

(様式第4号)

極端紫外線露光装置用多層膜ミラー表面の局所構造解析

Local structure analysis of multi-layer mirror for extreme ultraviolet lithography tool.

松成秀一、角谷幸信

Shuichi MATSUNARI, Yukinobu KAKUTANI

株式会社ニコン

Nikon Corporation

1. 概要

TiO₂ 単層膜、TiO₂ 最表面の多層膜ミラー、RuO₂ 最表面の多層膜ミラーについて小角 X 線散乱測定を実施した。それらから面内構造による散乱は観測されず、ナノレベルで面内は均一な構造であることが示された。多層膜ミラーでは周期長起因の回折が観測された。

We measured small angle X-ray scatterings of TiO₂ single layer, multi layer with TiO₂ surface and multi layer with RuO₂ surface at the BL15 in the SAGA Light Source. Their spectrums showed no scattering peaks. It means that layers are homogeneous in nm range. Multi layer showed diffraction peaks which come from the periodic distances.

2. 背景と研究目的：

露光装置はメモリ、中央処理演算装置などの半導体製造に必要な装置で、現在、32nm ノードに向けた次世代の極端紫外線露光装置の開発が進められている。この露光装置には、極端紫外線を反射する Si/Mo 多層膜ミラーが使用されている。これら露光装置用ミラーは使用していると残留水分と極端紫外線による光化学反応で表面が酸化していく問題がある。そこで、TiO₂ や RuO₂ などの酸化物の保護層を最上層につけて酸化防止を行うことが検討されている。しかし、最上層酸化物の種類や、成膜条件によって酸化防止能に差が生じる。この理由として、最上層酸化物に構造上の差があることが考えられる。小角 X 線散乱測定により、面内構造の知見が得られることになる。そこで、今回、単層膜と多層膜を用意して、小角 X 線散乱測定を行った。

3. 実験内容：

(試料)

10×8mmサイズのSi基板上にスパッタ法で作成した以下のサンプルを用いた。

1. TiO₂ 単層膜 (膜厚 20nm)
2. RuO₂ 膜 (膜厚 1.7nm) が最表面に積層された Si と Mo 50 ペアの交互多層膜ミラー

3. RuO₂ 膜 (膜厚 1.7nm) が最表面に積層された Si と Mo 50 ペアの交互多層膜ミラー

(小角 X 線散乱)

九州シンクロトロン光研究センターの BL15 において、小角 X 線散乱測定を実施した。測定条件はエネルギー 8keV ($\lambda=0.155\text{nm}$)、スリット幅 1.0×0.1mm、照射時間 30 分、TiO₂ 単層膜、TiO₂ 最表面多層膜は 0.2 度の斜入射、像を焼き付けるイメージングプレートまでの距離を 190cm、RuO₂ 最表面多層膜ミラーは 0.25 度の斜入射、像を焼き付けるイメージングプレートまでの距離を 75cm とした。

4. 結果、および、考察：

TiO₂ 単層膜について小角 X 線散乱測定を行ったが、散乱が見られず、均一な面内構造であることが示された。(図 1 参照)。

TiO₂ 最表面の多層膜ミラー、RuO₂ 最表面の多層膜ミラーについても小角 X 線散乱測定を行ったが、散乱が見られず、均一な面内構造であることが示された。(図 2 参照)。

しかし、これら多層膜ミラーでは、楕円形状で傾いた形の回折が観測された。これら回折ピークは、サンプルを入射光に対して回転させると、傾き方が変わった。RuO₂ 最表面多層膜ミラーの例を図 3 に示す。90 度ではサンプル表面

に対して水平、180度では0度と逆の傾き、270度では再び水平になった。この回折が、サンプル由来であることが分かる。回折ピークから面間隔を求めると、6.9nmであった。(図4参照) X線回折(CuK α)で、今回用意した多層膜ミラーの周期長を測定すると6.75nmであり、上記の値とほぼ一致する。また、90度方向を見るとサンプル面内(サンプル端から端まで)に周期長が6.67nmから6.84nmに長くなる分布が観察された。90度方向に周期長分布があると0度、180度方向から見たときにこれらが観察されることになり、小角X線散乱像にみえる回折ピークに影響を与えていると思われる。

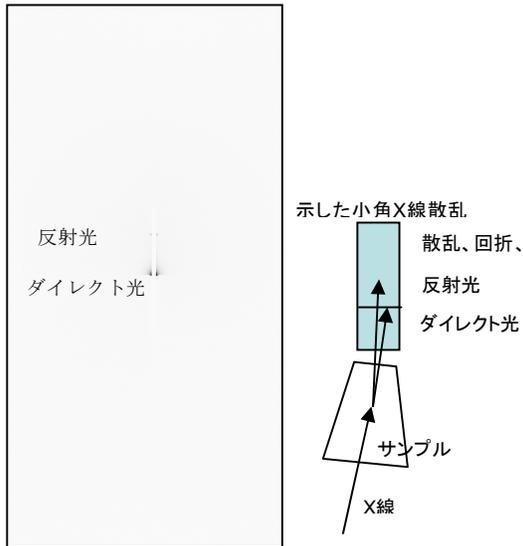


図1 TiO₂単層膜の小角X線散乱像(左右反転) 模式図で示した配置での観察結果。下半分がサンプルになり、中央付近の境目にダイレクト光が見える。その上に反射光が見える。回折・散乱ピークは見えない。

