

## シリコンゲルマニウム結晶育成におけるるつぼ材の検討

## Investigation on crucible for silicon-germanium crystal growth

信大工<sup>1</sup> 仁科聖弥<sup>1</sup>, 小川晃司<sup>1</sup>, 川上こゆき<sup>1</sup>, 太子敏則<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Shinshu Univ.<sup>1</sup> M. Nishina<sup>1</sup>, K. Ogawa<sup>1</sup>, K. Kawakami<sup>1</sup>, T. Taishi<sup>1</sup>

E-mail: taishi@shinshu-u.ac.jp

【はじめに】シリコンゲルマニウム ( $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ ) はシリコンとゲルマニウムの全率固溶混晶 [1] であり、組成比によって格子定数やバンドギャップを制御でき、高速動作 CMOS や熱電変換材料等の応用が期待されている。バルク結晶育成は CZ 法 [2]、TLZ (Traveling Liquidus Zone) 法 [3] 等による報告事例があり、宇宙空間での均一  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  結晶育成実験も行われている [3]。本研究では TLZ 法や VB 法等のるつぼ内で結晶育成において、キャリア濃度を制御した p 形  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  結晶を得るために適したるつぼ材について検討した。

【実験方法】まず、Ge、 $\text{Si}_{0.1}\text{Ge}_{0.9}$ 、 $\text{Si}_{0.25}\text{Ge}_{0.75}$ 、 $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$  の組成比となる  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  多結晶体を準備した。これら結晶体から数 mm 角のブロックを切り出し、るつぼ材の候補となる石英ガラス板、カーボン板、pBN 板の上に配置した。Ar 雰囲気下で融解し、20 分間保持後に急冷固化させた。固化後の試料の  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  と板材の接触角の測定と固着状況を調べた。また、固化試料から  $5 \times 5 \times 1 \text{ mm}$  の板を切り出し、ホール効果測定によってキャリア濃度を測定した。

【結果と考察】Fig.1(a)は、各板材の上で固化させた  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  中の Si 組成と接触角の関係を示している。Ge は板材と固化試料が分離できたものの、Si 組成が増加すると、pBN 以外は分離できず固着した。pBN 板を用いた場合に接触角が大きく、融液との反応は少ないが、Si 組成の増加に伴って接触角が小さくなり反応が起こっていることがわかった。これらの結果から、カーボンおよび石英ガラス製のるつぼで  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  結晶を育成する際に、結晶とるつぼが固着し、取り出しが困難になることが示唆された。図 2 は、pBN 板上で固化させた試料中の Si 組成とキャリア濃度の関係である。キャリアは p 形で pBN るつぼから混入したボロンによって生じており、Si 組成の増加に伴ってキャリア濃度が  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以上の高濃度に増加している。よって、 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  をるつぼ内で結晶化させる結晶育成方法では、結晶を取り出しには pBN るつぼが適しているが、p 形キャリア濃度制御はるつぼからのボロンの混入により Ge リッチ側の組成に限定される。

## 【参考文献】

- [1] 米永一郎, まてりあ **47** (2008) 3-9.  
 [2] I. Yonenaga, J. Cryst. Growth **275** (2005) 91-98.  
 [3] K. Kinoshita et al., J. Cryst. Growth **417** (2015) 31-36.

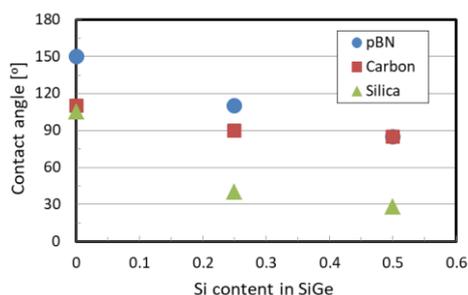


Fig. 1 Dependence of contact angle on Si content in  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  using various plates.

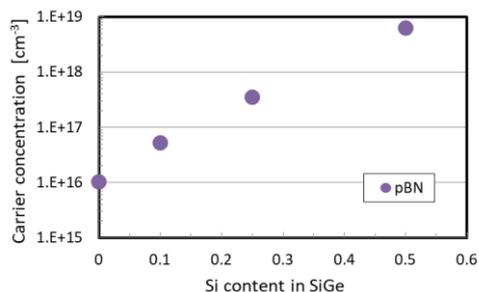


Fig. 2 Dependence of carrier concentration on Si content in  $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$  using pBN plate.