

過酷な使用環境下におけるRuO₂抵抗体における 通電劣化の光学的観測

Optical Observation of the Current-Carrying Degradation of a RuO₂ Resistor under
a Severe Usage Environment

H31海自47

派遣先 第2回 持続可能な開発のための先進材料・先端技術に関する
グローバルフォーラム (カナダ・トロント)

期 間 2019年7月20日～2019年7月28日 (8日間)

申請者 東京大学 助教 中 村 吉 伸

海外における研究活動状況

研究目的

電力・動力、電力・電力の高効率相互変換をその本質とするパワーデバイスは、内燃機関に代わる次世代大出力動力源として低炭素化社会実現のためのキーデバイスである。近年の大容量SiC-MOSFET製造技術の進展に伴いデバイスの大出力化が可能となりつつあるが、それに伴う大量発熱に対し受動素子の耐熱性が問題となり対策が求められている。ところが抵抗器など受動素子には従来から耐熱化という発想はなく、抵抗器の熱劣化の機構を明らかにした研究例は存在しない。本研究では次世代パワーモジュール用RuO₂高耐熱抵抗体の開発およびその高温劣化機構の解明を通じての素子長寿命化および寿命予測を試み、高耐熱抵抗器の設計指針を示すことが目的である。

海外における研究活動報告

2019年7月21～26日の6日間にわたりカナダ・トロントにて開催されたアメリカ窯業学会主催の国際会議2nd Global Forum on Advanced Materials and Technologies for Sustainable

Development (GFMAT-2)に参加し、シンポジウムにて招待講演を行い、セラミックス抵抗体の過酷な環境下における劣化現象の詳細を非接触にて評価する新たな手法の提案を行った。同会議は同じくアメリカ窯業学会主催のバイオテクノロジーに関する国際会議4th International Conference in Biomaterials, Bio-manufacturing, and Bio-technologies (Bio-4)との合同開催で、どちらか一方に参加登録を行えば、両方の会議に参加し研究討論が可能なシステムになっている。今回のGFMAT-2&Bio-4会議の登録された論文数は約360件、そのうち50件が学生の発表であった。会議は28のシンポジウムで構成され、参加人数は全体で500名弱と国際会議としてはやや小規模ではあるものの、セラミックスの応用に関するほとんどすべての分野を網羅し、また分野横断的なテーマを掲げたシンポジウムも数多く開催されていた。

今回、招待をお受けしたセッション“Advanced Functional Materials, Devices, and Systems for Environmental Conservation, Pollution Control and Critical Materials”は環境保全に貢献する機能性デバイス、システム、材

料に関する最新トピックスの論文が日本、米国、中国また開催地カナダなど多数の国から集まった。本セッションのみならずGFMAT-2全体に言えることであるが、聴衆はメインのセラミックス材料科学だけでなく、物理、化学、機械工学、電気・電子工学などの専門家などに加え、併設されるバイオサイエンス関連国際会議(Bio-4)からシステム創成やバイオエンジニアリングなどのさらに広い分野の専門家の環境問題を共有しての参加もあったようである。会議全体のコンセプトとして、資源、エネルギー、環境問題を幅広い学問分野から多角的な視点からとらえるという点が徹底されていたことは実際に会議に出席して実感した次第である。

講演ではSiCパワーモジュール内部で想定される高温、高入力状態の極限環境下において抵抗体素子がモジュール動作中にどのような経緯を経て、どの部位が、どのような機構で劣化するかについての小職が得た知見を概説した後、抵抗体素子の劣化現象の定式化、抵抗体膜-電極界面における劣化状態の*in-situ*評価法や劣化状態の事前予測法の解説と総合討論を行なった。研究結果の中には本筋からは外れるがそこから派生した基礎科学的価値を含む成果、例えば伝導電子濃度の非接触非破壊評価法や劣化過程における抵抗体膜-電極間の物質移動の解析結果なども含まれており、その

点もメインの研究課題と同等以上の学術的価値が含まれていたものと考えている。本研究から派生した基礎科学的知見を、“広義の聴衆”、すなわち必ずしもパワーエレクトロニクスを専門としないが、基礎学問としてのバックボーンは共有する研究者の方に向けての発信を行い、分野の異なる研究者との今までとは異なる質の議論を通して自らの行った抵抗体研究における論点の整理、論理の再構築をおこない、また少々手前味噌ではあるが、応用に特化したプロジェクト研究をセラミックスの物性物理学へと昇華させることに成功し、結果として聴衆に新たな研究テーマの提案までもできるのではないかと考えている、その意味で本講演はGFMAT-2会議のコンセプトに合致したものであったものと考えている。

この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

- 1) 平成24年度～平成26年度NEDO成果報告書 低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト 低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト 高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発
- 2) 平成26年度～平成30年度 成果報告書 内閣府SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)／次世代パワーエレクトロニクス
- 3) Y.Nakamura, et al., *J. Ceram. Soc., Jpn.* **125** (6), 476-81 (2017)