

## ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ

### Центра коллективного пользования научным оборудованием «Лазерный фемтосекундный комплекс» ОИВТ РАН на 2023-2027 гг.

#### 1 Концепция развития ЦКП «ЛФК» на 2023-2027 гг.

Концепция развития ЦКП состоит в создании научного центра, способного в кооперации с другими научными организациями решать фундаментальные научные и прикладные проблемы на передовом уровне в области изучения экстремальных состояний, возникающих при взаимодействии мощного фемтосекундного лазерного излучения и пикосекундного излучения в терагерцевой области спектра с веществом и разработки современных лазерных технологий, в том числе:

- Генерация мощного терагерцевого излучения, разработка экспериментальных методик для проведения исследований.
- Генерация быстрых электронов и рентгеновское излучение, возникающие при образовании лазерной плазмы с помощью воздействия мощных фемтосекундных лазерных импульсов на металлические мишени и кластеры.
- Исследование кинетических, гидродинамических и излучательных характеристик плазмы, возникающей при воздействии высокоинтенсивных фемтосекундных лазерных импульсов на газы, твердые тела и структурированные мишени (в частности, кластеры).
- Разработка новых лазерно-плазменных методов ускорения заряженных частиц до сверхвысоких энергий и источников короткоимпульсного рентгеновского и терагерцевого излучения.
- Создание новых методов диагностики сверхсильных плазменных полей, генерируемых в плазме интенсивным лазерным излучением.
- Экспериментальные исследования взаимодействия фемтосекундных лазерных импульсов с наноструктурами и нанофольгами
- Экспериментальные исследования ускорения ионов в поле фемтосекундных лазерных импульсов мощностью порядка 200 ТВт,
- Динамика электрон-фононной релаксации, частоты столкновений электронов, сверхбыстрые фазовые переходы в металлах и полупроводниках под воздействием ФЛИ.
- Исследование динамики деформации поверхности металлической мишени, гидродинамического расширения поверхностного слоя и движения откольного слоя под действием мощных ФЛИ, исследования высокоскоростной деформации свободной поверхности мишени при выходе ударной волны.

## Разработка фемтосекундных лазерных технологий

- Разработка и изготовление фемтосекундного лазерного пинцета-скальпеля для захвата и манипулирования нанообъектами или массивом нанообъектов в трёхмерном пространстве
- Разработка и изготовление лазерного ускорителя ионов, предназначенного для ионной терапии злокачественных новообразований
- Разработка технологий резки и профилирования различных материалов фемтосекундными лазерными импульсами
- Разработка методов фемтосекундной диагностики наноструктур

За время его существования были выполнены важнейшие фундаментальные результаты и решены ряд прикладных задач:

- Разработана и создана первая отечественная фемтосекундная тераваттная лазерная система, получен патент на полезную модель.
- Разработан и освоен метод фемтосекундной Фурье-интерферометрии, предназначенный для диагностики короткоживущих экстремальных состояний.
- Впервые получены экспериментальные данные о свойствах неидеальной плазмы твердотельной плотности, создаваемой на поверхности металлических мишеней в начальной стадии её существования, механизмах генерации быстрых электронов и рентгеновского излучения.
- Получены новые экспериментальные данные о динамике электрон-фононной релаксации, сверхбыстрых фазовых превращений и абляции, происходящих в металлах, полупроводниках, ферромагнетиках и графите, динамике образования и релаксации электрон-дырочной плазмы с высокой плотностью носителей в полупроводниках.
- Разработана и освоена технология резки и профилирования различных материалов.
- Разработан и изготовлен фемтосекундный лазерный «пинцет-скальпель» на базе российских комплектующих изделий.

Центр коллективного пользования дает возможность комплексного проведения экспериментальных исследований в области физики высоких концентраций энергии, а его уникальность обусловлена тем фактом, что в мире существуют лишь единичные аналоги. Центр коллективного пользования дает возможность комплексного проведения экспериментальных исследований в области физики сверхсильных полей и взаимодействия излучения с веществом. В настоящее время ЦКП по уровню оснащенности научным и технологическим оборудованием не уступает ведущим зарубежным и отечественным центрам, а по ряду позиций и превосходит их. В ЦКП «Лазерный фемтосекундный комплекс» ОИВТ РАН в настоящее время функционирует 4 фемтосекундных лазерных систем.

- Фемтосекундная тераваттная хром-форстеритовая лазерная система инфракрасного диапазона

спектра излучения (1240нм, 80 фс, 10Гц, 1 ТВт)

- Фемтосекундная технологическая хром-форстеритовая лазерная система инфракрасного диапазона спектра излучения (1240нм, 80 фс, 100 ÷ 1000Гц, 1,5 мДж);
- Двухканальная фемтосекундная волоконная иттербиевая лазерная система (1030нм, 250 фс, 1-10 кГц, 0,1 мДж)
- Фемтосекундный иттербиевый лазер (1030 нм, длительность импульса 115 фс, средняя мощность излучения 3 Вт при частоте следования импульсов 70 МГц)

Фемтосекундные хром-форстеритовые лазерные системы и двухканальная фемтосекундная волоконная иттербиевая лазерная система (- это первые отечественные установки, изготовленные целиком на базе российских комплектующих изделий и не имеющие аналогов в России и за рубежом).

