

分光エリプソメトリーによる Bulk SiGe の近赤外光学特性評価 Optical Properties of Bulk SiGe in the Near Infrared Evaluated by Spectroscopic Ellipsometry

°柴山 裕貴¹、横川 凌^{1,2}、荒井 康智³、米永 一郎⁴、小椋 厚志^{1,2}

(1. 明治大理工, 2. 明治大 MREL, 3. JAXA, 4. 東北大学)

°Y. Shibayama¹, R. Yokogawa^{1,2}, Y. Arai³, I. Yonenaga⁴, A. Ogura^{1,2}

(1. Meiji Univ., 2. Meiji Renewable Energy Laboratory, 3. JAXA, 4. Tohoku Univ.)

E-mail: ce211030@meiji.ac.jp

【背景と目的】 SiGe は Si に比べバンドギャップが狭いことから、赤外センサなどの光学デバイスへの応用が期待されている。そのために SiGe の光学特性を評価することは極めて重要である。これまでに SiGe の光学特性の報告例は多数存在するが [1]、赤外領域の光学特性に関する報告例は少ない。また SiGe に歪が印加されていると光学特性が複雑に変化するため、本来の SiGe の光学特性を評価するためには無歪かつ単結晶の試料が必要となる。上記背景を鑑み、本研究では、分光エリプソメトリーを用いて無歪単結晶 Bulk SiGe の赤外領域を含む光学特性の測定を実施した。

【実験】 試料は Czochralski (Cz)法で作製した Ge 組成 16%の Bulk SiGe [2]、および Traveling Liquidus Zone (TLZ)法で作製した 32、45、90%の Bulk SiGe [3]を用いた。またこれらの試料はすべて X 線回折 (XRD)により無歪および単結晶であることを確認した。分光エリプソメトリー測定は入射角を 60°、光源に 70 W キセノンランプを用いて 200~1600 nm の波長領域で光学特性を取得した。

【結果・考察】 図 1 に Ge 組成 16% (図 1(a))および 32% (図 1(b))の Bulk SiGe から得られた屈折率を pure Si および pure Ge からの測定結果と重ねて示す。図 1 から 400 nm 付近において Ge 組成が変化すると屈折率が顕著に変化することを確認した。この Ge 組成に対する屈折率の変化は参考文献 [1]と同様の振る舞いを示している。また 1100 nm 付近から Bulk SiGe の屈折率が特異な増加をしていることを確認した。この傾向は Cz 法と TLZ 法で作製された両試料で同様に見られたため、成長手法に起因したものではないと考えられる。特異な増加が起こり始めている 1100 nm は Si のバンドギャップに近い値であり、増加が起こる前は Si に近い屈折率を示しているのに対して、増加後は Ge に近い値となっており、Si のバンドギャップを境に Ge の屈折率が支配的になっているように見える。また、一般にフリーキャリア吸収の影響は、図 1 の特異な増加よりも長波長側で起こると考えられることから、屈折率の変化は SiGe 混晶特有の現象であると考えられる。以上、無歪単結晶 Bulk SiGe の屈折率において特異な増加が確認されたことは SiGe の光学デバイス応用における重要な知見となると考えている。

[1]. J. Humlíček, M. Garriga, M. I. Alonso, and M. Cardona, *J. Appl. Phys.* **65**, 2827 (1989).

[2]. I. Yonenaga, *J. Cryst. Growth* **275**, 91 (2005).

[3]. K. Kinoshita, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 04DH03 (2015).

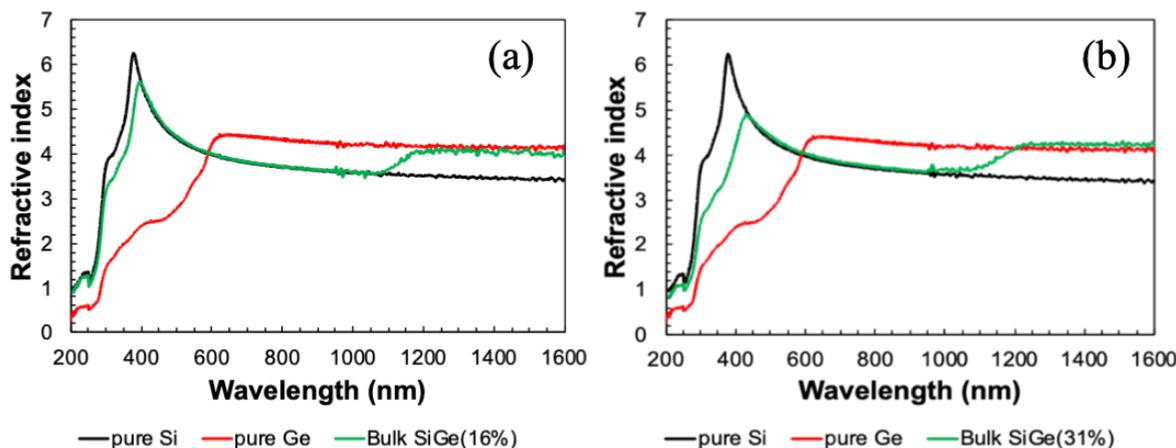


Fig. 1 Refractive index of Bulk SiGe with (a) 16% and (b) 32% Ge composition.