

次世代 SiC パワーモジュールの過温度耐久性

Over Temperature Torelability of SiC Power Module molded with Thermoset EMC

○山下 真理¹, 鈴木 達広¹, 荒木 祥和¹, 谷本 智^{1,3}, 薬丸 尚志², 赤津 観³

¹日産アーク, ²日立パワーソリューションズ, ³芝浦工大

○Mari Yamashita¹, Tatsuhiro Suzuki¹, Sawa Araki¹, Satoshi Tanimoto^{1,3}

Hisashi Yakumaru² and Kan Akatsu³

¹NISSAN ARC, Ltd., ²Hitachi Power Solutions Co., Ltd., ³Shibaura Inst. Tech.

E-mail: m-yamashita@nissan-arc.co.jp

1. 概要: プロジェクト NEDO-SIP で実施している『EV モータ駆動用機電一体インバータの研究開発』では内径 149 mm のモータの内部に $T_j = -40^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ で使用可能な超小型 SiC ハーフブリッジパワーモジュール(HBPM)10 個を組込む。筆者らはこの HBPM の 1 アームに大きさが略等しい TO-247 パッケージを用いて高信頼化を進めている[1]。上記 T_j 範囲における高温放置試験 (HTST) や冷熱サイクル試験 (TCT) ではすでに高信頼を得ている[2]。今回、システム組立時や実使用時の異常などでおこる一時的過温度状態に対する PM の耐性を評価したので報告する。

2. 実験: 実験サンプルは前報告[1, 2]と同じ TO-247 パッケージである。Ni/Ag めっきした Cu リードフレームに SiC-SBD ダイ (ROHM S6302) を Au-Ge はんだで接合し、Al ワイヤ (田中貴金属 #TANW) でリード端子に接続した後、耐熱 200°C の熱硬化性エポキシ樹脂 (パナソニック X8540-SPL1A) で封止した。過温度状態を模擬するために 250°C での HTST と、温度振り $-40^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow 250^{\circ}\text{C}$ の TCT を実行した。途中、試験を一時中断して、超音波顕微鏡 (SAT) 像、順/逆方向 I-V 特性、過渡温度上昇特性の変化を観察した。サンプル数は各試験 $N=2$ であった。

3. 結果: HTST@ 250°C の結果について述べる。少なくとも 200H 以上の耐久性があることが判明した。故障するまで試験を進めたところ、500H に達したところで 1 サンプルが不良、残り 1 サンプルは 1000H で不良となった。ともに逆方向 IV 特性の計測の最中にリーク電流が急増 (=放電が起こって耐圧が急落) する故障モードである。 V_F (順方向 IV 特性) や過渡熱特性には異常は認められなかった。以上の実験事実から、急増したリーク電流はショットキー接合を流れる電流ではなく SBD の外表面を流れるリーク電流であることが示唆される。Fig. 1 は 500H で故障したサンプルの SAT 反射像を試験前と比較している。a 図から 500H 経過後、樹脂/ダイパッド界面が全面剥離していること、その一方で、樹脂/SiC-SBD 界面は接着を維持していることが分る。b 図から 500H 後も SiC-SBD ダイアタッチが剥離している形跡は見られない。

つぎに $-40^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow 250^{\circ}\text{C}$ 冷熱サイクル試験の結果を述べる。サンプルのサイクル寿命は少なくとも > 200 cycles であった。第 1 のサンプルは 500 cycles において HTST と同様のリーク電流急増モードで故障、第 2 のサンプルは 1000 cycles で第 1 のサンプルとは異なる V_F の異常上昇 ($1.56\text{ V} \rightarrow 1.70\text{ V}$) で故障した。ただし、両サンプルとも故障後も整然とした整流特性が観察された。ともに過渡熱温度上昇 (熱抵抗) の顕著な増大が観察されたことから、ダイアタッチの亀裂進展が予想される。SAT 像を観察したところ、樹脂/ダイパッド界面に剥離、ダイアタッチの空隙が観察された。

【謝辞】 本研究の一部は NEDO-SIP プログラムの一環として実施された。X8540-SPL1A をご提供いただいたパナソニック AIS 社、辻隆行氏に深謝する。

【文献】 [1] 山下, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会 (2017 年 3 月, パシフィコ横浜), 16a-P5-15,

[2] 山下, 第 9 回応用物理学会先進パワー半導体分科会研究会 (2017 年 12 月, 阪大), P08)。

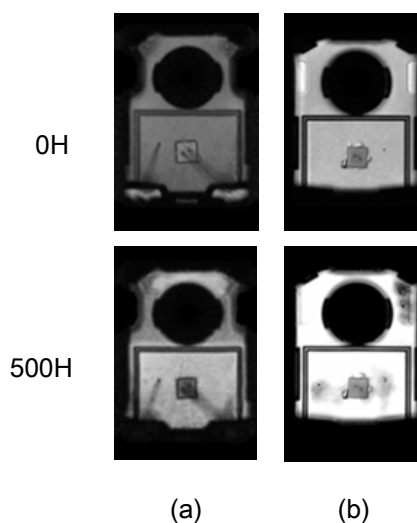


Fig. 2 SAT images of a test sample before and after HTST for 500H at 250°C , showing (a) EMC/die pad interface, (b) die attach layer.