

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям
развития научно-технологического комплекса России на 2014 -
2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного
контракта:** 14.579.21.0015

Название проекта: Разработка лазерного аппарата с перестраиваемым
излучением для прецизионной атравматической хирургии мягких
тканей в нейрохирургии и офтальмологии

Основное приоритетное направление: Науки о жизни

Исполнитель: Акционерное общество "Государственный оптический
институт имени С.И.Вавилова"

Руководитель проекта: Серебряков Виктор Анатольевич

Должность: Начальник лаборатории-главный научный сотрудник

E-mail: serebryakov@hotmail.ru

Ключевые слова: лазер на свободных электронах; параметрический
генератор света; средний ик-диапазон спектра; конформация белка;
офтальмология; прецизионная нейрохирургия; опухоль мозга; ангиопластика.

Цель проекта

Главная цель проекта - разработка на базе твердотельных лазеров прототипа
мультиволнового хирургического аппарата среднего ИК диапазона с плавной
перестройкой в области $6 \div 8$ мкм, обеспечивающего прецизионное рассеечение
и послойную деструкцию мягких тканей.

Задачи проекта:

- Разработка математической модели лазерного Аппарата с учетом факторов,
влияющих на эффективность процесса каскадного нелинейного
преобразования частоты излучения лазера накачки в параметрические волны
среднего ИК диапазона
- Макетирование конструкции лазерного Аппарата и ее экспериментальное
исследование для достижения выходной мощности в диапазоне 5,75-6,45 мкм
не ниже 10 Вт с точностью с перестройки длины волны не хуже 0,01 мкм; в
диапазоне 7,4-8 мкм не ниже 2 Вт с точностью с перестройки длины волны не
хуже 0,02 мкм
- Разработка технических требований на конструкцию лазерного Аппарата
для его использования в экспериментальных исследованиях в нейрохирургии
и офтальмологии с последующей постановкой ОКР.

Основные планируемые результаты проекта

Основные результаты

- Проведены экспериментальные исследования макета параметрического
генератора света (ПГС) в составе лазерного Аппарата, исследованы
энергетические, спектральные, пространственные характеристики ПГС;
- Отработаны методы юстировки оптической схемы Аппарата и ее отдельных
узлов;
- Показано, что наиболее эффективным является использование выходного
зеркала ПГС с коэффициентом отражения порядка 45-50% на волне сигнала.
При значении $R_{\text{сигнала}} = 50\%$ величина эффективности составляет порядка
30%;
- Проведена оценка спектральных характеристик ПГС в диапазоне длин волн

3,5-5 мкм (до 6 мкм) для кристалла ZGP I типа синхронизма ($\theta = 55$ град).
Проведено сравнение полученных экспериментальных перестроочных кривых с расчетными;

- Проведено исследование и разработка высокопрочных зеркальных и просветляющих покрытий для среднего ИК-диапазона (импортозамещение), изготовлены и протестированы образцы
- Ведется разработка аппаратно-программного комплекса (АПК) для измерения и управления параметрами излучения лазерного Аппарата на платформе LabView, запущена тестовая версия
- Ведется разработка узлов транспортировки оптического излучения от лазерного Аппарата к биологическому объекту по согласованному ТЗ, проведено исследование рынка коммерчески доступных оптических волокон среднего ИК-диапазона (Россия, иностранные поставщики), проведены переговоры о сотрудничестве.
- Разработана документация на лазерный Аппарат и измерительные стенды стадии эскизный проект
- Разрабатывается документация стадии технический проект на лазерный Аппарат, АПК, узлы транспортировки излучения

Планируемые результаты:

- Опытный образец лазерного Аппарата со средствами доставки лазерного излучения 2-8 мкм диапазона длин волн для нейрохирургии и микрохирургии глаза
- Рабочая конструкторская документация на лазерный Аппарат.

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

Описание конечного продукта: лазерный Аппарата со средствами доставки лазерного излучения 2-8 мкм диапазона длин волн для нейрохирургии и микрохирургии глаза с параметрами:

- максимальная средняя мощность излучения на длинах волн: 1,94 мкм – 100 Вт, 2,055 мкм – 40 Вт, 5,75-6,45 мкм – 5 Вт, 7,4-8,0 мкм – 2 Вт.
- максимальная энергия излучения при частоте повторения импульсов 100 Гц: 2,055 мкм – 55 мДж, 2,75-3,2 мкм – 20 мДж, 5,75-6,45 мкм – 10 мДж, 7,4-8 мкм – 2 мДж.
- частота повторения импульсов излучения: варьируется в диапазоне 100-1000 Гц с шагом 10 Гц.

