18a-C8-6

ハニカム・カゴメ格子配列ナノコラムの成長と評価

Growth and characteristics of nanocolumns arranged in honeycomb and kagome lattice

上智大理工 [1]，上智ナノテク [2]　°本山 界 [1]，石沢峻介 [1]，柳原 藍 [1]，司馬大次郎 [1]，岸野克巳 [1,2*]
Sophia Univ. [1], Sophia Nanotechnology Research Center [2]
°Kai Motoyama[1], Shunsuke Ishizawa [1], Ai Yanagihara [1], Daijiro Shiba [1], Katsumi Kishino [1,2*]
*E-mail: kishino@sophia.ac.jp

はじめに：ボトムアップ成長によって得られる微細柱状結晶（ナノコラム）は、貫通転位の低減化と量子井戸における歪緩和効果による高効率な発光が特徴であり、高性能な発光デバイスへの応用が期待されている。これまでに我々は Ti マスク選択成長法により三角格子状に配列制御したナノコラムをフォトニック結晶として用いた高指向性 LED[1] や光励起レーザー発振 [2] について報告している。一般に、InGaN 系において利得が得られる TE モード（電界が基板に平行）については、柱状誘電体によるフォトニック結晶ではフォトニックバンドギャップを得ることが難しい。本報告ではハニカム格子・カゴメ格子状に並べることにより等価的に空気柱の周期構造とすることで、TE モードにおけるフォトニックバンドギャップの形成を試みた。

実験・結果：c 面サファイア基板上 MOCVD-GaN テンプレート上に選択成長マスクである Ti 薄膜 5 nm のホールパターンを作製した。ホールの配列は最近接コラム距離 a を 140 nm としたハニカム格子・カゴメ格子および周期 150 nm の三角格子とした。この基板上に RF-MBE 法を用いた選択成長によって n-GaN ナノコラムを成長したのち、上部に InGaN/GaN 活性層を積層し、高さ 0.9～1.0 μm の柱状結晶を作製した。Fig.1 に成長後の三角格子・ハニカム格子・カゴメ格子配列ナノコラムの表面 SEM 像を示す。三角格子およびハニカム格子においては均一な独立柱状結晶の周期配列が得られた。特筆すべきは、ハニカム格子において通常正六角形に成長するはずのナノコラムが歪んだ形をとって間隙 10 nm を維持した独立結晶となることである。これは、結晶成長において間隙に原料が供給されにくくなり、横方向成長が極度に抑制されると同時に、空孔柱に接する面の横方向への成長が促進されたためと考えられる。これにより空孔柱の径を従来の予想より細くすることが可能となった。カゴメ格子においても同様に歪んだ六角形柱状となったが、一部において間隙が維持されず結合した形状が確認された。次にフォトニック結晶としての光学特性を評価するため、波長 405nm の InGaN レーザーを励起光源として角度分解 PL を測定した。発光位置を中心として a 軸および m 軸を回転軸とする円周軌道を受光ヘッドである光ファイバを移動させ、発光スペクトルの角度依存性を測定した。測定結果は面内方向の波数ベクトル $k_{//}$ に変換し、ホール周期 L (ハニカム格子:$\sqrt{3}a$、カゴメ格子:$2a$ に対応) で規格化した。ハニカム格子配列の測定結果を Fig.2 に示す。フォトニックバンドと見られるシャープなピークが波数の変化に応じて遷移する様子が観測された。カゴメ格子の角度分解 PL の結果および理論考察等については当日報告する。

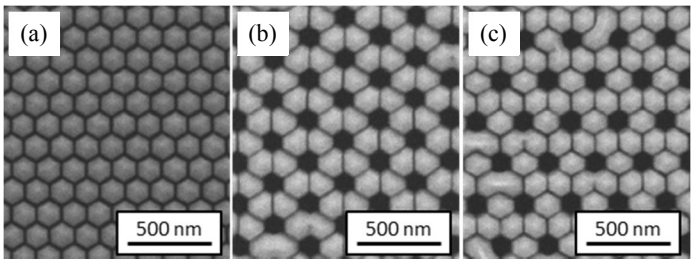

Fig. 1: SEM images of nanocolumn arrays based on (a) triangular lattice, (b) honeycomb lattice and (c) kagome lattice.

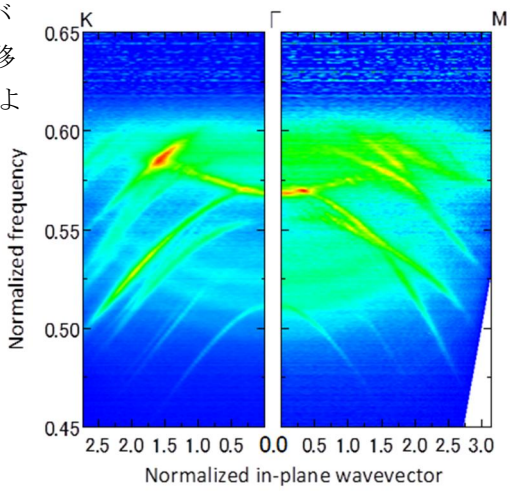

Fig. 2: Radiation pattern of honeycomb lattice nanocolumns

謝辞：本研究は、科研費・特別推進研究（#24000013）および若手研究 B（#26870581）の援助を受けて行なわれた。

参考文献：1) 柳原他：第 61 回春季応物 17p-E13-8 (2014), 2) S. Ishizawa *et al.*: Appl. Phys. Express **4** (2011) 055001.

© 2014 年　応用物理学会