

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 535.18(043.3)+535.33:621.373.8(043.3)

Дадашзадех гаргари
Нушин Рахмат

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ В СЛОИСТЫХ
И ВОЛНОВОДНЫХ МИКРОСТРУКТУРАХ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 – оптика

Минск, 2014

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

Работа выполнена в Белорусском государственном университете.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ –

Романов Олег Геннадьевич

кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой компьютерного моделирования физического факультета Белорусского государственного университета.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Курилкина Светлана Николаевна

доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории оптической диагностики ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси».

Хасанов Олег Хайруллович

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению».

ОПШОНИРУЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ–

Белорусский национальный технический университет.

Защита состоится 21 ноября 2014 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.17 при Белорусском государственном университете по адресу: 220030 Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, корпус юридического факультета, ауд. 407, e-mail: gulis@bsu.by; телефон ученого секретаря 209-57-09.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан « 20 » октября 2014 г.

Ученый секретарь

совета по защите диссертаций

доктор физико-математических наук, профессор



И.М.Гулис

ВВЕДЕНИЕ

Развитие исследований в области оптики фотонных кристаллов в последние два десятилетия обусловлено перспективами их применения в различных оптических приложениях. Так, фотонные структуры различных геометрий (одномерный фотонный кристалл, микрорезонаторы, микроструктурированные волноводы и т.д.) служат в качестве логических элементов, переключателей, мультиплексоров в волоконно-оптических линиях связи и системах обработки лазерных сигналов. Фотонно-кристаллические оптические системы являются также удачными объектами для исследования эффектов самоорганизации и развития представлений о кооперативных процессах в пространственно-распределенных системах. Сочетание бистабильных свойств нелинейного интерферометра с процессами энергообмена между световыми пучками, распространяющимися в параллельных оптически связанных волноводах существенно расширяет функциональные возможности систем оптического управления информационными световыми потоками.

Необходимым этапом исследования фотонных структур является теоретический анализ их оптических свойств. В настоящее время особое внимание уделяется методам моделирования распространения излучения в фотонных кристаллах и структурах, основанным на непосредственном численном интегрировании уравнений Максвелла. Данный подход позволяет проследить динамику взаимодействия электромагнитного излучения с разного рода сложными оптическими системами, не прибегая к каким-либо приближениям и упрощениям, что особенно важно для таких сильно неоднородных сред как фотонные кристаллы. Адекватное численное моделирование дает возможность во многом заменить трудоемкие и затратные экспериментальные работы на начальных этапах исследований.

Несмотря на бурный рост исследований в области нанофотоники, наблюдающийся в последние два десятилетия, к моменту постановки задач диссертационного исследования оставались нерешенными ряд проблем, связанных с теоретическим описанием процессов распространения сверхкоротких световых импульсов в микро- и наноструктурированных оптических системах. В частности, не было уделено должного внимания исследованию возможности реализации явления оптической бистабильности в микрорезонаторах при их возбуждении сверхкороткими и предельно короткими световыми импульсами, не исследована пространственная структура электромагнитного поля в микрорезонаторах в условиях реализации режима

оптической бистабильности, не определена роль релаксационных нелинейных процессов в формировании бистабильного отклика микрорезонаторов при возбуждении сверхкороткими световыми импульсами. Также не исследованы вопросы преобразования спектральных и временных характеристик сверхкоротких световых импульсов в нелинейных квазипериодических фотонных структурах. Основные закономерности процессов перекачки энергии между связанными волноводами были исследованы для случая возбуждения волноводных мод непрерывным лазерным излучением. Отсутствовало теоретическое описание явлений волноводного распространения световых импульсов в системах связанных волноводов с учетом нелинейных и дисперсионных эффектов. Указанные нерешенные задачи и определили выбор направления диссертационного исследования – провести комплексное теоретическое исследование закономерностей преобразования пространственно-временной структуры сверхкоротких световых импульсов при их распространении в фотонно-кристаллических системах различной геометрии: одномерных фотонных кристаллах, микрорезонаторах и системах связанных волноводов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Работа выполнялась в рамках НИР по темам «Разработка методов формирования микроструктур в средах с комбинированным амплитудно-фазовым откликом и создание теоретической и численной моделей преобразования световых полей при рассеянии на диэлектрических микро- и нанообъектах» (2011-2013 гг., номер гос. регистрации 20115594), «Разработка методов формирования и диагностики микро- и наноструктурированных оптических элементов и создание фазово-поляризационных систем на основе фоторефрактивных и жидких кристаллов» (2014-2015 гг.) в рамках Государственной комплексной программы научных исследований «Электроника и фотоника», «Разработка методов и технологии создания анизотропных жидко-кристаллических фотонных структур и оптимизация их оптических и оптоэлектронных свойств для квантово-оптических приложений» (2011-2015 гг.) в рамках Государственной комплексной программы научных исследований «Конвергенция».

