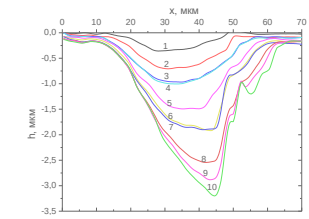
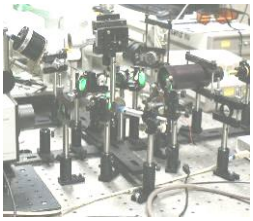
Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана
Учебно-научный центр фотонной энергетики

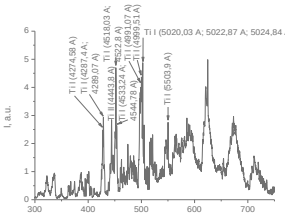
- Общая характеристика кластера «Пучок-М»
- Технические характеристики модулей кластера
- Уникальное оборудование и приборно-аналитическая база

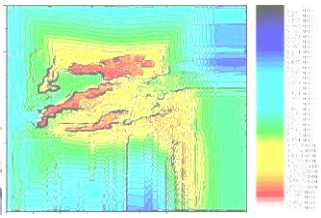
Кластер экспериментально-диагностических электрофизических модулей «Пучок-М»

для исследований экстремальных состояний вещества при многофакторном воздействии экстремальной плотности мощности









При финансовой поддержке государства
в лице Минобрнауки РФ

Общая характеристика кластера «Луч СО-1» – «Пучок-М»

Кластер экспериментально-диагностических модулей предназначен для фундаментальных и прикладных исследований оптических, опто-теплофизических, опто-газо-плазмодинамических и опто-механических многофакторных процессов взаимодействия когерентного и широкополосного излучения ИК-ВУФ диапазона спектра, потоков нейтральных и заряженных частиц, ускоренных плазменных потоков, сильных ударных волн с конденсированными, газо-плазменными средами и конструкционными материалами фотонных энергетических и технологических установок высокой плотности мощности в газо-вакуумных условиях.

Основные направления фундаментальных и прикладных НИР связаны с исследованиями:

- опто-газо-плазмодинамических процессов генерации, нагрева и ускорения гиперзвуковых излучающих плазменных потоков в вакууме и газовых средах;
- физики нового класса разрядов высокой плотности мощности – сильноточных излучающих плазмодинамических разрядов и оптических разрядов с аблирующей стенкой в газовакуумных условиях и пространственно ограниченных каналах;
- оптических, опто-теплофизических, опто-газо-плазмодинамических и опто-механических процессов многофакторного взаимодействия гиперзвуковых потоков плотной излучающей плазмы сложного химического и ионизационного состава, мощного когерентного и теплового коротковолнового ($h\nu$ ~ 10 – 400 эВ) излучения, потоков заряженных и нейтральных частиц, сильных ударных волн с веществом различных агрегатных состояний;
- теплофизических, оптических, переносных (транспортных) характеристик плотной плазмы сложного химического и ионизационного состава в неисследованной области экстремально высоких параметров и плотностей вводимых в среду энергий, в том числе – в условиях интенсивных оптических и ударно-волновых нагрузок;
- нелинейных опто-газо-плазмодинамических эффектов взаимодействия ускоренных потоков излучающей плотной плазмы с конденсированными, газовыми и плазменными средами (в том числе – эффектов: каналирования коротковолнового излучения по спектру и направлению, турбулентной модификации оптических и транспортных свойств контактной границы «ускоренная плазма – плотный газ», плазмодинамической модификации оптических и транспортных характеристик оптических кристаллов, взаимодействующих с плотной ускоренной излучающей плазмой);
- эффективности комбинированного (ударно-волнового и термического) механизма ускорения гиперзвуковых плазменных потоков);
- эффективности коллективного ускорения плазмы в интенсивных световых полях, в том числе коллективного ускорения плазменных потоков в «кильватерных волнах» при фентосекундном лазерном воздействии ($E_{св}$ >10^7 В/см) и комбинированных (фототермических и ударно-волновых) механизмов ускорения газоплазменных потоков;
- светоиндуцированных фазовых переходов (конденсированное вещество – газ – плазма), транспортных свойств газово-плазменных сред при многофакторных воздействиях (пучки заряженных и нейтральных частиц, потоки интенсивного теплового и когерентного излучения);
- нелинейных опто-теплофизических и радиационно-газодинамических явлений в ускоренных газово-плазменных потоках сложного химического и ионизационного состава

Прикладные аспекты проводимых фундаментальных исследований определяются тем, что использование создаваемой в МГТУ экспериментально-стендовой и диагностической базы позволяет осуществить в лабораторном масштабе принципиально новые схемы плазменно-лазерных ускорителей и двигателей космических аппаратов.

