

パワーモジュールにおける金属基板-封止樹脂界面の

低サイクル疲労き裂進展

鹿児島大学 池田 徹, 中川 柊, 小金丸 正明,
住友ベークライト 加々良 剛志

パワーデバイスは電気自動車などの普及に伴って、その需要が急速に増大すると考えられる。また、これまでに用いられていた Si デバイスに代わって SiC や GaN などの素子の使用が広がっているため、高周波動作が可能となったほか、高温環境での動作も可能となっている。しかし、高温環境での使用については、ダイボンディング材や樹脂などの実装材料の耐熱性が追いついていない。パワーデバイスは、温度や機械的応力などの外的要因に対し信頼性を確保する目的で、ゲルや樹脂により封止するが、最近では、樹脂封止のものが徐々に増えている。しかし、基板と樹脂のヤング率や線膨張係数の違いにより発生する熱応力を繰り返し受けることで、金属基板の界面に応力が集中し、発生したはく離が異種材界面全体に拡大し、製品の信頼性低下を引き起こすことが問題となっている。現在、樹脂と金属の接着信頼性評価には、熱サイクル試験が用いられているが、試験に数ヶ月の日数と多くのコストを要し、開発のボトルネックとなっている。したがって、熱サイクル試験の結果を大まかに予測し、より短時間かつ低コストで、デバイスの信頼性評価が可能な試験方法が求められている。そのためには金属基板と樹脂界面の疲労き裂進展則を明らかにする必要があるが、金属と樹脂からなる異種材界面のき裂に関する研究は不十分であり、有効なき裂進展則を見出すには至っていない。

我々は疲労による界面き裂進展則を調査するために End Notched Flexure(以下、「ENF」という)試験片を用いた機械的低サイクル疲労試験に着目した。機械的低サイクル疲労試験は熱サイクル試験に比べて短時間での評価が可能であることや、き裂進展挙動の観察が容易であるなどの利点があるためである。

まず、銅基板と樹脂からなる ENF 試験片を用いて様々な温度環境でのはく離荷重を測定し、応力拡大係数基準の破壊靱性値を算出することで、界面の静的な破壊靱性値の温度依存性を調査した。この結果をもとに、熱サイクル試験と機械的低サイクル疲労試験を行い、試験温度、試験荷重が銅基板-樹脂界面の疲労破壊形態に及ぼす影響について調査した。