

位相問題を解決する方法としての X 線定在波法： 基板の結晶性が完全に近くなくても利用できるようにする取組み X-ray standing waves for phasing in surface and thin film crystallography

独) 物質・材料研究機構¹, 東京工業大学² 坂田修身^{1,2}

National Institute for Materials Science¹, Tokyo Institute of Technology² Osami Sakata^{1,2}

E-mail: SAKATA.Osami@nims.go.jp

基板が半導体結晶のように完全に近いとみなされる場合、X 線入射波と回折波とが干渉して X 線定在波（波動場）が生じる。その定在波は結晶外のある領域にも生じるので、基板上に育成された表面吸着構造、薄膜界面距離、薄膜構造を解析する方法（X 線定在波法）として利用される[1]。回折に関わる網平面間隔の周期でその定在波強度は変調する。関心のある網平面のブラッグ角度を中心として試料をロッキングし X 線の入射角を変え、着目吸着原子からの蛍光 X 線などの 2 次放射線収量曲線を記録する。その収量曲線プロファイルを解析することで、吸着原子の網平面間の位置 P_H とオーダーしている原子の割合 f_H を決定できる。複数のブラッグ反射から得られた P_H, f_H を使い、元素を選択して着目する原子を単位胞中でイメージングできる[2]。これは位相問題を解決していることに相当する。

さらに完全とはみなされない結晶に対しても、X 線定在波法が適用されつつある。この一般化への取り組みのうち、マイクロ X 線ビームを用いるものを紹介する[3]。基板全体では完全結晶とみなされなくても、完全結晶に近い粒子を抽出して試料とすることに対応する。

1 または 2 個のシリコン 0 0 4 チャンネルカット結晶、モニタースタビライザフィードバック制御システム、水平集光型の屈折レンズから成る光学系を用い、硫酸溶液中の金単結晶 (1 1 1) 表面 (Fig.)、サファイア基板 (0 0 1) 上に育成された NiO のナノワイヤー（平均膜厚約 1 モノレーヤに相当）や強誘電体薄膜などに適用した例も発表する予定である。これらの研究は科研費（研究課題番号：23600018）の支援を受けたものである。

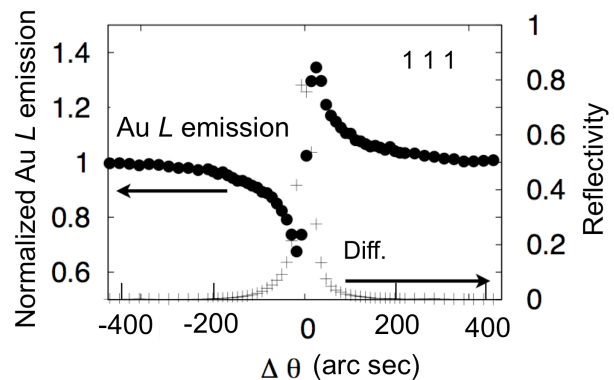


Fig. Au L emission profile and diffraction curve vs. deviation angle $\Delta\theta$ from the Au 1 1 1 Bragg angle. Incident x-ray energy 12.4 keV.

[1] 例: "THE X-RAY STANDING WAVE TECHNIQUE: Principles and Applications", J. Zegenhagen and A. Kazimirov (Editors), World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. (2013).

[2] 例: L. Cheng, P. Fenter, M. J. Bedzyk, and N. C. Sturchio, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 255503-1 (2003).

[3] 例: A. Kazimirov, D. H. Bilderback, R. Huang, A. Sirenko, and A. Ougazzaden, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **37**, L9 (2004).