

# 正孔注入促進に向けた p-AlGa<sub>N</sub>/n-ZnO トンネル接合のバンド構造解析

## Band structure analysis of p-AlGa<sub>N</sub>/n-ZnO tunnel junction for efficient hole injection

電気通信大学, 浮田 駿, 田尻 武義, 内田 和男

The University of Electro-Communications., S. Ukita, T. Tajiri and K. Uchida

E-mail: u2031020@edu.cc.uec.ac.jp

AlGa<sub>N</sub> 深紫外 LED の発光効率を改善する上での課題の一つに、p-AlGa<sub>N</sub> 用の高抵抗オーミック電極による、低い正孔注入効率が挙げられる [1,2]。この問題を解決するため、AlGa<sub>N</sub> よりバンドギャップの狭い InGa<sub>N</sub> や、ピエゾ分極の大きな AlN 層をトンネル接合部に挟むことによって、正孔注入を促進するためのバンド構造制御が検討されている [3,4]。我々は、ZnO を接合した AlGa<sub>N</sub> pn ダイオードを作成し、ダイオード特性が得られることを報告している [5]。しかしながら、p-AlGa<sub>N</sub>/n-ZnO の接合について、トンネル効果による正孔注入促進の可能性に関する報告は未だない。本研究では、AlGa<sub>N</sub> 深紫外 LED の正孔注入促進の可能性を理論的に検討するために、p-AlGa<sub>N</sub>/n-ZnO トンネル接合のバンド構造解析を行った。

解析ソフトには nextnanomat[6]を用い、Poisson 方程式を解く事で熱平衡状態におけるトンネル接合のエネルギーバンド構造を計算した。p 領域と n 領域の膜厚をそれぞれ 500nm、100nm と定め、c 軸[0001]方向(Ga 極性面)に成長した p-GaN ( $N_A=1.0\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ) / n-ZnO ( $N_D=1.0\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ ) のバンド構造を解析した(Fig.1)。比較として、n-ZnO を n-GaN ( $N_D=1.0\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) に置き換えた場合と p-GaN を p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N ( $N_A=1.0\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ) に置き換えた場合のバンド構造を同図に示す。バンド図より、n 領域の材料を置き換えた場合 p-GaN/n-ZnO の構造においては p-GaN/n-GaN に比べ空乏層幅が減少しており、低電圧でのトンネリングと正孔のトンネル確率が向上する可能性があることが分かった。このような結果が得られた理由として、Ga<sub>N</sub>(Ga 極性面)と ZnO(O 極性面)の接合界面にピエゾ効果で負の分極電荷が発生し n 領域のバンドが大きく曲げられ空乏層幅が狭まった事、かつ p 領域のバンドの傾きが緩やかになり、フェルミ準位に近づいた事が挙げられる。また、p 領域の材料を p-AlGa<sub>N</sub> に置き換えた場合、バンドギャップが増加するものの、ピエゾ効果により正孔注入促進効果は同様に得られる可能性がある。詳細な結果は当日報告する。

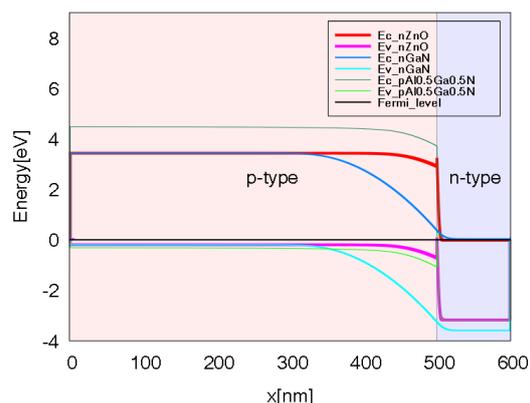


Fig.1: Equilibrium energy band diagram of p-GaN/n-ZnO, p-GaN/n-GaN and p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N/n-ZnO tunnel junction

謝辞:本研究は JSPS 科研費 18K04226 の助成を受けたものです。

参考文献:[1] Z.Ren *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **53** 073002 (2020).[2] M.Kneissl, *et al.*, Nat. Photonics. **13**, 233 (2019).[3] Y. Zhang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **106**, 141103 (2015).[4] L.Li *et al.*, AIP Advances **6**, 125204 (2016).[5] Z.Sun, *et al.*, 第81回応用物理学会秋季学術講演会 10a-Z02-1 (2020).[6] S. Bimer *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices **54**, 2137 (2007).