

## 4 EUVコンタミネーション評価ライン (BL18; 株式会社ニコン)

### 1. はじめに

ハーフピッチ30nm以下の半導体回路パターンの焼き付けを目的として、EUV (Extreme Ultraviolet) 光を利用したEUV露光装置の開発が進められている。EUV光はすべての物質に強く吸収されるため屈折光学系を使用することはできず、また物質の屈折率が1に近い場合光学系を多層膜反射鏡で構成する必要がある。波長13.5nmのEUV光を利用する場合、光学系はモリブデン層とシリコン層を交互に積層したMo/Si多層膜を基本構造とした多層膜反射鏡で構成され、気体による吸収を避けるために光学系全体が真空容器内に配置される。EUV光は高い光子エネルギー (~90eV) を有するため、真空容器中に残留したわずかな水分が表面に吸着した状態で反射鏡にEUV光が入射すると多層膜表面の酸化が生じる。光学系を構成する多層膜反射鏡表面の酸化は反射率低下の主要因の一つであり、いかに酸化を防いで反射率を維持するかがEUV露光装置実現に向けた大きな課題である[1]、[2]。

九州シンクロtron光研究センター (SAGA-LS) BL18は2009年4月にビームライン運用を開始し、EUV光の照射により生じる多層膜反射率の変化を測定している。我々は、長期間安定して使用可能なEUV光学系を実現するために、反射率低下速度の照射条件 (照射光強度、残留ガス分圧) 依存性のデータを収集すると共に、EUV光を照射しても酸化し難く反射率低下の小さいCap層 (酸化防止層) の開発を行なっている。

### 2. BL18 (EUV光照射実験装置)

BL18の配置図及びEUV照射装置を図1、図2に示す。蓄積リングの発光点から放射されたSR光は2枚のトロイダルミラー (図1、M1、M2) により平行光となり、M3ミラー (図2) にて試料上に集光される。照射チェンバー内にはEUVセンサーが配置されており、試料に

入射するEUV光強度と試料で反射したEUV強度を検出することにより試料の反射率を評価している。

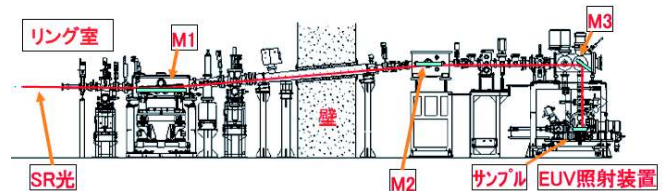


図1 BL18の配置図

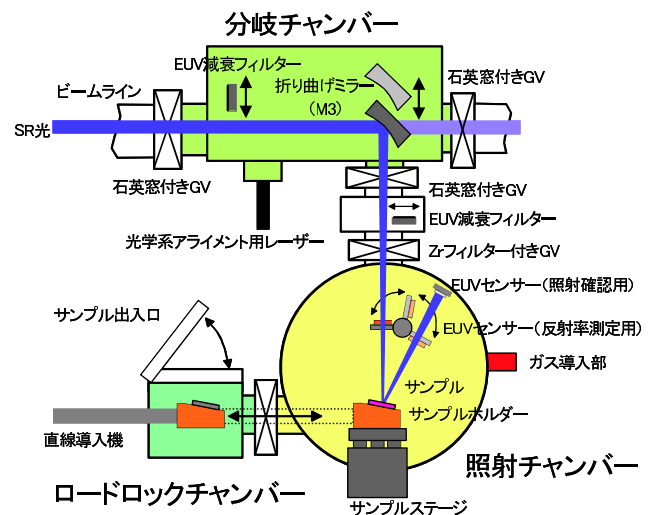


図2 EUV照射装置

### 3. 酸化物Cap層

EUV用多層膜において表面酸化を抑制するためには、雰囲気中の残留水蒸気圧を可能な限り抑えることが大原則であるが、たとえ水蒸気圧を $10^{-5}$ Pa台に抑えたとしてもMo/Si多層膜の酸化による反射率の低下はEUV露光装置光学系において大きな問題となるため、多層膜そのものの耐酸化性を改善することが必要である。我々は酸化物Cap層による耐酸化性向上を目指して試料を作製した。試料は50層対のMo/Si多層膜の表面にそれぞれTiO<sub>2</sub>層、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>層、MoO<sub>3</sub>層、RuO<sub>2</sub>層を成膜したもので、イオンビームスパッタ成膜装置

