



X 線小角散乱による非晶質透明導電酸化物薄膜の構造評価

野本 淳一

国立研究開発法人産業技術総合研究所 製造技術研究部門

キーワード：高移動度透明導電膜、非晶質、斜入射小角 X 線散乱法

1. 背景と研究目的

水素 (H) を添加した In_2O_3 (IO:H) 透明導電膜は顕著に高いキャリア移動度のため、近赤外領域における光吸収の原因である電子密度を低く抑えた状態で高い電気伝導を実現できる^[1]。高移動度 IO:H 透明導電膜の形成方法は、2 段階からなる。まず、マグネトロンスパッタ (MS) や反応性プラズマ蒸着 (RPD) 成膜中に微量の水蒸気を導入することで、非晶質の IO:H 前駆体薄膜を形成する。成膜後、約 150 ~ 200 °C の熱やエキシマレーザー照射による固相結晶化を施すことによって巨大な結晶粒が形成され、高移動度の特徴が発現する^[1,2]。そのため、高品質な IO:H 透明導電膜の形成には、前駆体薄膜の形成条件と固相結晶化の双方の最適化が重要である。本課題では、2 次元検出器を用いる斜入射小角 X 線散乱法 (2D-GI-SAXS) で得られる 2 次元の散乱イメージから、前駆体薄膜の非晶質の度合いを特徴化し、各種特性との相関を明確にすることを目標とした。

2. 実験内容

評価対象の IO:H 前駆体薄膜はガラス基板上に、MS 法及び RPD 法により形成した。2D-GI-SAXS 測定は、BL8S3 で運用されているエネルギー：13.5 keV (波長：0.92 Å) の X 線と二次元半導体検出器 (PILATUS 2M) との組み合わせにより大気中室温で測定を行った。カメラ長は 2.2 m、試料への X 線入射角度は 0.3 度とし、露光時間は 3 min とした。

3. 結果および考察

Fig. 1 に (a) MS 法及び、(b) RPD 法により形成された IO:H 前駆体薄膜の 2 次元の散乱イメージを示す。Fig. 1(c) にはビームストッパーから横方向に切り取った 1 次元プロファイルも示す。Fig. 1(c) が示す通り、MS 法で形成した前駆体薄膜の散乱イメージにはビームストッパーから $q_{xy} = 1.0 \text{ nm}^{-1}$ に亘り微結晶を起因とする散乱信号が確認された。一方で、RPD 法で形成した前駆体薄膜の散乱イメージにはその q 範囲に MS 法の場合で確認された散乱は無かった。これらの結果から、RPD 成膜の前駆体薄膜は MS 成膜の場合と比べて非晶質性が高いことが明確となった。

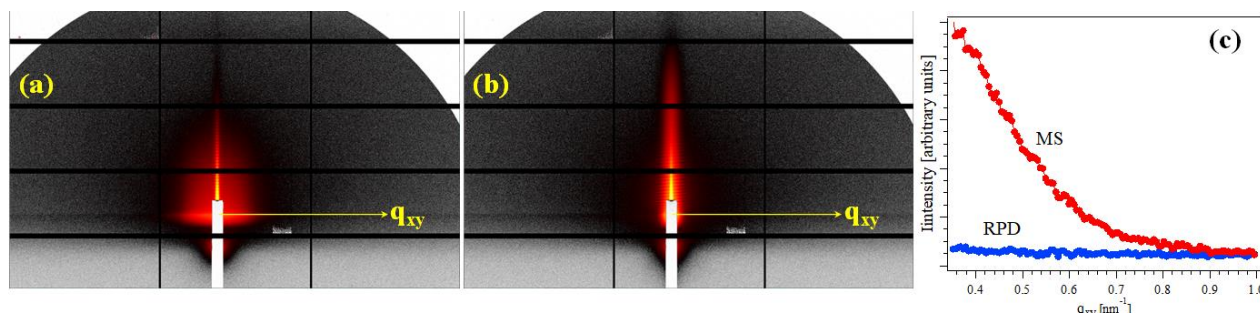


Fig.1 (a) MS 法及び、(b) RPD 法により形成された非晶質 IO:H 前駆体薄膜の 2 次元散乱イメージ、
(c)ビームストッパーから横方向に切り取った 1 次元プロファイル

4. 参考文献

- [1] T. Koida et.al., Phys. Status Solidi A, 215 (2018) 1700506.
- [2] J. Nomoto et.al., NPG Asia Materials, 14 (2022) 76.