

## Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜挿入によるリーク電流低減の検証

### Inspection of Introduction Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Film to Decrease Leak Current

東京農工大・工 〇黒柳 洋真, 中谷 友哉, 岩崎 好孝, 上野 智雄

Tokyo Univ.of Agri.&Tech. 〇Y.Kuroyanagi, Y.Nakatani, Y. Iwazaki, T. Ueno

E-mail: 50012645114@st.tuat.ac.jp

#### Introduction

スケーリング則による MOSFET の性能向上が限界に近づいてきた現在、ゲート絶縁膜への High-k 材料の導入や従来の Si に代え高移動度半導体材料である Ge の導入により素子の更なる高速化を図る研究が盛んに行われている。そうした背景を踏まえて近年では Ge に対しても High-k 材料を導入する研究もなされている。しかし、High-k/Ge 構造は High-k 金属種の拡散による Ge との混晶反応が起こり、良好な特性が得られないことが報告されている。<sup>[1]</sup>そこで High-k 金属種の拡散による特性悪化を抑制するためにも High-k 材料と Ge の間に拡散防止膜を挿入する必要がある。

現在、水溶性や脱離といった不安定性を有する GeO<sub>2</sub> 膜に代わり、新たな界面層として GeN<sub>x</sub> 膜が有力視されている。<sup>[2][3]</sup>これまで我々は、ECR 窒化により成膜した GeN<sub>x</sub> 膜の特性評価の報告を行い、従来の酸化膜界面に代わる新しい界面層として窒化膜界面の有意性を提唱してきた。加えて界面特性悪化の報告がされている High-k/Ge 構造間に拡散防止膜として挿入することにより、High-k 金属種の拡散を防止し、良好な界面を形成することに成功した。

近年では、High-k/Ge 間へ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜を含む複層構造を挿入することによりリーク電流が低減することが報告されている。<sup>[4]</sup>そこで今回、これまで提唱してきた HfO<sub>2</sub>/GeN<sub>x</sub>/Ge への Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜導入によるリーク電流変化の検証を行った。

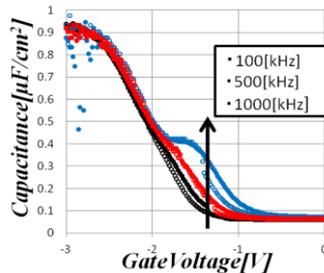


Fig.1 CV characteristics of HfO<sub>2</sub>/GeN<sub>x</sub>/Ge

#### Experimental Process

作成したサンプルは以下の 3 つである。HF 洗浄した p 型 Ge(100)基板に対し、

① ECR 窒化し GeN<sub>x</sub>(4nm)を成膜後 100°Cの低温アニールしたサンプルに対して、450°Cのアニール処理後 Hf を堆積し、300°Cの熱酸化により HfO<sub>2</sub>(3nm)を成膜したもの (HfO<sub>2</sub>/GeN<sub>x</sub>/Ge)

② ECR 窒化し GeN<sub>x</sub>(3nm)を成膜後 100°Cの低温アニールしたサンプルに対して、450°Cのアニール処理後、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 1nm 堆積、その後 Hf の 300°C熱酸化により HfO<sub>2</sub>(3nm)を成膜したもの (HfO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GeN<sub>x</sub>/Ge)

③ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 4nm 堆積後、Hf の 300°C熱酸化により HfO<sub>2</sub>(3nm)を成膜したもの (HfO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ge)

各サンプルに Al 電極を蒸着して CV 測定、IV 測定を行った。

#### Results and Discussion

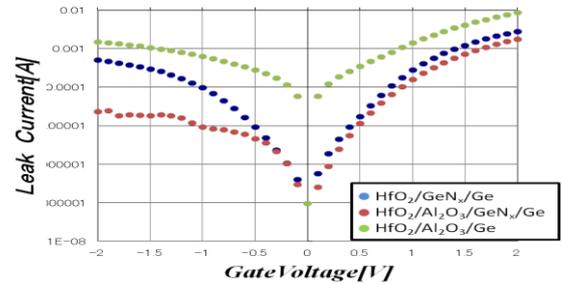


Fig.2 IV characteristics of each samples

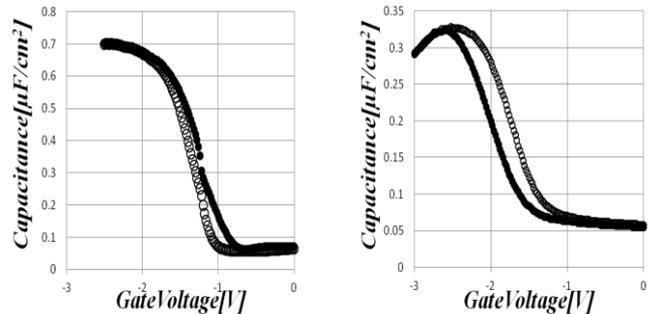


Fig.3 CV characteristics of ② Fig.4 CV characteristics of ③

測定結果を Fig.2,3,4 に示す。

Fig.2 の結果より、HfO<sub>2</sub>/GeN<sub>x</sub>/Ge 間へ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜を挿入したサンプルは他の 2 つのサンプルよりもリーク電流が減少していることが観測できる。このことから Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜はリーク電流低減に効果があることが推測でき、今後のデバイス応用に向けて必要不可欠な膜になることが想像できる。しかし、Ge 上への Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜を直接堆積させたサンプルについてはリーク電流の増大していることが Fig.2 より解る。加えて Fig.4 より Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 直接堆積は CV 特性にも悪影響を及ぼしていることが解った。そこで Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 間に HfO<sub>2</sub>/Ge 構造において拡散防止膜として有効であった GeN<sub>x</sub> 膜を挿入したところ、CV 特性の大幅な改善に成功し、このことから界面へ GeN<sub>x</sub> 挿入することが有効であることが解る。(Fig.3)

以上の結果から、HfO<sub>2</sub>/Ge 界面へ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜と GeN<sub>x</sub> 膜からなる複層膜を挿入することで、Hf の拡散防止並びにリーク電流の低減に効果があることが解った。今後 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜と GeN<sub>x</sub> 膜の膜厚比の調整および薄膜化を行うことで、容量値の向上、リーク電流の更なる低減を目指す。

#### Reference

- [1] 鈴木祐也 第 72 回応用物理学会秋季学術講演会,1p-Q-1(2011)
- [2] K.Katou, et.al.,ICECE.109(87)39-44(2009)
- [3] J.Kishiwada,et.al.,ECS Transactions.25(6)301-306(2009)
- [4] 張 睿 第 60 回応用物理学会春季学術講演会,28p-G2-1(2013)