

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 2.1.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Программа 2.1.1. Физика полупроводников и диэлектриков, твердотельные системы пониженной размерности (координатор академик А. Л. Асеев)

Учеными Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова на основе полупроводниковой мембраны-гетероструктуры GaAs/AlGaAs, оторванной от подложки методом селективного травления, создан подвешенный одноэлектронный транзистор — квантовая точка, соединенная с областями истока и стока через туннельные барьеры (рис. 1).

Подвешенный одноэлектронный транзистор с механическими степенями свободы перспективен в качестве чувствительного масс-спектрометра, применяемого для определения массы частиц вещества (например, молекул ДНК), осажденных на нанопроволоку, по сдвигу резонансных частот ее колебаний (на рисунке показаны стрелками).

Учеными этого же Института методом молекулярной динамики и Монте-Карло исследован механизм зарождения трехмерных островков Ge на Si, обусловленный локальными механическими напряжениями, действующими в окрестности точечных дефектов, которые вводятся низкоэнергетичными ионами. Обнаружено, что элементарные процессы, связанные с ударом иона, заканчиваются в течение 1 пс. Типичные изменения структуры в этом интервале времени представлены на рис. 2 (слева). Объяснены экспериментально наблюдаемые эффекты увеличения плотности наноструктур, уменьшения их размеров и немонотонная зависимость плотности островков от степени ионизации молекулярного пучка.

В этом же Институте разработана технология создания наноканальных мембран, конструкция которых отличается монолитным соединением наноканальной части с несущей микроканальной основой и имеет упорядоченно расположенные профильные каналы (рис. 3). Конструкция заключена в монолитное обрамление из кремниевой пластины.

Учеными Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова в кооперации с учеными Института физики твердого тела (г. Берлин) выращены микрорезонаторные структуры с InAs-квантовыми точками малой плотности ($\sim 10^8$ — 10^9 см⁻²) для излучателей одиночных фотонов (ИОФ) с токовой накачкой, изготовлены лабораторные образцы ИОФ и исследованы их оптические характеристики (рис. 4). Спектр электролюминесценции ИОФ содержит единственную узкую линию, отвечающую рекомбинации экситона одиночной InAs-кван-

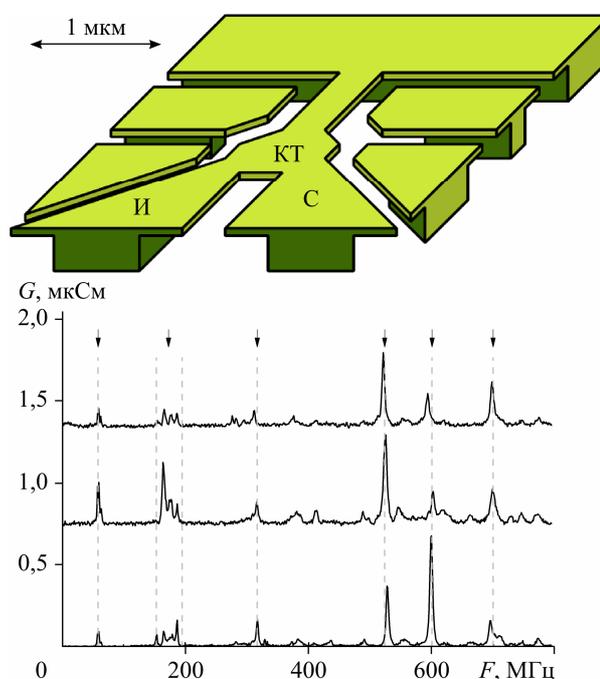


Рис. 1. Схема структуры с подвешенным одноэлектронным транзистором (КТ — квантовая точка; И, С — исток, сток) (вверху) и зависимости дифференциального кондактанса G от частоты возбуждающего ВЧ-напряжения F в различных циклах охлаждения (внизу).

