

酸化物界面ダイポールを用いた新規メモリの提案

Proposal of new memory device based on oxide interface dipole

産総研 宮田 典幸

AIST Noriyuki Miyata

E-mail: nori.miyata@aist.go.jp

新規不揮発メモリのストレージクラスメモリへの展開やニューロモルフィック応用などへの期待が高まっており、メモリの研究開発は以前にも増して活発である。既に量産化されている PCM や ReRAM の高性能化も進むものと予想されるが、一方で HfO_2 強誘電体のような Si LSI との親和性を持つメモリ技術にもコスト面での利点がある。本報告では、 HfO_2 系酸化物界面に発生するダイポールを利用した新たなメモリ動作について紹介する。

本提案のメモリ動作は、 HfO_2/Si 構造で観察された界面ダイポール [1] の研究過程で着想したものである。 HfO_2/Si 界面のダイポールは、界面近傍の化学結合が持つ電荷の偏りとして説明されており [2, FIG. 1 (a)]、この電荷を僅かでも変位できれば、大きな界面ダイポールの変化を生むことができると考えた (IDM: Interface Dipole Modulation)。IDM 動作は強誘電体に似た効果を生むと予想されるが、通常の HfO_2/Si MOS 構造からは、期待された IDM 動作は確認されていない [FIG. 1 (b)]。一方、 HfO_2/Si 界面に 1 分子層程度の TiO_2 を挿入することで、強誘電体と同じ反時計回りの C - V 曲線が得られ、IDM 動作が起こっていると考えた。しかし、この MOS 界面には大きな界面準位密度 ($>1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$) が形成されており、Si-FET を用いたフラッシュ型メモリとして動作させるには適さない。そこで、 $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面に発生するダイポールに注目し、同様の TiO_2 変調機構を導入したところ [FIG. 1 (c)]、僅かなヒステリシス幅ではあるが反時計回りの C - V 曲線が観察された [FIG. 1 (d)]。 $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面のダイポールが 0.3V 以下と小さいことより [1, 3]、変調幅が小さいことは想定された結果である。一方、 HfO_2 および SiO_2 膜はアモルファス構造であるため、容易に積層化が可能であり、各界面に変調機構を挿入することで、IDM 効果を増幅できると期待される [FIG. 1 (e)]。実際、6 層の IDM 構造を組込んだ MOS キャパシタは、1 層 IDM に比べて大きなヒステリシスが観察される [FIG. 1 (f)]。また、この多層 $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ IDM 構造では、下地 SiO_2 層にシリコン熱酸化膜を使えるため、界面準位密度を $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ 以下に抑制できることが確認できており、フラッシュ型メモリとして有望であると結論される。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 16H02335 の助成を受けたものです。

[1] Y. Abe *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **90**, 172906 (2007), [2] N. Miyata *et al.*, *J. Appl. Phys.* **110**, 074115 (2011), [3] K. Kita and A. Toriumi, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 132902 (2009).

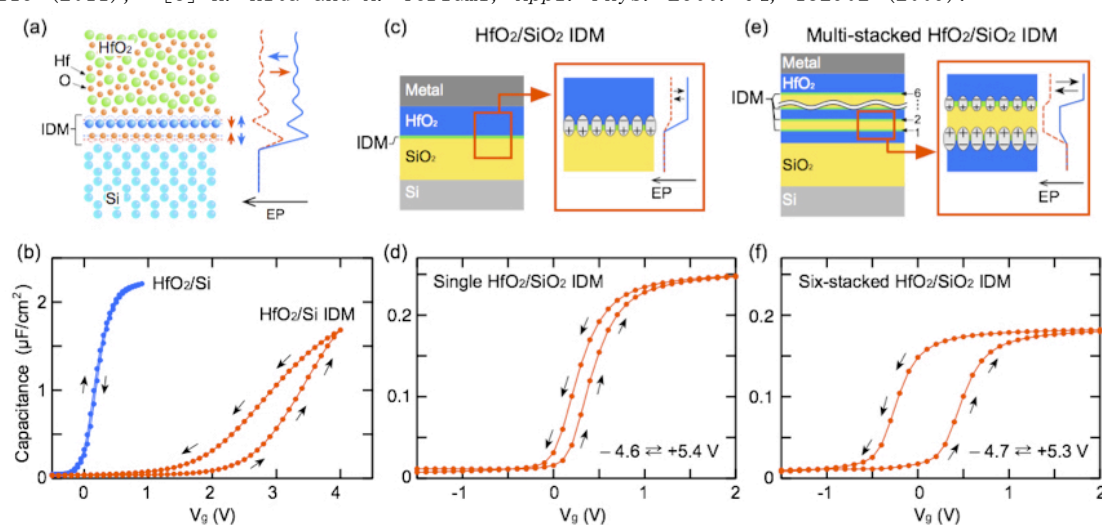


FIG. 1 Concept of interface dipole modulation (IDM) and hysteresis C - V curves. (a) IDM operation mechanism at HfO_2/Si interface, (b) C - V curves of HfO_2/Si and $\text{HfO}_2/1\text{-ML TiO}_2/\text{Si}$ MOS capacitors, (c) $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ IDM structure, (d) C - V curve of single IDM MOS capacitor, (e) multi-stacked $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ IDM structure, and (f) C - V curve of six-stacked IDM MOS capacitor.