

## ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 2.1.

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

#### Программа 2.1.1. Физика полупроводников и диэлектриков, твердотельные системы пониженной размерности

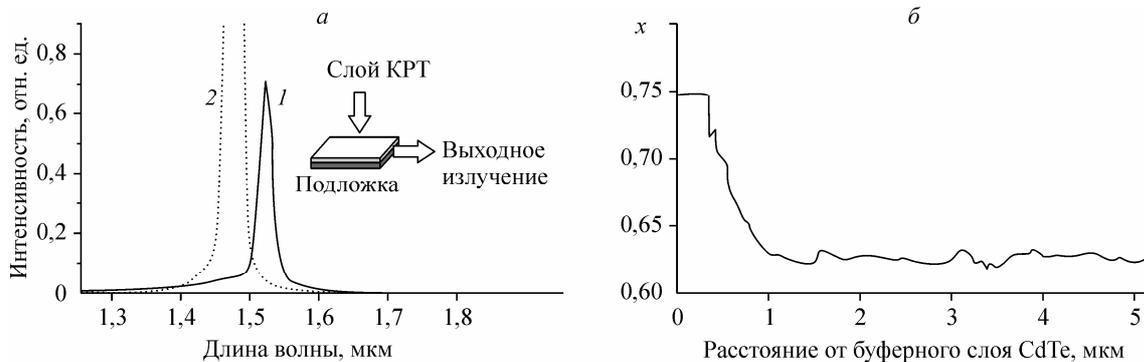
Учеными Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова впервые в мире наблюдалось стимулированное излучение на длинах волн 1,4—1,7 мкм — при комнатной температуре из объемных варизонных структур КРТ на подложках из GaAs и Si (рис. 1).

Учеными этого же Института обнаружен новый тип стабильных кластерных структур собственных точечных дефектов в Si, введенных имплантацией ионов эрбия при  $T = 600$  °С, которые могут быть светоизлучающими. Новый тип структур представляет собой строго упорядоченную систему близко расположенных  $\langle 110 \rangle$ -цепочек дивакансий ( $V_2$ ), каждая из которых окружена двумя расщепленными междоузельными атомами (2I), с осью расщепления параллельно цепочкам дивакансий, выстроенных в направлении  $\langle 332 \rangle$ , так что в плоскости  $\{113\}$  возникает система чередующихся областей растяжения и сжатия. Такая структура ( $V_2$ -2I) является стабильной при  $T = 600$  °С из-за частичной компенсации полей деформаций связей вокруг дефектов (рис. 2). Дальнейшее упорядочение деформированных связей вдоль направления  $\langle 110 \rangle$

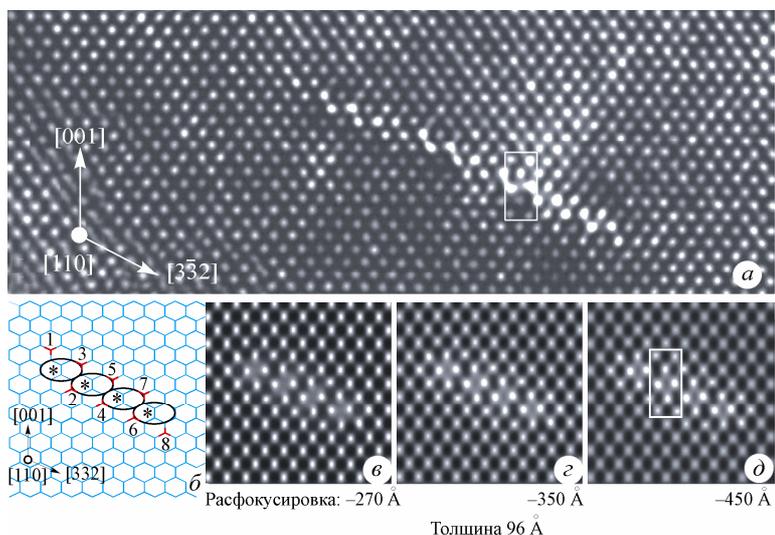
может рассматриваться как общее явление для метастабильных нанообъектов, формирующихся в неравновесных условиях.

