

表面パッシベーション酸化膜の窒化処理により生じる メサ型 4H-SiC pn ダイオードの順方向リーク電流の起源

Shunt current in 4H-SiC mesa pn diodes caused by post-oxidation nitridation of SiO₂ passivation

○浅田 聡志, 木本 恒暢, 須田 淳 (京大院工)

○Satoshi Asada, Tsunenobu Kimoto, Jun Suda (Kyoto Univ.)

E-mail: asada@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

SiC MOSFET や SiC バイポーラトランジスタ(BJT)の作製プロセスにおいて、酸化膜形成後の窒化処理は、チャネル移動度や増幅率の向上に有効である[1, 2]。BJT において窒化処理により増幅率が向上する一方、エミッタ接合の順方向電流-電圧特性の低電圧域におけるリーク電流が増大することが確認されているが[2]、その起源は不明である。そこで本研究では、順方向リーク電流の起源解明および低減に向けて、様々な表面処理を施したメサ型 pn ダイオードの順方向特性を評価した。

作製したダイオードの構造を Fig. 1 に示す。ドーピング密度・膜厚は図のとおりである。RIE によりメサ構造を形成し、ダメージ除去のため犠牲酸化を行い、HF により除去した。メサ側壁に、パッシベーションを行わないもの、熱酸化(1150°C, 20 h)のみ行ったもの、熱酸化(1300°C, 40 min)後に NO アニール(1250°C, 70 min)を行ったもの、N₂O 酸化(1300°C, 5 h)を行ったものの 4 種類を作製し、評価を行った。

Fig. 2 に 4 種類の pn ダイオードの順方向特性を示す。なお、逆方向リーク電流については全てのダイオードにおいて検出限界以下で違いは見られなかった。熱酸化のみ(ox)のダイオードは、何も施していないダイオード(w/o passivation)とほぼ同一の順方向特性となった。一方、熱酸化+NO(ox + NO)または N₂O 酸化(N₂O)のダイオードにおいては、1.7~2.7 V の領域で顕著な順方向リーク電流の増大が見られた。異なる直径のダイオードを測定したところ、このリーク電流はメサ側壁の周囲長に比例しており、側壁(表面)起因であることが確認された。酸化膜の窒化処理では、処理温度、あるいは処理時間の増加により、SiC/SiO₂ 界面における窒素取り込み量が增大することが知られている[3, 4]。そこで ox+NO で、窒化処理の時間・温度を変えた一連の試料を作製したところ、時間・温度と共に順方向リーク電流が大きくなる結果が得られた。

以上の結果から、リーク電流は SiC/SiO₂ 界面に取り込まれた窒素に起因していると考え、本研究ではリーク電流の起源として Fig. 3 に示すバンドベンディングモデルを提案する。窒化処理を施すと、SiC/SiO₂ 界面に取り込まれた窒素に起因する正の固定電荷が生じる。その結果、メサ側壁において、p 層には弱い空乏層が、n 層には蓄積層が形成される。これによりメサ側壁に拡散電位の低いダイオードが形成され、低電圧領域のリーク電流を生じたと考えた。このリークパスは、メサ側壁の非常に小さい領域に限定されるため、直列抵抗が大きく、高電圧域では pn 接合本体の電流に埋もれて見えなくなる。

[1] G. Y. Chung *et al.*, *IEEE Electron Device Lett* **22**, 176 (2001). [2] H. Miyake *et al.*, *IEEE Electron Device Lett.* **32**, 285 (2011).

[3] J. Rozen *et al.*, *J. Appl. Phys* **105**, 124506 (2009). [4] C. Zengjun *et al.*, *Applied Surface Science* **317**, 593 (2014).

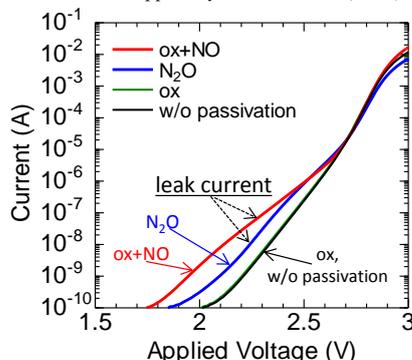


Fig. 2. Forward I - V characteristics of the diodes with various passivation layers. Only the NO and N₂O annealing evoked the shunt current.

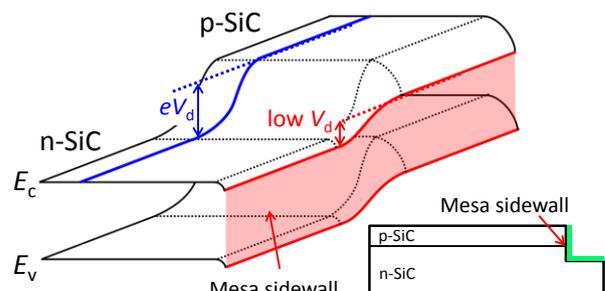


Fig. 3. Schematic band diagram of the p-n diode assuming positive fixed charge at the interface between the SiC and SiO₂ passivation.