

MONOS 型不揮発性メモリ素子の電荷捕獲膜に注入された電子と正孔のチャージセントロイドの決定

Determination of the charge centroids of electrons and holes trapped in the charge trap layer of MONOS-type nonvolatile memory elements

東海大学大学院 工学研究科¹ ○^(M1)松本明莉¹, 西垣祐汰¹, 小林清輝¹

Graduate School of Engineering, Tokai Univ.¹ ○A. Mastumoto¹, Y. Nishigaki¹ and K. Kobayashi¹

E-mail: kkbys@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

【目的】Metal-Oxide-Nitride-Oxide-Semiconductor (MONOS) 型不揮発性メモリは、シリコン窒化膜の電荷トラップに電子や正孔を捕獲することにより情報を記憶する。捕獲された電子や正孔のチャージセントロイド（電荷重心）の位置によって、MONOS 型メモリのメモリウィンドウやデータ保持時間などの性能が変化する。我々はこれまで、定電流キャリア注入法および F-N (Fowler-Nordheim) 電流解析法を提案し、それらを用いて MONOS 型メモリ素子に捕獲された正孔のチャージセントロイドの解析を行ってきた[1,2]。本研究では、MONOS 型メモリ素子に電子の注入を行い、捕獲された電子のチャージセントロイドを定電流キャリア注入法を用いて求め、正孔のチャージセントロイドと比較した。

【実験方法】p 型 (100) シリコン基板の表面に膜厚 2.5nm のトンネル酸化膜、9.7nm のシリコン窒化膜、9.7nm のブロッキング酸化膜の各層とポリシリコン電極を形成した MONOS 型メモリ素子を用意した。次に、MONOS 型メモリ素子を 292℃で 50 日間保存し、シリコン窒化膜内の電荷トラップに捕獲されている電子及び正孔を放出させた。その後、ゲート電極に正または負ゲートバイアスを印加し、一定電流密度 J_{cg} ($=\pm 5 \times 10^{-9}$ A/cm²) で注入時間 t を変化させてキャリア（電子または正孔）の注入を行った。高周波 C-V 測定によってキャリア注入前後におけるメモリ素子のフラットバンド電圧の変化 ΔV_{fb} を求め、 ΔV_{fb} と $J_{cg} \times t$ の値を用いて、チャージセントロイド x_t を決定した。

【実験結果と考察】Fig.1 に、電子と正孔のチャージセントロイド x_t と注入したキャリアの密度 F_{inj} の関係を示す。 x_t については、ブロッキング酸化膜 - 窒化膜界面を原点にとり、シリコン基板方向を正とした。 F_{inj} が大きくなるにつれて、電子と正孔のチャージセントロイドがブロッキング酸化膜 - 窒化膜界面

に近づいた。また、正孔の x_t の値は電子に比べて小さく、捕獲された正孔は電子よりもゲート電極側に位置していた。

【謝辞】多くの有益なご意見とご協力をいただいた Rahul Agrawal 氏に深く感謝する。本研究は一部科学研究費補助金 (基盤研究 (C)JP18K04244) の助成のもとに行われた。

【参考文献】[1] S. R. Al Ahmed, K. Kato, and K. Kobayashi, Materials Science in Semiconductor Processing **70**, 265 (2017). [2] K. Kobayashi and H. Mino, Eur. Phys. J. Appl. Phys. **91**, 10101 (2020).

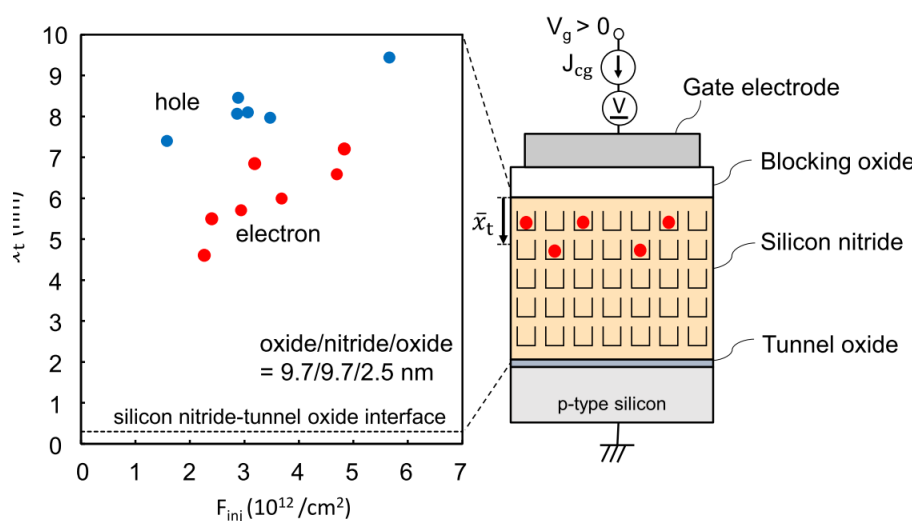


Fig. 1 電子と正孔のチャージセントロイド x_t と注入したキャリア密度 F_{inj} の関係