

# Bent-twisted 結晶ポリクロメーターによる 角度-波長同時分散型X線反射率計の開発 Development of X-Ray Reflectometry with Bent-Twisted Crystal Polychromator in Multiple Angle-Wavelength Dispersive Mode

荒川悦雄<sup>1</sup>、松下 正<sup>2</sup>、東 保男<sup>3</sup>、フोगリ ヴォルフガング<sup>4</sup>、矢野陽子<sup>5</sup>

1 東京学芸大学、2 高工研-PF、3 高工研機械工学センター、

4 東京大学物性研究所、5 立命館大学

逆空間の広い範囲にわたるX線反射率曲線全体を同時に短時間で測定可能な視斜角と波長の同時分散型X線反射率計の開発を進めている。この反射率計の開発に向け、Bent-twisted 結晶ポリクロメーターの改良を進めている。薄膜などの構造評価をサブ秒からミリ秒で、繰り返し可能な現象ならさらに数桁短い時間で測定し、外的刺激による薄膜構造の変化を実時間追跡することを目指している。

Bent-twisted 結晶ポリクロメーターは、湾曲(bend)させた結晶の片端をさらに湾曲の接線方向を軸にして捻(twist)ることができる機構である。水平方向と鉛直方向に集光させた入射X線の焦点位置に試料を設置し、そこでX線ビームが全反射される配置である。この入射 X 線は方向によって波長  $\lambda$  あるいはエネルギー  $E$  と視斜角  $\theta$  が連続的に変化している。観測可能な移行運動量  $q = 4\pi \sin \theta / \lambda = 4\pi E \sin \theta / hc$  の範囲は、 $E$  の範囲と  $\sin \theta$  の範囲との積でまらる。ここで、 $hc \approx 12.398 \text{ keV} \cdot \text{\AA}$  である。 $\theta$  の下限を 0 にし、大きな  $E$  の側を大きな  $\theta$  で試料に入射させると、観測可能な  $q$  の範囲は 0 から  $4\pi E \sin \theta / hc$  までの連続的な分布となる。

反射率曲線は  $q$  に依存して何桁にもわたり減少する特性がある。一度に観測する反射光の強度を検出器のダイナミックレンジの範囲内に収めるために、Bent-twisted 結晶ポリクロメーターに入射する白色 X 線は、回転式のスリットで軌道面に対して斜めに切り出し、明るいX線が大きな  $q$  を観察するようにしている。検出器には、ポイントスプレッドファンクションに優れ、読み取りノイズがない、2次元のピクセルアレイ検出器(PILATUS-100K)を用いている。

長手方向の長さが 8 inch (=20.32 cm)のシリコン結晶を Bent-twisted 結晶ポリクロメーターに用いることにより、同時に観測可能な  $q$  の範囲を、現在までのところ  $0.13 \text{ \AA}^{-1}$  程度まで拡大させることができている。 $q$  に対して反射率が単純に減少するシリコン単結晶試料では、下限反射率  $10^{-10}$  台を達成している。この他に、液体のエチレングリコール試料やガラス基板上の光応答高分子 6Az10-PVA 単層膜試料からの反射率曲線を観察した。 $q$  の範囲拡大法と下限反射率の向上法について展望を示す。