

1次元フォトリック結晶ナノビーム共振器型 ダイヤモンド量子センサの開発

Development of diamond quantum sensors based on 1D photonic crystal nanobeam cavities

¹豊橋技科大,²東大 [○]板垣拓杜¹, 勝見亮太^{1,2}, 高田晃佑¹, 八井 崇^{1,2}

¹TUT,²UT [○]T. Itagaki¹, R. Katsumi^{1,2}, K. Takada¹ and T. Yatsui^{1,2}

E-mail: itagaki.takuto.ei@tut.jp

はじめに ダイヤモンド中のNV（窒素－空孔）センタは、室温大気圧下で安定な量子ビットであり、磁気をはじめとした物理量を高感度かつ高分解能に計測可能な量子センサとして有望視されている[1]。一方で、現状では、超電導量子干渉計(SQUID)など既存の高感度磁気センサと比較すると、その感度は数桁劣っている。磁気感度は、基板中の集団NVセンタを用いることで向上可能であるが、空間分解能を犠牲とするため、NV量子センサの利点を失いかねない[2]。したがって、感度と空間分解能を両立した高性能量子センサを実現するためには、個々のNVセンタの発光を増強し、高効率に利用することが求められる。そこで我々は、ダイヤモンド1次元フォトリック結晶 (1Dimensional Photonic Crystal:1DPhC) ナノビーム共振器による発光増強を利用したナノ光共振器ベースの量子センサの構築を検討している。今回、高Q値を有する三角形断面共振器構造の設計および、共振器作製に向けた単結晶ダイヤモンドの微細加工プロセスの検討を行い、ダイヤモンド1DPhCナノビーム共振器を作製する可能性を見出したので報告する。

結果・実験 三角形断面共振器構造のシミュレーション最適化により、NVセンタの発光波長帯域($\lambda=700\text{nm}$)で $Q=2.2 \times 10^6$ が得られた(FIG.1)。本研究では、同構造の作製に対し、マスクの転写プリント集積と斜めエッチング法を組み合わせた手法[3]の適用を試みた。はじめに、窒化シリコン(SiN)で作製されたマスク構造を転写プリントにより、単結晶ダイヤモンド基板上に集積した。次に転写されたマスクを用いて、酸素とアルゴンの混合ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、垂直および斜め方向のエッチングを行い、FIG.2に示すように円孔を有したナノビーム構造の中空化に成功した。今後は、設計値と対応する構造の作製に取り組み、共振動作の観測を目指す。その他詳細については当日報告する。

参考文献 ¹J. M. Taylor, et al., Nat. Phys. 4, 810 (2008). ²J. F. Barry et al. Rev. Mod. Phys. 92, 015004 (2020). ³R. Katsumi et al., Appl. Phys. Lett. 123, 111108 (2023)

謝辞 MEXT Q-LEAP (JPMXS0118067395), 科研費(22K14289, 23K22795, 23KK0268), 東電記念財団, 村田学術振興財団, 旭硝子財団, 内藤科学振興財団, 池谷科学技術振興財団, 日本板硝子材料工学助成会

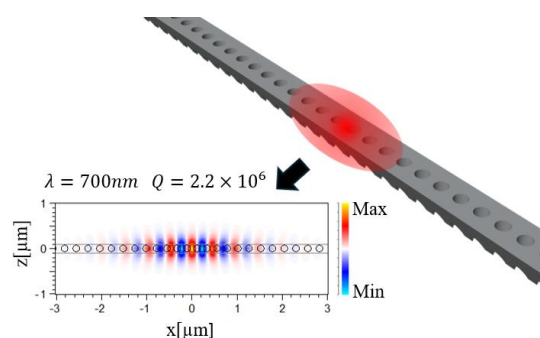


FIG.1 Schematic of a triangle diamond 1DPhC nanobeam cavity. Inset ; cavity mode distribution

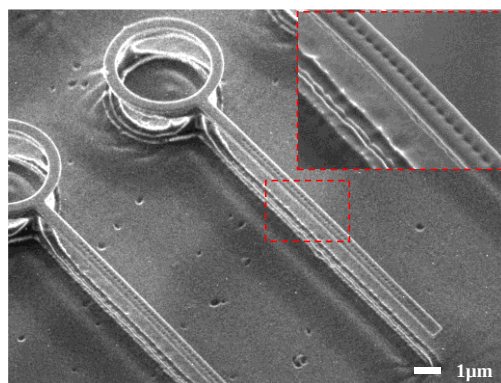


FIG.2 SEM image of the fabricated structure