

- международной конференции по радиационной физике и химии неорганических материалов. РФХ-9, 23–25 апреля 1996 г.» – Томск: Изд-во ТПУ. – С. 169
5. V.M. Zykov and A.N. Kiseljov «Excitation of Induced Extrinsic Photoconductivity in Si With Small Degree of Compensation at Radiation Action» // In «1st International Congress on Radiation Physics, High Current Electronics, and Modification of Materials. Proceedings, Vol. 1, 11th International Conference on Radiation Physics and Chemistry of Condensed Matter.» – Tomsk, 2000. – P. 406–411.

АППАРАТУРА ДЛЯ РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНДУЦИРОВАННОЙ ПРИСМЕСНОЙ ФОТОПРОВОДИМОСТИ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ SI

В.М. Зыков, А.Н. Киселев
г. Томск, Россия

Представлено описание комплекса специальной аппаратуры, использованного для исследования радиационно-фотоэлектрических процессов в примесном кремнии при облучении быстрыми электронами в условиях глубокого охлаждения.

Требования к аппаратуре для радиационных исследований индуцированной примесной фотопроводимости в Si определяются условиями наблюдения этой фотопроводимости, близкими к реальным условиям работы примесных фотоприемников глубокого охлаждения, и характеристиками ионизирующих излучений в натуральных условиях работы этих фотоприемников (тип излучения и дифференциальная по углу и энергии плотность потока излучения).

С учетом поставленной задачи сформулированы основные требования к аппаратуре:

- остаточное давление газа, окружающего исследуемый образец не более $7 \cdot 10^{-3}$ Па;
- рабочий диапазон температур исследуемых образцов $8 \div 12$ К с поддержанием температуры с погрешностью 0,05 К и возможностью кратковременного отжига исследуемых образцов кремния при температуре до 35 К;
- возможность воздействия электронами с энергией до 6 МэВ при плотности потока до $5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, близкой к максимальным значениям в радиационных поясах Земли;
- низкий тепловой фон (плотность потока фотонов теплового фона менее $10^{12} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$);
- возможность регулируемого воздействия на исследуемый образец оптическим излучением ИК-диапазона, обеспечивающим с неоднородностью не более 20 % как собственную, так и примесную фотопроводимость в исследуемых образцах кремния;
- возможность дистанционного измерения фотоэлектрических характеристик в процессе воздействия высокоэнергетическими электронами с измерением токов в диапазоне от 10^{-12} А до 10^{-8} А;
- возможность длительного (до нескольких десятков часов) автономного функционирования криогенной аппаратуры в заданном режиме криостатирования при рассеиваемой мощности в образце до 100 мкВт.

Кроме того, экспериментальная аппаратура должна обеспечивать автоматическое измерение по заданной программе долговременных изменений (до нескольких десятков минут) индуцированной фотопроводимости в условиях ее импульсного возбуждения в образцах кремния с автоматическим документированием и первичной обработкой результатов измерений. Формируемая на магнитном носителе база данных должна обеспечивать последующее представление результатов измерений в функции

температуры, времени и интенсивности примесного возбуждения, а также в функции дозы, мощности дозы и времени электронного облучения.

Для радиационных исследований примесного кремния нами был разработан специальный вакуумный криостат [1,2]. Схема криостата представлена на рис. 1. Это криостат погружного типа, в котором необходимый температурный режим полового разъемного держателя образцов 5 поддерживается за счет двух медных коаксиальных теплообменников 11, погруженных одним концом в жидкий гелий, причем регулировка температуры держателя образцов осуществляется нагревателем 10, размещенным на другом конце внутреннего теплообменника, контактирующего с держателем. С целью электрической изоляции исследуемых образцов и возможности их облучения высокоэнергетическими электронами при низком тепловом фоне образцы размещаются на сапфировой изолирующей подложке, имеющей контакт с внутренней стенкой медного держателя. Для ввода электронного пучка излучения в теле держателя предусмотрено окно, закрытое медной фольгой. С целью уменьшения тепловой нагрузки на держатель образцов со стороны внешней среды криостат снабжён дополнительными медными тепловыми экранами, поддерживающими промежуточные уровни температур. Температура внутреннего теплового экрана близка к 40 К, а температура внешнего теплового экрана определяется температурой жидкого азота.