В рамках широкого международного сотрудничества (Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова, г. Новосибирск, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе, г. С.-Петербург, Institut für Festkörperphysik and Center of NanoPhotonics, Technische Universität Berlin, Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut Berlin, NL-Nanosemiconductor GmbH, Dortmund, Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle, Germany) разработаны и изготовлены лазеры с вертикальным резонатором (ЛВР), являющиеся идеальными излучателями для оптических систем параллельной передачи информации в пределах ЭВМ (рис. 3). ЛВР обеспечивают скорости передачи данных 20 Гбит/с. Использование лазеров данного типа в матричном исполнении открывает перспективы создания оптических информационных систем с быстродействием на уровне 1 Тбит/с.

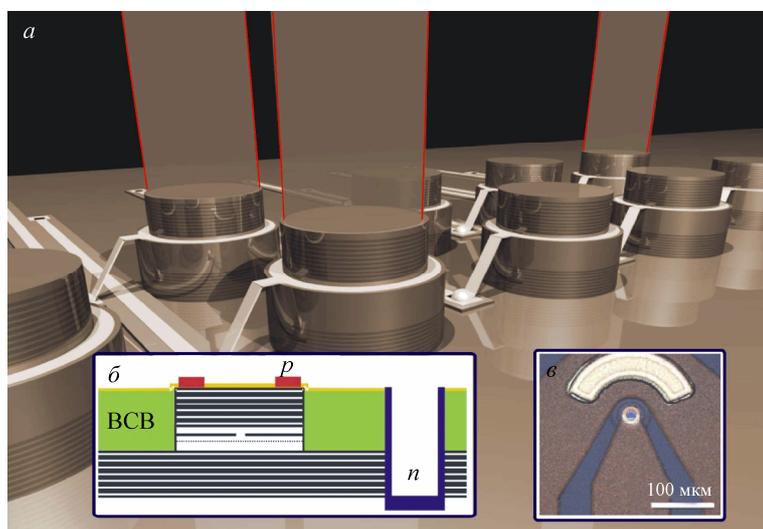
В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова методами электронной литогра-



**Рис. 1.** Спектры стимулированного излучения образца КРТ 051108 ( $x = 0,62$ ,  $p$ -типа) на подложке из GaAs при температуре 300 (1) и 77 К (2) (а), на вставке схематично показана геометрия эксперимента, и профиль распределения CdTe по толщине (б).



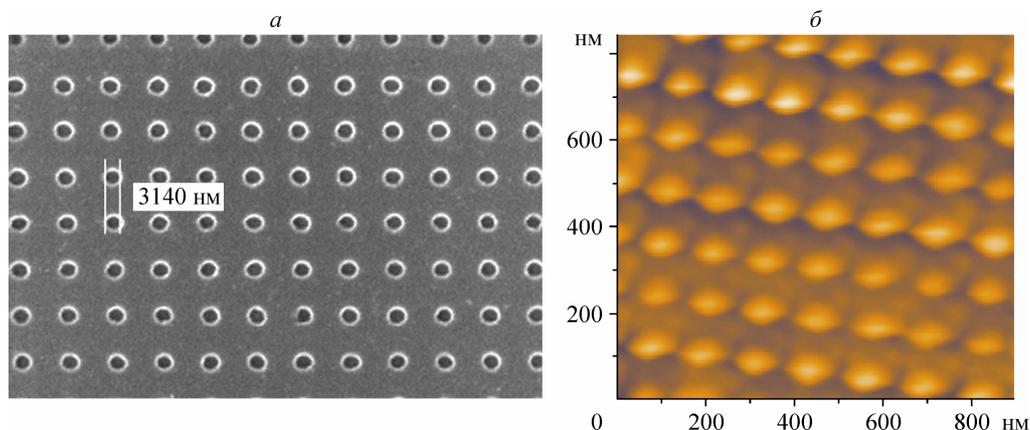
**Рис. 2.** Экспериментальное (*a*) и расчетные (*б—д*) ВРЭМ-изображения упорядоченной структуры ( $V_2-2I$ ), полученные на основе модели (*б*). Красным цветом обозначены расщепленные междоузельные атомы, звездочками — места расположения дивакансий. В белой рамке выделен элементарный блок упорядоченного кластера ( $V_2-2I$ ).



