# 鉛フリーはんだ接合における熱伝導解析

電子技術部 電子デバイスチーム 三 橋 雅 彦

人 坂 慎 一

機械・材料技術部 解析評価チーム 伊 東 秀 高

増 田 信 次

電子技術部 篠原俊朗

高耐熱、高電流密度に対応できる実装技術を目指し、その要素技術となる鉛フリーはんだ接合部の熱伝導解析を行い、ボイドと表面温度との関連について調べた。

キーワード: 熱伝導解析、接合、はんだ、鉛フリー、シュミレーション、ボイド

### 1 はじめに

電気自動車をはじめとして、制御性が高く高効率な電 気エネルギーの利用が高まっており、電子機器のより高温 環境下での使用やハイパワーでの使用が求められている。 一方、素子自身の微細化も進み、ますますパワー密度が増 大している。これらのことを背景として高耐熱性、高電流 密度に対応する実装技術が求められる。その要素技術とし て接合部のメタル形成技術を開発するためには熱的な解析 が重要となる。以上の観点から、今回、シリコンチップの 鉛フリーはんだ接合部のボイドの影響を熱伝導解析し、実 際の接合におけるボイドの発生状況を確認した。

# 2 実験

### 2. 1 シュミレーション

シュミレーションには熱流体解析ソフト「PHOENICS」、 熱弾塑性解析ソフト「MemsONE」を用いた。高温用素子 の実装モデルとして PHOENICS では図 1 の解析モデルと し、チップと高温はんだを  $25^{\circ}$ C、All 層以下を  $150^{\circ}$ Cの加 熱保持とし、この加熱保持をストップしてからの冷却の様 子を 0.1msec 単位で非定常計算した。T1:0.5mm $\square$ のボ イド中心部のチップ表面温度、T2:ボイド中心から約 4 mm離れたチップ中心部の表面温度として図 2 に解析結果 を示す。熱平衡時(1 秒後)は  $T1=149.3^{\circ}$ C、 $T2=149.0^{\circ}$ C、熱 時定数は T1:7.3msec、T2:6.7msec、ボイドによる温度 変化 $\Delta T$  の最大値は  $6.3^{\circ}$ C(2msec)であった。メッシュサイ ズ等の条件が異なるが MemsONE でも同程度の結果を得 た。

また、実際のサンプルに模し、図1のヒートシンクを 60℃で4秒間保持しチップ(厚さ 0.2mm)上の温度分布が ない状態から、チップ上のヒータを 2kW、2msec で加熱 した条件において、ボイドサイズ(0.5~4.0mm□)による

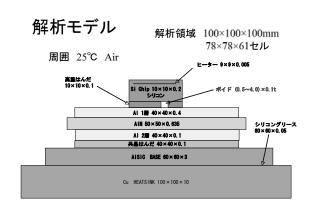


図1 解析モデル

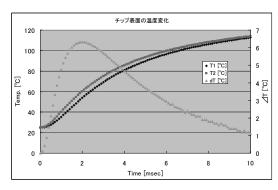


図2 ボイドとチップの表面温度とその差

表面温度の影響を解析した結果を図3に示す。この結果から、ボイドサイズが大きい程、温度差も大きいことを示している。さらに、ボイドサイズが大きければ定常状態でも温度差が観察可能であり、2mm□のサイズにおいてヒータ出力 200W では∠T は 10℃程度であった。また、チップ厚さが薄い程、温度差が大きくなることも確認した。

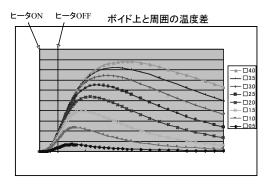


図3 ボイドサイズによる表面温度差

#### 2. 2 鉛フリーはんだ接合

接合用チップとして厚さ  $0.2 \,\mathrm{mm}$ 、サイズ  $10.5 \,\mathrm{mm}$ ×  $17.5 \,\mathrm{mm}$ のシリコンを使用し、接合面に  $\mathrm{Cr}: 20 \sim 30 \,\mathrm{nm}$ /  $\mathrm{Ni}: 1.5 \,\mu\,\mathrm{m}$  を積層蒸着した。接合する実装基板は厚さ  $1 \,\mathrm{mm}$ のアルミナ基板上に  $0.3 \,\mathrm{mm}$ 厚の  $\mathrm{Cu}$  板を貼り、その表面処理として  $\mathrm{Ni}: 5 \,\mu\,\mathrm{m}$ 、 $\mathrm{Au}: 0.1 \,\mu\,\mathrm{m}$  をめっきしたものである。鉛フリーはんだとしては市販の  $\mathrm{Sn-Ag-Cu}$  はんだを厚さ  $150 \,\mu\,\mathrm{m}$  のメタルマスクを用いて塗布した。はんだ接合のためのリフロープロファイルは図 4 の通りである。

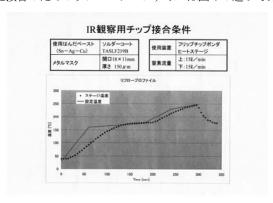


図4 鉛フリーはんだの接合条件

このはんだの接合部を X 線 CT 装置により観察したところ、写真 1 の様に非常に大きなボイドが観察された。 (黒い部分がチップに成膜した Cr/Ni 膜にはんだが濡れ、接合したところ、中の白い島状部がボイド)、このボイド は写真 2 で示す X 線 CT の断面像から鉛フリーはんだ接合部に存在することが確認された。

この大きなボイドはチップ面積が大きく平坦であるためにリフロー時に蒸気となったはんだの揮発成分が残留したことが原因と考え、真空雰囲気中でリフローを行った。この真空リフロー時の様子をin-site でモニターしたところ、溶解したはんだ部からガスが抜ける様子が観察された。この接合チップの X 線透過像を写真 3 に示す。この写真から小さなボイドはあるが大きなボイドは見られず、真空雰囲気の効果が確認できた。

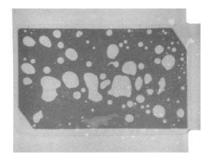


写真1 チップ接合部の X 線透過像

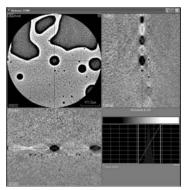


写真 2 チップ接合部の X線 CT像 (断面像)

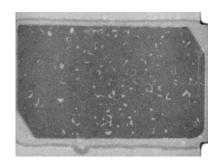


写真3 真空中で接合したチップの X 線透過像

# 3 まとめ

本研究でははんだ接合におけるボイドの熱的な影響を解析し、ボイドサイズが表面温度に与える影響、熱時定数との関連等を調べた。また、実際に鉛フリーはんだ接合を行ったところ、多数のボイドが発生したが真空中での接合を行うことにより、ボイド発生の抑制に効果があることを確認した。

課題としては実際の表面温度や熱分布を測定しシュミレーションへフィードバックを行うこと、はんだ接合におけるボイド発生の更なる低減である。