

X 線 CTR 散乱迅速測定による Bi 超薄膜成長過程の原子レベル追跡

Atomic-scale capturing of the growth process of Bi ultra-thin film by high-speed X-ray CTR scattering measurement

産総研¹, 東京学芸大² ○白澤 徹郎¹, Wolfgang Voegeli², 溜池 裕太², 荒川 悦雄²,
高橋 敏男²

AIST¹, Tokyo Gakugei Univ.², °Tetsuroh Shirasawa¹, Wolfgang Voegeli², Yuta Tameike²,

Etsuo Arakawa², Toshio Takahashi²

E-mail: t.shirasawa@aist.go.jp

X 線 CTR (Crystal Truncation Rod) 散乱法は、埋もれた界面の原子配列を 1 pm オーダーの精度で非破壊解析できる唯一の方法である。従来の単色平行 X 線を用いた方法では、構造解析に必要な CTR 散乱強度プロファイルを測定するのに、試料と検出器の角度走査が必要なため、最新の 2 次元検出器を用いた高速法でも 10 分以上かかる。このため、界面構造の動的構造解析は困難であった。我々は、波長分散集束 X 線と 2 次元検出器を用いることで試料と検出器の角度走査を省略し、CTR 散乱強度プロファイルを広範囲に同時測定する迅速法を開発しており[1]、固液界面の動的構造解析に成功している[2]。

本研究では、CTR 散乱プロファイル迅速測定法を用いて行った、成長中薄膜の原子レベル動的構造解析の結果を報告する。Si(111)表面上に成長させた Bi 超薄膜においては、バルクでは見られない黒燐構造が形成し、臨界膜厚数 nm 以上になると薄膜全体がバルク構造に転移することが、低速電子線回折と走査型トンネル顕微鏡の観察をもとに報告されている[3]。本研究では、小型分子線エピタキシー装置を波長分散型表面 X 線回折計に搭載し、時間分解能 1 秒で Bi 薄膜成長のその場追跡を行った結果、界面濡れ層の成長→黒燐構造の形成→バルク Bi 構造への転移を示す CTR 散乱プロファイル変化が観察された。構造解析の結果、黒燐構造からバルク Bi 構造への転移において、薄膜全体が転移するのではなく、界面には黒燐構造が残ることが示され、先行報告の表面分析法では観察されなかった界面の構造変化が明らかになった。

[1] T. Matsushita *et al.*, *J. Appl. Phys.*, 110, 102209 (2011).

[2] T. Shirasawa *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, 121, 24726 (2017).

[3] T. Nagao *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* 93, 105501 (2004).