

ホットキャリアストレス誘起の RTN と発生した酸化膜トラップの評価

Evaluation of Hot-Carrier-Induced RTN and Generated Oxide Traps

島根大学大学院総合理工学研究科

大澤 航, 土屋敏章

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University

Wataru Osawa, Toshiaki Tsuchiya

E-mail: tsuchiya@ecs.shimane-u.ac.jp

1. はじめに

MOSFET の微細化が進んだ結果, ランダム・テレグラフ・ノイズ(RTN)と呼ばれる雑音現象がデバイス信頼性上問題視されている[1]. RTN とはチャネルを流れる電子が酸化膜トラップに捕獲, 放出されることによってドレイン電流が(等価的な閾値電圧が)時間変化する現象である. もともと存在しているトラップに加えて, ホットキャリアストレスによって新たに酸化膜トラップが発生し, そのトラップも RTN に関与する可能性がある. 本研究では, ホットキャリアストレス誘起の RTN を検出し, 新たな酸化膜トラップの発生とそのトラップの評価を行った.

2. 実験方法

実験にはゲート長 $L=0.2 \mu\text{m}$, ゲート幅 $W=0.6 \mu\text{m}$, ゲート酸化膜厚 $T_{\text{OX}}=6.5 \text{ nm}$ の nMOSFET を用いた. サンプル測定によってホットキャリアストレス(HCS)前後における RTN の変化を測定評価した. HCS 時のドレイン電圧は 3.5 V , ゲート電圧は基板電流最大となる 1.8 V として 20 分間印加した.

3. 結果と考察

HCS 印加前後における RTN 特性変化の一例を図 1 に示す. 図からストレス印加後に新たな RTN が現れていることがわかる. この RTN についてストレス時と同じソース/ドレイン(S/D)端子接続にした正接続と, それとは逆にした逆接続における, 測定時のドレイン電圧 V_D 依存性を評価した. 図 2 に $V_D=0.05 \text{ V}$ と 2.0 V における結果を示す. なおこの図では, 変化の比較を明瞭にするためにドレイン電流変化を閾値電圧変動量 ΔV_T に変換した. 図 2 から正接続で $V_D=2.0 \text{ V}$ とした図(c)のみが他と比較して RTN の様子が異なることがわかる. したがって, この RTN に関与しているトラップはドレイン電界に影響されるドレイン付近に存在しており, すなわち HCS によって新たに発生した酸化膜トラップであることがわかる. また, この HCS 誘起の RTN について, トラップの電子捕獲時間 τ_c と放出時間 τ_e を求め, τ_c/τ_e 比のゲート電圧 V_G 依存性を求めた, その一例として, 逆接続で $V_D=0.05 \text{ V}$ における結果を図 3 に示す. この依存性から $\tau_e=\tau_c$ となるときの $V_G(V_{G0}$ とする)と傾き $d(\ln \tau_c/\tau_e)/dV_G$ を求めることで, Si/SiO₂ 界面からの酸化膜トラップの位置 $X_T = \{d(\ln \tau_c/\tau_e)/dV_G\}(-kT/q)T_{\text{OX}}$ 及びフェルミ準位 E_F と酸化膜トラップのエネルギー準位 E_{T0} との差 $E_{T0} - E_F = q(V_{G0} - V_{\text{FB}} - \psi_s)X_T/T_{\text{OX}}$ が求められる[2]. 図 3 から, $X_T=1.5 \text{ nm}$, $E_{T0}-E_F=0.2 \text{ eV}$ が得られた.

以上のようにホットキャリアストレスによってドレイン付近に酸化膜トラップが発生して新たな RTN が出現することを示し, この発生したトラップの位置とエネルギー準位を求めた.

参考文献 [1] N. Tega et al., Symp. VLSI Tech. Dig., p. 50, 2009. [2] T. Nagumo et al., IEDM Tech. Dig., p. 628, 2010.

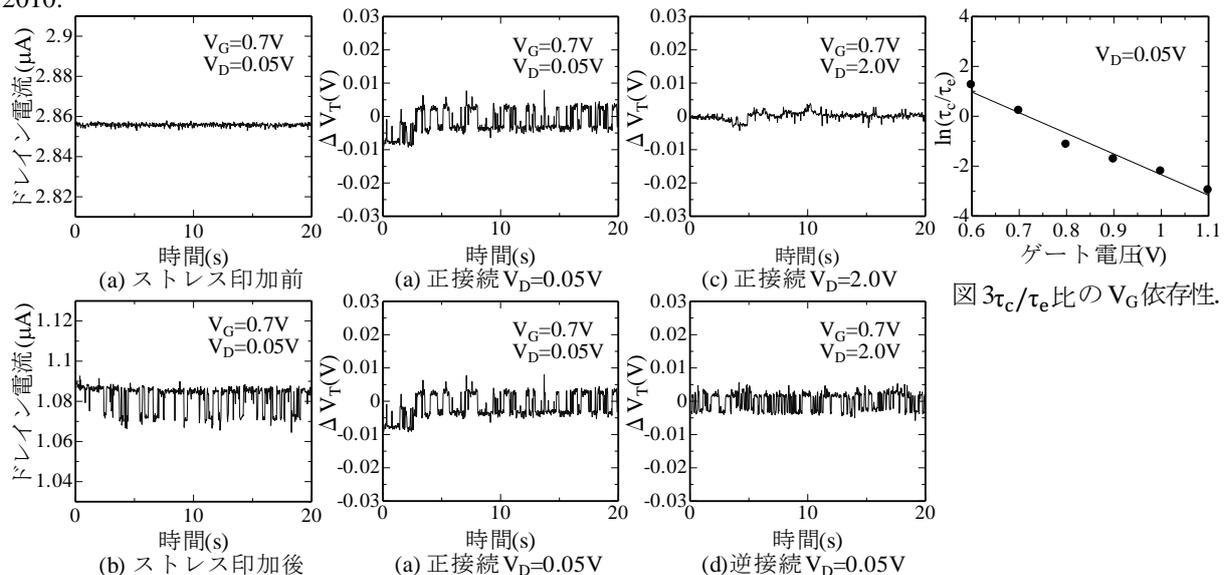


図1 ホットキャリアストレス印加前後における RTN 変化.

図2 ストレス後の S/D 正・逆接続での RTN に及ぼす測定時の V_D の影響.