

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ П.6.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД, В ТОМ ЧИСЛЕ КВАНТОВОЙ МАКРОФИЗИКИ, МЕЗОСКОПИКИ, ФИЗИКИ НАНОСТРУКТУР, СПИНТРОНИКИ, СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

Программа П.6.1. Физика полупроводниковых наноструктур и квантовые эффекты в полупроводниках (координатор акад. А. Л. Асеев)

В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова при экспериментальном исследовании циклотронного резонанса однодолинных двумерных дираковских фермионов (ДДФ) в квантовых ямах (КЯ) на основе HgTe впервые в мире обнаружены переходы между основным и первым, а также между первым и вторым уровнями Ландау (рис. 1) при воздействии лазерного терагерцевого излучения. Малая величина магнитных полей, соответствующих циклотронному резонансу, а также сильная зависимость положения резонанса от концентрации электронов свидетельствуют о дираковском характере спектра в таких КЯ. Показано, что беспорядок играет важную роль в формировании спектра ДДФ.

Учеными этого же Института теоретически изучена индуцированная модуляция плотности экситонов в гибридной системе (рис. 2), состоящей из пространственно разнесенных слоев двумерного электронного газа и непрямых дипольных экситонов (например, в двойной квантовой яме), и показано, что благодаря взаимодействию с электронами, внешний потенциал вызывает фриделевские осцилляции плотности экситонов.

В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова разработана серия устройств на основе неохлаждаемых матричных микроболометрических приемников: тепловизионная камера с расширенными функциональными возможностями и с выводом изображения на малогабаритный жидкокристаллический экран (рис. 3). Опытный наשלменный прибор для регистрации изображений в условиях ограниченной видимости (задымленность, туман, пороховые газы) испытан в реальных условиях для служб МЧС и других министерств и ведомств (рис. 4).

В этом же Институте разработано и изготовлено двухспектральное фотоприемное устройство (ДФПУ) на основе двухспектральной

фоточувствительной структуры в слоях гетероэпитаксиальных наноструктур кадмий—ртуть—теллур (КРТ), включающее двухспектральный фотоприемник форматом 288×4 на основе двухспектральных фоточувствительных элементов (рис. 5) в слоях гетероэпитаксиаль-

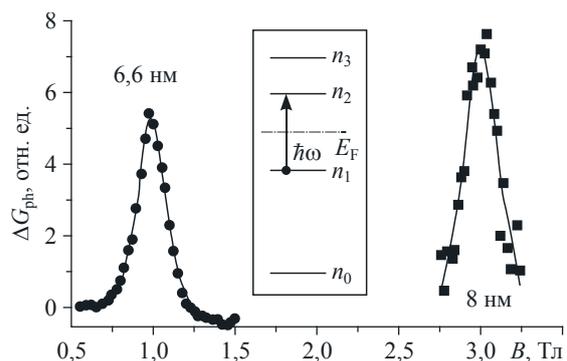


Рис. 1. Зависимости фотопроводимости $\Delta G_{ph}(B)$ для $\text{Cd}_{0,7}\text{Hg}_{0,3}\text{Te}/\text{HgTe}/\text{Cd}_{0,7}\text{Hg}_{0,3}\text{Te}$ КЯ толщиной 6,6 нм ($N_s = 7,2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$) и 8,0 нм ($N_s = 9,6 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$) при облучении лазером с длиной волны 118 мкм. Сплошные линии — приближения лоренцевыми кривыми с полуширинами 0,22 Тл ($d = 6,6$ нм) и 0,15 Тл ($d = 8,0$ нм). На вставке схематически изображены положение уровня Ферми E_F и оптический переход между уровнями Ландау $n_1 \rightarrow n_2$.

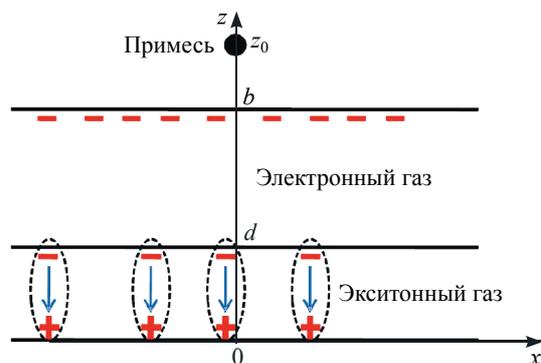


Рис. 2. Схематическое изображение изучаемой структуры.

