

材料非線形性を考慮したパワーモジュール用ワイヤボンディングの 熱疲労信頼性解析

広範な分野で利用されるパワーモジュールは、各種機器の低損失化に寄与し、ひいては低炭素社会の実現に大きく貢献する。その電氣的機能・特性を実現するためにモジュール内に存在する異種材接合部では、動作時の繰り返し温度変動によって熱疲労が生じる。また、モジュールの高集積化、高密度に伴い、より厳しい使用環境での動作が要求されるため、例えば高温環境での信頼性確保はこれまで以上に重要な課題となる。特に、 200°C を超える高温度域では、ワイヤボンド部の熱疲労寿命が飽和したとする報告例もある。

本講演では、ワイヤボンディングの熱疲労に対して、どのような物理量を用いれば熱疲労寿命を適切に表すことができるかを、塑性ひずみとクリープひずみの両者を考慮した非線形有限要素解析により検討した。 200°C 未満の温度域での熱疲労寿命挙動は、解析によって得られた非弾性ひずみ範囲によって説明可能であった。その一方で、 200°C 以上の温度域では、疲労寿命の飽和現象を表すためには、高温域で緩和した応力の効果も考慮した、例えば非弾性ひずみエネルギー密度のような物理量がより適切であることを示唆する結果を得た。これは今後より高温域での応用が期待されるパワーモジュール開発において、重要な設計指針となり得る。