Преимущества текущего проекта:

Использование схемы: тулиевый волоконный лазер (1,94 мкм) для накачки гольмиевого лазера (2,1 мкм) с последующим параметрическим преобразованием на кристалле ZnGeP₂ в диапазон 6-8 мкм.

- создается мультиволновой лазер с плавной перестройкой в широком диапазоне длин волн
- минимальная инвазивность при максимальной прецизионности хирургического инструмента

- высокая спектральная селективность излучения к различным патологиям
- снижение энергии абляции биоткани, минимальные коллатеральные повреждения (<10 мкм) и минимальные акустические (ударные) волны.

Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень:

- FEL лазер (Лазер на свободных электронах) - дискретно перестраиваемый импульсный источник излучения (2-10) мкм, 30 Гц, средняя мощность до 30 Вт. FEL успешно использовался в нейрохирургии (рабочая длина волны 6,1 мкм) и ангиопластике. Недостатки: громоздкая конструкция (отдельное здание), отсутствие возможности плавной перестройки частот длин волн, высокую цену самого аппарата и операций.

- Лазер на парах металлов (лазер на парах стронция) с генерацией набора длин волн около 3 мкм 2.7 и 2.9 (энергия импульса 0,1 мДж, средняя мощность 1 Вт), 3.06 мкм и 6.456 мкм (энергия импульса 0,3 мДж, средняя мощность 4 Вт), 15 Гц. Недостатки: вызывает коллатеральные термopовреждения тканей.

- MIRSURG (Nd:YAG, параметрический генератор на РРКТР / параметрический генератор на ZGP): 6,27 – 8,2 мкм (энергия в импульсе 0,9 мДж, средняя мощность 0,09 Вт) и 6,45 мкм (энергия в импульсе 5 мДж, средняя мощность 1 Вт), 100-200 Гц. Проект закрыт, т.к. полученная средняя мощность недостаточна. Наиболее близкий проект.

Пути и способы достижения заявленных результатов: проведено численное моделирование оптической схемы, макетирование отдельных частей оптической схемы лазерного Аппарата (ПГС) и лазерного аппарата в целом. Разработаны и протестированы новые оптические покрытия (просветляющие, отражающие) для среднего ИК диапазона. Проводится мониторинг научных работ и практических разработок в России и за рубежом.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

Главными потребителями лазерного Аппарата должны стать: специализированные медицинские учреждения: офтальмология, нейрохирургия, онкология

Перспективы практического использования:

- Малоинвазивная перфорирующая хирургия глаукомы.
- Снижение внутричерепного давления вокруг оптического нерва (образованием отверстия в костной ткани) излучением 6,1 мкм.
- Любые виды склеростомии - фильтрационной микрохирургии, при которой делается крошечное дренажное отверстие в склере, например, при отслойке сетчатки.
- Разрушение постоперационных “серых звезд” на глазной мембране.

- Селективное удаление холестерина эфиров атеросклеротических бляшек из стенок сонных артерий (5,75 мкм).
- Селективное удаление злокачественных новообразований излучением 8 мкм.

- Ринопластика за счет абляции белка в среднем ИК диапазоне 6,1-6,45 мкм.

Будущие эффекты внедрения результатов исследовательской работы

- Доступность и снижение стоимости офтальмологических операций.
- Отсутствие длительного реабилитационного периода офтальмологических операций, через несколько часов пациент может самостоятельно покинуть стационар.

Текущие результаты проекта

- Разработана конструкторская документация стадии эскизный проект на лазерный Аппарат.
- Изготовлены макеты составных частей лазерного Аппарата и макет лазерного аппарата (параметрического генератора света), проведены экспериментальные исследования и испытания макетов по разработанным программам и методикам, сделаны корректировки оптической схемы.
- Проведено исследование и разработка высокопрочных зеркальных и просветляющих покрытий для среднего ИК-диапазона, изготовлены и протестированы образцы просветляющих / отражающих покрытий (импортозамещение).
- Разработан, изготовлен и введен в эксплуатацию экспериментальный измерительно-диагностический Стенд для проведения исследований и контроля параметров излучения лазерного Аппарата.
- Разрабатывается аппаратно-программный комплекс для управления параметрами излучения лазерного Аппарата, запущена тестовая версия.
- Ведется разработка узлов транспортировки лазерного излучения от Аппарата к биоткани.
- По теме проекта опубликован пресс-релиз Швабе, подготовлены статьи для «Оптического журнала», «Квантовой электроники», доклад на выставке «Фотоника. Мир лазеров и оптики» г. Москва.
- Достигнута договоренность с руководителями клиник офтальмологии и нейрохирургии ряда ведущих медицинских учреждений СПб о проведении совместных медико-биологических исследований лазерного Аппарата (этап 5, 2016 г.).