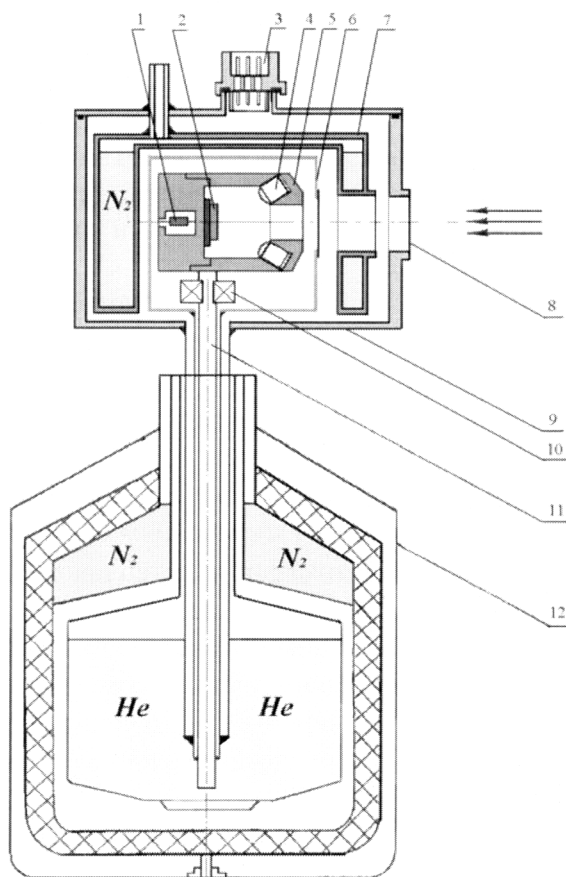


Рис. 1. Схема криостата для радиационных исследований примесной фотопроводимости в полупроводниках в условиях низкого теплового фона при температуре 6 ± 20 К.

- 1 – термодатчик, 2 – испытуемый образец, 3 – многотиновый электрический разъем, 4 – ИК-излучающий диод, 5 – внутренний тепловой экран, 6 – промежуточный тепловой экран, 7 – азотный тепловой экран, 8 – окно вакуумной камеры для ввода пучка электронов, 9 – кожух вакуумной камеры, 10 – нагревающая обмотка регулятора температуры, 11 – центральный медный хладопровод, 12 – гелиевый транспортный сосуд СТГ-40 (СТГ-25)

Криостат рассчитан на длительную автономную работу с транспортными гелиевыми сосудами 12 типа СТГ-40 и СТГ-25. Важными элементами криостата являются наружный вакуумный кожух 9 с вакуумным многослойным электрическим разъемом 3, крионасос на основе охлаждаемого жидким гелием активированного угля, канал для ввода пучка электронного излучения через систему охлаждаемых фольг 8 и жгут константановых токовводов с большим тепловым сопротивлением.

Теплообменники 11 играют основную роль в создании необходимого температурного режима массивного держателя исследуемых образцов полупроводникового материала. Внутренний теплообменник выполнен в виде стержня, а наружный теплообменник в виде коаксиально расположенной трубы. Они оба изготовлены из отожжённой меди чистоты 99,99 % и заключены в полированный изнутри вакуумный кожух из нержавеющей стали. Пространство между медным стержнем, медной трубой и кожухом заполнено активированным углем (крионасос). Основной теплообменник в виде стержня соединен через индиевое уплотнение с держателем исследуемых образцов, а дополнительный трубчатый теплообменник соединен с внутренним тепловым экраном, окружающим держатель образцов. Эффективность теплообменника подтверждается экспериментально установленными показателями:

- полное время охлаждения образцов до температуры 8 К составляет около 1 часа, в том числе время предварительного охлаждения в жидком азоте – 40 мин,
- полное время охлаждения до температуры 6 К – 2 часа,
- минимальное время автономного функционирования криостата в заданном режиме равно при использовании гелиевого сосуда СТГ-25 – 15 часов, при использовании гелиевого сосуда СТГ-40 составляет 30 часов,
- время установления заданной температуры в диапазоне $6 \div 20$ К от минимального значения составляет не более 5 минут,
- минимальная устойчивая температура держателя – 5,95 К,
- расход жидкого гелия на поддержание минимальной температуры держателя – $0,1 \text{ дм}^3 \text{ час}^{-1}$.

Внешний тепловой экран с температурой жидкого азота изготовлен в виде заполняемой жидким азотом полый цилиндрической емкости объемом $1,5 \text{ дм}^3$ с отверстием для ввода пучка электронов (закрыто алюминиевой фольгой толщиной 30 мкм) и отверстием для ввода и захолаживания токовводов. Тепловой гелиевый экран, соединяющийся с трубчатым теплообменником, выполнен в виде полого тонкостенного медного цилиндра, располагается во внутренней полости азотного экрана, и снабжен отверстиями для ввода электронного пучка (закрыто алюминиевой фольгой толщиной 30 мкм) и токовводов.

