

短周期配列ナノコラムの黄色領域光励起レーザ発振

Optical Pumped Lasing at Amber Region in Short Period Nanocolumn Arrays

○松井 祐三¹、石沢 峻介¹、本山 界¹、岸野 克巳^{1,2}(1. 上智大理工、2. 上智ナノテク)

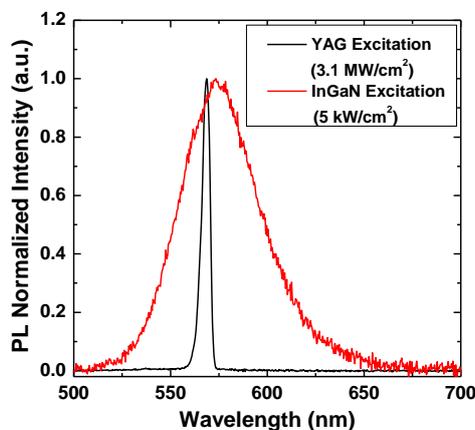
○Yuzo Matsui¹, Shunsuke Ishizawa¹, Kai Motoyama¹, Katsumi Kishino^{1,2} (1. Sophia Univ., 2. Sophia Nanotechnology Research Center)

E-mail: kishino@sophia.ac.jp

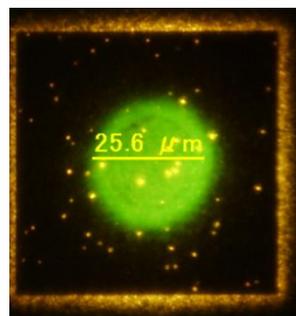
はじめに: InGaN 系ナノコラムフォトニック結晶を利用した半導体レーザは、ナノコラムの優れた発光特性とフォトニック結晶による光閉じ込め効果により高い性能が期待される。我々はこれまでに三角格子配列ナノコラムの Γ 点バンド端を用いた青～緑色波長域での光励起発振を報告している^[1]。スケール則に基づけば、周期と直径を大きくすることで発振波長の長波化が可能と考えられるが、直径の増大によりナノコラムのもつ貫通転位の低減や歪みの抑制といった効果が失われ、レーザ発振は困難となる。本稿では短周期に配列した直径の小さなナノコラムを用いて緑色より長波の黄色領域における光励起発振を試みたので報告する。

実験・結果: MOCVD-GaN テンプレート上に、電子線リソグラフィとドライエッチングによって膜厚 5 nm の Ti ホールパターンを形成した。このパターン基板の上に Ti マスク選択成長法によって三角格子状に配列された GaN ナノコラムを成長し、その上部に厚さ 70 nm 程度の InGaN 活性層を成長した。周期 160 nm、直径 110 nm の規則配列ナノコラムに対して、InGaN レーザ (波長 405 nm、CW) および Nd:YAG レーザ (波長 355 nm、パルス幅 5 ns、周波数 20 Hz) を用いて、ナノコラム上部垂直方向から光励起し、同方向への光出力を測定し、発光特性評価を行った。Fig.1 (a) に示すように、InGaN レーザによる低励起ではブロードな自然放出スペクトルが得られたが、Nd:YAG レーザ (励起スポット直径 25.6 μm 、励起パワー密度 3.1 MW/cm²) で強励起したところ、波長 568.7 nm に鋭いピークが観察された。この光強度の励起強度依存性をみると、レーザ発振特有の非線形特性がみられ、しきい値励起密度は 380 kW/cm² であった。Fig. 1 (b) は上部からの発光像で、円形励起領域内には緑色の自然放出光がみられたが、一辺 60 μm のナノコラム領域の周辺部あるいは異常成長部からは、誘導放出光である黄色発光が観測された。これはナノコラムフォトニック結晶層への強い光閉じ込め効果を示しており、平面内の分布帰還 (DFB) 効果による発振が生じたと考えられる。次に励起スポット直径を 8.5~35.5 μm の範囲で変化させながら、励起強度依存性を測定し、Fig. 2 に示すように、発振しきい値励起密度の励起径依存性を測定した。励起径が小さいときは 540.0 nm に発振ピークが現れたが、励起径 12.2 μm 以上に励起領域を広げると、波長 568.7 nm のピークが支配的となった。この発光ピークでのレーザ発振のしきい値は、励起径とともに減少し、測定した励起最大径 35.5 μm まで下がり続け、その点でしきい値励起密度は 233 kW/cm² となったが、励起径の増加とともにさらに減少する傾向が見られた。すなわち、発振モードはこれより大きな範囲に広がっていると考えられる。当日は周期 180 nm における波長 601 nm の発振についても報告する。

参考文献: [1] S. Ishizawa *et al.*, Appl. Phys. Express 4 (2011) 055001.



(a)



(b)

Fig.1. PL emission from the nanocolumn array with 160 nm-period. (a) PL spectra and (b) emission image under Nd:YAG laser excitation.

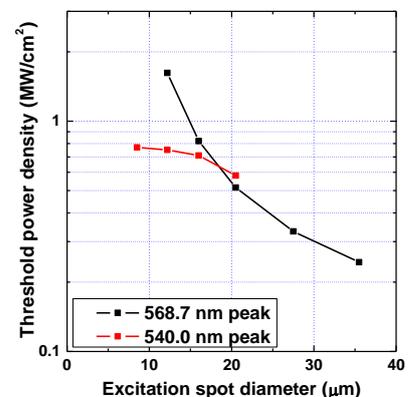


Fig.2. Optical pumped lasing threshold as a function of excitation spot diameter of the nanocolumn array.