

SiO₂/4H-SiC 界面窒化後の H₂O アニールが MOSFET 特性に与える効果

Effects of H₂O Annealing after SiO₂/4H-SiC Interface Nitridation on MOSFET Characteristics

東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 ○西田 水輝, 喜多 浩之

Dept. of Materials Engineering, The Univ. of Tokyo, °Mizuki Nishida and Koji Kita

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

[背景] SiC MOSFET における MOS 界面欠陥準位密度(D_{it})の低減手法として NO などによる界面の窒化は既に広く用いられている技術である。[1] 一方で界面窒化後のアニール処理が界面特性に及ぼす影響はあまり知られていない。我々は今までに、界面窒化後の低温 H₂O アニールによって界面欠陥準位をさらに低減可能であることを報告しているが、その理解は不十分である。[2] そこで本研究では H₂O アニール時間やアニールガス組成に着目し、界面欠陥準位密度及び電界効果移動度や閾値電圧とその安定性の観点から MOSFET 特性に対するアニール条件の影響を調査した。

[実験] n 型エピタキシャル層($N_D \sim 1.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)を有する 4H-SiC Si 面 n 型基板を洗浄後、O₂ 雰囲気気下で 1300°C 16 時間のドライ酸化により SiO₂ 膜(~30nm)を形成した。その後 NO:N₂=1:2 の混合ガス雰囲気気下で 1150°C 2 時間の NO-POA によって界面の窒化を行った。界面の窒化後、H₂O:bubbling gas(O₂ or N₂)=9:1 の混合ガス(wet-O₂ or -N₂)を用い、800°C で 0-8 時間アニールを行った。Au を電極として蒸着し MOS キャパシタとした。また p 型($N_A \sim 1.3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)4H-SiC 基板に対し同様の条件で酸化・アニールを行い、Al をゲート電極とした MOSFET を作製した。

[結果・考察] Fig.1 は界面窒化後の H₂O アニールによる D_{it} 及び電界効果移動度のピーク値の変化を表している。アニールによる界面での膜厚増加速度をそれぞれ 0.11nm/hr, 0.027nm/hr と推定すると、 D_{it} と μ_{FE} のどちらもガス種によらず膜厚増加量で決定されており、増加量が 1ML 以内程度の条件であれば as-nitrided よりも D_{it} を低減可能であることが分かった。一方で過剰に酸化を行うと wet 酸化由来の欠陥が生じるためか D_{it} は増加した。ピーク移動度に関しても D_{it} が低減されている条件において 30cm²/Vs 程度まで向上した。これに対し、 V_{th} については膜厚増加だけでなくアニールガス中の酸素分圧が大きく影響する。Fig.2 はアニールによる閾値電圧(初期値)の変化を示している。Wet-O₂ はアニールによる膜厚増加に伴い V_{th} が大きく正にシフトしたのに対し wet-N₂ のシフトはわずかであった。また、正方向のストレスバイアス下での V_{FB} 変動を調べたところ、wet-O₂ の場合には安定性の劣化が顕著であった[3] (Fig.3)。既に報告した通り、酸化速度の観点からも H₂O・O₂ 共存による酸化は水単独の場合とは異なる反応機構を示すこと[4]が分かっており、この特殊な反応が界面近傍の膜中に欠陥を形成するためと考えられる。以上をまとめると D_{it} の低減及び電界効果移動度の向上は過度な膜厚増加を伴わない条件下での水蒸気アニールそのものが重要である一方、閾値電圧の制御には酸素分圧が重要となることが判明した。

なお本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP 戦略的イノベーション創造プログラム「次世代パワーエレクトロニクス (管理法人: NEDO)」及び JSPS 科研費補助金の助成により実施された。

[1] T. Hatakeyama et al, Appl. Phys. Express **10**, 046601 (2017). [2] 西田ら, 第 65 回春季応物講演会 20p-D103-2(2018). [3] Nishida et al., SSDM2018, D2-04 [4] Kita et al., Microelectron Eng., **178**, 186 (2017).

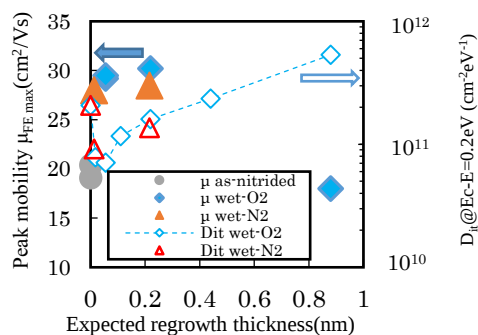


Fig.1 Regrowth thickness dependence of peak mobility and D_{it} near the conduction band edge for each sample.

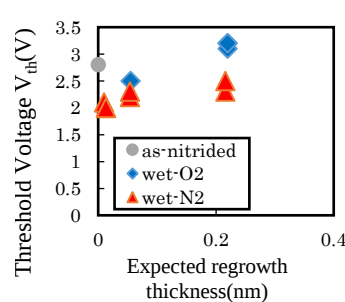


Fig.2 Regrowth thickness dependence of initial threshold voltage for wet-O₂ or wet-N₂ annealed samples.

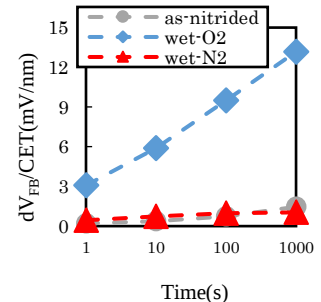


Fig.3 Time dependence of flatband voltage shift caused by +3MV/cm constant voltage bias.