

Разработка макета полевого транзистора с барьером Шоттки на основе синтетического монокристалла алмаза

*В.В. Плюснин^{1,2}, В.С. Бормашов¹, С.А. Тарелкин¹, А.В. Голованов^{1,2}, А.П. Волков¹,
Д.В. Тетерук¹, М.С. Кузнецов¹, С.Г. Буга^{1,2}, С.А. Терентьев¹, В.Д. Бланк^{1,2}*

¹Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

В последние 10 лет бурно развивается область алмазной полупроводниковой электроники. Обладая уникальным сочетанием высокого коэффициента диэлектрической проницаемости, высокой теплопроводности, химической инертности и радиационной стойкости, алмаз является перспективным материалом для изготовления мощных высокочастотных транзисторов [1].

Несмотря на наличие большого числа работ по созданию экспериментальных образцов полевых транзисторов [2, 3], для массового производства и внедрения алмазных полупроводниковых структур в радиоэлектронные изделия необходимо решить целый комплекс научных и технологических проблем. Целью данной работы являлась разработка работоспособного макета полевого транзистора с барьером Шоттки (ПТШ) на основе синтетического алмаза и определение наиболее критичных технологических операций, влияющих на его характеристики.

Для нахождения и исследования критичных параметров, влияющих на характеристики устройства, была разработана численная модель в среде COMSOL Multiphysics. На основании данной модели были рассчитаны оптимальные геометрические и материальные параметры макета транзистора, такие как концентрация легирующей примеси и толщина эпитаксиальной алмазной пленки.

Далее была отработана технология ионного имплантирования для создания областей стоков и истоков. Контакты, полученные имплантацией бором, показали хорошие омические характеристики, имплантацией фосфором удалось обеспечить лишь прыжковый тип проводимости. Используя имеющиеся наработки по созданию алмазных структур, был разработан следующий технологический маршрут изготовления макетов ПТШ:

а) подготовка диэлектрических подложек из НРНТ алмаза типа Ib ориентации {100}, которая включала резку кристалла алмаза на пластины, механическая многостадийная полировку на круге с переменным размером абразива и отмывку.

б) рост методом осаждения из газовой фазы тонкого (10 мкм) эпитаксиального алмазного слоя прецизионно легированного бором на уровне $5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$.

в) формирование областей стока, истока (омический контакт) и области затвора (контакт Шоттки) с помощью ионного имплантирования бором и обработкой рабочей поверхности в кислородной плазме соответственно, напыление металлизации из платины.

г) нанесение защитного диэлектрического покрытия из оксида алюминия толщиной 1 мкм с помощью реактивного магнетронного напыления для уменьшения паразитных утечек по поверхности образца.

Всего было разработано и изготовлено 4 варианта конструкции макетов полевого транзистора с различными расстояниями между стоком/истоком, шириной и длиной затвора, а также размером областей стока/истока. Внешний вид одного из макетов представлен на рис. 1. Как видно из рисунка, на одном кристалле располагается сразу несколько тестовых структур для проверки повторяемости получаемых характеристик.

