

## ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ (ИЯРФ)

ИЯРФ активно участвует в международных программах по разработке линейных ускорителей для генерации интенсивных пучков электронов и протонов.

В соответствии с принятой на период с 2008 по 2011 год стратегией модернизации ускорителей в CERN планируется построить линейный ускоритель Н-ионов – Linac-4 как начальную низкоэнергетичную часть ускорителя SPL. Основу ускоряющей системы ускорителя Н-ионов образуют трубки дрейфа. Во ВНИИЭФ в тесном сотрудничестве с ИТЭФ создана трубка дрейфа с квадрупольной фокусирующей линзой на постоянных  $\text{SmCo}_5$  магнитах. По сравнению с электромагнитами постоянные магниты имеют меньшую массу, в них отсутствуют токоведущие части. Параметры трубки с пролетной апертурой  $\varnothing 20$  мм: эффективный градиент поля 51,5 Тл/м, среднеквадратичное отклонение магнитной оси менее 30 мкм и герметичность подтверждены испытаниями в CERN. Трубка на постоянных магнитах составит основу ускоряющей секции типа Alvarez в ускорителе Н-ионов.

В настоящее время в мире остро стоят вопросы предотвращения террористических актов и связанного с ним усиления контроля за нераспространением делящихся материалов (ДМ). В коллаборации с сотрудниками ЛАНЛ (США) в ИЯРФ

разработан транспортабельный линейный резонансный ускоритель электронов ЛУ-8-2 для исследований по дистанционному обнаружению ДМ, перевозимых в закрытых транспортных контейнерах. ЛУ-8-2 можно использовать совместно с  $^3\text{He}$  детекторами (ЛАНЛ) для обнаружения несанкционированных вложений за преградами большой толщины. Метод основан на регистрации запаздывающих нейтронов деления, образующихся в ядерных материалах при воздействии на них квантов тормозного излучения с энергией выше порога деления.

жужения несанкционированных вложений за преградами большой толщины. Метод основан на регистрации запаздывающих нейтронов деления, образующихся в ядерных материалах при воздействии на них квантов тормозного излучения с энергией выше порога деления.

### Параметры ЛУ-8-2

Средняя энергия ускоренных электронов	$8 \pm 0,5$ МэВ
Средняя мощность пучка электронов	1,5 кВт
Длительность импульса тока	1–6 мкс
Частота следования импульсов тока	50–800 Гц



Излучающий модуль ускорителя, собранного на транспортировочной платформе



Трубка дрейфа

ЛУ-8-2 изготовлен, смонтирован и успешно прошел «горячие» испытания на проектном уровне СВЧ-мощности.

В CERN завершается подготовка к запуску большого адронного коллайдера (БАК) — глобального научного проекта конца XX и начала XXI века, в котором задействованы свыше 400 физических институтов и промышленность всех развитых в научно-техническом отношении стран. БАК — это ускоритель, в котором при столкновении двух пучков выделяется энергия, в миллионы раз большая, чем в единичном акте термоядерного синтеза, и уникальные детектирующие системы, благодаря которым физики смогут проникнуть так глубоко внутрь материи, как никогда ранее. ИЯРФ создает один из детекторов — фотонный спектрометр PHOS для детектирующей системы ALICE (A Large Ion Collider Experiment). В 2007 году

в плане разработки программного обеспечения системы управления и сбора данных спектрометра PHOS:

- на базе программных продуктов PVSS и CERN JCOP Framework разработана система медленного контроля спектрометра (DCS);

- проведены работы по интеграции системы медленного контроля детектора PHOS в DCS систему эксперимента ALICE;

Для запуска и тестирования системы охлаждения спектрометра PHOS:

- проведен анализ алгоритмов работы компрессоров холодильной машины, разработано программное обеспечение верхнего уровня системы контроля и управления холодильным агрегатом и гидромодулем системы охлаждения;

- проведены тестовые испытания системы охлаждения

с рабочим теплоносителем и ее подключение к модулю 1 с целью достижения в матрице кристаллов модуля температуры  $-25^{\circ}\text{C}$ .

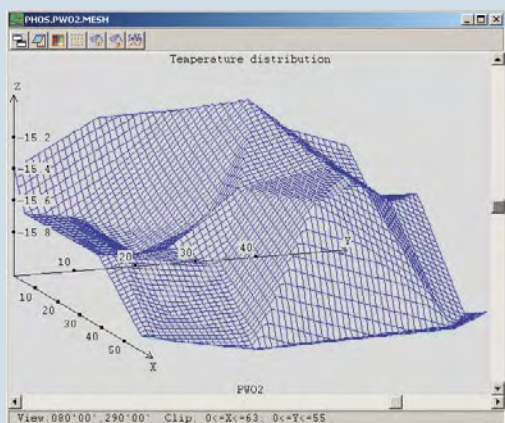
Обеспечен непрерывный режим работы модуля 1 в течение 4,5 месяца при рабочей температуре в матрице кристаллов  $-20^{\circ}\text{C}$  во время его калибровки на космических лучах.

