ナノシートの一次元電子ガスとキャリア量

1DEG calculation of nanosheet MOSFETs

産総研 ○福田 浩一，二宮 真理子，服部 淳一

AIST, Koichi Fukuda, Mariko Ninomiya, and Junichi Hattori

LSI の次世代トランジスタの有力な候補としてナノシート MOSFET が注目されている。ナノシート構造のモデリングでは量子閉じ込めによる二次元電子ガスとして扱う[1]ことが多いが、チャネルコーナーの影響を考える場合には一次元電子ガスとして扱う必要がある。本報告ではチャネルの二次元断面に対し Poisson-Schroedinger 法によって一次元電子ガスの電子濃度分布を求め、ナノシート構造のキャリア量に関して得られた知見を報告する。

Fig. 1 はシミュレーションに用いたチャネル断面の模式図である。SiO_2 の物理膜厚 1 nm、Si 膜厚 7 nm、チャネル幅 50 nm、上下は{100}面、横は{110}面とした。ここではソース・ドレイン方向の電位分布は考慮しない。ゲート電極に電圧を印加し、0V に固定したフェルミレベルに対する電子濃度を、Poisson-Schroedinger 方程式ループを回して自己無撞着解を得る。電子の伝導帯バレーは有効質量の異方性を考慮した複数のバレーとし、さらに各バレーで 16 サブバンドまで考慮した。なお SiO_2 中の有効質量は 0.5 m_0 と仮定した[2]。なお考慮するサブバンド数が十分なことは、8 サブバンドまでの結果と大差ないことで確認している。

Fig. 2 は強反転状態であるゲート電圧が 1.0 V のときの電子濃度をリニアスケールで表示したものである。白い線を用いて材質境界を示しており、電子濃度が閉じ込め効果によって界面から離れていることがわかる。垂直方向にみると中央では濃度が下がっており、この膜厚での強反転では濃度がふた山になることが確認できた。さらにチャネル断面の四隅にはそれぞれ濃度ピークが存在する。この場所はゲートが囲んでいるために反転がより強いことに対応している。ただしこの寸法の場合、四隅の高濃度部はリニアスケールで高い程度であった。この知見は、古典的なデバイスシミュレーションで、量子効果を考慮する密度勾配法にも有用である。

この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP20017)の結果得られたものです。

[1] K. Sumita, et al., IEEE TED 69, 2115 (2022).

[2] Z. A. Weinberg, JAP 53, 5052 (1982).

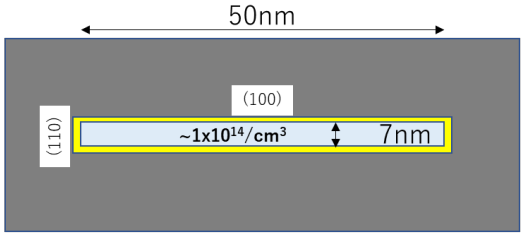

Fig. 1 A cross section of a nanosheet MOSFET channel for 1DEG calculation.

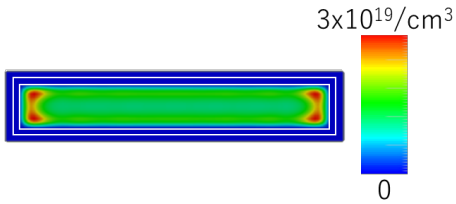

Fig. 2 An example of electron distribution in linear scale for a strong inversion case.

© 2023年 応用物理学会