MOS 界面の単一欠陥チャージポンピングによって可能となった 両性準位における電子捕獲素過程の直接観測(3)-ドナー型準位-

Direct observation of electron capture processes in amphoteric defect states achieved by

charge pumping in individual defects at MOS interface (3) -Donorlike states-

静大電研 ⁰土屋敏章, 堀 匡寛, 小野行徳

Shizuoka Univ., ^OToshiaki Tsuchiya, Masahiro Hori, Yukinori Ono E-mail: tsuchiya.toshiaki@shizuoka.ac.jp

両性準位を有する MOS (Si/SiO₂)単一界面欠陥におけるチャージポンピング (CP) 過程の理解をさらに深め, D-like 準位や A-like 準位における電子捕獲放出の素過程や, D-like 準位の電子捕獲によって起こるであろう A-like 準位の形成過程などを直接観測し,両性界面欠陥における電子捕獲放出の挙動を明らかにすることによって欠陥物理の進展に資することを目的としている.

本件ではもう一つの単純で基本的な素過程と考えられる, D-like 準位における伝導帯電子の捕獲過程 の検討結果について述べる.この目的のために10種の欠陥タイプ[1,2]の中からタイプ1の欠陥を用い る.この欠陥の2電子準位におけるCPサイクル中の予想される電子捕獲放出過程の模式図を図1に示 す.タイプ1欠陥を用いることにより, A-like 準位における電子の捕獲放出過程は伝導帯との間のみで 完結しているため,観測されるCP電流にはA-like 準位の寄与は無く, D-like 準位からの成分のみとな る.したがって, CP電流の反転時間(ゲートパルスのオン時間 t_{Top})依存性の測定から,伝導帯電子 のD-like 準位への捕獲時定数_Dが得られるはずである.

そこでタイプ1単一欠陥を用いて様々なゲートパルス立上り時間 t_r に対する CP 電流の t_{Top} 依存性の 測定を行った. CP 電流は、欠陥付近の局所反転層電子濃度を統一するため、ゲートパルス・オン電圧 V_{Top} が欠陥付近の局所閾値電圧 V_{LT} +0.17 V (= CP_V_{Top})となる条件の下で求めた.結果を図2に示す.図 の縦軸に記載している V_{BASE} =-1.42 V の値は V_{Top} = CP_V_{Top} のときのゲートパルス・ベース電圧 CP_V_{Base} (= CP_V_{Top} - V_{H} , V_{H} はゲートパルス高)である.また、CP 電流は t_r の増大に伴い減少するため、 その最大値で規格化しており、 t_{Top} は前講演[3]と同一の補正を行っている.図から t_{D} =5 ns が得られる. タイプ1単一欠陥のみを含む別の複数試料を用いて同様に t_D を求めたところ、前講演の A-like 準位へ の伝導帯電子捕獲時定数 t_A =56±4 ns に比べて比較的に幅のある t_D =3~20 ns の値が得られた.

図3に,得られた τ_D を τ_A と共に *CP*_{*V*Top}(あるいは,*CP*_{*V*Base})に 対して示す.電子を捕獲していない A-like 準位は電気的に中性であ るのに対して,電子を捕獲していない D-like 準位は正に帯電してい る[4].無帯電の A-like 準位では *CP*_{*V*Top}-*V*LT=0.17 V(一定)で定ま る欠陥近傍の局所領域内の電子(一定濃度)が関与しているため, *V*Top に依らず τ_A は一定になると考えられる.一方,正に帯電した Dlike 準位ではクーロン力により捕獲断面積が大きく,欠陥近傍のよ り広範な領域の電子(*CP*_{*V*Top}増大で電子濃度増大)が関与するた め *CP*_{*V*Top}増大と共に τ_D が減少していると考えられる. 謝辞 本研究の一部は科研費 No. 20H02203 の助成を受けて行われた.

参考文献

[1] T. Tsuchiya and Y. Ono, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 04DC01, 2015.

[2] T. Tsuchiya and P. M. Lenahan, Jpn. J. Appl. Phys. 56, 031301, 2017.

[3] 土屋 他, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会, 2022.

[4] P. M. Lenahan and P. V. Dressendorfer, Appl. Phys. Lett. 44(1), 1 Jan. 1984.



Fig. 1 Electron capture/emission processes occurring at a Type-1 defect during one cycle of the gate pulse using the schematic energy-band diagrams.



Fig. 2 Dependences of CP current from a Type-1 defect upon corrected on time.



Fig. 3 Dependences of capture time constant of a conduction-band electron at a D-like state τ_D and those at an A-like state τ_A upon CP_V_{Top} or CP_V_{Base}. CP_V_{Base}= CP_V_{Top}-V_H.