

反強誘電体薄膜をゲート絶縁膜に用いた MOSFET の電気特性

Electrical characteristics of MOSFETs using anti-ferroelectric thin films as gate insulators

東京大学・院工

○山口大志, 後藤高寛, 竹中充, 高木信一

The University of Tokyo, Faculty of Engineering

○Masashi Yamaguchi, Takahiro Gotow, Mitsuru Takenaka, Shinichi Takagi

E-mail: myamaguchi@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】 HfO_2 系薄膜が強誘電性または反強誘電性を示す[1]ことが報告されて以降、MOSFET のゲート絶縁膜への適用に関する研究が進められている。強誘電性薄膜の分極を利用することによりオン電流の向上が期待される一方、P-E 特性は大きなヒステリシスを有することから、MOSFET の IV 特性にもヒステリシスが発生することが懸念される。一方、反強誘電体では、ある程度電界を低下させるとヒステリシスループが閉じることから、サブスレッショルド領域でのヒステリシスの影響を軽減できると予想される。本研究では、 $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$ からなる反強誘電体薄膜をゲート絶縁膜として使用したときの MOSFET の電気特性を、シミュレーションを用いて調べ、オン電流向上とヒステリシス低減の効果を明らかにしたので報告する。

【研究内容】反強誘電体薄膜として $\text{Hf}_{0.1}\text{Zr}_{0.9}\text{O}_2$ 、 $\text{Hf}_{0.2}\text{Zr}_{0.8}\text{O}_2$ 、 $\text{Hf}_{0.4}\text{Zr}_{0.6}\text{O}_2$ 、強誘電体薄膜として $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ を用いた。反強誘電体薄膜は、報告された P-E 特性[2]に対し反強誘電相転移に関する理論[3]に基づいて、強誘電体薄膜は報告された P-E 特性[4]に対し Landau Khalatnikov 理論に基づいて、それぞれの P-E 曲線をフィッティングにより決定した。得られた P-E 曲線を図 1 に示す。なお、分極反転部分では電場が変化しないものと仮定し、特に、強誘電体薄膜のシミュレーションでは負性容量特性は用いず、単純に、抗電界で分極反転による相転移が起こるモデルを採用した。次に、図 1 における $E=0\text{MV/cm}$ での微分容量から EOT が 0.4nm になるようにそれぞれの膜厚を選択し、これらの誘電体膜をゲート絶縁膜に用いた MOSFET の IV 特性を計算した。その結果を図 2 に示す。強誘電体薄膜を用いたときは、シリコン酸化膜と比較してオン電流の向上がみられたが大きなヒステリシスが発生した。一方、反強誘電体薄膜ではヒステリシスを抑制しつつ、オン電流の向上がみられることが分かった。

【謝辞】本研究の一部は、JST-CREST, JPMJCR1332 の支援を受けて実施した。

【参考文献】[1] T. S. Börske et. al., Appl. Phys. Lett. 99, 102903 (2011) [2] M. H. Park et. al., Adv. Energy Mater. 4, 1400610 (2014) [3] L. E. Cross, J. Phys. Soc. Jpn., 23, 1 pp.77-82, (1967) [4] M. H. Park et. al., Appl. Phys. Lett. 104, 072901 (2014)

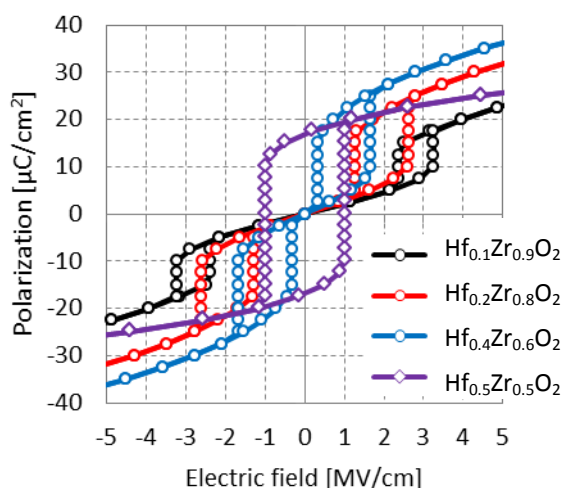


Fig.1 Simulated P-E curves of FE and AFE

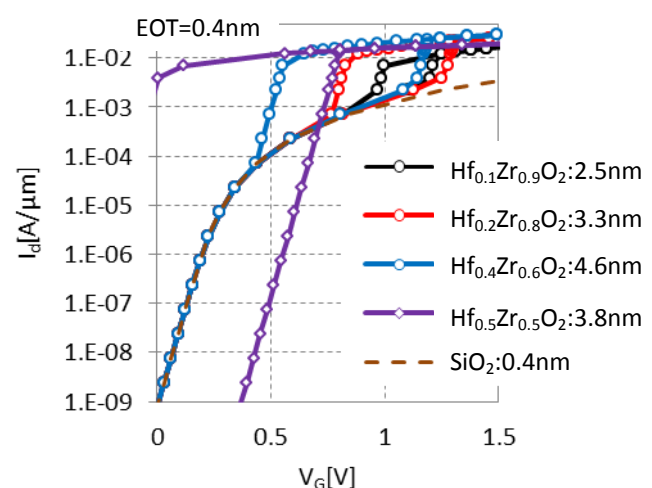


Fig.2 Simulated I_d - V_G curves of AFEFET and FEFET