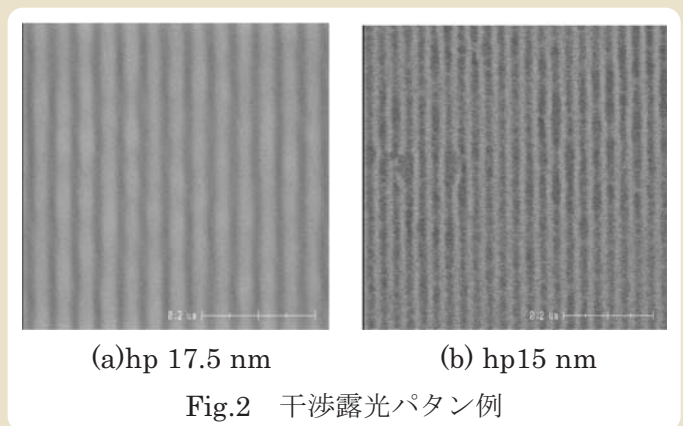
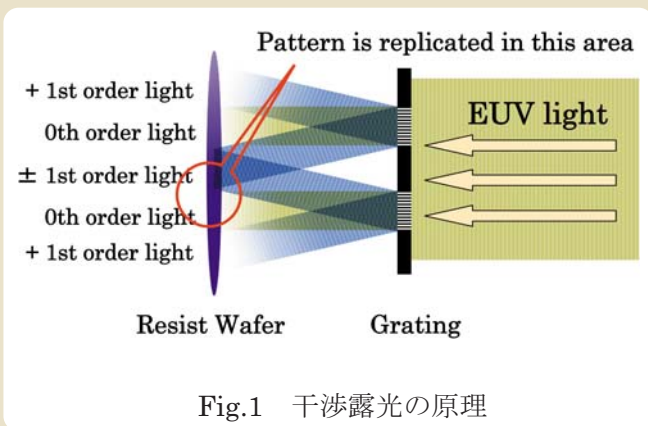
- 1) 10 nm世代のレジスト開発のためのEUV干渉露光系（BL-9）
- 2) EUV顕微鏡を用いたマスク観察：吸収体パターンとブランク内の位相欠陥観察（BL-3）
- 3) 多層膜マスクの反射率評価（BL10）
- 4) 実露光パワー照射でのレジストからのOutgasによるカーボンコンタミ膜厚のIn-situ測定（BL-9）
- 5) コヒーレントスキャトロメトリ顕微鏡による20nm以下のマスク欠陥観察およびCD評価（BL-3）

3. ニュースバルにおける EUVL 関連諸設備の概要

1) 1X nm 世代のレジスト開発のための EUV 干涉露光系

hp 22 nm、hp 16 nm、hp 11 nm 世代のレジスト開発が可能な EUV 干涉露光系の開発を進めている。EUV 干涉露光では、光の回折・干渉を利用するために高精度・高解像度の像が得られ、レジストのみの解像性および LWR を評価することができる。光源には、10.8 m 長のアンジュレーター (LU) を用いているため、空間的な可干渉性が高く、露光領域全面に微細なパタンが形成される。現在ピッチ 60 nm の回折格子まで製作しており、15 nm パタン形成が可能である。

Fig.1 に干涉計の原理を示す。この干涉露光系では 2 窓をもつ透過型回折格子を採用している。それぞれの窓の回折格子により回折された -1 次光と +1 次光が干渉する位置に元の回折格子の倍周期の干涉FRINGEが生成される。このようにウエハ面上に回折格子のピッチの 1/2 のピッチのレジストパタンが形成される。Fig.2 にパタン形成例を示す。



2) EUV マスク顕微鏡を用いたマスク吸収体パタン観察とブランクス内の位相欠陥観察

マスクのゼロ欠陥化は EUVL の重要な課題である。とくに、ブランクス内の位相欠陥は通常の DUV 光を用いた装置では検出不可のため、装置化が急がれている。そこで、2002 年から CREST のテーマとしてマスクパタンを明視野で観察可能なシステムの構築を進め、吸収体パタンの解像度 100 nm、プランクス中のピット型位相欠陥 20 nm ϕ 、高さ 2 nm の検出に成功している。

