

HfSiO_x 絶縁膜を用いた n-GaN MOS キャパシタの高耐圧特性

High breakdown voltage of n-GaN MOS capacitors with HfSiO_x insulator

1. 芝浦工大, 2. 物材機構, 3. 名大 °前田瑛里香^{1,2}, 生田目俊秀², 弓削雅津也^{1,2}, 廣瀬雅史^{1,2},
井上万里², 大井暁彦², 池田直樹², 塩崎宏司³, 大石知司¹

1. SIT, 2. NIMS, 3. NU. °Erika Maeda^{1,2}, Toshihide Nabatame², Kazuya Yuge^{1,2}, Masafumi Hirose^{1,2},
Mari Inoue², Akihiko Ohi², Naoki Ikeda², Koji Shiozaki³, and Tomoji Ohishi¹

E-mail: ad15075@shibaura-it.ac.jp

緒言: GaN を用いた金属酸化物半導体電界効果トランジスタ(MOSFET)は、次世代パワーデバイスの候補材料として広く研究されている。GaN MOSFET のゲート絶縁膜として、大きなバンドギャップ、高誘電率(High-k)及びアモルファス構造である Al₂O₃、SiO₂ 及び AlSiO_x などの材料が盛んに研究されている。耐圧特性の向上のために物理膜厚を厚くできる、更なる High-k 材料が望まれ、我々は Si MOS のゲート絶縁膜の候補材料であったハフニウムシリケート(HfSiO_x)に着目した。しかし、20 nm 以上の厚膜における HfSiO_x 膜の電気特性は詳細には検討されていなかった。

そこで、本研究では、Hf/Si 組成比が 0.75/0.25 の Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x を絶縁膜に用いた n-GaN/Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x/Pt MOS キャパシタを作製して、アニール雰囲気ガスによる電気特性への影響を調べた。

実験方法: 先ず、n-GaN 自立基板/n-GaN エピタキシャル層($N_d: 2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)は、SPM 及び BHF 処理した。次に、プラズマ酸素を用いた ALD 法($T_g = 300^\circ\text{C}$)により、HfO₂ 層を 3 層と SiO₂ 層を 1 層で、繰り返し成膜することで HfO₂/SiO₂ ラミネート膜(Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x)を作製した。続いて、3%H₂、N₂ 及び O₂ 雰囲気条件において 800 °C で熱処理した。Pt ゲート電極及び Ti/Pt オーミック電極を形成して n-GaN/Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x/Pt MOS キャパシタを作製した。これらのキャパシタの I-V 及び C-V 測定を実施した。

結果: Fig. 1 に雰囲気ガスを変えて熱処理したキャパシタの J-E 特性を示す。同じ候補材料である Al₂O₃ 膜と比較すると、いずれの Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x キャパシタも高 E 値まで小さなリーク電流特性であり、優れた高耐圧特性を示した。しかし、O₂ 熱処理した Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x キャパシタは、N₂ 及び 3%H₂ 熱処理したキャパシタと比較して高いリーク電流特性を示した。これは Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x 膜及び n-GaN/Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x 界面の特性が低下したためと考えられる。

Fig. 2 (a) 及び (b) に各々 N₂ 及び 3% H₂ 熱処理した Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x MOS キャパシタの C-V 特性を示す。周波数は 1k-1MHz の範囲で、空乏領域から蓄積領域を順方向として往復掃引した。両キャパシタ共に顕著な周波数分散は認められなかった。V_{fb} ヒステリシスは N₂ 及び 3% H₂ キャパシタで各々 +50 mV 及び +25 mV と小さな値であり、負電荷の Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x 膜及び n-GaN/Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x 界面でのトラップ/デトラップがわずかに生じていることが示唆された。また、N₂ 及び 3% H₂ キャパシタの V_{fb} は各々 0.75 V 及び -0.05 V であり、3% H₂ 熱処理したキャパシタの方が理想 V_{fb}=1.08V からのずれが大きいことが分かった。

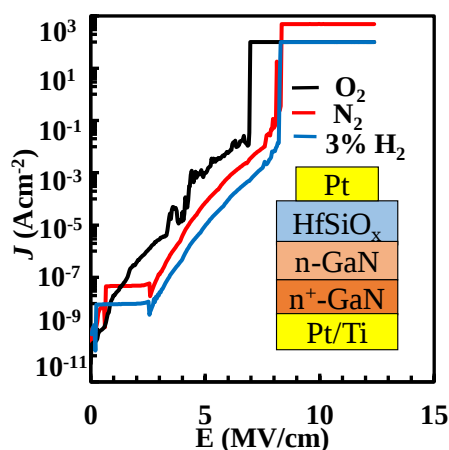


Fig. 1 J-E characteristics for three n-GaN/Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x/Pt MOS capacitors.

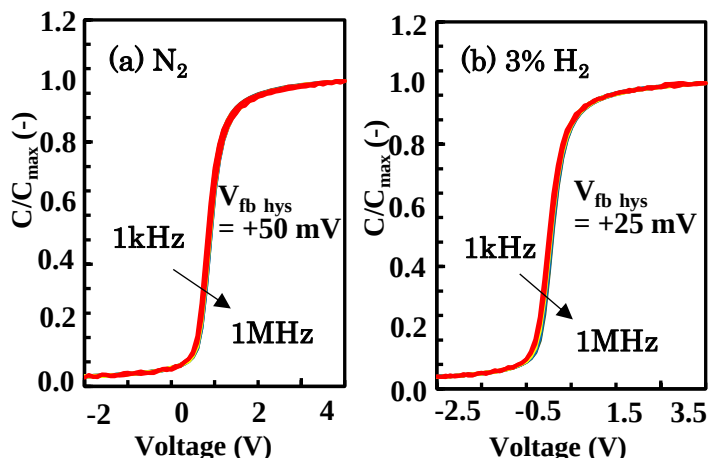


Fig. 2 C-V characteristics for n-GaN/Hf_{0.75}Si_{0.25}O_x/Pt MOS capacitors with PDA 800 °C in (a) N₂ and (b) 3% H₂ ambient.