Кластер экспериментально-диагностических модулей является единственной в РФ экспериментальной установкой для решения целого спектра задач физики нового класса сильноточных излучающих плазмодинамических разрядов в вакууме и газах (динамика, микро-макроструктура, устойчивость), генерируемых магнитоплазмодинамическими системами (на основе магнитоплазменных компрессоров эрозионного типа) с экстремальной плотностью квазистационарного разрядного тока и с уникальными регулировочными характеристиками и параметрами в интенсивных оптических и ударно-волновых полях (рег. № 06-17)

Кластер экспериментально-диагностических модулей «ЛУЧ-СО1» – «Пучок-М» создан, инструментально и метрологически обеспечен как параметрический ряд паспортизованных электро-опто-теплофизических автономных и сопряженных модулей и стендов, в их числе модули:

- опто-теплофизических воздействий ультракороткой длительности (М1)
- многофакторного пучкового воздействия высокой плотности мощности (М2)
- опто-энергогенерирующий (М3)
- вакуумной эмиссионной спектроскопии и УФ–БИК – спектрофотометрии (М4)

Основные технические параметры модулей кластера

В составе модулей многофакторного воздействия на конденсированные и газово-плазменные среды:

а. электромагнитные ускорители, генераторы и инжекторы ускоренных газово-плазменных потоков, электронных и ионных потоков, ускорители потоков заряженных и нейтральных частиц с различными – высокочастотными, сверхвысокочастотными (ВЧ, СВЧ), емкостными и индуктивными источниками и накопителями энергии, взрывными магнитокумулятивными (МК) и магнитогидродинамическими (МГД) генераторами;

б. источники высокояркостного интенсивного теплового излучения (hν~1–400 эВ) БИК–ВУФ-диапазона спектра;

в. источники когерентного излучения – непрерывные, импульсные, импульсно-периодические лазеры, в том числе – поликанальные лазерные системы;

г. опто-механическая и гозо-вакуумная подосновы кластера, включая вибродемпфирующие платформы, генераторы высокого и сверхвысокого вакуума (количество вакуумных оптических портов – 96).

д. спектрально-энергетические анализаторы потоков излучения, заряженных и нейтральных частиц

Диагностические станции модулей кластера, содержащие ИК-ВУФ фотоэлектрические и фотографические анализаторы, регистраторы и приемники излучения высокого пространственно-временного разрешения, калориметры, спектрохронографы, спектрометры и ИК-ВУФ-монохроматоры, электро-опто-механическое поверочное оборудование и оптическую элементную базу ИК-ВУФ-диапазонов спектра, вторичные стандарты спектральной яркости – позволяют инструментально обеспечить информативные методы эмиссионной, абсорбционной, рамановской спектроскопии, спектроскопии вынужденного комбинационного рассеяния, лазерной голографической интерферометрии, сверхскоростной фото-тене-шлирен регистрации, калориметрические, зондовые, металлические двойные открытые и закрытые ионизационные камеры и др. для количественной характеризации процессов генерации, нагрева и ускорения газово-плазменных потоков при различных (в т.ч. – несамосогласованных с источником) способах ввода энергии в газо-вакуумные тракты модулей (96 портов).

