

ワイドギャップ半導体 Ga_2O_3 の準安定相の制御と応用

Phase-controlled epitaxy and applications of ultra-wide bandgap semiconductor Ga_2O_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

Ga_2O_3 はバンドギャップエネルギー E_g が 4.5~5.2 eV と非常に大きく、ウルトラワイドバンドギャップ半導体と呼ばれる。主に α , β , ε (κ), γ の 4 つの結晶構造をとり得ることが報告されており、常圧における最安定相は β - Ga_2O_3 ($E_g = 4.5$ eV) である。 β 相のエピ成長には、融液成長による高品質ホモエピ基板が利用可能であり、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、本講演が対象とするその他の相は準安定相であり、高温で β 相に転移するが、 β 相には無いユニークな特長を有するものがあり、それを活かしたデバイスの実現が期待される。例えば、 α - Ga_2O_3 は報告されている中で最大の E_g (5.2 eV) を有するのに加え、そのありふれた結晶構造 (コランダム構造) ゆえに混晶成長が容易で、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 [3]。例えば α - Al_2O_3 (サファイア) との混晶を組成比の制限なく成長できる [3]。また、直方晶である ε (κ) 相は自発分極を有し[4]、高濃度 2DEG の形成やそれを利用したデバイスの実現が期待されている。

準安定 Ga_2O_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確立する必要があり、それを目指してミスト CVD、HVPE、MBE、MOCVD、PLD 等が試みられている。準安定 Ga_2O_3 のホモエピ基板は存在しないので、エピ成長には異種基板を使う必要がある。このとき、ターゲットとする相を単相で成長するためには、成長温度、基板、バッファ層等が重要な制御パラメータとなる。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しなければならない。格子不整合に伴う高密度の欠陥を低減することも重要な課題である。本講演では、我々が取り組んでいる HVPE を中心に、準安定 Ga_2O_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 JPJ004596 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).