

研究論文

浮遊帯域溶融法（FZ 法）を用いた β -Ga₂O₃ 単結晶への Ir 固溶に関する研究[†]長尾雅則*, 藤田勇真*, 丸山祐樹*, 綿打敏司*, 三木一司**, 田中 功*Investigation of Iridium Solubility into β -Ga₂O₃ Single Crystals
by Floating Zone Method

by

[†]Masanori NAGAO*, Yuma FUJITA*, Yuki MARUYAMA*, Satoshi WATAUCHI*,
Kazushi MIKI** and Isao TANAKA*

(Received Dec. 5, 2024; Accepted Jan. 16, 2025)

Abstract

Ir-doped β -Ga₂O₃ single crystals were grown by the floating zone method using an optical image furnace to investigate iridium solubility. When the nominal Ir-content of feed materials was more than 0.05 atomic percent in the Ga-site, Ir metal inclusions appeared in the grown β -Ga₂O₃ crystals. Then the Ir concentration in the β -Ga₂O₃ matrix was estimated to be $5.0 \pm 2.9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

Keywords: Wide bandgap semiconductor, β -Ga₂O₃, Iridium solubility

1. 緒言

酸化ガリウム (Ga₂O₃) は、大きなバンドギャップを有する (4.5-4.9 eV) ことから、ワイドギャップ半導体材料として注目されている^{1),2)}。Ga₂O₃ には、 α , β , γ , δ , ϵ , κ の 6 種類の結晶多形が存在し³⁾⁻⁵⁾、 β 型が最も安定な構造である。そのため、 β 型の Ga₂O₃ (β -Ga₂O₃) 単結晶がチョクラルスキー法 (CZ 法)⁶⁾、垂直ブリッジマン法 (VB 法)⁷⁾、Edge-defined Film-fed Growth 法 (EFG 法)⁸⁾ および浮遊帯域溶融法 (FZ 法)^{9),10)} などによって育成されており、最近では、VB 法によって直径 6 インチの単結晶育成が報告されている¹¹⁾。量産品として 2 インチの β -Ga₂O₃ 単結晶のウェハーが市販されており、これは、EFG 法によって育成されている⁸⁾。EFG

法では、Ir ルツボを用いており、これは、 β -Ga₂O₃ への Ir 固溶量が小さいことに由来している。しかし、Ir ルツボを用いた CZ 法による結晶育成の実験から Ir がわずかではあるが固溶するという報告があり、その濃度は、 10^{16} cm^{-3} 程度¹²⁾と 10^{18} cm^{-3} 程度¹³⁾の異なる結果が報告されている。Ir が Ga₂O₃ に固溶すると Ir⁴⁺として Ga サイトに置換することが考えられ、Ga は 3 価 (Ga³⁺) であることから、Ir⁴⁺は、ドナーとして働く。そして、上述した濃度 ($10^{16} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度) の Ir がドナーとなった場合、半導体特性に影響を与える可能性が考えられる。そこで、本研究では、ルツボを使用しない結晶育成方法である FZ 法を用いて β -Ga₂O₃ への Ir 固溶について調べた¹⁰⁾。

2. 実験方法

β -Ga₂O₃ (稀産金属株式会社 : 99.99%) と IrO₂ (フルウチ化学株式会社 : 99.9%) の粉末を (Ga_{1-x}Ir_x)₂O_{3+ δ} ($x = 3 \sim 10 \times 10^{-4}$) の仕込み組成に秤量し、エタノールを加えて湿式混合した。これを 700°C 10 時間大気中で焼成後、再び湿式混合し、1000°C で 10 時間大気中において焼成した。2 回焼成した粉末を乾式混合後、ゴム風船に詰めて棒状にして、静水

令和 6 年 12 月 5 日受付

* 山梨大学大学院総合研究部附属クリスタル科学研究センター : 山梨県甲府市宮前町 7-32
TEL 055-220-8610
mnagao@yamanashi.ac.jp

Center for Crystal Science and Technology, University of Yamanashi, 7-32 Miyamae, Kofu, Yamanashi 400-0021, Japan
** 兵庫県立大学工学部 : 兵庫県姫路市書写 2167
School of Engineering, University of Hyogo, 2167 Syosya, Himeji, Hyogo 671-2280, Japan

[†] : mnagao@yamanashi.ac.jp