

## АННОТАЦИЯ ПО ПРОЕКТУ

*Государственный контракт №02.740.11.0563 от 22 марта 2010 г.*

*Тема:* «Генерация электромагнитных излучений в неосвоенных частотных диапазонах на основе нелинейно-оптических преобразований»

*Исполнитель:* федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского»

*Ключевые слова:* терагерцовое излучение, инфракрасное излучение, рентгеновское излучение, ультракороткие лазерные импульсы, нелинейное преобразование волн

### 1. Цель проекта

1. Проект направлен на решение актуальной и фундаментальной задачи современной прикладной физики – разработку высокоэффективных методов генерации электромагнитных излучений в неосвоенных диапазонах частот, где неприменимы традиционные методы генерации. Потребность в источниках таких излучений является острой для целого ряда научных направлений, включая спектроскопию и (био)сенсорику, управление квантовыми состояниями электронов в квантовых ямах, контроль химических реакций, а также для многих военно-технических и гражданских приложений.

2. Цели проекта - разработка новых высокоэффективных методов генерации терагерцового, среднего ИК, ВУФ и мягкого рентгеновского излучений на основе нелинейного преобразования мощных ультракоротких лазерных импульсов при их взаимодействии с электрооптическими кристаллами, газовыми и плазменными средами. Использование разработанных методов для создания экспериментальных образцов компактных высокоэффективных источников указанных излучений.

### 2. Основные результаты проекта

1) Созданы:

- экспериментальный образец высокоэффективного источника широкополосного терагерцового излучения на основе сэндвич-структуры с сердцевинной из электрооптического материала, накачиваемой фемтосекундными лазерными импульсами;
- экспериментальный образец для прямого нелинейно-оптического возбуждения терагерцовых поверхностных плазмонов на микроструктурированной поверхности металла фемтосекундными лазерными импульсами;
- теория генерации широкополосного терагерцового излучения в электрооптических кристаллах лазерными импульсами с наклонным фронтом интенсивности;
- метод генерации терагерцового излучения при оптическом пробое сплошных и нанодисперсных сред;
- метод формирования коротких импульсов излучения в вакуумном ультрафиолетовом и мягком рентгеновском спектральных диапазонах при генерации высоких гармоник лазерного излучения мультитераваттного уровня мощности в газах;
- теория генерации мягкого рентгеновского излучения при нелинейном взаимодействии релятивистки сильного оптического излучения с резкой границей плазмы;
- экспериментальная установка по когерентной генерации мягкого рентгеновского излучения при накачке многозарядных ионов инертных газов оптическим излучением фемтосекундного лазера тераваттного уровня мощности;
- лабораторные макеты компактных импульсных перестраиваемых параметрических генераторов света (ПГС) среднего ИК диапазона (3–5 мкм) с пиковой мощностью 5–50 кВт на основе твердотельных лазеров с диодной накачкой;
- лабораторная установка для анализа состава газовых смесей на основе ПГС среднего ИК диапазона;

- экспериментальные образцы гетероструктур на основе соединений InGaP–GaAs и InGaAlAs–GaAs для нелинейного преобразования частоты в полупроводниковых гетеролазерах с вертикальным резонатором и оптической накачкой диодными и твердотельными лазерами;
- лабораторная установка на основе оптического волокна для преобразования излучения импульсных лазеров ближнего ИК диапазона в средний ИК диапазон.

2) Созданные экспериментальные образцы, лабораторные макеты и установки имеют следующие характеристики:

- экспериментальный образец источника широкополосного терагерцового излучения на основе сэндвич-структуры с сердцевиной из электрооптического материала – эффективность оптико-терагерцового преобразования порядка 1%;
- экспериментальный образец для прямого нелинейно-оптического возбуждения терагерцовых поверхностных плазмонов на микроструктурированной поверхности металла – спектральный состав генерируемых плазмонов в интервале 0,5-2 ТГц;
- экспериментальная установка по когерентной генерации мягкого рентгеновского излучения при накачке многозарядных ионов инертных газов оптическим излучением фемтосекундного лазера тераваттного уровня мощности – перестройку длины волны генерируемого излучения в диапазоне 30-40 нм путем замены рабочего газа;
- лабораторные макеты компактных импульсных перестраиваемых ПГС среднего ИК диапазона на основе твердотельных лазеров с диодной накачкой – пиковую мощность 5–50 кВт;
- лабораторная установка для анализа состава газовых смесей на основе ПГС среднего ИК диапазона – рабочий интервал длин волн 3-5 мкм;
- экспериментальные образцы гетероструктур на основе соединений InGaP–GaAs и InGaAlAs–GaAs для нелинейного преобразования частоты в полупроводниковых гетеролазерах с вертикальным резонатором и оптической накачкой диодными и твердотельными лазерами – рабочий интервал длин волн 0.8-0.95 мкм.

3) Созданные экспериментальные образцы, макеты и установки имеют рекордные на сегодня в мире характеристики.

4) Разрабатываемые методы и теории основаны на передовых, а по ряду направлений и пионерских, идеях исполнителей НИР. Коллектив НИР занимает лидирующие позиции, как в стране, так и в мире в области лазерной физики.

### **3. Назначение и область применения результатов проекта**

1) Разрабатываемая научная и научно-техническая продукция предназначена для применения в следующих областях: спектроскопия, (био)сенсорика, томография и интравидение в медицине и системах безопасности, мониторинг загрязнения атмосферы, диагностика неисправностей нефте- и газопроводов, противодействие военным системам ИК наблюдения и наведения, обнаружение отравляющих веществ.

