Ba 添加による SiC MOSFET 特性向上の起源の検討

Insight into performance enhancement of SiC MOSFET by Ba incorporation into SiO₂/SiC interface

阪大院工¹, 産総研², 筑波大³ 藤田 栄悟¹, ^O細井 卓治¹, 染谷 満², 畠山 哲夫², 原田 信介², 矢野 裕司³, 志村 考功¹, 渡部 平司¹

Osaka Univ.¹, AIST², U. Tsukuba³ Eigo Fujita¹, ^oTakuji Hosoi¹, Mitsuru Sometani², Tetsuo Hatakeyama², Shinsuke Harada², Hiroshi Yano³, Takayoshi Shimura¹, Heiji Watanabe¹

E-mail: hosoi@mls.eng.osaka-u.ac.jp

SiC MOSFET は低いチャネル移動度が課題となっており、窒化をはじめとした様々な SiO₂/SiC 界面 特性向上技術が模索されている。近年、SiC 表面に極薄 Ba 層を堆積し、SiO₂層でキャップした後、900℃ の低温での熱酸化 (MEO: metal-enhanced oxidation)を施した MOSFET が高移動度を示すことが報告さ れている[1]。Ba-MEO には SiO₂ 表面および SiO₂/SiC 界面でのラフネス増大という問題も指摘されてい る[2]が、我々は以前、酸化膜の増膜がほとんど見られない 800℃ 以下の Ba-MEO で、熱酸化膜と同等 の平坦性を維持しつつ、良好な界面特性が得られることを報告した[3]。そこで本研究では、750℃ から 950℃ までの温度範囲で MEO を施した Ba 添加 SiC MOSFET を作製し、ホール効果測定により Ba 添加によるデバイス特性向上の起源について検証した。

イオン注入により n⁺ソース/ドレイン領域と p⁺ボディコンタクト領域をそれぞれ形成した p 型エピ タキシャル層付 4H-SiC(0001)基板上に、分子線蒸着により Ba を 0.1 nm、プラズマ CVD により 35 nm の SiO₂キャップ層を順に堆積し、O₂雰囲気下 750~950°C で MEO を行った。その後、N₂雰囲気下 950°C で 30 分間の POA 処理を行い、AI 電極を形成して nMOSFET を作製した。得られたドレイン電流-ゲー ト電圧特性から算出した電界効果移動度を Fig. 1 に示す。参照用の熱酸化膜試料と比較して Ba 添加試 料は高移動度を示しているが、そのピーク移動度は MEO 温度が低いほど高くなることがわかる。そこ で、MEO 温度 750°C と 900°C でホール効果測定可能な素子[4]を作製し、チャネル中の可動電子密度と ホール移動度を評価した。Fig. 2(a)に CET で規格化した可動電子密度 (nfree)のゲート電圧依存性を示 す。ここで、スプリット C-V 測定から算出した電子密度を理想値とした。熱酸化膜試料ではほとんど の電子が絶縁膜界面に捕獲されて nfree が僅か 3%しかないのに対して、Ba 添加試料では、酸化温度に よらず nfree が 55%まで増大していることがわかる。一方、ホール移動度を比較すると、Ba 添加試料は 熱酸化膜試料の移動度よりも低く、MEO 温度が高い方が移動度劣化することがわかった (Fig. 2(b))。 以上のことから、SiO₂/SiC 界面への Ba 導入は MEO 温度に依存して電子移動度を劣化させるものの、 可動電子密度が大幅に増加することで電界効果移動度が向上したと結論できる。

【謝辞】本研究は、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)によって実施された。

【参考文献】 [1] D. J. Lichtenwalner *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 182104 (2014). [2] A. Chanthaphan *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 120303 (2016). [3] 藤田他、第 64 回応用物理学会春季学術講演会 17p-301-8 (2017). [4] T. Hatakeyama et al., Appl. Phys. Express **10**, 046601 (2017).



Fig. 1 Field-effect mobilities of SiC MOSFETs with various MEO temperatures.



Fig. 2 (a) Mobile electron densities normalized by CET measured for SiC MOSFETs with MEO at 750 and 900°C. Ideal electron density estimated from split C-V characteristics is also shown. (b) Hall electron mobilities of SiC MOSFETs as a function of mobile electron density.