

InGaO₃(ZnO)_n の大型単結晶を用いた熱輸送特性

Single crystal growth of the homologues InGaO₃(ZnO)_n and its thermal properties

東理大理, °加瀬 直樹, 井上 禎人, 漆間 由都, 川上 冬樹, 河村 優介, 宮川 宣明

Tokyo Univ. of Sci., °Naoki Kase, Tadahito Inoue, Yuto Uruma, Fuyuki Kawakami, Yusuke

Kawamura, Nobuaki Miyakawa

E-mail: n-kase@rs.tus.ac.jp

(InGaO₃)_m(ZnO)_n で表される透明酸化物半導体は、高い透明度や電子移動度を示すことから電子デバイスへの応用化が期待されており、すでに液晶ディスプレイなどに利用される薄膜トランジスタ(TFT)に採用されている。しかし、これらの基礎物性については、Zn の蒸気圧が高いことなどから大型単結晶育成が困難であるため、バルク物性の理解は進んでおらず未解明の部分が多く残されていた。このような背景のもと、我々の研究グループでは9気圧下における Optical Floating Zone (OFZ)法によって初めて InGaO₃(ZnO)_n (n = 1, 2, 3)の大型単結晶の育成に成功した^[1,2]。

本研究では、我々が育成したこれらの大型単結晶を用いて InGaO₃(ZnO)_n (n = 1, 2, 3)の熱輸送特性を明らかにすることを目的として各種物性測定(電気伝導率、ホール効果、ゼーベック効果など)を行った。さらに熱電性能指数(ZT)を測定可能な装置を開発し、それを用いて InGaO₃(ZnO)_n の熱電性能を明らかにした。

電気伝導度の大きさは温度依存性を示さず、典型的な縮退半導体的な振る舞いを示した。縮退半導体的な振る舞いは、ゼーベック係数の大きさが温度変化に対して直線的に変化していることからわかる。電気伝導度の大きさは、IGZO-12→IGZO-13→IGZO-11 の順に大きくなり、ゼーベック係数の大きさは IGZO-11→IGZO-13→IGZO-12 の順に増大した。電気伝導度については全ての IGZO-1n (n = 1, 2, 3)において、キャリア濃度の増加に伴い電気伝導度は増加した。ゼーベック係数の大きさは、キャリア濃度の増加に伴い減少し、その変化量は IGZO-1n (n = 1, 2, 3)それぞれにおいて、大きな変化は見られなかった。これは、as-grown 状態の IGZO-1n (n = 1, 2, 3)は縮退半導体であり、熱励起によるキャリアの供給がほぼ無いと考えると、キャリア濃度の大きい試料の方が、試料に温度差をつけた際のキャリア濃度の勾配がつきにくいという基本的なイメージで理解できる。出力因子(PF)の大きさは、キャリアの増加に伴い上昇する傾向が見られた。この結果より、as-grown のバルク単結晶は、酸素欠陥の多い IGZO 試料の方が、熱電性能が高いことが分かる。当日はさらに電気伝導度・ゼーベック係数・熱伝導率を同時測定することで熱電性能指数(ZT)を導出可能な装置を開発した結果についても報告する。

[1] Y. Tanaka *et al*, Cryst Eng Comm, **21** 2985-2993 (2019).

[2] N. Kase *et al.*, Cryst Eng Comm, **24** 4481-4495 (2022).