

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ II.7.
ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И СТРУКТУРЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ ФУЛЛЕРЕНЫ, НАНОТРУБКИ, ГРАФЕНЫ,
ДРУГИЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ, А ТАКЖЕ МЕТАМАТЕРИАЛЫ

Программа II.7.1. Кристаллофизика. Физика магнитных явлений,
магнитные материалы и структуры (координатор акад. К. С. Александров)

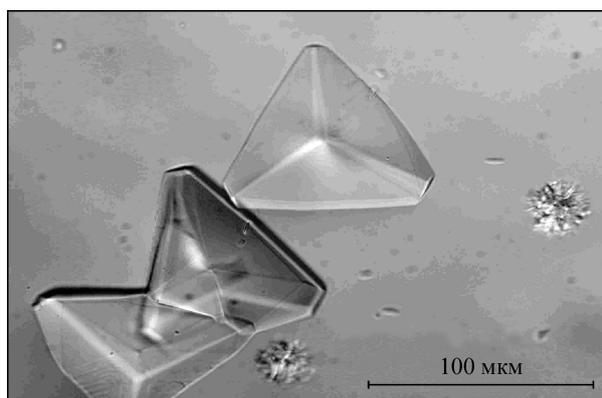


Рис. 7. Микрокристаллы β - SrB_4O_7 .

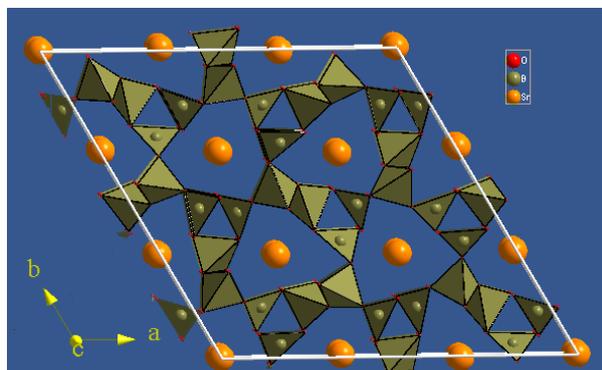


Рис. 8. Структура β - SrB_4O_7 .

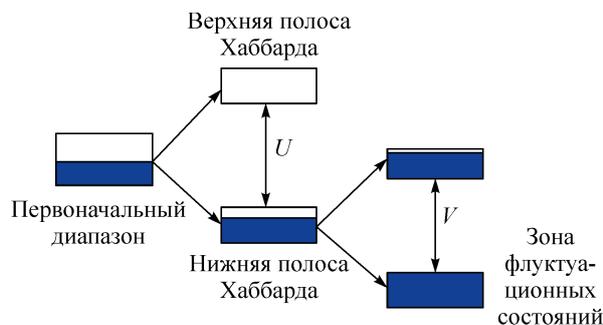


Рис. 9. Формирование зоны флуктуационных состояний за счет сильных межзельных кулоновских корреляций.

В Институте физики им. Л. В. Киренского установлено, что стекла $\text{SrO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ кристаллизуются сложным образом, с возможным одновременным и независимым возникновением на поверхности до четырех различных кристаллических образований: стабильных кристаллов α - SrB_4O_7 и метастабильных кристаллических форм — кристаллов β - SrB_4O_7 , кристаллов $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}$ и сферолитов, предположительно представляющих собой смесь кристаллических фаз неустоявшегося состава. Разработана методика получения микрокристаллов β - SrB_4O_7 размером до ~ 400 мкм (рис. 7). Установлена структура этой метастабильной модификации, она принадлежит тригональной сингонии, пространственная группа $P3$, параметры ячейки $a = 17,145(1)$ Å, $c = 4,2527(5)$ Å. В отличие от структуры α - SrB_4O_7 , где существуют такие особенности, как высокая плотность упаковки и полностью тетраэдрическая координация ионов бора, структура β - SrB_4O_7 более рыхлая и образована борокислородными треугольниками и тетраэдрами в соотношении 1 : 1 (рис. 8).

В этом же Институте показано, что в легированных мотт-хаббардовских диэлектриках учет межзельных корреляций приводит к расщеплению нижней подзоны фермионов Хаббарда и возникновению зоны флуктуационных состояний (рис. 9), как только энергия межзельного взаимодействия становится сравнимой с кинетической энергией или превосходит ее. Спектральная интенсивность отщепленной зоны пропорциональна средневладратичной флуктуации чисел заполнения и растет по мере увеличения уровня легирования. Предсказанный эффект существенно изменяет структуру плотности электронных состояний. Это приводит к ренормировке полюса амплитуды рассеяния в куперовском канале и к неоднородной ренормировке зависимости критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние.