Держатель образцов 5 выполнен в виде разъемного полого толстостенного цилиндра (медь с чистотой 99,99 %) с отверстиями $\varnothing 25$ мм для ввода пучка электронного излучения и $\varnothing 6$ мм для ввода жгута токовводов через индиевое уплотнение. Отверстие для ввода электронного пучка закрыто имеющей тепловой контакт с держателем медной фольгой толщиной 20 мкм. В нижней части держателя смонтирована обмотка нагревателя 10 системы регулировки температуры. Исследуемые образцы крепятся во внутренней полости держателя на сапфировой подложке, которая обеспечивает электрическую изоляцию и тепловой контакт с телом держателя. В тело держателя вблизи расположения сапфировой подложки через индиевый наполнитель впрессован термодатчик 1 в виде германиевого полупроводникового термометра или радиационно-стойкого угольного сопротивления. Для удобства монтажа образцов держатель сделан разъемным с соединением крышки и основного тела держателя через индиевое уплотнение. В крышке держателя расположены каналы для полупроводниковых источников оптического излучения (примесной подсветки и собственного возбуждения).

Канал для ввода пучка электронного излучения в криостат последовательно состоит из цилиндрического отверстия во фланце наружного кожуха криостата, отверстия в азотном тепловом экране, отверстия во внутреннем тепловом экране и отверстия в крышке держателя. Канал по ходу пучка электронов последовательно перекрыт лавсановой пленкой (толщина 0,1 мм), двумя алюминиевыми фольгами толщиной по 30 мкм в тепловых экранах и медной фольгой в окне держателя толщиной 20 мкм.

Наружный вакуумный кожух 9 изготовлен из нержавеющей стали. На крышке кожуха размещены вентиль для откачки криостата до стартового давления $1,33 \cdot 10^{-1}$ Па, манометрическая лампа и электрический разъем 3. Все тоководы внутри криостата для уменьшения теплопритока выполнены из константана сечением $0,07 \text{ мм}^2$ и имеют тепловые контакты на азотном и промежуточном гелиевом уровне температур. Подготовка криостата к работе обеспечивается откачкой его объема до стартового давления $1,33 \cdot 10^{-1}$ Па при одновременном прогреве теплообменника погружением в кипящую воду. После выхода на стартовое давление внутренний объем криостата отсекается вакуумным вентилем и криостат захлаживается до рабочих температур путём последовательного погружения теплообменника в жидкий азот и жидкий гелий.

В качестве источника электронного излучения использован малогабаритный импульсный бетатрон МИБ-6э на максимальную энергию электронов 6 МэВ, снабженный магнитной системой транспортировки и фокусировки пучка электронов. Общий вид бетатрона в комплексе с гелиевым криостатом и системой контроля параметров пучка электронного излучения представлен на рис. 2.

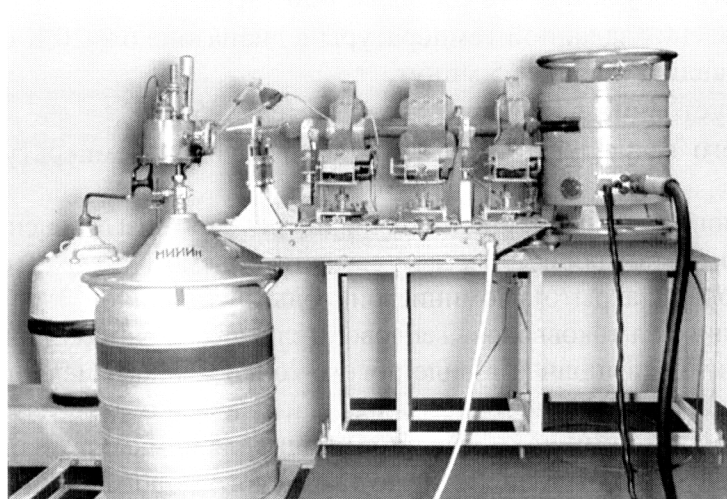


Рис. 2. Общий вид гелиевого криостата с источником электронного излучения – бетатроном на энергию электронов до 6 МэВ

Отличительной особенностью используемого нами бетатрона является отпаянная вакуумная камера, совмещающая в себе как собственно ускорительную камеру так и электропровод системы фокусировки. Максимальная мощность дозы сфокусированного электронного пучка в воздухе у выходного окна электропровода достигает 30 крад/мин при площади сечения пучка $3,6 \cdot 10^{-1} \text{ см}^2$. Плавная регулировка энергии позволяет изменять энергию ускоренных электронов в диапазоне от 2 МэВ до 6 МэВ при частоте следования импульсов излучения 100 Гц.

