

高温酸素アニールと低温水素アニールの組合せによる SiO₂/Ga₂O₃ MOS 界面欠陥密度の低減

Reduction of the density of defects at the SiO₂/Ga₂O₃ MOS interface by the combination of high-temperature O₂ annealing and low-temperature H₂ annealing

東大院工 マテリアル工学専攻 (B)鈴木 勲輝, (M1)茅 欽, (B)田村 敦史, 喜多 浩之

Department of Materials Engineering, The Univ. of Tokyo, Eiki Suzuki, [○]Qin Mao, Atsushi Tamura and Koji Kita

E-mail: kita@scio.t.u-tokyo.ac.jp

[緒言] Ga₂O₃は酸素欠損をつくりやすい性質[1]や、酸化によってドナー濃度が実効的に低下する[2]といった特徴がある為、SiO₂/Ga₂O₃ MOS 界面の形成においては界面の酸化・還元を伴う熱処理の効果を明確にすることは大変重要である。本研究によって、高温の酸素アニールが SiO₂/Ga₂O₃ 界面近傍に存在する酸素欠損を低減し、それと同時に低界面欠陥密度を実現すること、またその後低温の水素アニールを施すことで更に良好な界面特性が得られることが既に分かっている[3]。今回、同じ MOS 界面を様々なアニールの雰囲気で作製し、SiO₂/Ga₂O₃ 界面に及ぼす各アニールの効果を考察すると共に、更なる低界面欠陥密度の実現を目指した。

[実験] n 型エピ層(N_d≈2×10¹⁶cm⁻³)付き β-Ga₂O₃(001)基板を SPM 及び HF で洗浄後、酸素フロー中での Si の電子線蒸着によって SiO₂ 膜を 20nm または 50nm 堆積し、O₂ または N₂ 雰囲気下で 600, 800, 1000°C の蒸着後熱処理(PDA)を 5,15,60min 行った。その後、ゲート電極として Au を蒸着し MOS キャパシタとして電気測定による評価を行った。また追加で 400°C での低温アニールを 1% H₂ の雰囲気下で 5min 行い同様の評価を行った。

[結果及び考察] PDA を温度条件や雰囲気を変えて行い作製した MOS キャパシタの低温 H₂ アニール前後の(b)界面準位密度 D_{it} 及び(c) 膜厚で規格化した C-V 特性のヒステリシスを評価し(a)C-V カーブとともに Fig.1 に示した。コンダクタンス法によって求めた界面準位密度は、アニールが高温ほど低減する傾向がやや見られつつも、いずれの雰囲気下でも熱処理によって D_{it}<10¹¹(cm⁻²eV⁻¹) を達成した。これは、伝導帯近傍に応答の時定数の速い準位が存在しにくいことを示唆する。ところが C-V 特性のヒステリシスに注目すると、アニールが高温ほど低減するという効果が顕著に見られた。また O₂ 雰囲気がヒステリシスの低減に効果的に働くことも判った。このことから、比較的応答の時定数の遅い準位の主な起源が SiO₂/Ga₂O₃ 界面近傍の酸素欠損であり、高温の酸素アニールによって減少したためにヒステリシスが低減されたことが考えられる。ただし、ヒステリシスの原因となる酸素欠損が SiO₂ と Ga₂O₃ のどちらに存在するのか現在のところ結論が出ていない。また、酸素高温アニール後の低温水素アニールによって更なるヒステリシスの低減が認められ、高温酸素アニールと低温水素アニールの組合せにより低欠陥密度界面を実現した。

尚、本研究の一部は、JST 低炭素社会戦略センター(LCS)との共同で実施された。[1] J. B. Varley et al., APL97, 142106 (2010) [2] A. Kuramata et al., JJAP 55, 1202A2 (2016), [3] 鈴木, 西田, 喜多 2018 年第 73 回応用物理学会秋季学術講演会 21p-331-3.

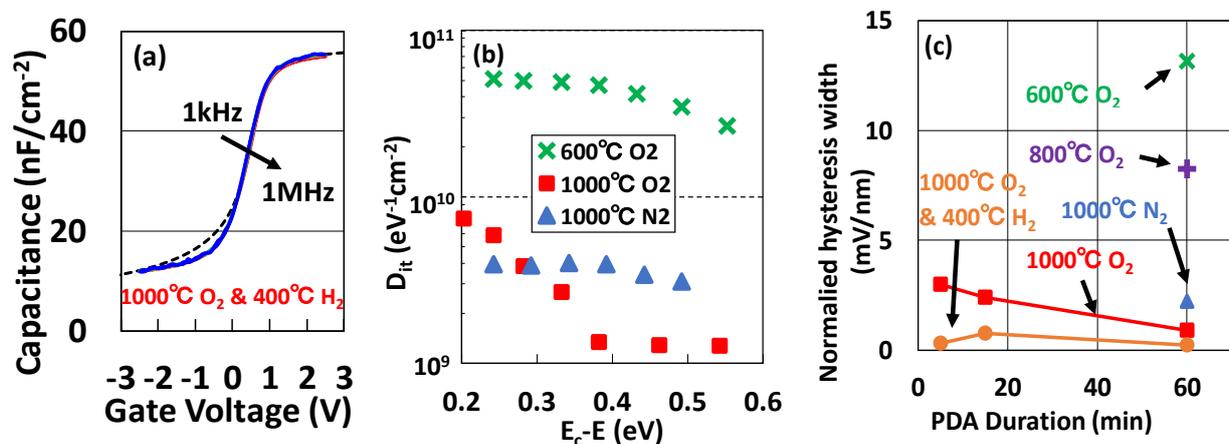


Fig.1 (a) Bi-directional C-V curves of Au/SiO₂/Ga₂O₃ (001) MOS capacitor annealed in O₂ at 1000°C and in H₂ at 400°C. (b) D_{it} of MOS capacitors annealed in O₂ or N₂ at 600°C or 1000°C for 60min.

(c) Normalized hysteresis width of C-V curves of capacitors annealed with various conditions. H₂ annealing was conducted at 400°C.