

Hf 堆積後成膜による GeO₂/Ge 構造作製の検討

Study of GeO₂/Ge structure formed after Hf deposition

農工大院工、堀口遥、岩崎好孝、上野智雄、飯野寛貴

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

Email : 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 GeO₂ から GeO が生成され脱離^[1]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^[2]では GeO₂/Ge 構造上に Hf を堆積させ熱処理を施す(PMA : Post Metallization Annealing)ことで GeO₂ 膜の界面特性の向上が確認されている。しかし、上記 GeO₂/Ge 界面の欠陥改善は GeO₂/Ge 構造に金属 Hf を堆積しアニールすることから、Hf が表面から界面まで膜中を拡散する必要がある。そこで、本研究では Ge 基板上に直接 Hf を堆積させ、その後熱酸化を行うことで Hf が GeO₂/Ge 界面特性に与える効果について検討した。

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 GeO₂/Ge 構造を作製した(a)、成膜後に Hf-PMA を施した(b)、基板洗浄後に Hf を堆積させ、熱酸化にて成膜した(c)のそれぞれのサンプルに対して TDS 測定、I-V 測定、C-V 測定を行った。Hf 堆積にはスパッタリング法を採用した。

Table.1. Experimental Conditions

	(a)	(b)	(c)
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	-
アニール時間	-	20min	-

3. 実験結果及び考察

Fig.1 に TDS 測定の結果を示す。Fig.1 より、(c)のサンプルでは 2 段階での脱離が見られるが、(b)と比較して高温側での脱離の割合が小さい。このことから、(c)では PMA のような膜中 Ge-O 結合の強化の程度が小さい事がうかがえる。

次に Fig.2 に I-V 測定の結果を示す。Fig.2 より、(c)のサンプルでは(b)と比較して 7 桁程度大きく、(a)と同等のリーク電流量であった。ここまでの結果より、Hf 堆積後の熱酸化は Hf-PMA と比較して膜中欠陥の改善効果が小さいことがわかった。

次に Fig.3 に C-V 測定の結果を示す。周波数分散比較の結果より、(c)のサンプルでは、(a)と比較して界面準位の発生を抑制できることがわかった。これは、拡散した Hf による補填が起こったためであると考えられる。また、(c)のサンプルでは容量値が増加した。これは、基板表面の Hf によって GeO₂ の成膜が妨げられたためであると考えられる。

今回の実験では、Hf 堆積後の熱酸化では界面欠陥の改善効果は見られるが、膜中欠陥の改善効果は Hf-PMA と比較して小さいことがわかった。(c)では(b)のアニール条件と比較して Hf がより高温に長時間さらされたため、GeO₂ の成膜速度と比較して Hf の拡散速度が大きかったことが要因であると考えられる。また(b)と比較して酸化膜厚が薄かったこと、界面が Hf に対して近い位置に存在したことも Hf の拡散が界面まで進みやすく、Hf が膜中欠陥にとどまらなかった要因であると考えられる。

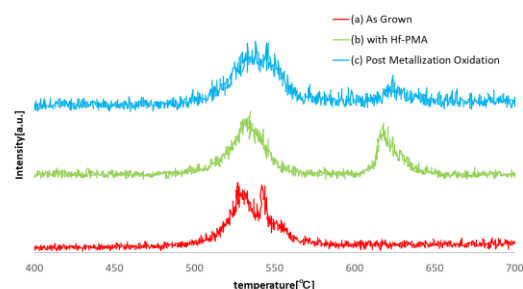


Fig.1. TDS spectrum

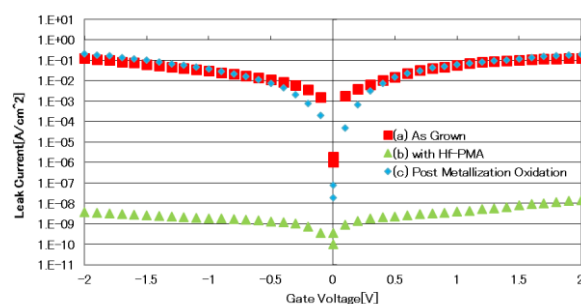


Fig.2. I-V characteristics

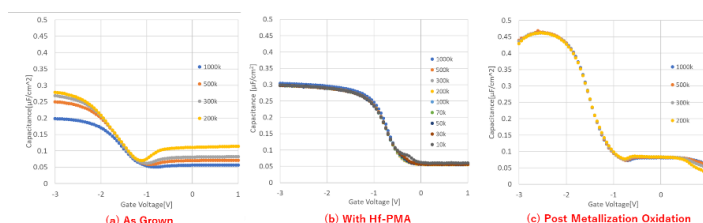


Fig.3. C-V characteristics

【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)