

Control of Silicon-vacancy Center Spins Using a Diamond Optomechanical Cavity

H31海自22

派遣先 Harvard University (アメリカ・ボストン)

期 間 2019年9月11日～2019年11月24日 (75日間)

申請者 東京大学 先端科学技術研究センター

学振特別研究員 (PD) 車 一 宏

海外における研究活動状況

研究目的

本研究では、単結晶ダイヤモンド基板上にナノスケールの構造を作製するための技術開発とそれを用いたダイヤモンドナノ共振器の作製を行うことを目的とする。さらに、ダイヤモンド中のシリコン空孔中心における電子スピン制御を可能とするナノ量子光デバイスへの応用も検討する。

海外における研究活動報告

ダイヤモンド中の不純物空孔中心は、室温においても量子発光が観測できることや長いスピンコヒーレンス時間を持つなどの特性から、高感度センサや量子情報素子などへの応用が期待されている。近年では、不純物としてシリコンを用いたシリコン空孔中心が、従来から研究されてきた窒素空孔中心と比べて、ゼロフォノンラインでの発光効率が低いことやナノスケールの構造中においても発光が安定しているなど、光学特性の面で優れていることから、ダイヤモンド基板上に光学的・機械的特性を有するナノスケールの共振器構造を作製し、シリコン空孔中心と結合させることで、高効率な量子発光素子や電子スピン制御を可能とするデ

バイスの実現が期待できる。

一方で、ダイヤモンドのナノスケールでの加工技術はシリコンなど他の一般的な半導体と比べると未発達であり、特に高品質の単結晶ダイヤモンド基板上にナノスケールの構造を作製することは容易ではない。今回、申請者が滞在したハーバード大学のMarko Loncar教授のグループは、ダイヤモンド基板上におけるナノ構造作製のパイオニアであり、近年では単結晶ダイヤモンド基板を等方性エッチングにより直接加工する手法を用いて、本研究に必要なエアブリッジ構造を持つナノ共振器の作製を進めていることから、今回の渡航では等方性エッチングを用いたナノ構造作製を現地にて行った。実際にデバイスの作製を行うため、ハーバード大学内にあるCenter for Nanoscale Systemsが管理するクリーンルームを利用した。まず、電子線描画装置により構造転写用のマスクを作製し、さらに酸素を用いた反応性イオンエッチング装置により、ナノ構造のパターンをダイヤモンド単結晶基板に転写した。また、同装置を用いた酸素プラズマによる等方性エッチングにより、ナノ構造の下部にあるダイヤモンドだけを選択的にエッチングすることで、エアブリッジ構造を持つナノ共振器の作製を行った。今回用いた等方性エッチングでは、エッチング

レートが装置の圧力や酸素流量、プラズマバイアス、温度などのパラメータに加え、デバイスのサイズや結晶方位にも大きく依存することが分かり、本手法を用いたデバイス作製を行う上での重要な知見が得られた。各作製プロセスの最適化を行うことで、最終的に単結晶ダイヤモンド基板上に所望のナノ構造を作製できることを見出した。今後は、ナノ共振器部分に不純物空孔中心を導入することで、電子スピンの制御などの応用実験が可能になると考えられる。

今回の滞在では、ダイヤモンドのナノ加工技術の開発に取り込み、当初の目的であった単結晶ダイヤモンド基板上にナノ構造を作製する最先端技術を習得できた。また、滞在中に研究室に在籍する学生や研究者と議論する機

会が多くあり、専門的な知識だけでなく、英語によるコミュニケーション能力が大いに培われた。さらに、定期的に行われる内外でのセミナーにも参加できたことから、ダイヤモンドにとどまらず、幅広い研究分野の知識を学ぶ機会が得られた。今回の渡航を通して得られた知識や経験は、今後、日本で研究を展開していく際に大きな糧となると信じている。

最後に、本研究を進めるにあたって渡航をサポートしていただいた東京大学の岩本敏教授と滞在を快く受け入れてくださったハーバード大学のMarko Loncar教授に深く感謝申し上げます。また、滞在費の一部を援助してくださった公益財団法人村田学術振興財団に心から感謝申し上げます。