

# 直流マグネトロンスパッタ法による多結晶 Al 添加 ZnO 透明導電膜における配向秩序制御

The controllable crystallographic orientation of polycrystalline transparent conductive Al-doped ZnO films deposited by direct current magnetron sputtering



高知工科大総研<sup>1</sup>、住友重機械工業株式会社<sup>2</sup>、高輝度光科学研究センター<sup>3</sup>

○野本淳一<sup>1</sup>、北見尚久<sup>1,2)</sup>、渡辺剛<sup>3</sup>、牧野久雄<sup>1</sup>、酒見俊之<sup>2</sup>、山本哲也<sup>1</sup>

Research Inst. Kochi Univ. Tech.<sup>1</sup>, Sumitomo Heavy Industries, Ltd.<sup>2</sup>,

Japan Synchrotron Radiation Research Inst. (JASRI) SPring-8<sup>3</sup>

○J. Nomoto<sup>1</sup>, H. Kitami<sup>1,2</sup>, T. Watanabe<sup>3</sup>, H. Makino<sup>1</sup>, T. Sakemi<sup>2</sup>, T. Yamamoto<sup>1</sup>

E-mail: nomoto.junichi@kochi-tech.ac.jp

**【はじめに】** 多結晶 Al 添加 ZnO (AZO) 透明導電膜におけるキャリア輸送機構の支配因子を検討している。現時点で、主要なキャリア輸送障害因子は、(0001) 配向以外の配向 (例えば、(10-11)) の残存であるといった結論に至っている。解決策として、直流アーク放電を用いるイオンプレーティングで成膜した Ga 添加 ZnO 極薄膜 (膜厚 10 nm、以下、CL (*Critical Layer*) と呼称) の挿入を提案している<sup>1,2)</sup>。本研究では、CL の配向制御効果を明白にするべく、前記 (0001) 配向以外の配向出現の膜厚依存性の観点から検討した。

**【実験方法】** 膜厚 10-200 nm の AZO 膜を、CL 有無の 2 つの場合で成膜した。基板は、200 °C に加熱されたガラス基板 (Corning, EAGLE-XG) を使い、ターゲットは ZnO に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 0.5 wt.% 混合した円形高密度焼結体を使用した。成膜法は、直流マグネトロンスパッタ法である。柱状結晶子の配向特性は、入射 X 線として、放射光 (12.40 keV) 及び 2 次元検出器 (PIRATUS 300K) を用いるすれすれ入射 (GI-) 高角 X 線散乱 (WAXS) 法 (SPring-8 ビームライン : BL19B2) により測定し、解析した。

**【結果と考察】** 議論の対象である (0001) 配向以外の配向組織は膜厚 50 nm から出現することが GI-WAXS 法により測定した 2 次元回折像により明白となった。図 1 は、CL が (a) 無し、及び (b) 有りの場合の AZO 膜における 2 次元回折像の膜厚依存性を示す。同図中の  $q_z$  軸及び  $q_{xy}$  軸は、それぞれ積層及び面内方向を示す。解析の結果、CL の有無に関わらず、(0001) 配向に起因する 10-12、10-11 及び 10-10 反射が、膜成長初期から確認された。CL 付きの AZO 膜 (図 1 (b)) では、膜成長初期からバルクに至るまで、(0001) 配向のみであることが明白となった。一方、CL 無しの AZO 膜 (図 1 (a)) では、上記の 3 つの反射以外に、(0001) 配向度が低いことを示す 0002 反射が  $q_z$  軸上に観察された。CL 有りの場合と大きく異なる点は、膜厚が 50 nm よりも厚くなると (10-11) 配向に起因する 0002、10-11、10-10 反射が観察されることにある。X 線回折法により評価した格子定数に対する解析を基に、AZO バルク層の構造特性を決める支配因子について、更に議論する。

**【謝辞】** GI-WAXS 測定は SPring-8 課題番号 2016B1588 のもとに行われた。**【参考文献】** 1) J. Nomoto et al., *Nanoscale Res. Lett.*, **11**, 320 (2016). 2) J. Nomoto et al., *Thin Solid Films*, **620**, 2 (2016).

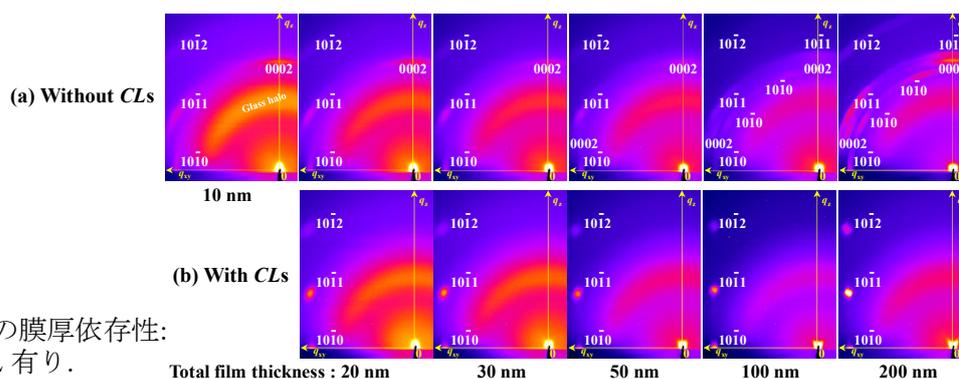


図 1. 2 次元回折像の膜厚依存性:  
(a) CL 無し、(b) CL 有り.