

GeO<sub>2</sub>/Ge 界面における Post Metallization Annealing の導入Study of Introduction of Post Metallization Annealing at the GeO<sub>2</sub>/Ge Interface

東京農工大学院 ○松浦 空吾、岩崎好孝、上野智雄

Tokyo univ. of Agri &amp; Tech. Kugo Matsuura, Yoshitaka Iwazaki, Tomo Ueno

E-Mail : s218350r@st.go.tuat.ac.jp

## 1. 研究背景

高移動度(High- $\mu$ )材料である Ge 基板を用いた次世代の高性能デバイスの候補である High-k/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造の導入において、界面層 GeO<sub>2</sub>の制御はもっとも重要な課題の一つとして挙げられている。しかしながら、GeO<sub>2</sub>は熱的不安定性や水溶性といった問題点が存在している。この解決策として、本研究では先行研究で特性改善の実績がある PMA(Post Metallization Annealing)法を導入し、改善効果の検証を行った。

また、PMA 材料として、Ge(1.8)に対し電気陰性度が 1.4 と低く、界面特性の改善が期待できる Zr を採用した。さらに、高融点材料として高い結合性を示す W についても電気的特性の改善に寄与するの検証を行った。

## 2. 実験方法

n-Ge(100)基盤を利用し、以下の手法にて 3 種類のサンプルを用意した。

Table.1 実験方法

| サンプル   | a                               | b                          | c |
|--------|---------------------------------|----------------------------|---|
| 洗浄     | 有機洗浄・HF洗浄                       |                            |   |
| 熱酸化    | 熱酸化(温度 500[°C] 時間 10[min])      |                            |   |
| 金属堆積   | 抵抗加熱蒸着:Zr<br>(堆積時間 40[min])     | 抵抗加熱蒸着:W<br>(堆積時間 40[min]) | — |
| アニール処理 | O <sub>2</sub> ,300[°C],30[min] |                            |   |

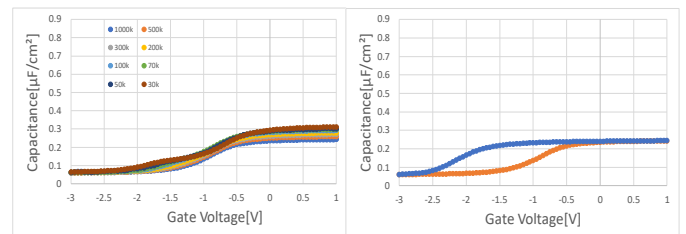
## 3. 実験結果および考察

Fig.1 に (i)GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)、(ii)W/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)、(iii)Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)の周波数を変化させ測定したもの(a)と、周波数を 1000[kHz]に固定し電圧スイープ方向を変え測定したもの(b)の C-V 測定結果を示す。それぞれ比較すると、GeO<sub>2</sub>/Ge 構造に O<sub>2</sub>アニールを施したサンプルでは周波数分散が生じていたことから、良好な特性を得ることができなかった。また、W/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造 および Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造に O<sub>2</sub>アニールを施したサンプルでは周波数分散が抑制されており、良好な特性が得られたと考えられる。加えて、コンダクタンス法により算出した界面に存在する欠陥を表す Dit を算出したところ、GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)、W/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)、Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)でそれぞれ  $2.2 \times 10^{12}$  [/eV\*cm<sup>2</sup>]、 $1.27 \times 10^{12}$  [/eV\*cm<sup>2</sup>]、 $1.20 \times 10^{12}$  [/eV\*cm<sup>2</sup>]となり、金属堆積後に雰囲気ガス種 O<sub>2</sub>によるアニール処理を施すことは特性の改善に効果があると考えられる。

さらに、GeO<sub>2</sub>/Ge 構造に O<sub>2</sub>アニールを施した場合ではヒステリシスが生じていた。これは界面近傍の絶縁膜中の欠陥によるものであると考えられる。一方で W/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造 および Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造に O<sub>2</sub>アニールを施したサンプルではともにヒステリシス幅の縮小が確認できたが、W を堆積させた場合の方が大幅な改善が見られ、ヒステリシスをもたらす界面電荷量 Nss は GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)、W/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)、Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)でそれぞれ  $1.91 \times 10^{11}$  [/cm<sup>2</sup>]、 $1.66 \times 10^{10}$  [/cm<sup>2</sup>]、 $4.99 \times 10^{10}$  [/cm<sup>2</sup>]と、堆積金属種に大きく依存することがわかった。

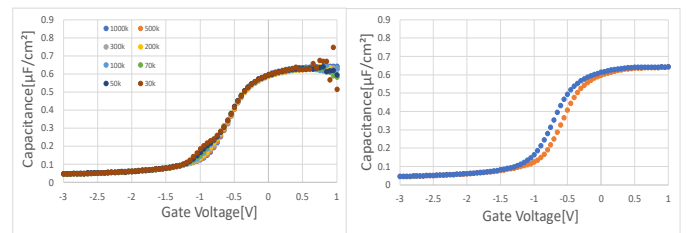
また、Fig.2 に、GeO<sub>2</sub>/Ge 構造、W/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造、Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造それぞれに O<sub>2</sub>アニール処理を施したサンプルの J-V 測定結果をそれぞれ比較したものを示した。GeO<sub>2</sub>/Ge 構造と比較すると、W/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造、Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造のどちらもリーク電流を抑制することができたが、W/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造に O<sub>2</sub>アニール処理を行った場合の方が大幅な改善が見られた。

以上の結果より、堆積金属を W に設定した場合、Zr に設定した場合に比べて界面特性および膜質の改善が見られた。このことから、W/GeO<sub>2</sub>/Ge 構造に対して雰囲気ガス種 O<sub>2</sub>による PMA を施すことは特性の向上に有用であると考えられる。今後、Zr と W の特性比較をより詳細に検討していく。



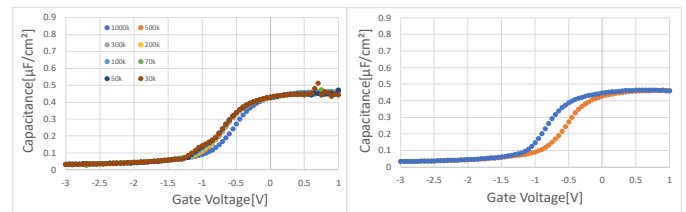
(a)測定周波数変化

(b)1000[kHz]固定

(i) GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)の測定結果

(a)測定周波数変化

(b)1000[kHz]固定

(ii) W/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)の測定結果

(a)測定周波数変化

(b)1000[kHz]固定

(iii) Zr/GeO<sub>2</sub>/Ge (O<sub>2</sub>アニール)の測定結果

Fig.1 C-V 特性

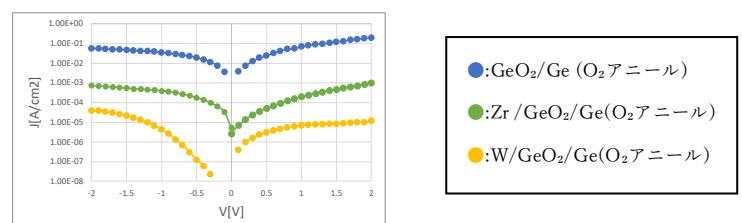


Fig.2 J-V 特性