

酸化物半導体における価電子メタモルフォロジ : Introductory Talk

Valence-Electron Metamorphology in Oxide Semiconductors: Introductory Talk

○川原村 敏幸¹、阿部 友紀²、宇野 和行³ (1. 高知工大、2. 鳥取大、3. 和大)

○Toshiyuki Kawaharamura¹, Tomoki Abe², Kazuyuki Uno³

(1.Kochi Univ. Tech., 2.Tottori Univ., 3. Wakayama Univ.)

E-mail: kawaharamura.toshiyuki@kochi-tech.ac.jp

酸化物半導体は、ワイドギャップ半導体としての機能を持つほか、磁性・熱伝性・強誘電性などと融合した多様な機能を示すことから、複合機能を持つ新しいデバイスなど広い応用が期待されている。半導体の歴史の中では「新しい半導体」であり、その急速な進展にとっては従来の大分類分科の枠を越えた一貫した議論を行うことが望ましいとの観点から、本「合同セッション K」を設け、最新の研究発表と集中した議論の場としてきている。これまでの旺盛な議論から、酸化物半導体は他の半導体と異なる特徴的な物理があることが示唆されている。それゆえに、その起因を探り、酸化物半導体ならではの学術的概念を創出することが、今後、酸化物半導体に秘められた魅力をデバイスとして具現化して行くために不可欠であることが明らかになってきた。

元素の中で、酸素は、フッ素と並んで強い酸化力があり、フッ素より負電荷が大きいことから、少数で結合相手を低酸化状態から高酸化状態まで大きく変化させる (表 1)。また、多様な結晶構造を持ち、安定相及び準安定相が得られる場合もある。これらをふまえ、酸化物(半導体に限らず)では価電子状態の多様な「変態」が生じることを、一つの特徴と考えるべきではないかと思われる。つまり、酸化物半導体は価電子状態の「変態」に多様性を持ち、それがさまざまな物性をもたらすとともにその制御を困難にしていると考えられ、この「変態」を人為的に制御するという視点がその物性制御につながるものと考えられる。酸化物半導体で困難とされる伝導性制御についても、ドーパント元素周りの価電子状態を「変態」させることにより、その可能性につながるといえる。

この「変態」とは生物学において「メタモルフォシス=神のなせる業」とよばれ、サナギが蝶になるように人の手が及ばないものとされている。しかし材料科学は、価電子状態の「変態」を人の手に委ねることを可能とさせる。その鍵は、非平衡成長、酸化還元制御成長、コドーピング、疑似混晶といった「科学の業」を駆使し、科学者が目的をもって価電子状態を設計・創成することであろう。これを「メタモルフォロジ=人間のなせる業」とよび、今後の酸化物半導体の物性制御に向けたキーワードとして、提唱したい。

本シンポジウムでは、この「価電子メタモルフォロジ」の具現化に向けた議論をいただき、今後の酸化物半導体の進展に向けた方向性を見出す一助となれば幸いである。(合同セッション K の歴代世話人および関係者の中で、上述するような次世代を見据えた新分野「酸化物半導体における価電子メタモルフォロジ」の開拓の必要性があるという議論が起こり、シンポジウム開催に至った。)

表 1 酸化物の多様な結合状態

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
+1	Cu ₂ O							
+2	CuO	ZnO		SnO		CrO	MnO Mn ₃ O ₄ (+2,+3)	FeO Fe ₃ O ₄ (+2,+3)
+3			Ga ₂ O ₃		Sb ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
+4				SnO ₂	Sb ₂ O ₄	CrO ₂	MnO ₂	
+5					V ₂ O ₅			
+6				SnO ₃		CrO ₃	MnO ₃	
+7							Mn ₂ O ₇	