

(様式第5号)

X線吸収分光法による酸化ハフニウム薄膜の局所構造解析 Local structure analysis of hafnium oxide thin film studied by X-ray absorption spectroscopy

尾形健一 佐々木悟
Ken-ichi Ogata Satoru Sasaki

大阪工業大学ナノ材料マイクロデバイス研究センター
Nanomaterials Microdevices Research Center, Osaka Institute of Technology

- ※1 先端創生利用（長期タイプ、長期トライアルユース、長期産学連携ユース）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※2 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です。（トライアルユース、及び産学連携ユースを除く）

1. 概要（注：結論を含めて下さい）

high-k 絶縁物材料である酸化ハフニウム(HfO_2)を、シリコン基板上に電子ビーム(electron beam, EB)蒸着法またはパルスレーザー堆積(pulse laser deposition, PLD)法で堆積し、Hf原子の局所構造評価のためにX線吸収微細構造(X-ray absorption fine structure, XAFS)測定を行った。As-depo.の試料及び熱処理を施した試料のいずれからでもXAFS振動を観察することができた。

(English)

HfO_2 films, one of the High-k insulating materials, were deposited on Si substrates by means of electron beam (EB) deposition and pulse laser deposition (PLD). X-ray absorption fine structure (XAFS) measurement was performed aiming at obtaining the information on local structure of Hf atoms. XAFS oscillations were observed in both as-deposited and thermally annealed HfO_2 samples.

2. 背景と目的

透明デバイスはタッチパネルやディスプレイなどの応用にとって欠かせない技術であり、その実現が強く期待されている。我々はガラス上への透明デバイス作製を目指しており、特に室温成膜プロセスを用いた透明電界効果トランジスタ(field effect transistor, FET)作製を目指している。そのためには半導体チャネルとゲート絶縁膜が必要となる。FETのチャネルには低温での薄膜作製が可能なワイドバンドギャップ半導体の酸化亜鉛(ZnO)を、ゲート絶縁膜には high-k 材料である酸化ハフニウム(HfO_2)を用いている。 HfO_2 を用いることで、絶縁膜の膜厚を制御しやすい適切な厚さで作製できるだけでなく、伝達コンダクタンスを大きくすることができるという特徴がある。現時点で室温成膜による ZnO は電気伝導性が十分ではなく成膜後の 500°C 程度の熱処理が欠かせないが、デバイス作製プロセス上 HfO_2 も熱処理を避けることができないという問題点がある。そのためアモルファス HfO_2 が微結晶化し、そのことによる結晶粒界を介してのリーク電流増加などが懸念される。

本研究では電子ビーム(electron beam, EB)蒸着法及びパルスレーザー堆積(pulse laser deposition, PLD)法といった異なる成膜法で室温において成膜した HfO_2 膜に対して XAFS 測定を行うことでアモルファス状態の HfO_2 の評価を行う。XAFS 測定はアモルファス膜の物性評価に有用な方法であり、Hf の価数などの電子状態の評価及び原子間距離・配位数などの局所構造の評価を行う。作製手法の異なる HfO_2 膜で XAFS スペクトルから得られる情報を比較することにより、成膜条件の最適化につなげていくことができると思われる。また熱処理を行なった HfO_2 膜に対しても XAFS 測定を行うことにより、デバイス作製時における影響を明らかにする。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

HfO₂薄膜はEB蒸着法及びPLD法にてシリコン基板上に室温で製膜を行った。膜厚は100nm程度である。試料構造を図1に示す。また製膜後絶縁特性の改善を目指す観点から大気中で熱処理を行った。オフラインのX線回折測定からはEB蒸着HfO₂膜はアモルファスであり、他方PLD法によるHfO₂膜は微結晶で構成されることが判明している。また電気的特性に関しては、両者とも電界効果トランジスタ(FET)の絶縁膜として耐えうる絶縁性を有することがわかっている。これらの薄膜をBL11から帆放射光を用い、Hf-L端におけるXAFS測定を行った。

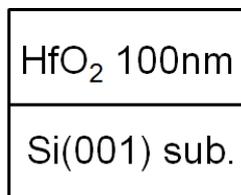


図1. 試料構造

4. 実験結果と考察

図2にHfO₂薄膜のHf-L端における代表的なXAFSスペクトルを示す。9600eV付近に急峻な吸収ピークが見え、高エネルギー側にXAFS振動構造が確認された。XAFS振動はEB蒸着HfO₂薄膜及びPLD法によるHfO₂薄膜の両方で共通に見られた。

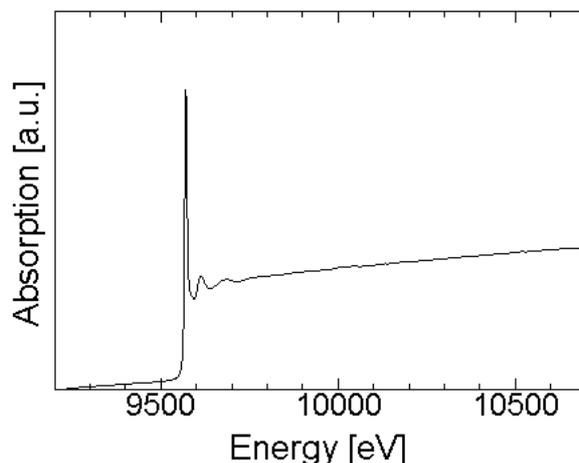


図2. HfO₂薄膜のHf-L端における代表的なXAFSスペクトル

5. 今後の課題

より詳細な解析を進める必要がある。

6. 参考文献

特になし

7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

なし

8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

酸化ハフニウム, X線吸収微細構造

9. 研究成果公開について (注: ※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文(査読付)発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください。(2013年度実施課題は2015年度末が期限となります。))

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

② 論文(査読付)発表の報告

(報告時期: 年 月)

② 研究成果公報の原稿提出

(提出時期: 2016年 3月)