

多結晶  $\text{HfO}_2$  膜における絶縁破壊箇所の同定Identification of electrical breakdown spots of polycrystalline  $\text{HfO}_2$  films筑波大学 数理物質科学研究科<sup>1</sup>, 産総研 ナノエレクトロニクス研究部門<sup>2</sup>°戸村 有佑<sup>1</sup>, 蓮沼 隆<sup>1</sup>, 山部 紀久夫<sup>1</sup>, 右田 真司<sup>2</sup>Univ. of Tsukuba<sup>1</sup>, AIST NRI<sup>2</sup>, °Y. Tomura<sup>1</sup>, R. Hasunuma<sup>1</sup>, K. Yamabe<sup>1</sup> and S. Migita<sup>2</sup>

E-mail: bk200911095@s.bk.tsukuba.ac.jp

## [実験目的]

Si 基板に直接接合が可能であり、EOT=0.5nm の実現が報告されている<sup>[1]</sup>多結晶  $\text{HfO}_2$  膜は次世代ゲート絶縁膜として期待されている。多結晶  $\text{HfO}_2$  膜とアモルファス  $\text{HfO}_2$  膜を比較した際、ゲート面積を小さくすることで多結晶膜の方が高寿命となることがわかっている。しかし、多結晶  $\text{HfO}_2$  膜の絶縁破壊に関する知見は少なく、未解明な点が多く存在する。そこで多結晶  $\text{HfO}_2$  膜の絶縁破壊に関する知見を得ることを目的に実験を行った。

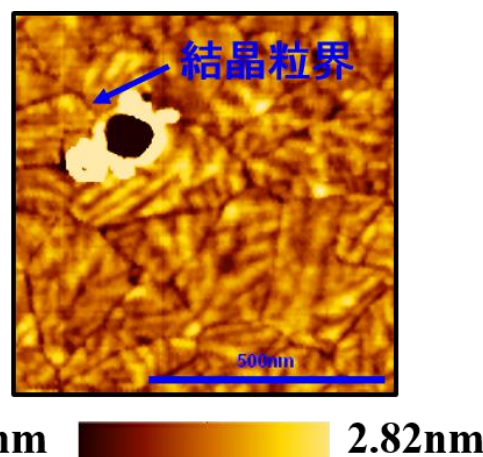
## [実験方法]

洗浄後の p 型 Si(100)基板上に熱酸化法で  $\text{SiO}_2$  膜を 20nm 形成し、電子ビーム露光により正方形の微細パターンを作製し、Si 基板を一部露出させた。次に界面層  $\text{SiO}_2$  膜を 1nm 形成し、RF マグネトロンスパッタ法により厚さ 20nm の  $\text{HfO}_2$  を室温で堆積させ、 $\text{N}_2$  雰囲気下で 1000°C、60min 熱処理し多結晶化させた。続いて Al 電極を形成し電氣的ストレスを印加し絶縁破壊させた。その後 Al 電極を剥離し、希フッ酸( $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=1:10$ )に 1min 浸漬した。最後に、AFM を用いて電極直下における多結晶  $\text{HfO}_2$  膜の表面形状を観察した。

## [実験結果]

図 1 に絶縁破壊後の多結晶  $\text{HfO}_2$  膜表面形状像を示す。図 1 から絶縁破壊により多結晶  $\text{HfO}_2$  膜に穴が生じたことが確認できる。また、穴の

周辺を観察すると、穴に向かって結晶粒界が伸びていることがわかる。5nm 程度の薄膜において、結晶粒内に比べ結晶粒界は酸素空孔欠陥密度が大きいと報告されている<sup>[2]</sup>。以上の点を踏まえると多結晶  $\text{HfO}_2$  膜面内において、結晶粒界は結晶粒に比べ欠陥が多く存在するため、絶縁破壊は結晶粒界で起こった可能性が高い。

図 1 絶縁破壊後の多結晶  $\text{HfO}_2$  膜表面形状像

## [Reference]

- [1]S.Migita, *et al.*, IEDM2010.  
[2]Pirrota, *et al.*, J.Appl.Phys.114,134503(2013)