

REALD 形成 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_2/\text{p-Ge}$ MOS キャパシタの電気的特性に及ぼすゲート電極金属の影響

Effects of gate-electrode metals on the electrical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_2/\text{p-Ge}$ MOS capacitor grown by REALD

諏訪大学¹, 山梨大学², 弘前大学³

○山田大地¹, 王谷洋平¹, 山本千綾², 山中淳二², 佐藤哲也², 岡本浩³, 福田幸夫¹

Tokyo Univ. of Science, Suwa,¹ Univ. of Yamanashi,² Hirosaki Univ.³

D. Yamada,¹ Y. Otani,¹ C. Yamamoto,² J. Yamanaka,² T. Sato,²

H. Okamoto,³ and Y. Fukuda¹

E-mail: y-fukuda@rs.suwa.tus.ac.jp

1. はじめに

ゲート絶縁膜形成後に行う PDA (Post-deposition annealing) 処理や MOS キャパシタ形成後に行う PMA (Post-metallization annealing) 処理は Ge MOS キャパシタの電気的特性改善に有効とされているが、その効果の詳細については不明点が多い。今回、ゲート電極用金属として金属酸化物に対する還元性が高い Al と弱い Pt を用いた Al_2O_3 (3.2 nm) / GeO_2 (1.7 nm) / p-Ge MOS キャパシタを作製し、その電気的特性に及ぼす PDA 処理および PMA 処理の効果を詳しく検討したので報告する。

2. 実験方法

Fig. 1 に試料作製および測定の手順を示す。p-Ge 基板の洗浄後、基板温度 300°C で酸素ラジカル酸化により 1.7 nm 厚の GeO_2 層を、TMA と酸素ラジカルとの交互供給により 3.2 nm 厚の Al_2O_3 層を形成した。Al および Pt 電極は UHV チャンバー内で電子ビーム蒸着により基板加熱無しで形成した。PDA および PMA 処理は 400°C で 30 分間、 $\text{N}_2 + 0\sim 10\%$ H_2 雰囲気中で行った。

3. 結果と考察

Fig. 2 に Al 電極および Pt 電極 MOS キャパシタに対する PMA 処理前後の C-V 特性の変化を示す。(a) より、Al 電極では PMA 処理によるゲート容量 (C_{ox}) の増加や界面トラップ密度 (D_{it}) の低減、フラットバンド (V_{fb}) の大きな正シフトが見られる。一方、(b) より、Pt 電極の場合は as-deposited の状態で比較的良好な特性が得られており、PMA 処理による特性変化が小さい。これらの比較結果より、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_2/\text{p-Ge}$ スタックは ALD 形成時点で良好な電気的特性を有しており、これが Al 電極蒸着により特性劣化し、さらに PMA 処理により回復する、と推論できる。

Fig. 3 に、Al 電極および Pt 電極 MOS キャパシタに対する PDA 処理および PMA 処理が C_{ox} および D_{it} に及ぼす効果を示す。なお、 C_{ox} は熱処理無しの値で規格化して示している。(b) より、Pt 電極の場合は PDA 処理および PMA 処理による C_{ox} の変化が全くないこと、PDA 処理による D_{it} の変化がまったくないことが分かる。ただし、これらの D_{it} の値は Al 電極 MOS キャパシタの熱処理無しの値の約半分である。さらに、電極金属に関係なく、PDA 処理後と PMA 処理後の D_{it} の比較より、電極蒸着プロセスにより新たな界面トラップが発生し、これが PMA 処理により低減していることが分かる。界面トラップ発生の原因としては電子ビーム蒸着時に金属ターゲットで発生する X 線や DUV が挙げられる。

Al 電極 MOS キャパシタで見られた電気的特性劣化の原因としては、先ず、前述の電子ビーム蒸着時に Al ターゲットで発生する放射が考えられる。しかし、Pt の融点は Al よりも高く蒸着時の投入パワーも格段に大きいことから、同様の特性劣化は Pt 電極 MOS キャパシタでも顕著に発生すると思われる。これらの点より、我々は Al 金属堆積時に非常に活性な Al 原子が基板 Al_2O_3 表面を還元することが原因ではないかと考えている。

4. まとめ

ゲート電極として Al および Pt を用いた $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_2/\text{p-Ge}$ MOS キャパシタの電気的特性に及ぼす PDA および PMA 処理の効果を検討した。その結果、熱処理の効果は電極金属によって異なることが明らかになった。

謝辞 本研究は一部科研費の助成のもとに行われた。

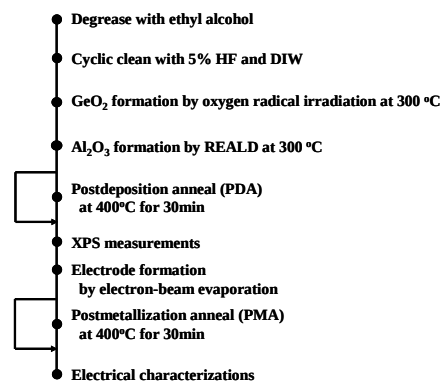


Fig. 1. Flow of experiments

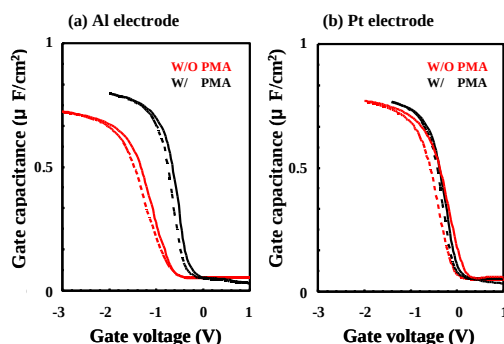


Fig. 2. Changes of C-V characteristics of MOS capacitors before and after PMA treatment: (a) Al electrode and (b) Pt electrode.

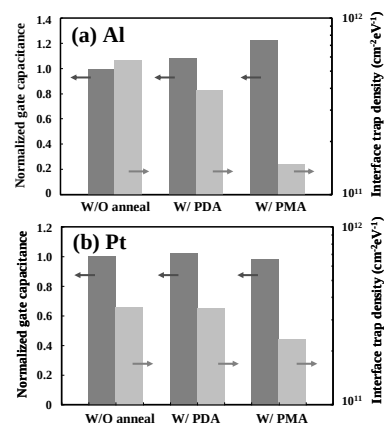


Fig. 3. Changes of normalized C_{ox} and D_{it} by PDA and PMA treatments: (a) Al electrode and (b) Pt electrode.