

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

Учеными Института физики полупроводников в коллаборации с учеными Argonne National Laboratory (USA), Interuniversity Microelectronics Centre (Belgium) и Universität Regensburg (Germany) обнаружен переход от активационного типа проводимости, отвечающего диэлектрическому состоянию (изолятор), к состоянию с практически нулевой проводимостью (сверхизолятор). Установлено, что данный переход характеризуется критической температурой, критическим магнитным полем и критическим напряжением. Такое поведение является дуальным к известному переходу Березинского—Костерлица—Таулеса (БКТ) из резистивного состояния в сверхпроводящее для двумерных сверхпроводящих систем. Весь комплекс исследований указывает на то, что наблюдаемое сверхдиэлектрическое состояние есть низкотемпературная фаза зарядового перехода БКТ, возникающего в результате самопроизвольного формирования структуры сверхпроводящих островков в диэлектрической матрице в системах, находящихся в критической

области перехода сверхпроводник—изолятор по беспорядку (рис. 1).

Учеными того же Института обнаружено гигантское (до 10 000 раз) изменение тока в монокристаллических пленках (111) $\text{Pb}_{0,74}\text{Sn}_{0,26}\text{Te} : \text{In}$ при гелиевых температурах в магнитном поле напряженностью до 4 Тл. При этом, в зависимости от величины и взаимной ориентации постоянного магнитного и электрического полей, наблюдалось как уменьшение, так и увеличение тока (рис. 2). Обнаруженное явление нашло объяснение в рамках представлений о $\text{PbSnTe} : \text{In}$ как об узкощелевом изоляторе-сегнетоэлектрике.

Учеными Института физики полупроводников в квантовой яме, изготовленной на основе теллурида ртути с ориентацией поверхности (013), обнаружена двумерная электронно-дырочная система, состоящая из легких высокоподвижных электронов с подвижностью $\mu_n = (4-6) \cdot 10^5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ и более тяжелых и низкоподвижных дырок с подвижностью $\mu_p = (3-7) \cdot 10^4 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Она является первой

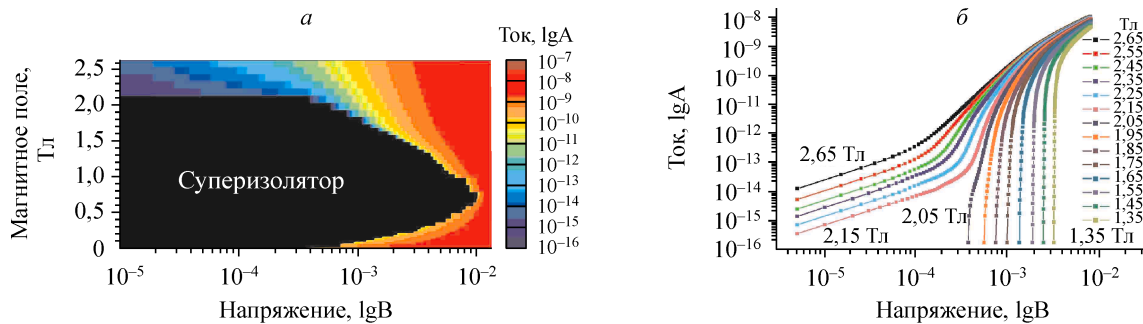


Рис. 1. Переход изолятор—сверхизолятор в пленках нитрида титана.

a — карта величины протекающего тока в плоскости магнитное поле—напряжение. Шкала тока приведена справа. Черная область соответствует сверхдиэлектрическому состоянию. *б* — верные вольт-амперные характеристики в двойном логарифмическом масштабе при температуре 20 мК. Два расходящихся семейства зависимостей $\log I - \log V$ отвечают диэлектрическому (при $B > 2,15$ Тл) и сверхдиэлектрическому (при $B < 2,05$ Тл) состояниям.

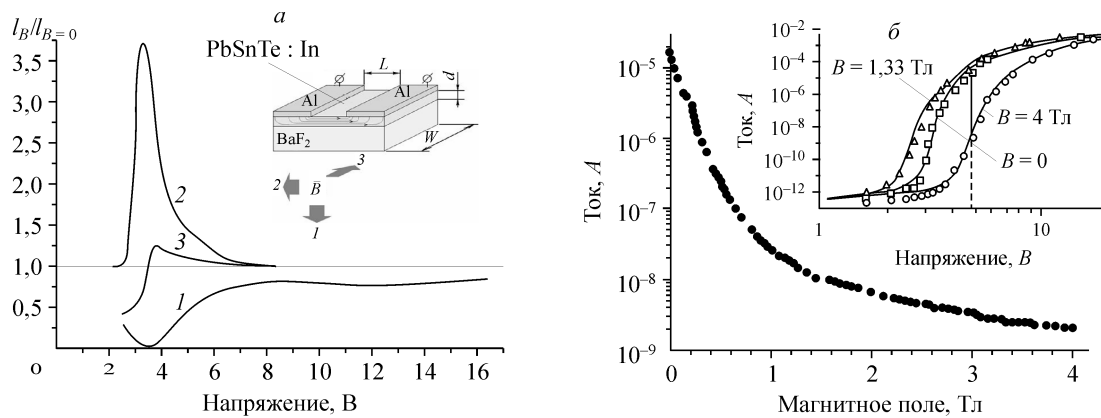


Рис. 2. Относительное изменение тока при наложении магнитного поля в зависимости от напряжения смещения (*a*). Схема структуры и направление магнитного поля \vec{B} показаны на врезке. $d = 1$ мкм, $L = 64$ мкм, $w = 2000$ мкм. *б* — приведена зависимость тока от магнитного поля при напряжении $V = 4,8$ В для ориентации магнитного поля (*1*). На врезке показаны вольт-амперные характеристики (ВАХ) при $B = 0$ и для двух значений магнитного поля. Сплошные кривые — расчет для относительного изменения «эффективной ϵ » на 30 % в сторону уменьшения и в сторону увеличения.

