

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

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

В Институте физики полупроводников им. А. В. Ржанова впервые изучены спектральные характеристики фототока в многослойных гетероструктурах Ge/Si *p*-типа с квантовыми точками Ge при падении излучения нормально к поверхности структур. Десять слоев нанокластеров Ge формировались при температуре 500 °С по механизму Странского—Крастанова и зарастивались кремнием при различных температурах. Каждый из кремниевых барьеров содержал δ -легированный бором слой для поставки в квантовые точки (КТ) носителей — дырок. Кроме температуры осаждения Si в экспериментах варьировались также параметры δ -легирования (концентрация бора в Si, положение легированного слоя относительно плос-

кости квантовых точек, расстояние от КТ до δ -легированного слоя). Возникновение фототока в таких структурах обусловлено внутризонными переходами дырок из связанных в КТ состояний в состояния континуума валентной зоны. Типичный спектральный отклик приведен на рис. 2.

Установлено, что лучшие параметры фотодетекторов Ge/Si для среднего окна пропускания атмосферы (3—5 мкм) реализуются в фотovoltaическом режиме в структурах с температурой покрытия $T_{\text{сarp}} = 600$ °С, концентрацией бора в δ -легированных слоях $12 \cdot 10^{11}$ см⁻² и при расстоянии от квантовых точек до δ -легированного слоя, равном 5 нм.

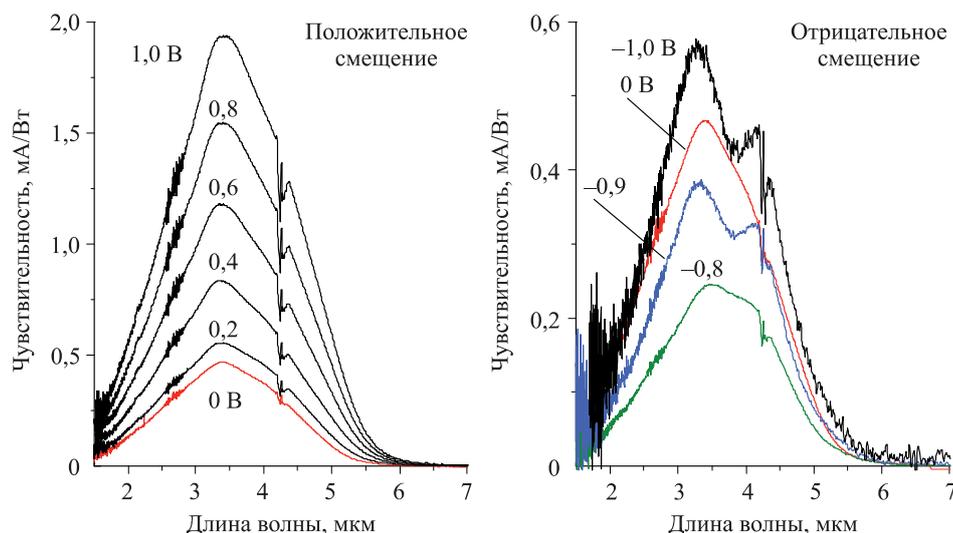


Рис. 2. Спектральные зависимости чувствительности гетероструктуры Ge/Si с 10 слоями квантовых точек Ge при различных приложенных смещениях. Концентрация легирующей примеси в δ -слоях $8 \cdot 10^{11}$ см⁻², δ -легирование осуществлялось на расстоянии 5 нм над каждым из слоев квантовых точек. Температура измерения 90 К.

Программа П.7.4. Наноструктурные слои и покрытия: оборудование, процессы, применение (координатор докт. техн. наук Н. Н. Коваль)

В Институте сильноточной электроники впервые продемонстрирована возможность легирования поверхности кремния хромом с образованием частиц дисилицида хрома CrSi_2 , осуществленное воздействием высокоинтенсивного электронного пучка на систему пленка (хром)/подложка (кремний) и вскрыты физические механизмы этого явления, заключающиеся в формировании слоя низкотемпературной эвтектики у границы раздела хром/кремний, его плавлении и массопереносе в расплавленном слое преимущественно за счет диффузии атомов хрома в кремний из эвтектического слоя и термокапиллярной конвекции в кремниевом расплаве. Система хром—кремний представляет особый интерес для создания новых материалов микро- и нанoeлектроники. Дисилицид хрома CrSi_2 является полупроводником, применяемым в термоэлектрических преобразователях ввиду его высокой стабильности, и является перспективным материалом для фото- и термопреобразователей и датчиков.

В качестве подложки в экспериментах использовалась монокристаллическая пластина кремния (100). На поверхность образцов наносилось покрытие хрома толщиной 1,2 мкм методом вакуумно-дугового осаждения. Обработка системы покрытие—подложка производилась на установке «Соло» высокоинтенсивными электронными пучками.

Установлено, что толщина легированного слоя увеличивается с ростом плотности мощности пучка от 5 до 38 мкм (рис. 3, а). Согласно результатам рентгенофазового анализа (рис. 3, б), в приповерхностном слое образуется кристаллический гексагональный дисилицид хрома CrSi_2 .

Полученные результаты демонстрируют перспективность использования высокоинтенсивных электронных пучков для легирования кремния металлами с целью создания структур, которые могут быть основой эффективных фото- и термопреобразователей.

Работа выполнена совместно с Белорусским государственным университетом, г. Минск.

