TLZ 法によるシリコンゲルマニウム結晶育成における B 濃度制御方法の検討

Control of B concentration in silicon-germanium crystal growth by TLZ technique

信大工 [1], JAXA[2] 川上こゆき [1], 小川晃司 [1], 菊地理佳 [1], 荒井康智 [2], °太子敏則 [1]
Shinshu Univ.[1], JAXA[2] K. Kawakami[1], K. Ogawa[1], R. Kikuchi[1], Y. Arai[2], °T. Taishi[1]
E-mail: taishi@shinshu-u.ac.jp

【はじめに】シリコンゲルマニウム（Si_xGe_{1-x}）はシリコンとゲルマニウムの全率固溶混晶であり、バルク結晶育成は CZ 法[1]、TLZ（Traveling Liquidus Zone）法[2]等で報告されている。Si_xGe_{1-x} における B の偏析係数は、Si（0.8）と Ge（6.2～10.8）の中間の値をとると予想される[3]が、$Si_{0.5}Ge_{0.5}$ の組成近傍での報告事例はない。本研究では、TLZ 法等のるつぼ内で結晶育成において B 濃度を制御することを目的とし、B の偏析現象について検討した。

【実験方法】結晶育成は Fig.1 の配置で行った。(a)では pBN るつぼを、(b)ではカーボンるつぼを用いて、Si Seed、Ge、Si Feed の順に充填した。(b)では Ge と Si Feed の間に B 添加 Si 単結晶板（B 濃度 $3\times10^{18}cm^{-3}$）を配置した。これらを石英管に封入し TLZ 法による結晶育成を行った。結晶育成後に結晶を成長方向に沿って切断し、断面を鏡面研磨した後に EPMA による Si、Ge 組成の評価と、TOF-SIMS による B 濃度の測定を行った。

【結果と考察】Fig.2 は育成した結晶中の B 濃度を SIMS で測定した結果を示している。(a)の場合は $Si_{0.35}Ge_{0.65}$ の結晶が得られ、Si seed と SiGe 成長結晶の界面での B 濃度が高く、成長とともに B 濃度は不安定であった。この結晶中の B は pBN るつぼから Ge 融液層に混入し、結晶中に偏析したことに由来する。この方法では、るつぼからの B の溶解量が制御できない限り結晶中の B 濃度制御は困難であると判断した。一方(b)の場合は $Si_{0.5}Ge_{0.5}$ の結晶が得られ、B 濃度は界面からほぼ一定の値となった。よって、(b)の方法で B 添加 Si 板中の B 濃度を変えることにより、B 濃度を目的の値に均一に制御できる可能性が示唆された。この結晶育成では、結晶成長初期にすべての B が Ge 融液層に溶解し、育成途中での B の混入はなく、Si は連続的に Feed から Ge 融液層に供給されている。以上のことを踏まえると、今回(b)で得られた B 濃度分布は、B の偏析係数がほぼ 1 に近いと考えると説明することができる。

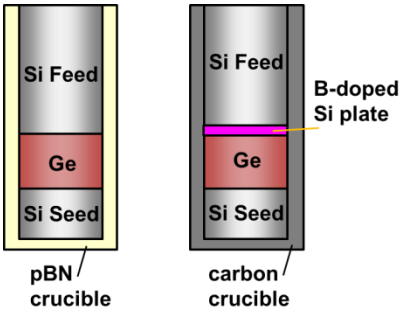

Fig. 1 Arrangements of SiGe crystal growth by TLZ technique using (a) a pBN crucible and (b) a carbon crucible.

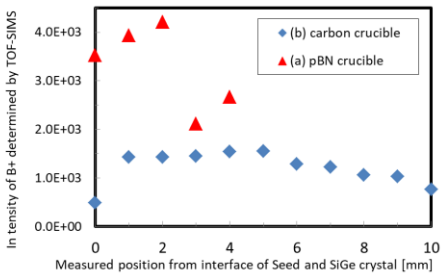

Fig. 2 B concentration profiles determined by TOF-SIMS in SiGe crystals grown by TLZ technique.

【参考文献】

[1] I. Yonenaga, J. Cryst. Growth **275** (2005) 91-98.
[2] K. Kinoshita et al., J. Phys. Conf. Ser. **327** (2011) 012017.
[3] K. Ogawa et al., Proc. The Forum on the Science and Technology of Silicon Materials 2018, pp. 310-313.

© 2019年 応用物理学会