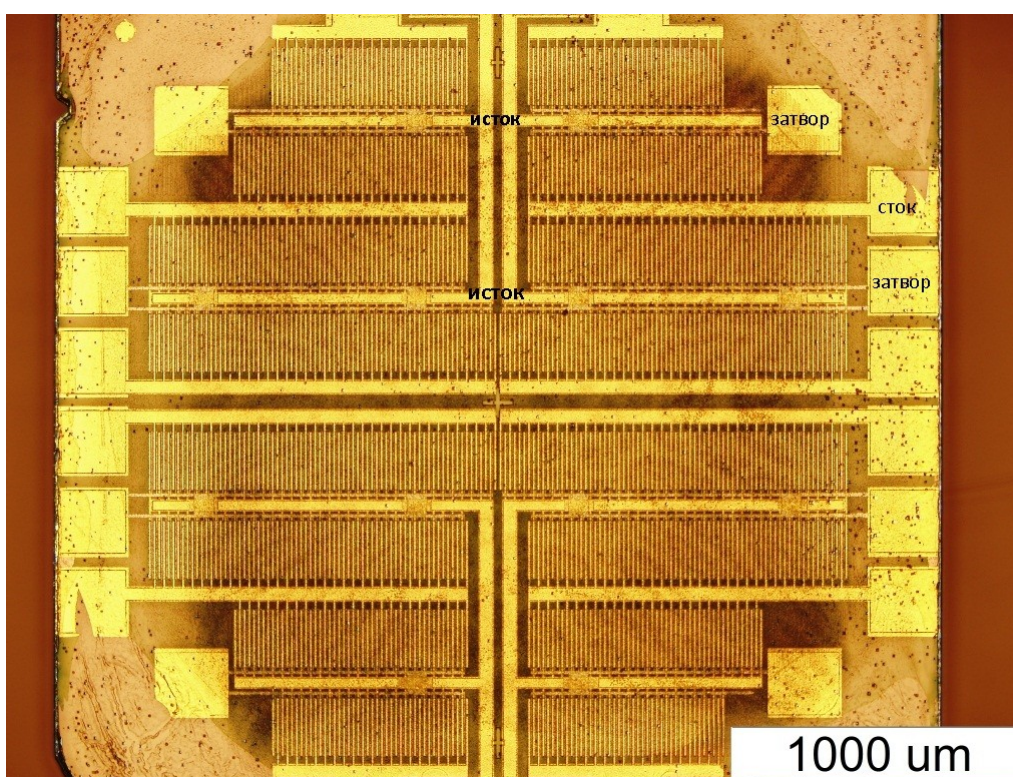


Рис. 1. Оптическое изображение макета ПТШ с обозначениями контактов.

Измерение электрических характеристик макетов ПТШ проводилось с использованием системы Keithley SCS-4200 на зондовой станции Cascade Microtech M150. Типовые выходные характеристики структур изготовленных макетов ПТШ на постоянном токе представлены на рис. 2. Подробное описание полученных результатов и анализ характеристик изготовленных макетов будут представлены в докладе.

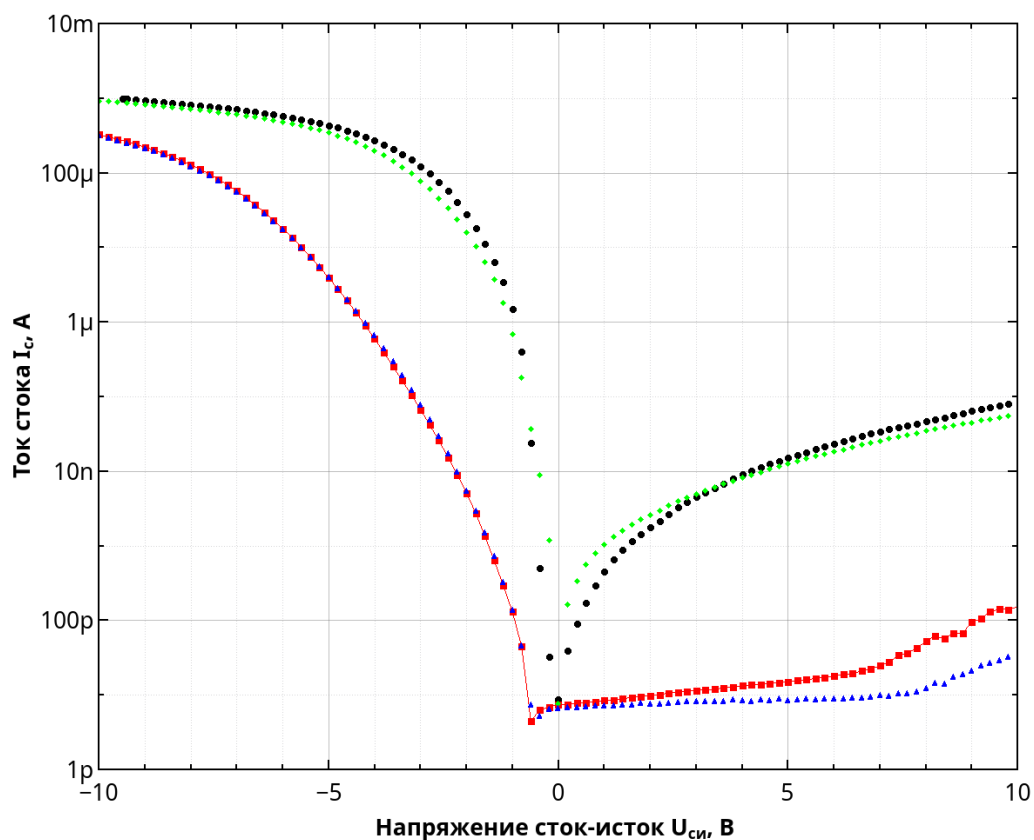


Рис. 2. Набор типовых выходных характеристик макета ПТШ на постоянном токе.

Литература

1. *Kohn E., Denisenko A.* Concepts for diamond electronics// *Thin Solid Films.* - 2007. - V. 515. – P. 4333.
2. *Pietzka C.* [et al.] Analysis of diamond surface channel field-effect transistors with AlN passivation layers // *Journal of Applied Physics* – 2013. – V. 114, № 11 – P.114503.
3. *Lui J.W.* [et al.] Normally-off HfO₂-gated diamond field effect transistors // *Applied Physics Letters* – 2013. – V. 103, № 9 – P.092905.