

## $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加 HfO<sub>2</sub> 極薄膜の組織観察

東北大学金属材料研究所 白石貴久 木口賢紀 今野豊彦

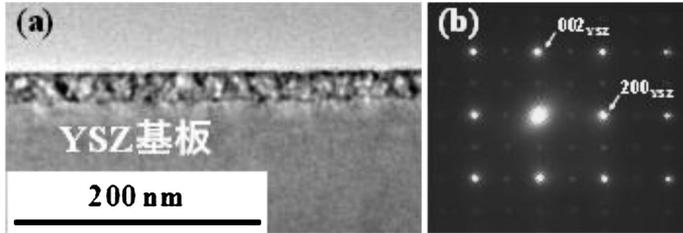


Fig. 1  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加 HfO<sub>2</sub> 極薄膜の (a) 断面像と (b) 電子線回折パターン.

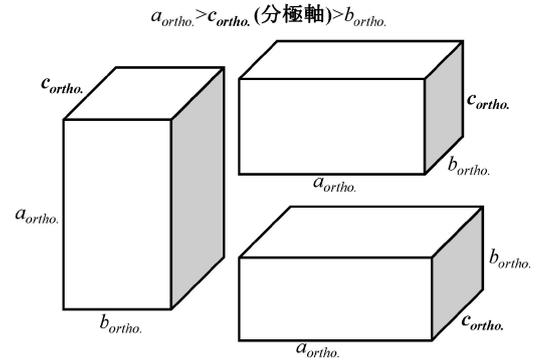


Fig. 2 Orthorhombic 相.

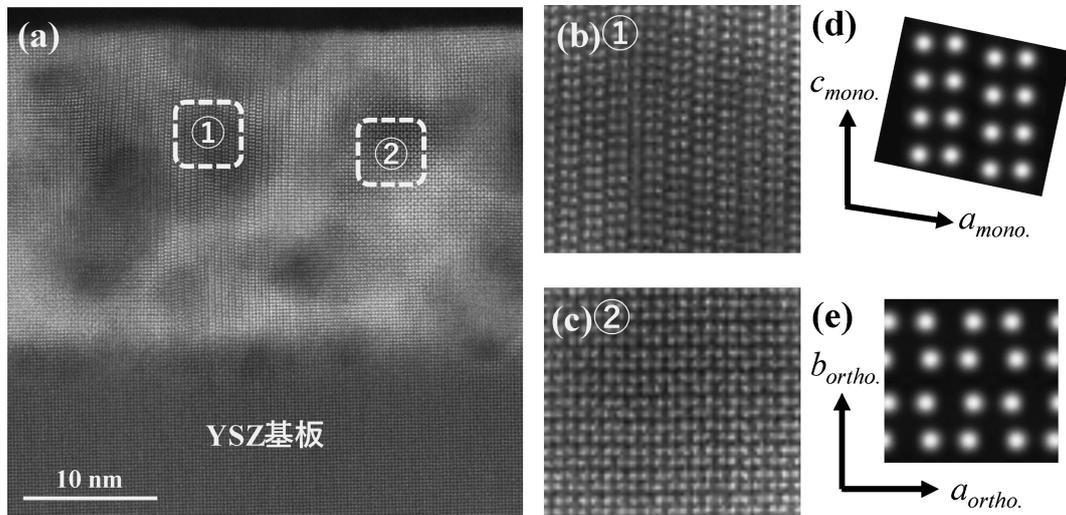


Fig. 3  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加 HfO<sub>2</sub> 極薄膜の (a), (b), (c) STEM 像および (d), (e) シミュレーション像.

膜厚 20 nm 以下の蛍石型酸化物超薄膜に、様々な元素を添加することで、準安定な Orthorhombic 相が発現する<sup>(1)</sup>。この相は自発分極を有していることから、強誘電体を用いた小型デバイスへの応用が期待されており、微細観察による Orthorhombic 相の存在状態や、分極方向を明らかにすることは、材料設計を行う上で非常に重要である。

Fig. 1 は、イットリア安定化ジルコニア (YSZ) 単結晶基板上に、固相エピタキシー法によって作製された  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加 HfO<sub>2</sub> 極薄膜の S/TEM 観察結果である。これより、約 20 nm 厚みの極薄膜が均一に堆積されており、エピタキシャル成長していた。また、Orthorhombic 相が存在しており、複数のドメインを形成していることが明らかとなった (Fig. 2, 3 (a)–(c))。シミュレーション結果と比較することで、多く

のドメインが、膜面直方向に  $a$  または  $b$  軸を有しており、分極軸である  $c$  軸は膜面内方向に存在していた (Fig. 3 (d) (e))。さらに、強誘電性に寄与しない Monoclinic 相 (安定相) が共存していることから、結晶化処理後の冷却過程で、Orthorhombic 相  $\rightarrow$  Monoclinic 相へ転移したと考えられる。

以上より、 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加によって強誘電性を発現する可能性を見出した。今後、分極軸方向の制御や、Orthorhombic 相の安定化が課題として挙げられる。

### 文 献

- (1) T. Shiraishi, *et al.*: Appl. Phys. Lett., **108**(2016), 262904.  
 (2016年7月15日受理) [doi:10.2320/materia.55.599]

Texture Observation for  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Doped HfO<sub>2</sub> Ultrathin Films; Takahisa Shiraishi, Takanori Kiguchi and Toyohiko J. Konno (Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai)

Keywords: STEM (scanning transmission electron microscope), HfO<sub>2</sub>, metastable phase

TEM specimen preparation: Mechanical polishing and ion milling (PIPS)

TEM utilized: JEM-ARM200F (200 kV)