

超音波映像観察による半導体デバイスの不良解析

電子技術部 電子デバイスグループ 田口 勇
八坂 慎一

高耐熱・高電流密度に対応可能な半導体デバイスを実現し普及・展開を図るために、不良解析に関する技術の高度化が不可欠である。特に、故障に至るまでの劣化状況について詳細に把握することが求められている。本研究では、典型的な半導体デバイスについてパワーサイクル試験を行い、超音波映像観察により評価した。その結果、当該デバイスの接合層において剥離や空隙が発生した後、チップ部における割れへと発展することがわかった。

キーワード：半導体デバイス、故障、超音波、解析

1 はじめに

電気自動車等における半導体デバイスについて、高耐熱・高電流密度に対応可能であるなど高品質・高耐久性が求められている。そのため、軽微な劣化状況など品質を詳細に把握し、故障原因を明らかにすることを目的とした不良解析が不可欠である。しかし、特に、耐久性評価試験の際の劣化状況について、超音波映像観察により詳細に把握できるか十分わかっていない。これを明らかにするため、本研究では、典型的な半導体デバイスを対象としてパワーサイクル試験を行い、超音波映像装置（Scanning Acoustic Tomography : SAT）を使用した評価を行った。

2 実験

市販の樹脂封止型ショットキーバリアダイオードを水冷方式の外部冷却器（ヒートシンク）の上に市販の熱伝導シートにより機械的に接続した（図1）。次に、30秒毎に断続的に通電（1分/サイクル）することによるパワーサイクル試験を行った。このとき、順方向電流の大きさは、定格電流（30A）以下とするとともに、初期1サイクルにおいて、接合部温度の最大値（ T_{jmax} ）が150℃となるように制御した。なお、 T_{jmax} については、あらかじめサンプルの順方向電圧（順方向電流20mA）の温度依存性を測定しておき、この温度特性を用いて推定することとした。また、接合部温度の最小値（ T_{jmin} ）については、初期1サイクルにおいて25℃となるように冷却水の温度を制御した。また、当該試験中に T_{jmin} が30℃を超えた場合には自動

停止することとした。そして、劣化したとみられる典型的なサンプルについて、中心周波数100MHzで理論分解能25.9μm（水平方向）の水浸探触子を用いた超音波映像観察を行った。このとき、試料の金属側から超音波を入射し、発生した超音波エコーを測定するとともに、その2次元分布を画像化（SAT像）した。なお、観察領域は、接合層（界面を含む）とチップ部（界面を含む）とした。

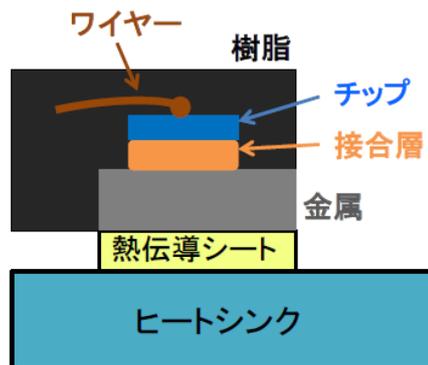


図1 パワーサイクル試験時の断面構造図

3 結果と考察

図2に、 T_{jmax} と T_{jmin} の履歴を示す。これより、約1万サイクル経過後から、 T_{jmax} が不安定化し始め徐々に大きく進展したことから、劣化した可能性が高いことがわかった。さらに、約2万サイクル経過後には、 T_{jmin} が異常値を示しており、故障が発生したとみられることがわかった。ここで、1万サイクル経過時と2万サイクル経過時におけるSAT像を図3に示す。これより、1万サイクル経過時と2万サイクル経過時では、接合層において

剥離や空隙が同等の規模で存在することが把握できた。また、2万サイクル経過時では、チップ部において割れ（クラック）が発生したことが把握できた。これは、十字状にチップが大きく破損したものとみられ、1万サイクル経過時には存在しなかったものであることなどから、接合層からチップ部へと深さ方向に欠陥範囲が拡大したことがわかった。これにより、約1万サイクル経過時の熱特性の不安定化が、約2万サイクル経過時の故障に大きく影響したことが推測できた。

