縦型 p-n 接合ダイオードにおける貫通転位による耐圧近傍での微小電流増加

Current increasing around avalanche breakdown of vertical p-n junction diode by dislocations

名大院工 [1]，名大未来研 [2]，名大 VBL [3]，三菱ケミカル [4]，赤崎記念研究センター [5]
○(M2)權 熊 [1]，(D)川崎 晟也 [1]，渡邊 浩崇 [2]，田中 敦之 [2]，出来 真斗 [1,3]，
新田 州吾 [2]，本田 善央 [2]，池田 宏隆 [4]，磯 憲司 [2,4]，天野 浩 [2,3,5]
Nagoya Univ.[1], IMaSS[2], VBL, Nagoya Univ.[3], Mitsubishi Chemical [4], Akasaki R.C.[5]
○(M2) Woong Kwon[1], (D)Seiya Kawasaki[1], Hirotaka Watanabe[2], Atsushi Tanaka[2], Manato Deki[1,3], Shugo Nitta[2], Yoshio Honda[2], Hirotaka Ikeda[4], Kenji Iso[2,4], and Hiroshi Amano[2,3,5]
E-mail: kwon.woong@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

【背景】GaN パワー半導体デバイスの実用化に向けた課題の一つとして GaN 結晶内に存在するキラー欠陥の解明及びその抑制が挙げられる。キラー欠陥の抑制のためには結晶欠陥がデバイスに与える影響を調べる必要がある。SiC では結晶欠陥の種類によるデバイスの電気的特性への影響について報告されており[1]、GaN でもナノパイプによる逆方向リーク電流について報告されている[2]。本研究では貫通転位密度の異なる GaN 自立基板を用いて縦型 p-n 接合ダイオードを作製し、逆方向 J-V 特性について評価することで貫通転位の数による縦型 p-n 接合ダイオードへの影響を調べた。

【実験】基板内の貫通転位密度（TDD）が 10^6 cm^{-2} の HVPE で作製した GaN 基板とそれより低い TDD の SCAAT™-LP 基板の上に MOVPE を用いて同時に[Si]: 2×10^{16} cm^{-3} のドリフト層を 10μm、[Mg]: 2×10^{19} cm^{-3} の p 層を 700nm 成長させた。ドライエッチングにより高さ 10μm のデバイスメサを形成し、放射光 X 線トポグラフィー像及び多光子励起顕微鏡を用いてデバイスメサの中に含まれている貫通転位を観察し、各デバイスそれぞれの TDD を求めた。その後、p 電極を形成し、ポリイミドを用いてデバイスのパッシベーションを行い、n 電極形成をすることで縦型 p-n 接合ダイオードを作製した。作製したデバイスの耐圧は約 900V で揃っており、そのデバイスに対して逆方向 J-V 特性を評価した。

【結果】Fig.1 に異なる TDD のデバイスに対する逆方向 J-V 測定結果を示す。黒線は J-V カーブ、赤丸は$d(\log_{10}J)/dV$を表し、(a)TDD が低いデバイスの場合、アバランシェ降伏電圧より 38[V]低い電圧から電流増加が始まり、(b)TDD が高いデバイスはアバランシェ降伏電圧より 73[V]低い電圧から電流が増加した。TDD による電流増加開始電圧の変化を表すために基準として$d(\log_{10}J)/dV$が最大である電圧を アバランシェ降伏電圧(V_{bd})、$d(\log_{10}J)/dV$が$d(\log_{10}J)/dV$の平均値より大きくなり、増加し始める電圧を V_{onset}、V_{bd} と V_{onset} の差を ΔV と設定し、作製した各デバイスの TDD に対する ΔV の変化を Fig.2 にまとめた。赤色が SCAAT™-LP、青色が HVPE サンプルであり、TDD が高くなるほど、ΔV も大きくなる傾向が確認された。

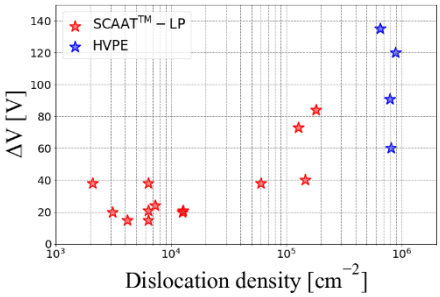

Fig.2 Plot of ΔV versus dislocation density for 2 types of samples

[1] T. Kimoto et al. 2017 IRPS 2A-1.2 (2017)
[2] S. Usami et al. Appl. Phys. Lett. 112, 182106 (2018)

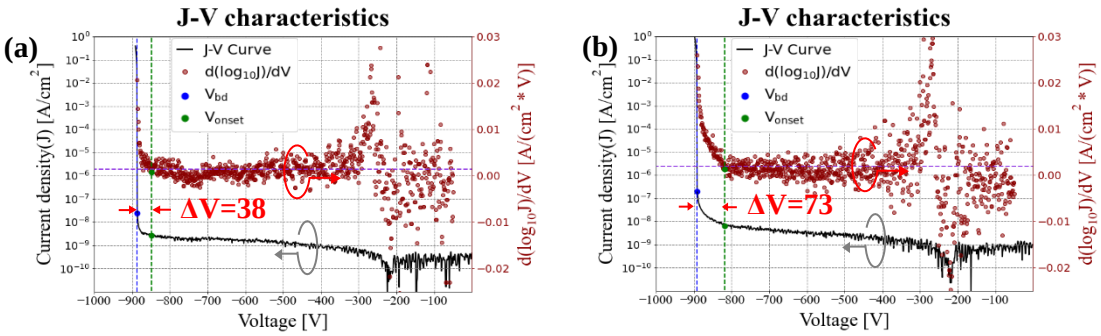

Fig.1 Reverse IV characteristics and Plot of $d(\log_{10}J)/dV$ versus V for different dislocation density (a) $\rho_{TD} = 2.08E+3[cm^{-2}]$, (b) $\rho_{TD} = 1.27E+5[cm^{-2}]$

【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」の助成を受けて行われた。