ハライド気相成長法による縦型 GaN p-n 接合ダイオードの作製 Vertical GaN p-n junction diode grown by halide vapor phase epitaxy 名大院エ¹, 名大未来材料・システム研究所², 名大赤崎記念研究センター³, 名大 VBL⁴ ^o大西 一生¹, 川崎 晟也¹, 藤元 直樹², 新田 州吾², 渡邊 浩崇², 本田 善央², 天野 浩^{2,3,4} Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, IMaSS, Nagoya Univ.², ARC, Nagoya Univ.³, VBL, Nagoya Univ.⁴ ^oKazuki Ohnishi¹, Seiya Kawasaki¹, Naoki Fujimoto², Shugo Nitta², Hirotaka Watanabe², Yoshio Honda², and Hiroshi Amano^{2, 3, 4} E-mail: k.ohnishi@nagoya-u.jp

縦型 GaN パワーデバイスの高耐圧化に向けて,低ドーピング濃度制御された GaN ドリフト層が 高速成長できるハライド気相成長(HVPE)法が注目を浴びている^[1]。近年,我々は p-n 接合ダイ オードや金属–酸化膜–半導体電界効果トランジスタに必須である p型 GaN 層の HVPE 法による作 製を報告してきた^[2, 3]。しかしながら,HVPE 法のみを用いた縦型パワーデバイスは未だ実現して いない。本発表では,GaN 自立基板上に HVPE 法によって p-n 接合ダイオード構造を連続的に成長 させ,アバランシェ降伏を示す縦型 p-n 接合ダイオードを作製したので報告する^[4]。

1.7×10⁶ cm⁻²の貫通転位密度を有する HVPE 製の n 型 GaN 自立基板上に, HVPE 法によって p⁺-n 接合を成長させた。まず,実効ドナー濃度 2.3×10¹⁶ cm⁻³,膜厚 15 µm の n 型ドリフト層を 30 µm/h で成長させた。ドリフト層の成長後,成長速度を 3 µm/h に低減させた後,連続的に膜厚約 300 nm の p 型 GaN 層 (Mg 濃度: 2×10¹⁹ cm⁻³) および p 型コンタクト層をそれぞれ成長させた。その後,素 子分離および電界緩和構造として,垂直に 10 µm エッチングした後¹⁵¹,オーミック電極を形成した。 デバイス径は 340 µm とした。作製した縦型 p-n 接合ダイオードの絶縁破壊現象に関して調べるた めに,電気的特性を評価した。

25-200 °C の範囲で測定した逆方向電流-電圧特性(J-V)特性を Fig.1 に示す。非破壊の電圧降

伏現象が観測され、その降伏電圧は温度上昇に伴い 874 V から 974 V まで増加した。得られた降伏電圧の 温度依存性を Fig. 2 に丸として示す。また、容量-電圧 測定から求められた実効ドナー濃度(2.3×10¹⁶ cm⁻³) を基に Maeda らが報告した GaN の絶縁破壊電界強度 ^[6]を用いて計算した絶縁破壊電圧を Fig. 2 中実線にて 示す。温度の増加に伴って降伏電圧は増加し、計算し た GaN の絶縁破壊電圧によく一致していた。これは、 アバランシェ降伏によって絶縁破壊が生じているこ とを示す。以上から、HVPE 法によって作製された縦 型 p-n 接合ダイオードは安定してアバランシェ降伏を 示すことがわかった。このことは、HVPE 法が縦型 GaN パワーデバイス構造の成長手法として非常に高いポ テンシャルを有していることを示している。

[謝辞]

本研究は、文部科学省革新的パワーエレクトロニクス 創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 の助成を受けたも のです。

[1] H. Fujikura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 085503 (2017).

[2] K. Ohnishi et al., Appl. Phys. Express 13, 061007 (2020).

[3] K. Ohnishi *et al.*, J. Cryst. Growth **566-567**, 126173 (2021).

[4] K. Ohnishi et al., Appl. Phys. Lett. 119, 152102 (2021).

[5] H. Fukushima *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 026502 (2019).

[6] T. Maeda et al., J. Appl. Phys. 129, 185702 (2021).



Fig. 1. Temperature dependence of reverse J-V characteristics of p-n junction diode grown by HVPE.



Fig. 2. Breakdown voltage as a function of temperature. Dots and the solid line indicate the experimental data and the calculated value based on Ref. 6, respectively.