

# 低温 $\text{In}_2\text{O}_3$ バッファ層を用いた $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板上 $\text{In}_2\text{O}_3$ のミスト CVD 成長

## Mist CVD growth of $\text{In}_2\text{O}_3$ films on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ using low temperature $\text{In}_2\text{O}_3$ buffer layer

工学院大学 ○(M2)小林 拓也, 山口 智広, 尾沼 猛義, 本田 徹

Kogakuin Univ. ○T Kobayashi, T Yamaguchi\*, T Onuma and T Honda

\*E-mail: ct13354@ns.kogakuin.ac.jp

### 背景

$\text{In}_2\text{O}_3$  は導電性が高く、可視光領域に対して透明であることから光電子デバイスにおいて重要な導電性酸化物材料である[1]。  $\text{In}_2\text{O}_3$  はビックスバイト構造(cubic- $\text{In}_2\text{O}_3$ )とコランダム構造( $\alpha\text{-In}_2\text{O}_3$ )の2種類を有することで知られている。  $\text{In}_2\text{O}_3$  の成長には、  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  基板が広く使われている[2, 3]。  $\text{In}_2\text{O}_3$  が  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  上で成長するとき、  $\text{In}_2\text{O}_3$  は多結晶で成長することが報告されているが、結晶構造の制御により、  $\text{In}_2\text{O}_3$  を用いた MOS(Metal-Oxide-Semiconductor)型電界効果トランジスタのような、新しいデバイスの実現が可能になる[3]。

本研究では、ミスト CVD 法を用いて(0001) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  基板上に  $\text{In}_2\text{O}_3$  薄膜を成長し、低温バッファ層の影響を評価したので報告する。  $\text{In}_2\text{O}_3$  と  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  の間に低温バッファ層を挿入することで、結晶構造の制御だけでなく、 GaN 成長で知られている表面平坦性の改善[4]も期待される。

### 実験方法

$\text{In}_2\text{O}_3$  の成長にはミスト化学気相成長(ミスト CVD)法を用いた。低温  $\text{In}_2\text{O}_3$  バッファ層(LT- $\text{In}_2\text{O}_3$ )は  $350^\circ\text{C}$  で 10 分間成長させた。次に LT- $\text{In}_2\text{O}_3$  上に  $\text{In}_2\text{O}_3$  薄膜を  $550^\circ\text{C}$  で 1 時間成長させた。参考試料として、低温バッファ層のない  $\text{In}_2\text{O}_3$  薄膜および  $350^\circ\text{C}$  で 1 時間成長させた  $\text{In}_2\text{O}_3$  薄膜も成長した。これらの  $\text{In}_2\text{O}_3$  薄膜の評価には、X 線回折(XRD)および走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた。

### 実験結果と考察

図 1 に(a) $\text{In}_2\text{O}_3/(0001)\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  および(b) $\text{In}_2\text{O}_3/\text{LT-}\text{In}_2\text{O}_3/(0001)\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  の XRD  $\theta$ - $2\theta$ 測定の結果を示す。低温バッファ層を用いずに成長した試料では(111)配向と(100)配向の cubic- $\text{In}_2\text{O}_3$  および (0001) 配向した  $\alpha\text{-In}_2\text{O}_3$  を含む多結晶  $\text{In}_2\text{O}_3$  の成長を確認した。一方で、低温バッファ層を用いた試料では、(111)配向した cubic- $\text{In}_2\text{O}_3$  と(0001)配向の  $\alpha\text{-In}_2\text{O}_3$  の成長は抑制され、(100)配向した cubic- $\text{In}_2\text{O}_3$  の支配的な成長に制御することができた。図 2 に  $350^\circ\text{C}$  で 1 時間成長した  $\text{In}_2\text{O}_3/(0001)\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  の XRD  $\theta$ - $2\theta$ 測定の結果を示す。成長温度  $350^\circ\text{C}$  において(0001) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  上では(100)配向した立方晶  $\text{In}_2\text{O}_3$  の支配的な成長を確認した。このことから、  $350^\circ\text{C}$  で成長した低温バッファ層上に成長温度  $550^\circ\text{C}$  で  $\text{In}_2\text{O}_3$  がホモエピタキシャル成長したことにより結晶構造の制御を実現したと考えられる。

図 3 に  $\text{In}_2\text{O}_3/(0001)\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  および  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{LT-}\text{In}_2\text{O}_3/(0001)\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  の断面 SEM 像を示す。両試料の膜厚は  $600\sim 700\text{nm}$  であった。低温バッファ層を用いずに成長した試料では、三次元(3D)構造を有しているが、低温バッファ層を用いて成長した試料では、二次元(2D)成長を確認した。

これらの結果から、  $\text{In}_2\text{O}_3$  と  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  との間に低温バッファ層を挿入することにより、  $\text{In}_2\text{O}_3$  膜の結晶構造の制御および表面平坦性の改善もできることが分かった。

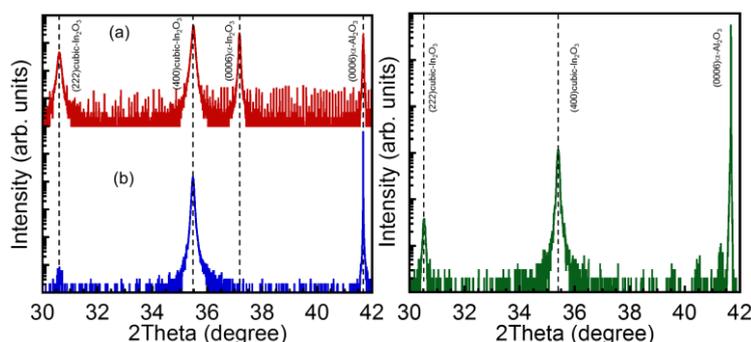


Fig. 1. XRD  $\theta$ - $2\theta$  profiles of  $\text{In}_2\text{O}_3$  grown (a) without and (b) with LT- $\text{In}_2\text{O}_3$  on (0001) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

Fig. 2. XRD  $\theta$ - $2\theta$  profile of  $\text{In}_2\text{O}_3$  grown at  $350^\circ\text{C}$  on (0001) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

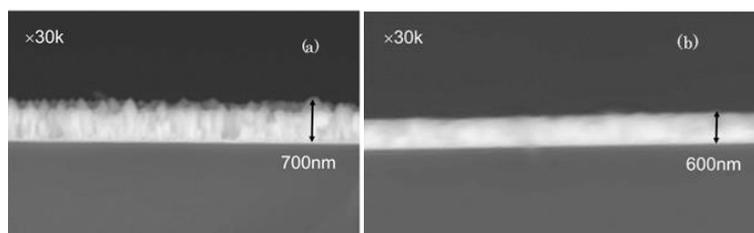


Fig. 3. Cross-sectional SEM images of  $\text{In}_2\text{O}_3$  films grown (a) without and (b) with LT-buffer layer on (0001) $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

### 謝辞

ミスト CVD 成長についてご助言いただいた京都大学の藤田静雄教授と金子健太郎博士に深く感謝する。

本研究の一部は、JSPS 科研費(#JP16H06417)の援助を受けて行われた。

### 参考文献

- [1] O. Bierwagen and J. S. Speck, Appl. Phys. Lett. **97** (2010) 072103.
- [2] A. Gurlo et al., Chem.-A. Eur. J **14** (2008) 3306.
- [3] K. Kaneko et al., Appl. Phys. Express **8** (2015) 095503.
- [4] H. Amano et al., Appl. Phys. Lett. **48** (1986) 353.