

中性粒子ビーム原子層堆積法による $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 膜の室温成長

Room-temperature Growth of $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ film by Neutral Beam Enhanced Atomic Layer Deposition

東北大流体研¹, NYCU², 産総研³, 東北大 AIMR⁴

○大堀 大介¹, Beibei Ge¹, Yi-Ho Chen², 尾崎 卓哉¹,

遠藤 和彦³, Yiming Li², Jenn-Hwan Tarn², 寒川 誠二^{1,2,4}

IFS, Tohoku Univ.¹, NYCU², AIST³, AIMR, Tohoku Univ.⁴,

○D. Ohori¹, B. Ge¹, Y.-H. Chen², T. Ozaki¹, K. Endo³, Y. Li², J.-H. Tarn², and S. Samukawa^{1,2,4}

E-mail: daisuke.ohori.a4@tohoku.ac.jp, samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

【緒言】

次世代材料である Ge や SiGe を用いた MOS トランジスタ作製において、プロセス中の熱収支を下げつつ高品質なゲート絶縁膜の作製が求められている。微細化が進む MOS 構造に関して、ゲートリーク電流を抑制するため、 SiO_2 に代わる高い誘電率(k 値)、熱安定性、そして良好な界面を形成できる二酸化ハフニウム(HfO_2)が注目されている。良好なゲート誘電膜を高アスペクト比なチャンネルへ成膜するために、原子層堆積(ALD)法を用いて高いカバレッジと膜厚制御で実現してきた。我々は熱収支を下げて高品質な ALD を行うために、低温(30°C)で無欠陥中性粒子ビーム強化 ALD(NBEALD)を用いて既に高品質な SiO_2 膜の成膜に成功した[1]。本研究では、低温 NBEALD を用いて高品質なアモルファス HfO_2 薄膜/ SiO_2 薄膜/Si 基板構造の作製を行い、 HfO_2 薄膜の表面粗さと結晶状態を調べた。

【実験方法および結果】

NBEALD は、8 インチ対応の大口径チャンバを使用し、Tetrakis(ethylmethylamino)hafnium (TEMAH) をプリカーサとして、Ar をキャリアガスとして使用した。試料は Si(100) 基板を硫酸加水(硫酸 4:過酸化水素 1)および 1%フッ化水素酸で洗浄後に、1.6 nm 厚の SiO_2 を NB 酸化によって形成した。その後、ALD 成長条件として、ガス供給(5 sec)・パージ(5 sec)・酸素 NB 照射 (20 sec)・酸素ガスパージ (5 sec) とし、酸素プラズマは 1300 W、バイアスは 0 W、ステージ温度を 30°C とし、50、100、150、200 サイクルで成長した試料をそれぞれ準備した。成膜された HfO_2 薄膜は、原子間力顕微鏡(AFM)で表面粗さを、X 線回折(XRD)測定で結晶状態を評価した。

Fig.1 に AFM で測定した表面粗さの 2 乗平均粗さを示す。表面粗さは成長サイクルを増加させると共に、増加した。一方で、膜厚に対して 3.1%以下の粗さであることから、十分に平坦な膜が成膜できたと考えられる。Fig. 2 に XRD 測定による θ -2 θ 測定結果を示す。代表的な(1 1 -1)の回折ピークの角度を図中に示しているが、全ての試料において回折ピークが確認できなかった。以上のことより、高い平坦性かつアモルファス $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 薄膜を低温で in-situ 環境で成膜することに成功した。将来的に、熱収支の小さな MOS トランジスタ作製プロセスの提供に大きく貢献できることが示唆された。

【Reference】

[1] H.-H. Chen, et al., *J. Phys. D* **53**, 015204 (2019).

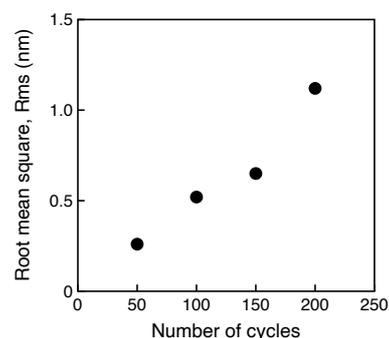


Fig. 1. Surface roughness for each number of cycles samples.

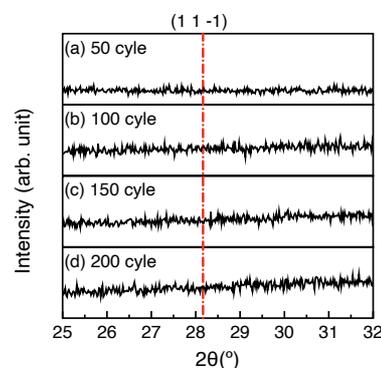


Fig. 2. XRD signal for each number of cycles samples.