

## スカルメルト法によるルツボフリーな $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単結晶の新規育成手法

### Development of crucible-free $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> crystal growth based on skull melting method

株式会社C&A<sup>1</sup>, 東北大学<sup>2</sup>, 九州大学<sup>3</sup> ○富田健稔<sup>1</sup>、高橋勲<sup>1</sup>、菅原孝昌<sup>2</sup>、庄子育宏<sup>1</sup>、Vladimir Kochurikhin<sup>1</sup>、鎌田圭<sup>1,2</sup>、柿本浩一<sup>2,3</sup>、吉川彰<sup>1,2</sup>

C&A corp.<sup>1</sup>, Tohoku univ.<sup>2</sup>, Kyushu univ.<sup>3</sup>, ○Taketoshi Tomida<sup>1</sup>, Isao Takahashi<sup>1</sup>, Takamasa Sugawara<sup>2</sup>, Yasuhiro Shoji<sup>1</sup>, Vladimir Kochurikhin<sup>1</sup>, Kei Kamada<sup>1,2</sup>, Koichi Kakimoto<sup>2,3</sup>, Akira Yoshikawa<sup>1,2</sup>, E-mail: t-tomida@c-and-a.jp, takahashi\_isao@c-and-a.jp

本研究では、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の結晶成長にルツボフリーな成長法の一つであるスカルメルト法を利用し、種結晶からの単結晶育成を試みた。その結果、現状のサイズで直径約 2 インチ弱の単結晶の作製に成功し、本手法での実用化の可能性を示すことが出来た。

$\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> はワイドバンドギャップ材料の中で唯一融液成長可能なため、基板の飛躍的な低コスト、高品質化が期待されている。しかし、現状の成長法では Ir 等の貴金属ルツボの使用がボトルネックとなっており、コストが高く、またルツボの酸化を抑えるために低酸素分圧下での成長に制限され、欠陥の多い結晶となっている。そこで Fig.1 に示すスカルメルト法をベースとした単結晶引き上げ方法を考案した。前回の発表では同じルツボフリー成長法の Floating Zone 法と本手法の結晶において転位密度、抵抗率、PL 発光強度に関する評価を行い、ルツボフリーの育成法で結晶欠陥が低減出来ていることを示した。今回は実用的なサイズの結晶育成に関する発表を行う。

スカルメルト法とは、原料の中心部を高周波により加熱・溶解させ、端部を水冷することで溶解させることなく固体原料の殻(Skull)をルツボ代わりにして結晶育成をさせる方法である。この方法では、貴金属ルツボを使用せず結晶成長できるため、低コストかつ高酸素分圧下での成長による高品質化が可能な成長法である。スカルメルト法の結晶成長において重要な点は、周波数の制御にあり、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の場合は MHz 近傍の高周波が必要となる。高品質な結晶成長を行うにはメルト中の温度勾配の制御が必要であるが、被加熱体に浸透する磁場の深さ  $\delta$  と周波数  $f$  との関係は以下の関係がある。(  $\rho$  : 固有抵抗 ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、 $\mu$  : 比透磁率)

$$\delta = 5.03\sqrt{\rho/\mu f}$$

すなわち、加熱されるメルトの領域を周波数により変えることが出来るため、この特性を利用することで、結晶成長の制御を行うことが本手法の大きな特徴である。Fig.2 に本手法で育成させた結晶写真の一例を示す。現状で直径 40mm 以上の単結晶作製に成功しており、2 インチ基板の実用化に大きく近づくことが出来た。

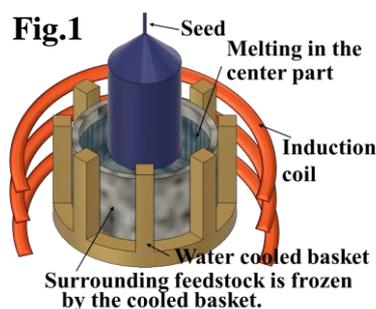


Fig. 2

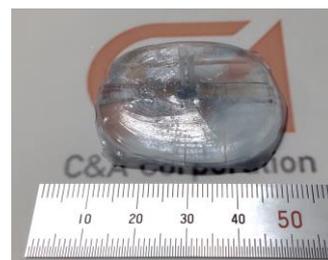


Fig. 1: Schematic diagram of skull-melting method, Fig. 2: A picture of grown crystal (Nearly 40 mm in diameter is achieved).