

高熱伝導・熱応力緩和性を有する アルミニウム/グラファイト積層ロール型複合材 Roll-Typed Aluminum/Graphite Composite with High Thermal Conductivity and Thermal Stress Relaxation Effect

山田由香 北條 浩 木村英彦 川本敦史 松森唯益 近藤継男
株式会社豊田中央研究所

Downsizing and dense packing of electronic devices such as power modules and LEDs leads to the increase in the heat generation. For the purpose of preventing the damages caused by the thermal stresses due to the increased heat, we designed a novel composite roll laminated by non-bonded graphite sheet and aluminum foil.

The non-bonded interface in the composite reduced the thermal expansion mismatch between the metal and ceramics and thereby relaxed the thermal stresses. Moreover, the composite showed high thermal conductivity owing to the oriented graphite sheet.

1 まえがき

近年、パワーモジュール、LED等の電子機器の大電流、および小型・高密度化に伴い、発熱量が増大している。上記機器の高信頼性や高耐久性を確保するためには、まず発熱源からの効率的な放熱が必要である。また、パワーモジュールを想定すると、セラミック絶縁基板と金属との熱膨張差を解消して素子や構成材料の熱応力を緩和することが必要である。

そこで本研究では、高熱伝導性と熱応力緩和性を両立する新規複合材料の創製、およびその熱的機能の実証を目的とした。

2 材料のコンセプト

2.1 熱応力緩和効果

はじめに、パワーモジュールにおいて最も熱膨張差があるセラミック絶縁基板と冷却器の間を設計領域として、トポロジー最適化^[1]により、熱応力緩和構造設計を行なった。その結果、図1に示すように、熱源から冷却器へ放射状に広がる多数のスリットが入った構造が熱応力緩和に有効であることを導いた^[2]。

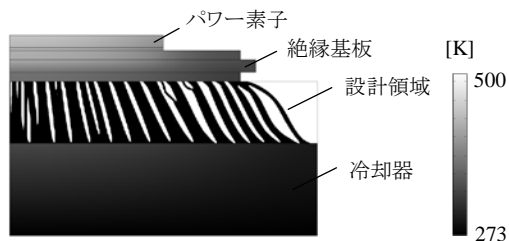


図1 トポロジー最適化による熱応力緩和構造

そこで、我々は、熱伝導性シートを非接合状態で積層し、隣接相互間に自由界面を持たせることにより、スリット構造と同様の効果を狙った。自由界面により変形領域が分断され、各変形領域の拘束が小さくなることで、バルク体と比較して柔軟な構造となるため、熱応力を逃がすように変形が可能となり、熱応力緩和が期待できる。

2.2 高熱伝導化

従来の放熱材料には、CuやAlなどの金属が使用されているが、更なる高熱伝導化が要求される場合には、高熱伝導率を有する炭素系材料が用いられる。また炭素系材料を金属に複合化すれば金属単体の熱伝導率を大きく上回る材料を作製することができる^[3]。本研究では配向性グラファイトシート^[4](カネカ製「Graphinity」)を用いた。このシートは、面方向に高熱伝導(1500 W/(m・K))、かつ低熱膨張(0 ppm/K)であり、他の高熱伝導性炭素材料より比較的安価である。また、シートは連続体であるため、各種炭素繊維や炭素粉などの不連続体による複合化よりも、効率的に熱伝導率を向上させる効果が期待できる。グラファイトシートは軟らかく、加工性や金属との接合性が悪いいため、グラファイトシートを保持し、上下の金属と接合するための支持体としてAl箔を積層した。積層形態としては、重層、折曲、巻回構造等が考えられるが、電池やコンデンサの作製で実績があり、生産性の高い巻回構造を選択した。