

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム
研究者派遣プログラム

成果報告書

提出日：平成 30 年 10 月 11 日

【基本情報】

○申請者

採 択 年 度：平成 30 年度

部 局 名 等：工学研究科電気工学専攻

職 名：助教

氏 名：奥田 貴史

研究課題名：炭化珪素バイポーラトランジスタを用いた高周波電力変換回路の研究

○渡航先

国 名：イギリス

研究機関名：University of Nottingham

研究室名等：〔研究室名〕 Power Electronics, Machines and Control Group

〔職名等・氏名〕 Associate Professor, Alberto Castellazzi

渡 航 期 間：平成 30 年 4 月 24 日～平成 30 年 9 月 7 日（137 日）

○渡航期間中の出張

出 張 先：日本（一時帰国）

目 的：学内用務、および学会運営のため

期 間：平成 30 年 5 月 17 日～平成 30 年 6 月 17 日（32 日）

出 張 先：

目 的：

期 間：

出 張 先：

目 的：

期 間：

※ 渡航期間中に一時帰国や学会参加等の目的で短期の出張があった場合、その目的、行き先、期間を報告して下さい。

※ 複数回に渡る場合は、適宜追加して下さい。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

[成果]

○プロジェクトの成果及び今後の展開

・研究概要

本研究では次世代パワーデバイスである炭化珪素 (SiC) デバイスを用いた電力変換回路を検討した。申請者は 2009 年から SiC の材料物性評価およびデバイス作製に携わっており、2015 年に学位取得後、SiC デバイスの回路応用研究を開始した。物理にもとづくデバイスモデル作成をおこない、高周波スイッチングに対応する回路シミュレーション環境構築をおこなっている。

本プロジェクトでは英国 Nottingham 大学に滞在し、電力変換回路の研究に従事した。Nottingham 大学では Power Electronics, Machines and Control Group (PEMC) という研究グループがあり、デバイスの回路応用だけでなく、電気機器への応用や制御に関する包括的な検討が行われ、産業応用を見すえた検討が進んでいる。特に SiC デバイスの優れた特性をいかした大電力の電力変換器を報告している。

滞在中は SiC デバイスを用いた DC-AC 変換器の立ち上げをおこなった。回路トポロジーとしては 3 レベルの Active 型中性点クランプインバータ (Active NPC Inverter; Neutral point Clamped Inverter) である。直流 700 V を入力し、交流 220 V の変換を実現した。スイッチング周波数 16 kHz で 98% の変換効率を達成し、他機関の報告と同程度の性能である。スイッチング波形を詳しく解析すると、回路パターンに寄生インダクタンスが高周波化をさまたげていることが分かってきた。帰国後、回路パターンを再検討し、100 kHz 以上の高周波領域でも高効率電力変換の実現を目指す。

・国際共同研究の立上げ・ネットワークの構築

受け入れ先である Alberto Castellazzi 准教授とは引き続き共同研究をおこなう。申請者がもつ高周波スイッチングに関する知見を応用し、高周波電力変換器の実現をめざす。

また、英国滞在中、同研究グループ内の研究者と技術交流をおこなった。特に Nottingham 大学ではスイッチングノイズに関連する研究で複数の特許を有しており、重要な示唆をいただいた。電力変換器においてはスイッチング時にノイズが発生しやすく、特に高周波スイッチング時にはその抑制が重要となる。今後、ノイズ関連の助言を頂きながら研究を継続することが期待できる。

同グループ内にリヨン大学から研究滞在中にいた研究者と議論する機会も得た。こちらは回路応用ではなくデバイス物理、材料化学に関する分野であるが、申請者がこれまで実施してきた材料研究の知見が活用できるものである。すでに共同研究の準備をはじめており、研究ネットワークをひろげたい。

・国際共著論文の投稿・発表等の状況、国際学会等での発表状況 [予定を含む]

追加実験を京都大学で実施し、本研究を発展させた内容について、IEEE の国際学会で発表を行う予定である。国際学会発表後、IEEE の国際論文誌に投稿を計画している。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

・在外研究経験によって習得した能力等

滞在先の研究グループは100人をこえる非常に大きなグループであり、京都大学の研究室と比較して多数の違いがみられた。たとえば実験装置の管理運用方法である。日本の大学では個別の研究室に備品登録されるが、Nottingham大学のPEMCグループでは教員ごとに購入した装置はいったんPEMCグループの備品に登録され、それらは共通資産として自由に共有される。装置の稼働率がきわめて高く、備品が有効活用されていた。

