

Сказанное выше обобщим следующими словами: при всех возможных бесконечно малых преобразованиях симметрии однородного пространства-времени, оставляющей функцию действия инвариантной необходимым и достаточным условием действительного движения частицы является равенство нулю вариации этой функции, т.е. $\delta S = 0$, при $\delta x_i \neq 0$ ($i = 1, 2, 3, 4$), при условии, что в начальной a и конечной b мировых точках пространства-времени действительная и варьированная мировые линии совпадают:

$$(\delta x_i)_a \equiv (\delta x_i)_b = 0.$$

Следовательно, релятивистское обобщение принципа Гамильтона есть обобщенное выражение геометрических принципов инвариантности, а $\delta S = 0$ аналитическая форма представления этих принципов.

УДК 371.044:378.180

РОЛЬ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Манак И. С.

*Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь*

Современные формы обучения в высших учебных заведениях должны обеспечивать подготовку специалистов, способных к творческому решению новых практических задач, неизбежно возникающих в результате постоянного развития науки и техники. Эффективным средством привития студентам навыков творческого использования знаний служит привлечение их к научно-исследовательской работе (НИР). Основной формой привлечения студентов и аспирантов к научным исследованиям в Белгосуниверситете является студенческая научно-исследовательская лаборатория (СНИЛ). При образовании СНИЛ полупроводниковых лазеров в октябре 1992 г. и выборе тематики исследований приоритет изначально был отдан фундаментальным исследованиям в области полупроводниковых инжекционных лазеров, включая квантоворазмерные лазеры на основе многослойных асимметричных гетероструктур и полупроводниковых легированных сверхрешеток, а также их практическим приложениям в диодной и светодиодной спектроскопии и лазерном медицинском приборостроении. В СНИЛ ежегодно выполняется 6 – 7 проектов, прошедших конкурсный отбор. В 2003 г. это 1 тема государственной программы фундаментальных исследований «Когерентность», 1 тема

межвузовской программы фундаментальных исследований «Низкоразмерные системы-2», по одному проекту Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) и в рамках совместного с Российским фондом фундаментальных исследований, 1 молодежный проект БРФФИ и 1 молодежный грант БГУ. В рамках этих проектов в 2003 г. будет рассчитан параметр уширения плотности состояний с учетом корреляционных эффектов и проанализировано влияние корреляционных явлений на спектры испускания в сильнолегированных двумерных системах; будут изучены механизмы, приводящие к уширению линии генерации, и проведен анализ процессов генерации с учетом частичной потери когерентности возвращающегося в резонатор излучения при запаздывающей оптической обратной связи; будут учтены нелинейные эффекты смешения полей в инжекционных лазерах и установлена их связь с процессами рекомбинации, захвата и переноса носителей тока в квантоворазмерных гетероструктурах, а также предложены способы определения лазерных параметров квантоворазмерных гетероструктур на основе комплексного анализа амплитудно-частотных, энергетических, спектральных и поляризационных характеристик полупроводниковых квантоворазмерных лазеров, как в обычном режиме, так и в режиме подпитки внешним оптическим излучением; будут теоретически проанализированы процессы переноса носителей тока в $n-i-p$ структурах с учетом влияния эффектов экранирования носителями заряда и флуктуаций концентраций примесей на характер диффузии и дрейфа тока; будет изучен энергетический спектр и оптические зона – зонные и подзонные переходы в d -легированных трапециевидных сверхрешетках; будут рассчитаны вероятности оптических переходов между состояниями многоэлектронной системы и проведен численный анализ спектров излучения и поглощения с учетом многочастичных эффектов; будут сформулированы условия оптимизации структур лазерных диодов для генерации разностной моды, а также d -легированных трапециевидных сверхрешеток.

Кроме перечисленных, проводятся исследования в области лазеров на квантовых точках, квантово-каскадных лазеров, лазеров на напряженных гетероструктурах, в частности, в системе Ge-GeSi, а также по фотонным кристаллам.

СНИЛ стала базой выполнения курсовых и дипломных работ, магистерских и кандидатских диссертаций, прохождения производственной практики. Так, по тематике СНИЛ в 2003 г. под руководством 1 доктора физико-математических наук, профессора и 4 кандидатов физико-математических наук, доцентов, работают 15 студентов 3–5 курсов, 1 студент магистратуры и 4 аспиранта.

