

(様式第4号)

NEXAFS を用いた次世代ゲートスタック材料のキャラクタリゼーション 3 Characterization of next generation gate stack materials by NEXAFS 3

山元 隆志、小川 慎吾、藤田 学
Takashi Yamamoto, Shingo Ogawa, Manabu Fujita

(株)東レリサーチセンター
Toray Research Center, Inc.

1. 概要

次世代のゲートスタック構造であるメタルゲート/High- k ゲートスタックについて、試料裏面の Si 基板を除去し、裏面から NEXAFS 測定 (バックサイド NEXAFS) を行うことで、ゲート絶縁膜の化学構造および電子状態を分析することを試みた。その結果、ゲートスタック構造を有する試料の NEXAFS 測定に成功し、La ドープによる Hf 系ゲート絶縁膜の電子状態に関する違いが捕らえられた。

(English)

We tried to do back side NEXAFS measurement of metal gate / High- k gate stacks, which is next generation gate stack structure, with removing Si substrate using sample preparation techniques. As the results, we have succeeded the back-side NEXAFS measurement on the sample with the gate stack structure and finding out the difference of electronic state of Hf based high- k gate dielectrics with and without La doping.

2. 背景と研究目的：

次世代半導体技術において、より高性能なゲートスタック構造を実現するために、ゲート絶縁膜の高誘電率化 (High- k 膜の導入)、メタルゲート電極の導入、高移動度を有するチャネル材料の導入が検討され、一部は実用化されている。しかしながら、これら新材料の導入にともなう諸現象に関する物理的理解は、実用段階を迎えてもなお十分ではない。特に、 V_{th} 制御の点で重要なデュアル High- k 技術 (例えば、La をドープした Hf 系酸化膜) において、ゲート絶縁膜の化学構造や電子状態を詳細には明らかと出来ていない。ゲート絶縁膜の化学構造や電子状態を深く理解することは、より高性能なゲートスタック構造の実現に繋がると考えられる。

NEXAFS 分析は極薄膜においても十分な感度を有し、かつ、エネルギー分解能も高いことから、High- k ゲート絶縁膜の化学構造や電子状態を調べる上で、有力な分析手法の一である。しかしながら、NEXAFS 分析の情報深さは数十 nm であるため、それより厚いゲート電極を有する実際のゲートスタック構造では、NEXAFS 分析の適用が難しい。一方、D-SIMS や XPS では、試料裏面の Si 基板を除去することでゲート絶縁膜を露出させ、その後、分析することが行われている (バックサイド分析)。NEXAFS をバックサイド分析へ応用することにより、ゲートスタック構造を有する試料についてもゲート絶縁膜の化学構造や電子状態をより詳細に調べることが出来る可能性がある。

そこで本研究では、次世代ゲートスタック構造に用いられるゲート絶縁膜の詳細な評価を最終目標とし、そのための 3rd-step として、ゲートスタック構造を有する試料について、バックサイド NEXAFS 分析の適用を試みた。

3. 実験内容 (試料、実験方法の説明)

膜厚 1.8 nm の SiO₂ が形成されている Si 基板上へ、0.7 nm の Hf メタルもしくは Hf-La アロイを蒸着した。その後、in situ プロセスにて、850°C × 1 min. の真空アニールを行うことで HfSiO₂ もしくは HfLaSiO₂ 膜を形成し、さらに TiN 膜を 100 nm 成膜した。得られた試料について、それぞれ 850°C にてアニールした後、NEXAFS 測定を実施した。

バックサイドNEXAFS測定のために、試料裏面のSi基板を機械加工と化学エッチングで除去した(図1参照)。

加工後の試料について、全電子収量法を用いてによってNEXAFS測定を行った。データ解析は、プリエッジ領域でバックグラウンドを求めて、ポストエッジ領域で規格化した。なお、スペクトルの横軸補正は、標準として取得したTiO₂のスペクトルにおけるt_g成分のピーク位置を531.3 eVとして行った¹⁾。

