

組成傾斜 AlGa_xN 超格子を用いたドーピング技術と紫外 LED への応用

Doping technique utilizing graded AlGa_xN superlattices and its application to UV LEDs

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 ○江端 一晃, 谷保 芳孝, 熊倉 一英

NTT Basic Research Laboratories, NTT Corporation, ○K. Ebata, Y. Taniyasu, and K. Kumakura

E-mail: ebata.kazuaki@lab.ntt.co.jp

AlGa_xN 系 LED やレーザーは、小型・低消費電力・高寿命な深紫外固体光源として、殺菌、浄水、医療等の幅広い分野での応用が期待されている。しかしながら、紫外発光素子は青色発光素子と比べて発光効率が低いことが課題となっている。AlGa_xN 系紫外発光素子の発光効率が低い原因の一つは、p 型 AlGa_xN のホール濃度が低いために p 型層から活性層へのホール注入効率が低いことである。特に、UVC 用途で用いる高い Al 組成 (>70%) の p 型 AlGa_xN では、アクセプタのイオン化エネルギーが大きいためにホール濃度が極めて低い (<10¹⁵ cm⁻³) ことが知られている。高いホール濃度を有する p 型 AlGa_xN の実現のために、窒化物半導体のピエゾ・自発分極を利用したドーピング技術として、Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N (x≠y) 超格子構造や組成傾斜 AlGa_xN が提案されている [1-3]。本シンポジウムでは、分極電荷を利用した高い Al 組成 (平均 Al 組成 80%) の p 型組成傾斜 AlGa_xN 超格子における高濃度ホール生成とそれを p 型層に適用した紫外 LED について研究成果を紹介する [4, 5]。

MOVPE 法により半絶縁性 4H-SiC(0001)基板上に AlN 緩衝層を成長し、次いで Mg ドープ組成傾斜 AlGa_xN 超格子を成長した。超格子の膜厚は 200 nm に固定し、図 1(a)に示すように周期長 L を変化させた。また、Al 組成は結晶成長方向に対して 90%から 70%に線形に傾斜させた。Mg ドープ組成傾斜 AlGa_xN 超格子のホール濃度の周期長依存性の結果を図 1(b)に示す。ホール濃度は周期長を 200 nm から 50 nm 以下にすることで 1 桁以上増加し、10¹⁷ cm⁻³ 以上になった。Al 組成が 90%~70%の組成傾斜領域において 1 周期あたりに誘起される負の分極電荷は一定であるので、短周期化に伴い負の分極電荷濃度 (cm⁻³)は増加する。その結果、Mg アクセプタのイオン化が促進され、ホール濃度が増加したと考えられる。図 2 に p 型層に組成傾斜 AlGa_xN 超格子 (50 nm×4 周期) を利用した LED の発光スペクトルを示す。比較のため、p 型層に Mg ドープ組成傾斜 AlGa_xN 層 (200 nm×1 周期)、ならびに Mg ドープ Al_{0.8}Ga_{0.2}N 混晶 200 nm を用いた LED の発光スペクトルも示す。Mg ドープ Al_{0.8}Ga_{0.2}N 混晶と比べて、Mg ドープ組成傾斜 AlGa_xN 層を適用することで大幅に発光強度が増大した。さらに、Mg ドープ組成傾斜 AlGa_xN 超格子を適用することで発光強度が増大した。分極電荷を有効利用することで、高い Al 組成の AlGa_xN においてドーピング効率の向上を実現出来るため、深紫外発光素子の高効率化に繋がることが期待される。

- [1] P. Kozodoy *et al.*, Appl. Phys. Lett. 74, 3681 (1999). [2] K. Ebata *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 57, 04FH09 (2018).
 [3] J. Simon *et al.*, Science. 327, 60 (2010). [4] 江端他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-146-7 (2018).
 [5] K. Ebata *et al.*, International Workshop on Nitride Semiconductors 2018, OD16-3.

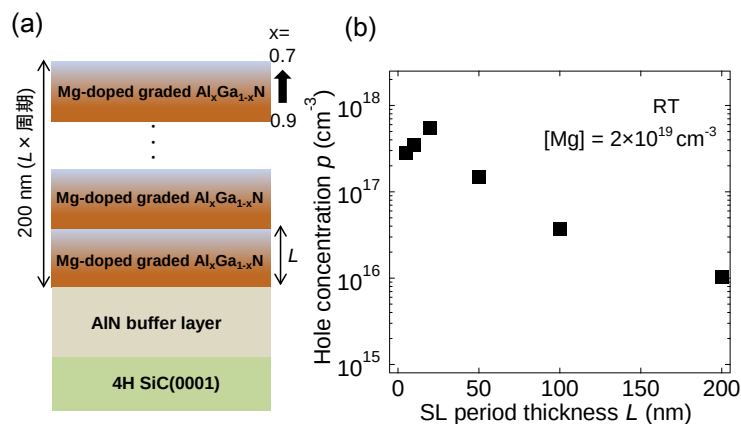


Fig. 1 (a) Schematic of Mg-doped graded AlGa_xN SLs. (b) Hole concentration of Mg-doped graded AlGa_xN SLs at RT as a function of period thickness L .

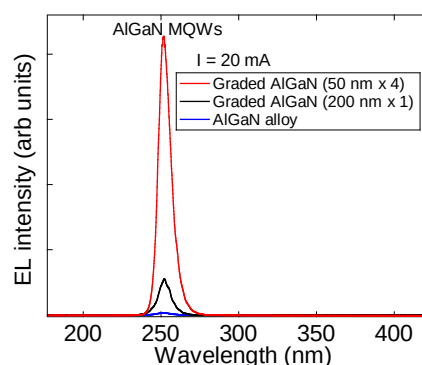


Fig. 2 EL spectra of deep-UV LEDs with Mg-doped graded AlGa_xN SLs (50 nm×4), Mg-doped graded AlGa_xN (200 nm×1), and Mg-doped Al_{0.8}Ga_{0.2}N alloy.