Экспериментальный диагностический кластер «Луч СО-1» – «Пучок-М», является единственной в РФ экспериментальной установкой, предназначенной для решения широкого спектра задач физики нового класса сильноточных излучающих плазмодинамических разрядов в вакууме и газах с экстремальной плотностью квазистационарного разрядного тока и с уникальными регулировочными характеристиками и параметрами в интенсивных световых и ударно-волновых полях. Разрабатываемые диагностические станции удаленного доступа для исследования оптических характеристик конструкционных материалов в коротковолновом (ВУФ-МР) диапазоне, также имеют каналы сопряжения с диагностическими станциями ускорительно-накопительного комплекса «Сибирь-1» и лазерного комплекса фемтосекундной длительности (Coherent)

Развитие уникальной научной установки «Кластер экспериментально-диагностических модулей «Пучок-М» осуществляется при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки РФ по Федеральным целевым программам «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по мероприятию 3.1.1 «Поддержка и развитие уникальных научных установок» (Уникальный идентификатор работы RFMEFI59014X0001), «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по мероприятию 1.8 «Проведение исследований с использованием уникальных стендов и установок, а также уникальных объектов научной инфраструктуры (включая обсерватории, ботанические сады, научные музеи и др.), научных организаций и образовательных учреждений высшего профессионального образования»

Технические характеристики модулей кластера

МОДУЛЬ М1 – ОПТО-ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ОПТО-ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ УЛЬТРАКОРОТКОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

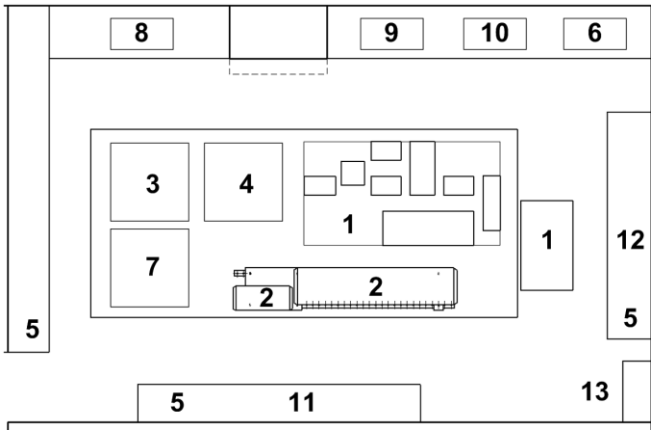
НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Исследование опто-теплофизических, опто-газодинамических, опто-механических процессов взаимодействия мощного БИК-УФ теплового и когерентного излучения ультракоротких длительностей с конденсированными и газо-плазменными средами в газо-вакуумных условиях
- Исследование транспортных характеристик и динамики светоиндуцированных фазовых переходов «конденсированное вещество – газ – плазма» в условиях многофакторных лучевых и плазменно-пучковых воздействий

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Шлирен, теплер и теневые методы регистрации динамики микроструктуры конденсированных, газоплазменных активных сред и конструкционных материалов фотонных энергоустановок в условиях быстропротекающих (нано-фемтосекундных) процессов взаимодействия когерентного и мощного теплового излучения высокой плотности мощности с веществом
- Интерферометрия (схемы Маха-Цандера, Майкельсона) облучаемой поверхности и газо-плазменных потоков
- Спектроскопия и спектрофотометрия БИК-УФ диапазона высокого пространственно-временного разрешения
- Спектроскопия вынужденного комбинационного рассеяния, Раман-спектроскопия
- Фотоэлектрические, эмиссионные, зондовые и калориметрические методы исследования поверхности и газоплазменных потоков

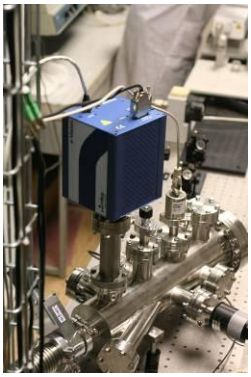
СТЕНДОВОЕ ОПТО-ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