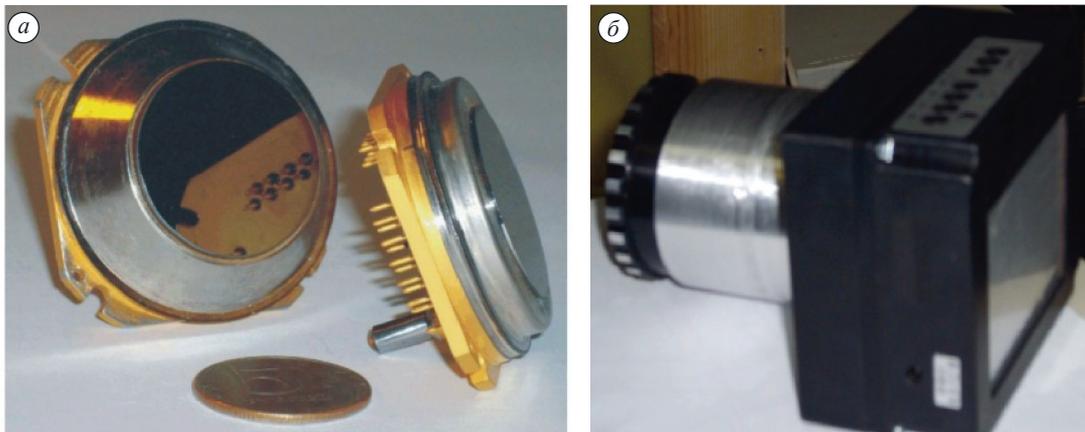


Рис. 3. Общий вид микроболометрической головки (а) и тепловизионной камеры (б).

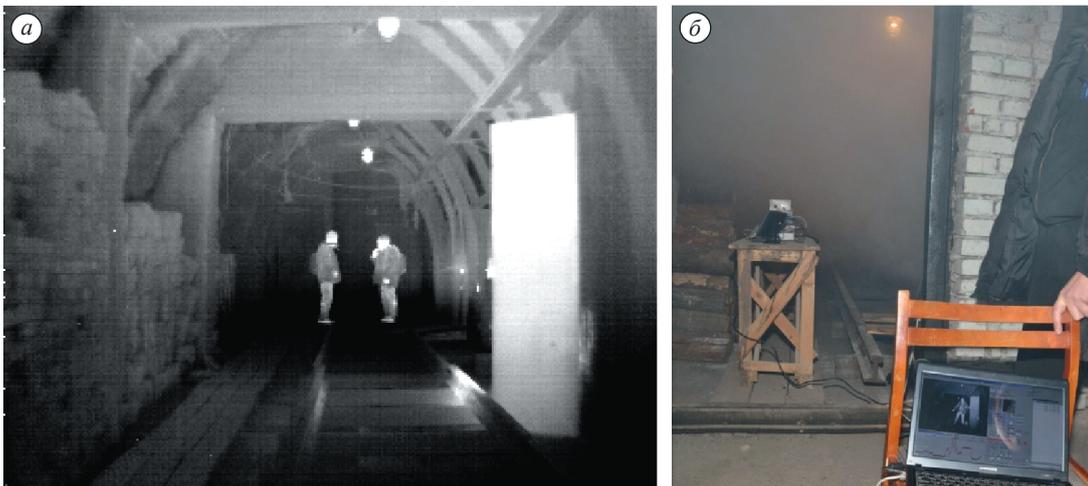


Рис. 4. Изображение спасателей в конце задымленного тоннеля на удалении 20 м (а) и реальное изображение тоннеля со степенью задымленности 4 балла.

