HfO₂/SiO₂/Si 構造における保持電荷の安定性評価 Stability of Stored Charge in HfO₂/SiO₂/Si Structure [°]野口和馬,久原良平,松尾 陽樹,畑本正浩,奈良安雄(兵庫県立大学) [°]K. Noguchi, R. Kuhara, H. Matsuo, M. Hatamoto, Y. Nara (Univ. of Hyogo) E-mail: er15e012@steng. u-hyogo.ac.jp

【はじめに】近年、環境エネルギーを効率良く電力として利用する方法としてエレクトレット を用いた振動型発電素子¹⁾が注目されており、その高性能化に向けてより多くの電荷を保持す るエレクトレット材料の探索が必要となっている。一方で、MOS トランジスタの高誘電率ゲー ト絶縁膜の一つとして用いられる HfO₂は酸素欠損を生じやすく、その酸素欠損が正に帯電する 特徴があることから、振動型発電素子の新たなエレクトレット材料としての可能性が期待され る。前回、我々は Si 基板上に直接 HfO₂を形成した構造(直接接合)は、Si 基板上にあらかじめ薄 い SiO₂を形成した構造(間接接合)より保持電荷量が大きく、エレクトレット材料として有望で あることを示した²⁾。エレクトレット材料として実用化するためには、保持電荷の長期安定性 確保も重要である。本報告では直接接合と間接接合の保持電荷の安定性を評価した結果を示す。

【実験方法】洗浄・HF 処理を施した p-Si(100)基板に、界面層として熱酸化 SiO₂ 膜を 1.9nm および 4.8nm 形成した後、HfO₂ 膜を PLD (Pulsed Laser Deposition)法により堆積した試料(間接接合)と熱酸化を行わずに HF 処理直後に HfO₂を堆積した試料(直接接合)を作製した。HfO₂ 膜の堆積 膜厚はいずれの試料も約 14.1nm である。次に、各試料を酸素雰囲気中 700℃で 1 時間の熱処理を行った。ゲート電極として Al を蒸着法により形成した。各試料について容量-電圧 (C-V) 測定による実効固定電荷量の評価と一定時間のストレス電圧印可(-6.0 ~ -4.7V)を繰り返して行うストレス試験を実施し、保持電荷の安定性を評価した。ストレス電圧印可中にはリーク電流も同時に測定し、保持電荷の変化と通過電荷量(Q_p)の関係も求めた。

【実験結果および考察】図 1 に C-V 特性から算出した 実効固定電荷密度と初期 SiO2 膜厚との関係を示す。直 接接合の場合に大きな実効固定電荷密度を得られると いう前回の実験結果を再現している。図2にはストレ ス試験により得られた実効固定電荷密度と通過電荷量 の関係を示す。直接接合の場合には、通過電荷量を増 大させても実効固定電荷密度は約 3.4×10¹²(cm⁻²)とほぼ 一定であるのに対し、間接接合ではストレス印可前に は-0.1~-0.9×10¹²(cm⁻²)であったものが、1.5×10⁻⁹ (C)の電 荷が通過した後には-2.5~-3.0×10¹²(cm⁻²)へと大きく変化 した。これより、直接接合は大きな電荷を保持するだ けでなく、保持電荷の安定性も良好であることが分か る。直接接合の場合には700℃で1時間の熱処理により HfO2から酸素が抜け界面を酸化し、結果的に HfO2中に 正に帯電した酸素欠損を生じたものと考えている。この ように形成された酸素欠損による電荷はストレス試験後 も比較的安定であると考えられる。

【参考文献】

1) 柏木王明: Res. Reports Asahi Glass Co., Ltd., 60 (2010)

2) 野口和馬他:第63回応用物理学会春季講演会,20a-H111-4(2016) 【**謝辞**】

PLD 装置を使わせて頂いた本学ナノ・マイクロ構造科学研究センターの 皆様へ感謝する。



three different interfacial structures.



Fig.2 Stability of effective fixed charge density.