

4 EUVコンタミネーション評価ライン (BL18 ; ㈱ニコン)

1. はじめに

波長13.5nmのEUV (Extreme Ultraviolet) 光を利用して半導体回路パターンの焼付けを行なう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光学系は反射鏡で構成され光学系全体が真空中器内に配置される。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を生じさせる主要な要因の1つであり、酸化の挙動については様々な報告がなされている。(1)、(2)

九州シンクロトロン光研究センター (SAGA-LS) BL18は2009年4月にビームライン運用を開始し、EUV光の照射により多層膜の表面にどのような変化が生じたかを評価している。我々はEUV光照射時のEUV多層膜ミラーの酸化モデルを構築し、BL18で取得した実験データと比較した。

2. EUV照射実験

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することができる。我々は試料にEUV光を照射しながら反射率を測定し、試料反射率の照射dose量依存性を評価した。

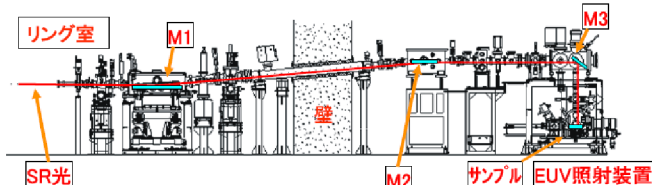


図1 BL18の配置図

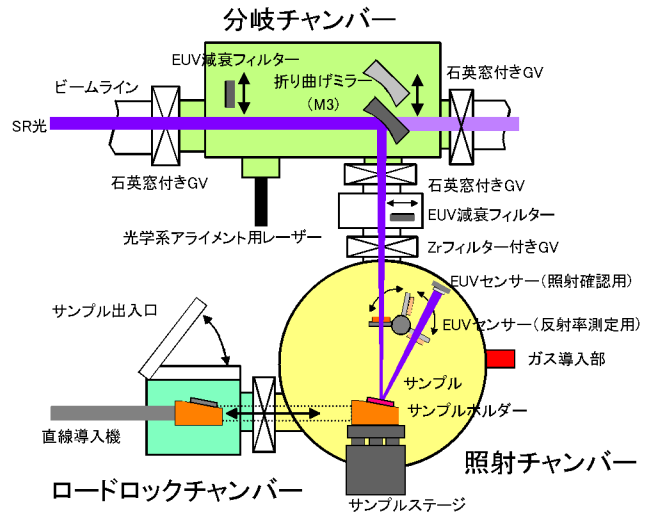


図2 EUV照射装置

3. 多層膜酸化モデル

我々は次の過程を考慮して多層膜の酸化モデルを構築した。[3]

- ①残留水分子の表面への吸着、脱離及び表面拡散
- ②EUV光照射による酸素の解離と2次電子による酸素の解離
- ③酸素の膜中への拡散

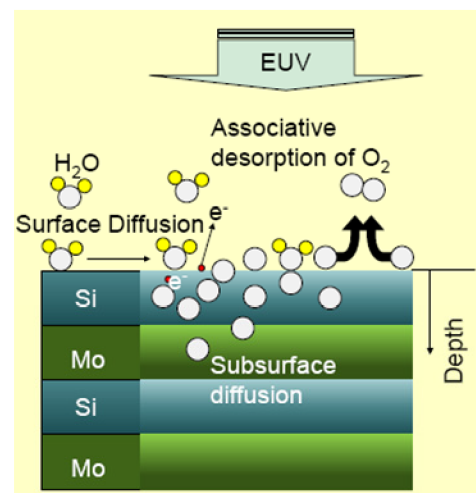


図3 多層膜の酸化過程

この酸化モデルにおいて必要となる水分子の表面吸着エネルギーと膜中の酸素の拡散係数は、実験的に決定する必要があった。図4にMo/Si多層膜にEUV光を照射した際の反射率の変化を示す。EUV光反射率は380分の照射で16%低下した。照射時雰囲気の水分子分圧は 1×10^{-3} Pa、EUV光の照度は 80 mW/mm^2 である。この測定結果に水分子の表面吸着エネルギーと膜中の酸素の拡散係数をパラメータとしてfittingを行い、これらの値を決定した。

