

## $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上の HfO<sub>2</sub> 系強誘電体薄膜の ALD 成長

### ALD growth of HfO<sub>2</sub>-based ferroelectric thin films on $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

大阪公立大院工 °古川 勝裕, 市川 龍斗, 阿多 翔大, 吉村 武, 藤村 紀文

Osaka Metro. Univ., °K. Furukawa, R. Ichikawa, S. Ata, T. Yoshimura, N. Fujimura

E-mail: fujim@omu.ac.jp

**【はじめに】** Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、4.7–4.9 eV の大きなバンドギャップを有し、8 MV/cm もの高い絶縁破壊電界、優れたバリガの性能指数を示すことから、次世代パワー半導体として注目されている [1]。また、Hf 系強誘電体は、3 nm 程度の極薄膜で強誘電性を示すことから [2]、高集積強誘電体ゲートトランジスタ(FeFET)への応用が期待されている。HfO<sub>2</sub> は準安定相である Orthorhombic (O) 相のみが強誘電性を示すため、Y や Si などの不純物ドーピング、酸素欠陥の形成、キャップアニールといった手法によって O 相の安定化が行われている [3–5]。本研究室ではこれまで、微小空間で熱 ALD 法を行うことによって、少量の原料供給による ALD mode での製膜および Si 基板上への Non-doped HfO<sub>2</sub> の O 相形成に成功している [6]。今回は、同様の微小空間 ALD 装置を用いて Si 上および Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上に HfO<sub>2</sub> 極薄膜を作製した結果を報告する。

**【実験方法および結果】** HfO<sub>2</sub> 薄膜を、Si および、(100), (001), (-201)  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板上に、基板温度 345°C の熱 ALD 法で作製した。Hf 用原料には TEMAHf、酸化源には H<sub>2</sub>O を用いた。成長後、N<sub>2</sub> 雰囲気中で 800 °C の結晶化アニールを行った。結晶性は GIXRD 測定によって調べた。Si 上に作製した HfO<sub>2</sub> の膜厚および O 相のピーク強度には面内分布が存在した。これは微小空間の基板直上で原料の導入と排気を行ったことで酸素欠損の生じやすい箇所が存在するためであると考えられる。作製した試料の同一箇所 GIXRD 測定を行った結果を Fig. 1 に示す。Si 上では明瞭な O/T 相が確認できるものの Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上では、HfO<sub>2</sub> の結晶相が確認できない。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板上の試料に 600~800 °C 窒素中でアニールを施した場合の GIXRD 測定結果を Fig. 2 に示す。(-201) 基板のみわずかに O 相の形成がみられる。当日は Si 上と Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上への HfO<sub>2</sub> 成長プロセスの層に関して詳細に報告する。

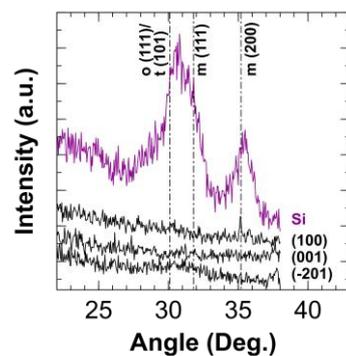


Fig. 1 GIXRD patterns of HfO<sub>2</sub> on (100), (001), (-201) Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Si substrate.

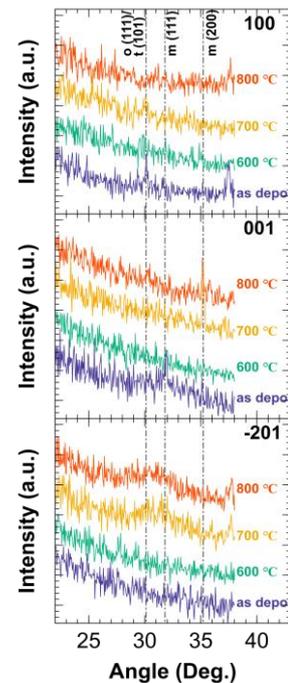


Fig. 2 GIXRD patterns of HfO<sub>2</sub> on (100), (001), (-201) Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, substrate as a function of Annealing temperatures.

**【謝辞】** 本研究は、総務省「ICT 重点技術の研究開発プロジェクト (JPMI00316)」、JST CREST(JPMJCR20C3)および JSPS 科研費 19H05618 の助成を受けたものである。

**【参考文献】** [1] M. Higashiwaki et al., 表面科学, **35**, 102 (2014). [2] M. E. McBriarty et al., *Phys. Status Solidi B* **257**, 1900285 (2020). [3] L. Xu, et al., *J. Appl. Phys.* **122**, 124104 (2017). [4] Y. Zhou, et al., *Comput. Mater. Sci.* **167**, 143-150 (2019). [5] K. Takada, et al., *Adv. Electron. Mater.* **7**, 2100151 (2021). [6] 市川ら, 第 71 回春季応用物理学会, 25p-1BJ-3.