酸化物半導体における価電子メタモルフォロジの制御

Tailoring of Valence-Electron Metamorphology in Oxide Semiconductors

○藤田 静雄（京大院工）
°Shizuo Fujita (Kyoto Univ.)
E-mail: fujitasz@kuee.kyoto-u.ac.jp

酸化物半導体の価電子状態をいかに制御するかという観点は、酸化物半導体の物性制御の基盤である。結晶成長プロセスの制御、熱処理等のポストプロセス、新しい混晶の利用、などがその技術として考えられる。いくつかの例を以下に示す。

(1) Ga_2O_3 はα、β、γ、δ、ε型と称される 5 つの結晶型をとり、単斜晶系のβ型が熱力学的に最安定相と言われている。α型構造を持つサファイア基板上に MBE 成長した場合にはβ型 Ga_2O_3 が、ミスト CVD 法による成長ではα型 Ga_2O_3 が得られる[1]。またスピネル基板上ではγ型 Ga_2O_3 が得られる[2]。基板の結晶型とミスト CVD 法に特有の成長プロセスの作用[3]による結果と考えられる。

(2) In_2O_3 は通常立方晶のビックスバイト構造を持つが、サファイア基板上に適当なバッファ層を用いることでα型構造をとる。これと上記(1)の結果から、α型構造の Al_2O_3-Ga_2O_3-In_2O_3 混晶により 3.8～8.8 eV のバンドギャップ変調が可能となり[4]、ヘテロデバイスにつながる。

(3) ミスト CVD 法による ZnO の n 型ドーピングにおいて、原料に添加剤を加えることによってドーピング効率が増す。添加剤がドーパント周辺の価電子状態に作用して活性化率が向上したものと考えられる。

(4) Sn の酸化物には SnO_2 と SnO があり、前者は n 型、後者は p 型をとる。ミスト CVD 法における成長では通常 SnO_2 が得られるが、NH_3 を添加して還元性を強めた溶媒を用いることで SnO を得ることができる。つまり Sn の酸化状態を制御することができる[5]。

(5) 結晶形の異なる ZnO と $LiGaO_2$ の混晶により、これらの組成比に応じて結晶構造を制御することができる[6]。これにより、構成元素の周辺の価電子状態が連続的に変化していることを示唆する結果が得られている。

このように、価電子状態の制御はさまざまな技術によって可能になると考えられ、ワイドギャップ酸化物半導体で大きな課題である p 型ドーピングについても、雰囲気の酸化還元性の制御や新しい混晶の利用によって可能性が出てくるのではないかと思われる。

[1] D. Shinohara and S. Fujita, Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 7311 (2008).
[2] T. Oshima, T. Nakazono, A. Mukai, and A. Ohtomo, J. Cryst. Growth **359**, 60 (2012).
[3] T. Kawaharamura, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 05FF08 (2014).
[4] S. Fujita and K. Kaneko, J. Cryst. Growth **401**, 588 (2014).
[5] 内田, 川原村, 藤田静雄, 2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-A12-8.
[6] T. Omata, M. Kita, K. Tachibana S. Otsuka-Yao-Matsuo, J. Solid-St. Chem. **188**, 92 (2012).

© 2015年 応用物理学会