Концепция развития ЦКП также включает:

- Научно-методическое и приборное обеспечение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, проводимых организациями Российской Федерации в рамках различных федеральных программ, а также в соответствии с тематическими планами организаций, финансируемых из федерального бюджета.
- Предоставление организациям возможности использования методов научных исследований, разработанных и освоенных ЦКП.
- Развитие материально-технической базы ЦКП путем дооснащения имеющихся специализированных комплексов и лабораторий приобретаемым научным оборудованием и разработка методов выполнения измерений для обеспечения и развития исследований в форме коллективного пользования научным оборудованием и содействия развитию сети ЦКП.
- совершенствование организационно-экономических механизмов предоставления услуг в сфере проведения исследований для различных организаций;
- повышение уровня загрузки научного оборудования в ЦКП путем формирования собственных годовых планов исследований и планов исследований по заявкам заинтересованных организаций;
- поддержка отечественных научных школ, повышение квалификации исследователей и привлечению молодых специалистов/

## **2 Мероприятия по развитию материально-технической базы ЦКП**

Центр обладает научным оборудованием, позволяющим вести исследования по перечисленным выше направлениям. Однако развитие науки и техники ставят перед учеными ЦКП новые задачи, для решения которых необходимо приобретение ряда новых приборов и оборудования.

Первоочередной задачей на ближайшие годы является создание мощного источника терагерцового излучения на базе хром-форстеритовой лазерной системы методом оптического выпрямления в нелинейном органическом кристалле с эффективностью преобразования до 3% в спектральном диапазоне от 0.5 до 3 ТГц с частотой повторения до 1000 Гц. Подобных источников ТГц излучения в России в настоящее время нет.

Планируется приобретение и изготовление также следующего оборудования:

- Лазеров накачки тераваттной фемтосекундной хром-форстерит лазерной системы для увеличения частоты следования импульсов до 1000 Гц, что существенно расширит спектр применений данной установки для исследований с использованием терагерцового излучения.
- Органического кристалла для получения импульсного терагерцового излучения с высокой энергией импульса.
- Диагностическое оборудование для проведения экспериментов с использованием терагерцового излучения.

### **3 Обеспечение достоверности (единства) измерений**

Спецификой измерений, проводимых в ЦКП «Лазерный фемтосекундный комплекс» является измерение параметров во временном диапазоне длительностей  $10^{-13}$ ÷ $10^{-9}$ с. Обеспечение достоверности (единства) измерений достигается наличием сертифицированного оборудования для регистрации спектральных и энергетических параметров лазерных импульсов, а также применением специальных методик измерений длительности и контраста импульсов лазерного излучения. Ремонт оборудования осуществляется на фирмах-производителях с выдачей сертификационных документов.

### **4. Мероприятия по совершенствованию имеющихся и развитию новых методов и методик измерений.**

Совершенствование существующих методик исследования и отладка новых будет основываться на применении последних достижений современной науки, техники и технологий.

В рамках мероприятий по совершенствованию имеющихся и развитию новых методов и методик измерений планируются следующие работы:

- разработка фемтосекундной интерферометрической методики измерений в ИК диапазоне (длина волны 1240 нм) спектра для проведения объемного зондирования полупроводников;
- отработка методики спектральных измерений в рентгеновском диапазоне спектра (энергия квантов 10-100кэВ)

- разработка метода оптической регистрации высокоскоростных деформаций в лазерных ударно волновых экспериментах с использованием стрик – камеры с пикосекундным временным разрешением;

- отработка методики визуализации нанообъектов по их флуорисценции.

- разработка новых лазерных методов для проведения медико-биологических исследований, в том числе биопсии эмбрионов, трансфекции и гибридизации клеток с использованием фемтосекундных лазерных импульсов.

## **5. Мероприятия по расширению и совершенствованию сферы услуг ЦКП**

ЦКП оказывает значительное количество различных услуг.

Характер оказания услуг заключался в работах по контрактам, по совместным грантам и в совместных исследованиях, результаты которых будут составлять основу дальнейших совместных проектов, совместных публикаций и докладов на конференциях. Это:

- Проведение исследований в рамках договоров НИОКР
- Проведение совместных исследований, результаты которых будут составлять основу дальнейших совместных проектов, совместных публикаций и докладов на конференциях
- Проведение исследований и разработка новых технологий с помощью фемтосекундных лазерных импульсов
- Разработка, создание и вывод на рынок новых физических методов и приборов, основанных на применении фемтосекундных лазеров
- Проведение метрологических измерений
- Выполнение работ прикладного характера, включая разработку новых технологий
- Использование научно-исследовательской базы Центра для освоения новых образовательных технологий. Организация консультаций, стажировок, практикумов и семинаров на базе Центра коллективного пользования
- Развитие межвузовских, в том числе международных связей Центра, взаимодействие с научно-исследовательскими и производственными организациями

## **6. Прогноз на ближайшую перспективу потребностей в услугах ЦКП**

Основная ближайшая перспектива – это применение входящей в состав ЦКП уникальной, не имеющей аналогов в мире, фемтосекундной хром-форстеритовой лазерной системы для генерации мощного короткоимпульсного терагерцового излучения, рекордные параметры которого сегодня достигнуты только в России, в ОИВТ РАН. Очень широк круг задач, где терагерцовое излучение с такими параметрами может быть эффективно применено. Это силовое воздействие на различные материалы, дистанционная диагностика, фундаментальные

исследования быстропротекающих процессов, происходящих в конденсированных телах, высокотемпературной плазме, в медицине и биологии.

Руководитель ЦКП  
с.н.с ОИВТ РАН



Овчинников А.В.