

プロトン照射 GaN の熱刺激電流による欠陥評価

The evaluation of defects in proton irradiated GaN by thermally stimulated current

法政大学¹, 大阪教育大学²

Hosei Univ.¹, Oubutsu kyoiku Univ.²

°中村 司¹, 伊田 孝寛¹, 上岡 一馬¹, 栗山 一男¹, 串田 一雅²

°Tsukasa Nakamura¹, Takahiro Ida¹, Kazuma Kamioka¹, Kazuo Kuriyama¹, Kazumasa Kushida²

E-mail: 08x2071@stu.hosei.ac.jp

ワイドギャップ半導体である GaN は原子の変位エネルギーが大きいので高い放射線耐性が期待でき宇宙・航空用途ならびに原子炉等の特殊環境下で使用する半導体デバイスとして期待されている。そこで本研究では GaN 単結晶薄膜にプロトンを照射し、電氣的、光学的観点から物性評価を行った。

出発材料は MOCVD 法にてサファイア基板 c 軸上に成長させた GaN 単結晶薄膜(膜厚 2 μm)を使用した。プロトン照射は照射エネルギーは 500 keV、ドーズ量は $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ にて行った。TRIM シミュレーションを行った結果から、プロトン照射後に水素はほとんど試料を貫通しており試料内に残留する水素濃度は最大で 10^{17} cm^{-3} 程度であることがわかった。

Van der pauw 法によりホール効果測定を行った。その結果プロトン照射により比抵抗が $1.3 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ から $4.1 \times 10 \Omega \cdot \text{cm}$ と二桁増加し、キャリア濃度が $6.1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ から $3.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ と三桁減少した。これはプロトン照射による格子の乱れや、窒素原子空孔との複合体によりキャリア濃度が減少し、比抵抗が上昇したと考えられる。

熱刺激電流測定[1]から、110 K 付近にブロードなピークが観測された。このピークをガウス関数によって解析した結果、3つのピーク温度 P_{01} (104 K)、 P_{02} (141K)、 P_{03} (178 K) に分離された。それぞれのピークについて活性化エネルギーを Look の近似式[2]より求めた結果、 P_{01} (173 meV)、 P_{02} (251 meV)、 P_{03} (330 meV) と算出された。この活性化エネルギーから P_{01} は窒素原子空孔との複合欠陥[1, 3]、 P_{02} および P_{03} はガリウム原子空孔との複合欠陥に起因していることが示唆される[4]。 P_{01} のピーク強度に比べて P_{02} および P_{03} のピーク強度が非常に低いことから、プロトン照射ではガリウム原子空孔はほとんど形成されず、窒素原子空孔が多く形成されることが示唆される。

フォトルミネッセンス測定により、プロトン照射前後ではガリウム原子空孔に起因する 550 nm 付近のイエローミネッセンスの発光強度がほとんど上昇していないことがわかった。このことからプロトン照射では、ガリウム原子空孔はほとんど形成されていない。

[1] K. Kuriyama, M. Ooi, A. Onoue, K. Kusida, M. Okada, Q. Xu, Appl. Phys. Lett. 88, 132109 (2006).

[2] D. C. Look, Semicond. Semimetals, 19, 75 (1983).

[3] Z. Q. Fang, D. C. Look, W. Kim, H. Morkoc, MRS Internet J. Nitride Semicond. Res. 5S1, W11.84 (2000).

[4] J. Neugebauer, C. G. Van de Welle, Phys. Rev. B 50,8067 (1994).