



マルチフィジックスソルバーを用いた パワーエレクトロニクス放熱システムの信頼性評価

概要

パワーエレクトロニクスの活用には効率的な放熱と高信頼性が求められる。特に銀焼結材を用いたチップ接合技術が期待されるが、信頼性評価が必要となる。本研究ではCOMSOL Multiphysics Solverを用いた評価手法を示す。

本研究の目的と解析手法

銀焼結チップアタッチメントにより、最大許容消費電力を増やすことができる。銀焼結層の溶融温度は900°C以上である。この研究では、銀焼結チップアタッチメントを使用したパワーデバイスチップシステムについて3Dマルチフィジックスソルバーを用いて熱サイクル試験(TCT)下での熱応力と変形の結果を示す。

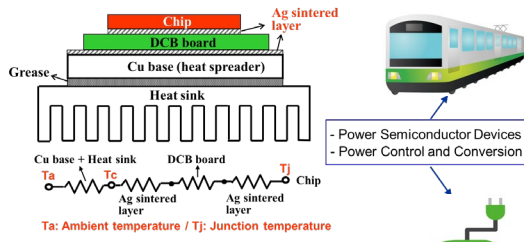


Fig. 1. Motivation and Background

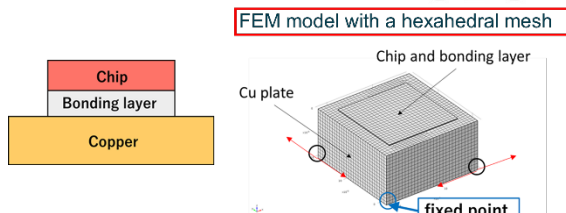


Fig. 2. Chip attachment system and heat dissipation structure

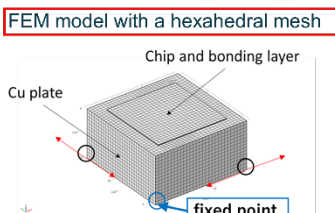


Fig. 3. Chip attachment system and heat dissipation structure

TABLE I. Structure and material parameters of target system

Layer	Parameter				
	Length and width [mm]	Thickness [μm]	Elastic matrix / Young's modulus [GPa]	Thermal expansion coefficient ($\times 10^{-5}$)/[1/K]	Thermal conductivity [W/m-K]
Chip (Si)	10	50-200	$\begin{pmatrix} 166 & 64 & 64 & 0 & 0 & 0 \\ 64 & 166 & 64 & 0 & 0 & 0 \\ 64 & 64 & 166 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 80 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 80 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 80 \end{pmatrix}$	2.6	130
Ag sintered layer	10	30	6.3	20	250
Cu plate	20	100-4000	118	16.7	400

(注) 銀焼結層の物性値は共同研究先のマクダーミッド・パフォーマンス・ソリューションズ・ジャパン(株)にて測定された値である。

研究者名

茅根孝記, 青木正明, 青木亮輔, 中野誠彦
慶應義塾大学工学部電気情報工学科中野研究室

お問合せ先

nak@elec.keio.ac.jp

結果

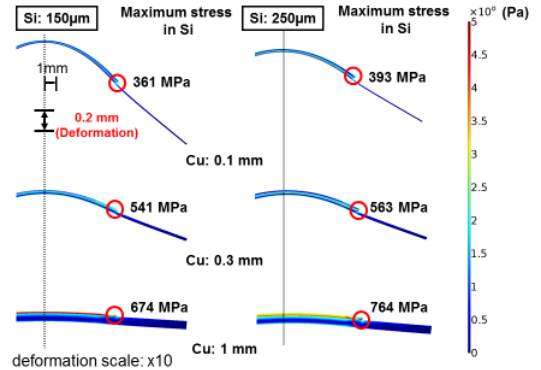


Fig. 4. Von Mises stress profiles at the diagonal cross section for Si chip systems having Ag sintered bonding layer (T_a is -40°C)

von Mises 応力の最大値はSiチップの角の下部にみられる。またCuの厚さが増すと最大応力値も大きくなる。

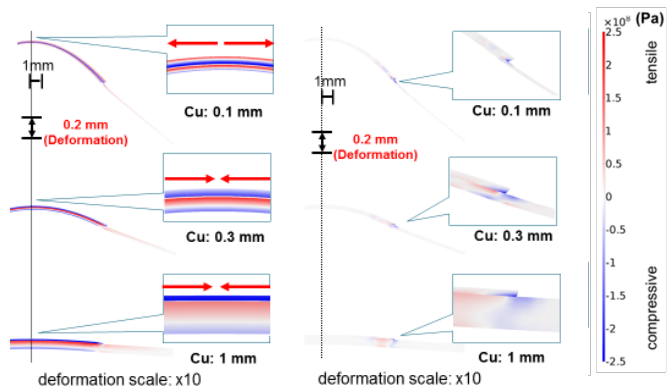


Fig. 5. Shear stress profiles at the center of Si structure ($T_a = -40^\circ\text{C}$)

Fig. 6. Normal stress profiles at the corner of Si structure ($T_a = -40^\circ\text{C}$)

Siチップ中央上部にかかるせん断応力はCu厚が0.1mmのときは引張方向だが、0.3mm以上になると圧縮方向となる。これはCuが薄いと、Cuの反りによって引張方向になると考えられる。Siチップ角の下部では垂直応力は圧縮方向にかかる。このときの応力値はCuの厚さが0.3mm以上ではほとんど変化しない。

まとめ

3次元有限要素法を用いたマルチフィジックスソルバーを用いることで、応力集中の部位や方向性などの情報からパワーエレクトロニクス信頼性評価につながる、有益な知見を得ることができる。