鉛フリーはんだ接合における熱伝導解析

橋 電子技術部 電子デバイスチーム = 雅 彦 八 坂 慎 ____ 伊 東 秀 高 機械・材料技術部 解析評価チーム 信 次 増 田 原 俊 朗 電子技術部 篠

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℃、All 層以下を150℃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□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℃、T2=149.0℃、熱 時定数はT1:7.3msec、T2:6.7msec、ボイドによる温度 変化ΔT の最大値は 6.3℃(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 mm、サイズ $10.5 \text{ mm} \times 17.5 \text{ mm}$ のシリコンを使用し、接合面に Cr: $20 \sim 30 \text{ nm}$ /Ni: $1.5 \mu \text{ m}$ を積層蒸着した。接合する実装基板は厚さ 1 mmのアルミナ基板上に 0.3 mm厚の Cu 板を貼り、その 表面処理として Ni: $5 \mu \text{ m}$ 、Au: $0.1 \mu \text{ m}$ 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 Sn-Ag-Cu はん だを厚さ $150 \mu \text{ m}$ 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。