

# パワーデバイスの超音波映像観察

田口勇，八坂慎一（電子技術部電子デバイスグループ）

## 1. はじめに

近年，SiC パワーMOSFET などの高耐圧・高耐熱パワーデバイスが市販され普及してきており，さらなる高品質化が期待されている。

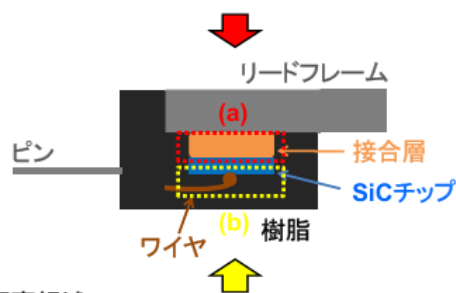
電子部品の内部欠陥には，ボイド，剥離・クラックがあるが，外観では判別しにくく信頼性低下や突然の故障原因となるため，その発生状況や進行状況を把握することで品質向上と長期安定動作の確保が可能となる。そのため非破壊検査による内部欠陥の把握は重要である。

現在，内部欠陥の発生状況を把握するために様々な非破壊検査が行われており，X線などを使用せず安価・安全であるとともにボイド，剥離・クラックの全ての欠陥を検出できる可能性がある手法として超音波映像観察が行われ，普及してきている<sup>1)</sup>。また，パワーデバイスの耐久性を評価する方法として，断続的に通電することにより熱ストレスを加えるパワーサイクル試験が行われている<sup>2)</sup>。

本報告では，市販の SiC パワーMOSFET について，パワーサイクル試験を行った際に発生した内部欠陥の様子を超音波映像観察によって取得した結果について紹介する。

## 2. サンプルと実験方法

まず，市販の SiC パワーMOSFET(3 ピンの TO-220 パッケージ)の未使用品を用意した。



### 観察領域(a)

50MHzトランスデューサーを使用し，リードフレーム側から超音波を入射した。  
走査ピッチ12 $\mu$ m，走査速度76.2mm/sec

### 観察領域(b)

15MHzトランスデューサーを使用し，樹脂側から超音波を入射した。  
走査ピッチ40 $\mu$ m，走査速度152.4mm/sec

※装置名：超音波映像装置

※メーカー・型式：Sonoscan社・C-SAM D9600

※測定方式：水浸型，パルス反射方式

図1 超音波映像観察条件

図1に示す条件で超音波映像観察を行ったところ，図2のような超音波画像が得られた。

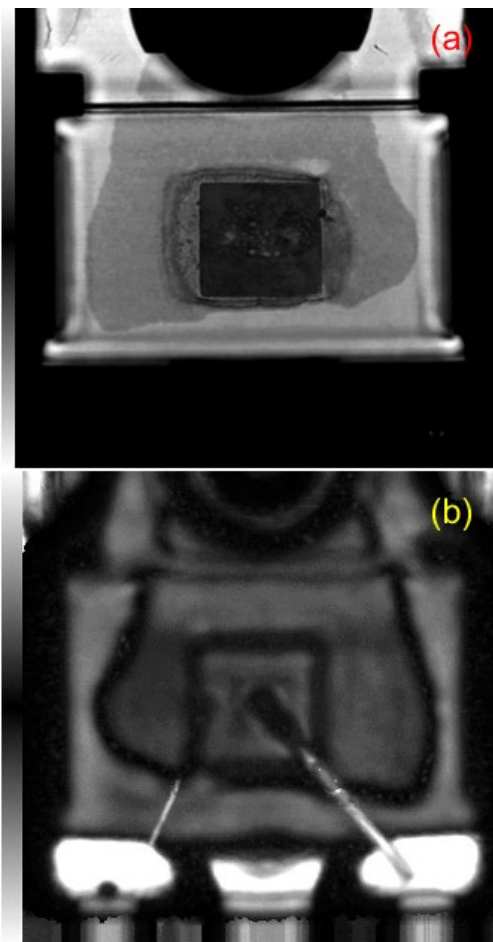


図2 超音波画像(未使用品)

次に，1サイクルのON/OFF時間を2sec/18secとして断続的に通電することによるショートタイムパワーサイクル試験を行い，SiCチップ部周辺に熱ストレスを加えたところ，約2,500サイクルでドレイン・ソース間電圧が異常値となり故障した。なお，当該デバイスの最大使用可能温度は200℃であるが，このパワーサイクル試験による加熱時は最大接合部温度が250℃となるように電流値制御を行った。

## 3. 評価結果

パワーサイクル試験を行って故障したサンプルについて

て超音波映像観察を行ったところ、図3のような超音波画像が得られた、なお、このときの超音波映像観察条件は図1に記載したものである。

まず、図3(b)より、ワイヤが破断していないことが確認できた。また、ワイヤとチップの接続部にポイド状の欠陥が発生しており、導通不良などが発生した可能性が高いことがわかった。

