

Королев М.А., Козлов А.В., Петрунина С.С.
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСИ В РАБОЧЕМ СЛОЕ И
ОБЪЕМНОЙ ПОДЛОЖКЕ НА ТОК СТОКА КНИ ПДХ

***Аннотация.** Проведено исследование влияния концентрации примеси в рабочем слое и объемной подложке на ток стока КНИ полевого датчика Холла путем приборно-технологического моделирования в пакете Synopsys Sentaurus. На начальном этапе выполнялась корректировка численной модели путем сопоставления передаточных ВАХ характеристик расчета и ранее экспериментально созданного и измеренного образца КНИ ПДХ. Показано, что при низких концентрациях в рабочем слое ток стока сильно зависит от потенциала верхнего затвора, а уровень легирования объемной подложки влияет на ток стока лишь при работе прибора в режиме обеднения практически не зависит.*

***Ключевые слова:** КНИ полевой датчик Холла; Synopsys Sentaurus; концентрация примеси; ток стока.*

Korolev M.A., Kozlov A.V., Petrunina S.S.
INFLUENCE OF THE DOPING CONCENTRATION ON THE DRAIN CURRENT
OF THE SOI FIELD-EFFECT HALL SENSOR

***Abstract.** The paper studied the influence of the doping concentration in the active layer and the bulk substrate to the drain current of the SOI field by the Hall sensor device-technological simulation package Synopsys Sentaurus. At the initial stage there was making adjustments to the numerical model by comparing the transmission current-voltage characteristic calculation to previously created and experimentally measured sample SOI FEHS. It is shown that at low concentrations in the working layer drain current depends on the capacity of the front gate and the doping level of the substrate affects the bulk flow current only when device operate in depletion mode.*

***Keywords:** SOI field-effect Hall sensor, Synopsys Sentaurus, doping concentration, the drain current.*

Существует предложенный авторами статей (1-2) полевой датчик Холла (ПДХ), в основе которого положена КНИ структура. Такой прибор обладает рядом преимуществ, таких как:

- может быть использован как высокотемпературный (до 300⁰С) преобразователь магнитного поля;
- высокая устойчивость к воздействию радиации за счет использования КНИ технологии;
- резкое увеличение (в десятки раз) пороговой магнитной чувствительности, а соответственно и расширение динамического диапазона магнитной чувствительности;
- уменьшение рабочего тока КНИ ПДХ (при полностью открытом канале порядка -0,1...0,4 мА);
- питание датчика постоянным током;
- отсутствие "ключей" и, соответственно, коммутационных помех;
- реализация максимальной пороговой чувствительности путем повышения отношения сигнал/шум.

Авторами статей (1-2) Мордковичем В.Н., Бараночниковым М.Л. и др. были изготовлены и исследованы такие датчики, но для дальнейшей оптимизации параметров устройства необходимо провести численное моделирование. В данной

работе при проведении расчетов использовалась система Sentaurus TCAD компании Synopsys.

Математическая модель выбрана следующая. Эмпирически установлено, что поле Холла определяется плотностью тока \bar{J} , индукцией магнитного поля \bar{B} и величиной R , характеризующей свойства образца.

$$\bar{E}_H = R[\bar{B}\bar{J}] = R\sigma[\bar{B}\bar{E}] = -R\sigma[\bar{E}\bar{B}]$$

В свою очередь плотность тока \bar{J} пропорциональна току, протекающему через рабочий слой датчика, то есть току стока КНИ ПДХ. Поэтому представляет несомненный научный и практический интерес определить влияние на этот параметр концентрации примеси в рабочем слое датчика и в подложке.

Для численного расчета в Synopsys Sentaurus TCAD была проведена настройка математической модели путём сопоставления передаточной характеристики, описанного в работе (1) и рассчитанного с помощью TCAD КНИ ПДХ.

Дальнейший расчет передаточных ВАХ ПДХ проводился при отсутствии внешнего магнитного поля на основе решения уравнений непрерывности для электронов и дырок, а также уравнения Пуассона диффузионно-дрейфовой модели.