В этом же Институте обнаружили формирование магнитных наночастиц в результате термообработок боратных стекол, допированных оксидами $3d$ (Fe, Mn) и $4f$ (Dy, Tb, Ho, Gd) элементов в низких концентрациях, благодаря чему стекло в целом приобретает свойства, присущие материалам с магнитным порядком. В то же время оно сохраняет прозрачность в видимой и ближней инфракрасной областях спектра и демонстрирует значительную величину магнитооптических эффектов, т. е. такие стекла могут быть отнесены к классу прозрачных магнетиков. Определены размеры, структура, химический состав наночастиц, их распределение в матрице. Показано, что в большинстве случаев частицы являются нанокристаллами (рис. 10). Для всех стекол, подвергнутых термообработке, наблюдаются петли гистерезиса (рис. 11) с коэрцитивной силой H_c при комнатной температуре, меньшей 100 Э, и остаточной намагниченностью до 30 % от намагниченности насыщения, что в сочетании с большой величиной эффекта Фарадея позволяет рассматривать эти стекла как прозрачные постоянные магниты.

Программа П.7.2. Новые материалы и технологии для опто-, спиновой и СВЧ-электроники (координатор акад. В. Ф. Шабанов)

В Институте физики им. Л. В. Киренского впервые получены экспериментальные значения компонент L_j тензора Лоренца для пленок одноосных квазидвумерных слоистых материалов на подложках (бислойная липидная мембрана, мультислойные лэнгмюровские пленки, смектики А, гексатические смектики В, холестерики, дискотики CoI_{hd}) и в свободно-подвешенном состоянии (смектики А) в диапазоне от нанометровых до субмикронных толщин. Для всех объектов установлен эффект изотропизации тензоров Лоренца L и локального поля f при снижении анизотропии молекулярной поляризуемости за счет изменения электронной структуры молекул.

В этом же Институте разработаны раствор-расплавные технологии выращивания высококачественных тригональных монокристаллов замещенных редкоземельных ферро- и алюмоборатов $R_{1-x}R_x^{(1)}R_x^{(2)}Fe_3(BO_3)_4$, $R_{1-x}R_x^{(1)}R_x^{(2)}Al_3(BO_3)_4$. В совместных исследованиях с Центром сверхпроводимости (Хьюстон, США) свойств па-

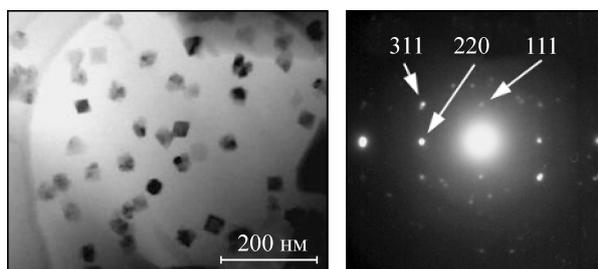


Рис. 10. Нанокристаллы феррита марганца в стекле, допированном 1,5 мас.% Fe_2O_3 и 1,5 мас.% MnO .

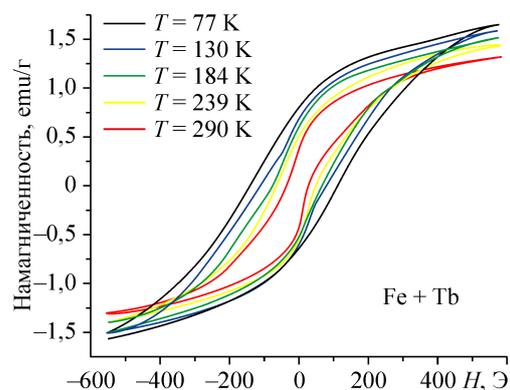


Рис. 11. Петли гистерезиса стекла, допированного 4 мас.% Fe_2O_3 и 2 мас.% Tb_2O_3 .

рамагнетика $TmAl_3(BO_3)_4$ обнаружено, что его магнитоэлектрическая поляризация (рис. 12) превышает поляризацию многих магнитоупорядоченных мультиферроиков, например $Ni_3V_2O_8$ ($P_{max} = 170$ мКл/см²), $CuCrO_2$ ($P_{max} = 120$ мКл/см²).

Этот результат впервые указывает на серьезный потенциал редкоземельных алюмоборатов как магнитоэлектрических мультиферроиков и одновременно важен для понимания микромеханизмов ферроэлектричества и магнитоэлектрической поляризации антиферромагнитных мультиферроиков $RFe_3(BO_3)_4$.

