

SiP 化合物によるリン添加 CZ-Si 結晶育成

Phosphorus-doped Si crystal growth by the Czochralski method using SiP compound

信大工¹, エム・セテック² ○(M1) 釣 将太郎¹, 太子 敏則¹, 渡辺 雄太², 刈谷 宣政²Shinshu Univ. (Eng)¹, M.SETEK Co., Ltd.² ○S. Tsuru¹, T. Taishi¹, Y. Watanabe², N. Kariya²

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

【はじめに】n形のシリコン単結晶は、太陽電池や縦型 Si パワーデバイスの基板としての需要が高まっている。n形結晶を育成するために用いられているドーパントはリン (P)、As、Sb が用いられるが、共通することは p 形結晶に用いられる B に比べて蒸発しやすいことである。本研究では、P の蒸発および発火性を考慮し、Si との中間化合物である SiP (融点 1131°C[1]) を添加した P 添加 Si 単結晶を育成し、結晶中の P 濃度分布について検討した。

【実験方法】石英るつぼに 11N のシリコン原料を 1kg に加えて高純度 SiP 化合物を充填し、炉内を Ar 雰囲気、圧力 27Torr としてから加熱して融液を形成した。[001]種結晶を用いて、引き上げ速度約 1mm/min で直径約 2 インチの Si 単結晶を育成した。比較のために、高濃度で P を添加した Si 多結晶を原料として同様の結晶育成を行った。得られた単結晶は成長方向に沿って厚さ 1mm のウェハに切断し、固化率に対する抵抗率を四探針法で測定した。結晶中の P の活性化率を 1 として抵抗率測定値を ASTM F723-88[2]を用いて P 濃度に換算した。

【結果と考察】Fig.1 は育成した P 添加 Si 結晶の P 濃度と固化率の関係である。すべての結晶で固化率の増加に対して P 濃度が増加する傾向が見られた。図中 (a)は P 添加 Si 多結晶を原料として育成した結晶の濃度プロファイルであり、目標濃度に対して約半分の P 濃度となった。一方(b)は、SiP 化合物を添加して育成した結晶の P 濃度プロファイルである。目標濃度に対して約 3 桁低い結果となった。(c)は SiP 化合物を添加し、炉内を Ar 雰囲気、圧力 720Torr として加熱して融液を形成し、その後 27Torr にしてから育成した結晶の P 濃度プロファイルである。目標濃度の 25% 程度となり、(b)ほどの濃度低下は見られなかった。以上の結果を総合すると、SiP 化合物は炉内の圧力が低い場合に、Si 原料の融解前に大部分が昇華もしくは蒸発することが考えられる。また、結晶育成中の Si 融液からの P の蒸発[3]も起こっている可能性があり、偏析現象との詳細な切り分けが課題である。

【参考文献】

- [1] R. W. Olesinski et al., Bull. Alloy Phase Diagram 6 (1985) 130-133.
- [2] "Annual Book of ASTM Standard," Vol. 10.05 Electronics (II) F723-88, P508, Am. Soc. Test. Mater. Philadelphia, Pennsylvania, 1991.
- [3] M. Porrini et al., J. Cryst. Growth 460 (2017) 13-15.

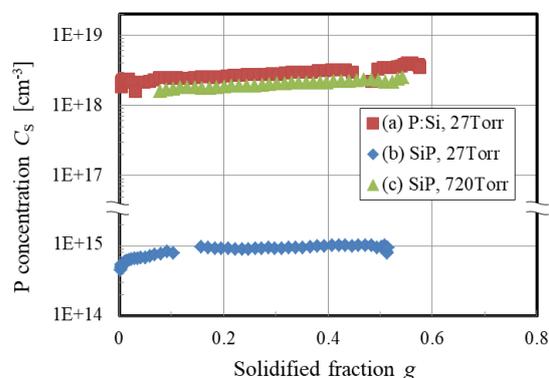


Fig.1 Dependence of P concentration on solidified fraction in P-doped Si crystals, (a) grown using P-doped Si feed at 27 Torr, (b) and (c) grown using SiP compound, the melts were formed at 27 Torr and 720 Torr, respectively.