

実用化が始まった酸化ガリウムの現状と p 型層の魅力

Impact of practical realization of gallium oxide electronic devices and their p-type layers

京大院工 °金子 健太郎, 藤田 静雄

Kyoto Univ., °Kentaro Kaneko and Shizuo Fujita

E-mail: ken-kaneko@kuee.kyoto-u.ac.jp

大きなバンドギャップをもつ酸化ガリウムは、電力変換素子として大変魅力的である。しかし、MOSFETをはじめとするバイポーラ型素子を実現するためには、4.5～5.0 eV 程度の大きなバンドギャップ(超ワイドギャップ)をもち、かつ良好な接合を形成する p 型材料の開拓が重要である。ドーピング手法による p 型酸化ガリウム作製も研究されているが、有意な正孔移動度をもち、多角的に p 型と確認された報告例は未だない。また、 β -Ga₂O₃ 基板を用いた励起子端吸収のアーバックテイル解析から自己束縛励起子が安定であることが報告されており[1][2]、ドーピングによる酸化ガリウムの作製が困難である可能性がある。

そこでヘテロ型の pn 接合が必要となるが、パワーデバイス応用の観点からヘテロ構造であっても、きわめて良好な接合面の形成が要求される。特に p 型層は、①n 型層と全く同じ結晶構造である。②n 型層との格子定数差が小さい③n 型層と同程度のバンドギャップをもつ、または混晶化によりもつことが期待できる、事が基本的な条件として求められる。

この条件を満たす組み合わせとして、n 型層は α -Ga₂O₃、p 型層は α -Rh₂O₃、 α -Ir₂O₃ という接合を提案してきた[3][4]。特に α -Ir₂O₃はバンドギャップが 3.0 eV であり、 α -Ga₂O₃との格子ミスマッチが 1%未満であることから p 型層候補として適切な特性を有する。これまで、バンドギャップが 4.2 eV を超える p 型の α -(Ir,Ga)₂O₃混晶を作製し、それを用いた pn 接合において、100 V を超える逆方向耐圧を報告した[5]。また、図 1 に示すように XPS 測定から混晶化によって価電子帯が Ir の 5d 軌道から、 α -Ga₂O₃の O の 2p 軌道まで推移する事が判明しているが、Mg 等の適切なドーパントを選択する事で、正孔濃度を 10¹⁸-10¹⁹ cm⁻³ の範囲で制御可能であり、混晶においてドーピング手法が有効である。

本講演では、これらの超ワイドギャップ p 型材料の基礎物性に加えて、その材料設計方針も含めて講演する予定である。

[1] S. Yamaoka *et al* , PSS(c).13,93 (2016).

[2] S. Yamaoka *et al* ,PRB, **95**, 094304 (2017).

[3] K. Kaneko *et al* , JJAP. **57**, 02CB18 (2018) (Invited).

[4] S. Kan *et al.*, APL. **113**, 212104 (2018).

[5] K. Kaneko *et al* , APL (2021) (Invited). (to be published)

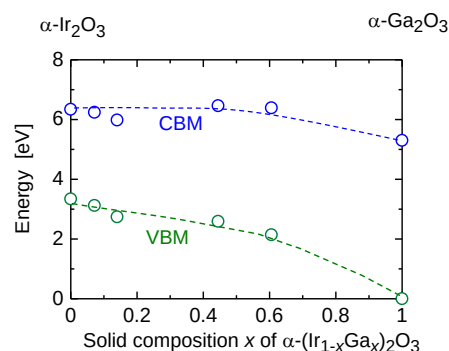


Fig.1. Conduction band minimum (CBM) and the valence band maximum (VBM) positions of α -(Ir_{1-x}Ga_x)₂O₃ in terms of Ga composition x. VBM of α -Ga₂O₃ is taken as the standard of energy ($E = 0$).