В процессе эксперимента входное окно криостата располагалось соосно тракту фокусировки и криостат ориентировался по максимальному значению ионизационного тока, протекающего через исследуемый образец, чтобы обеспечить максимальную соосность

электронного пучка и облучаемого образца, расположенного в полости держателя криостата. Для контроля интенсивности пучка в промежутке между выходом электронопровода и входным окном криостата располагалась проходная ионизационная камера, показания которой были предварительно калиброваны по стандартному дозиметру VA-J-18.

Определение дозы электронного излучения в криостатированном образце кремния осуществлялось по ионизационному току протекающему через исследуемый образец и дополнительно оценивалась по численному расчету поглощенной в образце энергии излучения приходящейся на один электрон, падающий на входное окно криостата [3]. Численный расчет (в расчете на один электрон пучка) проводился методом Монте-Карло [4] для пучка равномерно распределенного по кругу радиуса 6 мм (размер выводного окна вакуумной камеры на выходе из электронопровода). При расчете геометрии криостата в направлении оси электронного пучка представлялась аксиально-симметричной и объем криостата разбивался на 30 отдельных цилиндрических зон прямоугольного сечения (рис. 3). Для оценки соотношения доз электронного излучения, поглощенных в рабочем объеме ионизационной камеры и исследуемом образце кремния в схему расчета были включены ионизационная камера и исследуемый образец. Учитывались размеры всех деталей и характеристики материалов криостата (лавсан, медь, алюминий, кремний), расположенных по ходу движения электронного излучения. Воздух заменялся азотом, а остаточный газ внутри откаченного криостата моделировался азотом с соответствующей плотностью.

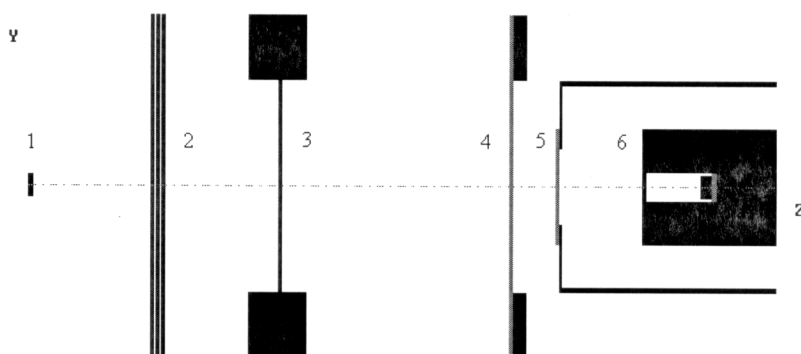


Рис. 3. Геометрия для расчета прохождения электронного пучка в криостате:
1 – выходное окно вакуумной камеры бетатрона, 2 – проходная ионизационная камера,
3 – входное окно криостата, 4 – окно азотного теплового экрана,
5 – входное окно внутреннего теплового экрана,
6 – держатель с исследуемым образцом, расположенным на изолирующей подложке

По результатам расчета оценен энергетический спектр электронов в исследуемом образце кремния при первичной энергии электронов 6 МэВ (рис. 4). Видно, что спектр электронов в криостатированном образце сохраняет достаточно высокую степень моноэнергетичности. На каждый электрон с энергией 6 МэВ падающий на входное окно криостата в круге радиуса 6 мм приходится энергия $\Delta E = 0,325 \pm 0,025$ МэВ, поглощенная в исследуемом образце кремния. Доза, создаваемая в кремнии одним падающим электроном и усредненная по объёму образца с массой m , равна

$$D[\text{pad}] = 1,6 \cdot 10^{-8} \frac{\Delta E[\text{МэВ}]}{m[\text{г}]}$$

Стабильность плотности потока электронов на входе в криостат и интегральный поток электронного излучения дополнительно контролировались по показаниям проходной ионизационной камеры, смонтированной на входном окне криостата.

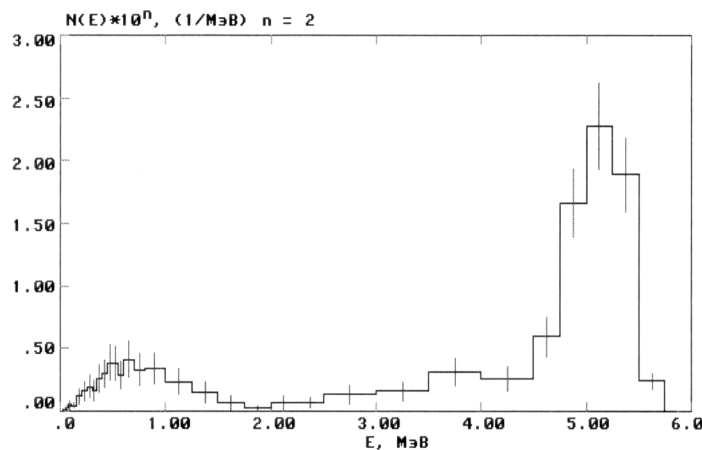


Рис. 4. Расчетный энергетический спектр электронов в криостатированном образце примесного кремния

