

Sn 置換型(InGaO₃)(ZnO)大型単結晶の電気特性評価

Evaluation of the electrical properties of large-scale single crystals of Sn substituted (InGaO₃)(ZnO)

東理大先進工, ○(M2)小海 稜太郎, 平井 萌々香, 山崎 優樹, 高橋 拓海, 井上 禎人, 漆間 由都,
加瀬 直樹, 宮川 宣明

Tokyo Univ. of Sci, Ryotaro Kokai, Momoka Hirai, Yuki Yamazaki, Takumi Takahashi, Tadahito Inoue,
Yuto Uruma, Naoki Kase, Nobuaki Miyakawa

E-mail: 8423521@ed.tus.ac.jp

【序論】 透明導電性酸化物に分類される(InGaO₃)_m(ZnO)_nと表記される物質、通称 IGZO は優れた光学的透明性と高い電子移動度をもつことで知られており、ディスプレイやタッチパネルに用いられる電子デバイス材料として広く利用されている。これらの材料の移動度は、デバイスの動作速度や省エネルギー性を支える重要なパラメータであり、最近では Sn を含んだ a-IGZO (IGZTO) [1]や In-Sn-Zn-O 系材料(ITZO) [2]が IGZO よりも優れた電子移動度を持つ可能性があるとして注目されている。しかしいずれの材料においても、バルク単結晶の物性値の報告はない。Sn を含んだ IGZO 単結晶として、Sn⁴⁺と Zn²⁺による In³⁺サイトの置換を行った [In_{1-2x}Sn_xZn_x]GaO₃(ZnO)_nの報告もあるが、そのサイズはμmオーダーの微小もので、物性の報告もされていない。[3, 4] 本研究では Pressurized Optical Floating Zone (POFZ)法により育成された [In_{0.73}Sn_{0.07}Zn_{0.07}]GaO₃(ZnO)_{0.9}, [In_{0.51}Sn_{0.20}Zn_{0.20}]GaO₃(ZnO)_{0.89} および In_{1.04}[Ga_{0.7}Sn_{0.19}Zn_{0.19}]O₃(ZnO)_{0.89}のバルク単結晶試料の電気特性の報告をする。

【実験】 POFZ 法を用い、空気雰囲気 9 気圧下で育成された単結晶の電気抵抗測定、ホール効果測定を行い、キャリア数及び電子移動度の算出を行った。電極は Pt を用いた。単結晶試料は O₂ 雰囲気下でアニール処理を行い、酸素欠陥起因による電子キャリアのコントロールを試みた。

【結果及び考察】 各試料の as grown では、電気抵抗の温度依存性は金属的な振る舞いを見せた。これは酸素欠陥が形成するドナーバンドが伝導帯に入り込み、縮退型半導体となった為である。この時のキャリア密度は In サイトに置換した単結晶は 1.0×10¹⁹~6.0×10¹⁹ cm⁻³のものだったのに対し、Ga サイトに置換した単結晶は 6.0×10¹⁹~1.0×10²⁰ cm⁻³であった。In サイトに Sn, Zn を置換した各単結晶は 900°C48h の酸素アニールを施すことで半導体的な電気抵抗の振る舞いを見せた。この際、母物質の(InGaO₃)(ZnO)単結晶はキャリア密度が 10¹⁸cm⁻³程度までしか調整できないのに対し、In サイトへの Sn 置換型試料は 1.36×10¹⁷ cm⁻³まで減少できることが確認された。(図 1)その一方で Ga サイトへの Sn 置換型では、酸素アニール後もキャリア量が 10¹⁹ cm⁻³であり、酸素欠陥量の調節が困難な傾向にあることが確認された。当日は酸素アニールの温度を変動させた場合のキャリア密度の変動量や、電子移動度の特性、異方性についても報告を行う予定である。

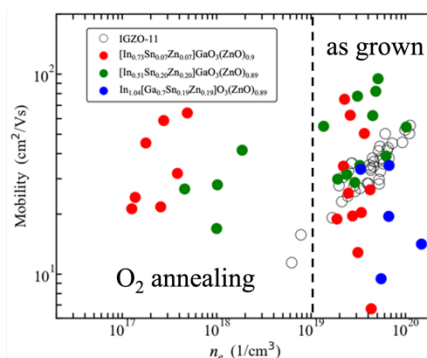


図 1 Sn 置換型 IGZO のキャリア密度と移動度

【参考文献】 [1] Jixuan Wu *et al.*, *IEEE*, VOL. 68, NO. 12 2021 [2] H.Yang *et al.*, *ACS Appl. Electron. Mater.* (2022), 4, 5081–5086. [3] S. Eichhorn *et al.*, *Solid State Chemistry* **233** (2016) 75-81. [4] S. Eichhorn *et al.* *Solid State Chemistry* **246** (2017) 214-220.