

実験室 EUV 顕微鏡用の高倍率多層膜ミラー対物光学系の開発 High-Magnification Imaging Objective for Lab-Scale Extreme Ultraviolet Microscope

東京工芸大学院工 〇(M1)脇俊太郎, 陳軍, 豊田光紀

Tokyo Polytechnic Univ., °Shuntaro Waki, Jun Chen, Mitsunori Toyoda

E-mail: m2066002@st.t-kougei.ac.jp

我々は、波長 13.6nm 領域の極紫外(EUV)領域で回折限界結像を可能とする、多層膜ミラーによる対物光学系を開発している。これまでの研究では、放射光施設に EUV リソグラフィーマスク検査用の EUV 顕微鏡を開発[1]し、3 枚の Mo/Si 多層膜ミラーからなる 2 段拡大対物系(倍率 x1500)[2]により線幅 30nm のラインスペースパターンを明瞭なコントラストで解像できることを世界に先駆け実証した。さらに、レーザープラズマ光源と 2 段拡大対物系による実験室規模の透過型の EUV 顕微鏡を開発している。本講演では、高分子薄膜材料の観察[3]に最適化した対物系(倍率 x750)の光学設計と、対物系用の Mo/Si 多層膜ミラーの作製について報告する。

透過型 EUV 顕微鏡に求められる結像倍率は、試料上の Airy Disk 径と EUV 用 CCD カメラの画素径の比で求められ、約 750 となる。開発中の対物系は、現有の Schwarzschild ミラー(倍率 x30)の下流に新たに開発した凹面付加拡大ミラー(倍率 x25)を設置した 2 段拡大構成により高倍率を実現した。光線追跡法による数値シミュレーションの結果、付加ミラーの開口数は小さく(NA=0.008)幾何収差は無視できることがわかった。さらに、ミラーの動径座標方向 ρ と主光線の入射角 φ の関係を数値計算し、ミラー全面で Bragg 条件を満たす周期長分布関数 $d(\rho)$ を明らかにした。Mo/Si 多層膜ミラーの作製(Fig.1)はマグネトロンスパッタ装置を用い、膜厚分布制御機構により周期長分布を制御した。6 回の試行の結果、周期長誤差 $\pm 0.2\%$ で最適化することができた。講演では、周期長分布の制御方法や実測結果(Fig.2)について詳細に報告する。

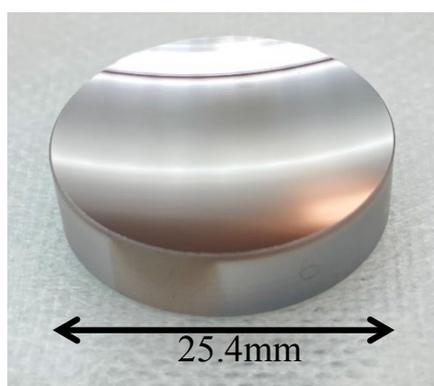


Fig.1. Manufactured Mo/Si multilayer mirror

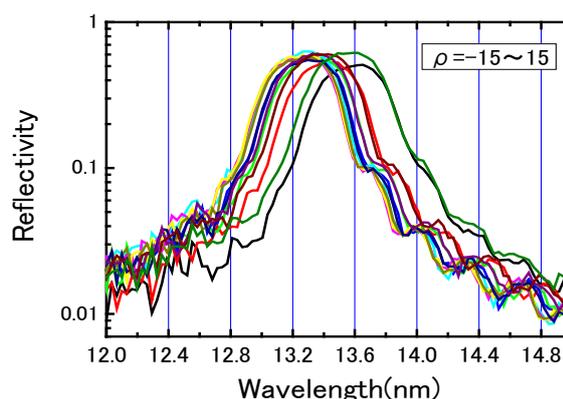


Fig.2. Measured EUV reflectivity spectrum

References:

- [1] M. Toyoda et.al, Appl. Phys. Express. 7 [10](2014)102502.
- [2] M. Toyoda et.al., Adv. Opt. Techn. 4 [4](2015)339.
- [3] M. Toyoda et.al, Appl. Phys. Express. 13 [8](2020)082011.