2) Разрабатываемые источники терагерцового, ВУФ и мягкого рентгеновского излучений имеют перспективы широких практических приложений для целей спектроскопии (полупроводниковых структур, химических соединений, биомолекул) и (био)сенсорики, томографии и интравидения (в частности, в медицине и системах безопасности), для управления электронными состояниями в квантовых ямах, контроля химических реакций и т.д. Источники коротких импульсов излучений указанных диапазонов могут быть использованы в фундаментальных исследованиях для изучения быстропротекающих процессов. Источники среднего ИК-излучения могут быть использованы для создания систем мониторинга атмосферы и диагностики повреждений на газо- и нефтепроводах, а также для решения таких важных задач военно-технического

назначения, как активное противодействие системам ИК наблюдения и наведения, обнаружение отравляющих веществ и биологических агентов и др.

3) Разрабатываемая научная и научно-техническая продукция будет влиять на разработку новых технических решений в медицине, системах безопасности, охране окружающей среды и пр.

4) Разрабатываемая научная и научно-техническая продукция может быть использована в целях уменьшения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и снижения риска смертности.

5) В ходе выполнения этапа проведена оценка возможности создания конкурентоспособной продукции и услуг и разработка рекомендаций по использованию результатов проведенных НИР, включая предложения по коммерциализации для схемы генерации широкополосного терагерцового излучения при оптическом выпрямлении фемтосекундных лазерных импульсов в сэндвич-структуре; для метода генерации терагерцового излучения при оптическом пробое сплошных и нанодисперсных сред; для создания высокоярких источников; для теории генерации мягкого рентгеновского излучения при взаимодействии релятивистски сильного лазерного излучения с резкой границей плазмы; для оптимизированных схем твердотельных лазерных генераторов для параметрических генераторов света и спектроскопических аналитических систем среднего ИК-диапазона.

6) Экспериментальный образец высокоэффективного источника широкополосного терагерцового излучения на основе сэндвич-структуры с сердцевинной из электрооптического материала, накачиваемой фемтосекундными лазерными импульсами, создан для применений в целях спектроскопии, (био)сенсорики, интравидения.

Экспериментальный образец для прямого нелинейно-оптического возбуждения терагерцовых поверхностных плазмонов на микроструктурированной поверхности металла фемтосекундными лазерными импульсами создан в целях развития нового научного направления – поверхностной терагерцовой спектроскопии.

Лабораторные макеты компактных импульсных перестраиваемых параметрических генераторов света (ПГС) среднего ИК диапазона (3–5 мкм) с пиковой мощностью 5–50 кВт на основе твердотельных лазеров с диодной накачкой созданы для применения в составе лазерных установок.

Лабораторная установка будет применяться для анализа состава газовых смесей на основе ПГС среднего ИК диапазона.

#### **Достижения молодых исследователей – участников Проекта**

В выполнении проекта принимали участие 28 молодых исследователей.

Аспиранты Захаров Н.Г., Коржиманов А.В., Агрба П.Д., Катичев А.Р., Половинкин В.А., Гоносков А.А., Машкович Е.А. и Михайловский Р.В., представили диссертации на соискание ученой степени кандидата наук в диссертационный совет;

25 молодых исследователей стали соавторами статей в международных и российских научных журналах и тезисов докладов на международных конференциях;

#### **4. Опыт закрепления молодых исследователей – участников Проекта в области науки, образования и высоких технологий**

В ходе выполнения проекта 8 молодых исполнителей зачислены в аспирантуру или приняты на работу в Нижегородский государственный университет. 4 молодых преподавателей работают на преподавательских должностях.

#### **5. Перспективы развития исследований**

1) В ходе выполнения проекта установлены тесные связи с французскими, китайскими и японскими коллегами, сотрудничество с которыми в области исследований будет продолжаться и после окончания проекта.

- 2) В НОЦ проводится работа над следующими проектами:  
 «Разработка интегрального СВЧ-трансивера и создание научно-исследовательского образовательного центра по проектированию интегральных микросхем СВЧ-диапазона»;  
 «Колебательно-волновые процессы в природных и искусственных средах: нелинейная динамика, методы диагностики, мониторинга и воздействия»;  
 «Нелинейная динамика сложных осцилляторных систем и сред».
- 3) Налажены связи с Institut de Lumiere Extreme, Paris, France; The College of Precision Instrument and Optoelectronic Engineering, Tianjin University, China; Institute of Laser Engineering, Osaka University, Japan.

**7. Сведения в табличном формате:**

<i>Сведения о результатах интеллектуальной деятельности, полученных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 1 к аннотации</i>
<i>Сведения о публикациях, выпущенных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 2 к аннотации</i>
<i>Сведения о диссертациях, подготовленных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 3 к аннотации</i>
<i>Сведения о выступлениях на конференциях, проведенных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 4 к аннотации</i>
<i>Сведения о внедрении результатов проекта в образовательный процесс, полученных в ходе исполнения Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 5 к аннотации</i>
<i>Сведения об исполнителях Государственного контракта (этапа проекта)</i>	<i>Приложение 6 к аннотации</i>

Руководитель работ по проекту

Зав. каф. общей физики

\_\_\_\_\_ *М.И. Бакунов*

Руководитель организации-исполнителя:

Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_ *С.Н. Гурбатов*

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

М.П.