

パワーデバイス用単結晶の結晶成長

Crystal growth of single crystals for power devices

¹九大応力研、²産総研、³NIMS ○柿本浩一¹、Gao Bing¹、Liu Xin¹、中野智¹、

西澤伸一²、原田博文³、宮村佳児³、関口隆史³、寒川義裕¹

¹Kyushu Univ., ²AIST, ³NIMS, °Koichi Kakimoto¹, Gao Bing¹, Satoshi Nakano¹, Shin-ichi Nishizawa²,

Hirofumi Harada³, Yoshiji Miyamura³, Takashi Sekiguchi³ and Yoshihiro Kangawa¹

E-mail: kakimoto@riam.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

電力変換用パワーデバイスの需要は年々増加しており、結晶特性やデバイス構造の進展も著しい。電力変換システムは IGBT、ダイオード、コイル、キャパシターで構成されており、単結晶は、IGBT とダイオードに使用されている。現在、シリコンが主なパワーデバイス用の結晶であり、高耐圧用にはフローティングゾーン(FZ-Si)法により作成された単結晶が、中低耐圧用にはチョクラルスキー(CZ-Si)法により作成された単結晶が使用されている。最近、炭化ケイ素(SiC)や窒化ガリウム(GaN)、さらには酸化ガリウム(Ga₂O₃)やダイヤモンド(C)までがパワーデバイス用単結晶の候補となっている。本発表では、Si, SiC, GaN, Ga₂O₃, C 単結晶をパワーデバイスに用いた時の特性等について議論する。

2. 結晶特性の理解と制御の必要性

Si は、無転位結晶であるために素子を作成した場合の特性のバラツキが小さく信頼性が高い。さらに、結晶成長速度が数 mm/min と他の結晶に比較して数桁大きいため大量供給が可能である。一方、SiC, GaN, Ga₂O₃, C は、On 抵抗が低く電力変換効率が高いという利点を持っている。しかし、結晶特性に関しては、Fig. 1 に示すように有転位結晶であり[1]、ウェハーアニールやエピプロセスにて、応力と転位の分布の制御が必須となっている。さらに有転位であるために、結晶成長速度の向上が無転位結晶に比べて困難であるために、大量の結晶供給には問題が残る。さらに、Si はデバイスやシステムの設計により Si 結晶が持つ欠点を解決することもある程度可能であり、新材料の結晶特性の科学に基づく成長速度と結晶品質の向上は、パワーデバイス用結晶として広く世の中に流布されるためには解決されるべき問題点である。今後、各結晶材料間で科学的な知見を元に研究開発されることが重要になってくる。

参考文献 [1] B. Gao and K. Kakimoto, Cryst. Growth Des. 2014, 14 (3), 1272–1278.

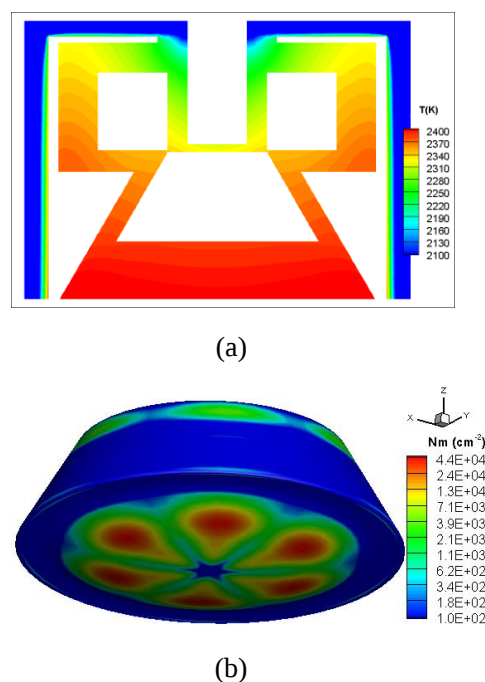


Fig. 1 Temperature distribution in a PVT furnace (a) and dislocation density distribution in a SiC crystal (b).