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011-2015 годы, утвержденным постановлением Совета Министров

Республики Беларусь от 19.04.2010 № 585 (раздел 6, подразделы 6.1. Фундаментальные проблемы взаимодействия излучения с неорганическими и органическими веществами в разных фазах. 6.2. Новые оптические, волоконно-оптические и нелинейно-оптические компоненты, материалы и покрытия).

Цели и задачи исследования

Целью настоящей работы является развитие комплексных теоретических моделей для описания эволюции пространственно-временной структуры сверхкоротких световых импульсов в фотонно-кристаллических и волноводных системах, теоретическое исследование явлений оптической бистабильности в нелинейных микрорезонаторах, процессов волноводного распространения сверхкоротких световых импульсов в системах оптически связанных волноводных структур.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать численные алгоритмы конечно-разностной аппроксимации системы уравнений Максвелла в фотонно-кристаллических структурах различной геометрии с учетом нелинейных эффектов, а также эффектов пространственной и временной дисперсии оптических характеристик сред;
- провести моделирование процессов распространения сверхкоротких световых импульсов в периодических, квазипериодических диэлектрических структурах и рассчитать спектры отражения (пропускания) данных структур;
- исследовать закономерности преобразования временных и спектральных характеристик сверхкоротких световых импульсов в периодических, квазипериодических диэлектрических структурах, исследовать роль нелинейных эффектов в преобразовании пространственно-временной структуры электромагнитного излучения;
- провести моделирование процессов распространения сверхкоротких световых импульсов в периодических диэлектрических структурах с дефектным слоем (микрорезонаторах) и рассчитать спектры отражения (пропускания) данных структур;
- исследовать закономерности преобразования временной формы сверхкоротких световых импульсов в нелинейных микрорезонаторах и определить условия реализации режима оптической бистабильности;
- разработать численные алгоритмы для моделирования процессов распространения сверхкоротких оптических импульсов в системах связанных волноводов на основе прямого решения уравнений Максвелла с учетом нелинейных эффектов и дисперсии оптических характеристик;

- установить закономерности режимов перекачки энергии в системах двух и нескольких связанных волноводов, исследовать влияние дисперсионных и нелинейных оптических эффектов на пространственно-временную структуру сверхкоротких световых импульсов.

Объект исследования – микроструктурированные фотонно-кристаллические и волноводные оптические системы.

Предметом исследования является структура электромагнитного поля сверхкоротких лазерных импульсов в фотонных кристаллах, микрорезонаторах и системах связанных волноводов и закономерности преобразования пространственных, временных и спектральных характеристик световых импульсов и пучков, а также спектры отражения и пропускания микроструктурированных оптических систем.