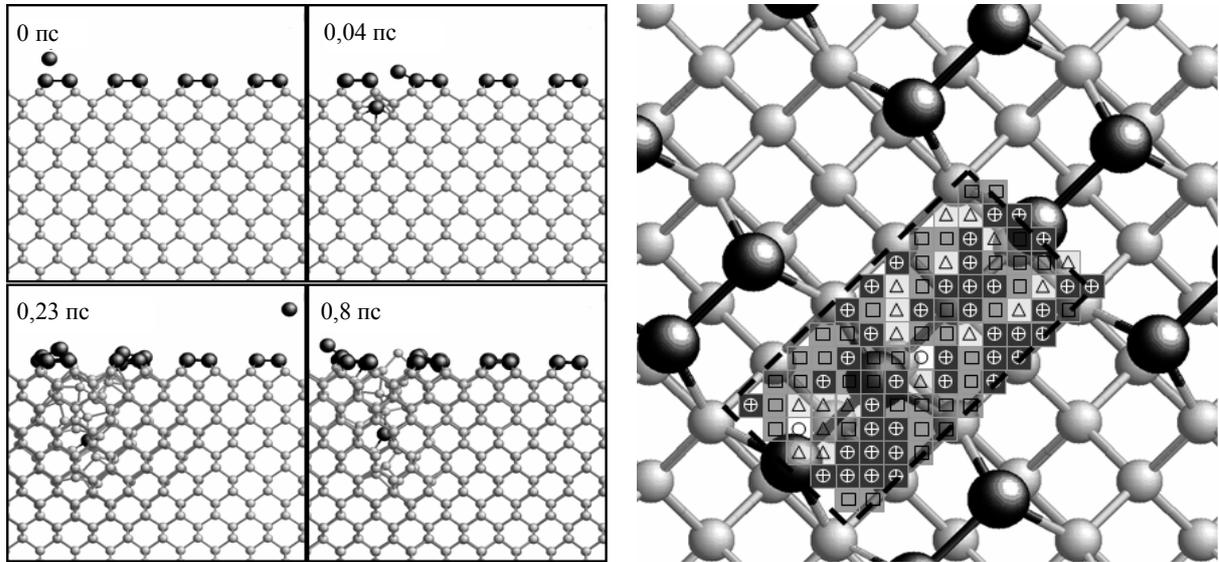


Рис. 2. Результаты моделирования методом молекулярной динамики.

Слева: серия мгновенных снимков структуры спустя различные времена после удара иона. Атомы Ge показаны темным, Si — светлым цветом. Междоузлия заметны как атомы, расположенные внутри шестиугольных ячеек. Справа: распределение сечений генерации междоузлий по элементарной ячейке. Число междоузлий на один ион: \square 4—6, \triangle 7—9, \blacksquare 10—11, \oplus 12—14.

