

課題番号 :2023B-E20
利用課題名 (日本語) :ゲルマニウム単結晶上に作製したハフニウム堆積膜表面界面の化学状態を選別した酸化反応機構の解明
Program Title (English) :Study of early oxidation mechanism at interface and surface of hafnium adsorbed Ge(100) by core-level photoelectron spectroscopy.
利用者名(日本語) :垣内拓大¹⁾, 本田優斗¹⁾, 澁谷陽斗¹⁾, 白方憲伸¹⁾, 津田泰孝²⁾, 吉越章隆²⁾
Username (English) :T. Kakiuchi¹⁾, Y. honda¹⁾, H. Shibutani¹⁾, K. Shirakata¹⁾, Y. Tsuda²⁾, A. Yoshigoe²⁾
所属名(日本語) :1) 愛媛大学理学部理学科化学コース, 2) 日本原子力研究開発機構
キーワード:「薄膜合成」、「高誘電率材料」、「表面反応制御」、「化学状態分析」、「接合界面酸化」

1. 概要 (Summary) 目的・用途・実施内容

ゲルマニウム (Ge) は、シリコン基板よりも電子・正孔移動度が共に高い優れた半導体基板である。一方、ハフニア (HfO_x) は、化学組成、結晶構造、および添加物の量によって常誘電体や強誘電体にもなる特徴を持つ酸化物材料である。これらを組み合わせることで、従来よりも高い移動度を持つ電界効果トランジスタや強誘電体トランジスタの開発が期待される。

本研究では、清浄な Ge 基板上にハフニウム (Hf) 金属膜を作製し、その表面界面の化学組成を放射光光電子分光法 (SRXPS) によって分析した。さらに、酸素分子を曝露しながら SRXPS を実施することで、表面界面の化学状態変化から酸化反応を追跡し、酸化生成物の同定と Hf、Ge、O の深さ分布を考察した。

本成果は、基礎科学的価値だけでなく、半導体素子の積層構造構築技術や化学状態制御による物性発現研究にフィードバックできる。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

放射光施設 SPring-8 の BL23SU (表面化学実験ステーション) にて、酸素分子曝露を断続的に繰り返しながら SRXPS で Hf 4f, Ge 3d, および O 1s 内殻スペクトルを測定した。得られた結果は Voigt 関数で成分分離し、化学状態分析を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Ge(100)-2×1 清浄表面を作製後、その表面に Hf を 2 原子層相当堆積させた。SRXPS の結果、Hf と Ge はすぐさま反応し、表面成分と界面成分の Hf Germanide (Hf_xGe_y と表記) を形成することが分かった [Hf_xGe_y/Ge(100)]。Hf_xGe_y/Ge(100)の酸化は、界面から表面へと逆に進行することが示唆された。また、Ge 基板まで酸化が進行すると界面から Ge が放出/偏析して Hf 酸化物が還元 (Hf が 4 価から 3, 2 価へ) されることが分かった。現在は、還元が起こる理由についてより表面敏感な角度での SRXPS 測定から明らかにする実験を計画中である。

4. その他・特記事項 (Others)

「なし。」