Научная новизна

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

- Разработан модифицированный метод расчета спектров отражения и пропускания одномерных периодических и квазипериодических фотонных структур и микрорезонаторов на основе одномерных фотонных кристаллов с дефектным слоем, основанный на решении задачи о распространении предельно короткого светового импульса в данных структурах.
- Обнаружена несимметричная относительно несущей частоты светового импульса спектральная зависимость коэффициентов отражения и пропускания слоистых квазипериодических (с изменяющейся от слоя к слою толщиной) диэлектрических структур и показано, что нелинейная зависимость показателя преломления материала от интенсивности позволяет управлять интегральными коэффициентами отражения (пропускания) мощных сверхкоротких световых импульсов.
- Получены и проанализированы зависимости энергетического коэффициента пропускания нелинейного микрорезонатора от интенсивности возбуждающих фемтосекундных импульсов и определены условия проявления эффекта оптической бистабильности в микрорезонаторе с керровской нелинейностью.
- Исследована динамика изменения пространственной и временной структуры световых импульсов, распространяющихся в системе связанных волноводов, и проанализировано влияние нелинейных и

дисперсионных характеристик среды на условия энергообмена между волноводами.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Спектральный максимум сверхкороткого светового импульса, отраженного от chirпированной (с увеличивающейся от слоя к слою оптической толщиной) фотонной структуры, смещается в низкочастотную область относительно несущей частоты, а прошедшего – в высокочастотную область. Энергетический коэффициент отражения (пропускания) chirпированной структуры изменяется под воздействием мощных сверхкоротких световых импульсов вследствие нелинейного сдвига края запрещенной зоны фотонного кристалла.
2. Режим оптической бистабильности в микрорезонаторе с керровской нелинейностью при воздействии фемтосекундного светового импульса реализуется, если длительность импульса превосходит время установления поля в резонаторе, а спектральная ширина импульса меньше спектральной ширины пика пропускания микрорезонатора. Режим бистабильности проявляется в резко немонотонной зависимости пропускания микрорезонатора от интенсивности падающего светового импульса, а также во временной структуре отраженного и прошедшего импульсов, характеризующейся наличием резких осцилляций огибающей импульса.
3. Динамика поперечной структуры импульсного светового пучка в микрорезонаторе в режиме оптической бистабильности характеризуется развитием процессов формирования волны переключения микрорезонатора в состояние высокого пропускания и, для положительной керровской нелинейности, развитием неустойчивости поперечной структуры светового пучка.
4. При распространении сверхкоротких световых импульсов в системе связанных волноводов реализуются маятниковый режим перекачки энергии и режим дискретной дифракции, при этом положительная керровская нелинейность материалов волноводов приводит к снижению эффективности энергообмена между волноводными модами и несимметричному по протяженности импульса режиму перекачки энергии вследствие эффекта самофокусировки.

Личный вклад соискателя

Содержание диссертационной работы отражает личный вклад автора в проведенные исследования. Научным руководителем О.Г. Романовым

сформулирована тема и цель диссертационной работы, им осуществлялось общее руководство исследованиями, с его участием проведено обсуждение результатов работы, опубликованных в совместных научных трудах. Соавтор одной из публикаций студентка Д.Д. Орловская проводила исследования не связанные с темой диссертационной работы.

Апробация результатов диссертации

Материалы, представленные в диссертационной работе, доложены и обсуждены на IX международной научной конференции «Лазерная физика и оптические технологии» (Гродно 2012 г.), Белорусско-иранской международной конференции «Modern applications of nanotechnology» (Минск, 2012 г.), 70-й научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета (Минск, 2013), Международной научно-технической конференции «Квантовая электроника» (Минск, 2013 г.), XXII Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» (Гродно, 2014 г.), Международной школе-конференции молодых ученых и специалистов «Современные проблемы физики – 2014» (Минск, 2014).

Опубликованность результатов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в 10 научных работах, в том числе 4 статьи в научных журналах в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (общим объемом 2 авторских листа), 3 статьи в сборниках материалов научных конференций и 3 тезисов.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения и списка литературы. Полный объем диссертационной работы составляет 105 страниц, включая 45 рисунков на 27 страницах. Библиографический список состоит из 142 наименований, включая собственные публикации автора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертационной работы