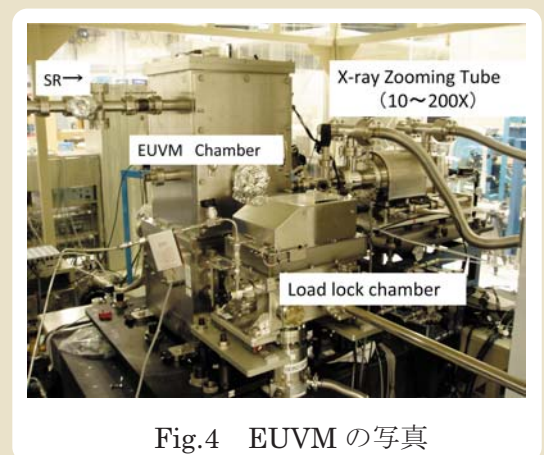
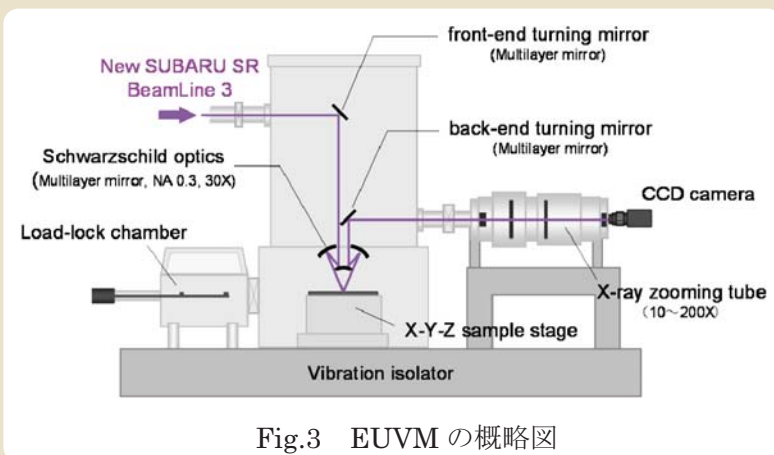
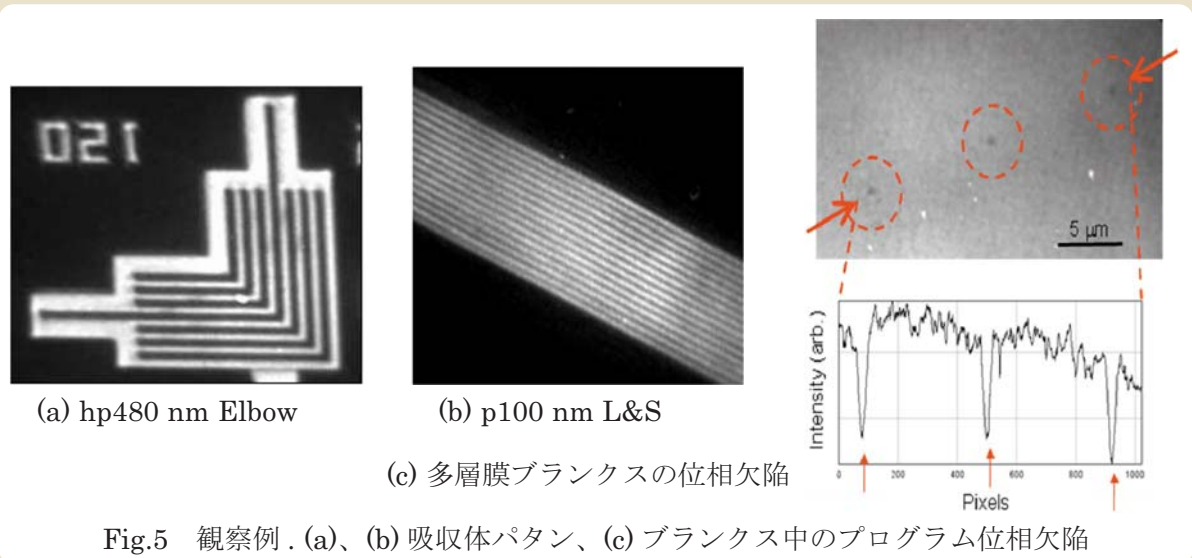