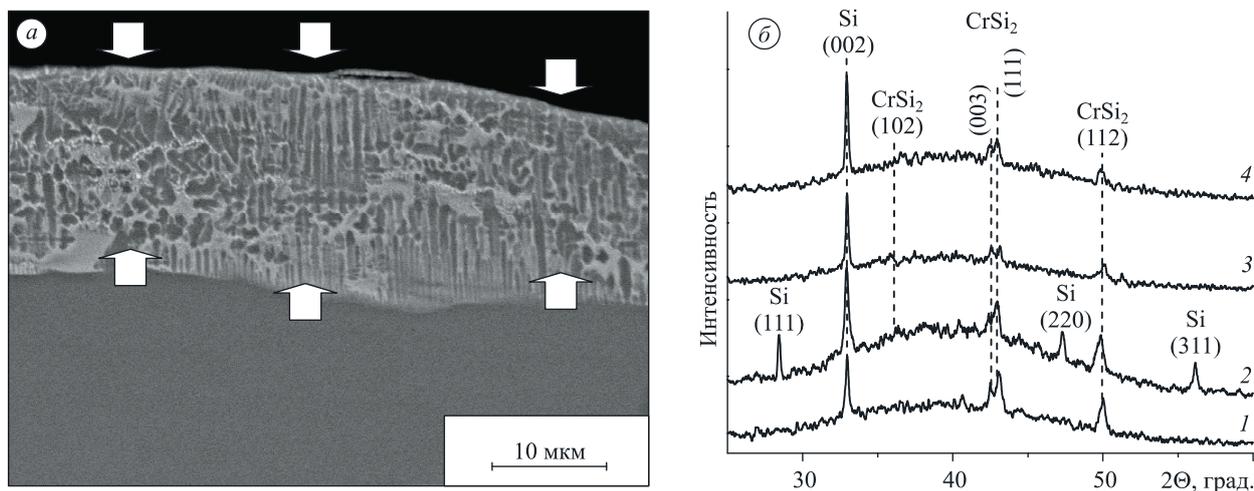


Рис. 3. Структура поперечного сечения образца системы Cr/Si, обработанного электронным пучком (15 Дж/см^2 , 50 мкс, 1 с^{-1} , 3 имп.). Сканирующая электронная микроскопия. Стрелками указан поверхностный слой, модифицирующийся в результате облучения (а); участки рентгенограмм образцов системы Cr/Si, обработанных единичным импульсом пучка электронов длительностью 200 мкс (1), 100 мкс (2), 50 мкс (3) и серией из трех импульсов длительностью 50 мкс (4) (б).

Программа П.7.5. Функциональные материалы и структуры для приборов твердотельной техники. Электроника, оптика, системы памяти, сенсоры (координатор акад. Ф. А. Кузнецов)

После открытия осцилляций нейтрино значение исследований безнейтринного двойного β -распада резко возросло. Изучение такого крайне редкого распада (период полураспада $>10^{21}$ лет) представляет собой уникальную возможность определения массы нейтрино и поиска новой физики за пределами стандартной модели частиц.

Кристаллы $ZnMoO_4$ считаются наиболее перспективным объектом для исследования двойного β -распада и поиска безнейтринного двойного β -распада на ядре ^{100}Mo . Но также общепризнано, что $ZnMoO_4$ — трудный объект для выращивания.

В Институте неорганической химии им. А. В. Николаева впервые получены монокристаллы $ZnMoO_4$ с высокими оптическими и

сцинтилляционными характеристиками массой в несколько десятков граммов. В подземной лаборатории Gran Sasso (Италия) на кристаллах, выращенных в ИНХ СО РАН, изготовлены и исследованы криогенные болометры. Получено рекордное среди известных сцинтилляторов разделение сигналов от α - и γ/β -излучений при низком собственном радиоактивном фоне (рис. 4).

Результаты, достигнутые в ИНХ СО РАН, свидетельствуют о принципиальной возможности получения изотопно-обогащенных кристаллов $Zn^{100}MoO_4$ с размерами, требуемыми для полномасштабных физических экспериментов. Работы продолжаются в рамках международного проекта LUMINEU.

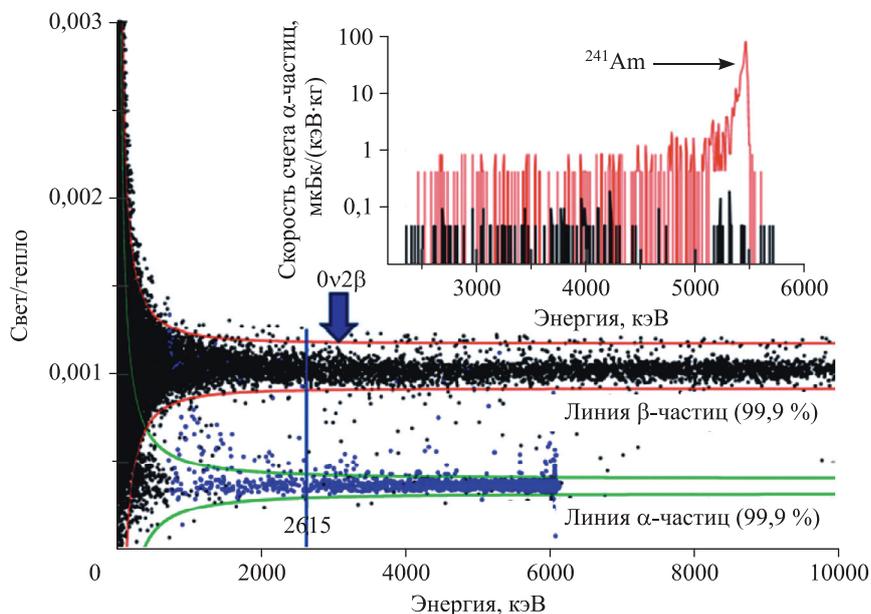


Рис. 4. Рекордное среди известных сцинтилляторов разделение сигналов от α и γ/β .