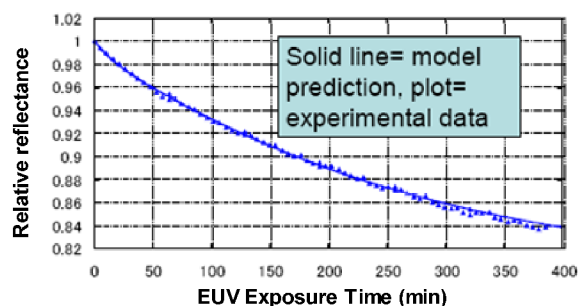


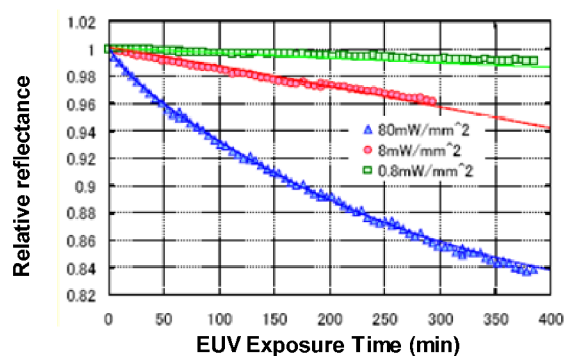
図4 測定結果へのfittingによるパラメータ決定

4. 実験結果との比較

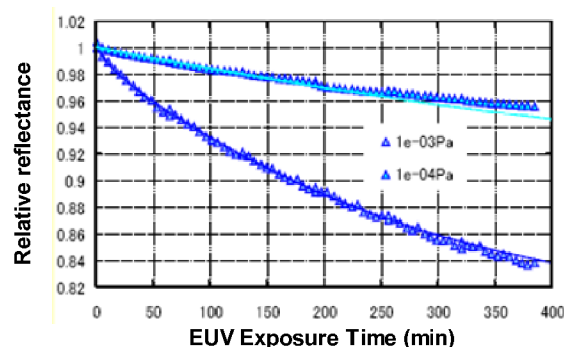
条件を変えて行なったEUV照射実験結果を多層膜酸化モデルによる予想計算結果と比較した。図5に反射率のEUV照射時間依存性を示す。図5(a)はEUV照度を変えた条件、図5(b)は水分圧を変えた条件である。測定点はグラフ中にプロットしており、実線はモデルから計算した反射率の予想結果である。水分子の表面吸着エネルギーと膜中の酸素の拡散係数は酸化モデル構築時に決定した値を使用している。この結果から分かるように、酸化モデルによる反射率変化の予想は複数の条件での実験結果と精度良く一致した。

5. まとめ

EUV光学系用Mo/Si多層膜のEUV光照射時酸化モデルを構築し、酸化によるEUV反射率低下の予想が可能となった。今後はこのモデルの精度向上を図ると同時に、耐酸化性向上を目的としたCap層の開発にモデルを活用していく。



(a) EUV照度依存性



(b) 水分圧依存性

図5 EUV照射実験結果

参考文献

- [1] M. E. Malinowski et al., "Relation between electron and photon caused oxidation in EUVL optics", Proc. SPIE 5040, 477-486 (2003)
- [2] J. Hollenshead et al., "Modeling extreme ultraviolet/H₂O oxidation of ruthenium potic coatings" J. Vac. Soc. Technol. B 24(1), 118 (2006)
- [3] H. Hagiwara et al., "EUVL multilayer mirror oxidation modeling", EUVL Symposium 2012 Brussels, Belgium (2012).

(株) ニコン
神高 典明