

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13602 号
------	---------------

氏 名 向山 大索

論 文 題 目

トンネル状ピットを有したアルミ電解コンデンサのインピーダンス計算に関する研究

(A Study on Impedance Simulation of Aluminum Electrolytic Capacitors with Tunnel Pits)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	山本 真義
委員	名古屋大学	教授	加藤 文佳
委員	名古屋大学	准教授	小島 寛樹
委員	名古屋大学	准教授	谷口 博基

論文審査の結果の要旨

向山大索君提出の論文「トンネル状ピットを有したアルミ電解コンデンサのインピーダンス計算に関する研究」は、パワーエレクトロニクスにおいて重要な受動部品であるアルミ電解コンデンサのインピーダンスモデルについて論じている。パワーエレクトロニクスは、電力用半導体素子を用いた電力変換に関する技術であり、現在、様々なシステムの根幹をなしている。従って、パワーエレクトロニクス関連製品やそれを含むシステムの開発設計において、どのようにフロントローディングを実現するのが重要な課題となっている。

一方、パワーエレクトロニクスにおいて必要不可欠なアルミ電解コンデンサであるが、電解液を使用しているためインピーダンス特性の温度変化が大きく、また、有限寿命という欠点を有している。そのため、設計者にとって扱い難い電子部品となり、パワーエレクトロニクス製品の開発において、アルミ電解コンデンサに関わる問題が最終段階の実機評価で洗い出されることが多い。

近年のWBG (Wide Band Gap) 半導体の技術進展により、スイッチング素子の高周波駆動や高速スイッチング (高速遷移) によるパワーエレクトロニクス機器の小型化や高効率化が進んでいる。アルミ電解コンデンサは、陽極箔の拡面化処理によって形成された細いピット孔内部と陰極箔を電解液によって電気的に接続している。そのため、ピット孔奥の部分が半導体デバイスの遷移に反応できないという問題があり、遷移時間に合わせたピット形状の最適化設計が試みられている。

このような状況を鑑み、本研究では、アルミ電解コンデンサのインピーダンス特性をより物理的なモデルで記述すべく、誘電体である陽極酸化被膜に対しては実時間応答関数モデルで記述し、エッチングピット部に対してはピット径の統計的情報とピット開口部付近の電流集中による抵抗増大効果を反映した詳細なモデル計算を提案している。この新しい計算モデルにより、広い温度周波数範囲 (-40℃～105℃, 20 Hz～1 MHz) において実測値を再現するインピーダンスの計算結果を得ており、先に示したパワーエレクトロニクスにおけるアルミ電解コンデンサの設計に関する諸問題を、システム開発の初期段階で洗い出すことが可能となる。

本論文は1章から6章で構成されている。

まず、第1章では本研究の社会的位置づけから、移動体に搭載されるパワーエレクトロニクスシステムの高効率化・高電力密度化の重要性についても述べており、論文の位置づけや各章構成についても説明されている。

第1章では、研究の背景、研究の目的、研究の対象範囲について述べ、研究方針を示している。

第2章では、アルミ電解コンデンサの基本構造と電気的特性について解説している。

第3章では、先行研究に対する本研究の新規性について解説している。

第4章では、本研究で提案した時間軸での誘電体応答関数モデルとその複素誘電率について解説している。

第5章では、トンネルピットのピット径分布、ピット開口部付近の電流集中の効果をコンデンサのインピーダンス特性に反映させるための計算モデルについて解説している。

最後に第6章では、本研究の全体の総括をするとともに、本研究の展開や応用について説明を行っている。

以上のように本論文は、複合分野であるパワーエレクトロニクスシステムのフロントローディング設計において、次世代パワー半導体応用、並びに広い温度周波数範囲を包括したモデル化という視点において、パワーエレクトロニクス分野への貢献していると判断できる。よって、本論文の提出者である向山大索君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。