1, 2 Поличастотный лазерный комплекс (SOLAR LQ929 и LOTIS TII LS-2147 с параметрическим генератором OPO-2212)
3. Спектрально-диагностический модуль регистрации температурных полей в зоне лучевого воздействия
4. Поликанальный высоковакуумный модуль для исследования оптических характеристик конденсированных сред (TRINOS)
5. Оптико-механическая подоснова (STANDA)
6. Комплекс спектрометрии комбинационного рассеяния (Ocean Optics R-3000)
7. Комплекс сверхскоростной спектральной диагностики (спектрометр SOLAR S-150, высокоаппертурный спектрометр SOLAR SDH-IV, монохроматор SOLAR ML-44; ФЭУ HAMAMATSU H5783-04, H5783P, H6780-04, L2187; Видеоскан-205Ц)
8. Блок спектральной диагностики (спектрометры SOLAR S-41, S-100; монохроматор МДР-204)
9. Спектрофотометр (СФ-2000)
10. Блок рефлектометрии (СФО2000)
11. Блок исследования фотолюминесценции (THORLABS IS236A-4)
12. Блок наносекундной интерференционной микроскопии (Nanogate-2)
13. Осциллографические консоли (Tektronix 2014B, 2024, 2024B)

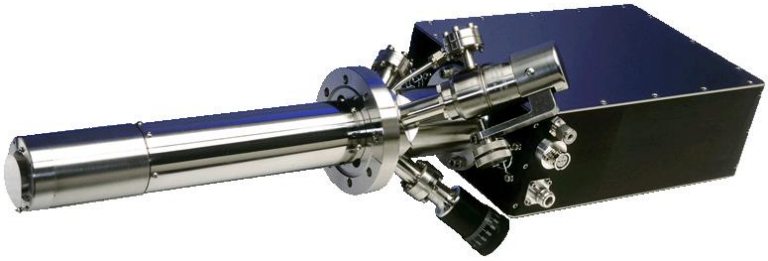
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЯ М1

Спектральные, энергомощностные характеристики и диапазон когерентного излучения	λ~213–1064 нм, I_0~10^6–10^{10} Вт/см^2
Спектральные, энергомощностные характеристики и диапазон широкополосного излучения	$h\nu$~0,1–70 эВ, I_0~10^2–10^6 Вт/см^2
Длительность импульсов воздействия	$\tau_и$ ~ 10^{-8} – ∞ с
Пространственный масштаб воздействия	Δ~10^{-2}–10^2 см^2



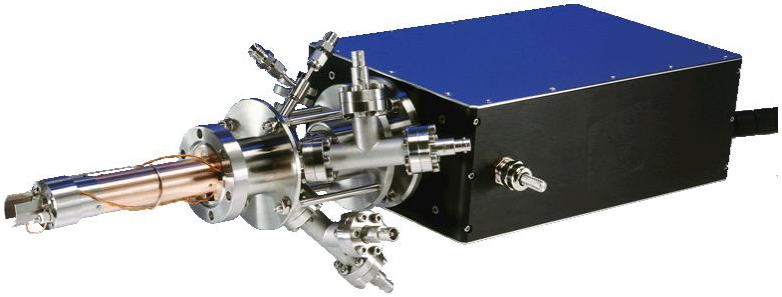
Уникальное оборудование и приборно-аналитическая база

Радиочастотный генератор газово-плазменных потоков PCS-RF-BN300MT



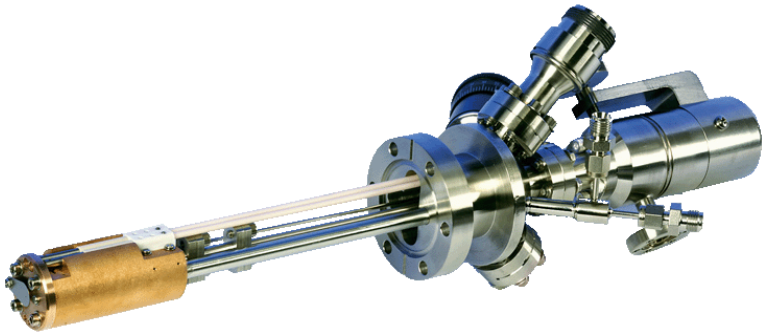
Поток газа	1 н.см^3/мин
Рабочие среды	инертные газы, азот, водород, кислород
Режимы работы:	
а. источник атомарных пучков	E_a < 1эВ
б. плазменный источник	$E_i \leq 25$ эВ
Максимальная мощность	500 Вт

