

## ワイドギャップ半導体 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ の安定相の制御

### Phase-controlled epitaxy of ultra-wide bandgap semiconductor $\text{Ga}_2\text{O}_3$

物質・材料研究機構 大島 祐一

National Institute for Materials Science, Yuichi Oshima

E-mail: OSHIMA.Yuichi@nims.go.jp

$\text{Ga}_2\text{O}_3$  は主に  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varepsilon$  ( $\kappa$ ),  $\gamma$  の 4 つの結晶構造をとり得ることが報告されており、いずれもバンドギャップエネルギー  $E_g$  が 4.5~5.2 eV のいわゆるウルトラワイドバンドギャップ半導体である。それらのうち常圧における最安定相は  $\beta$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  ( $E_g = 4.5$  eV) であり、融液成長による高品質基板が利用可能なことから、主にパワーデバイスに向けて最も開発が進んでいる[1, 2]。

一方、本講演のターゲットであるその他の相は準安定相であり、高温で  $\beta$  相に転移するが、それぞれが  $\beta$  相には無いユニークな特長を有し、それを活かしたデバイスの実現が期待される。例えば、 $\alpha$ - $\text{Ga}_2\text{O}_3$  は報告されている中で最も  $E_g$  が大きい (5.2 eV)、同じコランダム構造を有する  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (サファイア) との混晶成長が組成比の制限なく行えるのでバンドエンジニアリングの自由度も高く、高性能パワーデバイス材料として有望である[2, 3]。また、直方晶である  $\varepsilon$  ( $\kappa$ ) 相は自発分極を有し[4]、高濃度 2DEG の形成とそれを利用したデバイスが期待されている。

準安定  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  のデバイス応用のためには、相制御された薄膜のエピ成長技術を確認する必要がある。現在のところ、ミスト CVD、HVPE、MBE、MOCVD、PLD 等の報告例がある。準安定  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  は融液成長による基板が利用できないので、薄膜成長はヘテロエピで行う必要がある。その際、狙った相を単相成長するためには、成長温度と基板 (あるいはバッファ層) を適切に選択することが重要である。成長手法によっては、さらに酸素原料/ガリウム原料比や基板面方位なども併せて最適化する必要がある。本講演では、我々が取り組んでいる HVPE を中心に、準安定  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  の相制御の現状やデバイス応用に向けた高品質化の取り組みを紹介する。

(謝辞) 本研究の成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業により得られた。本研究の一部は、JSPS 科研費 JP17K05047 の助成を受けた。本研究の一部は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けた。

[1] M. Higashiwaki and G. H. Jessen, Appl. Phys. Lett. **112**, 060401 (2018).

[2] E. Ahmadi and Y. Oshima, J. Appl. Phys. **126**, 160901 (2019).

[3] K. Kaneko, S. Fujita, and T. Hitora, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 02CB18 (2018).

[4] F. Mezzadri, G. Calestani, F. Boschi, D. Delmonte, M. Bosi, and R. Fornari, Inorg. Chem. **55**, 12079 (2016).