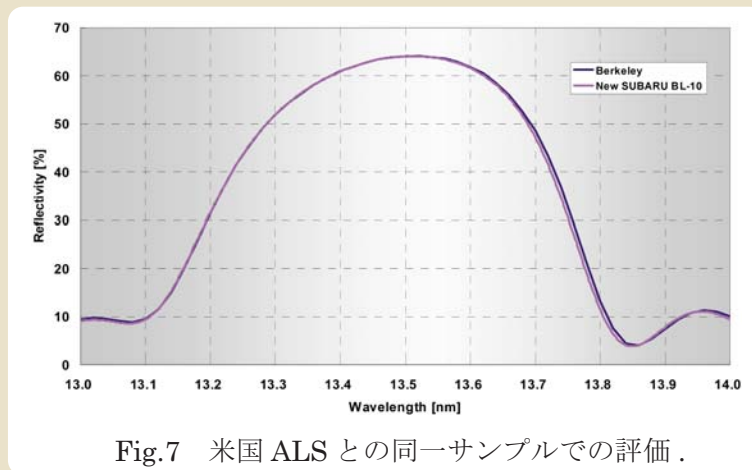
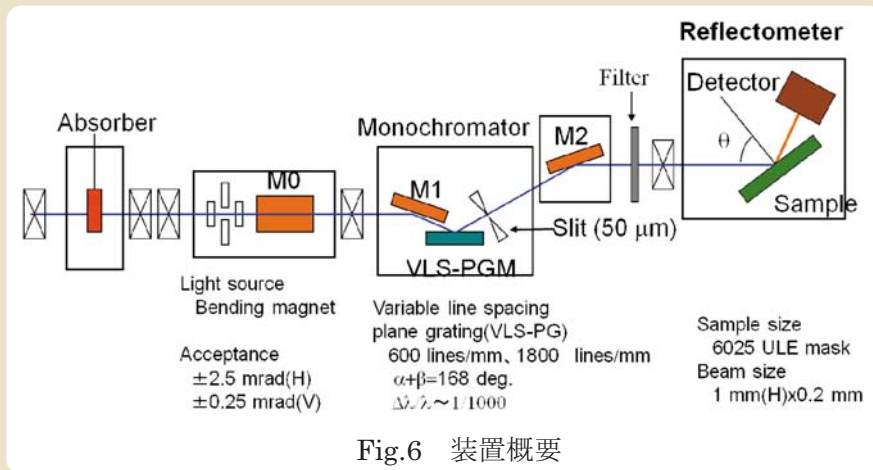
Fig.3 に実験装置概略を示す。Fig.4 に装置写真を示す。装置は放射光施設ニュースバル BL-3 のベンディング光を光源とし、試料観察用のシュバルツシルト顕微鏡 (NA0.3、30 倍)、像観察のためのズーム管 (10 倍～200 倍) からなる。マスクパタンは光電変換素子 CsI 上に結像し、静電レンズで拡大し、MCP 後

の蛍光板にて再度可視光像に変換され、CCDカメラで撮像する。CsIの分解能は $0.3\ \mu\text{m}$ であり、理論的には $20\ \text{nm}$ の欠陥観察が可能である。ロードロックチャンバーには $172\ \text{nm}$ のXeランプが取り付けられており、観察による付着したコンタミの除去が可能である。観察結果をFig.5に示す。



3) 多層膜マスク反射率評価系

多層膜の反射率は、EUVL全体のスループットを決定するため、重要な評価項目である。ニュースバルには2000年からEUVL用多層膜の反射率評価ラインを構築し、ブランクスメーカー2社に開放してきた。本装置の測定性能は、同一サンプルを世界中の機関で比較評価した結果、世界標準と認められている。



4) 実露光パワー照射でのレジストからの Outgas によるカーボンコンタミ膜厚の in-situ 測定

真空中露光時にレジストからの Outgas によるコンタミが光学系やマスクに付着し、反射率の低下やウェハに転写されるレジスト線幅変化をもたらす。そこで、実露光と同等な照射条件でのレジストからのアウトガスに起因するコンタミ膜厚の in-situ での膜厚測定系の開発を進め、同時に 4 重極質量分析計により発生するガス種、真空度を高精度に測定可能な装置を開発した。本研究は EIDEC* からの再委託事業として推進している。