1. На основе прямого численного интегрирования уравнений Максвелла осуществлено моделирование процессов распространения сверхкоротких оптических импульсов в периодических, квазипериодических фотонных структурах, микрорезонаторах и волноводах, как в линейном случае, так и с учетом нелинейных эффектов [1-4].
2. Предложен и апробирован модифицированный метод расчета спектров отражения и пропускания одномерных периодических и квазипериодических фотонных структур, основанный на численном решении задачи о распространении предельно короткого светового импульса в данных структурах. Исследованы закономерности преобразования временных и спектральных характеристик сверхкоротких световых импульсов в периодических, квазипериодических диэлектрических структурах в линейном и нелинейном режимах. Показано, что chirпированные фотонные структуры (с изменяющейся от слоя к слою оптической толщиной) характеризуются несимметричной относительно несущей частоты светового импульса зависимостью коэффициентов отражения и пропускания, а проявление керровской нелинейности материалов определяет возможность управления интегральными характеристиками отражения (пропускания) мощных сверхкоротких световых импульсов [2, 5, 6, 10].

3. Исследованы закономерности преобразования пространственно-временной структуры импульсных световых пучков в микрорезонаторах с керровской нелинейностью и определены условия реализации режима оптической бистабильности. Показано, что для реализации режима оптической бистабильности длительность светового импульса должна превосходить время установления поля в резонаторе, при этом спектральная ширина импульса должна быть меньше спектральной ширины пика пропускания микрорезонатора. Динамика поперечной структуры светового пучка в резонаторе в режиме оптической бистабильности характеризуется развитием процессов формирования волны переключения микрорезонатора в состояние высокого пропускания и, для положительной керровской нелинейности, развитием поперечной неустойчивости. Увеличение времени нелинейного отклика внутрирезонаторного материала приводит к увеличению пороговых значений амплитуды входного сигнала, при которых наблюдается режим оптической бистабильности [3, 7].
4. Определены оптимальные условия (разность показателей преломления сердцевины волновода и окружающего материала, расстояние между волноводами) для реализации режима перекачки энергии между двумя оптически связанными волноводами. Показано, что положительная керровская нелинейность материалов вследствие эффекта самофокусировки излучения препятствует реализации маятникового режима перекачки энергии и режима дискретной дифракции [1, 4, 8, 9].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в Белорусском государственном университете, Гродненском государственном университете им. Я.Купалы, Белорусском национальном техническом университете и других высших учебных заведениях для разработки и внедрения в учебный процесс новых лекционных курсов и практических заданий в области нанофотоники, волноводной оптики, оптики сверхкоротких световых импульсов; в Институте физики НАН Беларуси и других научных организациях, занимающихся исследованиями по разработке новых оптических переключающих устройств и элементов волноводной и интегральной оптики для моделирования процессов взаимодействия лазерного излучения с микро- и наноструктурированными оптическими системами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ

Статьи в научных изданиях в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь

1. Dadashzadeh, N. Finite-Difference Time-Domain Simulation of Light Propagation in 2D Periodic and Quasi-Periodic Photonic Structures / N. Dadashzadeh, O.G. Romanov // Journal of Nanostructures. – 2013. – Vol. 3. – P. 359-363.
2. Дадашзаде, Н. Отражение оптических импульсов от многослойных диэлектрических структур и микрорезонаторов: численное решение уравнений Максвелла / Н. Дадашзаде, О.Г. Романов // Вестн. БГУ Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. – 2014. – № 1. – С. 11–14.
3. Дадашзаде, Н. Динамика отражения сверхкоротких световых импульсов от нелинейного микрорезонатора в режиме оптической бистабильности / Н. Дадашзаде, О.Г. Романов // Вестн. БГУ Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. – 2014. – № 2. – С. 22-27.
4. Dadashzadeh, N. Finite-Difference Time-Domain Simulation of Light Propagation in Waveguide Arrays / N. Dadashzadeh, O.G. Romanov // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. – 2014. – V. 17, № 2. – P. 169 – 176.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

