

反転層移動度に対する SiO₂/SiC 界面のクーロン散乱体の影響

The Effects of Coulomb Scattering Centers at SiO₂/SiC interfaces on Electron Mobility in Inversion Layers

富山県立大学¹、産総研² ○畠山哲夫^{1,2,*}、染谷満²、平井悠久²、原田信介²

Toyama Pref. Univ.¹, AIST² ○T. Hatakeyama^{1,2}, M. Sometani¹, H. Hirai², S. Harada¹

E-mail: t.hatakeyama@pu-toyama.ac.jp

【はじめに】SiC MOSFET では MOS 界面の低移動度が課題であり、移動度向上を目的として窒化を始めとする様々な界面制御プロセスや Si 面とは異なる面方位の使用が検討されてきた。MOS 界面の低移動度の課題は二つあり、一つは SiCMOS 界面固有の伝導帯近傍の高密度の界面準位による界面の自由電子密度の減少と、もう一つは界面の自由電子の移動度自体の劣化である[1]。SiCMOS 界面の自由電子反転層移動度はバルク移動度よりはるかに小さく、基板濃度に敏感である[2]。この様な移動度劣化をもたらす要因として界面の高密度クーロン散乱体を仮定し、反転層移動度の理論計算を行い、基板濃度及び電子濃度依存性を調べたので報告する。

【計算方法】反転層の界面量子化による多バンドの電子構造を反映したクーロン散乱体の新しい遮蔽理論に基づく移動度計算を行った。反転層の電子構造はポアソン方程式とシュレーディンガー方程式の自己無撞着計算による既存の手法により求めた。移動度は電子構造計算で求めた波動関数とエネルギー準位を用いて散乱理論に基づいた計算により求めた。この移動度計算において多バンド構造を考慮してクーロン散乱の遷移確率を評価する新しいアルゴリズムを考案し、移動度計算に適用した。

【結果】Fig.1 に低濃度基板(1E14cm⁻²)での反転層の界面量子化のエネルギー準位の電子濃度依存性を示す。低濃度基板では界面電界強度が小さいので量子化の効果が小さく、エネルギー準位が近接している。その結果、低電子濃度では電子が最低準位以外の準位にも分布し、2次元性が弱くなり、反転層は基板の奥方向にも広がっている。Fig. 2 に界面に素電荷をもつクーロン散乱体を密度、2E13 cm⁻²で存在すると仮定して計算した反転層移動度の電子濃度依存性を示す。基板濃度が高濃度になるにつれ、波動関数と散乱体の距離が近くなるため、移動度は劣化する。また電子濃度が高くなるにつれ、遮蔽の効果が効いてくるため移動度は改善する。一方、基板濃度が 1E15cm⁻² 以下では電子が基板の奥方向に広がり散乱体との距離が広がるので、移動度は大きく改善する。以上の計算結果は超低濃度基板を用いた実験結果 [3]と定性的に一致しており、SiC MOS 界面における高密度のクーロン散乱体の存在を示唆するものであると考える。

参考文献:[1] T. Hatakeyama, et al., Appl. Phys. Express, Vol 12, 021003 (2019) [2] M. Noguchi, et al, Jpn. J. Appl. Phys., Vol 58, SBBD14 (2019) [3] M. Sometani, et al., Proc. of Int. Conf. on SiC and Related Materials, 2018 WE.02b.05.

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」（管理人：NEDO）および JSPS 科研費 19K04494 によって実施されました。」

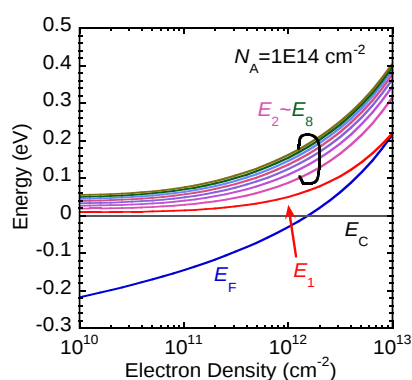


Fig. 1: The energy levels of sub-bands of a SiC MOSFET on the low doping ($N_A = 1E14 \text{ cm}^{-3}$) epitaxial layer.

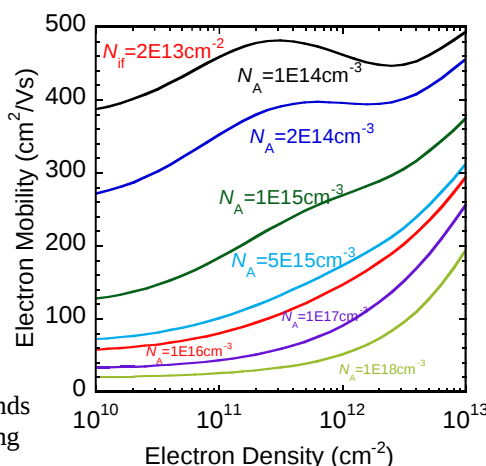


Fig. 2: The calculated mobility limited by Coulomb scattering from the scattering centers at the SiC/SiO₂ interfaces. The assumed density of Coulomb scattering centers at the interface is $2E13 \text{ cm}^{-2}$.