Источник примесного возбуждения выбран исходя из требований:

- спектральный состав излучения должен соответствовать области примесного поглощения в материале исследуемого полупроводника;
- интенсивность излучения должна обеспечивать возможность регулировки плотности потока фотонов у поверхности образца кремния в пределах 10^{12} – 10^{14} см⁻²·с⁻¹ №
- для измерения фотоотклика в заданном частотном диапазоне должна быть предусмотрена возможность модуляции интенсивности испускаемого излучения №
- источник должен обеспечивать возможность стабильной работы при температурах до 6 К при малом тепловыделении и малых габаритных размерах.

Для случая примесного кремния в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяет светоизлучающий диод на основе гетеропереходов из тройных и четверных соединений элементов III и IV групп. Светоизлучающий диод на основе гетероперехода в системе $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As} - \text{InAsB}$, как показали наши предварительные исследования, удовлетворительно работает при температурах близких к температуре жидкого гелия. В нормальных условиях работы этот диод имеет следующие характеристики: длина волны излучения – 3÷4 мкм при ширине спектра излучения 0,3÷0,6 мкм, мощность излучения – до 20 мВт при быстродействии до 1 мкс. С понижением температуры до температуры жидкого азота длина волны излучения смещается в коротковолновую область на 0,6 мкм, а мощность излучения возрастает примерно в 5 раз. При температуре жидкого гелия сдвиг по длине волны составляет 0,8 мкм, а данные по возрастанию мощности излучения отсутствуют.

Как показали исследования, данный диод удовлетворяет сформулированным выше требованиям и имеет линейную характеристику выхода светового излучения, что важно для контроля уровня примесной подсветки по прямому току протекающему через диод. Модуляция излучения диода обеспечивалась подачей на питающий его генератор тока электрического смещения и синусоидального напряжения от источника с трансформаторным выходом. При проведении радиационных исследований с использованием электронов с энергией до 6 МэВ диод размещался в специальном канале в теле держателя криостата, и был защищен от рассеянного электронного излучения сапфировым световодом толщиной 5 мм.

Исходя из требования получения равномерной генерации электронно-дырочных пар по объёму исследуемого образца примесного кремния толщиной d длина волны оптического источника собственного возбуждения должна удовлетворять условию $\alpha(\lambda)d \ll 1$, где $\alpha(\lambda)$ – коэффициент поглощения зависящий от длины волны светового излучения. Для диапазона температур ниже 30 К и $d \approx 2$ мм это условие удовлетворяется для светоизлучающих диодов с $\lambda \approx 1,06$ мкм. Поэтому в качестве оптического источника собственного возбуждения ис-

пользован светоизлучающий диод с мезоструктурой на основе двойной гетероструктуры, изготовленной из твердого раствора $Ga_xIn_{1-x}As_{1-y}P_y$ с не поглощающей свет широкозонной подложкой InP. Такая диодная структура, изготовленная методом жидкофазной эпитаксии, характеризуется длиной волны в максимуме спектральной полосы излучения находящейся в пределах $1,0 \div 1,2$ мкм. Вывод излучения в таком диоде осуществляется через фосфидиндиевую подложку, благодаря чему мощность излучения достигает больших значений (15 мВт при 300 К на длине волны излучения 1,065 мкм). Для проведения исследований нами был использован мезодиод с размерами кристалла $750 \text{ мкм} \times 750 \text{ мкм}$, укрепленный на медном держателе и защищенный оптически прозрачным компаундом.

Результаты проведенных нами исследований характеристик такого излучающего диода при низких температурах представлены на рис. 5 и 6, где изображены соответственно спектры излучения при температурах 11 К, 36,5 К и 50 К и токовая зависимость мощности излучения одного из используемых диодов при температурах 8,9 К, 83 К и 300 К. Из результатов измерений следует, что при температурах ниже 40 К положение основного максимума в спектре излучения стабилизируется и появляются два существенно меньших максимума при длине волны 0,965 мкм и 0,93 мкм. По мере уменьшения температуры с 300 К до 11 К мощность излучения возрастает примерно на порядок величины. Это обеспечивает достаточно небольшое тепловыделение (около 10 мкВт) при работе диода в необходимом тепловом режиме в гелиевом криостате. Характеристика диода является линейной, что упрощает задачу управления параметрами излучения. При проведении радиационных исследований с использованием электронного пучка на энергию до 6 МэВ диод размещался в специальном канале в теле держателя криостата, и был защищен от рассеянного электронного излучения сапфировым световодом толщиной 5 мм.