**Рис. 3.** Схематичное изображение оптической системы параллельной передачи информации на основе лазеров с вертикальным резонатором (*a*). Схема (*б*) и микрофотография (*в*) разработанного лазера с вертикальным резонатором, обеспечивающего скорость передачи данных 20 Гбит/с.

фии остросфокусированным электронным пучком и плазматического травления разработана воспроизводимая технология формирования массивов однородных нанобъектов. Возможности разработанной технологии продемонстрированы

на примере создания массивов отверстий с периодом 80 нм и размером 13 нм на пленке TiN, представляющих собой сетку джоузефсоновских периодов и нанокристаллов (квантовых точек) на поверхности монокристалли-



**Рис. 4.** СЭМ-изображения массивов антиотчек, размером 31,4 нм и периодом 100 нм на пленке TiN (*а*) и организованный массив кремниевых нанокристаллов размером ~70 нм и периодом 120 нм на поверхности кремния (100) (*б*).

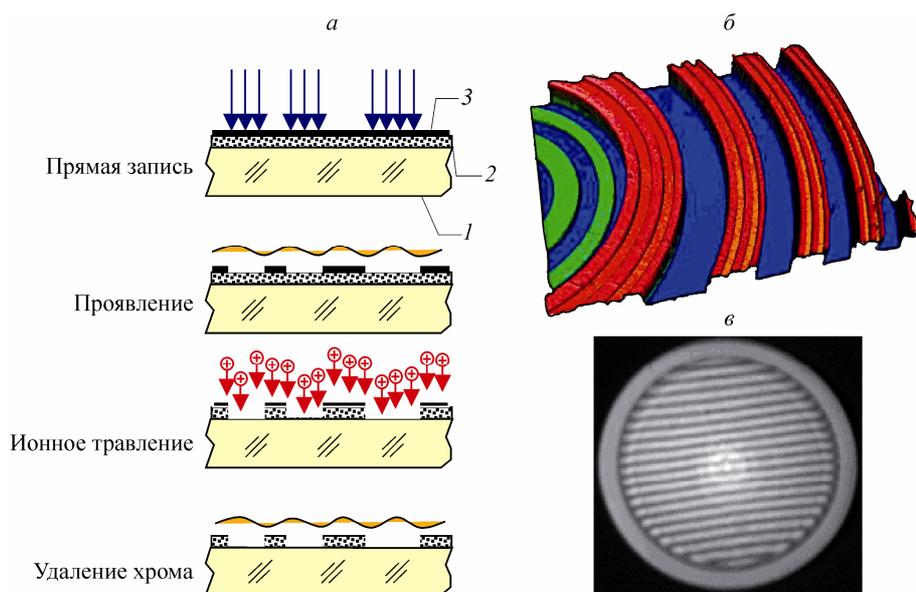
ческого кремния (100) размером 40 нм и периодом 100 нм, пригодных для создания маке-

тов оптоэлектронных приборов (рис. 4).

### Программа 2.1.2. Новые оптические материалы, технологии и приборы, их применение

Учеными Института автоматики и электротометрии разработан лазерный интерферометр на основе комбинированной синтезированной голограммы (КСГ) для измерения формы поверхностей с погрешностью в несколько нанометров в задачах нанометрологии. Предложен метод формирования рельефа КСГ (рис. 5, *а*). На поверхность стеклянной подложки (*1*) последовательно напыляются тонкая пленка SiO<sub>2</sub> (*2*) и пленка хрома (*3*). Далее про-

изводится запись дифракционной структуры сфокусированным лазерным пучком, затем проявление пленки хрома, ионное травление SiO<sub>2</sub> до стекла и удаление остатков хрома. Полученные таким образом дифракционные элементы диаметром до 100 мм с неравномерностью дифракционной эффективности менее 0,5 % (неравномерность глубины рельефа ~5 нм) приведены на рис. 5, *б, в*.



**Рис. 5.** Метод прямой записи (*а*), сформированный рельеф КСГ (*б*) и интерферограмма исследуемой поверхности (*в*), полученная с помощью разработанного интерферометра.

*1*—3 см. в тексте.