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(2)-アクセプタ型準位-

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

charge pumping in individual defects at MOS interface (2) -Acceptorlike states-

静大電研 ⁰土屋敏章, 堀 匡寬, 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 SRH 理論に基づく捕獲時定数 τ =1/($nv_{th}\sigma$) (n:電子濃度, v_{th} :熱速度, σ :捕獲断面積) で記述可能と考えられる単純な素過程の一つ, A-like 準位における伝導帯電子の捕獲過程の検討からはじめる. この目的のために, 図1に示す10種の欠陥タイプ[1,2]の中からタイプ2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2に示す.タイプ2欠陥を用いることにより, D-like 準位は反転前に価電子帯電子を捕獲しているため, D-like 準位への伝導帯電子の捕獲過程を排除できる.つまり,反転中の伝導帯電子の捕獲先は A-like 準位のみとなり, 観測される CP 電流は A-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 A-like Defect type: <u>6</u> 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

準位への捕獲時定数τΑが得られるはずである.

実際にタイプ2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} 依存性を求めた. 図3 に結果を示す.なお、図中の CP 電流はゲートパルス・オン 電圧 V_{Top} が欠陥付近の局所閾値電圧 V_{LT} +0.17 V としたときの 値であり、以後の測定も含めて、欠陥付近の局所領域におけ る反転層電子濃度を統一している.CP 電流の t_{Top} 依存性は t_r Fig に依らないはずであるが、図3はこれに反している.この原 Si 因は t_r 期間の高パルス電圧領域の一部を t_{Top} 時間に組み込む補正 を行う必要があるためであり[3]、補正した CP 電流の t_{Top} 依存性を 図4に示す.図から t_r に依らず t_A =52 ns が得られる.さらに、タイ プ2単一欠陥のみを含む 2 つの別試料を用いて同様の測定を行い、 t_A として 55 ns および 60 ns を得た.

以上のように、3 つのタイプ2 単一欠陥を用いて伝導帯電子の A-like 準位への捕獲時定数 $\tau_A=56\pm4$ ns が得られた.なお、この3 つの値がほぼ同一であることの意味については次の講演で述べる. 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

T. Tsuchiya and Y. Ono, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 04DC01, 2015.
T. Tsuchiya and P. M. Lenahan, Jpn. J. Appl. Phys. 56, 031301, 2017.
土屋 他, 第80回応用物理学会秋季学術講演会 19a-B11-9, 2019.



Fig. 2 Electron capture/emission processes occurring at a Type-2 defect during one cycle of the gate pulse using the schematic energy-band diagrams.



 ΔE : Energy range covered by CP meas. at RT





Fig. 3 Dependences of CP current from a Type-2 defect upon non-corrected on-time with rise time as a parameter.



Fig. 4 Dependences of CP current from a Type-2 defect upon corrected on time.