В этом же Институте разработаны и изготовлены действующие макеты устройств на микрополосковых фотонно-кристаллических структурах: фазовых и амплитудных манипуляторов, смесителя (рис. 13) и умножителей частоты, жидкокристаллической приемопередающей антенны с переключаемой плоскостью поляризации, устройства защиты от мощного радиоимпульса, экспериментальные исследо-

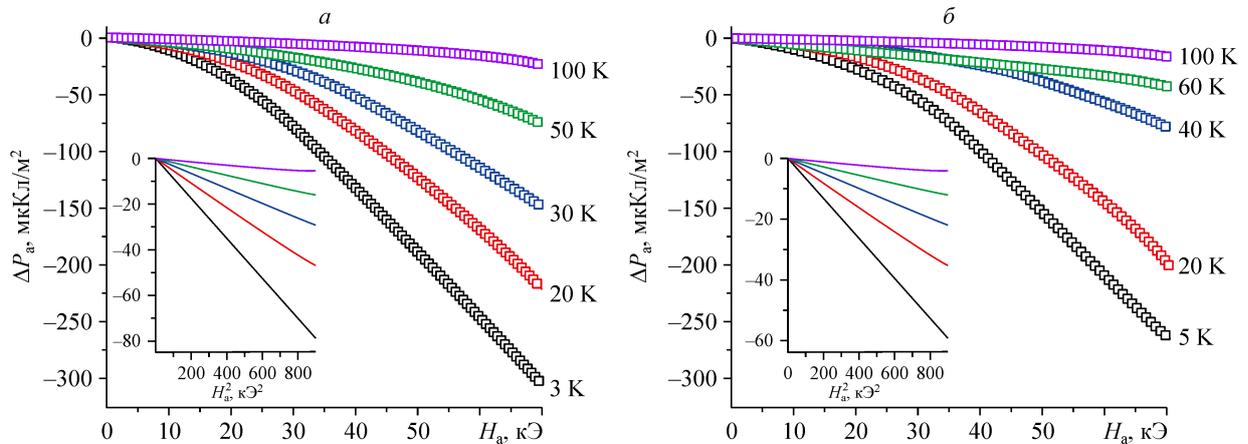


Рис. 12. Продольная (а) и поперечная (б) электрические поляризации тригонального $\text{TmAl}_3(\text{BO}_3)_4$, индуцируемые внешним магнитным полем, направленным вдоль a -оси. Вставки демонстрируют квадратичную зависимость поляризации от поля.

вания которых показали достаточно высокие характеристики, простоту и технологичность в изготовлении.

В этом же Институте впервые в режиме нелинейной дифракции в нелинейном фотонном кристалле (НФК) тетрабората стронция получено перестраиваемое излучение на частоте второй гармоники фемтосекундного лазера

на титан-сапфире с рекордной эффективностью преобразования, полученной в геометрии нелинейной дифракции (рис. 14). Максимальная эффективность преобразования составила 1,9 %, что является рекордным результатом, полученным в геометрии нелинейной дифракции.

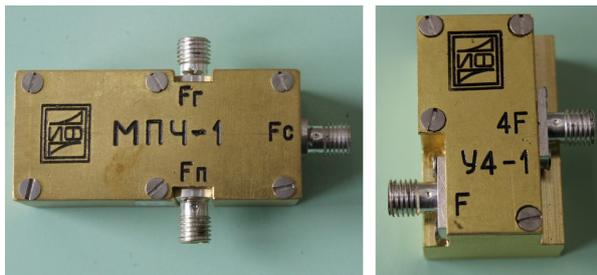


Рис. 13. Действующие макеты смесителя частоты и умножителя частоты «на четыре».

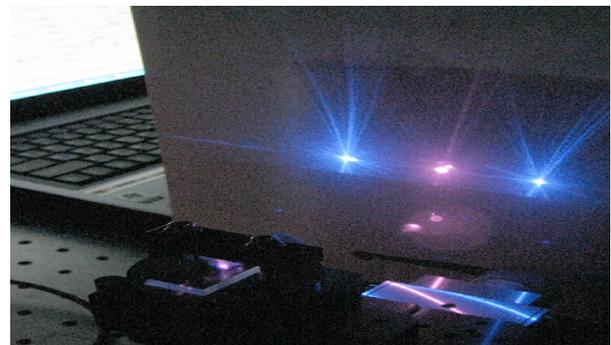


Рис. 14. Нелинейная дифракция фемтосекундных импульсов в НФК SBO.

Центральный луч — излучение накачки, боковые лучи — излучение второй гармоники.

