

### III 族酸化物結晶の熱的安定性の比較

#### Comparative Study on Thermal Stability of Group-III Oxides

○富樫 理恵<sup>1</sup>、野村 一城<sup>1</sup>、江口 千尋<sup>1</sup>、木佐貫 裕美<sup>1</sup>、後藤 健<sup>1,2</sup>、Quang Tu Thieu<sup>1,3</sup>、村上 尚<sup>1</sup>、熊谷 義直<sup>1</sup>、倉又 朗人<sup>2</sup>、山腰 茂伸<sup>2</sup>、Bo Monemar<sup>3,4</sup>、瀬瀬 明伯<sup>1</sup>

(1. 東京農工大院工、2. タムラ製作所、3. 東京農工大 GIRO、4. Linköping Univ.)

○R. Togashi<sup>1</sup>、K. Nomura<sup>1</sup>、C. Eguchi<sup>1</sup>、Y. Kisanuki<sup>1</sup>、K. Goto<sup>1,2</sup>、Q. T. Thieu<sup>1,3</sup>、H. Murakami<sup>1</sup>、Y. Kumagai<sup>1</sup>、A. Kuramata<sup>2</sup>、S. Yamakoshi<sup>2</sup>、B. Monemar<sup>3,4</sup>、A. Koukitu<sup>1</sup>

(1. Tokyo Univ. of Agri. and Tech., 2. Tamura Corp., 3. TUAT GIRO, 4. Linköping Univ.)

E-mail: rie0831@cc.tuat.ac.jp

III 族酸化物結晶 [ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $E_g$ : 9.0 eV),  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  ( $E_g$ : 4.9 eV),  $c$ - $\text{In}_2\text{O}_3$  ( $E_g$ : 3.7 eV)] は、次世代デバイス、あるいは窒化物半導体結晶成長用下地基板として利用できる魅力的な材料である。一方、このようなデバイス作製時、 $\text{N}_2$ 、 $\text{Ar}$  等の Inert gas (IG)、及び  $\text{H}_2$  が気相成長時のキャリアガスとして用いられるため、それらの混合ガス気流中における III 族酸化物結晶の熱的安定性、キャリアガスと基板表面間の反応について知ることは重要である。これまで我々は、サファイア基板<sup>1,2)</sup>、及び  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ (010) 基板<sup>3)</sup> の窒素・水素気流中における熱的安定性を熱処理実験及び熱力学解析により検討してきた。今回、 $c$ - $\text{In}_2\text{O}_3$  結晶粒の窒素、又は水素気流中における熱的安定性を検討し、III 族酸化物結晶の熱的安定性、表面反応メカニズムについてまとめたので報告する。

$\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ (0001) 及び  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ (010) 基板は高周波誘導加熱方式で局所的に基板加熱可能な常圧炉を、 $c$ - $\text{In}_2\text{O}_3$  結晶は Hot-wall 方式の横型石英反応管を有する常圧炉をそれぞれ使い、水素又は窒素気流中 50-1450 °C の温度範囲で 60 分間熱処理した。さらに、III 族酸化物結晶の IG 気流中における熱的安定性、水素とのエッチング反応について熱力学解析を実施し実験結果と併せて検討した。

Fig. 1 に窒素、又は水素気流中における III 族酸化物結晶の分解速度の熱処理温度依存性を示す。これよりいずれの結晶においても窒素気流中と比較して、水素中では低温よりエッチングが進行することがわかる。さらに、水素との化学的安定性及び熱的安定性は  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3 > \beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3 > c$ - $\text{In}_2\text{O}_3$  の順であることが明らかとなった。また、 $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  及び  $c$ - $\text{In}_2\text{O}_3$  では、低温域で水素エッチングにより生成する金属ガスの平衡分圧がその蒸気圧を上回るため、表面に金属ドロップレットを伴いエッチングが起こるのに対し、全温度領域で金属ガスの平衡分圧がその蒸気圧を上回らない  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$

表面上にはドロップレットの蓄積は確認されないことが実験及び熱力学解析より明らかとなった。

参考文献 1) Y. Kumagai *et al.*, *J. Cryst. Growth* **350** (2012) 60, 2) K. Nomura *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **52** (2013) 08JB10, 3) R. Togashi *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54** (2015) 041102.

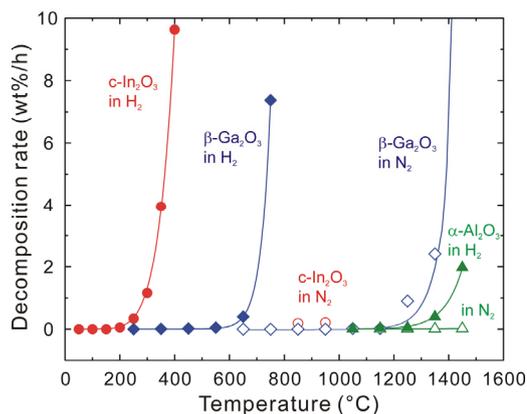


Fig. 1 Decomposition rates of  $c$ - $\text{In}_2\text{O}_3$  crystals,  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$ (010), and  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ (0001) substrates in a  $\text{H}_2$  flow or a  $\text{N}_2$  flow as a function of heat-treatment temperature.