次に、図3(a)より、接合層の中央部と端部の領域の広範囲に欠陥が発生しており、放熱性能が低下した可能性などが高いことがわかった。

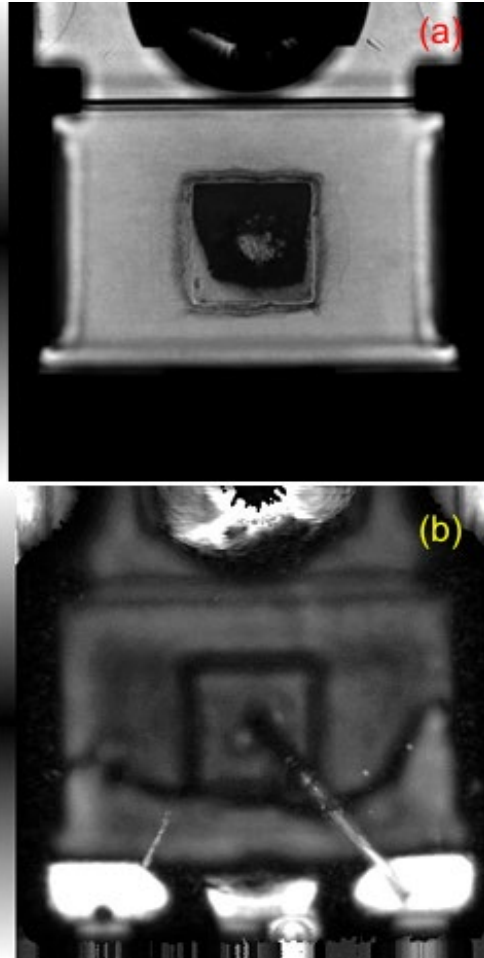


図3 超音波画像(試験後)

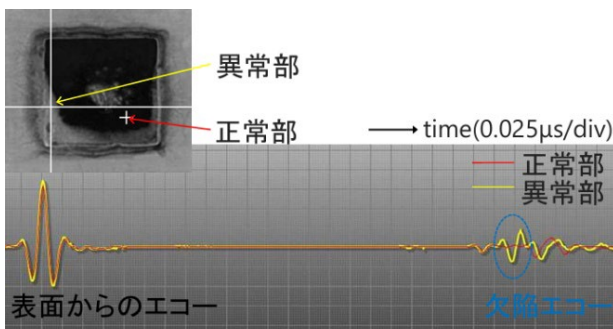


図4 超音波反射波形

図3(a)の接合層の中央部と端部の領域に広範囲に見られた欠陥の様子を把握するため、この欠陥からの超音波反射波形を調べてみたところ、図4に示すようになっていた。図4より、音響インピーダンスが高いサンプル表面からのエコーは、プラス側がピークの位相になっていることが確認できた。また、異常部では正常部には見られなかった欠陥エコーが出現しており、この欠陥エコーはマイナス側がピークの位相になっていることがわかった。したがって、図3(a)の接合層の中央部と端部の領域に広範囲に見られた欠陥は、剥離・クラックなどのように音響インピーダンスの低いものであることが推測できる。

#### 4. 考察と今後の課題

これらの結果から、ワイヤ、SiCチップ、接合層の熱膨張係数がそれぞれ異なるため、パワーサイクル試験によって熱ストレスが加えられたことにより各部材の接合界面で熱応力が発生し、剥離や疲労破壊に至ったことが推測できる。そのため、さらに信頼性を向上させるためには、このSiCチップと接合層の熱膨張係数の違いにより生じる熱応力の発生を抑えることができる低熱膨張係数の接合材料の開発などが重要であると考えられる。

また、図3(a)の超音波画像に見られたとおり、接合層の欠陥は一樣ではなく、ワイヤとピン側の領域に偏って発生していたが、これはパワーサイクル試験の際に熱分布が生じ、リードフレーム側よりもピン側の方の発熱が大きく部材に対するダメージが大きかったことなどが考えられる。ただし、この接合層の欠陥に関する詳細については不明な点が多いので調査が必要である。

今後は、X線CT撮影とその画像解析を駆使することにより、ポイド、剥離・クラックの様子を超音波映像観察よりも詳細に把握できるか否かについて検討する。

また、接合層における剥離などの実際の欠陥の状況を確認するため、サンプルの切断・断面観察などの破壊試験を実施する予定である。さらに、熱解析・シミュレーションなどを援用することによって、より正確で信頼性の高い欠陥の検出方法についても検討を行う。

#### 【参考文献】

1. 非破壊検査とは？,産総研マガジン,  
[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/magazine/20250625.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20250625.html),  
(参照 2026-05-25)
2. JEITA ED-4701/600,半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法(個別半導体特有の試験),一般社団法人電子情報技術産業協会,(2013)