

高誘電率材料 TiO₂ を用いた MOS 構造に関する研究

Research on MOS structure using high dielectric constant materials TiO₂

東京農工大学大学院 ○内田遥太、鬼塚翔平、岩崎好孝、上野智雄

Tokyo univ. of Agri & Tech. ○Yota Uchida, Shohei Onizuka, Yoshitaka Iwazaki, Tomo Ueno

E-mail : s245401y@st.go.tuat.ac.jp

1. 研究背景

これまで集積回路は素子の微細化が進むことで、高密度化、動作高速化、低消費電力化を達成してきた。しかし、微細化の限界が近づくにつれ、ゲートリーク電流の増大や短チャネル効果などの問題が顕在化し、微細化のみに頼った性能向上が困難になりつつある。

そこで微細化以外の高性能化の手法として高移動度(High- μ)材料と高誘電率(High-k)材料を用いることが検討されている。High- μ 材料を用いることでより高速なスイッチング動作が期待でき、High-k 材料を用いて絶縁膜厚を増加させずに容量値を増大させることでより低消費電力での動作が期待できる。

本研究では High- μ 材料としては Si よりも電子、正孔ともにキャリア移動度の高い Ge を用いる。一方、High-k 材料としては誘電率が 60~80 と大きな値を持つ TiO₂ を用いる。しかし、TiO₂ はバンドギャップが 3.2[eV]と小さく、また、TiO₂ と Ge の伝導帯オフセット(CBO)が非常に小さいため直接接合するだけでは絶縁膜としての機能を十分に果たせないと考えられる。そのため、本研究では High-k 材料の積層構造を提案し、TiO₂ との伝導帯オフセット、価電子帯オフセットともに十分大きい Al₂O₃ を使い、Al₂O₃/TiO₂/Ge 構造を作製することで絶縁膜としての機能を果たしつつ、高誘電率を維持することを目標としている。

2. 実験方法

Table.1 に実験手順を示す。n-Ge 基板を洗浄後、反応性スパッタを用いて TiO₂/n-Ge 構造および Al₂O₃/TiO₂/n-Ge 構造を作成した後、一部のサンプルに 300°C で 30 分間 N₂ アニールを行った。

Table.1 Experimental procedure

Sample number	1	2	3	4
洗浄	有機洗浄, HF 洗浄			
TiO ₂ 堆積	反応性スパッタ-6[nm] (Ar:50[sccm], O ₂ :50[sccm], DCターゲット電力:50[W], 時間:120[sec])			
Al ₂ O ₃ 堆積			反応性スパッタ-10[nm] (Ar:30[sccm], O ₂ :50[sccm], DCターゲット電力:50[W], 時間:60[sec])	
N ₂ アニール		300[°C], 30[min]		300[°C], 30[min]

3. 実験結果・考察

各サンプルの J-E 測定結果を Fig.1 に示す。Fig.1 から TiO₂/n-Ge 構造と比較して Al₂O₃/TiO₂/n-Ge 構造ではリーク電流が 3~4 桁ほど抑制されていることが分かる。これにより Al₂O₃ を積層することで絶縁性が向上したことがわかる。しかし、

Al₂O₃/TiO₂/n-Ge 構造(サンプル 3)では電子蓄積状態となる正バイアス側でリーク電流が負バイアス側よりも増加し、非対称性が生じていることが分かる。これは TiO₂ にかかる電界が正バイアス印加時の Ge の伝導帯に対する Al₂O₃ の障壁高さの低下を招き、実効的な Al₂O₃ の障壁高さが下がるためであると考えられる。

これに対して、上記サンプル 3 に N₂ アニールを施したサンプル 4 では正バイアス印加時のリーク電流が 2~3 桁ほど改善されており、サンプル 3 で見られる非対称性も低下している。これは N₂ アニールにより Al₂O₃ と TiO₂ がミキシングし、AlTiO/Ge の界面構造に近づき、絶縁膜/Ge 界面における CBO が増大したためと考えられる。

次に各サンプルの C-V 測定結果 Fig.2~5 に示す。サンプル 1~3 では蓄積領域で容量値に周波数分散が見られる。これは TiO₂/Ge 界面で電子を十分に止められていないためであると考えられる。一方、サンプル 4 では N₂ アニールを行うことで周波数分散が抑制されており、このことから N₂ アニールによってミキシングが起こったことが示唆されている。

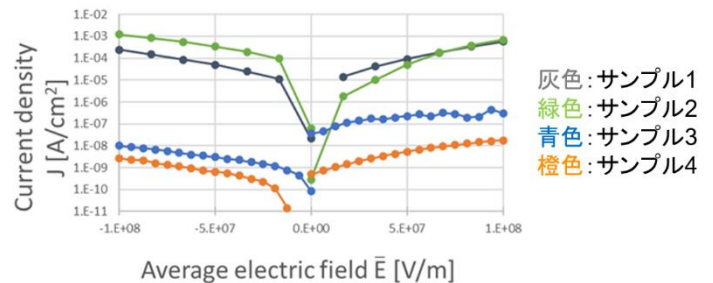


Fig.1 J-E measurement

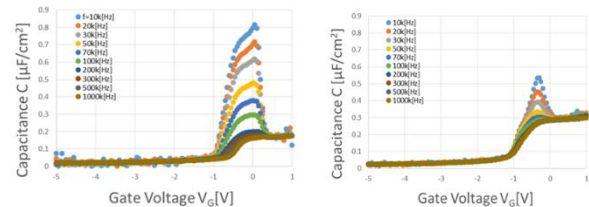


Fig.2 sample1

Fig.3 sample2

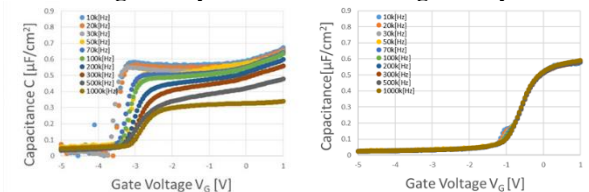


Fig.4 sample3

Fig.5 sample4

4. 今後の展望

今回は n-Ge 基板に対して検討したが、今後は p-Ge 基板に対する挙動についても検討を進めていきたい。