5. Дадашзаде, Н. Распространение световых импульсов в слоистых средах: оптические аналогии квантовых явлений / Н. Дадашзаде, Д. Д. Орловская // Сборник работ 70-ой научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета, Республика Беларусь, Минск, 15–18 мая 2013 г. – Минск: Изд. центр БГУ, 2013. – С. 130–133.
6. Дадашзаде, Н. Моделирование отражения сверхкоротких световых импульсов от одномерных квазипериодических фотонных структур / Н. Дадашзаде // Материалы XXII Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» (ФКС – XXII), Республика Беларусь, Гродно, 17 – 18 апреля 2014 г. – Гродно, 2014. – С. 94-97.
7. Дадашзаде, Н. Оптическая бистабильность в одномерных фотонных кристаллах с нелинейным дефектным слоем: численный анализ уравнений Максвелла / Н. Дадашзаде, О.Г. Романов // Сборник научных трудов Международной школы-конференции молодых ученых и специалистов

«Современные проблемы физики», Республика Беларусь, Минск, 11-13 июня 2014 г. – Минск, 2014. – С. 258–263.

Тезисы

8. Дадашзаде, Н. Численное моделирование распространения сверхкоротких лазерных импульсов в волноводных, периодических и квазипериодических фотонных структурах / Н. Дадашзаде, О.Г. Романов // Сборник тезисов IX международной научной конференции «Лазерная физика и оптические технологии», Республика Беларусь, Гродно, 30 мая – 2 июня 2012 г. – Минск, 2012. – С. 150.

9. Dadashzadeh, N. Finite-Difference Time-Domain Simulation of Light Propagation in 2D Periodic and Quasi-Periodic Photonic Structures / N. Dadashzadeh, O.G. Romanov // Сборник тезисов Белорусско-иранской международной конференции «Modern applications of nanotechnology». Республика Беларусь, Минск, 27 – 29 июня 2012 г. – Минск, 2012. – С. 93.

10. Дадашзаде, Н. / Распространение световых импульсов в слоистых средах: численный анализ уравнений Максвелла / Н. Дадашзаде, О.Г. Романов // Квантовая электроника: материалы IX Междунар. науч. техн. конф., Республика Беларусь, Минск, 18-21 ноября 2013 г. – Минск: Изд. Центр БГУ. 2013. – С. 42-43.

РЕЗЮМЕ

Дадашзадех гаргари Нушин Рахмат**Распространение фемтосекундных импульсов в слоистых и волноводных микроструктурах**

Ключевые слова: фемтосекундный световой импульс, фотонный кристалл, микрорезонатор, оптический волновод.

Цель работы – развитие комплексных теоретических моделей для описания эволюции пространственно-временной структуры сверхкоротких световых импульсов в фотонно-кристаллических и волноводных системах, теоретическое исследование явлений оптической бистабильности в нелинейных микрорезонаторах, процессов волноводного распространения сверхкоротких световых импульсов в системах оптически связанных волноводных структур.

Моделирование процессов распространения электромагнитного излучения в фотонно-кристаллических и волноводных структурах проводилось на основании единого подхода, основанного на прямом численном решении уравнений Максвелла методом конечно-разностной аппроксимации в пространственной и временной области.

Теоретически исследованы спектры отражения и пропускания одномерных фотонно-кристаллических микроструктур, установлены закономерности преобразования пространственно-временной структуры и спектральных характеристик фемтосекундных световых импульсов в линейных и нелинейных режимах распространения в данных структурах и определены условия реализации режима нестационарной оптической бистабильности. Исследованы закономерности энергообмена между импульсными световыми пучками, распространяющимися в системах оптически связанных волноводов в линейном и нелинейном режимах, определена роль эффектов пространственной и временной дисперсии, а также нелинейности показателя преломления в реализации режимов маятникового энергообмена между волноводами и режима дискретной дифракции.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при разработке быстродействующих устройств оптической обработки информации на основе фотонно-кристаллических и волноводных структур, а также в учебном процессе высших учебных заведений Республики Беларусь при разработке новых лекционных курсов и практических заданий в области нанофотоники, волноводной оптики, оптики сверхкоротких световых импульсов.

РЭЗЮМЭ

Дадашзадэх гаргары Нушын Рахмат

Распаўсюджванне фемтасекундных імпульсаў у слаістых і хваляводных мікраструктурах

Ключавыя словы: фемтасекундны светлавы імпульс, фатонны крышталі, мікрарезонатор, аптычны хвалявод.

