

波長 4.0 nm 斜入射ミラー用 Cr/Sc/Mo 多層膜の開発

Development of Cr/Sc/Mo multilayer reflector for grazing incidence mirrors working at 4.0 nm wavelength

東北大多元研 ○羽多野 忠, 江島 丈雄

IMRAM, Tohoku Univ., °Tadashi Hatano, Takeo Ejima

E-mail: hatano@tagen.tohoku.ac.jp

Bi をターゲットに用いた LPP を波長 4.0 nm の光源とする実験室軟X線顕微鏡の開発が進められている [1]。我々は照明光学系の斜入射ミラーの反射率を向上させる課題に取り組み、前回、周期膜厚 9.9 nm、周期数 20 の Cr/Sc 多層膜を Si ウェハにテスト成膜し、24% のピーク反射率が得られたことを報告した [2]。しかし、同じ設計の多層膜をトロイダルミラー基板に成膜すると剥離が発生し、多層膜は完全に基板から分離した。

我々は Sc の膜応力が剥離の原因であろうと考え、新たに Sc 膜厚の薄い多層膜設計を行った。2 つの物質の交互積層で多層膜ミラーを構成する場合の基本的な物質選択方針は、ともに透明で互いに屈折率の値が離れているものである。透明な 2 つの物質に第 3 の物質を適切に挿入すると、少ない周期数で高反射率が得られることが知られている [3]。Cr、Sc と組み合わせる物質として Mo を選んだ。1 周期の膜厚構造を Cr 3.6 nm、Sc 4.8 nm、Mo 1.4 nm とした多層膜の反射率を計算すると、10 周期で反射率が飽和し、そのとき Cr/Sc 20 周期多層膜と同じ 30% のピーク反射率が期待できる。1 周期あたりの Sc 膜厚が薄くなり、かつ周期数が半分になることで、総 Sc 膜厚は 1/3 倍に削減できる。Cr 膜から積層を始め、Cr 膜を最終層とする 31 層とした。断面の模式図を Fig. 1 に示す。

テスト成膜第 1 段階として、Si ウェハに Cr/Sc/Mo 多層膜をイオンビームスパッタリングで成膜し、Photon Factory の BL-11D で反射率を評価した。波長 4.0 nm で入射角 ϕ を 77.2° 前後でスキャンした。測定結果を Fig. 2 に緑色で示す。27% のピーク値が得られた。テスト成膜第 2 段階として、曲率半径 50 mm の BK7 製凹面基板に成膜して剥離の有無を調べた。その結果剥離は発生せず、反射率評価も実施できた。測定結果を Fig. 2 に青色で示す。Si ウェハの場合に対する反射率減少は基板表面粗さ 1 nm に相当する。成膜から 2 ヶ月経過してなお剥離の様子は見られていない。今後、トロイダルミラー基板に本成膜して顕微鏡照明光学系に使用する予定である。

references

- [1] 近藤他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 16a-4E-3 (2015).
- [2] 江島他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会 19p-H137-11 (2016).
- [3] J. I. Larruquet et al., Chinese Opt. Lett. **8**, 159 (2010).

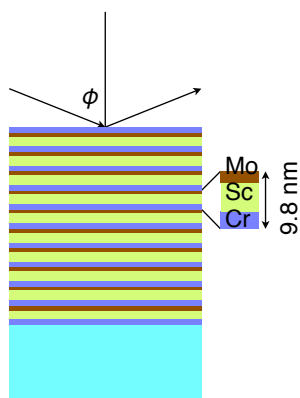


Fig. 1. Cross-sectional view of the designed Cr/Sc/Mo multilayer.

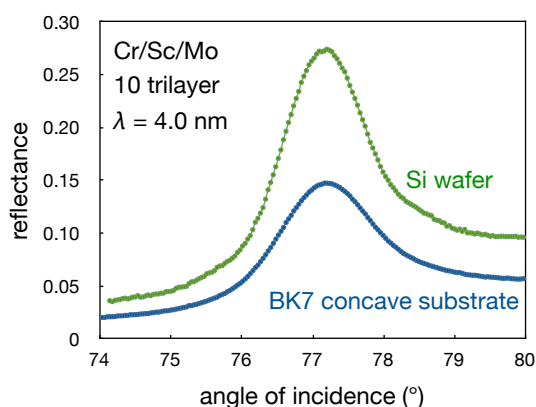


Fig. 2. Measured reflectances of Cr/Sc/Mo multilayers deposited on a Si wafer and on a BK7 concave substrate.