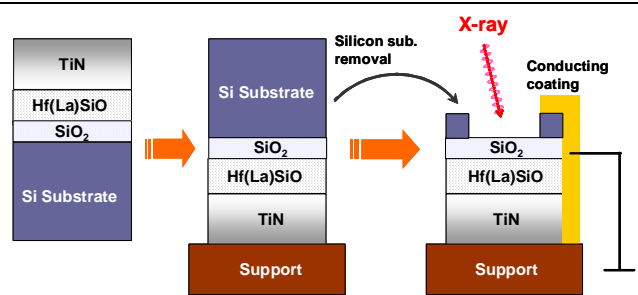


図1. バックサイド加工の模式図

4. 実験結果と考察

TiN/HfSiO/Si 基板および TiN/HfLaSiO/Si 基板の2試料について、バックサイドNEXAFS測定から得られたO K-edge スペクトルを図2示す。

両試料ともに、538 eV 付近のピークを有するブロードなスペクトル形状を示し、534 eV 付近にショルダーピークが現れている。538 eV 付近のブロードなピークはSiO₂およびSilicate成分に帰属され、534 eV 付近のピークは-Hf-O-成分に帰属される。また、TiN/HfLaSiO/Si 基板試料には、535 eV 付近にも特徴的な構造が認められる。これは、-La-O-成分に帰属される²⁾。

上述した特徴は試料の特徴を反映しており、バックサイド分析により妥当な結果が得られていると判断される。本結果から、ゲートスタック構造を有する試料において、ゲート絶縁膜の化学構造と電子状態の分析にバックサイド分析が有効であると期待される。

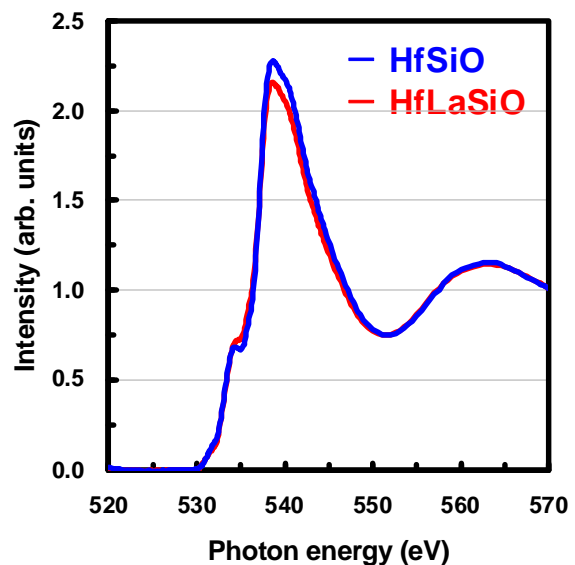


図2. 両試料のO K-edge スペクトル

5. 今後の課題：

本実験試料では、試料導入後の真空度向上に要する時間が通常よりも長く必要であった。これは、試料加工時に用いる固定剤などが原因と考えられる。今後、測定数を増加し、実験のスループットをあげるために、予備的な真空排気系システムの充実などを期待する。

6. 論文発表状況・特許状況

本研究結果は、その他の電子状態分析結果とともに学会発表を予定している。

7. 参考文献

- 1) J. Chen, Sur. Sci. Reports 30, 1 (1997).
- 2) T. Yamamoto, S. Ogawa, M. Kunisu, J. Tsuji, K. Kita, M. Saeki, Y. Oku, H. Arimura, N. Kitano, T. Hosoi, T. Shimura and H. Watanabe: to be published in J. Nanoscience and Nanotechnology.

8. キーワード

NEXAFS、メタルゲート電極、High-k ゲート絶縁膜、バックサイド分析

9. 謝辞

本実験に関して、実験全般にわたりご指導いただき、かつ、実験準備についても多大なるご協力をいただきました大阪大学の渡部先生と細井先生に深く感謝いたします。