

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук Сметанина Игоря Валентиновича на диссертацию Дубинкина Ильи Николаевича «НЕЛИНЕЙНЫЕ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ЛАЗЕРАХ НА КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика

Представленная диссертационная работа И. Н. Дубинкина посвящена исследованию динамики полупроводниковых лазеров на основе квантовых точек условиях инжекции внешнего оптического сигнала. Ее актуальность несомненна, она находится в русле большого количества отечественных и зарубежных работ по исследованию этого нового класса полупроводниковых лазеров. Интерес к лазерам на квантовых точках возобновился в последние годы в связи с прогрессом в технологиях роста полупроводниковых гетероструктур, позволившим получить необходимое качество слоев с минимальной дисперсией ключевых для генерации параметров квантовых точек. К преимуществам данных лазеров относятся низкие пороговые токи, высокая температурная стабильность, и высокие значения усиления материала. Этим объясняется широкое применение лазеров на квантовых точках в телекоммуникационных системах. Генерация и управление излучением полупроводникового лазера за счет инжекции внешнего оптического сигнала представляет особый интерес для рынка телекоммуникационных технологий, поскольку позволяет осуществлять привязку частоты следования и обеспечивает увеличение ширины полосы модуляции, в том числе при квадратурной амплитудной модуляции.

Работа хорошо структурирована. Она состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа изложена на 122 страницах, содержит 34 рисунка, 6 таблиц, список использованной литературы, включающий 148 наименований, и 1 приложение. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к оформлению кандидатских диссертаций.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, поставлены цель и задачи исследования; показана научная новизна проведенного диссертационного исследования, теоретическая и практическая значимость работы. В этом разделе перечислены методы исследования, изложены основные положения и результаты, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации, степени достоверности работы и личном вкладе автора.

В первой главе проведен обзор литературы по тематике работы, рассмотрены современные результаты в области исследования динамики полупроводниковых лазеров с инжекцией и обратной связью, введены ключевые для дальнейшего изложения термины, обсуждаются методы получения квантовых точек и сформулированы основные особенности лазеров на квантовых точках.

Во второй главе определена математическая модель, используемая при теоретическом изучении динамики генерации, в последующих главах. Сформулированы основные предположения и допущения, используемые при выводе данной модели. Здесь же приведена схема энергетических уровней активной среды исследуемого лазера. В главе приведен перечень используемых параметров и их характерные значения. Кроме того, автор подчеркивает здесь, что модель учитывает влияние неоднородного уширения и изменения величины расстройки на динамику генерации излучения.

В третьей главе проводится моделирование и анализ так называемого режима возбужденных колебаний II рода. Проведенное сравнение результатов численного моделирования и экспериментальных данных убедительно показывают состоятельность используемой модели. Далее проводится бифуркационный анализ режима, обосновывается наблюдаемое чередование периодов быстрых (ГГц) и медленных (МГц) осцилляций. Приводится последовательное описание наблюдаемого возбужденного колебания сточки зрения теории динамических систем. В завершении главы обосновывается возможность управления рядом параметров режима возбужденных колебаний II рода посредством изменения интенсивности инжекции.

В четвертой главе рассматривается режим возбужденных колебаний I рода. Здесь также проводится сравнение теории с экспериментом, которое показывает полное качественное совпадение результатов. Далее проводится бифуркационный анализ режима, которые обосновывает наблюдаемое распределение периода следования импульсов. В завершении главы показано, что динамика изменения фазы излучения в процессе возбужденных колебаний I рода не типична для этого режима и ограничена по модулю.

В заключении кратко изложены основные результаты работы.

В приложении дан сжатый обзор бифуркаций, встречающихся в работе.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени апробированы. Они опубликованы в 7 печатных работах, из них 3 публикации в реферируемых научных журналах, индексируемых Scopus и Web of Science (Optics Letters и Scientific Reports), а также 4 публикации в сборниках трудов и тезисов докладов международных конференций SPIE Photonics Europe,

SPIE Photonics West, CLEO/Europe-EQEC, и Laser Optics, данные сборники индексируются Scopus и Web of Science.

Достоверность полученных автором результатов обусловлена применением современных научных методов теоретических исследований, согласованием представленных в работе результатов с экспериментальными результатами. Полученные автором научные результаты, а именно, определенные автором условия генерации возбужденных колебаний первого и второго рода в лазерах на квантовых точках с инжектируемым внешним оптическим сигналом являются научно новыми.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в возможности применения описанного И.Н. Дубинкиным режима возбужденных колебаний первого и второго рода в приборах и устройствах для нейроморфных вычислений. Предложенная автором математическая модель работы лазера на квантовых точках с инъекцией внешнего сигнала может быть использована при разработке новых полупроводниковых устройств для телекоммуникационных систем.

Необходимо отметить, что работа не свободна от замечаний, к числу которых относятся:

1. Объем раздела «Заключение» в диссертации не превышает одной страницы, что представляется недостаточным: в нем отсутствует вывод о степени достижения поставленных задач. Несмотря на то, что основной текст диссертации не оставляет сомнений в их достижении, было бы уместным сформулировать это в явном виде именно в заключении.
2. Результаты моделирования анализируются в основном для нормированных величин, для читателя представляет затруднение перевод в абсолютные величины, особенно энергетических характеристик лазерного излучения, в том числе в отношении сравнения с экспериментальными параметрами.
3. При рассмотрении околопороговой динамики лазера желательно проводить анализ влияния шумов, что однако является сложной самостоятельной задачей, требующей отдельного исследования.
4. В тексте диссертации достаточно подробно доказано соответствие полученных автором теоретических результатов результатам эксперимента. Вместе с тем, в формулировке основных результатов работы в автореферате отсутствует оценка этого соответствия, что было бы правильным отметить.

Выявленные замечания, однако, носят непринципиальный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

В целом, диссертационная работа Дубинкина И.Н. является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему на высоком научном уровне. Оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Автореферат диссертации в полной мере отражает основные достижения работы и соответствует содержанию диссертации. Представленные результаты характеризуются обоснованностью, достоверностью, обладают научной новизной и практической значимостью.

Считаю, что диссертационная работа Дубинкина И.Н. «Нелинейные и стохастические эффекты в лазерах на квантовых точках» отвечает требованиям п.п. 9, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 28.08.2017), а ее автор Дубинкин Илья Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21-- лазерная физика.

И.о. зав. сектором теоретической радиофизики,
к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева
Российской академии наук
Сметанин Игорь Валентинович



07.05.2018

Адрес места жительства: 141205 г. Пушкино, Ярославское шоссе 10, кв.76
Телефон: +7(905)7005132
Эл. адрес: smetanin@sci.lebedev.ru

Я согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Подпись И. В. Сметанина заверяю
Ученый секретарь ФИАН
к.ф.-м.н.



А. В. Колобов