Мэта працы – развіццё комплексных тэарэтычных мадэляў для апісання эвалюцыі прасторава-часавай структуры свэрхкароткіх светлавых імпульсаў у фатонна-крышталічных і хваляводных сістэмах, тэарэтычнае даследаванне з’яў аптычнай бістабільнасці ў нелінейных мікрарэзанаторах, працэсаў хваляводнага распаўсюджвання свэрхкароткіх светлавых імпульсаў у сістэмах аптычна звязаных хваляводных структур.

Мадэляванне працэсаў распаўсюджвання электрамагнітнага выпраменьвання ў фатонна-крышталічных і хваляводных структурах праводзілася на падставе адзінага падыходу, заснаванага на прамым лічбавым вырашэнні раўнанняў Максвела метадам канечна-рознаснай апраксімацыі ў прасторавай і часавай вобласці.

Тэарэтычна даследаваны спектры адбіцця і прапускання аднамерных фатонна-крышталічных мікраструктураў, устаноўлены заканамернасці пераўтварэння прасторава-часовай структуры і спектральных характарыстык фемтасекундных светлавых імпульсаў у лінейных і нелінейных рэжымах распаўсюджвання ў дадзеных структурах і вызначаны ўмовы рэалізацыі рэжыму нестацыянарнай аптычнай бістабільнасці. Даследаваны заканамернасці энергаабмену паміж імпульснымі светлавымі пучкамі, якія распаўсюджаюцца ў сістэмах аптычна звязаных хваляводаў у лінейных і нелінейных рэжымах, вызначана роля эфектаў прасторавай і часавай дысперсіі, а таксама нелінейнасці паказчыка пераламлення ў рэалізацыі рэжымаў маятнікавага энергаабмену паміж хваляводамі і рэжыму дыскрэтнай дыфракцыі.

Вынікі дысертацыйнага даследавання могуць быць выкарыстаны пры распрацоўцы хуткадзейных прылад аптычнай апрацоўкі інфармацыі на аснове фатонна-крышталічных і хваляводных структур, а таксама ў навучальным працэсе вышэйшых навучальных устаноў Рэспублікі Беларусь пры распрацоўцы новых лекцыйных курсаў і практычных заданняў у галіне нанафатонікі, хваляводнай оптыкі, оптыкі свэрхкароткіх светлавых імпульсаў.

SUMMARY

Dadashzadeh Gargari Noushin Rahmat**Propagation of femtosecond pulses in layered and waveguide microstructures**

Keywords: femtosecond light pulse, photonic crystal, microcavity, optical waveguide.

Purpose of the work is the development of comprehensive theoretical models to describe the evolution of the space-time structure of ultrashort light pulses in photonic crystal and waveguide systems, theoretical study of the phenomena of optical bistability in nonlinear microcavities, processes of waveguide propagation of ultrashort light pulses in optical systems coupled waveguide structures.

Modeling of the propagation of electromagnetic radiation in photonic crystal and waveguide structures was carried out on the basis of a unified approach based on the direct numerical solution of Maxwell equations by finite-difference approximation in spatial and temporal domains.

Theoretically studied reflection and transmission spectra of one-dimensional photonic crystal microstructures regularities transformations of space-time structure and spectral characteristics of femtosecond light pulses in linear and nonlinear propagation modes in these structures and defines the conditions of implementing the regime of non-stationary optical bistability. The peculiarities of energy exchange between the pulsed light beams propagating in optical systems of coupled waveguides in the linear and nonlinear regimes, defined the role of the effects of spatial and temporal dispersion and nonlinearity of the refractive index in the implementation of the pendulum energy exchange between modes and waveguide mode discrete diffraction.

The results of the dissertation research can be used in the development of high-speed optical information processing devices based on photonic crystal and waveguide structures, as well as in the educational process of higher education institutions of the Republic of Belarus in the development of new lectures and practical exercises in the field of nanophotonics, waveguide optics, ultrafast light pulses.