Для сборочно-монтажных работ модулей 2 и 3:

- в ЦЕРН доставлены механические структуры модулей, изготовленные в ИЯРФ;

- произведена контрольная сборка элементов механической структуры модулей, силовые элементы конструкции испытаны на механическую прочность, трубопроводы системы охлаждения — на герметичность;

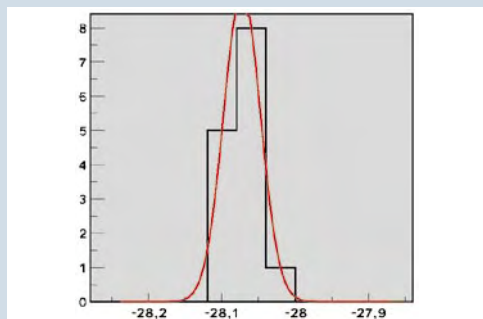
- ведется поэлементная сборка и тестирование каналов детектирования.



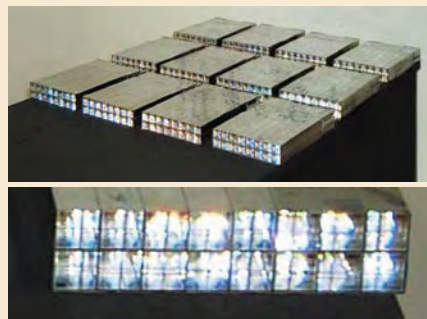
3D-распределение температуры в матрице кристаллов модуля



Каналы детектирования со стороны пучка регистрируемых частиц



Температурное поле в матрице кристаллов вдоль поверхности одного датчика температуры



Собранные на базе кристаллов вольфрамата свинца каналы детектирования

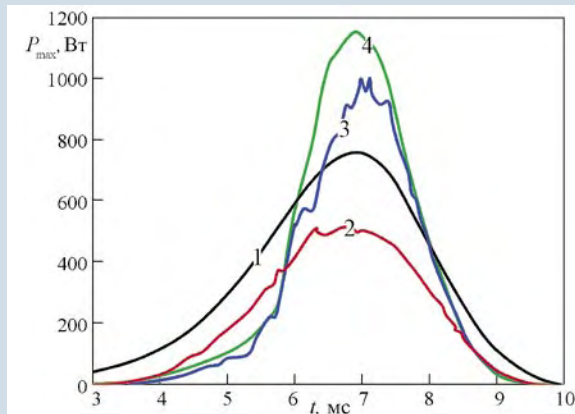


В течение ряда лет в ИЯРФ ведутся расчетные и экспериментальные работы по проблеме сложения излучения многоканального реактора-лазера в единый световой луч высокого оптического качества. Исследования в 2007 г. проводились на лазерных установках ЛМ-8 и ЛУНА-2М, работающих совместно с реакторами БИГР и ВИР-2М. В экспериментах на модуле ЛМ-8 получена низкопороговая генерация на двух одинарных, а также двух и четырех последовательно объединенных лазерных каналах. Эффектив-

ность генерации на длине волны 1,73 мкм для смеси Ne-Ar-Xe (200:200:1) составила 0,7 %. На лазерной установке ЛУНА-2М получены близкие к предельным значениям энергия и мощность генерации двух последовательно и двух параллельно объединенных лазерных каналов.

Разработана установка для синтеза металлосодержащих соединений фуллера  $C_{60}$  (литиевый имплантер). Совместно с Институтом металлоорганической химии РАН им. Г. А. Разуваева синтезированы образцы экзо- и эндометаллофуллеренов,

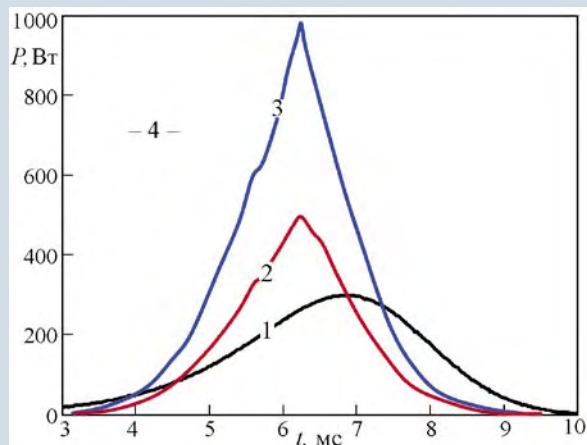
германий- и железосодержащие нанотрубки. Наноматериалы (углеродные наноструктуры) и нанотехнологии (молекулярное наслаивание, технология разработана в Санкт-Петербургском государственном техническом университете) использованы для получения объемно и поверхностно модифицированных полимеров с повышенными радиационными, механическими и термическими характеристиками для применения в изделиях, требующих высокой стойкости и безопасности в условиях длительной эксплуатации.



