

平成30年 10月 1日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201880165

氏名

岩井 亮 憲

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先：都市名 スタンフォード (国名 アメリカ合衆国)
2. 研究課題名 (和文) : プラズマフォトリック結晶とメタマテリアルの複合体による可変負屈折率デバイスの実現
3. 派遣期間：平成30年 5月31日 ~ 平成30年 9月 2日 (95 日間)
4. 受入機関名・部局名： スタンフォード大学 工学部
5. 派遣先で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

派遣先研究機関では、近年結晶管に電極を付けた放電管を用いてプラズマフォトリック結晶を構成し、プラズマの電離度を外部電源から印可する電圧で制御することによる「可変バンドギャップデバイス」を実現することに成功している。そこで、本派遣では、このプラズマフォトリック結晶が持つ負誘電率特性に負透磁率メタマテリアルを組み合わせ、可変負屈折率デバイスを実現することを目的とした。派遣先機関の持つプラズマ放電管の、中心到達密度から見積もられるプラズマフォトリック結晶のカットオフ周波数、つまり負誘電率となる閾値周波数は3 GHz程度であったため、2 GHz周辺に負透磁率帯を持つメタマテリアルを3種作成し、ベクトルネットワークアナライザを用いて散乱行列を評価した。また、2 GHz周辺のマイクロ波の波長は15 cm程度となるので、メタマテリアルの単位構造及びプラズマ放電管の配列周期は、この対応波長を大きく下回る2 cmとした。プラズマフォトリック結晶とメタマテリアルを組み合わせた状態で透過特性(S21)を測定したところ、負誘電率(3 GHz以下)によるS21の低減が見られているにもかかわらず、負透磁率周波数帯(2.1 GHz ~ 2.5 GHz)においてはS21の値の低減が見られず、透過ピークが現れていることが確認された。また、異なる負透磁率帯(1.6 GHz ~ 1.9 GHz)を有したメタマテリアルを用いた場合、上記のメタマテリアルでピークが見られた周波数帯で透過ピークは観測されなかった。この結果は、プラズマフォトリック結晶と負透磁率メタマテリアルの組み合わせによって、負屈折率デバイスが実現されていることを極めて強く示唆している。また、外部印可電圧を変化することでプラズマ密度を変化させたところ、透過ピーク強度が大きく変化し、消失した。この結果は、プラズマ密度制御によって可変屈折率デバイスが実現されていることを示唆している。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本派遣によって得られた結果は、プラズマを構成要素に持つメタマテリアルが負屈折率を持つことへの強固な証拠となっている。さらに、従来のメタマテリアルにおいて難点の一つであった制御性(可変性)が、プラズマ密度変化によって与えられていることへの証拠ともなっている。そこで、現在観測した明確な負屈折率帯での透過ピークや透過強度の密度依存の結果を基に、国際的な科学雑誌への投稿を準備している。しかし、本実験で用いたプラズマ放電管は電極間を繋ぐ銅線を備えており、マイクロ波の透過測定を行う際にこの銅線が無視できない程度の散乱を与えていることが分かっている。そこで、派遣期間内に取得した実験結果に加えて、電磁界シミュレーションを行いプラズマ放電管の銅線の影響や、実際のメタマテリアルとの電磁界結合の様子などを詳細に議論していく予定である。このシミュレーションによって銅線の影響が明らかになり次第、より詳細な議論をした論文を執筆、投稿する予定である。

派遣先での実験の追実験の意味も含め、現在所属研究室において、電極の影響を受けないプラズマ放電管アレイを構成中である。構成中の実験系では、より明確にメタマテリアルとプラズマ放電管による透過特性評価を行うことが可能となる。また、当初の研究計画にあったプラズマフォトリック結晶とメタマテリアルを2次元的に配列し、透過波の屈折角から負屈折率を実証する実験は、現状行えていない。そこで、現在構成中のプラズマ放電管アレイを用いた実験において、引き続き計画した屈折角測定実験や密度分布によるビームフォーミング実証実験等を行っていく。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本プログラムを通して、日本以外の環境で研究を行うことの難しさと楽しさを強く感じた。機器の使用法や慣習といった些細なことを確認することですら一仕事になり、思うように実験を進めることが出来ない経験もした。しかし、同時に世界中から集まってくる学生や研究者と同じように研究をすることに喜びを感じ、大いに刺激を得たことも事実である。先のような困難さと限られた期間で研究を遂行しなければならない状況のお陰で、臨機応変にかつ並列化して研究や日頃の業務をこなしていく能力が身についたと感じている。また、国際会議に参加して海外の研究者と議論することでは見えてこない、研究の中身の部分が見えたことで、日本の学生や研究者のレベルを再認識し、逆に自身の所属している環境の優れている点を確認することが出来た。一方で、派遣先機関の博士後期課程に在籍している学生は高い目的意識と良い意味でのプライドを持って日々過ごしているように感じられ、決められた期間で概ね卒業していく日本の大学院生の姿勢との間に差を感じた。

海外である程度の期間生活をするに当初多少の不安はあったが、やみくもに海外を敬遠するような気持ちは全く無くなった。一方で、日本の居心地の良さや素晴らしい点を認識する機会にもなった。また、日々を一緒に過ごすことでできた仲間と語り、同世代の人間は国に関係なく皆似た悩みを抱えているのだということを知り、趣深かった。

本プログラムの利用において、申請の段階での研究内容の立案、研究計画の提案から採用決定後の必要な装置等の洗い出し、ビザの取得などをすべて自身で行った。その中で、研究を計画し、実行していく能力を身に着けることが出来たと感じている。また、予定通りにいかない海外とのやり取りの中で何に気を配って、どのポイントを押さえておく必要があるのかなどを学ぶことが出来た。