

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
本格研究開発ステージ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 高熱伝導率及び低熱膨張率を有するハイパワー半導体デバイス材料の研究・開発
プロジェクトリーダー	: (株)菊池製作所
所属機関	: (株)菊池製作所
研究責任者	: 清宮 義博(明星大学)

1. 研究開発の目的

従来の放熱基板は Cu、Al など、熱伝導率の高い金属材料が用いられていることが多い。しかし、Cu や Al は金属材料であることから熱膨張係数が大きく、温度の変化によって半導体基板に反りが生じトラブルの原因になることが知られている。そこで、高い熱伝導性と小さい熱膨張係数を合わせ持つセラミックスの AlN が、ハイパワー半導体デバイス用基板材料への応用が期待される。しかし、現状の AlN は Al_2O_3 を焼結助剤として板材に加工しており、その結果焼結材特有の脆く扱い難いという欠点を有している。また、製造工程が多く、コストもかかるなどの多くのデメリットも含んでいるのが現状である。明星大学が保有する Al/AlN 複合材生成に係わるシーズでは、窒素雰囲気中で溶融 Al 中から AlN の生成を行うことで、従来では制御が不可能とされていた中間過程のバルク状の Al/AlN 複合体を大気圧で作り出すことができる(図 1)。そこで、明星大学が保有する AlN 生成シーズと株式会社菊池製作所が保有するアルミホットチャンバーダイカスト技術に係る、それぞれの知財を効果的に融合させることで高熱伝導・低熱膨張を有する電気自動車用ハイパワー半導体デバイス放熱基板の研究開発を目的とする。

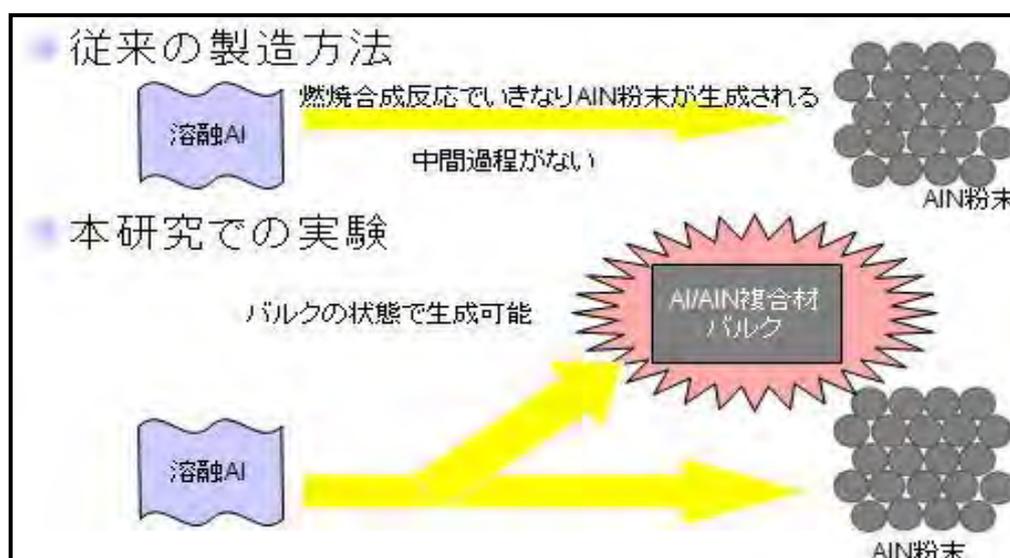


図 1 Al/AlN 複合材製造方法

2. 研究開発の概要

①成果

本研究開発は明星大学で発明した Al/AlN 複合材料の生成手法を元に株式会社菊池製作所に設置した大容量内熱式反応炉を用いて熱膨張係数 8×10^{-6} /K、程度、熱伝導率 200 W/mK 以上の熱特性を持った 5kg 程度の Al/AlN 複合材料のインゴットの製造条件を見出すこと。その後アルミホットチャンバーダイカストマシン用に 80kg 程度量産すること。製造した Al/AlN 複合材料を用いて鑄造実験を行い、製品内に気泡の混入が見られないか確認することを目的とした。

AlN の体積率 5~50% の Al/AlN 複合材料の製造条件を確立した。また、複合材における鑄造実験の条件出しを確立するために、その前段階として鑄造が難しいとされている純 Al に近い鑄造用合金の条件出しに努めた。純 Al に近い鑄造用合金の鑄造条件確立後に Al/AlN 複合材料の鑄造実験を行ったが、Al/AlN 複合材料は粘性が非常に高く、鑄造が困難なため、鑄造可能な複合材料の AlN の体積率は 20% 以下であることがわかった。今回鑄造に成功した複合材料の熱伝導率は約 150W/mK(鑄造後は 110W/mK)、熱膨張係数は $17 \sim 18 \times 10^{-6}$ /K 程度であった。熱伝導率、熱膨張係数共に一般的な鑄造合金(ADC12)より優れている。また、熱膨張係数は Cu と同程度まで抑えることができた。しかし、市場に求められる熱特性には届かなかった。また、添加元素による鑄造性の改善も今後の課題である。

研究開発目標	達成度
①熱伝導率 200 W/mK 以上、熱膨張係数: 8×10^{-6} /K 程度の物性値を有する Al/AlN 複合材料の製造条件を確立	①鑄造可能な Al/AlN 複合材料の熱伝導率は約 150W/mK、熱膨張係数は $17 \sim 18 \times 10^{-6}$ /K 程度であった。
②純 Al に近い鑄造材料を用いたアルミホットチャンバーによる鑄造条件出し	②鑄造条件を見出し、鑄造品内の気泡の混入が少ないことを確認した。
③Al/AlN 複合材料を用いたアルミホットチャンバー鑄造実験	③Al/AlN 複合材料の鑄造には成功したが、熱特性は達成度①の値であった。鑄造品内の気泡を減少させる条件出しは確立した。

②今後の展開

株式会社菊池製作所のアルミホットチャンバーマシンでは AlN の体積率の高い複合材料を鑄造することは不可能であることがわかった。それに変わる加工方法としてホットプレスや半凝固鍛造による加工を行えば、AlN の体積率の高い複合材を加工することができ、なおかつ熱伝導率の低下につながる void を熔融 Al で埋めることができるので、高熱伝導(150W/mK 以上)と低熱膨張(8×10^{-6} /K 以下)を持ち合わせた複合材料を製造できると考える。

3. 総合所見

十分な成果ではないが、今後の取り組みによりイノベーション創出を期待する。高熱伝導率、低熱膨張率に対し一定の特性は得られたが、高い目標であったこともあり目標達成には至っていない。今後、実用化に向けての研究開発は、ニーズに対する現状の技術レベル見極めと課題に対する十分な要因分析が必要であり、さらなる産学連携推進により成果に結びつけることを期待する。