

単一 MOS 界面トラップの 2 電子準位の相関 II -電子捕獲過程-

Correlation between two energy levels of individual MOS interface traps II

静岡電研 ○土屋敏章, 堀 匡寛, 小野行徳

Shizuoka Univ., ○Toshiaki Tsuchiya, Masahiro Hori, Yukinori Ono

E-mail: tsuchiya.toshiaki@shizuoka.ac.jp

これまでに確立した体系的な界面トラップ評価法を用いて, 単一トラップの電子準位対の密度分布を明らかにした[1-3]. この準位対の各エネルギー位置には何らかの物理的要因に基づく相関があると推測でき, 関連しそうな手掛かりとして, 準位対における電子捕獲過程の理解を深める検討を行った.

今回は, 1つの準位対における電子捕獲過程が, 片方の準位の電子捕獲状態によってどのような影響を受けるのかを調べた. この目的のために, チャージポンピング (CP) 電流がドナー (D) 型とアクセプタ (A) 型準位の両者の寄与を含み, かつ, CP 電流にゲートパルス立上り時間 t_r 依存性を有する単一界面トラップを選択した. 選択したトラップは図 1(a)に示すようなタイプ 7 であり[1], CP 電流に t_r 依存性は有しているが, 立下り時間 t_f 依存性は無い.

このサンプルで準位対における電子捕獲過程を評価する方法を図 1(b)と(c)に示す. これらのバンド図は 1 連の CP サイクル (蓄積→立上り→反転→蓄積) における D 型および A 型準位の電子捕獲状態を示している. 図 1(b)は t_r が十分大きな場合, (c)は小さな場合である. ゲートパルスの立上り期間では非定常状態にあるため, (b)の場合には D 型準位は価電子帯から電子を捕獲できるが, (c)の場合には捕獲できない. したがって, 反転期間での各準位への電子捕獲の際に, t_r の大小によって, D 型準位の電子捕獲状態を変えることができる. この時の電子捕獲過程 (電子捕獲時定数) は, CP 電流のゲートパルスオン時間 (反転時間) t_{Top} 依存性から得られるので, この依存性を様々な t_r のもとで測定する.

図 2(a)に CP 電流の t_{Top} 依存性を様々な t_r に対して示す. すべての測定点において反転層電子濃度を同一にするため, 図の CP 電流はすべて, ゲートパルスのベース電圧 $V_{Base} = -1.40$ V (オン電圧 $V_{Top} = 0.60$ V) での値に統一している. この図では, 電子捕獲時定数 τ を用いたフィッティングが困難なことがわかる. 図の横軸 t_{Top} は測定装置への入力設定値であるが, パルス立上り期間の V_{Top} 付近の高電圧領域は実効的に付加的なオン時間 Δt_{Top} になり得る. 図 2(b)に Δt_{Top} を考慮して補正した t_{Top} 依存性を示す. 図から, t_r の減少に伴って τ が減少していることがわかる. つまり, D 型準位が電子を捕獲していない方が準位対の電子捕獲時定数が小さい. この一因として, 電子を捕獲した D 型準位は電氣的に中性, 捕獲していない場合は正に帯電していることによる捕獲断面積の違いが関与している可能性が考えられる.

以上により, 単一トラップにおける電子捕獲過程 (捕獲時定数) は, 対を成す D 型準位の電子捕獲状態の影響を受けており, 準位間の相関を示す一つと考えられる.

参考文献

- [1] T. Tsuchiya and Y. Ono, JJAP **54**, 04DC01 (2015). [2] T. Tsuchiya and P. M. Lenahan, JJAP **56**, 031301 (2017).
[3] 土屋, 堀, 小野, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019).

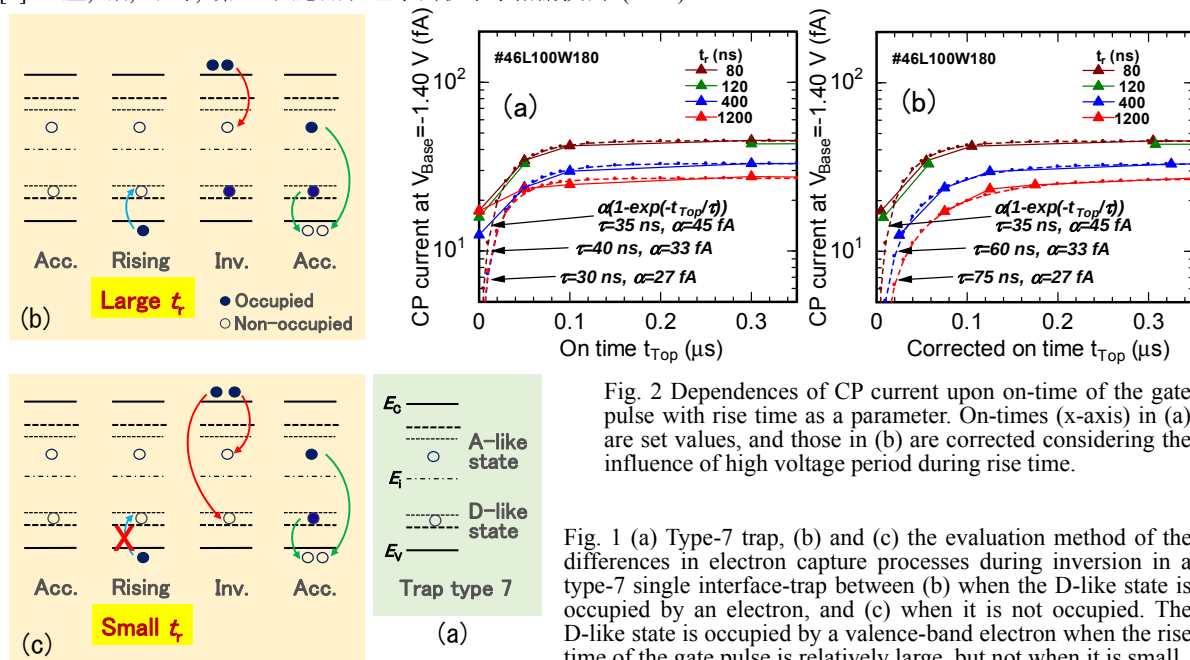


Fig. 2 Dependences of CP current upon on-time of the gate pulse with rise time as a parameter. On-times (x-axis) in (a) are set values, and those in (b) are corrected considering the influence of high voltage period during rise time.

Fig. 1 (a) Type-7 trap, (b) and (c) the evaluation method of the differences in electron capture processes during inversion in a type-7 single interface-trap between (b) when the D-like state is occupied by an electron, and (c) when it is not occupied. The D-like state is occupied by a valence-band electron when the rise time of the gate pulse is relatively large, but not when it is small.