

多元系 Sn²⁺酸化物 SnNb₂O₆ の p 型化とキャリア生成機構

Carrier generation of p-type Sn²⁺ complex oxide semiconductor, SnNb₂O₆

産総研¹, 東京理科大² ○三溝朱音^{1,2}, 菊地直人^{1*}, 相浦 義弘¹, 西尾 圭史²

AIST¹, Tokyo Univ. Sci.², °A. Samizo², N. Kikuchi¹, Y. Aiura¹, K. Nishio²

*E-mail: naoto-kikuchi@aist.go.jp

ワイドギャップ p 型半導体では O 2p による価電子帯の強い局在性のため正孔の有効質量が増大する。そのためこれまで CuAlO₂^[1]や LaCuOS^[2]では価電子帯に Cu 3d や S 4p 性を導入して価電子帯の局在化を低下させる試みが行われてきた。しかし、ワイドギャップ n 型半導体の In₂O₃ が伝導帯に In 5s 性を使って高い移動度を実現することを考えれば、価電子帯にも s 軌道性を導入することが望ましい。Sn 5s からなる価電子帯をもつ SnO が高い正孔移動度(〜2.4cm²/Vs)^[3]を示すことは、この考え方が妥当であることを示している。我々はこの考えに基づき、同じく Sn 5s からなる価電子帯をもつ多元系 Sn²⁺酸化物である Sn₂Nb₂O₇に着目し、その p 型化やキャリア生成機構について報告した^[4]。この材料では、キャリア生成は Nb サイトへの Sn⁴⁺の置換欠陥が支配的であることや酸素欠損による電荷補償の抑制が重要であることが分かった。そこで同じく多元系 Sn²⁺酸化物である SnNb₂O₆について p 型化とそのキャリア生成機構を報告する。

SnNb₂O₆は、図 1 のように Nb₂O₆八面体と Sn が積層した結晶構造をもつ。ここで Nb₂O₆八面体は Sn₂Nb₂O₇において p 型キャリアを生成するサイトとして働くことからキャリア生成サイトとしての働きが期待できる。一方、Sn はキャリア輸送に寄与するため、キャリア生成層と輸送層の分離が可能となる。しかし、酸素欠損量の増大に伴い過剰な電子が生成し正電荷が補償されるため、正孔キャリアの導入が難しいという問題があり、これまでは p 型化に至らなかった^[5]。そこで我々は、Sn₂Nb₂O₇と同様に焼成条件により欠陥生成の制御を行うことで正孔導入を試みた。その結果、SnNb₂O₆においても p 型伝導の実現に成功した。本講演では、p 型 SnNb₂O₆の作製条件や構造欠陥によるキャリア生成機構について Sn₂Nb₂O₇と比較検討した結果を発表する。

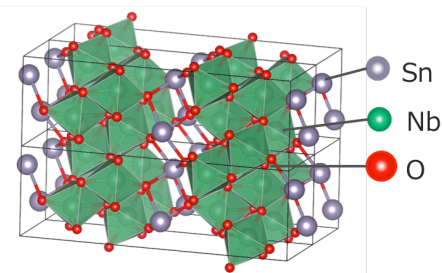


図 1 SnNb₂O₆ の結晶構造

表 1 作製した SnNb₂O₆ の電気物性 (300K)

sample	annealing temperature (K)	carrier type	conductivity (mS/cm)	carrier density (/cm ³)	mobility (cm ² /Vs)	Seebeck coefficient(V/T)
(a)	1023	p-type	2.2×10 ²	3.7×10 ¹⁸	3.8×10 ⁻¹	+5.2×10 ⁻⁶
(b)	1173	High resistivity	-	-	-	-
(c)	1473	n-type	1.1×10 ¹	7.5×10 ¹⁵	9.9×10 ⁰	-7.74×10 ⁻⁴

[1] H. Kawazoe et al., Nature, 389, 30, 939 (1997)
[2] H. Hiramatsu et al., Appl. Phys. Let. ,81, 598 (2008)
[3] Y. Ogo, et al. , Phys. Status Solidi A 206, 2187 (2009)
[4]三溝朱音、「バンドギャップ可変 p 型半導体 SnNb_{2-x}Ta_xO₇」,『2017 年春季応用物理学会』, 15a-502-9
[5] K. Katayama, J. Phys. Chem. C, 120,9604 (2016)