

高熱伝導率窒化ケイ素セラミックスの開発

■ 工学部 生命環境化学科 教授 北山 幹人

○ 研究分野：セラミックス材料工学

○ キーワード：セラミックス、窒化ケイ素、熱伝導率、パワーエレクトロニクス、放熱基板

I 研究概要

SiC・GaNパワーデバイスは、従来のSiデバイスよりも圧倒的に高い変換効率を持ち、さらに高温で使用可能であることから、その実用化が非常に期待されている。しかしながら、近年のSiC・GaNパワー半導体の性能の劇的な進化に反して、周辺技術の研究開発は圧倒的に遅れていることが喫緊の課題である。

図1は、SiCパワーデバイスのロードマップである。比較的消費電力の小さな家電等から、太陽光発電、電気自動車や産業機器、スマートグリッド等のシステムインフラまで、多岐にわたる応用が見込まれている。特に、自動車やシステムインフラにおいては、大電流・高電圧・高出力での利用が期待されている。

図2に典型的なSiCパワーデバイスの構造を示す。放熱基板として用いられているAlNセラミックスは、代表的な高熱伝導率材料($\geq 150\text{W/m}\cdot\text{K}$)であるが、機械的特性(強度や破壊靱性)が良好ではない。

図3は、熱疲労試験後の電極のCuとAlNセラミックスの接合部の写真であるが、両者の熱収縮率差により亀裂が発生していることを示している。さらに近年、AlNセラミックスが 400°C 程度でほとんど絶縁性を失うことが見出され、電氣的及び機械的特性に優れ、かつ本質的に高い熱伝導率を持つ材料として、 Si_3N_4 セラミックスが注目されている。

超高温・長時間($>1900^\circ\text{C}$, 数十時間)の熱処理によって、 $>180\text{W/m}\cdot\text{K}$ の熱伝導率がラポレベルで達成されたが、今後の工業的生産のためには、より低温・短時間の熱処理による製造が必須である。研究者は、熱伝導を大きく劣化させる格子固溶酸素を積極的に除去する新規焼結助剤である”Oxygen getter”を用いることによって、より低温・短時間の熱処理による高熱伝導率達成を目指している。

I 利点特徴

研究者は、これまで、窒化ケイ素の熱伝導に影響する種々の要因(微構造、格子固溶酸素、希土類焼結助剤の効果)を明らかにしてきた。これらは、窒化ケイ素の粒成長機構解明や希土類の粒界偏析に関する学術的な貢献と合わせ、内外で高く評価されている。

I 応用分野

- ・パワーエレクトロニクス用半導体の放熱絶縁基板
- ・CPU放熱基板 (AlNセラミックスに比べ、GHz帯における誘電損失が極めて低いため)

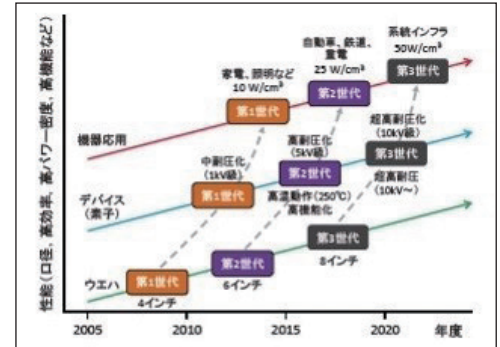


図1: SiC パワーデバイスロードマップ

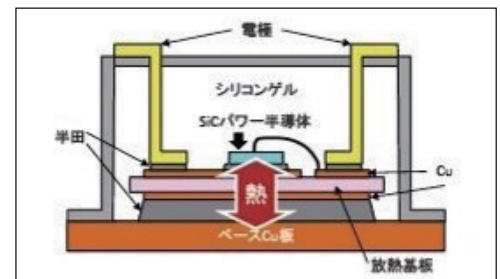


図2: SiC パワーデバイスの構造

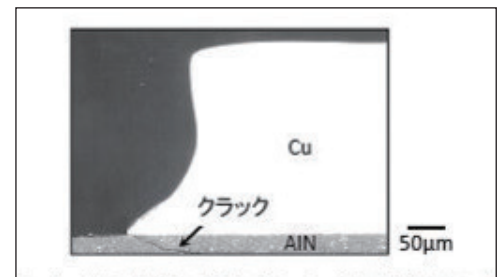


図3: CuとAlN基板的接合部からAlN基板側に進展するクラック



SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS