

СНИЛ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

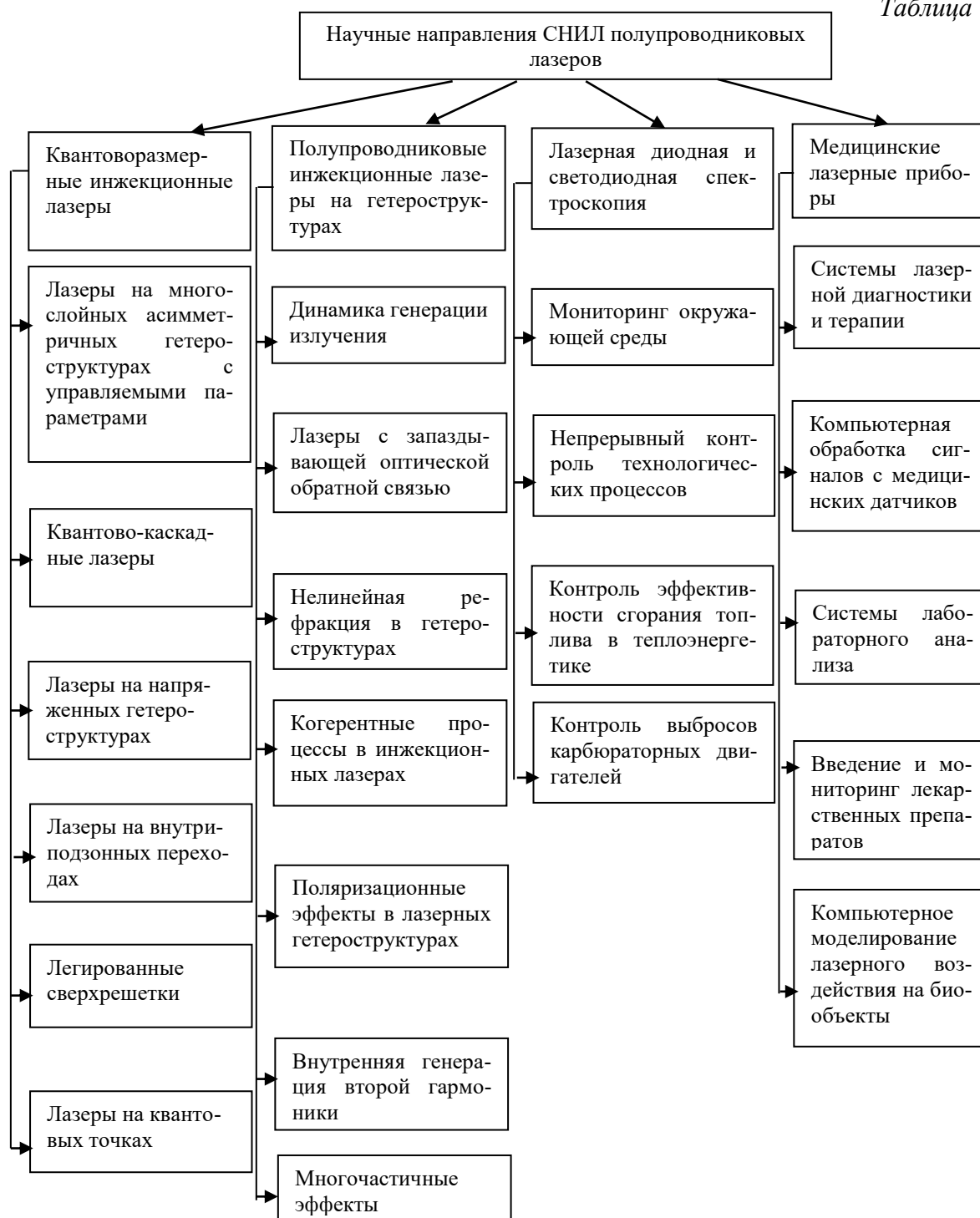
Главную роль в формировании будущих квалифицированных кадров, стремящихся непрерывно совершенствоваться в избранной специальности и после окончания высшего учебного заведения (ВУЗа), призвана играть научно-исследовательская работа студентов (НИРС), так как их участие в научном поиске является не только важным фактором оптимизации учебного процесса, но и одной из форм трудового и мировоззренческого воспитания. Наилучшие условия для развития личности исследователя создает творческий процесс.

Опыт показывает, что эффективность НИРС во многом зависит от системы и методики ее организации. Из всего многообразия существующих в Белгосуниверситете форм НИРС наиболее действенными являются студенческие научно-исследовательские лаборатории (СНИЛ).

СНИЛ полупроводниковых лазеров была образована в конце 1992 г., когда Совет факультета радиофизики и электроники своим решением от 27.10.1992 г. поддержал предложение кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники, а в последующем это решение было утверждено приказом ректора университета. Активная работа в СНИЛ началась практически с 1993 г. после проведения ряда организационных мероприятий: определения состава СНИЛ, уточнения тематики научных исследований, привлечения к руководству студенческими работами опытных преподавателей и научных работников кафедры и т. д. Научным руководителем СНИЛ полупроводниковых лазеров был назначен канд. физ.-мат. наук, доцент И. С. Манак. При выборе тематики СНИЛ приоритет был изначально отдан фундаментальным исследованиям в области полупроводниковых инжекционных лазеров, а также их практическим приложениям: лазерной диодной и светодиодной спектроскопии и оптико-медицинскому приборостроению. На настоящий момент основные научные направления СНИЛ полупроводниковых лазеров выглядят так, как это представлено в табл. 1.

В СНИЛ полупроводниковых лазеров выполняются только научные темы, прошедшие конкурсный отбор в Белорусском республиканском фонде фундаментальных исследований, Министерстве образования Республики Беларусь, Белгосуниверситете (табл. 2). Таким образом, научной базой организации НИРС в СНИЛ полупроводниковых лазеров является госбюджетная тематика фундаментальных и прикладных исследований.

Таблица 1



Основные цели СНИЛ: привлечение студентов к активной научно-исследовательской работе; улучшение качества подготовки специалистов; активизация работы по подготовке научно-педагогических кадров высшей квалификации для БГУ и других организаций республики; решение актуальных проблем современной науки, техники, производства и общества.

НИР, выполняемые в СНИЛ полупроводниковых лазеров в 2003 г

1. НИР № 721/13 "Когерентные явления в квантоворазмерных инжекционных лазерах" (Республиканская программа фундаментальных исследований «Когерентность», научные руководители доцент <i>И. С. Манак</i> , доцент <i>А. А. Афоненко</i> , 2001–2005 г.)
2. НИР № 087/13 "Разработка физических принципов создания новых оптоэлектронных элементов на квантоворазмерных гетероструктурах" (госбюджетный договор по проекту БРФФИ Ф02Р-095, научный руководитель доцент <i>И. С. Манак</i> , 2002–2004 г.)
3. НИР № 056/13 "Динамика нелинейно-оптических процессов в квантоворазмерных лазерных гетероструктурах" (госбюджетный договор по проекту БРФФИ Ф01-211, научный руководитель доцент <i>И. С. Манак</i> , 2002–2004 г.)
4. НИР № 800/13 "Внутризонные процессы в квантоворазмерных полупроводниковых структурах" (Межвузовская программа фундаментальных исследований «Низкоразмерные системы-2», научные руководители доцент <i>И. С. Манак</i> , доцент <i>А. А. Афоненко</i> , 2001–2005 г.)
5. НИР № 671/13 "Влияние параметров активной области на излучательные характеристики квантоворазмерных лазерных гетероструктур" (молодежный грант БГУ, научный руководитель аспирант <i>В. И. Цвирко</i> , 2003 г.)
6. НИР № 131/13 "Спектральные характеристики лазерных квантоворазмерных гетероструктур" (госбюджетный договор по проекту БРФФИ Ф03М-105, научный руководитель аспирант <i>А. Г. Буйкевич</i> , 2003–2005 г.)

Основные задачи СНИЛ: выявление и привлечение к научным исследованиям наиболее способных студентов, содействие более эффективному решению проблем их научной подготовки; создание научного задела для дальнейшего профессионального роста; обучение приемам и методикам профессионального научного исследования; создание условий для углубленного изучения и закрепления учебного материала; содействие организации многопрофильной подготовки специалистов методом углубления фундаментальных знаний; создание условий для дифференцированного подхода в распределении нагрузки при проведении НИР в зависимости от подготовленности студентов (курс обучения).

В связи с вышеизложенным, большое внимание в СНИЛ полупроводниковых лазеров уделяется формированию учебно-научных групп в составе опытного преподавателя (руководителя), аспирантов, магистрантов и студентов, куда могут привлекаться и научные сотрудники кафедры. Студенты младших курсов вливаются в уже сложившийся научно-исследовательский коллектив, в котором ведут исследования по сходной или той же проблеме более опытные его участники: научные сотрудники, аспиранты, студенты магистратуры и студенты-дипломники. По этой причине работа студента планируется таким образом, чтобы она давала

не только максимальный учебный эффект, но и вносила вклад в выполнение плановой научно-исследовательской работы. Именно здесь оказывается очень важной роль преподавателя, который должен выбрать тему и спланировать работу так, чтобы в ходе ее выполнения были получены результаты достаточной надежности, не зависящие от субъективных особенностей студента. Здесь на первый план выступает личностная активность и тесное взаимодействие преподавателя и студента для достижения эффективных результатов в обучении.

Оба этих принципа воплощаются в процессе творческого сотрудничества преподавателя и студента, которые выступают в качестве важнейшей содержательной стороны их межличностного общения. В основе отношений преподавателя к студенту лежат такие нравственные и интеллектуальные потребности, как стремление передать студенту свои научные и нравственные установки. В основе отношения студентов к преподавателям лежит стремление расширить и улучшить свои знания, утвердиться в верности избранного ими направления в исследованиях, научности выдвигаемой гипотезы, адекватности избранных методов поставленным задачам. Познавательная потребность при этом выступает в единстве с потребностью в признании их самостоятельности, стремления к эмоциональной поддержке, пониманию, искреннего интереса и уважения к себе, как к молодому исследователю. Отмеченные установки и потребности реализуются в адекватно организованном, лично-деловом педагогическом общении в СНИЛ в процессе участия в выполнении госбюджетных или хоздоговорных НИР. В результате взаимодействие преподавателя и студента поднимается на качественно новую ступень, достигая в некоторых случаях подлинно творческого сотрудничества. Этому способствует общность научных интересов, взаимоуважение, дух творческого поиска. Психологическая готовность к педагогическому лично-деловому взаимодействию, творческому сотрудничеству студента и преподавателя складывается постепенно, при этом важным компонентом ее является наличие исследовательской направленности. Заметим, что максимальная реализация творческого потенциала студента при выполнении научных исследований происходит в том случае, когда потребность достижения поставленной цели включается в систему его личностных мотиваций. При этом наблюдается полное вовлечение в творческий процесс всех психологических структур личности. Активная вовлеченность студента в реализацию заданной программы, его творческое участие в достижении поставленной цели способствует более полному проявлению «энергетического потенциала» личности. Привлечение к научному руководству студенческих исследований магистрантов, аспирантов

и молодых ученых в составе учебно-научных групп дает положительный результат, так как в этом случае небольшой возрастной разрыв определяет близость интересов ученика и учителя.

Такой подход к организации научных исследований в СНИЛ дает положительные результаты. Суммарные итоги эффективности работы СНИЛ за 10 лет представлены в табл. 3.

Результаты исследований студентов опубликованы в ведущих научных журналах, таких как «Письма в ЖТФ», «Известия РАН. Сер. физическая», «Физика и техника полупроводников», «Журнал прикладной спектроскопии», «Оптический журнал», «Phys. Stat. Solidi» и др. Они неоднократно докладывались на международных конференциях в Сан-Диего, Кардиффе, Линдау, Олимпии, Варшаве, Казимеже-Дольном, Вроцлаве, Москве, Минске, Санкт-Петербурге, родно и других научных центрах и опубликованы в сборниках «Proc. SPIE».

В результате выполненных в СНИЛ полупроводниковых лазеров исследований: осуществлен режим неоднородного возбуждения квантовых ям в асимметричных квантоворазмерных гетероструктурах и изучены особенности динамических процессов с учетом туннелирования носителей и баллистического заброса их через барьеры и теоретически определены области существования различных режимов генерирования лазера с двумя квантовыми ямами при изменении инжекционной эффективности

Таблица 3

Показатели работы СНИЛ полупроводниковых лазеров с 1993 г. по 2002 г.

Год/ показатели	Опубликовано статей	Опубликовано тезисов докладов	Получено патентов	Издано учебно-методических пособий	Подготовлено отчетов о НИР	Итоги участия в Республиканских конкурсах на лучшую научную работу		
						1 категория	2 категория	3 категория
1993	8	27	—	1	1	1	—	—
1994	4	39	1	2	—	Не проводился		
1995	22	22	—	1	2	2	1	—
1996	10	37	2	1	1	3	—	—
1997	23	13	1	—	3	2	—	—
1998	7	20	—	—	1	—	2	1
1999	10	11	—	—	3	2	—	—
2000	26	16	1	—	5	4	—	—
2001	18	11	1	—	3	6	—	—
2002	19	20	—	—	5	4	—	—

и плотности тока накачки; проведен анализ поляризационных и спектральных характеристик лазерных диодов и усилителей на основе многослойных асимметричных гетероструктур, изучено влияние спектрального уширения на спектры усиления и частоту инверсии квантоворазмерных структур; с учетом эффекта смещения зон в приближении четырехзонного $\mathbf{k}\cdot\mathbf{p}$ метода рассчитаны дисперсионные кривые, плотность состояний, матричные элементы межзонных оптических переходов и спектры усиления ТЕ- и ТМ-мод квантоворазмерных структур; предложены методики расчета профиля потенциальной энергии, позволяющие установить закономерности изменения формы и глубины рельефа легированной сверхрешетки, проведен анализ распределения энергетических состояний и рассчитана двумерная концентрация носителей тока в легированной сверхрешетке с учетом хвостов плотности состояний; рассмотрены особенности экранирования электростатического потенциала и определено изменение длин экранирования и характеристических параметров хвостов плотности состояний в n - и p -областях с уровнем возбуждения n - i - p - i кристалла; предсказан аномальный характер изменения отношения коэффициента диффузии к подвижности носителей тока; развита методика расчета спектров излучения в легированных сверхрешетках с учетом хвостов плотности состояний и сужения ширины запрещенной зоны; разработана тепловая модель, изучен модовый состав излучения квантоворазмерной лазерной структуры с вертикальным резонатором; изучено влияние эффекта нагрева активной области на модовый состав излучения. Предложены двухчастотный лазерный излучатель, бистабильный лазерный излучатель, перестраиваемый в широкой полосе лазер с постоянной выходной мощностью, двухчастотный лазерно-волоконный оптический модуль, термостабильный лазер на основе асимметричной квантоворазмерной гетероструктуры с неоднородным возбуждением квантовых ям, многофункциональная двухсекционная лазерная структура на основе δ -легированной сверхрешетки, позволяющая перестраивать длину волны генерируемого излучения в режимах стационарной генерации, переходного процесса и регулярных пульсаций.

Разработаны также принципы компьютерного проектирования газоанализаторов и методики определения внутренних параметров полупроводниковых лазеров, работающих в режиме четырехволнового смешения, а также астигматизма, формы и степени поляризации излучения лазерных диодов.

Основные направления научных исследований, проводимых в СНИЛ полупроводниковых лазеров в настоящее время, акцентированы на следующих проблемах: влияние эффектов запаздывания оптического сигнала

ла на режимы генерации, воздействие шумовых и когерентных характеристик излучения на процессы внутрирезонаторного фотодетектирования; особенности ондуляционных явлений и режимы генерации на динамических модах в квантоворазмерных лазерах; многоэлектронные эффекты и уширение спектральных линий; внутризонные оптические переходы, уширение плотности состояний и спектры испускания с учетом корреляционных эффектов; перенос носителей между ямами и коллективные явления в квантовых ямах; нелинейная оптика квантоворазмерных лазеров; квантово-каскадные лазеры на асимметричных гетероструктурах, униполярные квантоворазмерные лазеры на напряженных гетероструктурах Si–SiGe.

Особое внимание в последние годы руководством СНИЛ полупроводниковых лазеров уделяется подготовке кадров высшей квалификации. С 1997 г. в СНИЛ выполнено 9 магистерских диссертаций (табл. 4).

Таблица 4

**Магистерские диссертации, выполненные в СНИЛ
полупроводниковых лазеров**

1. <i>Ушаков Д.В.</i> Оптические свойства сверхрешетки с профилированной зонной структурой / Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доц. И.С. Манак. 1997.
2. <i>Сюркина Е.В.</i> Определение микрофизических характеристик форменных элементов крови / Науч. рук. д-р физ-мат. наук. М.М. Кугейко. 1998.
3. <i>Дуль О.П.</i> Тепловые процессы в инжекционных лазерах / Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доц. И.С. Манак. 1999.
4. <i>Дрозд С.Н.</i> Разработка эксплуатационно-устойчивых газоанализаторов на основе полупроводниковых излучателей ИК-диапазона / Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. В.А. Фираго. 2000.
5. <i>Цвирко В.И.</i> Электронные переходы и дисперсия света в квантоворазмерных полупроводниковых структурах / Науч. рук. д. физ.-мат. наук, проф. В.К. Кононенко. 2001.
6. <i>Матюхин А.Б.</i> Амплитудно-частотные характеристики полупроводниковых лазерных систем / Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доц. И.С. Манак. 2001.
7. <i>Буйкевич А.Г.</i> Поляризационные эффекты в лазерных диодах с одной квантовой ямой / Науч. рук. д. физ.-мат. наук, проф. В.К. Кононенко, канд. физ-мат. наук, доц. И.С. Манак. 2002.
8. <i>Даниленко Т.В.</i> Динамика процессов в инжекционных полупроводниковых лазерах, состыкованных с оптическим волноводом / Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доц. И.С. Манак. 2002.
9. <i>Бутенко Ю.А.</i> Анализ качества оптических световодов / Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доц. С.И. Чубаров. 2002.
10. <i>Писарчик С.П.</i> Влияние многочастичного взаимодействия носителей на уширение спектральных линий в квантовых ямах / Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доц. И.С. Манак. 2003.

В течение 6 последних лет бывшими студентами СНИЛ полупроводниковых лазеров защищено 8 кандидатских диссертаций (табл. 5). 5 из них выполнено в СНИЛ, 3 защищены в срок и 1 досрочно (Д. В. Ушаков, за 7 месяцев до окончания аспирантуры).

Таким образом, лаборатория в настоящее время является полигоном, где апробируются на практике подходы в формировании новой, более эффективной системы образования, разрабатываются современные методики развития способностей одаренной молодежи в области науки, техники и передовых технологий.

Таблица 5

Диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, защищенные выпускниками СНИЛ полупроводниковых лазеров

1. <i>Афоненко А. А.</i> Динамика генерации излучения в полупроводниковых инжекционных лазерах / БГУ. Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. И. С. Манак. 1997.
2. <i>Наливко С. В.</i> Генерационные характеристики многослойных квантово-размерных лазерных гетероструктур / БГУ. Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В. К. Кононенко, канд. физ.-мат. наук, доц. И. С. Манак. 1999.
3. <i>Шуляев Д. С.</i> Прямой метод решения системы сингулярных уравнений с ядром Гильберта / БГУ. Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. М. А. Шешко. 1999.
4. <i>Ушаков Д. В.</i> Электронные и оптические процессы в легированных сверхрешетках на основе GaAs / БГУ. Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. В. К. Кононенко, канд. физ.-мат. наук, доц. И. С. Манак. 2000.
5. <i>Марко И. П.</i> Лазеры с оптической накачкой на эпитаксиальных слоях ZnSe и гетероструктурах с квантовыми ямами ZnMgSSe/ZnSe / ИФ НАНБ. Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Г. П. Яблонский, канд. физ.-мат. наук А. Л. Гурский. 2000.
6. <i>Кольчевский Н. Н.</i> Формирование микропучков жесткого рентгеновского излучения многоэлементной преломляющей линзой / БГУ. Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ф. Ф. Комаров. 2000.
7. <i>Поляков А. В.</i> Влияние флуктуаций на рециркуляционные процессы в опто-электронных системах / БГУ. Науч. рук. д-р физ.-мат. наук проф. И. А. Малевич, канд. физ.-мат. наук доцент К. Н. Коростик. 2001.
8. <i>Оношко Д. М.</i> Восстановление оптических характеристик рассеивающих сред в лидарном и томографическом зондировании / БГУ. Науч. рук. докт. физ.-мат. наук М. М. Кугейко. 2001.

В течение 10 лет, с 1993 г. по 2002 г. СНИЛ полупроводниковых лазеров занимала 1-е место в Белгосуниверситете. Дважды, 31 января 2001 г. и 20 января 2003 г., своими распоряжениями Президент Республики Беларусь утвердил решения Совета специального фонда Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов о выделении грантов финансовой помощи СНИЛ полупроводниковых лазеров.