

混晶バルク SiGe 結晶の赤外特性

Infrared properties of bulk SiGe crystals

○荒井 康智¹、椿 浩二²、片野 佳文²、内田 茂樹²、片岡 正巳³、佐々木 慎吾³、
佐藤 康則³、松村 億久³、小八重 竹夫³、川崎 拓也³

(1.JAXA、2.トプコン、3. ティーディーワイ)

○Y. Arai¹, K. Tsubaki², Y. Katano², S. Uchida², M. Kataoka³, S. Sasaki³, Y. Sato³,

O. Matsumura³, T. Kobae³, T. Kawasaki³

(1. JAXA, 2. TOPCON, 3. TDY)

E-mail: arai.yasutomo@jaxa.jp

【背景と目的】混晶系結晶であるSiGe結晶は、原料の屈折率がSi (3.4) とGe (4.0) で大きく異なり、Si-O特有の9 μ m付近における吸収ピークが観測されないGeリッチ組成では、10 μ m帯の赤外線レンズ材料としても有望である。しかし、SiGe結晶はバルクサイズでの組成制御の困難さから、実用サイズのレンズ製造が困難であり、赤外物性や硬度の組成依存性など報告も僅少である。我々は、TLZ法 (Traveling Liquidus Zone method) [1]で育成したバルクp型SiGe結晶について、非球面レンズ加工と焦点距離およびMTF性能検証、Si_{0.7}Ge_{0.3}結晶の酸素濃度と赤外吸収強度の換算係数、15 μ mまでの赤外吸収特性を報告した。本講演では、SiGe結晶の赤外線レンズ応用に向けた物性計測として、赤外領域の屈折率組成依存性の計測結果等を報告する。

【実験】SiGe結晶組成はTLZ法で実施し[1]、炭素容器に入れた直径20-30mmのSi原料とGe原料を石英管に封入した。成長界面での平均温度勾配は7K/cm、成長速度は0.1mm/hr程度であった。育成結晶は、成長軸と垂直方向に厚み2mm程度の円板状に切り出して両面を研磨し、EPMAにて組成分布計測、赤外線カメラによる透過画像から割れ等の有無を検査し、赤外計測試料としての健全性を確認した。電気抵抗は4端子法で計測し[2]、赤外吸収率は試料厚みを2種類変えて透過率計測した結果から吸収係数を導出した。屈折率は、宇都宮大学機器分析センターの赤外線エリプソメトリーを利用し、2から25 μ mの波長範囲で室温にて計測した。図1に12 μ mにおける組成依存性を示す。

【結果・考察】p-SiGe 結晶の赤外吸収特性と結晶抵抗値(不純物濃度)との関係を把握するため、10.6 μ mにおける赤外の消衰係数[3]から吸収係数を計算し、結晶電気抵抗との関連性を纏

めた。結晶の電気抵抗値と吸収係数は反比例し、Si_{0.7}Ge_{0.3} 組成では 100 Ω cm 以上で吸収係数が一定値($\sim 1.4\text{cm}^{-1}$)を示した[2]。12 μ mにおける屈折率は、Humlíček らの計算結果[4]より全組成において低く bowing が大きい傾向である。結晶の吸収係数は非常に小さいので、合金の誘電率がより小さい結果と考えられる。また、中間組成における曲率変化も観察されていない。

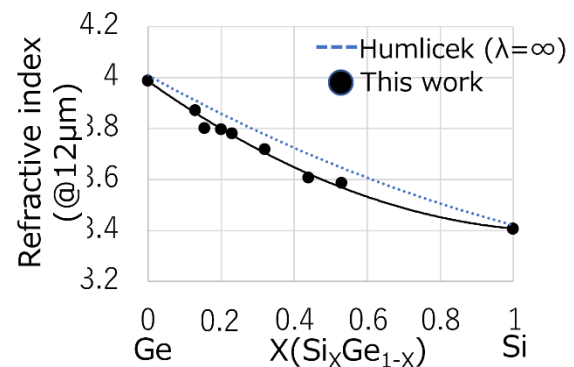


Figure 1. Measured refractive indices of SiGe alloy at 12 μ m (solid circles) and the calculated indices at long-wavelength limit (dotted line)

【謝辞】本研究の一部は防衛装備庁安全保障技術研究推進制度(JPJ004596)の支援を受けたものである。また、本研究にあたり、実験・解析に関し多大なご助言を頂いた木下恭一氏に感謝申し上げます。

- [1] Y. Arai *et al.*, Cryst. Growth Des., **18** (2018) 3697–3703.
- [2] 荒井康智,他. 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 22p-P09-4 (2022).
- [3] Y. Arai *et al.*, Journal of Crystal Growth, **565** (2021) 126128.
- [4] J. Humlíček *et al.*, Applied Optics, **31**, pp. 90-94 (1992).