

4H-SiC MOSFET 移動度に対する熱酸化による基板特性劣化とダメージ層除去効果の競合

Competitive effects of thermal oxidation on 4H-SiC MOSFET mobility

between the degradation of the substrate quality and the removal of the damaged layer

¹ 東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻、* (株) 日本学術振興会特別研究員 DC

○ 平井 悠久*、作田 良太、喜多 浩之

¹ Dept of Materials Engineering, The Univ. of Tokyo, *JSPS Research Fellow, °H. Hirai*, R. Sakuta, and K. Kita

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

[背景と目的] 熱酸化膜をゲート絶縁膜に用いる SiC-MOSFET のチャネル移動度の向上が求められている。MOS 界面における欠陥準位による移動度劣化が指摘されている一方で、近年 SiC の熱酸化に伴う基板特性の変化が報告されている[1]。そこで本研究は横型 n-MOSFET において、SiC 基板の熱酸化による消費量 (T_{SiC} とおく) に着目し、熱酸化の進行がチャネル移動度に対して与える影響を評価するために実験を行った。

[実験] p 型エピタキシャル層(オフ角 8 度、ドープ濃度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)を有する p 型 4H-SiC(0001)Si 面基板を用い、S/D を形成するため P をイオン注入し、Ar 中 1650°C にて 5 min の熱処理を行った。カーボンキャップの除去後に、 1300°C にて O_2 中で犠牲酸化を行った。希釈 HF 溶液により犠牲酸化膜を除去し、 1300°C 熱酸化 + 800°C CO_2 中 30 min の POA[2]により 9 – 30 nm のゲート酸化膜を形成した。これらの酸化で形成した酸化膜厚 T_{ox} に対し、 $T_{SiC} = T_{ox}/2.1$ として SiC 消費量を求めた。S/D 領域に Ni を、裏面に Al+Ni を蒸着し、 1000°C N_2 中 1 min の PMA によりコンタクトを形成した。最後にゲート電極として Al を蒸着した。

[結果および考察] 犠牲酸化およびゲート酸化によって基板表面を消費した結果、 T_{SiC} が 20 nm 程度の領域で電界効果移動度が上昇し、ダメージ層の除去効果が現れたと考えられる。一方、さらなる熱酸化により移動度が減少に転じる様子が観測された。SiC 消費に伴う電界効果移動度の変化を Fig. 1 に示す。このように犠牲酸化にはダメージ層の除去の恩恵がある一方で、熱酸化の進行と共にチャネル領域の SiC 基板の特性劣化が競合的に起こることがわかった。実際、 1650°C の熱処理を行わずに、 1300°C の O_2 中 3 min のゲート酸化による熱負荷のみで S/D を形成することで両者の影響を最小化した結果、相対的に最も高い移動度が観測された。なお、S/D の寄生抵抗成分について、酸化条件ごとに 200 – 500 μm のチャネル長の素子特性から評価を行い、移動度に対して補正を行った。また、AFM で観測される基板表面の物理的ラフネスは熱酸化に伴い減少したが、高実効電界側(3 MV/cm)の移動度もまた Fig. 2 に示すように減少した。これは、少なくとも 3 MV/cm 以下の領域では移動度の制限因子は物理的ラフネス由来のものとは異なることを示唆しており、熱酸化の進行に伴う欠陥蓄積による基板特性の劣化であれば説明可能である。

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)」及び文科省科研費補助金の助成により実施された。

[1] T. Okuda et al., APEX **8**, 111301 (2015). [2] R. H. Kikuchi and K. Kita, APL **105**, 032106 (2014).

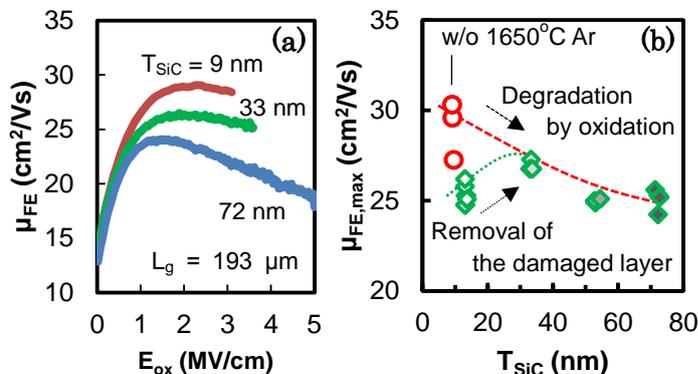


Fig. 1. (a) $\mu_{FE}-V_g$ curves and (b) the maximum μ_{FE} as a function of T_{SiC} . Excess oxidation after the removal of the damaged layer should result in the μ_{FE} deterioration.

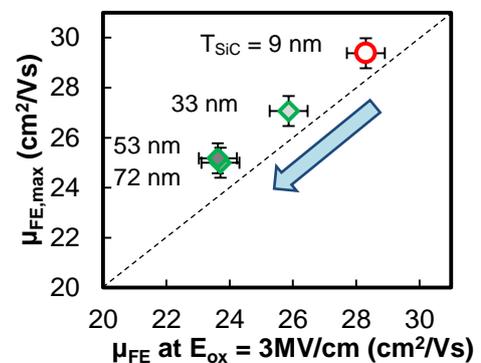


Fig. 2. Relationship between high-field μ_{FE} and the maximum μ_{FE} . High-field μ_{FE} degrades accompanied with the degradation of maximum μ_{FE} .