

## 【学位論文審査の要旨】

電気エネルギーを効率よく変換制御するパワーエレクトロニクス機器の長期信頼性を向上させるために、輸送分野・産業分野ではメンテナンスが定期的に行われている。しかし、従来の時間基準メンテナンスは、使用環境の差異や機器の個体差によりメンテナンス時期を迎える前に機器故障が発生してしまう課題がある。さらに、最も故障率が高いとされるパワーデバイス周辺の実装密度が高いために、パワーデバイスのメンテナンスは困難であるだけでなく、統一的なメンテナンス手法が確立されていないことも課題である。こうした課題を解決することを目的として、パワーエレクトロニクス機器に使用されている部品の状態を監視することで、劣化の兆候を検出しメンテナンスを実施する状態基準メンテナンスの実用化が期待されている。そこで本研究では、パワーデバイスとしてSiC-MOSFETに着目し、回路実装状況下における状態監視手法の提案と実機による検証を行うことを目的としている。

本論文で得られた成果は以下のとおりである。

(1)SiC-MOSFETの状態監視をするためには、温度依存性が小さくかつ長期間使用により発生するゲート酸化膜劣化に依存して変動する電気的特性を状態監視の対象とすることがパワーエレクトロニクス回路実装状況下において適していることを理論的に示した。(2)SiC-MOSFETの連続スイッチング条件下において加速劣化を行うことが可能な試験装置を開発した。試験装置の開発においては、試験中に被試験デバイスが故障することを考慮して、試験回路に故障が波及しない設計手法を提案し、その妥当性を実験により明らかにした。(3)開発した試験装置を用いて500V、5A、スイッチング周波数100kHzの条件で加速劣化試験を実施し、SiC-MOSFETの電圧依存容量である入力容量のゲート・ソース間電圧特性( $C_{iss}-V_{gs}$ 特性)が、パワーデバイスの劣化により変動することを示した。さらに、その特性劣化による変動に対し、温度による特性変動が小さいため状態監視の対象パラメータとして適していることを実験により明らかにした。(4) $C_{iss}-V_{gs}$ 特性をパワーエレクトロニクス機器内で測定可能な回路の開発を目的として、電荷-電圧法に基づきSiC-MOSFETの電圧依存容量である入力容量を計測する回路を開発し、電圧分解能0.5Vで計測できることを実験により明らかにした。この回路は、通常のパワーエレクトロニクス回路動作を目的としたゲート駆動機能も有していることに特長がある。

以上のように本論文では、パワーデバイスの状態基準メンテナンスの実用化に向けてSiCパワーデバイスの劣化検出手法を提案し、その有用性を明らかにしたものである。すなわち、この成果はパワーエレクトロニクス機器の信頼性向上の観点から工学的な面での寄与が認められるだけでなく、高い信頼性が要求される分野へのパワーエレクトロニクス機器の普及促進に貢献するものと考えられる。以上から、本論文は博士(工学)の学位を授与するに十分価値あるものと認められる。

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上（オンライン）で論文発表を行い、学内外の多様な出席者を得て質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。