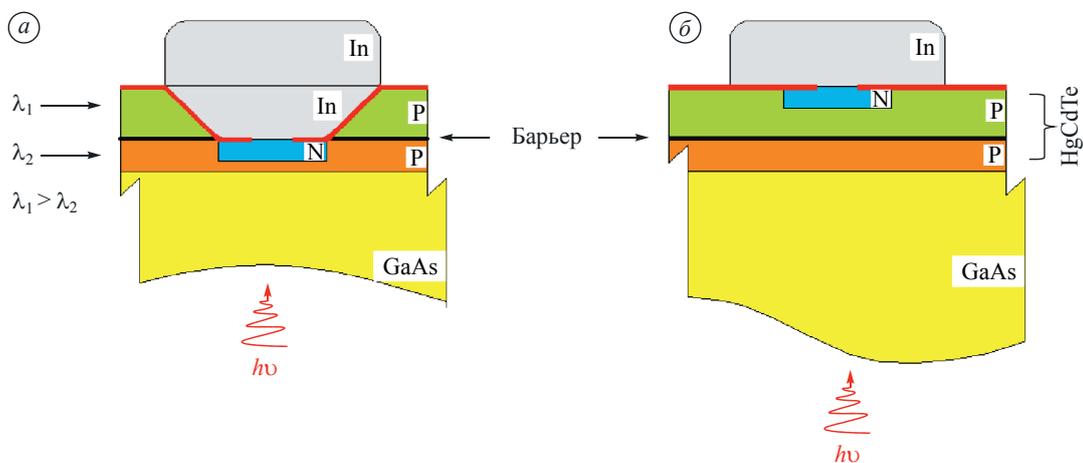


Рис. 5. Схема отдельных диодов ДФЧЭ форматом 288×4 элементов на основе ГЭНС МЛЭ КРТ с чувствительностью в спектральном диапазоне 3—5 мкм (а) и 8—11 мкм (б).

ных наноструктур КРТ (ГЭНС КРТ) для спектральных диапазонов 3—5 мкм и 8—11 мкм, вакуумный криостатируемый корпус и микрокриогенную систему охлаждения. Показано, что двухспектральные фоточувствительные

элементы имеют чувствительность и дифференциальное сопротивление фотодиодов $R_0 = (2—5) \times 10^9$ Ом и $R_0 = (2—5) \times 10^8$ Ом соответственно в обоих диапазонах спектра 3—5 и 8—11 мкм.

Программа П.6.2. Физика твердотельных устройств микро- и нанoeлектроники (координатор член-корр. РАН И. Г. Неизвестный)

Учеными Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова совместно с учеными Института геологии и минералогии им. А. В. Соболева выращен и исследован совершенный монокристалл Bi_2Se_3 (рис. 6, а), проявляющий свойства топологического изолятора на поверхности (0001). Данные материалы являются изоляторами в объеме и проводящими на поверхности вследствие сильного спин-орбитального взаимодействия. Методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии,

атомно-силовой и сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии продемонстрирована инертность поверхности скола (0001) монокристаллического Bi_2Se_3 к окислению (рис. 6, в—г).

В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова создана новая схема регистрации одиночных фотонов с отрицательной поляризованностью потенциала на аноде фотодиода (рис. 7, а). Достигнутые параметры (квантовая эффективность 5 % (рис. 7, б) при вероятности

