

陽子線照射中における GaN ダイオードの電気的特性の劣化推移

Real-time measurements of electrical properties of GaN SBD during proton irradiation

筑波大数理¹, 高エネ研², 産総研³, 物材研⁴, 理研⁵

○奥村 宏典¹, 外川 学², 宮原 正也², 西永 慈郎³, 井村 将隆⁴, 磯部 忠昭⁵

Univ. of Tsukuba¹, KEK², AIST³, NIMS⁴, RIKEN⁵, [○]Hironori Okumura¹, Manabu Toagawa²,

Masaya Miyahara², Jiro Nishinaga³, Masataka Imura⁴, Tadaaki Isobe⁵

E-mail: okumura.hironori.gm@u.tsukuba.ac.jp

窒化ガリウム(GaN)は、はじき出し損傷エネルギーが大きく、電子正孔対の生成確率が大いことから、長寿命の放射線検出器用材料の一つに挙げられる。しかし、高放射線環境における GaN 素子の電気的特性を、実験的に調べた報告は寡少である。本研究では、最大 7 MGy の陽子線を GaN ショットキ障壁ダイオード(SBD)に照射し、電気的特性の劣化推移をリアルタイムで調べた。

n 型 GaN 基板 (Si 濃度: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) に直接電極を堆積し、SBD を作製した。カソード電極として Ti/Al/Ni/Au 電極を用い、アノード電極として Ni/Au 電極を用いた。カソード電極は、堆積後 800°C 1 分間窒素雰囲気下で熱処理を行った。アノード電極のサイズは直径 1 mm とした。試料全面に均一に陽子線が当たるように、作製した GaN SBD を XY 走査システム (走査速度: 20 mm/s) 上に設置した。図 1 に示すように、アノード/カソード電極が PC 付帯 SMU に接続されており、PC を遠隔操作することで、リアルタイムで電流電圧測定ができる。陽子線照射 (70 MeV、 $1.4 \times 10^{16} \text{ neq (1 MeV neutron equivalent) cm}^{-2}$) は、東北大学 CYRIC にて行った。

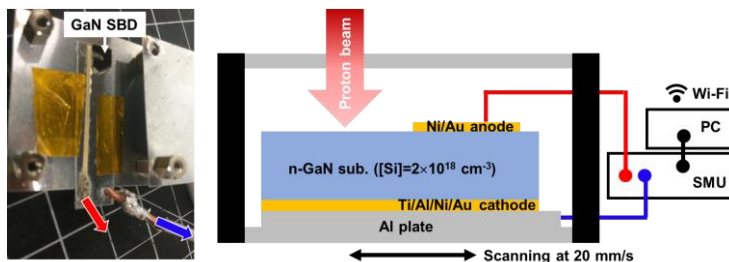


Fig. 1: Real-time measurement system of current of Ni/n-GaN SBD during proton irradiation.

GaN SBD に -20 V 印加時の逆方向電流と陽子線照射量(ϕ)の関係を図 2(a)に示す。陽子線照射量は、単位時間当たりの照射量が一定として、全照射量を時間で割って換算した。逆方向電流は、 ϕ の増加と共に低下した。 $\phi > 6 \times 10^{15} \text{ neq cm}^{-2}$ において電流が負となり、 ϕ と共に増大した。Type inversion が起きたと考えられる。

逆方向電流を $I = I_0(1 + A\phi)^{-1/n}$ を用いて fitting したところ、よく一致した。n の値が 1/3 に近いことから、空間電荷再結合電流が支配的と考えられる。以上より、GaN (Si 濃度: $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) は、 $\phi > 10^{15} \text{ neq cm}^{-2}$ 程度の放射線耐性があることが分かった。

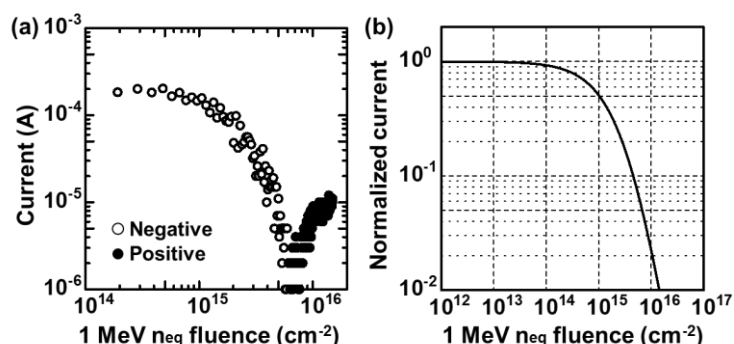


Fig. 2: (a) Reverse current of n-GaN SBD during 70 MeV proton irradiation. (b) Normalized GaN-SBD current fitted using the Rose-Barnes theory ($A = 2.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$, $n = 0.33$).