

# 銀焼結ダイレクトチップ接合におけるパワーデバイス構造の熱サイクル試験での熱応力解析

青木 亮輔, 青木 正明, 中野 誠彦  
慶應義塾大学 理工学部  
Email : nak@elec.keio.ac.jp

## 背景

- パワーエレクトロニクスの問題点
  - 熱応力による接合面剥離やチップの亀裂
  - パワーデバイス接合技術における信頼性評価が重要
- 銀焼結材
  - パワーデバイス接合材として鉛フリーはんだの代替
  - 高い熱伝導率
  - 900°C以上の高融点によりデバイスの高温動作が可能
- Cuクリップ構造
  - ボンディングワイヤーと比較して高い放熱効果
  - ボンディングワイヤーと比較して高い耐久性
  - クリップ構造には接合材が必要

## 研究方法

- COMSOL-Multiphysicsを用いたCuクリップ構造の熱応力解析
- シミュレーション条件
  - 周囲温度 25°C
  - ひずみ参照温度 250°C
  - 図1の赤線(SiCチップ中央を通る)の断面を評価
  - 弾性変形モデルを使用

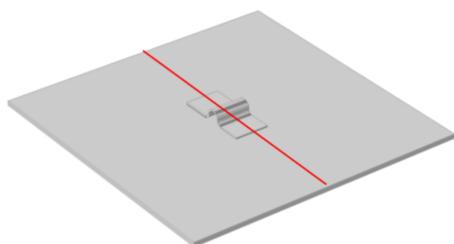


図1 シミュレーションモデル

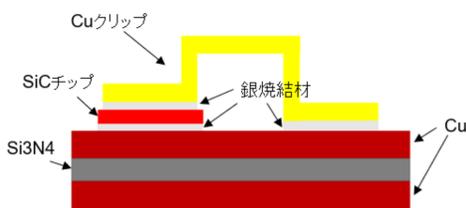


図2 シミュレーションモデルに使用した材料

## 結果

チップ中央を通る断面におけるフォンミーゼス応力

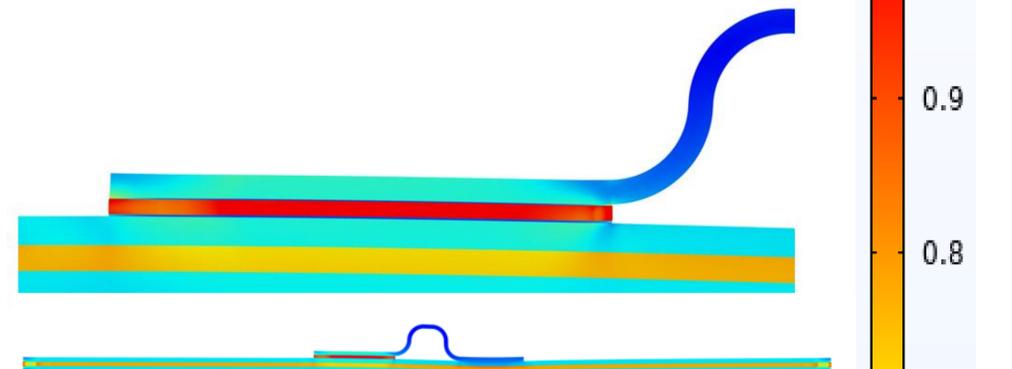


図3 Cuクリップ構造にかかるフォンミーゼス応力 (上図:チップ周辺、下図:チップ全体)

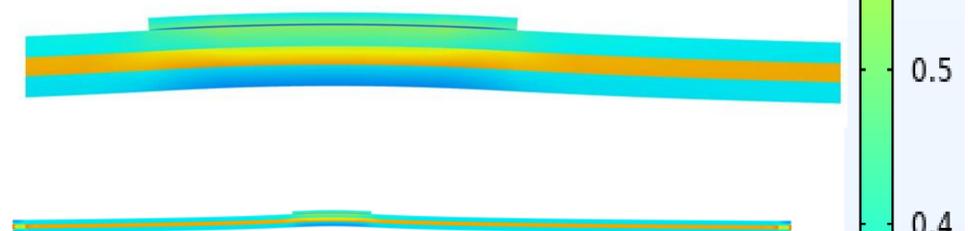


図4 Cuクリープなしの構造にかかるフォンミーゼス応力 (上図:チップ周辺、下図:チップ全体)

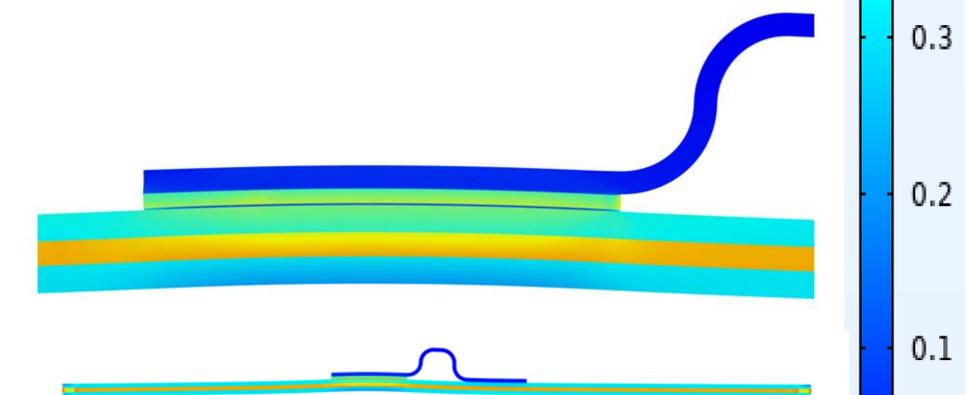


図5 Cuのヤング率1/10のCuクリップ構造にかかるフォンミーゼス応力 (上図:チップ周辺、下図:チップ全体)

## シミュレーションで使用了各材料の物性値

表1 各材料の物性値

	Thermal conductive [W/m·K]	CTE ( $\times 10^{-6}$ )[1/K]	Young's modulus [GPa]
Ag sintered layer	250	20	10.7
Cu	400	16.7	117.8
Si3N4	20	2.30	250
SiC	490	$\begin{pmatrix} 3.30 & 0 & 0 \\ 0 & 3.30 & 0 \\ 0 & 0 & 3.16 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 501 & 111 & 52 & 0 & 0 & 0 \\ 111 & 501 & 52 & 0 & 0 & 0 \\ 52 & 52 & 553 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 163 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 163 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 195 \end{pmatrix}$

## 結論

COMSOL-Multiphysicsを用いてパワーエレクトロニクス分野において高い放熱性と信頼性が期待されるCuクリップ構造の熱応力解析を行った。

Cuクリップ構造に起因しチップ全域に強いフォンミーゼス応力がかかることを明らかにした。

クリップ構造においてクリップに使用する材料のヤング率が小さくなるとチップ全域にかかるフォンミーゼス応力が小さくなることが分かった。