

## 電圧標準チップの熱応力の数値解析

### Numerical analysis of thermal stress in a voltage standard chip.

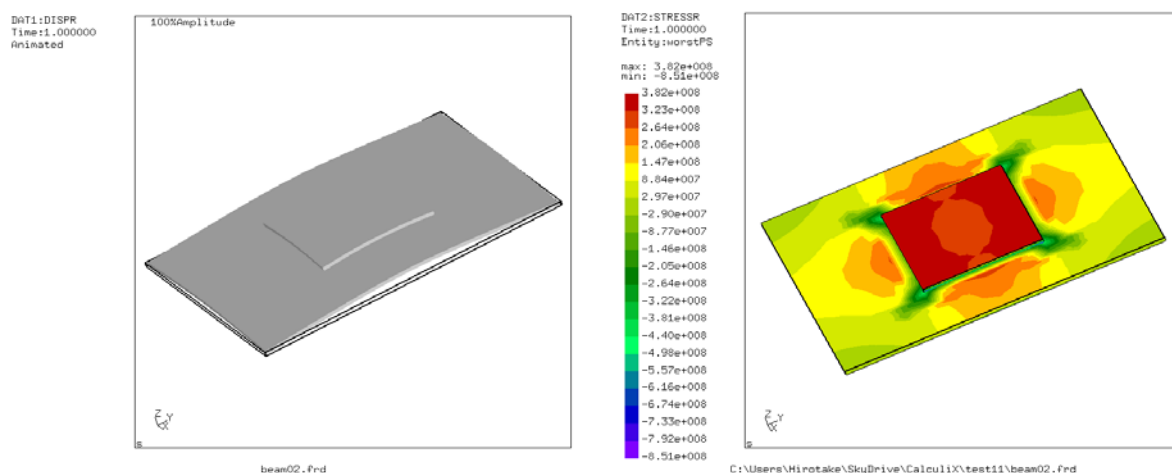
○山森 弘毅<sup>1</sup>、山田 隆宏<sup>1</sup>、佐々木 仁<sup>1</sup>、高橋 ひかり<sup>2,1</sup>、丸山 道隆<sup>1</sup>、天谷 康孝<sup>1</sup>、金子 晋久<sup>1</sup>、神代 暁<sup>1</sup>、桐生 昭吾<sup>2</sup> (1.産総研、2.東京都市大)

○Hirotake Yamamori<sup>1</sup>, Takahiro Yamada<sup>1</sup>, Hitoshi Sasaki<sup>1</sup>, Hikari Takahashi<sup>1,2</sup>, Michitaka Maruyama<sup>1</sup>, Yasutaka Amagai<sup>1</sup>, Nobu-hisa Kaneko<sup>1</sup>, Satoshi Kohjiro<sup>1</sup>, Shogo Kiryu<sup>1</sup> (1.AIST, 2.Tokyo City University)

E-mail: h.yamamori@aist.go.jp

電圧標準チップは、約 50 万個のジョセフソン接合にマイクロ波と直流バイアス電流を与えることで量子化された電圧を得る素子である。バイナリアレーとすることで任意電圧を得ることができると、超伝導材料に NbN を用いることで動作温度 10K で比較的小型の冷凍機で動作が可能であることが Nb をベースとする従来の電圧標準との違いである。この電圧標準チップは、マイクロ波入力とバイアス電流を合わせて約 0.3W の電力を消費するため、チップと冷凍機の熱コンタクトが非常に重要である。チップと冷凍機の良い熱接触を得るために、銅基板にシリコンの電圧標準チップを低融点はんだ (InSn) でボンディングした。ところが、チップを何度か冷却するとチップの配線が断線するトラブルが高確率で発生した。チップの表面にクラックが発生していることから、熱応力による破壊であると推測される。

図 1 はチップにかかる熱応力を数値計算した結果で、15mm×15mm×厚さ 0.4mm のシリコンチップを 40mm×30mm×厚さ 0.5mm の銅板に 150℃ではんだ付けし 10K まで冷却した時の(a)変位と(b)主応力である。チップ中央が持ち上がり、チップ表面に約 0.3GPa の引っ張りの応力がかかっていることから、これがチップ破損の原因であることが推測される。当日は、この熱応力によるチップ破損の対策についても報告する。



(a) 変位の様子

(b) 主応力

図 1 銅板とシリコンチップを貼り合わせて 10K まで冷却した時の応力の計算結果