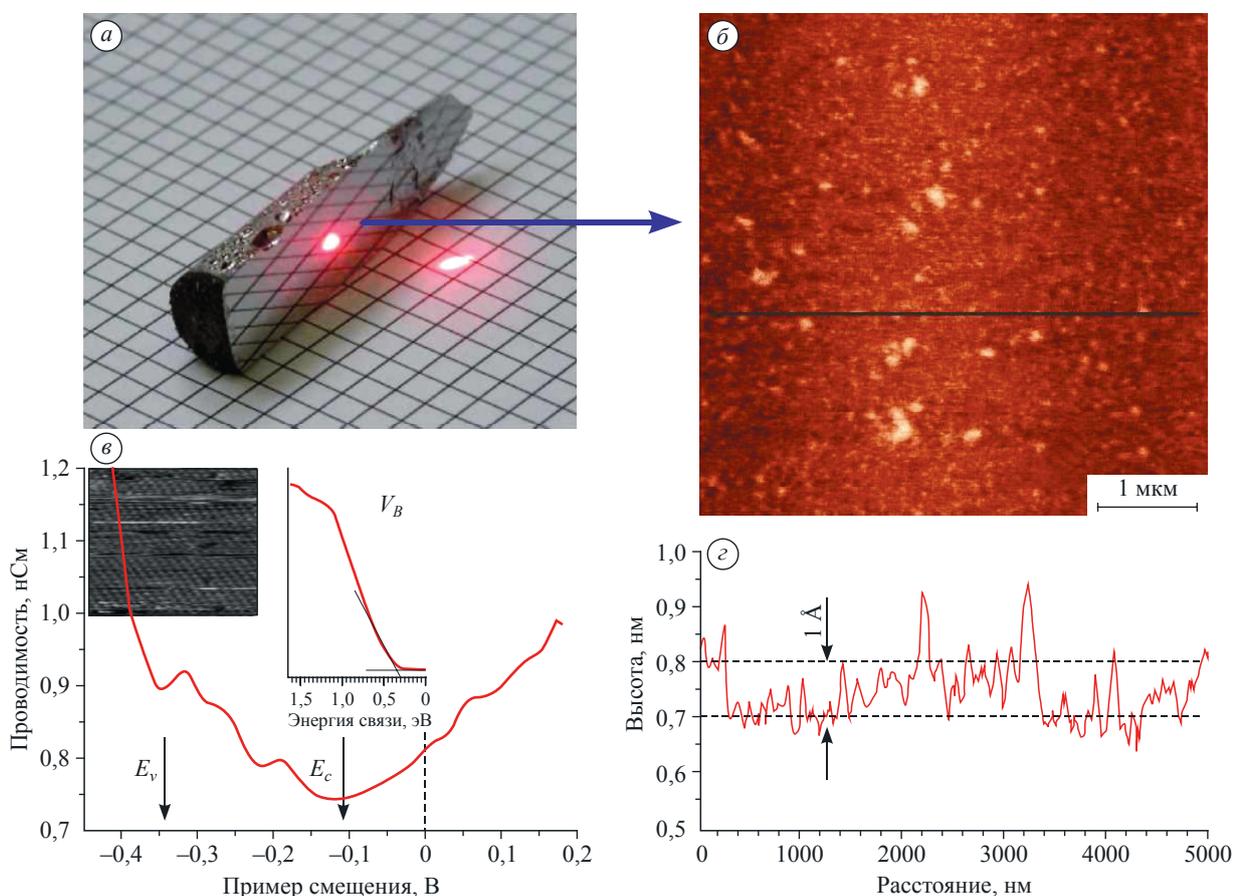


Рис. 6. Монокристалл Bi_2Se_3 со сколотой поверхностью (0001) (а), АСМ-изображение такой поверхности (б), результаты СТМ-измерений (в), профиль микрорельефа вдоль линии на рисунке (г).

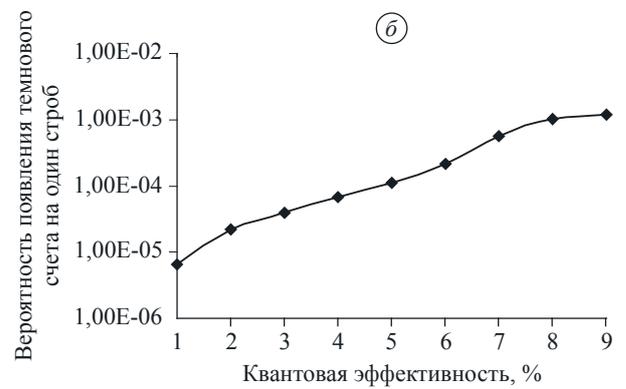
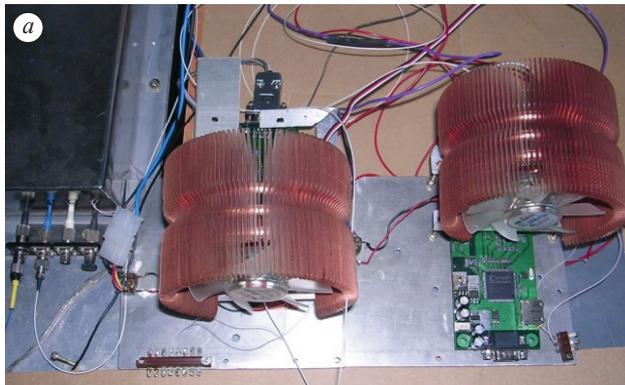


Рис. 7. Общий вид модуля детекторов одиночных фотонов (а) и измеренная корреляция квантовой эффективности и вероятности появления темновых отсчетов на один строб при частоте повторения лазерных импульсов 20 МГц для температуры лавинного фотодиода $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и времени молчания 5 мкс (б).

темнового импульса 10^{-4}) удовлетворяют основным требованиям для генерации квантового ключа в оптоволоконной линии связи. Собранные экспериментальные узлы передатчика

и приемника позволяют осуществлять передачу квантового ключа в одномодовом оптоволоконном канале длиной до 50—100 км.