

多相 HfO₂ 膜における均一強誘電相の発現Evolution of uniform ferroelectric phase in polymorph HfO₂ film○柴山 茂久^{1,2}、徐 倫¹、右田 真司³、鳥海 明¹ (1. 東大院工、2. 学振特別研究員、3. 産総研)○Shigehisa Shibayama^{1,2}, Lun Xu¹, Shinji Migita³, and Akira Toriumi¹

(1.The Univ. of Tokyo, 2. JSPS research fellow PD, 3. AIST)

E-mail: shibayama@adam.t.u-tokyo.ac.jp

【研究背景】近年、HfO₂ が強誘電性を示すことが報告され、強誘電性の発現機構の解明に向けて様々な取り組みが行われている[1]。透過電子顕微鏡を用いて、強誘電性を示し得る結晶構造は反転対称性のない直方晶 (Pca2₁) の可能性が高いと報告されている [2]。しかしながら HfO₂ において、直方晶のような高対称相は熱力学的に準安定状態なので、HfO₂ 膜中には、強誘電性および常誘電性ドメインが混在していると考えられる。従って、HfO₂ の強誘電性ドメインは面内において不均一に分布している可能性がある。強誘電性ドメインの面内不均一性はデバイス信頼性の観点から重大な問題である。本研究では、ピエゾ応答力顕微鏡 (PFM) を用いて、強誘電性 HfO₂ 膜の分極ドメインの面内分布を観察したので報告する。

【結果および議論】スパッタリング法を用いて約 30 nm のノンドープ HfO₂ 膜を堆積し、窒素雰囲気において 600 °C、30 s の熱処理を施した。Fig. 1 は HfO₂ 膜の X 線回折パターンである。高対称相ピークの他に、単斜晶相のピークの存在が確かに確認できる。それらのピーク強度比は約 1 対 1 である。その後 Au 電極を真空蒸着し、分極-電界 (*P-E*) 測定を行った。*P-E* 特性は明瞭なヒステリシスを描いており、ノンドープ HfO₂ 膜が強誘電性を示すことが分かった (Fig. 2)。本試料に対して PFM 観察を行った。AC 電圧 (*V*_{AC}) は約 1 V とし、カンチレバーの共振周波数は約 300 kHz とした。初めに 2×2 μm² の領域に DC 電圧 (*V*_{DC}) =+6.5 V を印加して掃引した後、同領域内の中心 1×1 μm² に *V*_{DC}=-6.5 V を印加して掃引した。その後、*V*_{DC}=0.5 V とし、3×3 μm² の領域を掃引した。Fig. 3 は、掃引によって得られた Phase 像である。+6.5 V および -6.5 V を印加した領域において、180°の位相反転が観察されたので、HfO₂ が強誘電性を示している。また分極反転領域では、黄色と黒色の一様なコントラストが観察できる。これは、HfO₂ 膜中において分極反転が一様に生じていることを示している。以上より、単斜晶相および高対称相が共存する多相 HfO₂ 膜において、均一な強誘電相が発現することが分かった。下地電極付近において一様な高対称相が形成されており、その相が強誘電性を発現している可能性が考えられる。

本研究は JST-CREST の支援を受けて行われた。

[1] J. Müller *et al.*, J. Appl. Phys. **110**, 114113 (2011). [2] X. Sang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **106**, 162905 (2015).

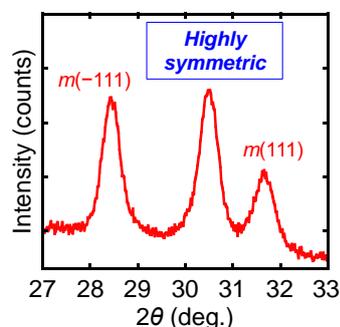


Fig. 1 Out of plane XRD pattern of HfO₂ film.

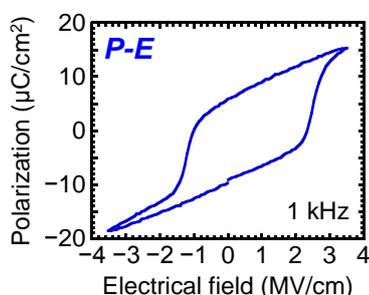


Fig. 2 *P-E* characteristics of HfO₂ film.

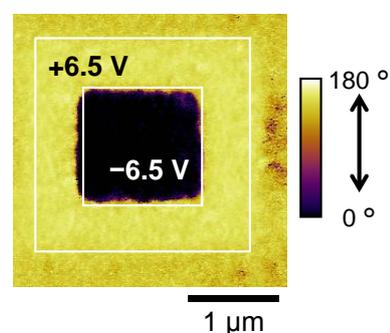


Fig. 3 PFM phase image (3×3 μm²) after applying *V*_{DC}= 6.5 V in 2×2 μm² and *V*_{DC}=-6.5 V in 1×1 μm².