

電子捕獲履歴現象を利用した多値ランダムテレグラフノイズの解析 (II) : 個々の酸化膜トラップの評価

Analysis of Multi-Trap Random Telegraph Noise Using Trap Charging History (II): Characterization of Each Individual Oxide Trap

島根大総理工¹, 半導体理工学研究センター² ○土屋敏章¹, 田村直義², 榎谷明仁², 園田賢一郎², 亀井政幸², 山川真弥², 桑原純夫²

Shimane Univ.¹, STARC², ○T. Tsuchiya¹, N. Tamura², A. Sakakidani²,

K. Sonoda², M. Kamei², S. Yamakawa², S. Kuwabara²

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

Random Telegraph Noise (RTN)の原因となっているゲート酸化膜トラップの個々の物性を把握することは、RTN およびそのデバイスへの影響を理解し、かつ、トラップを低減させるために重要であると考えられる。

酸化膜トラップにおけるキャリア捕獲履歴現象を利用した新たな RTN 評価法[1]では、図 1 に示すゲート電圧 V_G シーケンスを用いる。 V_a で t_a の間蓄積状態にした後、 V_i で t_i の間オン (RTN) 動作させ、この期間終端でのトラップの電子捕獲状態の履歴を、期間 V_m での電流ヒストグラム (DCH) によって評価する。

本報告(I)と同一試料を用いて、 $V_G=1.0$ V における通常の RTN 特性から得た DCH を図 2 に示す。図 3(a)には、 $V_i=1.6$ V として t_i の変化に伴う、期間 $V_m (=1.0$ V) での初期電流値の DCH の変化を示す。図中の状態名 b~f は本報告(I)の結果によるものである。同一ゲート電圧 1.0 V での DCH にも拘らず、図 2 と 3 では大差がある。図 2 では状態 d と f が支配的であるが、図 3 では t_i の増大と共に、期間 V_i でのトラップ β と γ への電子捕獲率が増大し、状態 f は消失して c と b の頻度が増大している。図 3 で、全頻度数 N_{Total} に対する各状態 c と b の頻度比 N_c/N_{Total} と N_b/N_{Total} は、各々トラップ β と γ への電子捕獲率を意味する。その t_i 依存性 (図 4) から、両トラップ共に $V_i=1.6$ V での電子捕獲時間 $\tau_c=10$ μ s が得られる。別途、反転層電子濃度を求めれば、 τ_c からトラップの捕獲断面積が導出でき、トラップの素性判定、および、素子製造プロセスの改善指針に有用と考えられる。

同様に、十分な t_i での DCH の V_i 依存性 (状態 b, c, d のみが出現) から得た、トラップ β と γ の各 τ_c/τ_c に相当する頻度比 N_d/N_c と N_d/N_b の V_i 依存性を図 5 に示す。図から各トラップの Si-SiO₂ 界面からの位置 X_T とトラップ準位

$E_{T0}-E_F$ (E_F はフェルミ準位) が導出できる。また、前出の $V_i=1.6$ V での τ_c と図 5 から、トラップ β と γ の $V_i=1.6$ V における電子放出時間 τ_e として、各々 37 μ s および 17 μ s が得られる。

参考文献

[1] 土屋 他: 応物秋, 2012, 13a-F4-2 および 13a-F4-3.

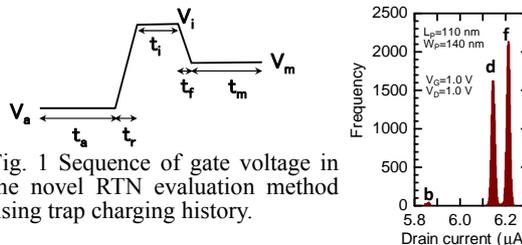


Fig. 1 Sequence of gate voltage in the novel RTN evaluation method using trap charging history.

Fig. 2 Drain current histogram obtained from a conventional RTN waveform at $V_G=1.0$ V.

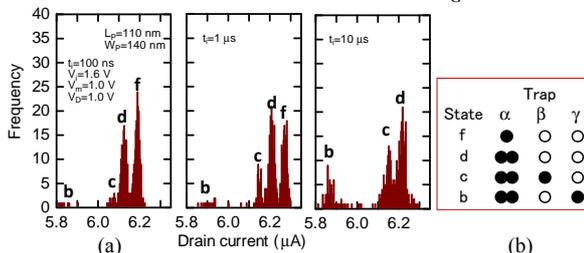


Fig. 3 (a) The dependences of the drain current histograms at the beginning in the period V_m upon t_i , and (b) charging condition of each trap in each state.

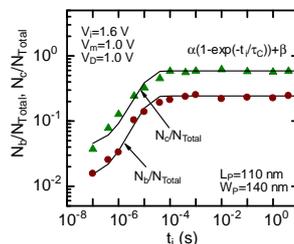


Fig. 4 The dependences of relative frequencies (N_b/N_{Total} and N_c/N_{Total}) upon t_i , representing electron capture process for traps γ and β , respectively.

Fig. 5 The dependences of the ratio of the frequencies (N_d/N_c and N_d/N_b) upon V_i , corresponding to the dependence of τ_c/τ_c upon V_G for traps β and γ , respectively.

Trap β : $X_T=0.24$ nm,
 $E_{T0}-E_F=0.07$ eV.
Trap γ : $X_T=0.69$ nm,
 $E_{T0}-E_F=0.28$ eV.

