

2007A1953

BL46XU

次世代ゲート絶縁膜に向けた high-k 積層膜の微小角 X 線回折測定  
Grazing Incidence X-ray Diffraction of High-k Gate Dielectric Film

角嶋邦之<sup>a</sup>、舘喜一<sup>b</sup>、佐藤創志<sup>b</sup>、岩井洋<sup>b</sup>

Kuniyuki Kakushima<sup>a</sup>, Kiichi Tachi<sup>b</sup>, Soushi Satob, and Hiroshi Iwai<sup>b</sup>

東京工業大学 <sup>a</sup>大学院総合理工学研究科 <sup>b</sup>フロンティア創造共同研究センター

<sup>a</sup>Tokyo Institute of Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering

<sup>b</sup>Tokyo Institute of Technology, Frontier Collaborative Research Center

#### 背景と研究目的

高誘電体の薄膜(high-k 膜)を用いたゲート絶縁膜の導入は、高い容量と低リーク電流が両立できる技術として、半導体微細化スケールリングで必須である。ゲート絶縁膜としての High-k 膜に要求される性能には、高い誘電率、バンドギャップが大きいこと、高温熱処理後の微結晶化の抑制などが挙げられる。誘電率とバンドギャップはリーク電流抑制に効果的である。High-k 膜中で微結晶化が起こってしまうと、膜中で局所的に誘電率が異なることになるため、等価的にラフネス散乱を引き起こす原因となってしまう。そこで、高温熱処理後でアモルファス構造となる high-k 膜が必要である。そこで、本研究では次世代の材料として注目されている La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を中心として、実用化を目前に控えた HfO<sub>2</sub> 膜、あるいは Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を積層した構造を製作し、結晶化の評価を行った。

#### 実験方法

測定に用いた試料は HfO<sub>2</sub> と La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> とを膜厚を変えて積層した構造、及び HfO<sub>2</sub> と

Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を積層した構造である。また、参照試料として La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と HfO<sub>2</sub> 単層膜の試料も用意した。外部環境からの吸湿を抑制するために SiO<sub>2</sub>(15nm)製膜した。尚、すべての酸化物は超高真空における電子線蒸着で成膜しており、大気開放せずに連続で成膜を行った。熱処理は配線工程に必要な熱処理温度を想定し、窒素雰囲気中で 500°C、5 分間とした。測定は 4nm の薄膜を評価することから、BL46XU の硬 X 線による斜入射 X 線回折法を利用した。

#### 結果

まず La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と HfO<sub>2</sub> の参照試料からの X 線回折パターンを図 1 に示した。どちらの試料も結晶化しており、ピークの同定によりそれぞれ hexagonal と monoclinic の結晶構造であることが分かる。一方で、HfO<sub>2</sub> と La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をそれぞれ 2nm/2nm および 3nm/1nm 積層にした試料の X 線回折パターンを図 2 に示した。この結果、明瞭なピークは見られなく、Si 界面に 1nm の La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 挿入でも熱処理後の結晶化が抑制できることが分かった。また、同様に HfO<sub>2</sub>/Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

の積層構造でも結晶化の抑制が可能であることがわかった。

まとめ

本測定では電子デバイスのゲート絶縁膜応用に必要とされる結晶化の無い絶縁膜の実現に向けて、 $\text{HfO}_2$  と  $\text{La}_2\text{O}_3$  の積層構造、あるいは  $\text{HfO}_2$  と  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  の積層構造を作製し熱処理をすることによって結晶化を抑制できることが薄膜 X 線回折法によって明らかになった。今後、トランジスタ性能との関連づけを行っていく予定である。

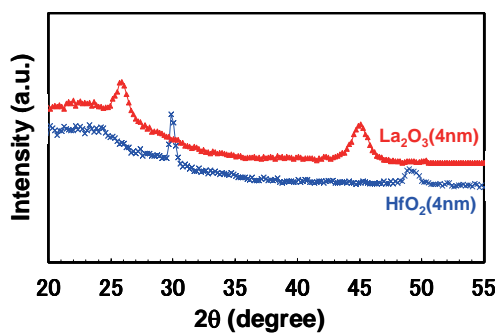


図 1 500°Cで熱処理した  $\text{La}_2\text{O}_3(4\text{nm})/\text{Si}$  と  $\text{HfO}_2(4\text{nm})/\text{Si}$  の X 線回折パターン。

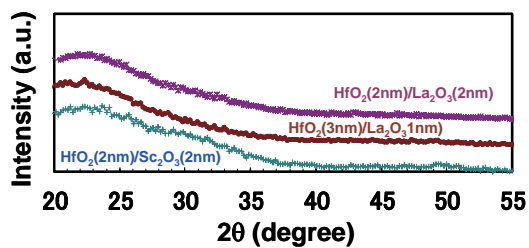


図2 500°Cで熱処理した $\text{HfO}_2/\text{La}_2\text{O}_3/\text{Si}$  と  $\text{HfO}_2/\text{Sc}_2\text{O}_3/\text{Si}$  の X 線回折パターン。明瞭なピークは確認できなかった。