

課題番号 :2014B-E27
利用課題名 (日本語) :高移動度 MOSFET 実現に向けた高機能化 High- k /Ge ゲートスタックの界面設計
Program Title (English) :Interface Engineering of High- k /Ge Gate Stacks for High-mobility Ge-MOSFETs
利用者名(日本語) :渡部平司¹⁾, 浅原亮平¹⁾, 細井卓治¹⁾, 志村考功¹⁾, 吉越章隆²⁾, 寺岡有殿²⁾
Username (English) :H. Watanabe¹⁾, R. Asahara¹⁾, T. Hosoi¹⁾, T. Shimura¹⁾, A. Yoshigoe²⁾, Y. Teraoka²⁾
所属名(日本語) :1) 大阪大学大学院工学研究科, 2) 日本原子力研究開発機構
Affiliation (English) :1) Graduate School of Eng., Osaka University, 2) Japan Atomic Energy Agency
キーワード : Ge, high- k , MOS interface

1. 概要 (Summary)

次世代 CMOS チャンネル材料として期待されている Ge だが、その実現にはゲートスタック技術の確立が求められている。最近、GeO₂ 膜に金属元素を添加することにより、熱的・化学的安定性を高められることが報告されている。本研究では、Y 添加 GeO₂ 膜の耐熱性についてその場光電子分光分析を行った。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

次世代 CMOS チャンネル材料として電子・正孔ともに高移動度を有する Ge が注目されている。Ge チャンネル導入の際には、1 nm 以下の等価 SiO₂ 換算膜厚 (EOT: Equivalent Oxide Thickness) と優れた界面特性が求められるため、high- k /Ge ゲートスタック技術が不可欠である。熱酸化 GeO₂/Ge 構造は優れた界面特性を示す一方で、GeO₂ には薄膜領域で吸湿性・熱的不安定性に起因する顕著な絶縁性劣化という課題があった[1]。最近、GeO₂ 層に Y や Sc といった元素をドーピングすることにより、耐熱性や耐湿性が向上することが見出され[2]、Y 添加 GeO₂ 層を high- k /Ge ゲートスタックの界面層として用いることにより極薄 EOT で優れた MOSFET 特性が報告された[3]。そこで本研究では、Y 添加 GeO₂ 膜の耐熱性並びに熱的構造変化について、放射光光電子分光分析 (Synchrotron Radiation Photoelectron Spectroscopy: SR-PES) により調べた。

p 型 Ge(100)基板を洗浄した後、スパッタ法により Y 組成 9%と 18%の Y 添加 GeO₂ (YGO) 膜を室温で約 2 nm 堆積した。また比較として Y を添加しない GeO₂/Ge 試料も熱酸化により作製した。これらの試料に対して SPring-8 内の日本原子力研究開発機構専用軟 X 線ビームライン (BL23SU) に設置された表面反

応分析装置を用いた昇温しながらのその場 SR-PES により評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

作製した GeO₂/Ge 構造と YGO/Ge 構造に対して、熱処理と SR-PES 測定を真空中で繰り返し行い、熱的安定性を評価した。室温から 500°C まで昇温しながら各温度で測定した Ge 3d スペクトルから、いずれの構造でも Ge 基板から約 3.2 eV 高結合エネルギー側に GeO₂ 起因のケミカルシフト成分 (Ge⁴⁺) が観測され、Y 添加が GeO₂ の化学結合状態を大きく変えることはないことがわかった。Y 添加していない GeO₂/Ge 構造では、450°C で完全に GeO₂ 膜が分解・消失したのに対し、YGO (Y 組成 12%) 膜は多少のピーク強度の減少が見られたものの 450°C でも Ge⁴⁺成分が明らかに残っていたことから、耐熱性が向上したと言える。しかしながら、Y 組成 18% では 450°C で YGO 膜の大部分が熱分解したことがわかり、Y 添加による耐熱性向上には Y 組成が重要なパラメータであることがわかった。

4. その他・特記事項 (Others)

参考文献 [1] T. Hosoi *et al.*, Appl. Phys. Lett. Vol. 94, 202112 (2009). [2] C. Lu *et al.*, Appl. Phys. Lett. Vol. 104, 092909 (2014). [3] C. H. Lee *et al.*, IEDM Tech. Dig. p.40 (2013).