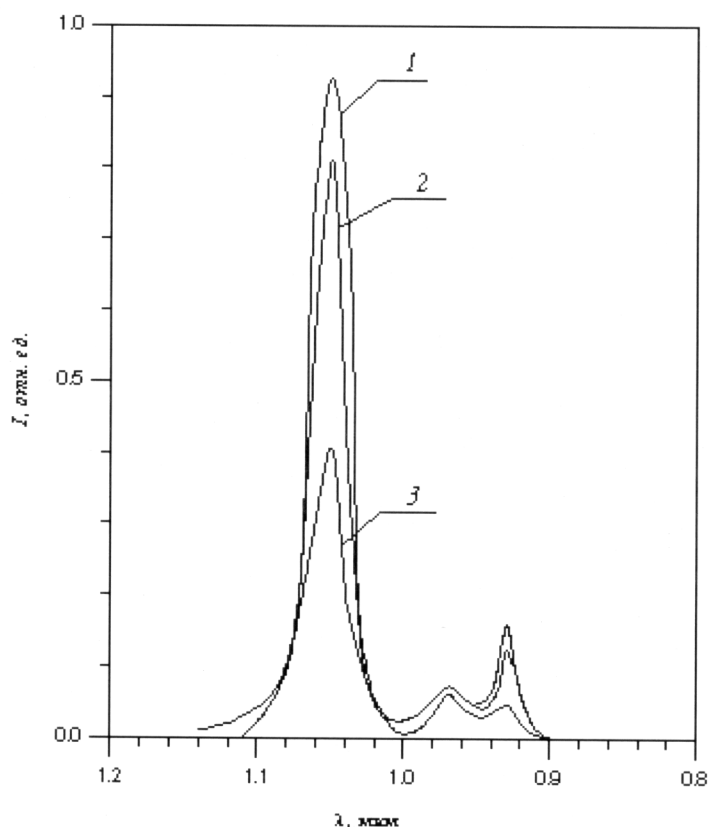


Рис. 5. Энергетический спектр источника светового воздействия на основе мезоструктуры $Ga_xIn_{1-x}As_{1-y}P_y-InP$ при температурах: $T=11 \text{ К}$ (1), $T=36,5 \text{ К}$ (2) и $T=50 \text{ К}$ (3)

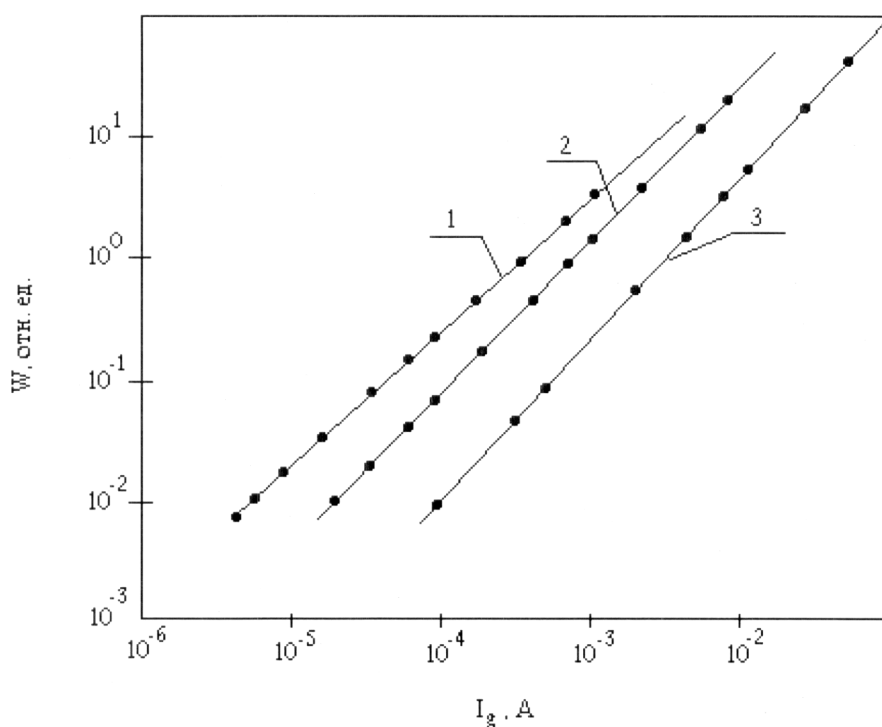


Рис. 6. Зависимость мощности излучения светоизлучающего диода на основе мезоструктуры $Ga_xIn_{1-x}As_{1-y}P_y-InP$ от тока через диод для длины волны 1,06 мкм при температурах: 1 – $T=8,9$ К, 2 – $T=83$ К и 3 – $T=300$ К

Контроль температуры образцов примесного кремния осуществлялся с помощью термодатчика, включенного в режим измерения сопротивления вольтметра В7–18, имеющего выход цифрового кода через разъём на задней панели прибора. Кодовое значение сопротивления термодатчика через блок накопления и передачи данных поступает в ЭВМ, где преобразовывалось в значение температуры. При проведении радиационных исследований примесного кремния из соображений обеспечения радиационной стойкости применялся термодатчик в виде объёмного угольного сопротивления типа ТВО. В остальных случаях применялся полупроводниковый германиевый термометр типа КГ, калиброванный на предприятии-изготовителе.

