

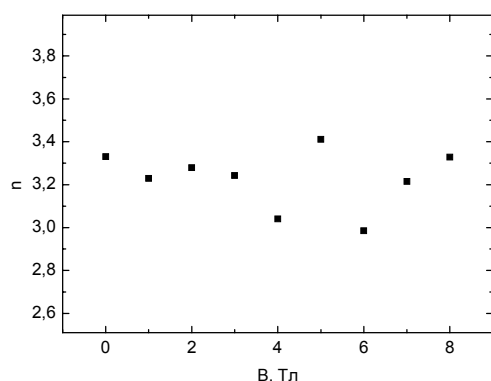


Рисунок 2. – Зависимость значения показателя n в формуле (1) от индукции магнитного поля для модифицированной пленки $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$

температуры с показателем степени близким к значению n в формуле (1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Resistivity Minimum Behavior and Weak Magnetic Disorder Characteristics in $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$ Manganites / Z.Chen [et al.] // J. Supercond. Nov. Magn. 2009. Vol. 22. P.465.
2. Rozenberg, E. Comment on 'Resistivity Minimum Behavior and Weak Magnetic Disorder Characteristics in $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$ manganites' / E. Rozenberg // J. Supercond. Nov. Magn. 2010. Vol. 23. P. 183.
3. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах / В.Ф. Гантмахер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. 288 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЕРЕНОСЕ В КОРОТКОКАНАЛЬНЫХ МОП-ТРАНЗИСТОРАХ

О. Г. Жевняк

Белорусский государственный университет, Zhevyakol@tut.by

С помощью кинетического метода Монте-Карло осуществлено моделирование электронного переноса в короткоканальных МОП-транзисторах с мелкими и глубоко залегающими стоками. Рассчитаны зависимости средних значений энергии, подвижности и дрейфовой скорости электронов вдоль проводящего канала транзистора в зависимости от напряжений на стоке и затворе. Показано, что глубина залегания стока не оказывает сильного влияния на перенос электронов.

Тенденции развития современной цифровой электроники направлены на уменьшение размеров МОП-транзисторов, являющихся базовыми элементами микропроцессорных систем, как в продольном, так и в поперечном направлениях. Это требует сокращения и длины проводящего канала транзисторов, и глубины их залегания в подложку. Последнее достигается созданием мелких стоков – глубиной 10–20 нм [1; 2]. Но в отличие от стандартных МОП-транзисторов с глубиной стоковой и истоковой областей до 100 и более нм перенос в транзисторах с мелкими стоками приоб-

ретаёт существенно приповерхностный характер. Это связано с тем, что в МОП-транзисторах электроны от истока к стоку движутся преимущественно в пределах «проводящего ящика», создаваемого промежутком между истоком и стоком вдоль длины канала и глубиной залегания истока и стока в направлении подложки (см. рис. 1) [1; 3]. В приборах с мелкими стоками толщина этого «ящика» оказывается сравнима с длиной волны де-Бройля электронов и потому перенос последних осуществляется не просто вблизи поверхности раздела кремний / подзатворный окисел, а в условиях квантования их энергии.

Целью настоящей работы явилась оценка влияния глубины залегания областей истока и стока в короткоканальном кремниевом МОП-транзисторе на параметры, характеризующие электронный перенос в такого рода приборах. В качестве метода исследования нами использовалось кинетическое моделирование электронного переноса в канале МОП-транзистора методом Монте-Карло в соответствии с алгоритмами и процедурами данного метода, описанными в монографии [4]. Учитывался перенос электронов в квазидвумерном состоянии для мелких стоков и в трехмерном состоянии для глубоких стоков. Данный фактор является одним из ключевых, определяющих влияние глубины залегания на параметры переноса. К другому важному фактору следует отнести распределение напряженности тянущего поля стока, максимальное значение которой наблюдается у стока вдоль всей глубины его залегания d_j . Чем больше d_j , тем больше область в транзисторе с максимальной напряженностью электрического поля. Исследовался МОП-транзистор со следующими конструктивно-технологическими параметрами: $L_{ch} = 0,2$ мкм, $d_{ox} = 5,6$ нм, $N_D = 10^{26} \text{ м}^{-3}$, $N_A = 10^{24} \text{ м}^{-3}$.