研究室の学生、ポスドクの出身国についても多岐にわたり、ヨーロッパだけでなくアフリカ、アジアまで様々な研究者があつまっていた。キャンパス内には生活するためのFlat（滞在施設）が多数存在しており、諸外国から研究者が滞在しやすい配慮されていた。

・在外研究経験を活かした今後の展開

本滞在により1kWをこえる電力変換器の取り扱いを学ぶことができた。本研究を発展させることで、SiCデバイスを用いた高周波電力変換器の実現をめざす。

本滞在を通じて多くの研究者と議論する機会を得た。たとえばホストであるAlberto Castellazzi准教授においては、申請者が一時帰国中である6月6日に京都大学へ招待し、セミナーおよびディスカッションを実施した。その後、京都大学の研究者を招待した懇親会を開き、研究者同士の交流を促進した。

また、2019年10月にはSiCの国際学会が京都で開催される。600人をこえる大きな国際学会であり、申請者は実行委員として参画している。本国際学会においても滞在先の研究者を招待することを予定しており、研究交流が継続するように計画している。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム
研究者派遣プログラム

英文成果報告書

○申請者情報

部 局 名 : Graduate School of Engineering

職 名 : Assistant Professor

氏 名 : Takafumi Okuda

研究課題名 : Study on high-frequency power converters using SiC bipolar junction transistors

渡 航 期 間 : April 24th, 2018 - September 7th, 2018

○渡航先情報

国 名 : United Kingdom

研究機関名 : The University of Nottingham

研究室名等 : Power Electronics, Machines and Control Group

受入研究者名 : Alberto Castellazzi

○渡航報告

※ 渡航先の研究環境、研究者との交流、研究発表の状況等、渡航中の滞在経験について英語で2~3ページ程度で記述して下さい。受入研究者と撮影した写真や研究発表で用いた図等について、可能な範囲で別添として提出して下さい。

During this study, I carried out an experimental study on power conversion circuits using silicon carbide (SiC) power devices. Since 2009, I have been engaged in SiC material characterization and device fabrication, and after receiving Ph.D degree in 2015, I started the study of circuit application using SiC devices. I am proposing a device model based on device physics and constructing a circuit simulation environment for high-frequency switching circuit.

I stayed at the University of Nottingham, UK, for the study of high-power conversion circuits. At the University of Nottingham, there is a very large research group named Power Electronics, Machines and Control Group (PEMC), where a comprehensive study on the application and control of electric devices as well as the circuit application were conducted by collaborating with industry. In particular, kW-class high power conversion circuits are intensively investigated.

The research group is very large exceeding 100 people, and there were a lot of differences found compared with the laboratories at Kyoto University. For example, they share almost all the equipments for experiments. At universities in Japan, equipments are registered in each laboratory individually, but in the PEMC group the equipments are basically registered as common assets and shared freely in the group. The working rate of the equipments are extremely high and effectively utilized compared to Japan.

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

There are a lot of students and post-docs coming from not only Europe but also Africa and Asia in the group. There are a lot of flats for the people coming from abroad in the campus, and researchers can stay easily from other countries.



During the stay, I have learned how to design kW-class power converters and launch high-power systems. I focused on a DC-AC inverter, 3-level active neutral point clamped inverters (aNPC). The DC input is 700 V and output AC voltage is 220 V. The prototype achieved a high conversion efficiency of 98% at 16 kHz, which is similar performance compared to the previous reports. By analyzing the switching waveforms of the fabricated inverter, I have found that some parasitic inductances on the PCB board disturbed a fast switching behavior. After this study, I will redesign the PCB board to reduce the parasitic inductances and try to enhance the switching frequency up to 100 kHz.



京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム
研究者派遣プログラム

I will continue to collaborate with Prof. Alberto Castellazzi on this study. In addition, I had an great opportunity to discuss the researchers in the University of Nottingham. For example, I studied a lot about switching noise in power converters. They have several patents to suppress the switching noise and gave me very important suggestions. Suppression of the switching noise is particularly important in high-switching frequency converters. These suggestions will make our study more fruitful.

Finally, it was a great opportunity for me to stay in UK. I would like to express my gratitude to the financial support from the Kyoto University Global Frontier Project for Young Professionals: the John Mung Program.