В лаборатории апробированы новые технологии обучения. В частности, созданы учебно-научные группы в составе преподавателя (руководителя), аспирантов и студентов. Работа в таких группах расширяет кругозор, воспитывает дух коллективизма, способствует мотивации творческого поиска и обеспечивает возможность планирования НИРС, которая позволяет на деле осуществлять связь учебной и научной работ, крепить связь науки и практики.

Такие приемы наиболее эффективно срабатывают там, где уделяется должное внимание формированию научных школ. Тогда вокруг коллектива исследователей начинают группироваться талантливые ученики. Здесь необходимо иметь в виду важную особенность вузовской науки: в условиях высшего учебного заведения исследовательская работа преподавателя – не самоцель. Она призвана служить делу воспитания будущих специалистов. Все знания, приобретенные студентами на лекциях и семинарах, как бы обширны они не были, всего-навсего профессиональный инструментарий. Реализовать же их можно только в движении мысли, которая прежде чем окрепнуть и стать самостоятельной, нуждается в поддержке и ориентирах.

Одним из важнейших принципов организации научно-исследовательской работы студентов (НИРС) является принцип преемственности, способствующий осуществлению систематической целенаправленной работы как на этапе обоснованного выбора темы научной работы, так и в процессе ее исполнения. Возможности данного принципа реализуются в структурном и генетическом аспектах. Суть первого из них состоит в том, что не только тематика исследований, но и формы проведения их разрабатываются с учетом междисциплинарных связей, при этом особенно большое значение придается фактору актуальности научной проблематики, как указывалось выше. Другим важным моментом структурного аспекта преемственности является увязывание тематики научных исследований студентов с теми проблемами, которые разрабатываются в СНИЛ. Преемственность в генетическом аспекте предполагает оптимальное планирование индивидуальной работы студента над избранной темой исследования в течение нескольких лет. Важно при этом сохранить последовательность от курсовой работы к научному исследованию, которое должно завершится реальным дипломным проектом, а в последующем магистерской и кандидатской диссертациями.

Кроме проведения научных исследований, постановки вычислительно-го эксперимента, студенты и аспиранты участвовали в разработке алгоритмов и программ, в создании 7 учебно-методических пособий лабораторного практикума по физике полупроводниковых лазеров и 3 учебных пособий по специальным курсам.

Таблица 1

Научные достижения студентов СНИЛ полупроводниковых лазеров в 1993–2002 гг.

Показатели Годы	Опубликовано статей	Опубликовано тезисов докладов	Получено патентов	Издано учебно-методических пособий	Подготовлено отчетов о НИР	Итоги участия в республиканских конкурсах на лучшую научную работу		
						I категория	II категория	III 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	–	1
1998	7	20	–	–	1	–	2	1
1999	10	11	–	–	3	2	–	–
2000	26	16	1	–	5	4	–	–
2001	18	11	1	–	3	6	–	–
2002	18	20	–	–	5	4	–	–

В этих публикациях нашли отражение приоритетные результаты, полученные в СНИЛ в области теории квантоворазмерных лазеров на асимметричных гетероструктурах и лазерных сверхрешетках. В результате выполненных исследований были предложены новые элементы функциональной оптоэлектроники: 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 кванторазмерной гетероструктуры с неоднородным возбуждением квантовых ям, многофункциональная двухсекционная лазерная структура на основе d-легированной сверхрешетки, позволяющая перестраивать длину волны генерируемого излучения в режимах стационарной генерации, переходного процесса и регулярных пульсаций. Некоторые разработки защищены патентами на изобретения. Получены экспериментальные образцы ряда приборов. Результаты исследований используются при чтении специальных курсов «Электромагнитная теория полупроводниковых лазеров», «Кинетическая теория инжекционных лазеров», «Теория полупроводниковых лазеров», «Физика полупроводниковых лазеров»,

Таким образом, четко прослеживается цепочка «наука – образование – наука», и студенты на качественно новом уровне профессиональной подготовки с успехом участвуют в выполнении научных проектов, реализуемых в СНИЛ полупроводниковых лазеров. В предлагаемой таблице суммированы научные достижения студентов СНИЛ полупроводниковых лазеров за 10 лет ее работы. За два последних года 10 студентов СНИЛ были награждены свидетельствами Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов за лучшую научную работу по физике, а СНИЛ были дважды выделены гранты финансовой поддержки этого же фонда.

В СНИЛ выполнено 9 магистерских диссертаций. 8 бывших членов СНИЛ стали кандидатами наук, 5 диссертаций подготовлено в СНИЛ, 3 защищены в срок и 1 досрочно.