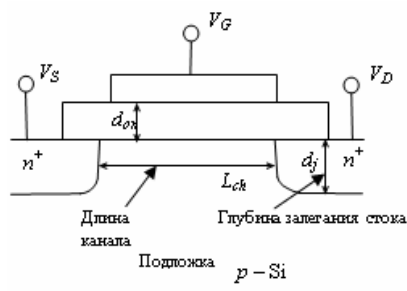


Рисунок 1. – Конструкция исследуемого МОП-транзистора

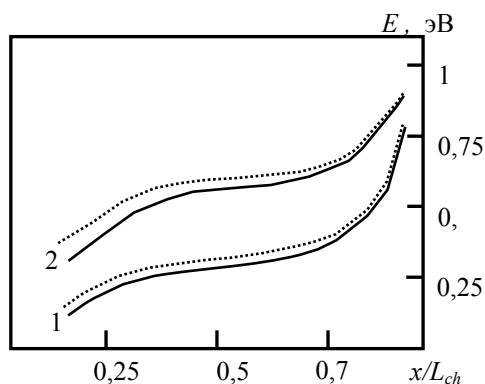


Рисунок 2. – Распределения средних значений энергии электронов вдоль канала для транзисторов с двумя значениями d_j

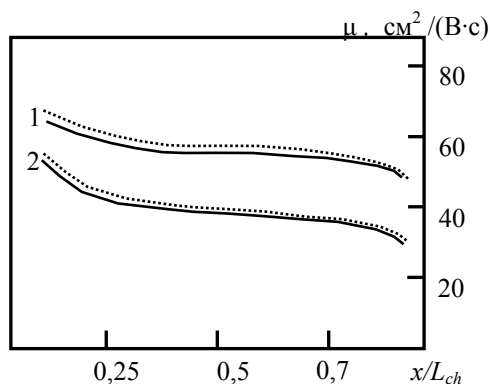


Рисунок 3. – Распределения средних значений подвижности электронов вдоль канала для транзисторов с двумя значениями d_j

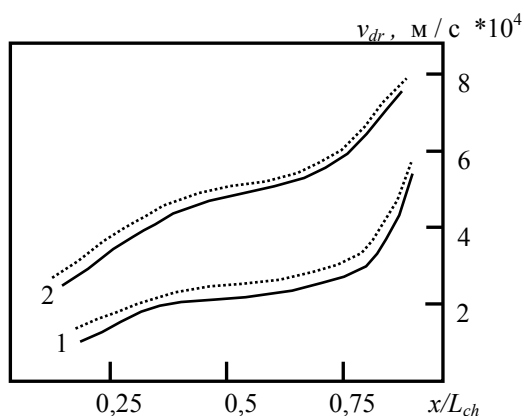


Рисунок 4. – Распределения средних значений дрейфовой скорости электронов вдоль канала для транзисторов с двумя значениями d_j

На рис. 2–4 представлены рассчитанные в результате проведенного моделирования распределения средних значений энергии, подвижности и дрейфовой скорости электронов вдоль проводящего канала исследуемых транзисторов с мелкими $d_j = 10$ нм (пунктирные кривые) и глубокими $d_j = 100$ нм (сплошные кривые) стоками. Для сравнения рассматривались два случая: 1) не сильной инжекции и относительно слабого разогрева электронов в канале, наблюдаемые при $V_G = 1$ В и $V_D = 1$ В (кривые 1), 2) довольно высокой инжекции и сильного разогрева электронов в канале $V_G = 3$ В и $V_D = 3$ В (кривые 2). Полученные

результаты моделирования показывают, что для обоих этих случаев значения всех рассчитываемых параметров в МОП-транзисторах с мелкими стоками оказываются выше, нежели в МОП-транзисторах с глубокими стоками. Но в целом это превышение является не очень существенным, особенно при рассмотрении подвижности электронов, и на участке канала вблизи стока фактически исчезает. В этой связи можно считать, что влияние глубины залегания стока на параметры переноса не велико. Явное увеличение средней энергии и дрейфовой скорости электронов и уменьшение их подвижности с увеличением напряжений на стоке и затворе вызвано, с одной стороны, увеличением напряженности поля у стока и усилением разогрева электронов, а, с другой стороны, увеличением концентрации электронов в проводящем канале (с $2,5 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ до $7,5 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Scaling the MOS Transistor Below 0,1 μm : Methodology, Device Structures, and Technology Requirements / C. Fiegna [et al.] // IEEE Trans. Electron Dev. – 1994. – Vol. 41, No 6. – P. 941–951.
2. Iwai, H. Technology toward low power / low voltage and scaling of MOSFETs / H. Iwai, H. S. Momose // Microelectron. Engineer. – 1997. – Vol. 39, No 1. – P. 7–30.
3. Жевняк, О. Г. Моделирование методом Монте-Карло влияния глубины залегания стока на перенос электронов и ток стока в субмикронных МОП-транзисторах / О. Г. Жевняк, И. М. Шевкун // Вестник Белгосуниверситета. Сер. Физ. Мат. Инф. – 2014, №3. – С. 38–40.
4. Моделирование методом Монте-Карло приборных структур интегральной электроники / В. М. Борздов [и др.]; БГУ. – Минск: БГУ, 2007. – 175 с.