4 結論

パワーサイクル試験を実施し劣化した樹脂封止型ショットキーバリアダイオードについて、超音波映像観察により、接合層（剥離や空隙）からチップ部（割れ）へと深さ方向に欠陥範囲が拡大し劣化が進行したことがわかった。今後は、1万サイクル経過以前の初期における接合層の劣化の様子や原因、対策などについても研究していく。また、超音波映像観察については、測定対象物の構造や材料の影響等を考慮した上で、深さ方向の測定限界を明示する必要があるが、十分明らかではないため詳細な調査が必要である。

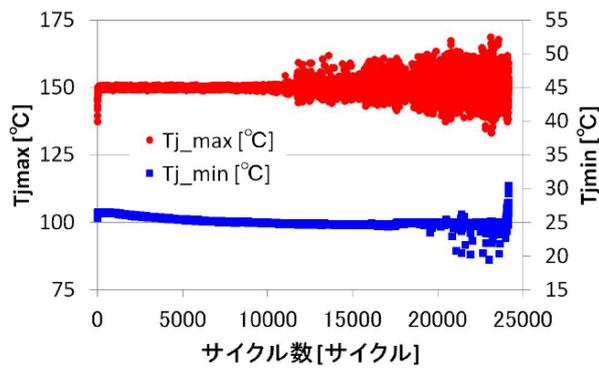
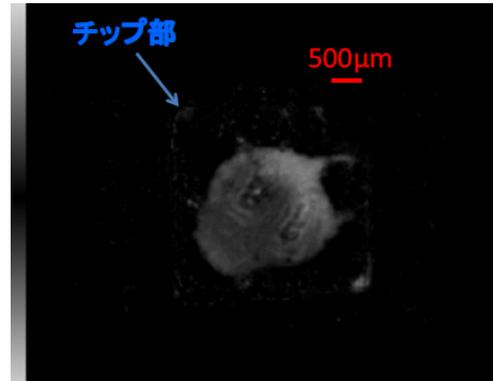
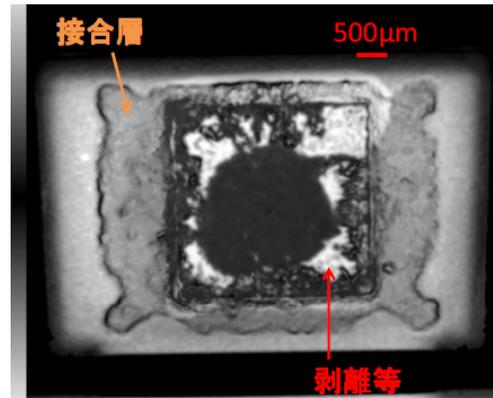


図2 T_{jmax} と T_{jmin} の履歴

(a)



(b)

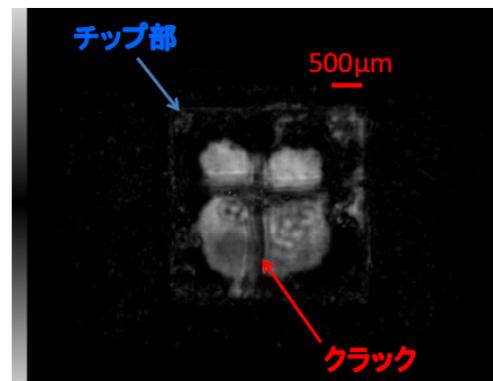
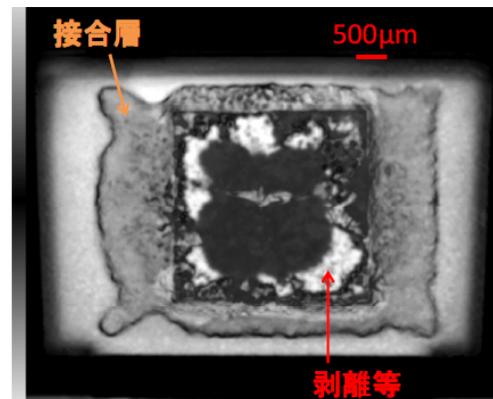


図3 接合層とチップ部の SAT 像；

(a) 1万サイクル, (b) 2万サイクル