

La₂O₃/Ge 界面への微量 Si 挿入による GeO_x 形成の抑制効果 Effective Suppression of GeO_x with Si Insertion at La₂O₃/Ge Interface

角嶋邦之^a、宋在烈^a、吉丸正樹^b
Kuniyuki Kakushima^a, Song Jaeyeol^a, Masaki Yosimaru^b

^a東京工業大学, ^b半導体理工学研究センター
^aTokyo Institute of Technology, ^bSTARC

La₂O₃/Ge のゲートスタックにおいて、熱処理後の GeO_x の形成はヒステリシスの原因となる。そこで、La₂O₃/Ge 界面への Si の微量挿入による GeO_x の抑制効果について検討を行った。ヒステリシスの評価は電気特性で行い、GeO_x の測定は BL47XU を用いた光電子分光で行った。その結果、Si 量が 1.0nm の場合ではヒステリシスは完全に無くなり、GeO_x は全く形成されていないことが確認できた。Si の微量挿入により、GeO_x 形成を効果的に抑制できることが明らかになった。

Formation of GeO_x results in a large hysteresis for La₂O₃/Ge MOS capacitor. In order to suppress the formation, a thin layer of Si has been introduced at La₂O₃/Ge interface. Hysteresis has been measured by capacitance-voltage (CV) characteristics and GeO_x has been detected by hard x-ray photoelectron spectroscopy with BL47XU at SPring-8. With an insertion layer of 1.0 nm, GeO_x formation has been effectively suppressed, reflecting the suppression of hysteresis in CV characteristics. Therefore, a thin layer of Si can effectively suppress the formation of GeO_x.

キーワード：ゲルマニウム、高誘電率材料、ゲート絶縁膜、ランタン酸化物

背景と研究目的： 電子デバイスの高移動度チャンネル材料として注目されている Ge 基板は特に正孔の移動度が高いことから PMOS の高性能化が期待されている。Ge 基板を酸化して形成する GeO_x 膜は、Si 基板の SiO₂ とは異なり、熱安定性、電気特性などの観点からゲート絶縁膜として適していない。そのため、高誘電率材料によるゲート絶縁膜の必要性が高まっている。

筆者らはこれまでゲートリーク電流の抑制が可能なランタン酸化物(La₂O₃)をゲート絶縁膜として用いてきたが、熱処理後の電気特性では大きなヒステリシスが現れる結果を得てきた¹⁾。このヒステリシスは熱処理中に形成される GeO_x 膜、及び La₂O₃ 膜中への GeO_x の拡散が原因であることがわかっている。そこで、本研究では極薄の Si 層を high-k/Ge 基板界面に挿入した場合の GeO_x 層の形成抑制効果を電気特性、並びに硬 X 線光電子分光により解析を行ったの

で報告する。

実験： 試料の作製方法を以下に示す。まず n-Ge 基板を化学洗浄した後、超高真空中(10⁻⁶Pa)で 600℃まで加熱し、表面に形成された GeO_x を昇華した。その後、300℃の基板温度で 4nm の La₂O₃ 膜を電子線蒸着によって堆積した。一部の試料では La₂O₃ 堆積前に電子線蒸着によって微量の Si を堆積した。その後、真空を保ったまま電極となるタングステン(8nm)を形成した。その後、窒素雰囲気中 500℃の熱処理を施した。作製キャパシタの容量-電圧(CV)特性を行い、同時に作製した試料の基板の内殻スペクトルを BL47XU の X 線光電子分光装置を用いて行った。本研究では硬 X 線を用いることによりメタル電極を形成した実デバイスに近い構造を分析することができる特長を持っている。

結果、および、考察： 図 1 (a)に示す微量 Si を挿入していないキャパシタの CV 特性では大きなヒステリシスが存在することがわかる。同様のサンプル構造の Ge2p スペクトルでは基板信号よりも高エネルギー側に信号が検出され、GeO_x 層の形成が確認できる。

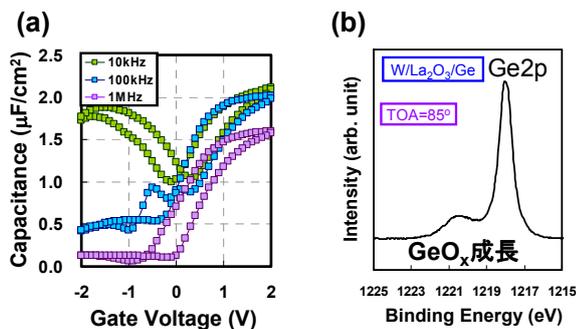


Fig. 1 (a) CV characteristics of W/La₂O₃/n-Ge. A large amount of hysteresis can be observed. (b) Ge2p spectrum of the sample shows signals at higher binding energy, indicating the formation of GeO_x layer.

次に、La₂O₃/Ge 界面に Si を微量に挿入した場合を検討する。図 2 に Si を(a)0.5nm、(b)1.0nm 挿入した CV 特性と Ge2p スペクトルを示す。挿入した Si 量が 1.0nm の場合では CV 特性においてヒステリシスは完全に消失しており、また Ge2p スペクトルから GeO_x の信号は全く検出されない。一方、0.5nm の挿入量ではヒステリシスはまだ見られ、GeO_x の信号も検出された。このことは、Ge 基板を完全に Si で被覆することができず Ge の拡散による GeO_x が形成されたと考えることができる。

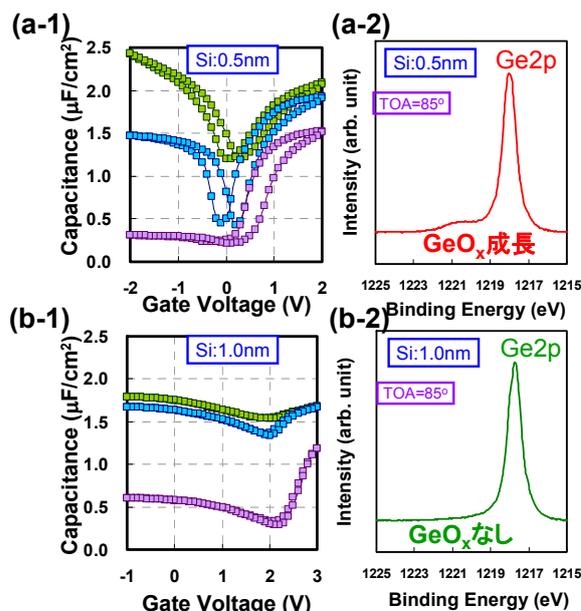


Fig. 2 CV characteristics and Ge2p spectra with Si insertion amount of (a) 0.5 and (b) 1.0 nm at La₂O₃/Ge interface.

以上より La₂O₃ 膜中への Ge 基板による GeO_x の形成は、微量の Si を La₂O₃/Ge 界面に挿入することにより抑制できることが明らかになった。

今後の課題： CV 特性におけるフラットバンド電圧が正方向にシフトする現象については固定電荷、ダイポール等を切り分けた考察が必要であり、しきい値を制御するという観点から今後の重要な検討課題である。また、微量 Si の挿入によるトランジスタ特性への効果について検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) J. Song, K. Kakushima, P. Ahmet, K. Tsutsui, N. Sugii, T. Hattori, H. Iwai, Microelec. Eng. **84** (2007) 2336.