第68回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集 (2021 オンライン開催)

強誘電体薄膜における分極反転挙動のナノスケールマッピング

Nanoscale Mapping of Domain Switching Behavior in Ferroelectric Films

東北大[1]，東工大[2] ○平永 良臣[1]，三村 和仙[2]，清水 荘雄[2]，舟窪 浩[2]，長 康雄[1]

Tohoku Univ.[1], Tokyo Tech.[2], ○Yoshiomi Hiranaga[1], Takanori Mimura[2], Takao Shimizu[2], Hiroshi Funakubo[2], Yasuo Cho[1]

E-mail: hiranaga@riec.tohoku.ac.jp

【はじめに】

強誘電体薄膜の特性の理解において分極反転過程の議論は重要である．特にナノスケールにおける分極反転過程の動的観察は，様々な有益な情報をもたらすと考えられる．

走査型非線形誘電率顕微鏡（SNDM）は強誘電体のナノスケールドメイン観察に有用な観察手法として知られている．[1] 通常の SNDM 観察では分極反転を生じない程度の微小な AC バイアスに対する非線形誘電応答の検出を通じて，静的なドメイン構造を画像化する．一方，分極反転電圧を超える大振幅の AC バイアスを印加した場合は，強誘電体特有のバタフライ状の C-V 曲線を得ることができる．プローブ顕微鏡システムにおいてプローブを 2 次元的に走査しながらこのような局所的 C-V 測定を各点において行うことによって，分極反転挙動の情報を含むマッピングデータを得ることができる．[2]

本講演では特に薄膜に対する本提案手法の適用例を具体的に示すとともに，その応用展開についても議論したい．

【実験方法】

測定サンプルとしては，Pt/TiO_2/SiO_2/Si 基板上にパルスレーザ堆積法によって成膜したランダム配向のイットリウム添加 HfO_2 薄膜を用意した．

局所 C-V マッピング法の基本的な装置構成は従来型の SNDM とほぼ同一であるが，これに多チャンネルロックインアンプを導入し，基本波だけではなく高調波信号も含めて同時に検波した．ポストプロセスでは，取得した各ピクセルにおける高調波信号のデータセットから，復調系の位相遅れを補正しつつ元の静電容量応答信号を再合成することによって，任意位置における C-V 曲線を得た．

【実験結果】

Fig. 1 に得られた高調波 SNDM 像のうち 2ω 像を示す．C-V 曲線がインプリントを示さず完全に対称形であるとき，静電容量応答波形は偶数次の成分のみを持つことから，2ω 像は分極反転の可不可と強い相関を有すると考えられ，暗い部分は分極反転が不能な領域を表していると解釈できる．（なお，奇数次像はインプリントを含む，C-V 曲線の非対称性の度合いに対応する．）

Fig. 1 にはあわせて各点における局所 C-V 曲線を示している．2ω 像の明部と暗部では得られる C-V 曲線の形状が大きく異なっている．2ω 像の明部では強誘電体に特有のバタフライ状の曲線が見られる一方，暗部では円弧状の細長い曲線が見られている．このことは，2ω 像の明部と暗部がそれぞれ分極反転可能な領域・不能な領域に対応するといった，先の解釈とも整合する．また，2ω 像の明部のみに注目しても描かれるバタフライ曲線の形状は場所により異なり，分極反転挙動の異なる領域が薄膜内に分布している様子が捉えられている．

本研究ではさらに，局所 C-V マッピング法によって得られる膨大なデータセットを用いて分極反転挙動に関連した特徴量を抽出し，画像化することも試みた．これについては講演当日に述べる．

【謝辞】本研究の一部は科学研究費補助金（16H06360, 18K04932）の補助を受けています．

[1] Y. Cho, Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy (Woodhead Publishing, 2020) ISBN: 978-0-12-817246-9.

[2] Y. Hiranaga et al., J. Appl. Phys. **128**, 244105 (2020).

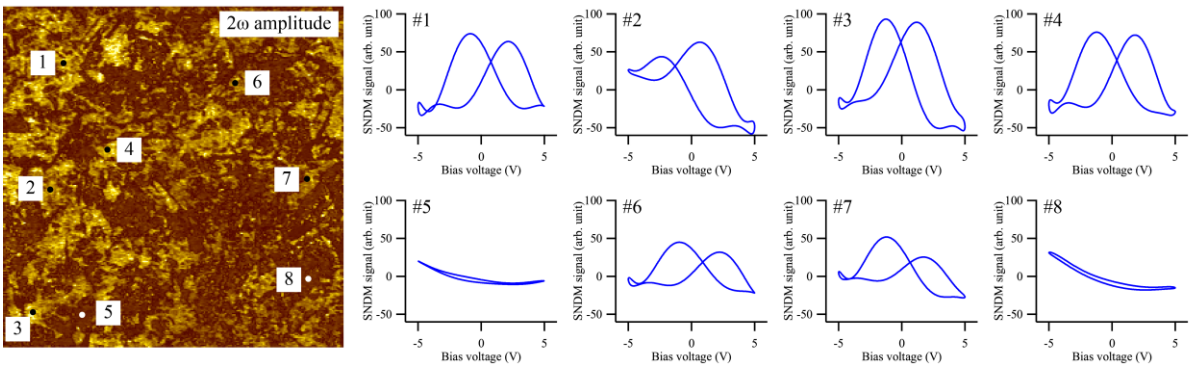

Fig. 1 2ω amplitude SNDM image observed with a randomly oriented yttrium-doped HfO_2 thin film at an AC-bias voltage of 10 V_{pp}, and C-V curve resynthesized for each pixel.

© 2021年 応用物理学会