СВЧ генератор плазменных потоков



Поток газа	1 н.см^3/мин
Рабочие среды	инертные газы, азот, водород, кислород
Режимы работы:	
а. источник атомарных пучков	E_a < 1эВ
б. плазменный источник	$E_i \leq 25$ эВ
в. гибридный источник	E_a < 1эВ
	E_i ~ 50 – 1500 эВ

Источник потока атомарного водорода



Поток газа	10^{-5} – 1 н.см^3/мин
Рабочее давление	10^{-10} – 10^{-5} мбар
Поток атомарного водорода	5x10^{13} атомов/см^2
Расходимость пучка	+/-15°
Эффективность процесса крекинга	~ 100%
Мощность электронной пушки	0 – 60 Вт

Источник УФ-излучения SPECS UVS 10/35

Генерация УФ излучения	H(Lα,Lβ), He I, He II, Ne I, Ne II, Ar I, Ar II, Kr I, Kr II, Xe I и Xe II
Число фотонов (He)	не менее 8x10^{15} 1/(ср·с)
Расходимость	не более 1°
Напряжение	0 – 1500 В
Сила тока	0 – 125 мА

МОДУЛЬ М2 – МНОГОФАКТОРНОГО ПУЧКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ

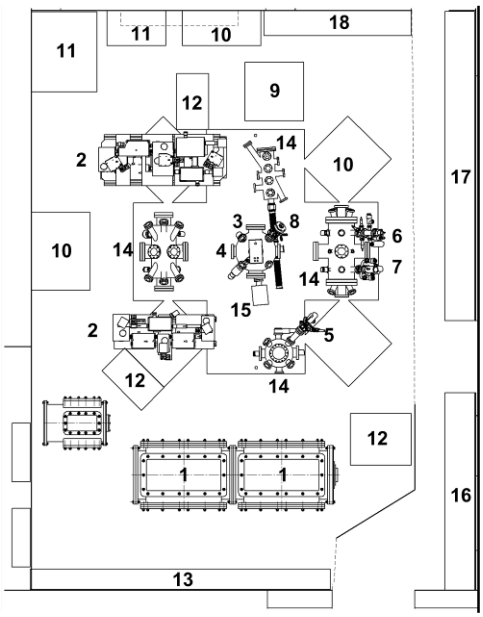
НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Исследование опто-теплофизических, опто-газодинамических, оптомеханических процессов взаимодействия мощного БИК-УФ теплового и когерентного излучения ультракоротких длительностей с конденсированными и газо-плазменными средами в газово-вакуумных условиях
- Исследование транспортных характеристик и динамики светоиндуцированных фазовых переходов «конденсированное вещество – газ – плазма» в условиях многофакторных лучевых и плазменно-пучковых воздействий (пучки заряженных и нейтральных частиц, потоки интенсивного теплового и когерентного излучения)
- Создание баз и банков экспериментальных данных оптических характеристик конструкционных материалов и газово-плазменных активных сред фотонных энергодвигательных установок в диапазоне энергий квантов $h\nu \sim 10^{-1}$–10^{3} эВ
- Исследование радиационно-плазмодинамических, оптомеханических, электромагнитных и теплофизических процессов генерации, нагрева и ускорения излучающей плазмы и многофакторных процессов взаимодействия ускоренных потоков плазмы с конденсированными и газово-плазменными средами
- Исследования эффективности коллективного ускорения плазменных потоков в интенсивных световых полях (в т.ч. коллективного ускорения в «кильватерных волнах» при фентосекундном лазерном воздействии ($E_{св} > 10^{7}$ В/см); комбинированных (фототермических и ударно-волновых) механизмов ускорения газоплазменных потоков)
- Исследования нелинейных опто-теплофизических и радиационно-плазмодинамических явлений в ускоренных газово-плазменных потоках сложного химического и ионизационного состава

