PN-Body Tied SOIFET の重イオン照射誘起電流

Heavy ion induced transient current of PN-Body Tied SOIFET

○古川遼太，呉 研，高橋 芳浩（日大理工）

○Ryota Furukawa, Yan Wu, Yoshihiro Takahashi (Nihon Univ.)

E-mail: csry18034@g.nihon-u.ac.jp

序論

半導体集積回路を，宇宙空間や原子炉周辺などの強い放射線環境下で使用した場合，重イオンなどの電離放射線照射により発生した電荷に起因して一時的な誤動作（ソフトエラー）が生じる．SOI (Silicon on Insulator) デバイスは，薄い活性層で発生した電荷のみが照射誘起電流に寄与することから，高いソフトエラー耐性を有する．更に Body Tie (BT) を付加することにより，SOI デバイスで問題となる寄生バイポーラ効果の抑制も可能となる．一方近年，BT 構造に pn 接合を導入した PNBT SOI MOSFET の BT 端子に正電圧を印加する事により，非常に急峻なサブスレッショルド特性が得られる事が報告されている[1]．しかし，OFF 状態の PNBT デバイスに重イオンが照射された場合，重イオンによって発生した電荷が原因となり，急峻な S 値の発現に必要なフィードバックが機能してしまい大きな過渡電流が発生する可能性が考えられる．そこで本研究では PNBT デバイスの耐放射線性について検討するため，3 次元デバイスシミュレータを用いて，PNBT デバイスの重イオン照射誘起電流について評価した．

結果及び考察

Fig.1 に PNBT MOSFET の構造を示す．L= 1μm, W= 2.4μm，ゲート酸化膜厚 10 nm, SOI 膜厚 50 nm の OFF 状態（$V_G = V_S = 0$ V, $V_D = 2.5$ V）デバイスのゲート電極中央に，LET= 10 MeV-cm^2/mg の重イオンが垂直入射した際の照射誘起電流の計算を行った．なお，Body Tie 端子印加電圧 V_B が及ぼす影響についても評価した．Fig. 2 に，ドレイン端子での照射誘起電流の計算結果（V_B 依存性）を示す．結果より，$V_B = 0$ では 10 ns 程度で過渡電流は収束し，BT による寄生バイポーラ効果抑制効果が得られるものの，1.0 V とすると数 μA の電流が，照射後 1μs 以上流れ続ける事がわかった．構造内の電位変化を解析した結果，$V_B = 0$ では，照射により発生し Body 内に蓄積した正孔が BT 端子に収集されることから Body 電位が短時間で回復すること．一方 V_B= 1 V の場合，発生電子の一部が BT の n^+領域に収集される事により n^+領域の電位が下がり，BT（p^+領域）より正孔が Body に注入される事により Body 電位の回復が阻止され，小さな電流ではあるものの，ドレイン電流が長時間流れ続けることがわかった．これは，PNBT MOSFET 動作時のフィードバック機能と類似した現象であり，V_B を印加した PNBT 構造では，重イオン照射による収集電荷量が，BT なしの従来の MOSFET よりも大きくなってしまう事を明らかにした．

今後，各領域の不純物濃度などが照射誘起電流に及ぼす影響や，CMOS 回路における重イオン照射誘起レスポンスなどについて検討を行う予定である．

謝辞

本研究は，東京大学大規模集積システム設計教育研究センター(VDEC)を通し，シノプシス株式会社の協力で行われたものである．

参考文献

[1] Jiro Ida et.al ; “Characterization of Hysteresis on SOI Based Super Steep Subthreshold Slope FET’s”, IEICE, Vol.E101-C, No.5, pp.334-337, 2018.

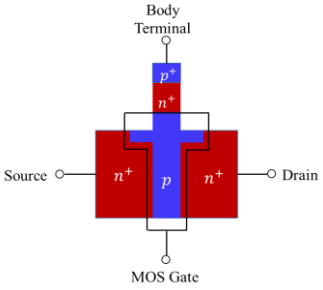


Figure 1. PNBT SOI MOSFET structure

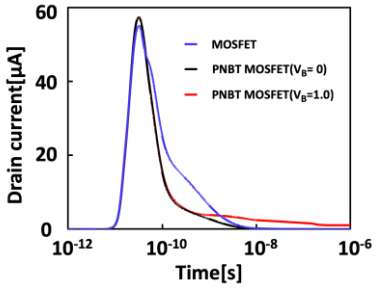


Figure 2. Heavy ion induced transient current of PNBT and conventional MOSFETs

© 2019年 応用物理学会