により成膜した。各層の厚さはいずれも1.5nmである。これらの試料のEUV反射率の初期値を測定すると共に、EUV光を照射したときの反射率の低下速度を評価した。

#### 4. 評価結果と考察

図3に各試料のEUV光照射前の反射率を示す。反射率はCO<sub>2</sub>ガスターゲットLPP光源から輻射される波長13.0nmのラインスペクトルを利用したEUV反射率計により評価した[3]。図中において“Si”と表記されているのは、比較のために評価した酸化物Cap層を付加していない通常のMo/Si多層膜のデータである。

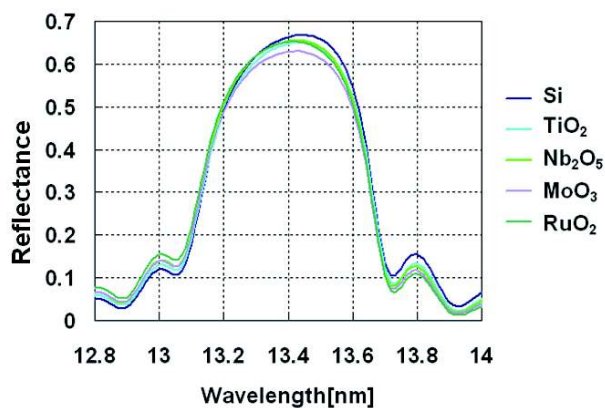


図3 EUV光照射前の反射率

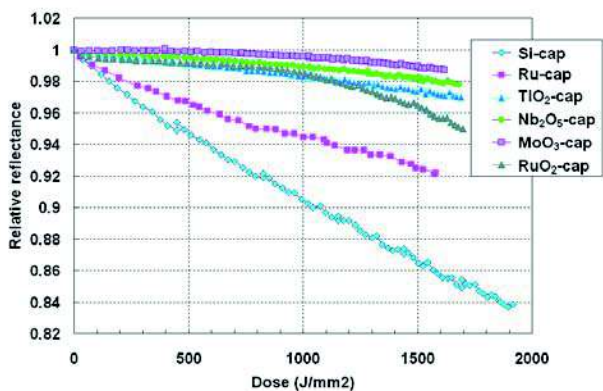


図4 EUV光照射による反射率の変化

EUV光照射実験の結果を図4に示す。EUV光の照射強度は8W/cm<sup>2</sup>であり、照射時のチェンバー内水分圧は1×10<sup>-3</sup>Paである。短時間で耐酸化性評価を行なうために、水分圧は実際のEUV露光装置で想定される分圧よりも高く設定した。

EUV光照射実験の結果から、通常のMo/Si多層膜と比較すると酸化物Cap層を付加することによりEUV光照射による反射率低下幅は縮小し、MoO<sub>3</sub>層、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>層を付加した場合は1/5以下に抑えられることが確認された。一方、酸化物Cap層を付加した場合の初期反射率は付加しない場合よりも若干低く、MoO<sub>3</sub>層の場合は3%以上低下したが、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>層では低下幅は約1%に抑えられた。

#### 5. まとめ

今回の結果から、初期反射率の低下を抑えつつ耐酸化性を向上させるためには、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>層の付加が有効であり、EUV光学系用Mo/Si多層膜のEUV光照射耐性を向上させ安定した露光を実現するCap層材料物質としてNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が有効であることが明らかになった。

#### 6. 謝辞

本研究はNEDOの支援を受けて行なわれた。

#### 参考文献

- [1] S. Bajt et al., “Oxidation resistance of Ru-capped EUV multilayers”, Proc. SPIE 5751, 118, (2005).
- [2] S. Yulin et al., “Mo/Si multilayers with enhanced TiO<sub>2</sub>- and RuO<sub>2</sub>-capped layers”, Proc. SPIE 6921, 692118 (2008).
- [3] N. Kandaka et al., “Development of an EUV reflectometer using a single line emission from a laser-plasma x-ray source”, Proc. SPIE 4343, 599, (2001).

(株) ニコン  
神高 典明