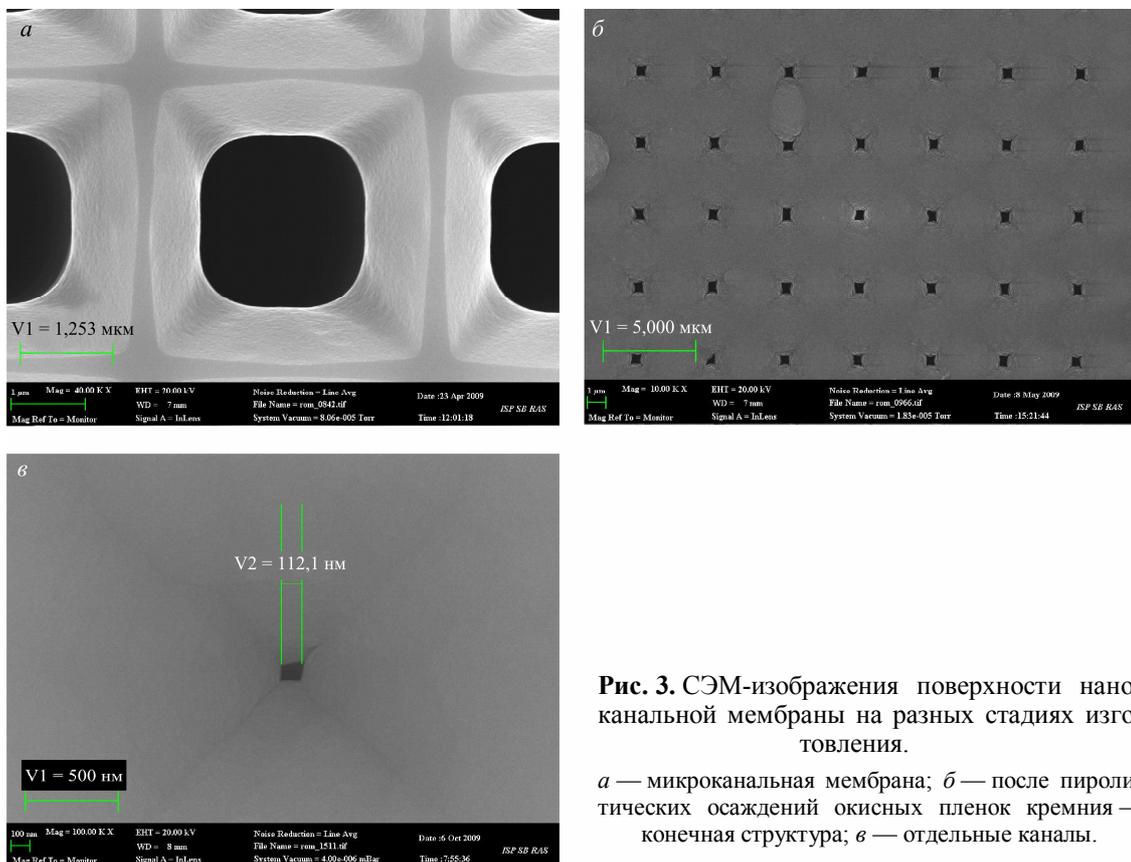


Рис. 3. СЭМ-изображения поверхности наноканальной мембраны на разных стадиях изготовления.

a — микроканальная мембрана; *б* — после пиролизических осадений окисных пленок кремния — конечная структура; *в* — отдельные каналы.

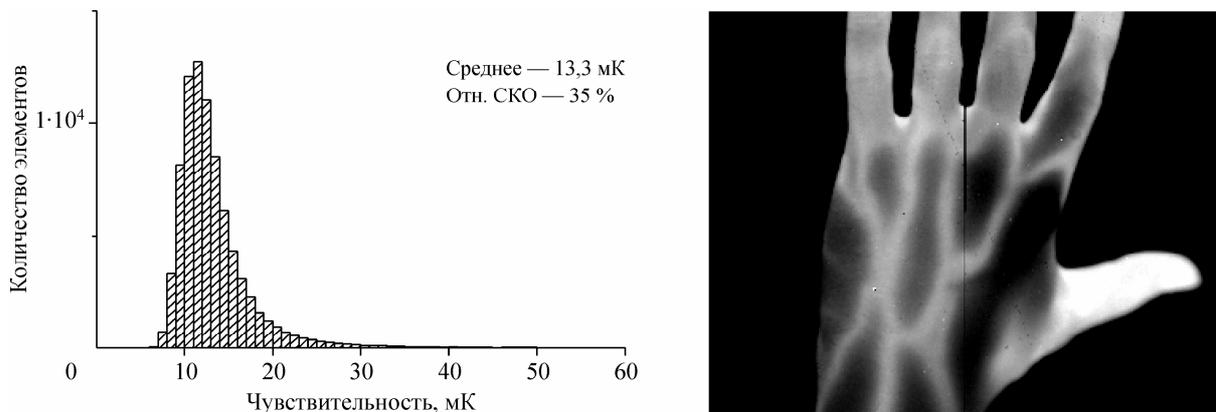


Рис. 5. Гистограмма разности температур (NEDT), эквивалентной шуму фотоприемника 320×256 элементов (слева), и пример теплового изображения, полученного с его помощью в составе макета тепловизионного канала.