экспериментальной реализацией двумерного полуметалла и демонстрирует целый ряд особенностей в классическом магнитотранспорте (положительное магнитосопротивление и знакопеременный эффект Холла) и в режиме кван-

тового эффекта Холла, связанных с одновременным существованием двумерных электронов и дырок (рис. 3).

Учеными этого же Института теоретически изучены межзонные оптические переходы

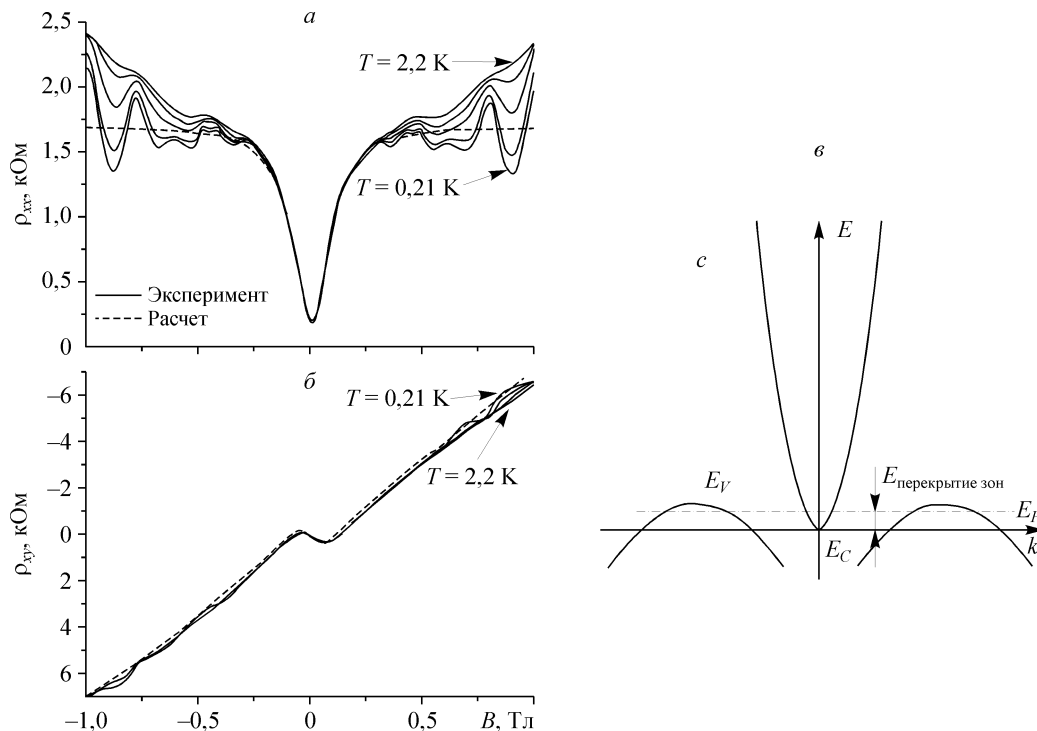
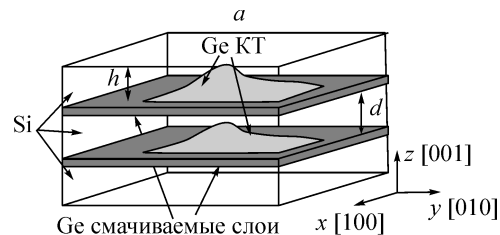


Рис. 3. Зависимости компонент тензора сопротивления $\rho_{xx}(B)$ (*a*) и $\rho_{xy}(B)$ (*б*) для электронно-дырочной системы в квантовой яме с высокими барьерами шириной 20,5 нм в области слабых магнитных полей перед подсветкой при температурах $T = 0,21, 0,4, 0,85, 1,45$ и $2,2$ К, а также их расчетные зависимости; *в* — предполагаемый вид закона дисперсии электронно-дырочной системы в квантовой яме на основе теллурида ртути.

Рис. 4. Схематическое изображение двойной КТ, состоящей из двух пирамидальных нанокластеров Ge, расположенных один над другим в матрице Si (а). б — сила осциллятора в спаренных квантовых точках для межзонных переходов с участием связывающего ($\sigma_S \rightarrow \psi_e$) и антисвязывающего ($\sigma_{AS} \rightarrow \psi_e$) молекулярных состояний, отнесенная к силе осциллятора в одиночной КТ.



в двойных квантовых точках (КТ) (рис. 4, а), образованных вертикально сопряженными нанокластерами Ge в Si. Показано, что при расстоянии между квантовыми точками 3,0—3,5 нм сила осциллятора в «двухатомной» искусственной молекуле, характеризующая коэффициент поглощения света в области межзонных оптических переходов, более чем в 2 раза превышает силу осциллятора в одиночной квантовой точке. Это позволит повысить эффективность излучательной рекомбинации в непрямозонных полупроводниках, таких как кремний и германий.

