

## 酸素分圧による HfO<sub>2</sub>:Y/Si 薄膜の配向と結晶構造の制御

### Control of the preferential orientation and the crystal structure of HfO<sub>2</sub>:Y/Si films by oxygen partial pressure

○佐保 勇樹, 鎌田 大輝, 高田 賢志, 桐谷 乃輔, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文 (阪府大工)

○Y. Saho, D. Kamada, K. Takada, D. Kiriya, T. Yoshimura, A. Ashida, N. Fujimura

(Graduate School of Eng., Osaka Pref. Univ.)

E-mail: [fujim@pe.osakafu-u.ac.jp](mailto:fujim@pe.osakafu-u.ac.jp)

[はじめに]

強誘電体ゲート型トランジスタ(FeFET)は、超高密度次世代不揮発性メモリやニューロモルフィック素子への応用が期待されている[1]。強誘電体材料の中でも HfO<sub>2</sub>系強誘電体は、ドーピングや膜厚の効果に加え適量の酸素欠損を導入し直方晶相を安定化させることによって 10 nm 以下の極薄膜においても強誘電性を示し[2]、また、CMOS プロセスとの適合性も高いことから注目を集めている。しかしながら、多結晶膜であることによる素子間の特性分布、HfO<sub>2</sub>/Si 界面に絶縁層を挿入することによって生じる閾値電圧の増加やメモリ保持特性の劣化などの問題が顕在化している[3]。そのため、直方晶の HfO<sub>2</sub>を Si 直上にエピタキシャル成長させる技術は FeFET の実現に向けて極めて重要である。本講演では、酸素分圧が HfO<sub>2</sub>:Y/Si エピタキシャル薄膜の配向制御や結晶構造におよぼす影響について検討した。

[実験方法と結果]

HfO<sub>2</sub>:Y薄膜を、KrFエキシマレーザー(λ=248 nm)を用いたPLD法によって作製した。ターゲットには仕込み組成Y:Hf=7:93の焼結体を使用した。基板は(001)と(111)のSi基板を用い、セミコクレーン23で表面の化学洗浄を行った後1.0%HF溶液に2分間浸漬し、真空度1.0×10<sup>-7</sup> torrのチャンバー内に設置した。基板温度は500~800 °Cの間で変化させ、酸素分圧は8.6×10<sup>-8</sup>~3.0×10<sup>-2</sup>torrと変化させて試料を作製した。(001)Si基板上に基板温度を700 °C、酸素分圧を

0.1~10mtorrの条件で作製した試料のX線回折2θ-ω測定の結果をFig.1 に示す。Fig.1 から酸素分圧が1 mtorr以上の試料においてHfO<sub>2</sub>薄膜の(001)単一配向成長が確認できる。その結晶構造は逆格子マッピング測定結果から正方晶もしくは直方晶であり、直方晶であってもc軸が面直方向に成長しているため、自発分極は面内方向に存在すると考えられる[4]。一方、0.1 mtorrの試料では(111)方向への配向成長が確認できる。上記の結果を考慮し、HfO<sub>2</sub>:Y薄膜を(111)Si基板上に、同様の製膜条件を用いて8.6×10<sup>-8</sup> torrの高真空下で成膜した。作製した試料のX線回折2θ-ω測定および202非対称反射X線回折を用いたφスキャン測定の結果をFig.2 に示す。Fig.2 から (111)<110> HfO<sub>2</sub>:Y/Siの方位でHfO<sub>2</sub>:Y薄膜がエピタキシャル成長していることが確認できる。講演では、RHEEDによる結晶成長過程や降温過程における格子定数の変化などのその場観察の結果を用いてその成長過程を議論する。

[参考文献]

[1] T. Olsen et al. Appl. Phys. Lett. 101, 082905 (2012)[2] K. Takada et al. Jpn. J. Appl. Phys., submitted.[3] A. Pal et al. Appl. Phys. Lett. 110, 022903 (2017).[4] D. Kamada et al. 材料. Lett. 67, 9, 844 (2018).

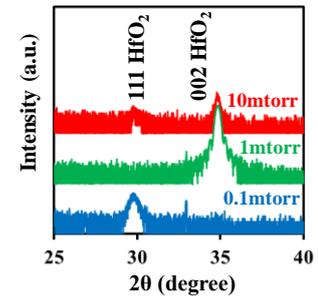


Fig.1 XRD patterns of HfO<sub>2</sub>:Y thin films on (001)Si under the various O<sub>2</sub> partial pressures.

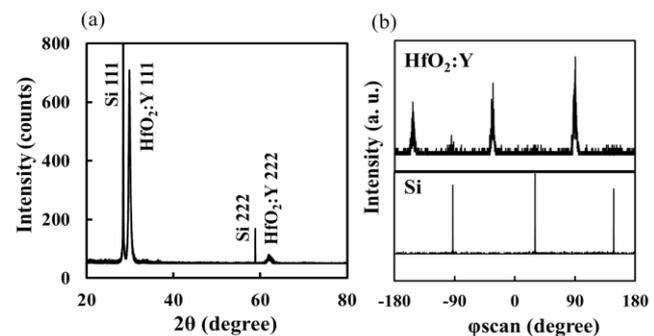


Fig.2 (a) XRD patterns of HfO<sub>2</sub>:Y epitaxial film. (b) φ scan of XRD for 202 HfO<sub>2</sub>:Y and 202 Si diffractions.