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Шлирен, теплер и теневые методы регистрации динамики микроструктуры конденсированных, газоплазменных активных сред и конструкционных материалов фотонных энергоустановок в условиях быстропротекающих процессов (нано-фемтосекундной длительности) взаимодействия когерентного и мощного теплового излучения высокой плотности мощности с веществом
- Интерферометрия (схемы Маха-Цандера, Майкельсона, …) облучаемой поверхности и газо-плазменных потоков
- Эмиссионная и абсорбционная спектроскопия и спектрофотометрия БИК-УФ диапазона высокого пространственно-временного разрешения
- Спектроскопия вынужденного комбинационного рассеяния, Раман-спектроскопия
- Фотоэлектрические, зондовые и калориметрические методы исследования поверхности и газоплазменных потоков
- Метрологические методы характеризации воздействия

СТЕНДОВОЕ ОПТО-ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

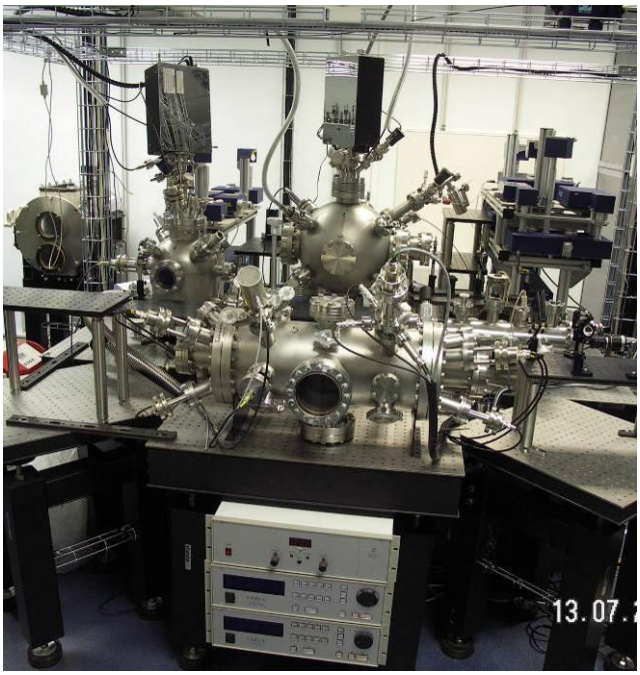


1. Магнитоплазменный ускоритель – магнитоплазменный компрессор (МРС-100)
2. Поличастотный многоканальный лазерный комплекс (SOLAR LQ929, LQ529+)
3. Источник электронов (SPECS EQ22/35)
4. Гибридный ВЧ плазменный источник (SPECS PCS-RF)
5. Инжектор атомных пучков (SPECS TGC-H)
6. Ионный источник (SPECS 12/38)
7. Источник ВУФ излучения (SPECS UVS 10/35)
8. Гибридный СВЧ плазменный источник (SPECS MPS-ECR)
9. Система прецизионного газового напуска (Swagelok, Duniway)
10. Оптико-механическая подоснова (STANDA)
11. Блок генерации, регистрации и обработки (Berkeley Nucleonics 575 8C-H; АКТАКОМ АСК-2034, АСК-3002, АНР-3122)
12. Вакуумные генераторы (PFEIFFER TSH071, TSH071e; ALCATEL Drytel1025, AMD1, ATH31+)
13. Стенд диагностики опто-механических параметров (KYOWA LVS-5GA)
14. Поликанальные сверхвысоковакуумные камеры с системой диагностики и арматурой (TRINOS, VAT, MKS, HTC, MDC, Granville-Phillips, Pfeiffer)
15. Квадрупольный масс-спектрометр (MKS eVision+)
16. Блок оптической диагностики (SOLAR S-41, S-100; МДР-204)
17. Комплекс сверхскоростной оптической диагностики плазмы (SOLAR S-150, SDH-IV, ML-44: HAMAMATSU H5783-04, H5783P, H6780-04, L2187; Видеоскан-205Ц)
18. Осциллографические консоли (Tektronix 2014B, 2024, 2024B)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЯ М2

Энергия электронных пучков	E~5 кэВ, I~800 нА
Энергия ионных пучков	E~1,5 кэВ, I~10 мкА
Спектрально-энергетический диапазон лазерного воздействия	λ~213 – 1064 нм, 10^{6} – 10^{10} Вт/см^{2}
Химический и ионизационный состав пучков атомов и ионов	He, Ne, Ar, Xe, Kr, H_2, N_2, O_2, CH_4, Cl_2
Поток атомов	$5 \cdot 10^{13}$ см$^{-2}$

