

# ナノ ZrO<sub>2</sub> 核生成層を用いた強誘電体 Hf<sub>x</sub>Zr<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub> 薄膜の作製技術

## Fabrication technique of ferroelectric Hf<sub>x</sub>Zr<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub> thin films using nano-ZrO<sub>2</sub> nucleation layer

1. 明治大学 2. 物質・材料研究機構 3. 学振特別研究員 DC

○女屋 崇<sup>1,2,3</sup>, 生田目 俊秀<sup>2</sup>, 澤本 直美<sup>1</sup>, 大井 暁彦<sup>2</sup>, 池田 直樹<sup>2</sup>, 長田 貴弘<sup>2</sup>, 小椋 厚志<sup>1</sup>

1. Meiji University 2. NIMS 3. JSPS Research Fellow DC

○T. Onaya<sup>1,2,3</sup>, T. Nabatame<sup>2</sup>, N. Sawamoto<sup>1</sup>, A. Ohi<sup>2</sup>, N. Ikeda<sup>2</sup>, T. Nagata<sup>2</sup>, and A. Ogura<sup>1</sup>

E-mail: t\_onaya@meiji.ac.jp

【はじめに】Hf<sub>x</sub>Zr<sub>1-x</sub>O<sub>2</sub> (HZO)の強誘電相として知られている準安定相の直方晶相を形成するために、一般的に TiN 電極の熱応力を利用した手法が用いられている。[1] しかし、この手法は HZO 膜を TiN 電極で挟んだ Metal-Ferroelectric-Metal (MFM)キャパシタにのみ応用可能である。前回の応物にて、我々は、原子層堆積(ALD)法で作製した直方晶相を有する ZrO<sub>2</sub> ナノ結晶層を核生成層として HZO 膜を結晶成長させることで、直方晶相がメインの HZO 膜を作製でき、その結果、強誘電性を向上できた事を報告した。[2] 本研究では、近年注目されている強誘電体 FET への応用に向けて、ZrO<sub>2</sub> 核生成層の挿入位置と HZO 膜の強誘電性の関係について調べた。

【実験条件】ZrO<sub>2</sub> 核生成層の挿入位置を変えた次の 4 種類の TiN MFM キャパシタを準備した。(a) ZrO<sub>2</sub> 層無し(w/o)、(b) ZrO<sub>2</sub> 下部層(B-ZrO<sub>2</sub>)、(c) ZrO<sub>2</sub> 上部層(T-ZrO<sub>2</sub>)及び(d) ZrO<sub>2</sub> 上部及び下部層(D-ZrO<sub>2</sub>)である。ZrO<sub>2</sub> 核生成層は ALD 法により膜厚 2 nm 成膜した。また、HZO 膜は、(Hf/Zr)[N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)CH<sub>3</sub>]<sub>4</sub> (Hf/Zr = 1:1) カクテル原料を用いた ALD 法により膜厚 10, 15 及び 20 nm 成膜した。TiN 上部電極形成前に、N<sub>2</sub> 雰囲気中、600°C で急速加熱処理した。最後に、TiN 上部電極を形成して MFM キャパシタを作製した。

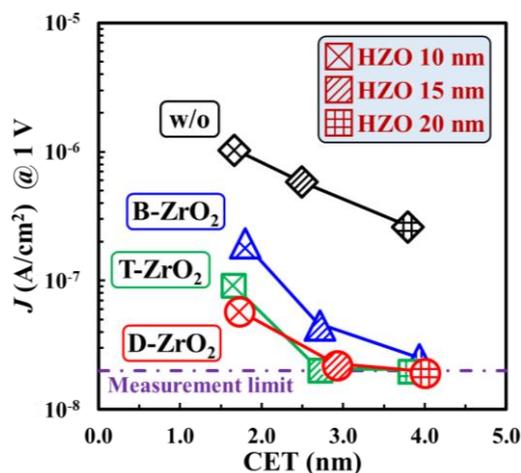


Fig. 1 Relationship between CET and  $J$  values of the four types of MFM capacitors.

【結果】Fig. 1 に、MFM キャパシタの CET 値と印可電圧 1 V におけるリーク電流( $J$ )値の関係を示す。全てのキャパシタにおいて、HZO 膜厚の増加に伴い  $J$  値は減少する傾向を示した。また、ZrO<sub>2</sub> 核生成層を用いた B-, T-, 及び D-ZrO<sub>2</sub> の  $J$  値は w/o に比べて約 1 桁以上低減できた。

Fig. 2 に、MFM キャパシタの HZO 膜厚と  $\pm 3$  MV/cm を印加した分極-電界特性より求めた残留分極値( $2P_r$ )の関係を示す。ZrO<sub>2</sub> 核生成層を用いた w/o, B-, T-, 及び D-ZrO<sub>2</sub> の  $2P_r$  値は、w/o < B-ZrO<sub>2</sub> < T-ZrO<sub>2</sub> < D-ZrO<sub>2</sub> の順で大きな値を示した。特に HZO 膜厚が 10 nm のとき、D-ZrO<sub>2</sub> の  $2P_r$  値は w/o に比べて約 2.3 倍大きかった。しかし、HZO 膜厚を 20 nm に増加させると ZrO<sub>2</sub> 核生成層の有無に関わらず同等の  $2P_r$  値を示した。従って、HZO 膜厚が薄い領域で ZrO<sub>2</sub> 核生成層の効果が顕著に現れることが分かった。

以上より、ZrO<sub>2</sub> 核生成層を用いた HZO 膜の作製技術を用いることで低  $J$  及び高  $2P_r$  値を得られることから、強誘電体 FET 構造への応用に向けて有望な手法であると考えられる。

【謝辞】本研究の一部は JST CREST (JPMJCR15Q7)及び JSPS 科研費 (18J22998)に支援されて行われた。

[1] S. J. Kim et al., Appl. Phys. Lett. 111, 242901 (2017).

[2] 女屋 他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-F206-15 (2018).

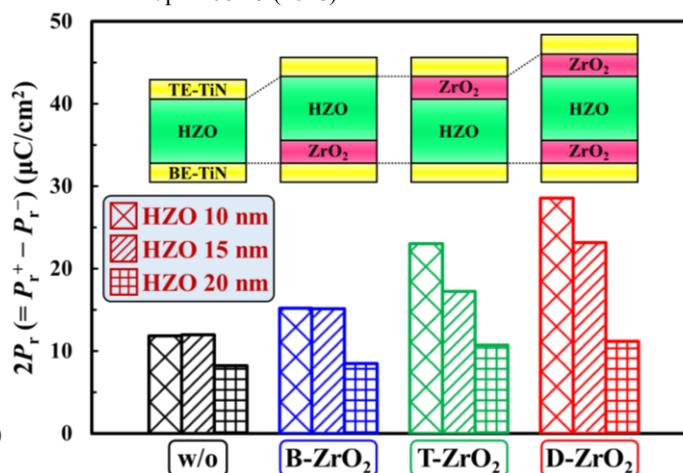


Fig. 2  $2P_r$  values for the four types of MFM capacitors with various HZO film thicknesses.