

PF BL-11D における 5 – 10 nm 領域の回折格子の回折効率評価

Diffraction efficiency measurements on a grating in 5–10 nm region
at BL-11D of the Photon Factory東北大多元研¹, 量研機構量子ビーム², 島津製作所デバイス部³○羽多野 忠¹, 小池 雅人², 浮田 龍一³, 笹井 浩行³, 長野 哲也³IMRAM, Tohoku Univ. ¹, QuBS, QST ², Device Dept., Shimadzu Corp. ³,°Tadashi Hatano¹, Masato Koike², Ryuichi Ukita³, Hiroyuki Sasai³, Tetsuya Nagano³

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

Photon Factory の BL-11D は極端紫外・軟X線領域の光学素子評価ビームラインである。これまで主として波長 13.5 nm および 4.5 nm の多層膜反射率評価に使用されてきた。ビームライン常設の反射率計は回折格子の回折効率評価に応用できる。軟X線領域用ラミナーレプリカ回折格子（島津製作所製標準品 C/N 30-005、Ni コート）を用いて回折効率評価実験を行った。回折格子の刻線密度は $\sigma^{-1} = 1200 \text{ lines/mm}$ である。入射角を設計値の 87.07° となるように試料を固定し、検出器を駆動して波長 5 – 10 nm の領域で 0 – 4 次の回折光を検出した。

回折次数 0, 1, 2 に対する回折効率の測定値をそれぞれ青●、赤■、緑▲のプロットで Fig. 1 に示す。波長 10 nm と波長 5 nm での回折効率の比較により波長 10 nm における分光器 2 次光混入率を求めることができ、0.55% という十分低い値を得た。同様にしてB-K 発光の波長 6.76 nm における分光器 2 次光混入率 2.88% を得た。多層膜ミラー反射率計測により波長 4.4 nm における 2 次光混入率が 8% ということもわかっている [羽多野他, 第75回応用物理学会秋季学術講演会 19p-A13-12 (2014)]。これらの情報を用いて実測値を分光器 2 次光の影響を除去した値に換算し、Fig. 1 に白抜きのマークでプロットする。また、1 次回折の回折効率計算値を破線で示す。測定値は計算値より 0.01 低く、~1 nm の回折格子表面粗さを考慮するとよく一致する。今後の回折格子開発で本ビームラインを積極的に利用して行く予定である。

反射率計の複数軸連動走査機能を応用すると、回折格子の式 $\lambda = \sigma (\sin \alpha + \sin \beta)$ を満たす試料台軸と検出器軸を駆動することができ、波長 λ が一定の条件での入射角依存性を調べることができる。波長 6.76 nm で行った結果を赤色のプロットで、計算値を赤色の破線で Fig. 2 に示す。低入射角側で回折効率が最大になることが確かめられた。回折格子を使用した発光分光計の検出感度は、光源側から回折格子を見込む大きさに比例する。その重みを掛けた回折効率を橙色のプロットで示す。この換算した効率は入射角 82.9° で最大になり、標準品の設計に対して 3 倍近い感度向上が期待できることがわかった。

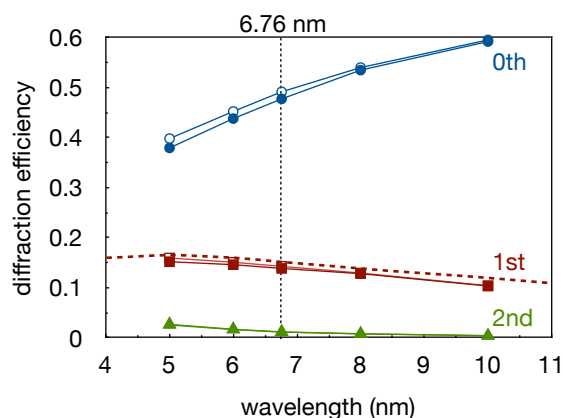


Fig. 1. Spectral dispersion of diffraction efficiency at 87.07° angle of incidence.

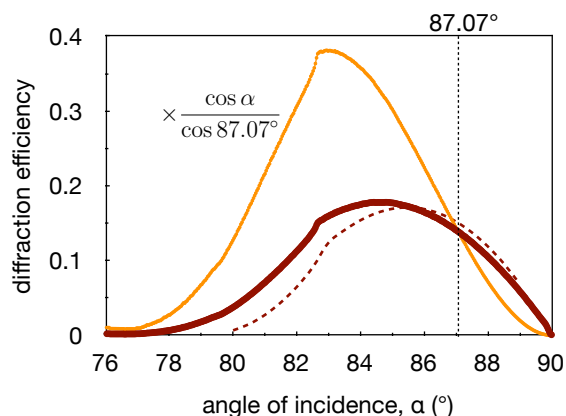


Fig. 2. Angular dispersion of diffraction efficiency at 6.76 nm wavelength.