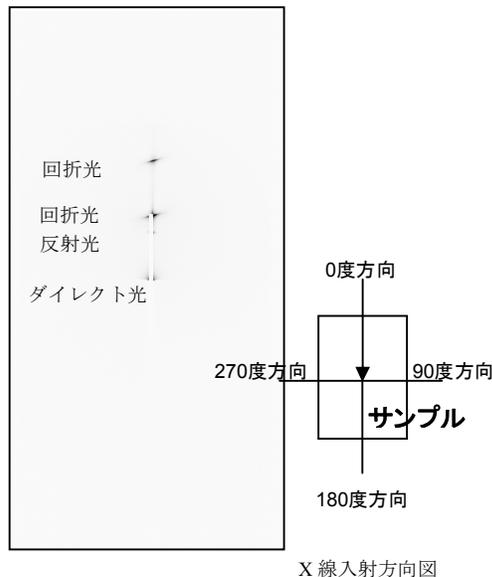


図2 TiO₂表面多層膜ミラーの小角X線散乱像(左右反転) 模式図で示した0度方向からの測定。ダイレクト光、反射光の上に回折ピークが見える。

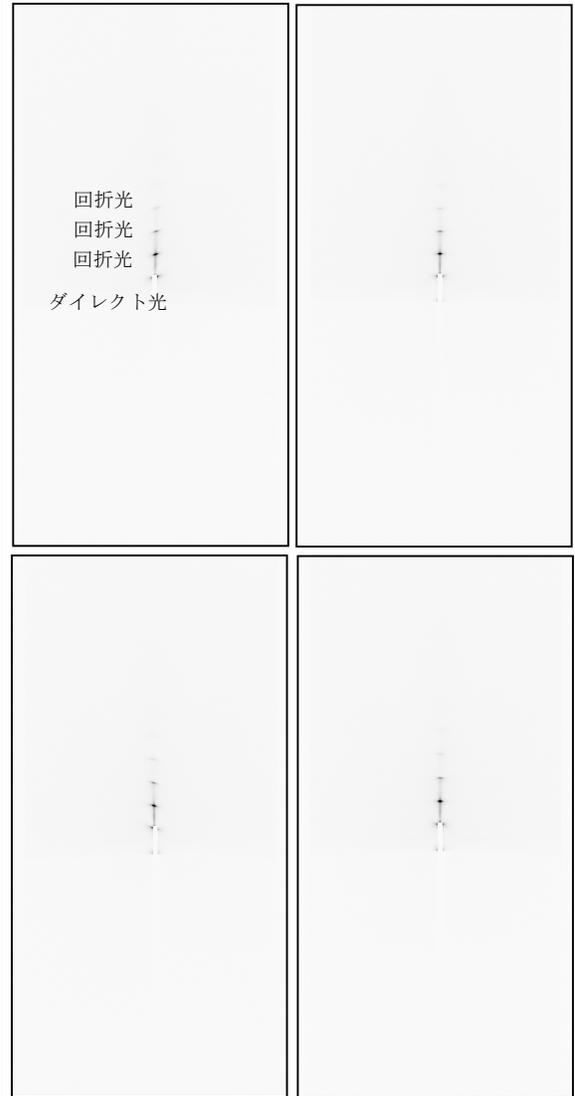


図3 RuO₂最表面多層膜ミラーの小角X線散乱像(左右反転)

左上:0度方向、右上:90度方向、左下:180度方向、右下270度方向から測定。ダイレクト光、反射光の上に回折ピークがあり、X線入射方向(サンプル回転)により傾きが変わる。

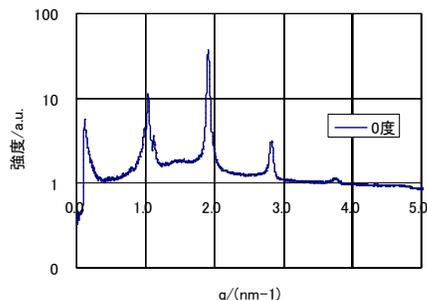


図4 RuO₂ 最表面多層膜ミラーの小角 X 線散乱スペクトル (逆空間での強度分布) 0 度方向から測定。面間隔は 6.9nm。

5. 今後の課題：

今回の小角 X 線散乱測定からサンプル面内が均一構造であることが示された。では、なぜ、最上層酸化物の種類や、成膜条件によって酸化防止能に差が生じるのか、最上層酸化物に構造上の差がないのかを改めて調査していく必要がある。

多層膜サンプルからは回折が見られたが、この様子については更なる解析が必要である。

6. 論文発表状況・特許状況：

特になし

7. 参考文献：

- [1] 第 52 回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集, 30a-YW-10, (2005)
- [2] EUVA 装置プロジェクト 16 年度成果報告書, (2005)
- [3] EUVA 装置プロジェクト 17 年度成果報告書, (2006)
- [4] “Development of Capping Layers on Multi-layer Mirrors for EUV Lithography Tool”, Papers of Technical Meeting on Light Application and Visual Science, LAV-06, No.1-7, P29-33 (2005)
- [5] EUVA 装置プロジェクト 18 年度成果報告書, (2007)
- [6] 第 55 回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集, 28a-ZL-2, (2008)
- [7] EUVA 装置プロジェクト 19 年度成果報告書, (2008)

8. キーワード

- ・ 極端紫外線露光装置
- 13.5nm の極端紫外線を利用した露光装置。反射光学系で、多層膜ミラーが使用されている。
- ・ 小角 X 線散乱