

# MERIT 長期海外派遣報告

MERIT2 期 工学系研究科電気系工学専攻 博士課程 2 年  
岡田研究室 内藤駿弥

## 概要

2015 年 10 月より 9 週間 (10/13~12/24)、フランス国立科学研究センター(CNRS)及びフランス電力公社(EDF)の研究所 IRDEP (Institute of Research and Development on Photovoltaic Energy)の Jean-Francois Guillemoles 博士の研究室に滞在し、量子ドット太陽電池の光学物性に関する研究を行った。またフランス国立科学センターの別の研究所 LPN (Laboratory for Photonics and Nanostructures)で太陽電池の薄膜化加工と評価を行った。

## 研究テーマ

光を電気エネルギーに変換する太陽電池の高効率化は、集光型太陽光発電システムを用いた安価な電力源としての利用だけではなく、宇宙機やソーラープレーン・ソーラーカーなどの電力源としての利用としても重要視されている。中間バンド型量子ドット太陽電池は高効率を目指すアプローチの一つである。量子ドット太陽電池は母材となる半導体材料の内部に、10 nm 程度の異なる材料の半導体ナノ結晶を高密度に配列させた構造をしている。量子ドット準位のカップリングによって母材のバンドギャップ中に中間バンドを形成し、中間バンドを介した赤外光の吸収による電流を得ることで集光下 63%の高効率を目指している。私の研究では量子ドット太陽電池は分子線エピタキシー法で作製している。価電子帯から中間バンド、中間バンドから伝導帯への 2 段階の光吸収を最大化させるためには、中間バンドに高すぎず低すぎない最適な電子占有率を実現することが必要である。私のテーマは量子ドット太陽電池に対して Si による n ドーピングを行うことで、中間バンドの電子占有率を制御し、2 段階光吸収を増幅する効果について実験的に研究することである。

## フランスでの研究内容

私の所属する東京大学先端科学技術研究センターは IRDEP と太陽電池研究に関する共同研究(NextPV)を行っており、フランスから多くの留学生やスタッフが東大を訪れている。IRDEP の Jean-Francois Guillemoles 博士の研究室は太陽電池の光学測定を専門とした研究室である。彼らの HyperSpectra という高度に校正された Photoluminescence(PL)測定装置では、サンプル表面の絶対 PL 数のマッピングが得られる。絶対 PL 数を用いることで、通常の電気測定では得られない半導体内部の擬フェルミエネルギーの開きを導くことが出来る。これによって n ドーピングが中間バンドの電子占有率にどのような影響を与えるかについて詳細な議論ができると考えた。今回の研究では、私が日本で作製した InAs/GaAs 系量子ドット太陽電池に対し HyperSpectra の PL 測定を行い、赤外光照射が太陽電池内の擬フェルミ

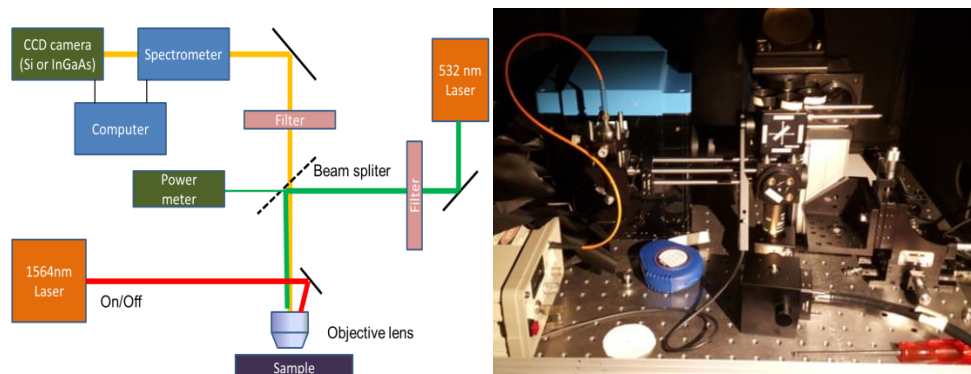


Fig. 1 Hyperspectra 測定概念図 (左)、及び実際の測定系(右)

エネルギーの開きに与える影響を評価した。結果として 532 nm のレーザー照射状態下から追加の赤外光の照射で PL 強度が減少するという、室温での 2 段階光吸収を示唆する現象を観測した。私はこれまでの研究活動で、光学測定は他者が行った既存のセットアップに頼っていたが、フランスでは測定系の組み立て・校正から行い、様々な光学実験の基礎を知ることができた。

加えて LPN の Stephane Collin 博士の研究室で持参したサンプルの薄膜化処理を行った。こちらはエッチングによる薄膜半導体デバイスの作製に実績のある研究室である。エッチングによる薄膜加工自体は私自身でも日本で行っていたが、エッチング時の断面の保護など新たにいくつかのテクニックについて知ることができた。

## フランスでの生活について

フランスの研究所では全員が朝 9 時に仕事を始め、午後 6 時ころに職場を出る。午後 8 時から門が閉まるため、8 時以降の残業は許可されない。残業ができないので誰もが計画的に行動しており、「とりあえずやってみる」タイプの行動が少ないように感じられた。IRDEP では食事に 1 時間をかけ、食後に 0.5~1 時間のコーヒータイムがあり、メンバー間の会話時間が十分にとられていた。十分なコミュニケーションから効率的な行動へ繋げる傾向が強く感じられた。

フランス国民の英語能力は研究所内を含めて総じて日本と同程度であり、意思疎通のために互いに何度も言い直す必要があった。しかしながらこれらの経験が英会話の自信へと繋がった。

フランスでの 9 週間の滞在中は、研究を進めるために日々異なる人物に交渉する日々であり、今後の人生において有益な経験ができたと考える。

## 謝辞

受け入れ機関である IRDEP の Jean-Francois Guillemoles 博士、Laurent Lombez 博士および研究室の皆様、LPN の Stephane Collin 博士および研究室の皆様に感謝申し上げます。今回の渡航を支援して下さった岡田教授および研究室の皆さま、フランス渡航のきっかけを

作ってくださった MERIT に感謝いたします。