

強制劣化させたパワーモジュールにおける はんだ部分の超音波顕微鏡観察

中野 智

九州大学 応用力学研究所 技術室

1.はじめに

パワー半導体は、高電圧、大電流を取り扱うことが可能な半導体であり、電車や電気自動車、家電製品など様々な用途に用いられている。一方、大きな電力を扱うことから熱を発して高温となりやすく、このことが故障の要因となっている。

図1にパワーモジュールの模式図を示す。銅基板—Siチップ、およびAlワイヤ—Siチップの接合には、はんだが用いられている。この接合部では、熱膨張率が異なる材料同士が接合されているため応力が発生し、はんだ部分にクラックが生じる。これによって、電気抵抗や熱抵抗の増加が引き起こされる。

今回、断続的な強制通電を行えるパワーサイクル試験装置を用いて、パワーモジュールを意図的に劣化させ、はんだ部分に発生したクラックの進行具合を確認したいため、超音波顕微鏡を用いたはんだ部分の観察を行った。

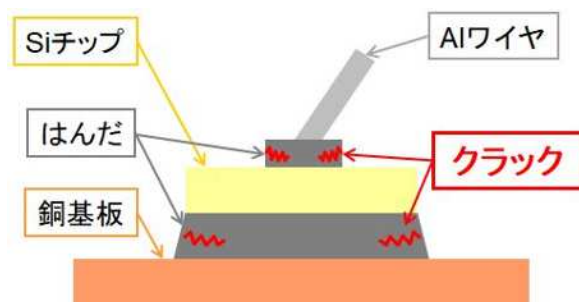


図1 パワーモジュール模式図

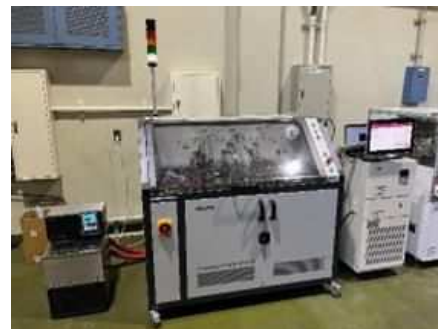


図2 パワーサイクル試験装置

2.パワーサイクル試験装置を用いた強制劣化と熱抵抗

劣化したパワーモジュールの指標として、熱や温度の伝わりにくさを示す熱抵抗（単位： $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ）を用いる。パワーサイクル試験では、この熱抵抗を劣化の度合いの指標としている。Siチップは熱抵抗が小さく、熱容量が大きい。これに対して、異なる材料同士の接合に用いているはんだは、熱抵抗が大きく、熱容量が小さい。パワーサイクル試験装置を用いて、ON/OFFの通電を繰り返し印加することで、発熱と冷却を繰り返し、強制的に熱ストレスを与えた。これにより、熱抵抗が大きいはんだ部分でクラックが発生する。この強制劣化試験において、定期的に熱抵抗を測定し、パワーモジュールの劣化の度合いを都度確認した。

3.超音波顕微鏡を用いたはんだクラックの観察

超音波とは、人間の可聴域を超える高周波の音波である。超音波顕微鏡とは、光の代わりに超音波を

用いて、対象物を非破壊で内部の欠陥や構造を観察可能な装置である。超音波には、異なる物質の境界で反射するという特性があり、この反射波の強弱を計測することで、境界部分や剥離、クラック等を検出可能である。今回は、超音波顕微鏡 Finesat FS300III を用いて、はんだクラックの観察を試みた。

意図的に劣化させたパワーモジュールのはんだクラック部分を観察した結果を図 3 に示す。(a)はパワーモジュール表面近く、(b)はパワーモジュール表面から鉛直方向深い領域における観察結果、(c)はモジュール裏面からの観察結果を示す。図 3(b)、(c)の赤線で囲まれた領域が白くなっているのがわかる。この白色領域がはんだクラックが生じている領域ではないかと考えられる。図 3(b)より、パワーモジュール表面には封止剤としてゲルを使用していること、また、モジュール表面にはワイヤ線などがあるため、観察の障害となるものが多く、はんだ領域の明瞭な画像を得ることが難しい。これに対してモジュール裏面から確認した図 3(c)の場合、基板が厚いため画像の解像度などの問題はあるが、プローブや超音波の強度を変えることで、はんだ部分がより明瞭な画像を取得することができることがわかった。

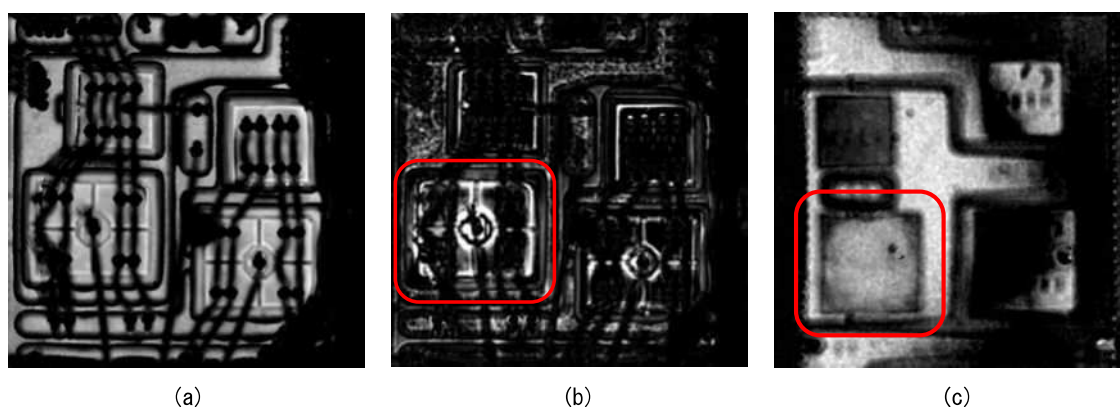


図 3 超音波顕微鏡を用いた観察結果

4.まとめ

パワーサイクル試験装置を用いて強制的にパワーモジュールを劣化させ、超音波顕微鏡で劣化したはんだ部分の観察を行った。その結果、モジュール表面からの観察は、はんだ領域の明瞭な画像が得にくいですが、裏面から観察した場合、より明瞭なはんだ領域の画像を取得することが可能だということがわかった。

謝辞

本実験に関して、日頃から御指導いただいている九州大学応用力学研究所 齋藤 渉 教授、楠 茂 氏、渡部 毅代登 氏に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。