

## トライアルユース課題実施報告書

実施課題番号：2005A0201-NI-np-TU

実験課題名：高温熱処理した高誘電体絶縁膜の構造解析

実験責任者所属機関及び氏名：(株)東芝 LSI 基盤技術ラボラトリー 山崎 英之

使用ビームライン：BL13XU

### 実験結果：

#### 1. 背景と研究目的

近年のデジタルテレビや携帯電話等の高度なデジタルメディア処理能力を必要とする機器は、より高性能で消費電力の低い半導体装置が強く志向される。集積回路の高性能化、低消費電力化は、半導体装置の微細化によって達成されるため、集積回路の微細化が急速に進んでいる。集積回路の微細化とともにトランジスタのゲート絶縁膜も薄膜化している。ゲート絶縁膜の薄膜化を従来から使用されている二酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) 膜で行うと、トランジスタ性能や信頼性を低下させる。上記の膜に替わる材料として、高誘電率を有する材料をゲート絶縁膜に適用する研究を行っている。誘電率の高い材料を用いることで、絶縁膜の実効膜厚を薄膜化することなくゲート容量を確保できるので、ゲート絶縁膜を流れるリーク電流を抑えることができるからである。高誘電率ゲート絶縁膜材料の候補の一つとして、Hf 系の high-k 材料が注目されている。しかし、Hf 系の high-k 膜を用いたトランジスタの電気特性は目標仕様を満足していない。この原因の一つとして、ドーパントの活性化を行うための熱処理工程において微量な結晶相が生じ、これがリークパスになることが考えられている。本研究では、Hf シリケート膜の結晶化の熱処理条件依存性（昇温レート、降温レート依存性）を In-plane X 線回折実験により調べることを試みた。

#### 2. 実験

測定試料は、Si 基板表面に成膜した膜厚が 3 nm の HfSiO 膜であり、高温熱処理により結晶化が起こる組成比のものを用意した。高温熱処理条件は Table 1 に示す。In-plane X 線回折実験は BL13XU ビームラインで行った。入射 X 線波長は 0.993Å であった。

Table 1 Annealing conditions

Sample	Ramping-up rate (°C/sec.)	Annealing	Ramping-down rate(°C/sec.)
#1 (Rapid/Rapid)	10	1000°C、30 sec.	1.7
#2 (Rapid/Slow)	10	''	0.8
#3 (Slow/Rapid)	2	''	1.7
#4 (Slow/Slow)	2	''	0.8

### 3. 結果

高温熱処理後の HfSiO 膜の In-plane X 線回折スペクトルを Fig.1 に示す。すべての試料が結晶化しており、斜方晶系<sup>1</sup>の HfO<sub>2</sub>が生じることが確認された。通常、X 線回折スペクトルの半価幅 (FWHM) が小さいほど結晶性が高いことを示すので、結晶性の熱処理条件依存性を半価幅より評価した。その結果、HfSiO 膜の結晶子サイズは、降温レートよりも昇温レートにわずかに影響することがわかった。HfSiO 膜の結晶子サイズの相対比較を Scherrer 式に基づいて行ったところ、昇温レートの遅い熱処理を行った試料の結晶子サイズは、昇温レートの速い熱処理を行った試料に比べて 12%ほど大きいことがわかった。

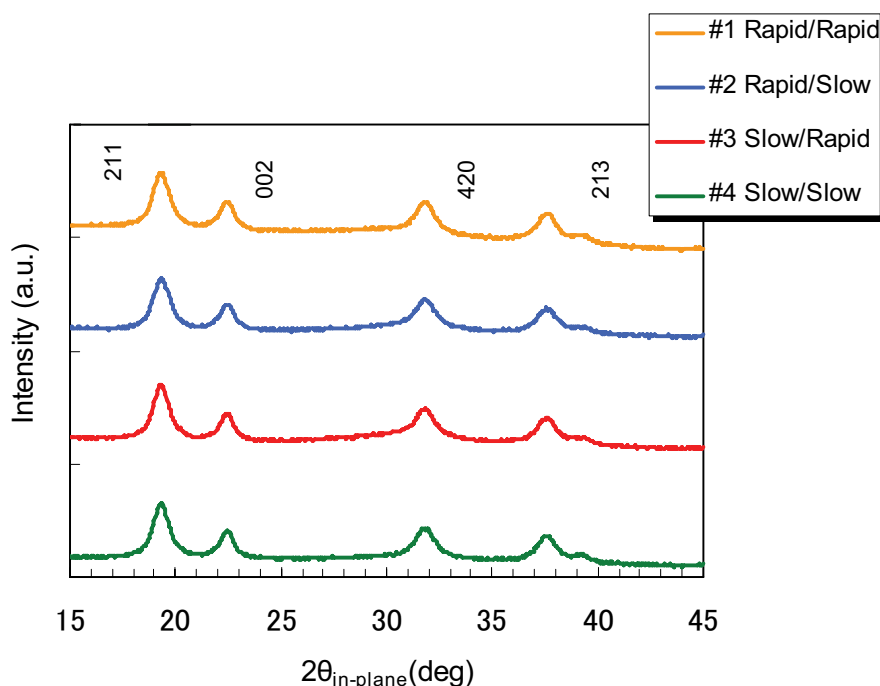


Fig. 1 In-plane x-ray diffraction patterns for annealed HfSiO films

### 4. まとめ

HfSiO 膜を高温熱処理することによって生成する結晶子の熱処理条件依存性を調べた結果、結晶子のサイズは降温レートには影響せず、昇温レートに依存することがわかった。

本トライアルユース実験を通して、ラボ装置では検出困難な極薄膜の X 線回折データが高い S/N 比で且つ迅速に得られることがわかった。BL13XU ビームラインの利用は、産業利用に有効であり、製品開発に直結するデータが収集できることを確認した。

### 謝辞

BL13XU における実験において、ご協力いただきました坂田修身様、北野彰子様へ深く感謝いたします。

参考文献： 1. International Center for Diffraction Data, Card 81-0028.