Программа П.7.3. Перспективные полупроводниковые материалы нанoeлектроники и нанофотоники (координатор член-корр. РАН А. В. Двуреченский)

В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова впервые применен метод модуляционной спектроскопии электроотражения в ближней и средней областях ИК-диапазона для выявления электронной структуры слоев

самоорганизующихся квантовых точек Ge (КТ) в Si. Для экспериментов 20 слоев квантовых точек Ge были встроены в базовую область кремниевого pin-диода. Для сравнения были выращены аналогичные структуры, либо не со-

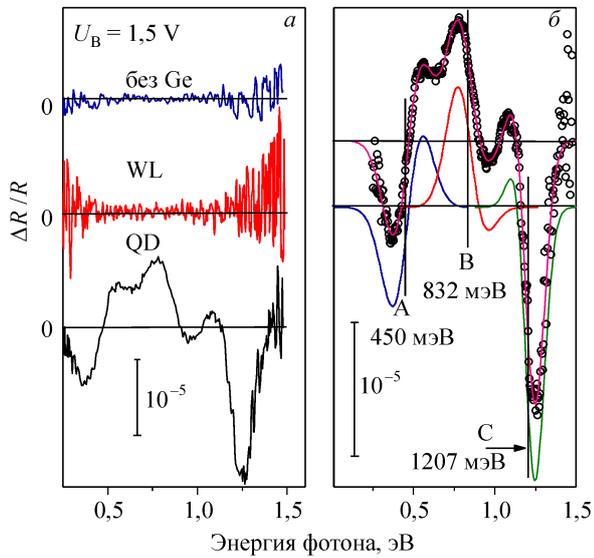


Рис. 15. Спектры электроотражения для контрольных образцов (не содержащего Ge и содержащего только сплошные смачивающие слои — WL), а также для образца с квантовыми точками Ge, измеренные при обратном смещении 1,5 В (а). Экспериментальный спектр электроотражения (кружки) и результаты аппроксимации первой производной функции Гаусса (сплошные линии) (б).

держащие Ge вообще, либо содержащие только сплошные «смачивающие» слои Ge толщиной 0,5 нм. В обоих образцах сравнения сигнала электроотражения не было зафиксировано вообще (рис. 15), тогда как в структуре с квантовыми точками обнаружены три линии с энергиями 450, 832 и 1207 мэВ (рис. 16).

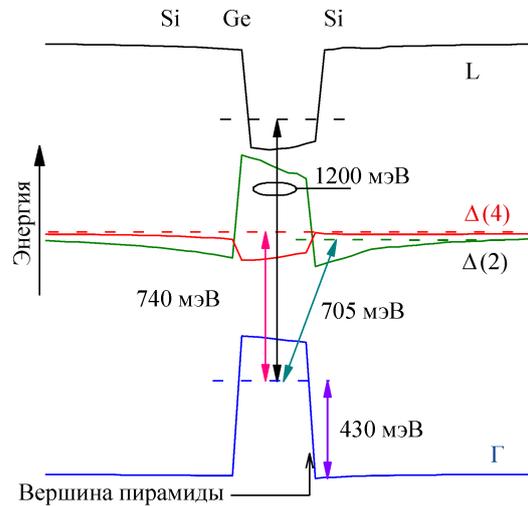


Рис. 16. Рассчитанные профили краев зон валентной (Γ) и проводимости (Δ и L) для напряженной квантовой точки Ge/Si вдоль направления [001]. Возможные оптические переходы показаны стрелками, приведены также их энергии.

В этом же Институте на основе технологии Лэнгмюра—Блоджетт разработан способ получения подложек с нанокластерами серебра, пригодными для изучения колебательных мод органических и биологических материалов методом гигантского комбинационного рассеяния света (КРС) (рис. 17).

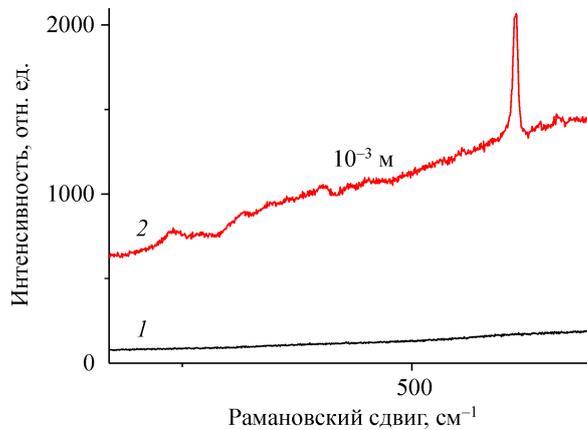


Рис. 17. Спектры КРС-пленок родамина на стекле (1) и на подложке с кластерами серебра (2).