

紫波長帯にフォトニックバンドギャップを有する 窒化ガリウム二次元フォトニック結晶スラブの設計

Design of gallium nitride two-dimensional photonic crystal slabs

with photonic band gaps in violet wavelengths

電気通信大学, °下吉 賢信, 浮田 駿, 内田 和男, 田尻 武義

University of Electro-Communications, °K. Shimoyoshi, S. Ukita, K. Uchida, T. Tajiri

E-mail: ttajiri@uec.ac.jp

直接遷移型のワイドバンドギャップ材料である窒化ガリウム (GaN) 系半導体により作製された二次元フォトニック結晶は、紫外から青紫波長を中心とした短波長光源の研究が進んでいる[1-5]。特に、中空状のスラブ板に形成された二次元フォトニック結晶では、スラブ面内のフォトニックバンドギャップ (PBG) と面直方向の全反射により、光波長程度に微小な共振器や光源が実現されている[3-5]。こうした短波長領域では、フォトニック結晶の周期が短くなるため、作製に向けた構造設計は重要となる。しかしながら、GaN 系半導体では、PBG の帯域と二次元フォトニック結晶スラブ構造の関係についてほとんど報告がない。本研究では、GaN 二次元フォトニック結晶スラブに、平面波展開法のスーパーセル法に基づく数値解析を行うことで、InGaN/GaN 量子井戸発光が容易に得られる紫色波長に PBG を実現するための構造設計を検討したので報告する。

Fig. 1(a)に対象とする構造の模式図を示す。厚み t の中空状の GaN スラブの面内に、三角格子 (格子定数 a) 状に半径 r の円柱状の空気孔が配列している。GaN の屈折率 n は紫波長付近の $n = 2.4$ とした[6]。スーパーセルのサイズは、面内方向においては三角格子の単位セルに等しく、厚み方向においては長さ $c = 5a$ とした。 $r/a = 0.3$, $t/a = 0.5$ の条件で、TE like モードについて計算したフォトニックバンド図を Fig. 1(b)に示す。近赤外波長における Si フォトニック結晶の場合[7, 8]と同様に、ライトラインの下側において、第一バンドと第二バンドの間に PBG が存在することがわかる。 r/a と t/a を様々に変えた場合について、PBG の規格化中心周波数(ω_c)を計算した結果を Fig. 1(c)に示す。図より、検討した(r/a , t/a)の条件では、 $a=0.13\sim 0.23$ において PBG の範囲に紫色波長 ($\lambda \sim 400$ nm)が含まれる可能性があることが分かった。PBG 幅等については当日報告する。

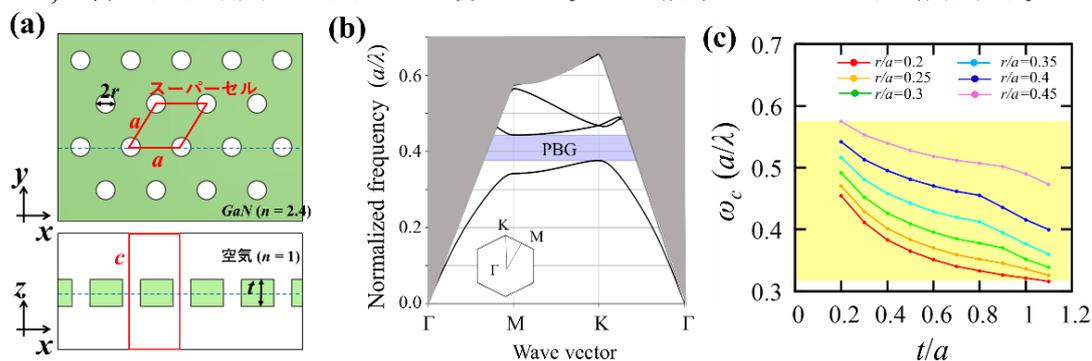


Fig. 1 (a) Schematic of GaN two-dimensional photonic crystals. (b) Calculated photonic band diagram for $r/a = 0.3$ and $t/a = 0.5$. PBG region is shown in blue. (c) The normalized center frequency of the PBGs for different combinations of r/a and t/a . Yellow region is a normalized frequency range for all (r/a , t/a) conditions investigated in this study.

謝辞: 本研究は JSPS 科研費「20K14788」「19K23508」および稲盛財団の助成を受けたものです。

参考文献: [1] H. Matsubara, *et al.*, **319**, 445 (2008). [2] S. Ishizawa, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **4**, 055001 (2011). [3] C. Meier *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 031111 (2006). [4] M. Arita *et al.*, *Appl. Phys. Express* **5**, 126502 (2012). [5] P. D. Anderson, *et al.*, *Opt. Mater. Express* **8**, 3543 (2018). [7] J. F. Muth, *et al.*, *MRS Internet J. Nitride Semicond. Res.* **4S1**, G11.7 (1999). [6] S. G. Johnson, *et al.*, *Phys. Rev. B* **60**, 5751 (1999). [8] L. C. Andreani and M. Agio, *IEEE J. Quantum Electron.* **38**, 891 (2002).