

HfO₂/Ge 界面への GeN_x 拡散防止膜導入の検証Inspection of Introduction GeN_x Diffusion Barrier Film to HfO₂/Ge Interface

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 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。^[1]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 GeO₂ 膜に代わり、新たな界面層として GeN_x 膜が有力視されている。^{[2][3]} 前回の応用物理学会(2012 年秋季)^[4]にて、我々は ECR 窒化により成膜した GeN_x 膜の特性評価の報告を行った。ECR 窒化により成膜した GeN_x 膜は膜中において結合に関与しない、もしくは結合力が非常に弱い N が存在することが解り、アニール中にこの N が脱離することで特性に悪影響を及ぼすことが解った。そこで脱離の影響の無い低温領域(100℃)でアニール処理を施し N の脱離を抑制した後に、高温(300~450℃)で追アニールを施すことで、リークによる容量値の低下は見られるもののヒステリシスの無い良好な特性が得られることが確認された。(Fig.1) この結果から、GeN_x 膜は従来ゲート絶縁膜として使用されてきた GeO₂ 膜に代わる優れた界面層となり得ることが期待できる。

GeN_x 膜が拡散防止性を有しているならば、優れた界面制御並びに混晶による特性悪化を防ぐことが可能であると考えられる。そこで今回、GeN_x 膜が拡散防止膜として起用できるかの検証を行うため、HfO₂/GeN_x/Ge 構造に対して CV 測定を行い、膜質調査を行った。

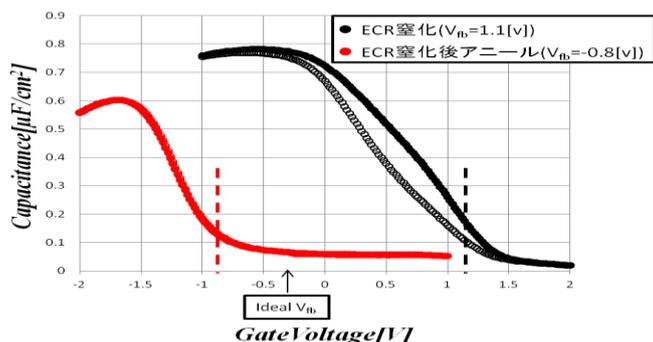


Fig.1 CV characteristics of each sample

Experimental Process

作成したサンプルは以下の 2 つである。

HF 洗浄した p 型 Ge(100) 基板に対し ECR 窒化し GeN_x(4nm) を成膜後 100℃ の低温アニールしたサンプルに対して、

- ① Hf 堆積後 300℃ の熱酸化を施し、HfO₂(3nm) を成膜したもの
- ② 450℃ のアニール処理後 Hf を堆積し、300℃ の熱酸化により HfO₂(3nm) を成膜したもの

それぞれのサンプルに Al 電極を蒸着して CV 測定を行った。

Results and Discussion

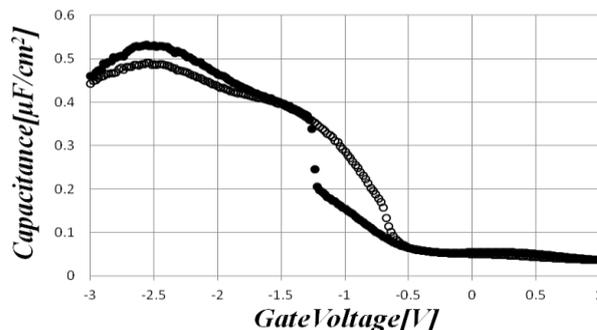


Fig.2 CV characteristics of sample①

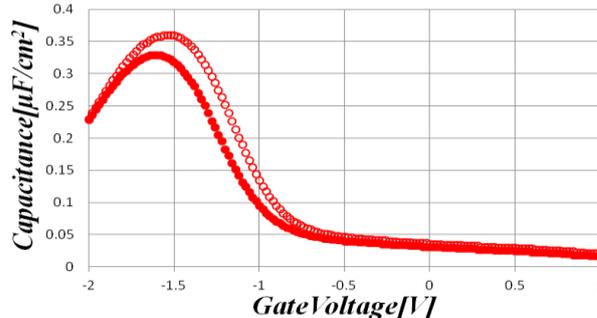


Fig.3 CV characteristics of sample②

測定結果を Fig.2,3 に示す。

Fig.2 よりサンプル①は、Hf の酸化と界面の 300℃アニールを狙って 300℃の熱酸化を行い作成したが CV 測定の結果を見ても解る通り良好な特性を得ることができなかった。これは、100℃のアニールにおいて新たに結合に組み込まれた N がその結合の弱さから、界面のアニール処理が完了するよりも早く Hf の拡散で結合崩壊を起こしたためであると考えられる。このことから Hf の拡散を防止するには 100℃のアニールのみでは結合力が不十分であり、熱酸化以前により高温でのアニール処理を施し結合を強固なものにしておく必要があると考えられる。そこで、サンプル②では 100℃のアニール処理を施した GeN_x 膜に対し、450℃のアニール処理を施し、その後 Hf を堆積し熱酸化を行った。Fig.3 よりヒステリシスの大幅な減少が観測されることから膜質が良好なものになっていると考えられることができる。

以上のことから、ECR 窒化により成膜した GeN_x 膜は適切なアニール処理を施すことで Hf の拡散防止が可能であることが解った。今後アニール条件を詳しく吟味することで更なる特性改善を見込むことができると考えている。

Reference

- [1] 鈴木祐也 第 72 回応用物理学会学術講演会,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] 黒柳洋真 第 73 回応用物理学会学術講演会,12p-F4-7(2012)