

TiN/Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂/Si MFS キャパシタの電気特性に与える基板タイプの影響

Effect of substrate type on electrical characteristics of TiN/Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂/Si MFS capacitors

東大院工,[○]トープラサートポン カシディット, 田原 建人, 福井 太一郎, 竹中 充, 高木 信一

Univ. Tokyo, [○]Kasidit Toprasertpong, Kento Tahara, Taichiro Fukui, Mitsuru Takenaka, Shinichi Takagi

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

【背景】HfO₂系強誘電体[1]が発見されて以来、CMOS LSIにおけるメモリやロジックデバイスを目指した研究が盛んに行われている[2,3]。一方、強誘電体を用いたデバイスの特性は従来のデバイスより複雑になるため、電気特性の基礎的理解が重要となる。本研究は、HfO₂系強誘電体の強誘電性がSi基板上のMFS（金属/強誘電体/半導体）キャパシタの電気特性に与える影響について報告する。

【実験方法】本研究はFig. 1(a)に示したp-Si及びn-Si基板上のTiN(30 nm)/Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂(10 nm)/Si MFSキャパシタのC-V特性およびP-V（分極-電圧のヒステリシス）特性を評価した。試料作製法は、[4]で示すものと同じである。

【結果と考察】C-V特性をFig. 1(b)に示す。p-Siとn-Si基板上では明らかに異なる振る舞いを示し、p-Si基板上のMFSキャパシタは一般的なMOSキャパシタで見られる電子トラップ型ヒステリシスを示したのに対し、n-Si基板上では強誘電型ヒステリシスを示した。さらに、n-Si基板上のキャパシタで強誘電体の分極応答の周波数依存性が観察された。Fig. 1(c)に示したP-Vヒステリシス特性も同様な傾向を示し、p-Si基板上の試料は分極反転に伴うヒステリシス特性が見られなかった。

p-Si基板上試料では、正の電圧をかけた際に少数キャリアが十分誘起できず deep depletion

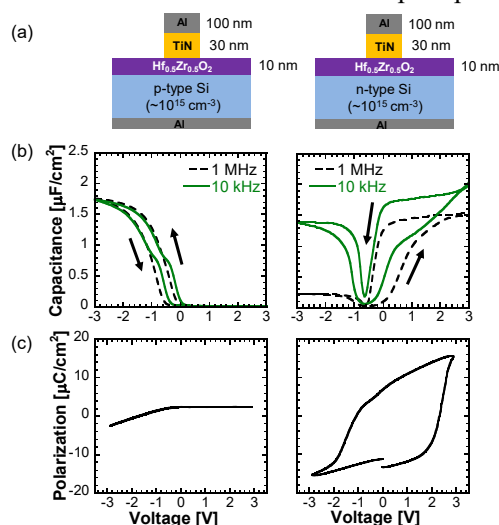


Fig. 1. (a) Sample structures, (b) C-V characteristics, and (c) P-V characteristics of MFS capacitors on p-Si (left) and n-Si (right) substrates

が生じ (Fig. 2)、強誘電膜に電圧が十分かからずに分極反転できなかったと解釈できる。これは MFS キャパシタ特有の現象であり、同構造をFETで作製すると Fig. 3 に示した強誘電ヒステリシスを持つ I_d - V_g 特性が確認された。FET 構造では少数キャリアがソース/ドレインから供給できるためである。一方、本研究で作製したn-Si基板上のキャパシタは固定電荷などで正電圧の方にフラットバンド電圧がシフトしており (Fig. 4(a))、ゲート電極周辺の半導体側に反転層ができていないと考えられる。このため、少数キャリアがキャパシタ周辺から供給されて deep depletion が起こらず、蓄積状態でも反転状態でも強誘電体に十分電圧がかかり、分極反転に伴うヒステリシス特性が観測されると解釈できる。

【まとめ】MFS キャパシタにおいて半導体側の少数キャリア応答によって観測されるヒステリシスが異なるため、強誘電体膜の評価の際には、考慮に入れる必要がある。

【謝辞】本研究は、科学研究費 19K15021 及び 17H06148 の支援により実施した。

【参考文献】[1] T. S. Böschke et al., *Appl. Phys. Lett.* **99**, 102903 (2011). [2] S. Dünkler et al., *IEDM2017*, 485 (2017). [3] Z. Krivokapic et al., *IEDM2017*, 357 (2017). [4]田原他, 2019 秋季応物 (2019).

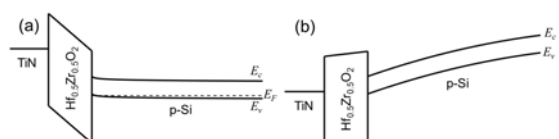


Fig. 2. Band diagram of an MFS capacitor on p-Si for (a) negative and (b) positive gate voltages.

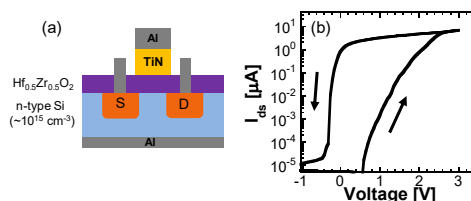


Fig. 3. (a) Structure and (b) I_d - V_g characteristics of ferroelectric FET

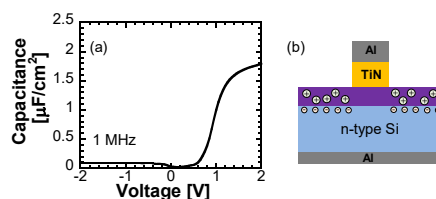


Fig. 4. (a) C-V characteristics for a narrow voltage range of an MFS capacitor on n-Si. (b) Fixed charge in Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