

不純物混入と深紫外デバイス特性の相関

Influence of unintentional doping on deep UV laser diode properties

九大応力研¹、名大未来研² ◦寒川義裕^{1, 2}

RIAM, Kyushu Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.², ◦Yoshihiro Kangawa^{1,2}

E-mail: kangawa@riam.kyushu-u.ac.jp

2019年度に深紫外LD (Laser Diode) 開発における2つの重要な研究進展があった。1つはAlN基板上に作製したAlGaIn-LD ($\lambda = 271.8$ nm) の室温動作実証¹⁾であり、もう1つはサファイア基板上に作製したAlGaIn-LD ($\lambda = 298$ nm) の室温動作実証²⁾である。それぞれ、同種基板、異種基板を用いた半導体LDの現時点における「最短波長」室温動作実証の世界記録である。この2つの世界記録が達成された重要な要因、ブレークスルーとして組成傾斜AlGaInによるp型分極ドーピング³⁾の実現が挙げられる。窒化物半導体LDでは通常Mgをアクセプタとして用いるが、Mg濃度が $10^{19} \sim 10^{20}$ cm⁻³を超えると偏析・析出が起こるため高電流注入が困難であった。上記の実証実験では組成傾斜AlGaInによるp型分極ドーピングを用いることにより通常より約1桁高い正孔密度を実現し高電流注入に成功している。

一方で、本研究グループのデバイスシミュレーションにより、組成傾斜AlGaIn層に意図しない不純物混入、具体的には 7×10^{17} cm⁻³程度以上のドナードーピングがあると一部のAl組成域(デバイス構造)で高抵抗化・絶縁化が起こり電流注入が困難になると予測されている。すなわち、p型分極ドーピングを制御性よく実現しデバイスの高信頼化を図るには組成傾斜AlGaIn層における意図しない不純物の濃度を上述の値以下に抑える必要があることが示唆された。本研究グループでは、デバイスシミュレーションおよびプロセスシミュレーションにより得られる知見を統合して、デバイス特性を最適化・高信頼化するためのプロセス設計を行っている。本講演では、上述のデバイスシミュレーション結果およびエピ成長表面における不純物濃度(表面被覆率)と成長条件の相関⁴⁾を報告し、深紫外LDのプロセス最適化について議論する。

謝辞：本研究の一部はJST CREST (JPMJCR16N2) および科研費 新学術 (JP16H06418) による援助の下で行われた。

参考文献：

- 1) Z. Zhang, M. Kushimoto, T. Sakai, N. Sugiyama, L. J. Schowalter, C. Sasaoka, H. Amano, *Appl. Phys. Express*, **12**, 124003 (2019).
- 2) K. Sato, S. Yasue, K. Yamada, S. Tanaka, T. Omori, S. Ishizuka, S. Teramura, Y. Ogino, S. Iwayama, H. Miyake, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, *Appl. Phys. Express*, **13**, 031004 (2020).
- 3) J. Simon, V. Protasenko, C. Lian, H. Xing, D. Jena, *Science*, **327**, 5961, 60, (2010).
- 4) D. Yoshio, Y. Inatomi, Y. Kangawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **59**, 048002 (2020).