В качестве начального условия на два электрода (исток, нижний затвор) подавались нулевые потенциалы, сток имел потенциал 2В, на верхнем затворе - потенциал изменялся от -3В до +5В. На рис.1 представлено семейство передаточных характеристик.

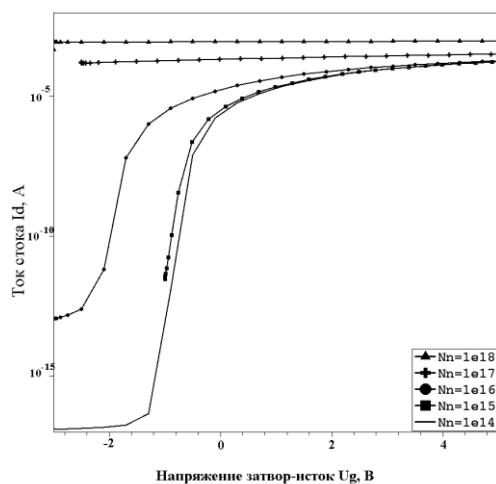


Рис. 1. Семейство передаточных ВАХ ПДХ в зависимости от концентрации примеси в рабочем слое прибора.

Как следует из рис. 1 при концентрации примеси в теле прибора 10^{17}см^{-3} и выше ток стока имеет максимальную величину, но перестает управляться затвором.

При расчете передаточной характеристики при разной концентрации примеси в подложке концентрация в рабочем слое составляла $N_n=10^{14}\text{см}^{-3}$. Результаты приведены на рис.2.

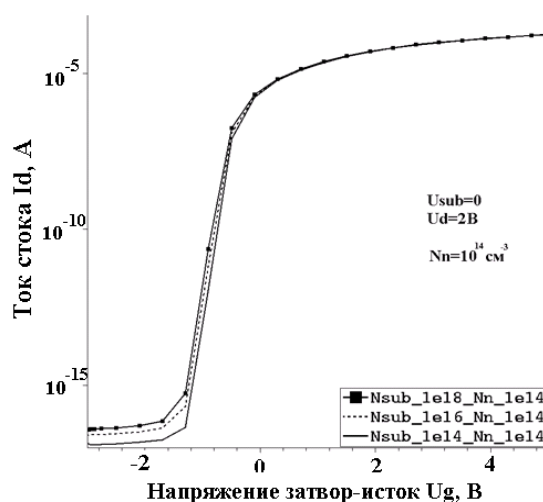


Рис. 2. Семейство передаточных характеристик при разных концентрациях примеси в объемной подложке.

Как следует из графиков рис. 2 в режиме обогащения (на затворе положительный потенциал) концентрация примеси в подложке практически не оказывает влияние на ток стока прибора. Однако при переходе в режим обеднения (на затворе отрицательный потенциал) влияние концентрации примеси на ток стока проявляется вследствие изменения контактной разности потенциалов на нижнем затворе.

Список литературы

1. Baranochnikov M. L., Leonov A. V., Mordkovich V. N., Pazhin D. M. Filatov M. M Some Features of Magnetometric and Sensor Devices Based on the Field Effect Hall Sensor //Advanced Electromagnetics Symposium. Proceedings. – Paris, France, 2012. – P.455-459.
2. Мордкович В.Н., Бараночников М.Л., Леонов А.В, Мокрушин А.Д., Омельяновская Н.М., Пажин Д.М. Полевой датчик холла – новый тип преобразователя магнитного поля // Датчики и системы. – 2003.– Вып. 7. – С. 33–38.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Королев Михаил Александрович, профессор, доктор технических наук, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», площадь Шокина, д. 1, г. Москва, г. Зеленоград, 124498, Россия. Электронная почта: mikor33@rambler.ru

Козлов Антон Викторович, доцент, кандидат технических наук, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», площадь Шокина, д. 1, г. Москва, г. Зеленоград, 124498, Россия. Электронная почта: anton@dtd.miee.ru

Петрунина Светлана Сергеевна, магистрант, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», площадь Шокина, д. 1, г. Москва, г. Зеленоград, 124498, Россия, Электронная почта: petrunina.s@mail.ru