

中性粒子ビーム原子層堆積法による $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面制御

$\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ Interface Control by Neutral Beam Enhanced Atomic Layer Deposition

東北大学流体研¹, NYCU²,

○大堀 大介¹, 尾崎 卓哉¹, Li Yiming², 遠藤 和彦¹, 寒川 誠二^{2,1}

IFS, Tohoku Univ.¹, NYCU²,

○D. Ohori¹, T. Ozaki¹, Y. Li², K. Endo¹, and S. Samukawa^{2,1}

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

【緒言】

Si-MOS 構造の微細化に伴い、ゲートリーク電流を抑制するための方法のひとつに、ゲート絶縁膜である SiO_2 に代わる高い誘電率(k 値)、熱安定性、そして良好な界面形成が可能な二酸化ハフニウム(HfO_2)が研究されている。複雑化する 3 次元構造へ均一に成膜するために、原子層堆積(ALD)法が用いられている。我々は、半導体製造過程における熱収支を低減させ、高品質な ALD 成膜を目指し、低温(30℃)で中性粒子ビーム励起 ALD (NBEALD)法を用いて既に高品質な SiO_2 膜と HfO_2 膜の形成に成功した[1,2]。本研究では、低温 NBEALD を用いてアモルファス HfO_2 膜を Si の自然酸化膜および中性粒子酸化(NBO)膜上に成膜し、その HfO_2 薄膜の電気特性を評価した。

【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)基板を硫酸加水で洗浄し、NBO 膜形成用試料においては、1%フッ化水素酸で洗浄した後に、1.2 nm 厚の NBO 膜を形成した。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℃として、100 サイクル (18 nm)で成長した。

Fig. 1 に自然酸化膜上に形成したアモルファス HfO_2 膜の I-V 特性を示す。6.8 MV/cm 以下においてリーク電流は 10^{-7} A/cm^2 以下となった。6.8 MV/cm から徐々にリーク電流が増え、12.3 MV/cm で絶縁破壊が起こった。一般的な HfO_2 膜と比較するとおよそ 3 倍程度の高い絶縁破壊特性を得られた。Fig. 2 に C-V 測定結果を示す。結果より、 C_{ox} は 38 pF となり、そこから見積もられる比誘電率は 9.4、EOT は 7.5 nm となった。単結晶 HfO_2 膜における比誘電率は 22 であり、NBEALD による HfO_2 膜の比誘電率を向上させるためには、Si 酸化膜との界面を最適化する必要がある。界面に Si NBO 膜を用いた電気特性結果は、発表時に詳細に議論する。

【Reference】

- [1] H.-H. Chen, et al., *J. Phys. D* **53**, 015204 (2019).
- [2] B. Ge, et al., *J. Vac. Sci. Technol. A* **40**, 022405 (2022).

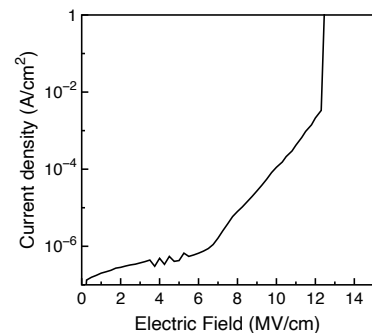


Fig. 1. I-V characteristic of breakdown voltage for NBEALD HfO_2 film.

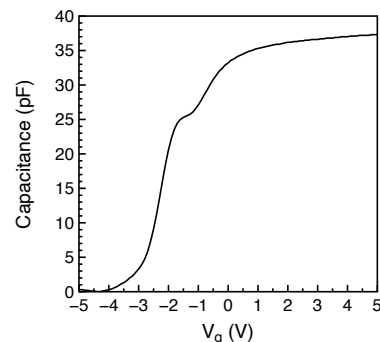


Fig. 2. C-V characteristic of relative permittivity for NBEALD HfO_2 film.