Регулировка температуры осуществлялась путём пропускания тока через нагревательную обмотку держателя. В качестве источника тока использовалась аккумуляторная батарея напряжением 30 В с аккумуляторами КНП-20 и включённое с ней последовательно переменное балластным сопротивлением. Регулировка мощности нагревателя производилась ступенчатой и плавной регулировкой, что обеспечивало установку требуемой температуры в диапазоне 6–20 К с погрешностью не хуже 0,05 К.

Для обеспечения автоматизированных измерений долговременных процессов возбуждения и релаксации ИПФ в примесном кремнии, документирования и обработки результатов измерений, а также для обеспечения и контроля условий эксперимента разработан управляемый ЭВМ измерительный комплекс (рис. 7) [5]. В состав комплекса входят схема измерения фотоэлектрических параметров образцов с блоком управляемых источников света, блок накопления и обработки данных, система контроля температуры, измеритель дозы электронного излучения, релейный блок управления электрическим смещением и источниками светового воздействия. Комплекс обеспечивает измерение и регистрацию тока через исследуемый образец по заданной программе, контроль температуры в диапазоне $4,2 \div 77,5$ К, генерацию световых воздействий в собственной и примесной области возбуждения по заданной программе.

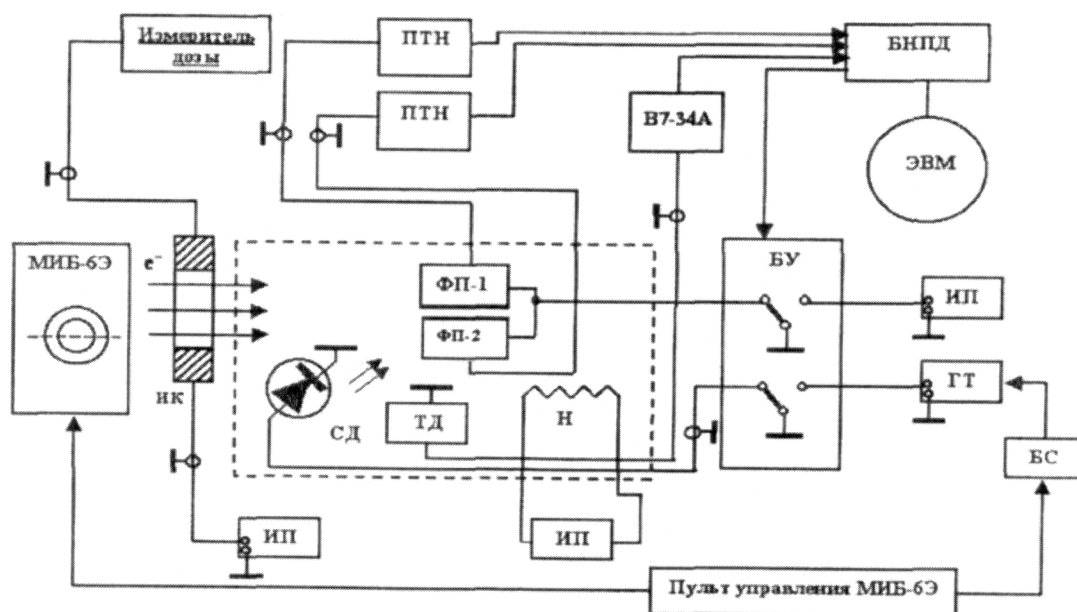


Рис. 7. Автоматизированный измерительный комплекс для измерения индуцированной примесной фотопроводимости, где обозначено: ПТН – преобразователь ток-напряжение, ФП-фотоприемник (испытуемый образец), БНПД – блок накопления и передачи данных, ИК – ионизационная камера, СД – светоизлучающий диод, ТД – термодатчик, Н – нагреватель, ИП – источник напряжения, БУ – блок управления, ГТ – управляемый генератор тока, БС – блок синхронизации

