

h-BCN を活性層に用いた半導体レーザーの光増幅利得における 層数依存性に関する数値解析

Numerical analysis on the layer number dependence of optical gain in semiconductor laser structure with h-BCN active layer

神戸大院工 ○牧 大介, 小川 真人, 相馬 聡文

○Daisuke Maki, Matsuto Ogawa, Satofumi Souma

Department of Electrical and Electronic Engineering Kobe University

近年の半導体レーザーの低消費電力化・高速動作化の進展とともに、その可能性が増しつつある[1]。一方、半導体材料の観点からは二次元材料がその特異な電子特性のために大きな注目を集めており、オプトエレクトロニクスへの応用も期待されるが、代表的な二次元材料であるグラフェンは、そのゼロバンドギャップの性質が問題となる[2]。2次元材料のオプトエレクトロニクス用途には、制御可能なバンドギャップを持つ材料が望まれるが、手段の1つとして、C、B、N原子で構成されるハニカム格子構造(h-BCN)が挙げられ[3]、近年h-BCNの実験的な作成も進んでいる[4]。

そこで本研究では活性層としてh-BCNを用いた半導体レーザー構造の光学利得を理論的に考察する。図1(右)のh-BCN多層構造を想定する。中央の数層は真性半導体で、残りの左と右の層はそれぞれp型とn型とする。仮想結晶近似(VCA)および準独立層の仮定内で、各h-BCN層の電子特性を固有値問題を解くことにより計算する。ドリフト拡散-ポアソン方程式とともに強束縛近似法を使用することにより、h-BCNのさまざまなバンドギャップエネルギーの光学利得スペクトルを分析し、h-BCNの最大利得のピークが従来の半導体材料を活性層に用いた半導体レーザーよりも優れていることを示す。図2はバンドギャップ0.3~0.8 eVのさまざまな値について、光学利得の光子エネルギー依存性をプロットしており、0.6 eVより小さいバンドギャップでは有限(正)の利得を実現でき、0.7 eVより大きいバンドギャップではすべての入射光が吸収されていることが見て取れる。講演では、バンドギャップだけでなくh-BCN多層構造の層数、ドーピング電子量などのパラメータを変化させたときの光学利得スペクトルの変化の結果に加え、これらの結果に対する物理的解釈についても報告する。

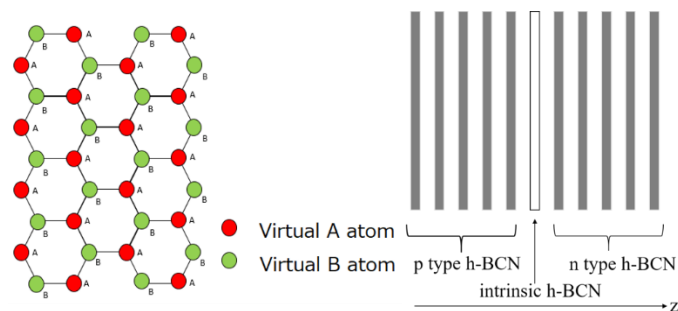


Fig. 1. (Left) Crystal structure of h-BCN using virtual crystal approximation. (Right) Schematic illustration of h-BCN multilayer structure assumed in this study.

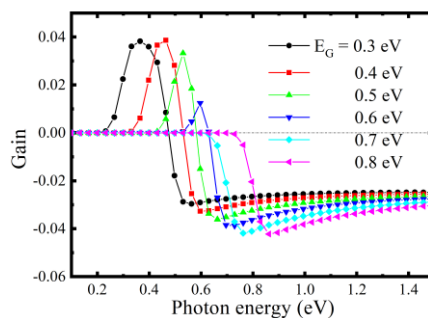


Fig. 2. Photon energy dependence of the optical gain are plotted for various values of the band gap 0.3 ~ 0.8 eV.

- [1] Y.-Y. Zhang, Q.-X. Pei, Z.-D. Sha, Y.-W. Zhang, Phys. Lett. A **383**, 2821 (2019).
- [2] K. S. Novoselov, V. I. Fal'ko, L. Colombo, P. R. Gellert, M. G. Schwab, and K. Kim, Nature, **490**, 192 (2012).
- [3] C.-Z. Ning, Advanced Photonics **1**, 014002 (2019).
- [4] S. Beniwal, J. Hooper, D. P. Miller, P. S. Costa, G. Chen, S.-Y. Liu, P. A. Dowben, E. C. H. Sykes, E. Zurek, A. Enders, ACS Nano, **11**, 2486 (2017).