

酸化ガリウムを用いたフォトニック結晶ナノビーム共振器の設計

Design of photonic crystal nanobeam cavity in gallium oxide

東大先端研¹, 東大生産研²

○全濟旭¹, 飯嶋航大¹, 原田直¹, 池尚玟², 神野莉衣奈¹, 岩本敏^{1,2}

RCAST U-Tokyo, IIS U-Tokyo ○J. Jeon, K¹. Iijima¹, N. Harada¹, S. Ji², R. Jinno¹, and S. Iwamoto^{1,2}

E-mail: jeonj@iis.u-tokyo.ac.jp

ワイドバンドギャップ半導体材料中の色中心は、深い準位を形成しイオン化しづらい傾向があることから単一光子源への応用が期待されている[1]。β-Ga₂O₃は4.6-4.9 eVのバンドギャップエネルギーを持つワイドバンドギャップ半導体の一つであり、近年FeやCuなど不純物を起因とする1.316μmで発光する色中心が報告された[2]。この発光波長は光通信で使用されるOバンドに位置しており、量子情報通信分野への応用において有望であると考えられる。単一光子光源や量子リピータなど、色中心を用いた高効率量子情報デバイスの実現には、フォトニックナノ構造を用いて光と色中心の相互作用を高めることが必要となる。特にフォトニック結晶(PhC)ナノ共振器は、高いQ値と小さいモード体積V_{eff}を持つことから、ダイヤモンド量子フォトンクスでも広く活用されている[3]。本研究ではβ-Ga₂O₃の色中心の量子フォトンクス応用を目的に、Ga₂O₃で構成されたPhCナノビーム共振器を設計したので報告する。

検討したエアブリッジ型共振器構造をFig. 1に示す。Ga₂O₃-PhCナノビーム中央の空気孔を3つ除いたL3型共振器で、Q値を高めるために欠陥付近の空気孔半径および空気孔を変調した。PhCの格子定数a=470 nm、空気孔の半径R=0.28a、欠陥付近の円孔半径はR₁=0.68R、R₂=0.77R、ビーム幅w=1.5a、ビーム厚みT=(50/47)aである。また、欠陥最近接円孔の位置は外側に0.1aシフトさせた。β-Ga₂O₃の屈折率nは1.95とした[4]。3次元FDTDを用いた解析から、共振器共鳴波長λ₀=1.317 μmに欠陥付近に局在するモード(Fig. 2)が存在するところがあった。このモードのQ値、モード体積はそれぞれ16111、1.32(λ₀/n)³であった。これらを用いて計算した理論パーセル係数は927である。これらの結果は、同構造がβ-Ga₂O₃色中心と光の相互作用増強に活用できる可能性を示している。その他の共振器構造や、作製プロセスについて検討した結果は当日報告する。

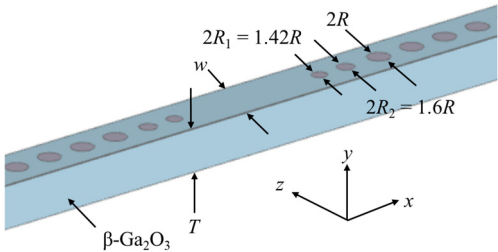


Fig. 1 Schematic view of Ga₂O₃-based PhC nanobeam cavity.

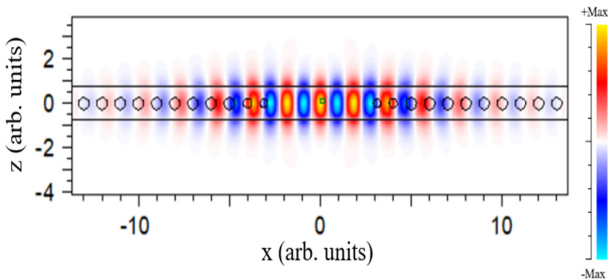


Fig. 2 Cavity field distribution (E_z component)

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 22K14286 の助成を受けて行われました。
参考文献：[1] J. R. Weber, *et al.*, Proc. Natl Acad. Sci. USA **107**, 8513–8518 (2010). [2] J. E. Stehr *et al.*, Appl. Phys. Lett. **124**, 042104 (2024). [3] M.Sichen *et al.*, J. Phys. Photonics **2**, 042001 (2020). [4] T. Onuma *et al.*, JJAP. **55**, 1202B2 (2016).