Схема измерения фотоэлектрических параметров исследуемых образцов должна обеспечивать измерение темнового тока и фотоотклика как функции напряжения электрического смещения, рабочей температуры, уровня подсветки и частоты. Поскольку в условиях низкого теплового фона при температуре ниже 15 К удельное сопротивление образцов легированного кремния достигает значений $10^9 \div 10^{10}$ Ом · см, то к аппаратуре для измерения фотоэлектрических параметров предъявляются повышенные требования по токовой чувствительности. Диапазон измеряемых значений по току составляет более 4-х декад. Для уменьшения влияния входной емкости и поддержания на испытуемом стабильного электрического смещения применяется преобразователь ток-напряжение, обеспечивающий для образца режим короткого замыкания. Для проводимых нами измерений использовались два варианта преобразователя ток-напряжения:

- для измерений в области частот до 1 кГц использовались охлаждаемый до рабочей температуры держатель образцов предусилитель с полевым транзистором на входе и последовательно соединенный с ним селективный усилитель У2-8,
- для измерений на частоте до 50 Гц использовался стандартный электрометрический усилитель У5-11, позволяющий измерять ток величиной до 10^{-12} А.

Блок сбора и передачи данных предназначен для многоканального измерения напряжений при частоте дискретизации до 50 кГц, генерации управляющих импульсов напряжения, регистрации по заданной программе показаний стандартных цифровых измерительных приборов через канал общего пользования. В состав блока входят два 12-ти разрядных АЦП, коммутатор на 8 аналоговых каналов, два ЦАП, таймер, буферное ОЗУ, 8 цифровых входов для подключения стандартных цифровых приборов.

Управление измерительным комплексом осуществляется ЭВМ на основе разработанного пакета программ. Типовой набор программ позволяет: провести тестирование работоспособности оборудования, контролировать процесс захолаживания криостата, измерять временные процессы импульсного возбуждения ИПФ и релаксации ИПФ, из-

мерять температурную зависимость примесной фотопроводимости. Библиотека ассемблерных управляющих подпрограмм позволяет разработать необходимую программу для управления экспериментом и тестирования измерительного комплекса.

Список литературы

1. Зыков В.М., Лукин А.Л., Киселев А.Н. «Разработка метода и аппаратуры контроля примесных полупроводников на основе эффекта индуцированной примесной фотопроводимости», Промежуточный научный отчет № Гос. регистрации 01860073988, 1987 г. – 68 с.
2. Зыков В.М., Киселев А.Н., Лукин А.Л., Ничинский Н.А.-Гелиевый криостат для радиационных исследований фотопроводящих материалов // ПТЭ. –1987. – № 1. – С. 250.
3. Зыков В.М., Киселев А.Н., Лукин А.Л. и др. Кремниевые $p^+ - p - p^+$ -структуры как детекторы ионизирующих излучений в условиях глубокого охлаждения // Сб. «Радиационная стойкость бортовой аппаратуры и элементов космических аппаратов: материалы конференции». – Томск, 1991. – с.179–180.
4. Беспалов В.И. Расчеты методом Монте-Карло характеристик электронов и квантов в однородных и неоднородных поглотителях Деп. ВИНТИ № 3707-80, 1980. – 63 с.
5. Зыков В.М., Киселев О.С., Лукин А.Л., Самочернов В.М., Волков В.Ф., Дидоренко В.С. Автоматизированный комплекс аппаратуры для низкотемпературных имитационных испытаний фотоприемников на основе примесного кремния на ионизирующее воздействие // «Радиационная стойкость бортовой аппаратуры и элементов космических аппаратов»: сб. материалы конференции. – Томск, 1991. – С. 170–171.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОТБОРА ДЛЯ КОМПТОНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ НА БАЗЕ ПИНХОЛА

М.А. Мудров, Б.И. Капранов
ФМПК ЭФФ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: mudrov_mihail@mail.ru

Рассмотрены вопросы пространственного отбора обратно рассеянного излучения. Рассчитана необходимая толщина стенок для ослабления излучения в 10^3 раз. Были рассчитаны апертурные функции для пинхола для двух видов пинхола (обычного и с треугольными губками). Была построена зависимость телесного угла влёта рассеянных фотонов от координаты X точечного рассеивателя.

Рентгеновская томография в последнее десятилетие стала одним из наиболее эффективных методов диагностики как в технических приложениях, так и в медицине. Существуют два типа рентгеновских томографов:

- трансмиссионный, который восстанавливает (реконструирует) объект на основе регистрации прошедшего через него излучения;
- на рассеянном излучении, в котором восстановление осуществляется на основе анализа рассеянного от объекта излучения.

К числу объектов контроля, исследование которых возможно лишь с применением томографии на рассеянном излучении, можно отнести следующие: Контроль многослойных корпусов торпедных катеров, поиск за корпусом или под палубой несущих балок, ребер жесткости, исследование динамики внешнего воздействия на защитные оболочки в авиации, судостроении, корпуса многих изделий в ракетно-космической технике и др.