*Euvl Infrastructure DEvelopment Center

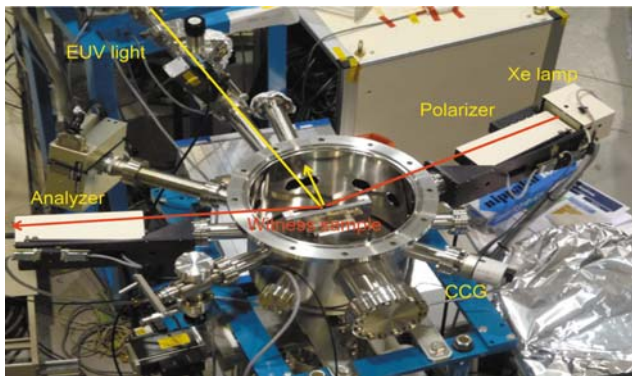


Fig.8 コンタミ評価装置の写真

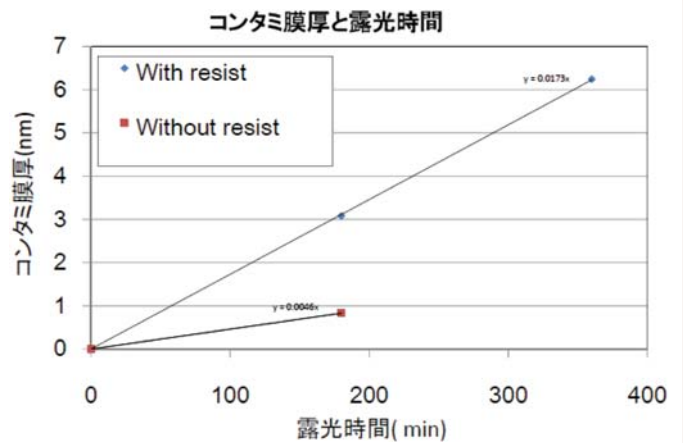


Fig.9 露光時間によるコンタミ膜厚変化

5) コヒーレントスキャトロメトリー顕微鏡 (Coherent Scatterometry Microscope: CSM) の開発

本装置は、EUVL 用マスクの 20 nm 以下の欠陥検出、ならびにパタン CD を高精度に測定するために、従来の顕微鏡光学系によらない新たな検査法として、光学の原理原則に立ち返り、マスクへのコヒーレント光照射時の回折パターンを計算機上で処理することにより、像再生を可能にする高精度な計測法を実現するものである。本研究は 2008 年から CREST のテーマとして理化学研究所、大阪大学と共同で実用化を進めている。また、2011 年からはブランクス位相欠陥のキャラクタライズ可能な装置化も EIDEC の再委託として進めている。

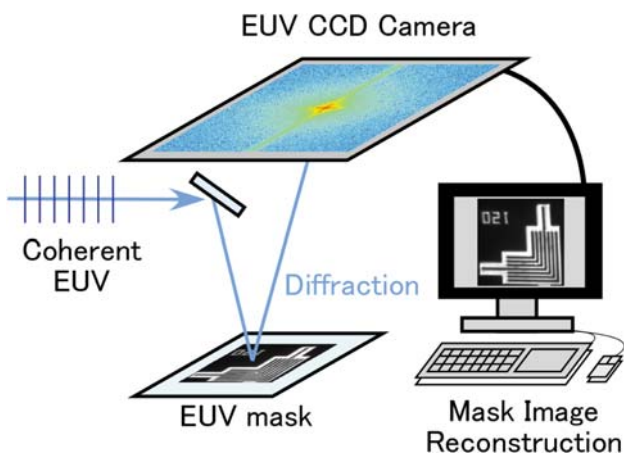


Fig.10 コヒーレントスキャトロメトリー顕微鏡原理図.

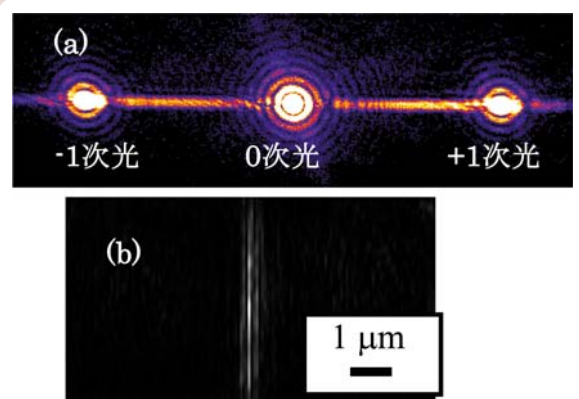


Fig.11 30 nm 幅の線欠陥を有する 22 nm 世代 L/S パタンからの (a) 回折強度と (b) 再生した欠陥画像.

4. 利用に当たって

利用ならびに相談はセンターに直接連絡ください。

兵庫県立大学 ニュースバル内

EUV リソグラフィ研究開発センター

〒 678-1205

兵庫県赤穂郡上郡町光都 1-1-2

電話：0791-58-2546、FAX：0791-58-2504

事務取扱担当：山本 真子 yamako@lasti.u-hyogo.ac.jp

研究スタッフ



木下教授



渡邊准教授



原田助教



山本真子

5人の客員研究員



理研 永田 豊



NTT-AT 竹中久貴



阪大 高橋幸生



理研 初井宇記



神奈川大 工藤宏人

研究室学生



多田将樹



山口裕也



浦山拓郎



中筋正人



時政明史

外来研究員



関 浩之



松田直大

研究補助員