

宇宙環境を利用した均一組成 SiGe 結晶育成実験

Homogeneous SiGe crystals grown by the TLZ method in microgravity condition

宇宙航空研究開発機構 ○荒井 康智、木下 恭一、高柳昌弘

JAXA ISS Science project office, ○Yasutomo Arai, Kyoichi Kinoshita and Masahiro Takayanagi

E-mail: arai.yasutomo@jaxa.jp

1. はじめに

国際宇宙ステーションに設置されている温度勾配炉を利用して、飽和溶融帯法(Travelling Liquidus Zone 法)[1]にて均一組成 SiGe 結晶を育成した。本講演では、軌道上で実施した 2 回の実験 (Hicari #1, Hicari #2) について、育成した直径 10mm の $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ 結晶の EPMA (Electron Probe Micro Analyzer)組成分布, EBSD (Electron Back Scatter Diffraction)結晶方位及び単結晶性を報告し、均一組成結晶育成条件について議論する。

2. 実験内容

結晶成長実験は、国際宇宙ステーション (ISS)に設置された、真空炉 3 ゾーンの温度勾配炉(GHF)を利用して、2013 年 2 月から実施されている。混晶系 SiGe 結晶成長には TLZ 法を利用している。本実験では、直径 10mm, 30mm 長の Si 種、20mm 長さの溶融帯形成 Ge 及び 57mm 長の Si 原料部を BN 容器に封入し、石英管で真空封入した試料を利用した。軌道上では $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ を目的組成として、ヒーター移動速度を 0.1mm/hr、設定温度勾配は 8K/cm、成長時間は初回実験は 123 時間、2 回目の実験は 72 時間で実施した。Fig. 1 に軌道上で育成した 1 回目実験の SiGe 結晶を示す。育成結晶は、切断後に断面研磨し組成分析、結晶方位分析を実施した。結晶育成中の平均温度勾配は、SiGe 結晶分析結果から TLZ 一次元モデル式を利用

して計算した。

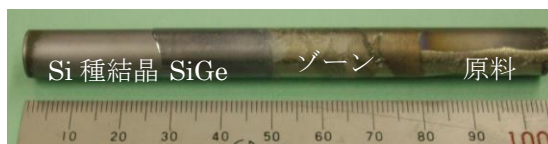


Fig. 1. SiGe crystal grown by the GHF in the ISS

3. 実験結果及び議論

Fig. 2 は 1 回目、2 回目実験の SiGe 結晶の軸方向組成分析結果である。1 回目実験では、SiGe 結晶中心軸の Ge 組成は、 0.485 ± 0.015 (mol%)で成長距離は 17.2mm であり、想定した 15mm 成長より 2mm 成長距離が長く、Ge 組成は 1.5%程度シフトとしていた[1]。これは、温度勾配が想定 8K/cm から 9K/cm へ高くなっていたことによると思われる。2 回目実験では、Ge 組成は、 0.498 ± 0.025 であり、成長距離は 9.2mm であった。講演では、SiGe 結晶成長界面形状と組成分布の関連についても議論する。

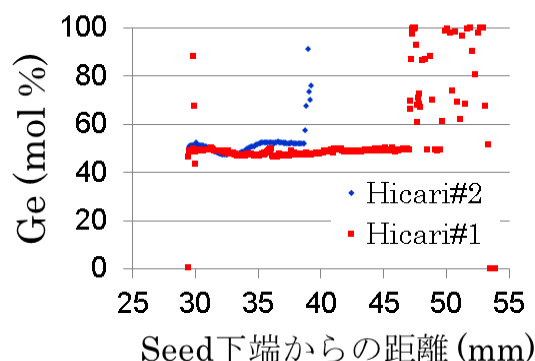


Fig. 2. Ge concentrations of SiGe crystals at central axis

[1] K.Kinoshita, *et al.*, J. Cry. Growth, 388 (2014), 12-16.