

RE-ALD 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 - 2

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 - 2

弘前大学¹, 諏訪東京理科大学² ○(M1)長浜優¹, (D1)山田大地², 王谷洋平², 福田幸夫², 岡本浩¹

Hirosaki Univ.¹, Tokyo Univ. of Science, Suwa²
Y. Nagahama¹, D. Yamada², Y. Otani², Y. Fukuda² and H. Okamoto¹
E-mail: okamoto@eit.hirosaki-u.ac.jp

1. はじめに

我々は、Radical-enhanced atomic layer deposition (RE-ALD) 法によって作製された $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_2/\text{p-Ge}$ MOS キャパシタにおいて、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) 処理の効果を検討している。これまでに PMA 処理の効果が電極金属によって異なり、電子ビーム加熱 (EB) 蒸着による Al 電極を用いた場合には Pt 電極に比べ絶縁膜容量が小さくなるが PMA 処理によって Pt 電極と同様の値まで上昇することを報告した[1]。さらにこの原因として Al の EB 蒸着時における Al_2O_3 の還元作用や金属ターゲットで発生する X 線や DUV の影響が考えられることを述べた[1]。今回、抵抗加熱 (RH) 蒸着による Al 電極を用いた MOS キャパシタを作製し、EB 蒸着による試料との電気的特性の差異を調べた。

2. 実験

MOS キャパシタの構造は $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3(3.2 \text{ nm})/\text{GeO}_2(1.7 \text{ nm})/\text{p-Ge}$ である。図 1 に試料作製手順を示す。RE-ALD を用い、基板温度 300°C で酸素ラジカル酸化により 1.7 nm の GeO_2 層を、TMA と酸素ラジカルの交互供給により 3.2 nm の Al_2O_3 層を形成した。ゲート Al 電極の作製方法は EB 蒸着と RH 蒸着の 2 種類である。PDA および PMA 処理は 400°C で 30 分間、 $\text{N}_2 + 4\text{-}10\% \text{ H}_2$ の混合ガス雰囲気中で行った (今回は PDA 処理試料の測定結果は示していない)。

3. 結果

図 2 (a), (b) にそれぞれ PMA 処理前 (アニールなし) と後の C-V 特性を示す (ゲート電圧は反転側から蓄積側に変化させており、ヒステリシスは示していない)。図 2 (a), (b) ともに蒸着方法の違いによる C-V 特性の差異はほとんどみられず、どちらの試料も PMA 処理によってゲート容量の増加とフラットバンドの正方向へのシフトがみられる。このことからこれまでに可能性の 1 つとして考えていた電子ビーム蒸着時に発生する X 線や DUV による欠陥導入は認められないことがわかった。また、前報における仮説、Al 金属堆積時に非常に活性な Al 原子が Al_2O_3 膜を還元している可能性、については蒸着方法によらず成り立つことが示された。PMA 処理による絶縁膜容量の回復や界面トラップ密度の向上に関するメカニズムは現状明らかではないが、PMA 処理により Al 原子が絶縁膜中を拡散することによる Al_2O_3 層中分子配列の再構成や、界面まで到達した Al 原子が GeO_2 中に取り込まれてアルミニウムジャーマネイト (AlGeO_x) が生成されて界面欠陥が終端するといったモデルが考えられる。

[謝辞] 本研究の一部は東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究として実施され、JSPS 科研費(JP17K06338)による助成を受けた。

参考文献: [1] 山田大地 他, 第 77 回応用物理学会秋季講演会, 16a-P4-7 (2016).

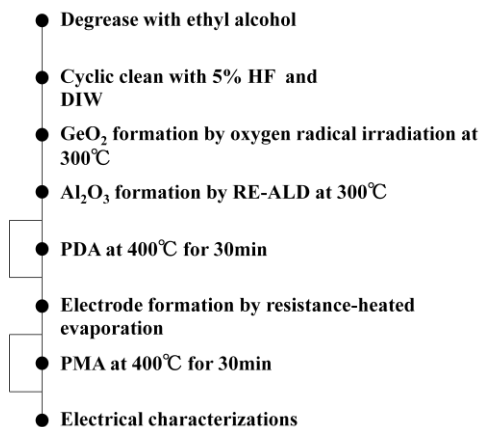
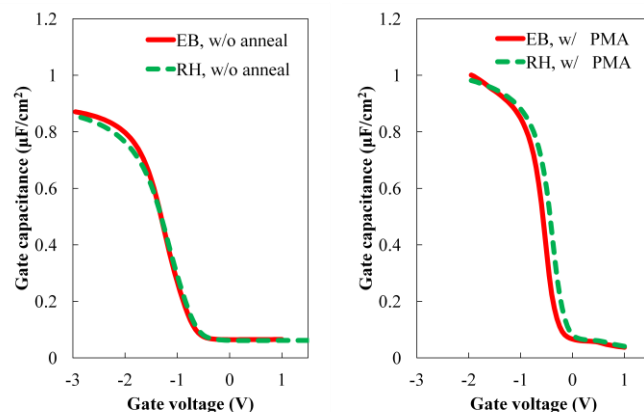


Fig. 1 Flow of experiments.



(a) without annealing

(b) with PMA

Fig. 2 Comparison of C-V characteristics of MOS capacitors made by using EB evaporation and RH evaporation.