4H-SiC の順方向劣化現象に対する応力の影響のモデリング

Modeling of the effect of mechanical stress on the bipolar degradation of 4H-SiC

東大工¹, (株)東芝研開セ²

○榊間 大輝¹, 牛流 章弘², 加納 明², 廣畑 賢治², 波田野 明日可¹, 泉 聡志¹

Univ. of Tokyo¹, Toshiba R&D Center ², ^oHiroki Sakakima¹, Akihiro Goryu², Akira Kano²,

Kenji Hirohata², Asuka Hatano¹, Satoshi Izumi¹

E-mail: sakakima.hiroki@fml.t.u-tokyo.ac.jp

<u>はじめに</u>:4H-SiC パワーデバイスの重要な課題 である順方向劣化現象の原因であるデバイス動 作中の積層欠陥の急速な拡大は, REDG (Recombination enhanced dislocation glide) による 転位移動の活性化と,QWA (Quantum well action) による実効的な積層欠陥エネルギーの減少によ り説明可能であると考えられる¹⁾.このモデルに 基づくと,積層欠陥の拡大/縮小は積層欠陥エネ ルギー,QWA によるエネルギー低下,および分 解せん断応力の大小関係により判定可能である. 本研究では,これまで検討が少なかった応力に注 目し,積層欠陥拡大の判定基準である臨界少数キ ャリア密度へ分解せん断応力が与える影響のモ デリングを行った.

<u>手法</u>: pin ダイオードを用いて積層欠陥拡大の閾 値電流密度の応力依存性を測定した四点曲げ試 験²⁾を元に, Fig.1に示す積層欠陥端の部分転位 にかかる分解せん断応力を求めるための有限要 素法 (FEM) 解析と Fig.2に示す積層欠陥拡大起 点の少数キャリア密度を求めるためのデバイス シミュレーションを行った.解析結果より,積層 欠陥が拡大し始める臨界少数キャリア密度の分 解せん断応力依存性を明らかにした.

<u>結果と考察</u>: Fig. 3 に分解せん断応力による臨界 少数キャリア密度の変化を示す.分解せん断応力 と臨界少数キャリア密度は概ね線形の関係があ り、その傾きが(-0.04±0.01)×10¹⁶ cm⁻³/MPa程度 であることがわかった.また、この関係は QWA 及び転位論により説明可能であることを示した. 謝辞:本研究の一部は、総合科学技術・イノベーショ ン会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス/SiC次世代パワー エレクトロニクスの統合的研究開発」(管理法人: NEDO)によって実施されました.

1) K. Maeda, in *Mater. Reliab. Handb. Semicond. Opt. Electron Devices* (2013), pp. 263–281.

2) A. Goryu, et al., Mater. Sci. Forum 963, 288 (2019).



Fig. 1. FEM analysis model of 4-point bending. Submodeling analysis was used to consider both the residual stress of the device and the stress caused by four-point bending.



Fig. 2. Example of device simulation and obtained hole density distribution.



Fig. 3. Variation in critical minority carrier density due to resolved shear stress. The N-doping concentration at the epi/sub interface is assumed to be 5×10^{17} cm⁻³.