原子分光測定に向けた 入出力導波路実装 SiN フォトニック結晶素子の特性評価 Estimation of SiN photonic crystal implemented input-output waveguides toward atomic spectroscopy

日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトニクスセンタ ¹, NTT 物性研², NTT 先デ研²

⁰滝口雅人^{1,2},向井哲哉²,土澤泰^{1,3},角倉久史^{1,2},武村尚友^{1,2},今井弘光²,

新家昭彦^{1,2},納富雅也^{1,2}

NTT Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Device Technology Labs.³ ^OM. Takiguchi^{1,2}, T. Mukai², T. Tsuchizawa^{1,3}, H. Sumikura^{1,2}, N. Takemura^{1,2}, H. Imai²,

A. Shinya^{1,2}, and M. Notomi^{1,2}

E-mail: masato.takiguchi.mg@hco.ntt.co.jp

原子発光スペクトルは狭線幅で均一であり、良質な量子メモリ[1]や単一光子源として期待でき る。そこで原子と非常に大きなQ/Vをもつフォトニック結晶(PhC)を組み合わせた系は、量子情報 処理のプラットフォームの候補となっている[2,3]。さらに、PhC 導波路を用いたエバネッセント 分光系は、導波路界面近傍の光-物質相互作用を高 S/N 比で検出でき、材料表面の物理探査(カシ ミールカ、光励起脱離)やナノレーザと受光器をチップ内に集積した超小型原子時計やアトムチ ップなど、基礎から応用で期待される。本研究では、デバイス集積で重要な入出力導波構造と、 光-物質相互作用を大きくする slot 構造・air-bridge 構造を持つ PhC 構造をチップ内に導入し、 D2 遷移(780.2 nm)とその上の遷移(1529.4 nm)に吸収を持つ ⁸⁷Rb の分光を念頭に、入力強度が大 きくても 2 光子吸収が小さい SiN を用いたフォトニック結晶の作製を行った。

図1(a)は作製したW1-PhC 導波路の光学顕微鏡画像である。Si ウェハにSiNを成膜し、電子線 描画、C₂F₆/SF₆ドライエッチングによるパターン作製行い、KOH ウェットエッチングによる air-bridge 構造を作製した。中央にW1-PhC 導波路を配置し、入出力導波路としてW8-PhC 導波 路を用いた。まず初めにPhC の特性を確認するために透過測定を行った。図1(b)のように1390 nm より長波で明瞭な導波路モードの透過帯、1330-1390 nm 光の透過しないフォトニックバンドギャ ップ(PBG)が確認できた。また、異なる長さ(10,50,100 µm)のW1-PhC 導波路を測定し透過損失 が0.06 dB/µm であることも分かった。図1(b)挿入図のように、PBG 近傍ではW1 導波路端での反 射によるファブリーペロースペクトルの振動周期が短くなっており、この結果から群屈折率が 3-4 倍程度大きくなることが確認できる。さらに、トレンチ幅 100 nm の slot 構造を導入したW1 導波 路も測定を行い、透過損失が0.12 dB/µm に増加していることを確認した。10 µm 程度の導波路長 であれば損失が1 dB 程度であり、十分に損失の少ない導波路が作製できているといえる。さらに、 図1(c)は可視光領域で設計した PhC 導波路であり、通信波長帯と同様の透過特性が確認できた。 本発表では、本 PhC を用いた Rb 原子分光の初期的な実験についても報告する。

- [1] T. Mukai, Scientific Reports 9, 1147 (2019)
- [2] T. Yamamoto, M. Notomi, T. Kuga, et.al., Opt. Express 16, 13809-13817 (2008)
- [3] A. Goban, et.al., Nat. Commun., 5, 3808 (2014)



Fig. 1 (a) Optical microscope image of a SiN W1-PhC waveguide with input-output W8-PhC waveguides (b) Transmission spectrum of a SiN PhC waveguide at telecom band (Slab thickness, Lattice constant, and Diameter: 350 nm, 520 nm, and 350 nm) (c) Transmission spectrum of a SiN PhC waveguide at visible region (Slab thickness, Lattice constant, and Diameter: 200 nm, 350 nm, and 200 nm)