

# GeO<sub>2</sub>/Ge 界面における Hf-Post Metallization Annealing の導入

Introduction of Hf-Post Metallization Annealing at GeO<sub>2</sub>/Ge interface

農工大院工、○堀口遥、岩崎好孝、上野智雄

Tokyo Univ. of Agri. & Tech. Haruka Horiguchi, Yoshitaka Iwazaki, Tomo Ueno

Email : [s191199s@st.go.tuat.ac.jp](mailto:s191199s@st.go.tuat.ac.jp)

## 1. 研究背景

これまで電子機器の発展を担ってきた Si を材料とした半導体デバイスの高性能化は物理的な限界が近づいており、新材料を用いた高性能化の研究が盛んに行われている。本研究では Si よりも電子、正孔ともに移動度が高く、既存の Si 系半導体作製プロセスとの親和性の高い Ge の採用の検討を行っている。

一方、Ge は酸素雰囲気中での熱酸化の際に Ge と GeO<sub>2</sub> から GeO が生成され脱離<sup>[1]</sup>し、酸化膜中に欠陥が生じる問題が残る。この問題の解決策として先行研究<sup>[2]</sup>では GeO<sub>2</sub>/Ge 構造上に Hf を堆積させ熱処理を施す(PMA : Post Metallization Annealing)ことで GeO<sub>2</sub> 膜の界面特性の向上が確認されている。本研究では各種解析を行い、Hf-PMA が界面に与える作用について調査を行った。

## 2. 実験方法

実験条件を Table.1 に示す。p-Ge(100)基板を有機洗浄および HF 洗浄し、500°C/30min の熱酸化にて膜厚 20[nm] の GeO<sub>2</sub>/Ge 構造を作製した。その後窒素アニール、Hf-PMA の有無によって 4 種類のサンプルを用意し、TDS、XPS より膜質の比較を行った。Hf 堆積にはスパッタリング法を採用した。

Table.1. Experimental Conditions

	(a) GeO <sub>2</sub> /Ge	(b) with N <sub>2</sub> Annealing	(c) Hf on GeO <sub>2</sub>	(d) with Hf-PMA
基板	p-Ge			
基板洗浄	アセトン・エタノール・フッ酸			
熱酸化	500°C・30min			
金属堆積	-	-	Hf: 1nm	
アニール温度	-	400°C	-	400°C
アニール時間	-	20min	-	20min

## 3. 実験結果及び考察

Fig.1 に(a)、(b)、(d)のサンプルに対する TDS の結果を示す。Hf-PMA を行った(d)のサンプルでは、(a)のサンプルと比較してより高温側にも GeO の脱離ピークがみられた。また窒素アニールのみを行った(b)と(a)を比較すると、全体的にピークが高温側にシフトしていることから酸化膜中の Ge-O 結合が強まっはいるが、高温側にピークは見られなかった。

次に、Fig.2 に(a)と(b)に対する I-V 測定の結果を示す。Hf-PMA を施すことでリーク電流値が抑制され絶縁性が向上したことが明らかになった。これらの結果より、Hf-PMA によって酸化膜中に拡散した Hf が窒素アニールによって Ge-O 結合中に組み込まれることで界面特性が改善されたと考えられる。

Hf を堆積させたのみの(c)のサンプルと(d)の Hf4f ピークを XPS で測定した結果の比較を Fig.3 に示す。Fig.3 より、(c)の Hf 単体のピークと比較して(d)のピークが高結合エネルギー方向にシフトしたこと

がわかった。この結果より、窒素アニールによって酸化膜中に拡散した Hf が Ge-O 結合に組み込まれることで、Hf 原子中の電子が酸素原子の束縛エネルギーによってより強く引きつけられたためにピークが高結合エネルギー側にシフトしたことがわかる。

以上の物理解析の結果より、Hf-PMA を行うことで酸化膜中の Ge-O 結合に Hf が組み込まれ、膜質が改善されることを明らかにした。

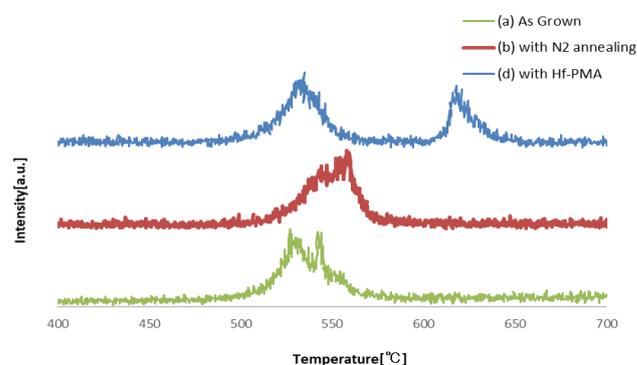


Fig.1. TDS spectrum

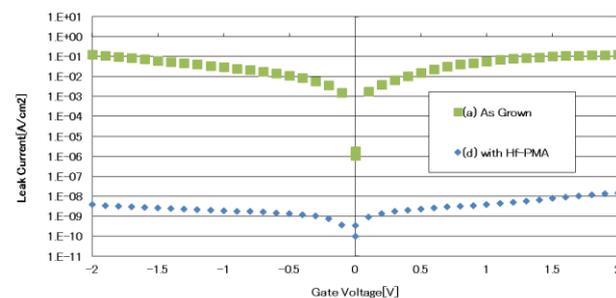


Fig.2. I-V characteristics

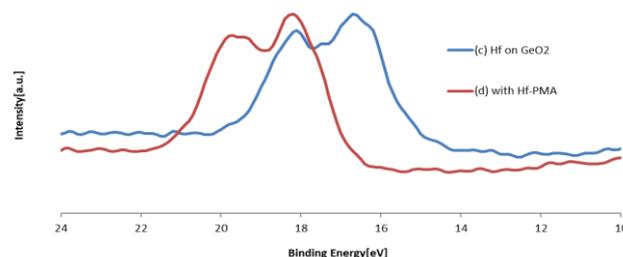


Fig.3. Hf4f XPS spectrum

## 【参考文献】

- [1]K.Prabhakaran *et.al.*, *Appl.Phys.Lett.* **76**, 2244 (2000)  
 [2]H.Fujiwara *et.al.*, *ECS Trans.* **85** [6] 43-49 (2018)