

高い異方性熱伝導をもつ熱拡散板の性能モデルと電子デバイス実装への応用に関する研究

水田, 敬

<https://doi.org/10.15017/1866376>

出版情報 : 九州大学, 2017, 博士 (工学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 水田 敬

論 文 名 : 高い異方性熱伝導をもつ熱拡散板の性能モデルと電子デバイス実装への応用に関する研究

区 分 : 乙

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高い異方性熱伝導をもつ新規な熱拡散板である積層型ベーパーチャンバーに対して適用可能な性能モデルの確立と、その電子デバイス実装基板としての応用に関する研究をまとめたものである。

近年、人々の生活、社会活動の電子デバイスへの依存度が高まり、電子デバイス動作の信頼性を確保する技術の開発が重要な課題になっている。一方、電子デバイスの小型化、高性能化の結果、デバイスが発生する熱密度は増加の一途をたどっている。そのため、従来用いられていたアルミニウムや銅などの金属製のプレートを基板として使用する方法では、熱拡散性能が不十分となりつつある。

金属製熱拡散板の熱拡散性能を凌駕できる高性能熱拡散板の候補として、ベーパーチャンバーが挙げられる。ベーパーチャンバーとは、気密性のある容器内に冷媒を真空状態で封入し、冷媒の相変化による潜熱移動によって迅速に熱を拡散させるものである。筆者らは、FGHP (Fine Grid Heat Pipe) と名付けた積層型ベーパーチャンバーを開発してきた。

ベーパーチャンバーはその構造から、高い異方性熱伝導を持つことが想定される。異方性熱伝導率を推定する手法は様々なものが提唱、利用されてきたが、それらは熱伝導率が温度によらず一定であることを前提としている。一方、ベーパーチャンバーはその作動原理により、温度によって性能が変化すると考えられ、従来の手法を用いることが出来ない。

本研究は、高い異方性熱伝導を持つ物質の性能モデルを確立し、従来技術では困難であったベーパーチャンバーの熱伝導率の推定を可能とし、さらには、積層型ベーパーチャンバーを電子デバイス実装基板として用いた際の有効性について、実施例をもとに示したものである。研究成果は、以下の3点に要約される。

- ・積層型ベーパーチャンバーの一種である FGHP の熱抵抗を測定し、従来のベーパーチャンバーと性能を比較した。熱源の大きさとベーパーチャンバーの大きさの比を考慮した厳密な性能評価を行い、FGHP の熱的性能は種々のベーパーチャンバーの中で最高であることを示した。
- ・擬一次元熱伝熱モデルを用いて、高い異方性熱伝導を持つ物質の熱伝導率を高精度に推定する手法を確立した。当該手法を用いて FGHP の熱伝導率を推定した結果、熱伝導率は温度に対して非線形的に変化し、下面中央部温度が 360 K に達した際、面方向熱伝導率は $10,000 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ もの非常に高い値を示すことを示した。
- ・中性子ラジオグラフィによる冷媒分布の測定から、鉛直姿勢であってもウィック部がドライアウトせず機能することを示した。また、構築した熱モデルを利用して LED の実装基板を設計、試作し、超高輝度照明の実現に有効であることを示した。