Последовательное объединение двух лазерных каналов на установке ЛУНА-2М: импульс реактора ВИР-2М (1); одинарный лазерный канал (2); двойной канал (3); расчетная мощность генерации двойного канала для коэффициента отражения поворотных зеркал 100 % (4)



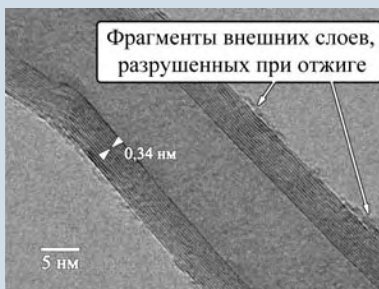
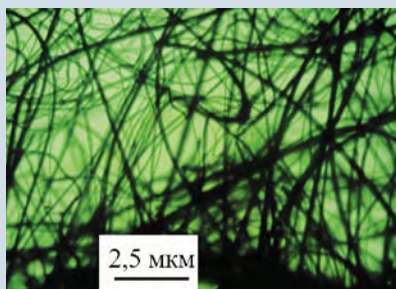
Имплантер



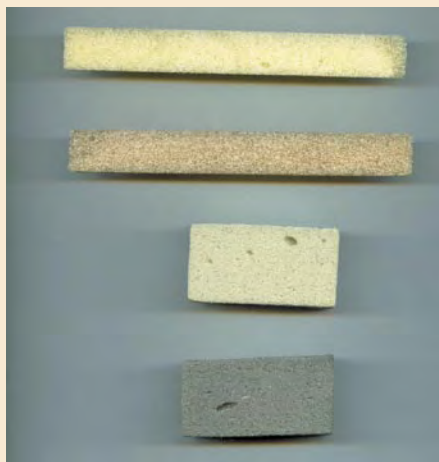
Параллельное объединение двух лазерных каналов на установке ЛУНА-2М: импульс реактора ВИР-2М (1); одинарный лазерный канал (2); двойной канал (3)



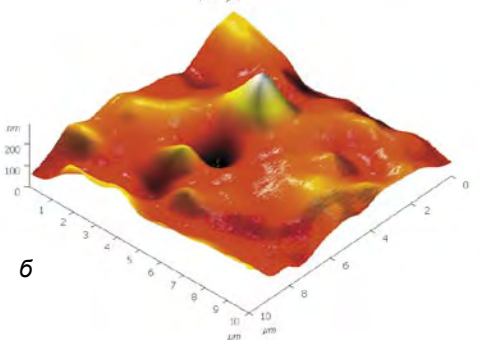
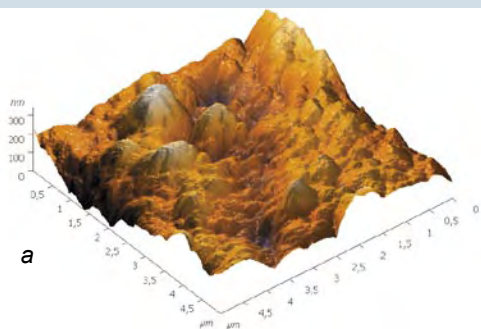
Камера для напыления и имплантации



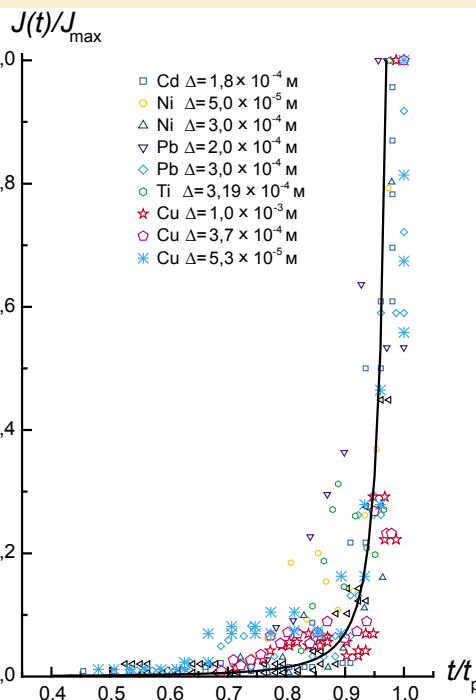
Углеродные нанотрубки



Полимеры, модифицированные углеродными наноструктурами



Поверхность полимеров, модифицированных методом молекулярного наслаивания (а) и углеродными наноструктурами (б)

Скорость накопления центров разрушения в металлическом Рu ( $t_p \sim 10^{-8}$  с,  $P \sim 4$  ГПа)

С явлением динамического разрушения, вызываемым мощным импульсным энергетическим воздействием на вещество, связаны предельные возможности современной техники и уникальных научных установок: обшивки космического корабля при воздействии микрометеоритов; первой стенки термоядерного реактора; активной зоны импульсного ядерного реактора; внутренних элементов суперколлайдера. Обширный объем расчетно-теоретических и экспериментальных исследований показал масштабно-инвариантные свойства поведения вещества в экстремальных условиях при скорости ввода энергии  $10^{12}$  К/с, времени самоорганизации и границах сохранения функциональных свойств  $t \sim 10^{-6} - 10^{-10}$  с. Результаты исследований позволяют прогнозировать поведение неисследованных материалов в экстремальных условиях и компьютерным способом «конструировать» стойкие к определенным видам воздействия новые материалы в уникальных температурно-временных диапазонах.