高 Al 組成 Mg ドープ AlN/AlGaN 超格子における高濃度ホール生成 Enhanced Hole Generation in Mg-doped AlN/AlGaN superlattices

with High Average Al Content

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所

⁰江端 一晃,西中 淳一,谷保 芳孝,熊倉 一英

NTT Basic Research Labs. NTT Corp.,

 $^{
m O}$ Kazuaki Ebata, Junichi Nishinaka, Yoshitaka Taniyasu, and Kazuhide Kumakura

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

【はじめに】 AlGaN を用いた紫外発光デバイスは、殺菌、飲料水の浄化、医療、家電等の幅広い 分野での応用が期待されている。AlGaN 系紫外発光デバイスの実用化に向けては、発光効率の向 上が課題である。発光効率が低い要因の一つとして、高 Al 組成 AlGaN の Mg アクセプタの活性 化エネルギーが大きいことによるホールの低い注入効率が挙げられる。P 型層の高ホール濃度、 低抵抗化を目的として Mg ドープ AlGaN/GaN 等の低 Al 組成超格子の報告がされているが[1]、高 Al 組成領域 (Al>70%)の報告例はほとんどない。本研究では高 Al 組成 Mg ドープ AlN/Al_{0.75}Ga_{0.25}N 超格子を作製し伝導特性を調べたので報告する。

【実験方法】有機金属気相成長法により、半絶縁性 4H-SiC(0001)基板上に AIN 緩衝層を 1.2 µm、 次いで Mg ドープ AIN/Al_{0.75}Ga_{0.25}N 超格子を約 200 nm 成長した。超格子において AIN バリア層の 膜厚は 1.3 nm、Al_{0.75}Ga_{0.25}N 井戸層の膜厚は 4.0 nm である。この超格子の AI 平均組成は 80% であ る。試料の電気的特性は、交流磁場 Hall 効果測定により評価した。

【実験結果】Mgドープ AlN/Al_{0.75}Ga_{0.25}N 超格子の比抵抗、ホール濃度の Mg濃度依存性を図 1 に示す。比抵抗は Mg濃度が 3×10^{19} cm⁻³付近までほとんど変化がなく、最小値は 13 Ωcm であった。報告されている Mgドープ $Al_{0.7}Ga_{0.3}$ N 混晶 ($10^5 \Omega$ cm) [2]と比較して、4 桁低減することに成功した。また、Mg濃度が 2×10^{19} cm⁻³ のときにホール濃度が最大値となり、 4.4×10^{18} cm⁻³ であった。Mg 濃度をさらに増やすとホール濃度が低下しており、これは自己補償効果に起因するものであると考えられる。

図 2 に Mg ドープ AlN/Al_{0.75}Ga_{0.25}N 超格子のホール濃度の温度依存性を示す。アレニウスプロットから活性化エネルギー (E_A)を導出した結果、40 – 67 meV であった。Mg ドープ GaN (E_A ~160 meV) [2]、Mg ドープ Al_{0.7}Ga_{0.3}N 混晶 (E_A ~400 meV) [2]と比較して、超格子では大幅に E_A が低下している。この結果は、今回作製した高 Al 組成短周期超格子においても、自発分極とピエゾ分極により生じたバンドベンディングにより深い Mg アクセプタのイオン化が促進されたことを示している。本研究の一部は科研費 (25246022)の援助を受けて行われた。



[1] K. Kumakura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 39 (2000) 2428. [2] M. L. Nakarmi et al., Appl. Phys. Lett. 94, 091903 (2009).

Fig. 1 (a) Resistivity, (b) hole concentration of the Mg-doped AlN/Al $_{0.75}$ Ga $_{0.25}$ N superlattices at RT as a function of Mg concentration.



Fig. 2 Hole concentration of the Mg-doped $AlN/Al_{0.75}Ga_{0.25}N$ superlattices as a function of temperature.