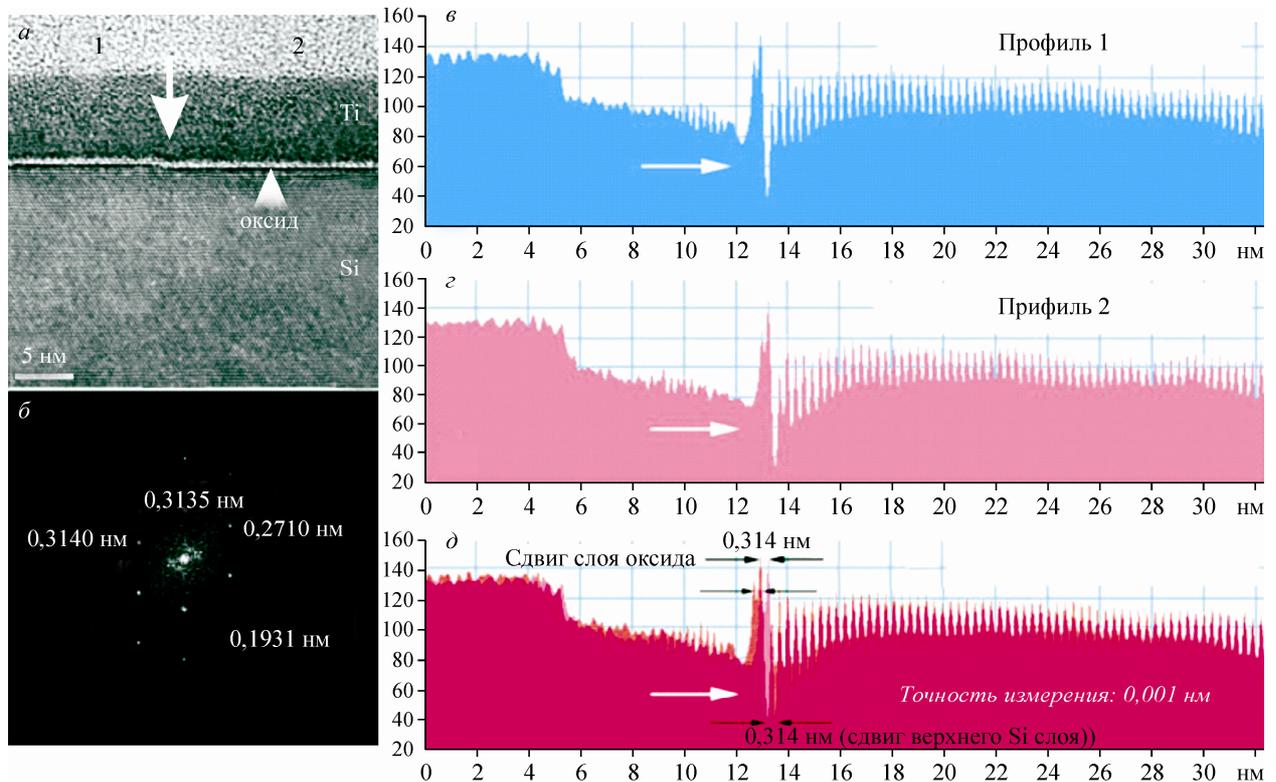


Рис. 6. ВРЭМ-изображение моноатомной ступени на гетерограницах $\text{Si}(111)\text{—SiO}_2$ и $\text{SiO}_2\text{—Ti}$ (а) и фурье-спектр для области Si с измеренными межплоскостными расстояниями (б). в, г — профили интенсивности изображения на рис. а, записанные в направлении сверху вниз слева (область 1) и справа (область 2) от ступени. Области интегрирования профилей интенсивности выделены на рис. а белыми прямоугольниками. д — изображение наложенных профилей интенсивности.

ти $\text{Si}(111)$ с моноатомными ступенями полностью реплицирует рельеф поверхности кремния. Высота и положение ступеней на поверхности оксида кремния соответствуют высоте и положению моноатомных ступеней на поверхности $\text{Si}(111)$. По данным высокоразрешающей электронной микроскопии (ВРЭМ) попереч-

ных срезов гетероструктуры $\text{Ti—SiO}_2\text{—Si}(111)$, высота ступеней на гетерограницах $\text{SiO}_2\text{—Si}(111)$ и $\text{SiO}_2\text{—Ti}$ является одинаковой и с точностью $\approx 0,3\%$ соответствует межплоскостному расстоянию для плоскостей (111) в объемном кремнии — $0,314$ нм.

Программа 2.1.2. Новые оптические материалы, технологии и приборы, их применение (координатор акад. В. Ф. Шабанов)

Учеными Института физики им. Л. В. Киренского впервые обнаружен магнитозависимый эффект СВЧ-детектирования в гранулированных материалах манганитов. Проведены исследования эффекта детектирования в зависимости от температуры, магнитного поля, мощности СВЧ-излучения, тока смещения. Показано, что в основе эффекта лежит взаимосвязь спин-поляризованного электронного транспорта через магнитные туннельные контакты и спиновой динамики ферромагнитных гранул, формирующих эти контакты в образцах. На примере рассмотрения одиночного магнитного туннельного контакта построена модель, качественно описывающая экспериментальные данные (рис. 7). Суммарная величина эффекта определяется всей совокупностью туннельных контактов в образце.

