

ワイドバンドギャップ酸化亜鉛における価電子メタモルフォロジ

Valence-Electron Metamorphology of Wide Band Gap ZnO

高知工科大総研¹, [○]山本 哲也¹, 野本 淳一¹, 牧野 久雄¹

Research Inst., Kochi Univ. Tech.¹, [○]Tetsuya Yamamoto¹, Junichi Nomoto¹, Hisao Makino¹

E-mail: yamamoto.tetsuya@kochi-tech.ac.jp

ワイドバンドギャップ半導体の1つである酸化亜鉛 (ZnO: 図1) は、III族原子 (例: Al, Ga など) を用いた n 型ドーピングに注目すると、該機能性添加原子のドナー軌道における価電子状態は、ドナー濃度増大とともに局在状態から非局在状態へと変態 (メタモルフォロジ) する[1]。キャリア濃度は、 10^{21}cm^{-3} 台まで、添加物析出 (粒界析出も含む) することなく可能であり[2]、透明導電膜としての応用に適う (図2)。この価電子形態 (モルフォロジ) を決定する最も重要な因子は、媒体の静的誘電率である。しかし、現時点では、静的誘電率の挙動は掴みきれていない。一方で、前記高濃度 n 型ドーピングが可能である、といった特徴と、同じ結晶構造 (wurtzite 型) を持ち (図1 参照)、かつ ZnO よりも大きな静的誘電率を有する GaN に着目し、アクセプタ N の価電子メタモルフォロジ (局在状態から非局在状態へ) の実現を引き起こす原理を理論的に考案したメタモルフォロジ設計が、同時ドーピング法 (*co-doping*) である[3-6]。アクセプタにおける正孔活性を促す役割を担う反応性ドナーをいかに候補として、絞り込むかがポイントとなる。

ゲーテ (Johann Wolfgang Goethe) は、1792 年、モルフォロジ (形態学) を掲げ、「ゲーテ形態学論集・動物編」にて、幼虫→蛹→蝶、なる変態 (メタモルフォロジ) に注目した。ポイントは蛹モルフォロジ時空間にて「ドロドロにしてつくりなおす」ことにある。小林は、ごく最近、酸化インジウム (In_2O_3) において、設計的に *co-doping* (Ce, H) 候補を検討し、かつ上記ポイントに相当するポストアニール技術を開発した。その結果、多結晶構造ながら粒界散乱のキャリア輸送に対する負の寄与を大きく削減することで、高 Hall 移動度 $130\text{-}145\text{ cm}^2/\text{Vs}$ の実現に至った[7]。

メタモルフォロジは生物学において、未だ聖域的な難問である、ようである。一方で、物質科学は、既存のものを学問するだけではなく、メタモルフォロジを創り出し (学術の芽)、その成果をもって応用につなげる、といった「価値の創造」にその意義がある。

本講演では、理論と実験との両面からキャリア輸送などに焦点を絞り、酸化物材料ならではの価電子メタモルフォロジについて、議論する。

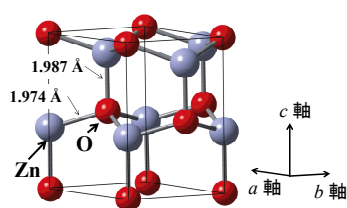


Fig. 1 ZnO の結晶構造 (wurtzite 型)

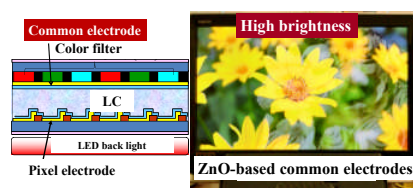


Fig. 2 (左) LCD TV の断面概要図、(右) ZnO 透明共通電極実装の 20inch 型 LCD TV 表示

参考文献: [1] T. Terasako, H. Song, H. Makino, S. Shirakata, T. Yamamoto, Thin Solid Films, **528** (2013)19. [2] T. Yamada, H. Makino, N. Yamamoto, T. Yamamoto, J. Appl. Phys. **107**(2010)123534. [3] T. Yamamoto, H. K-Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. **38**(1999)L166. [4] T. Yamamoto, Thin Solid Films, **420-421**(2002)100. [5] T. Yamamoto, physica status solidi (a) **193**(2002)423. [6] T. Yamamoto, Jpn. J. Appl. Phys. **42**(2003)L514. [7] E. Kobayashi, Y. Watabe, T. Yamamoto, Appl. Phys. Express, **8**(2015)015505.