反強誘電体 ZrO_2 を有する MIS 構造のユニポーラスイッチング特性

Unipolar Switching Characteristics of MIS Structure with Antiferroelectric ZrO_2

東大生研　○(M2)多川 友作，更屋 拓哉，平本 俊郎，小林 正治

IIS, Univ. of Tokyo　○Yusaku Tagawa, Takuya Saraya, Toshiro Hiramoto, and Masaharu Kobayashi

E-mail : tagawa@nano.iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】 ZrO_2 は高い誘電率を有する CMOS プロセスとの整合性の高い high-k 材料として主に DRAM などの絶縁膜として広く用いられている[1]．また，その反強誘電性を利用した新しい機能デバイスを提案する動きも盛んに行われている[2]．反強誘電性の分極反転機構を用いたデバイスは，強誘電性と同じく，ポテンシャル障壁の平均高さを変えうるため，$PbZrO_3$ などの反強誘電材料で，トンネル電流を利用したメモリの提案もなされている[3]．しかし，反強誘電体 ZrO_2 におけるトンネル電流を用いたデバイスを提案する例は非常に少なく[4]，そのスイッチング特性についてまた十分に議論されていない．そこで反強誘電体 ZrO_2 を用いた薄膜デバイスを試作，評価し，反強誘電体 ZrO_2 のマイナーループによる分極反転が電気伝導に与える影響について調査する．

【実験】 以前の応物で紹介した強誘電トンネル接合メモリでは MIS 構造による両端電極の非対称性が，ON/OFF スイッチングに大きく影響を与えた[5]．本デバイスも非対称性を利用するために，MIS 構造を採用する．高濃度にドープした n^+-Si 基板を洗浄し，250 ℃の ALD を用いて ZrO_2 を 10 nm，8 nm，6 nm，5 nm の膜厚ターゲットで堆積させ，Metal-Insulator-Semiconductor(MIS) 構造を作製した．TiN をスパッタリングで 30 nm 堆積させ，リソグラフィーとエッチングによりパッド電極を形成した．その後，RTA で 800 ℃，10 秒間アニールした．

【結果と考察】 10 nm での過渡的電流及び直流電流測定結果を Fig.1 に示す．過渡的電流測定の結果では HfO_2 と異なり，複数回電界印加を行っても，ZrO_2 の分極反転に大きく変化がないことが確認できる．これは 800 ℃アニールによる結晶化で，正方晶が多く生成され，結晶相変化がないために安定した分極応答を示すと考えられる[6]．次に，Fig.1 において③及び④の分極反転を含むマイナーループを利用するために，正電圧領域のみのユニポーラ電圧を印加した．4 V 印加時には forward 掃引と reverse 掃引でヒステリシスが小さく見られたが，より高い正電圧を印加すると，次第に大きなヒステリシスが確認できる．これは，マイナーループの分極反転により，電気伝導が変化し，スイッチング特性が観測できたと考えられる．薄膜のデバイスの特性や，電気伝導モデルと分極反転がそれに与える影響の詳細については当日に議論する．

【まとめ】 我々は ZrO_2 を用いて MIS 構造を作製し，ユニポーラ掃引でスイッチング動作を観測した．更なる ZrO_2 の薄膜化により低電圧化することによって，メモリをはじめとする新規集積デバイスへの応用が期待される．

参考文献
[1] Cho, Ho Jin, et al. *Solid-State Electronics*51.11-12 1529-1533(2007)
[2] M. Pesic, et al. *Electron Devices Meeting (IEDM), 2016 IEEE International*. IEEE, 2016.
[3] Apachitei, Geanina, et al. *Advanced Electronic Materials* 3.7 (2017): 1700126.
[4] Pešić, Milan, et al. *IEEE Journal of the Electron Devices Society* (2018).
[5] 多川ら, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-233-11 (2018)
[6] Pešić, Milan, et al. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability* (2018).

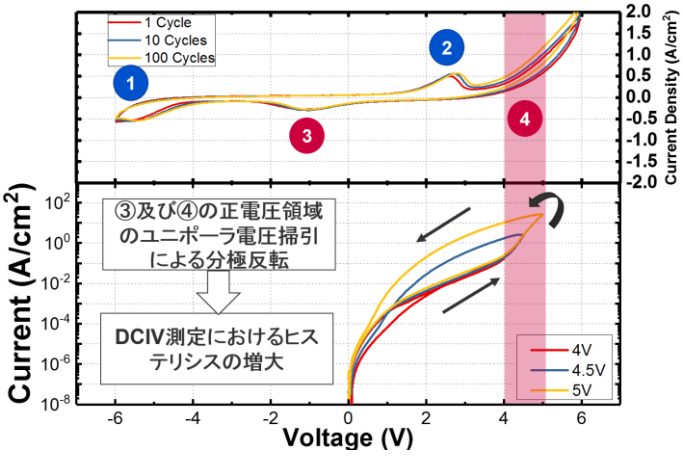


Fig.1 MIS の 10nmZrO_2 の(上図)過渡的電流測定の掃引回数依存性と(下図)直流電流測定のユニポーラ掃引電圧依存性

© 2019年 応用物理学会