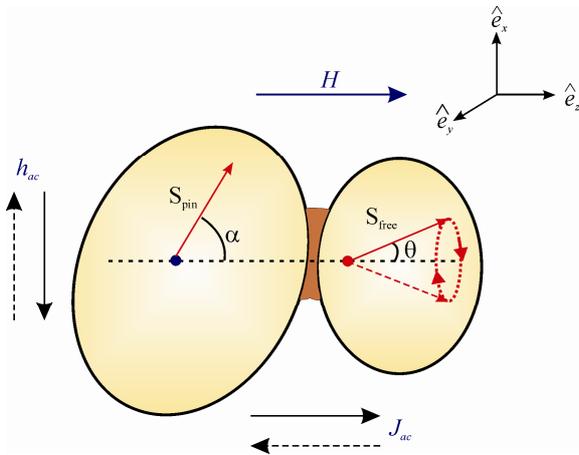


Рис. 7. Схематичная картина двух соседних гранул в образце, образующих магнитный туннельный контакт. Прецессия намагниченности S_{free} одной из гранул вызывает временную зависимость сопротивления туннельного перехода для спин-поляризованного тока $R(t) = R_{\uparrow\uparrow} + \Delta R / (2(1 - S_{pin} \cdot S_{free}))$, $R_{\uparrow\uparrow}$ — сопротивление контакта, когда S_{pin} и S_{free} параллельны, ΔR — увеличение сопротивления, когда S_{pin} и S_{free} антипараллельны. СВЧ-ток, протекающий через контакт $J(t) = J_{ac} \sin(2\pi ft - \delta)$, приведет к появлению постоянного напряжения $V_{dc} = \langle J(t)R(t) \rangle_T = (J_{ac} \Delta R / 4) \sin \theta \sin \alpha \cos(\phi - \delta)$.

Учеными этого же Института разработан способ перестройки спектра пропускания одномерного фотонного кристалла (ФК) с нематическим жидкокристаллическим дефектом при ориентационном переходе слоя жидкого кристалла (ЖК) из гомеотропного в планарное состояние (В-эффект) (рис. 8, 9).

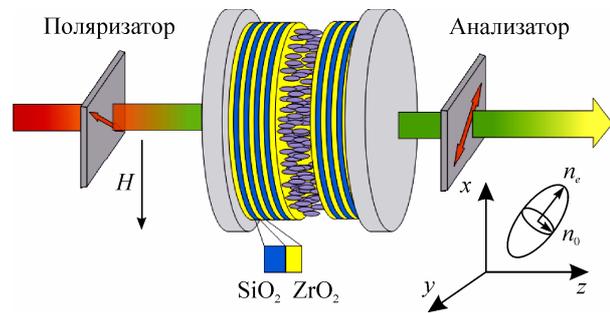


Рис. 8. Схема экспериментальной ячейки для исследования трансформации спектра дефектных мод ФК с ЖК-слоем, помещенного между скрещенными поляризаторами, при переориентации нематика из гомеотропного в планарное состояние.

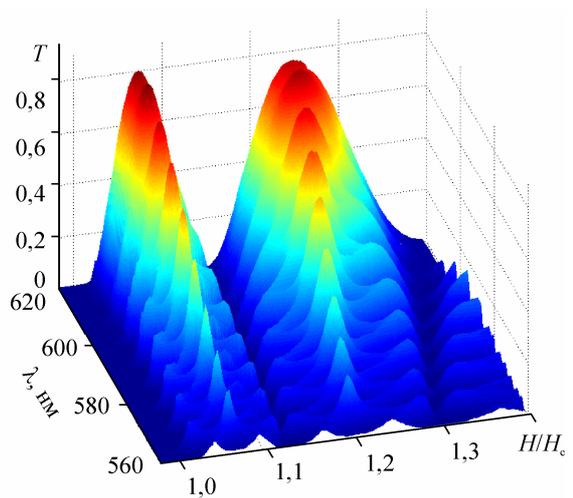


Рис. 9. Спектр пропускания ячейки ФК/ЖК, помещенной между скрещенными поляризаторами, в зависимости от приложенного поля. Пороговое поле $H_c = 6,3$ кЭ.