

Si 直上 Y:HfO₂ エピタキシャル薄膜の界面誘電特性

Interfacial dielectric properties of

Y:HfO₂ epitaxial thin films directly on Si substrate

○佐保 勇樹, 宝栄 周弥, 高田 賢志, 吉村 武, 藤村 紀文 (阪府大工)

○Y. Saho, S. Takarae, K. Takada, T. Yoshimura, N. Fujimura

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

E-mail: fujim@pe.osakafu-u.ac.jp

[はじめに]

HfO₂ 系強誘電体はドーピングや応力の効果に加え、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[1]、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、多結晶成長による素子間の特性分布や、HfO₂/Si 界面での界面層の形成によって生じる閾値電圧の増加、酸素欠損や界面準位によるメモリ特性の劣化などの問題が顕在化している[2]。そのため、界面層や界面準位の形成を抑制し、尚且つ Si 直上に直方晶の HfO₂ をエピタキシャル成長させる技術は極めて重要である。本講演では、Si 直上 Y:HfO₂ エピタキシャル薄膜の界面誘電特性について検討した。

[実験方法と結果]

PLD法を用いてY:HfO₂薄膜を作製した。仕込み組成 Y:Hf=7:93の焼結体をターゲットに使用し、(001)と(111)のSi基板を用い、セミコクリーン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^{-7} torr以下のチャンパー内に設置した。基板温度を500~800 °C、酸素分圧を 8.6×10^{-5} ~50 mtorrの間で変化させて試料を作製した。(001)と(111)のSi基板上に基板温度を700 °C、酸素分圧を 1.0×10^{-4} (w/o O₂)~50 mtorr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 (a), (b)に示す。Fig.1 (a)からSi(001)基板では酸素分圧が1 mtorrの試料ではHfO₂薄膜が(001)単一配向成長し、φスキヤンの測定結果からエピタキシャル成長していることを確認した。また、Fig.1 (b)からSi(111)基板は 1.0×10^{-4} (w/o O₂)~1 mtorrの酸素分圧で(111)配向成長し、φスキヤンの測定結果からエピタキシャル成長していることが分かる。この結晶層が非平衡相であることも確認した。Si(111)基板上に基板温度を700 °C、酸素分圧を 1.0×10^{-4} (w/o O₂)~1 mtorrの条件で作製した試料について、コンダクタンス法を用いて界面準位密度を算出した結果をFig.2に示す。Fig.2から、酸素分圧がw/o O₂の試料は 1.0×10^{13} 以上の界面準位密度が認められるが、0.03 mtorrと微量酸素の導入によって界面準位密度が1桁程度減少している。講演では、ICTS測定やインピーダンス特性の解析結果を踏まえ、Si直上Y:HfO₂エピタキシャル薄膜の界面誘電特性について詳細に議論する。

[参考文献]

- [1] K. Takada et al. Jpn. J. Appl. Phys 58, SLLB03 (2019), U. Schroeder et al., JJAP 58 SL0801 (2019)
 [2] A. Pal et al. Appl. Phys. Lett. 110, 022903 (2017).

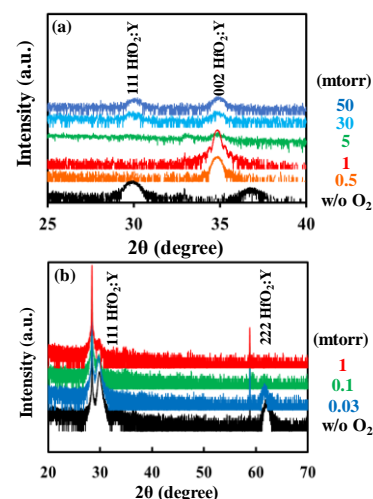


Fig.1 XRD patterns of Y:HfO₂ thin films on (a) Si(001) substrate and (b) Si(111) substrate under the various O₂ partial pressures.

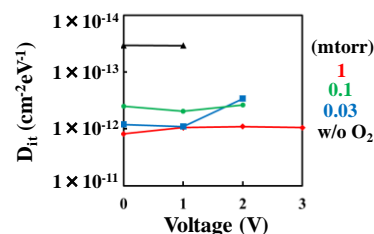


Fig.2 Interface states densities of Y:HfO₂ thin films on Si(111) substrate under the various O₂ partial pressures.