

HfO₂を用いたチャージトラップメモリのアナログ特性に対する PDA 条件依存性

PDA condition dependency on analog behavior of HfO₂ charge trap memory

兵庫県立大工¹ ○(M1)吉仲 泰萌¹, (B)榎本 翔汰¹, (M2)畑本 正浩¹, 奈良 安雄¹

Univ. of Hyogo¹, °T. Yoshinaka¹, S. Enomoto¹, M. Hatamoto¹, Y. Nara¹

E-mail: er18v025@steng.u-hyogo.ac.jp

Keywords:機械学習, アナログメモリ, チャージトラップメモリ

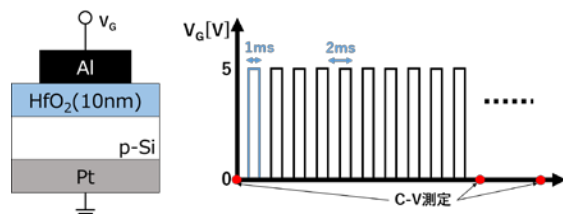
【はじめに】

近年, 様々な場面で機械学習が注目されている. 高速で低消費電力な機械学習コンピュータをニューロンモデルに基づき実現するためには, 連続値を保持するアナログメモリの開発が必要である. 本研究では HfO₂をチャージトラップ層に用いたチャージトラップメモリ[1]に着目し, そのアナログ動作の検討を進めている[2]. HfO₂は成膜後熱処理(PDA; Post Deposition Annealing)の条件により膜中固定電荷量が大きく変化することが知られている[3]ため, PDA 条件の検討を行った結果について述べる.

【実験方法】

ALD 法で HfO₂を p-Si 基板上に成膜し, 異なる条件下で PDA(酸素雰囲気, 60 分, 700~800℃の範囲で温度条件を変化させた)を行い, 表面および裏面に電極を形成し, MOS 構造(Fig. 1.(a))を作成した.

作成した MOS 構造に対して, C-V 特性によるフラットバンド電圧 V_{FB} 測定とパルス(パルス幅:1ms, パルス電圧:5V)印加を繰り返し(Fig. 1(b)), V_{FB} のシフト量 ΔV_{FB} の 10 パルス毎のパルス数依存性を求めた.



(a) Sample structure (b) Measurement sequence

Fig. 1. Experimental method

【実験結果】

Fig. 2.は, V_{FB} シフト量のパルス数依存性を示す. これより, いずれの PDA 条件においても V_{FB} はアナログ的な変化を示したが, 780℃以上で PDA した場合が最も V_{FB} シフトが起こることがわかった. 780℃以上と 750℃以下で V_{FB} シフトの様子が大きく異なる理由は十分に分かっていないが, HfO₂バルク中のトラッ

プ密度が PDA により変化したためと考えている.

Nicollian らによるトラップサイトへの電荷捕獲のモデル[4]に基づき, 次式でフィッティングを行った結果についても Fig. 2.に併せて示した.

$$\Delta V_{FB} = \Delta V_{FBS} \left\{ 1 - A \exp \left(-\frac{x}{x_0} \right) \right\}$$

ここで, x は印加パルス数, ΔV_{FBS} は飽和シフト量, A は定数, x_0 は定数(パルス数)を表す. Fig. 2.からもわかるようにフィッティング結果は実験を比較的良く再現できることがわかった.

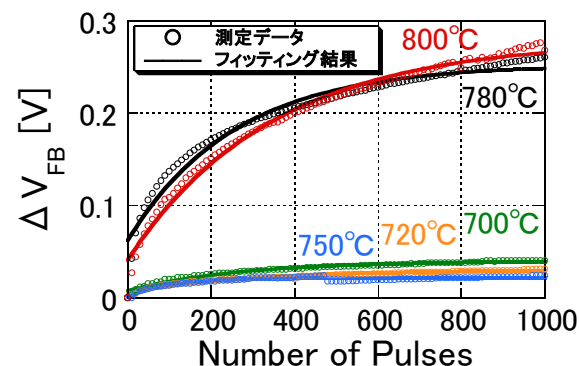


Fig. 2. Applied pulse number dependency

【まとめ】

HfO₂を用いたチャージトラップメモリにおける V_{FB} のアナログ的变化を実験的に観測し, この変化は PDA 温度に大きく依存することを見出し, 最適な熱処理条件があることがわかった. フィッティング結果を用いることで, 学習によるシナプス結合の強度変化を表すことができると考えられる.

【参考文献】

- [1] Xuefeng Gu et al., Electron Device Letters, Vol.38, Issue 9, pp.1204-1207 (2017).
- [2] 吉仲 他, 応用物理学会関西支部平成 30 年度 第 2 回講演会, P-09 (2018).
- [3] H. Matsuo et al., Extended of Abstract of 2017 IWDTE, p34 (2017).
- [4] E. H. Nicollian et al., Journal of Applied Physics 42 p.5654 (1971).