p 型 $Al_xGa_{1-x}N$ (0＜x≦1)における Mg–H の役割

Role of Mg-H in p-type $Al_xGa_{1-x}N$ (0＜x≦1)

名大院工 [1]，豊田合成 [2]，TS オプト [3]，名大未来材料・システム研究所 [4]，名大赤崎記念研究センター[5]，名大 VBL[6]，
○永田 賢吾 [1, 2, 3]，三輪 浩士 [2,3]，松井 慎一 [2,3]，坊山 晋也 [2,3]，齋藤 義樹 [2,3]，本田 善央 [4]，天野 浩 [4, 5, 6]

Dept. of Electronics Nagoya Univ. [1], Toyoda Gosei Co., Ltd. [2], TS Opto Co., Ltd. [3], IMaSS,
Nagoya Univ [4], ARC, Nagoya Univ. [5], VBL, Nagoya Univ. [6], ○Kengo Nagata[1, 2, 3], Hiroshi Miwa[2, 3], Shinichi matsui[2,3],
Shinya Boyama[2, 3], Yoshiki Saito[2, 3], Yoshio Honda[4], Hiroshi Amano[4, 5, 6]

E-mail: nagata.kengo@c.mbox.nagoya-u.ac.jp,

現状、Ⅲ族窒化物半導体を用いた深紫外線（DUV） LED の発光効率は低く、殺菌効率の向上や、幅広い用途への応用のために発光効率の改善が望まれている。発光効率が低い問題のひとつに、p 型 AlGaN のキャリア濃度が低いことがある。この主要因として、P 型 AlGaN での Mg の活性化エネルギーが高いこと[1]、と、 pAlGaN 中に V 族空孔が形成し、正孔が補償されてしまうこと[2, 3]がある。また、p 型 GaN でのドーピングメカニズムに関して、Mg が正電荷サイトに取り込まれる際、Mg-H 錯体状態であることが知られており [4]、そのため、Mg-と対になる H+の形成が重要なパラメータになる。GaN 中での H+と H-の形成されるフェルミ準位の境界は、伝導帯から 0.5eV 付近に存在するため、Mg ドーピングの際、H+の形成が主であると考えられている。一方、AlN 中では、伝導帯から 2.5eV 付近に存在する[4]ため、H+の形成は、成長中のフェルミ準位によっては阻害される可能性がある。本研究では、pAlGaN 中の Mg-H 錯体の形成について、pAlGaN の成長条件を変更し、評価を行った。また DUV LED の特性についても、成長条件を pAlGaN と同様に変更し、評価した。MOVPE 法により、サファイア基板上に AlN、AlGaN を成長させ、その後、Mg ドープした AlN、AlGaN を成長させた。また、LED 特性評価についても、サファイア基板上に LED 構造を成長させ、電子ブロック層に上記 pAlGaN と同条件により作製した。V/III 比を変えた pAlGaN の H / Mg 濃度比(全 Mg 中の Mg-H 錯体比率)を図 1 に示す。Mg 濃度は、各 Al 組成において、V/III 比を変化させても 1×10^{19} cm^{-3} で一定であった。一方、Mg-H 濃度比率は、各 Al 組成において V/III 比が高くなるにしがって高くなった。つまり、成長条件の違いによって、pAlGaN 中の H+の形成が異なっていることを示している。次に、電子ブロック（EBL）層の V/III 比を変えた DUV LED の光出力を図 2 に示す。光出力は、EBL 層の V/III 比を高くなるにしがって、光出力が高くなった。Mg-H 形成により、水素原子様アクセプタ準位の Mg が増加したとも考えられる。光学特性による pAlGaN の欠陥準位の評価、電気特性評価等に関しては、当日報告したい。

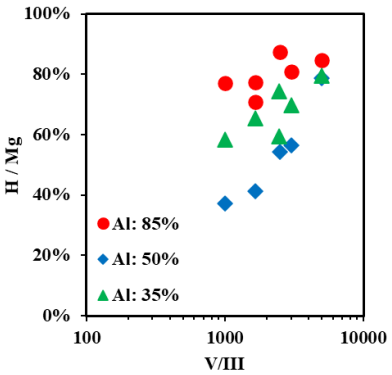

図 1 V/III 比を変えた pAlGaN の H / Mg 濃度比

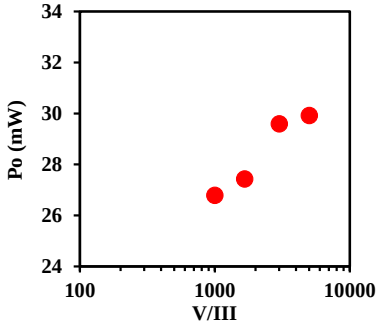

図 2　EBL 層の V/III 比を変えた DUV LED の光出力

[1] M. Katsuragawa *et al.*, J.Cryst. Growth **189/190**, 528 (1998).

[2] C. Stampfl *et al.*, Mater. Sci. Eng., B **59**, 253 (1999).

[3] C. G. Van de Walle *et al.*, J. Appl. Phys. **95**, 3851 (2004).

[4] J. L. Lyons *et al.*, PRL **108**, 156403 (2012).