Многоуровневый поликанальный лазерный комплекс с источником возбуждения лазерной плазмы



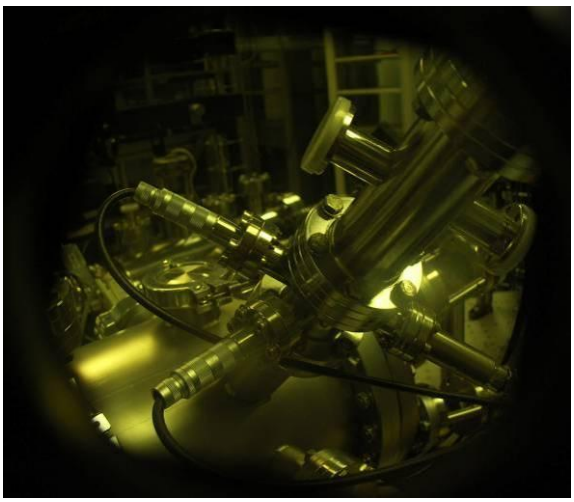
Модуль многофакторного пучкового воздействия высокой плотности мощности

Ионный источник SPECS IQE 12/38

Минимальный диаметр пучка	< 125 мкм
Сканируемая область	10мм х 10мм
Ионный ток	0,8 – 8 мкА
Энергия ионов	0,2 – 5 кэВ
Плотность тока	1 – 4 мА/см^2
Рабочие давления	10^{-8} – 10^{-7} мбар

Инжектор пучка электронов SPECS EQ 22/35

Эмиссионный ток	0,01 – 250 мА
Диаметр пучка	< 100 мкм
Сканируемая область	10мм х 10мм
Максимальный ток пучка	100 мкА



Источник ионов SPECS IQE 12/38 в сверхвысоковакуумной камере

МОДУЛЬ М3 – ОПТО-ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИЙ

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

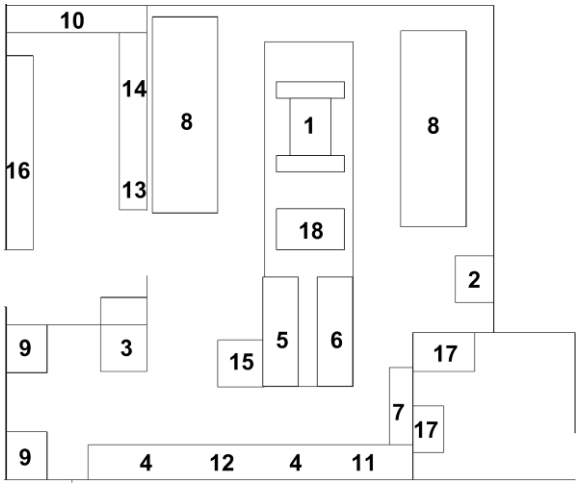
Экспериментальные исследования:

- процессов генерации мощного высоко-энергетичного когерентного излучения БИК–УФ-диапазона спектра
- спектрально-яркостных характеристик источников излучения высокой спектральной яркости
- фундаментальные и прикладные исследования радиационно-плазмодинамических процессов генерации, нагрева и ускорения гиперзвуковых излучающих плазменных потоков в вакууме и газовых средах
- физики нового класса электрических разрядов – сильноточных излучающих плазмодинамических разрядов
- радиационно-теплофизических, радиационно-плазмодинамических и опто-механических процессов многофакторного взаимодействия гиперзвуковых потоков плотной излучающей плазмы сложного химического и ионизационного состава, мощного когерентного, теплового коротковолнового ($h\nu$ ~ 10 – 400 эВ) излучения и сильных ударных волн с веществом различных агрегатных состояний
- теплофизических, оптических, переносных (транспортных) характеристик плотной плазмы сложного химического и ионизационного состава в неисследованной области экстремально высоких параметров и плотностей вводимых в среду энергий, в том числе – в условиях интенсивных радиационных и ударно-волновых нагрузок
- диагностика и метрология потоков мощного теплового и когерентного излучения

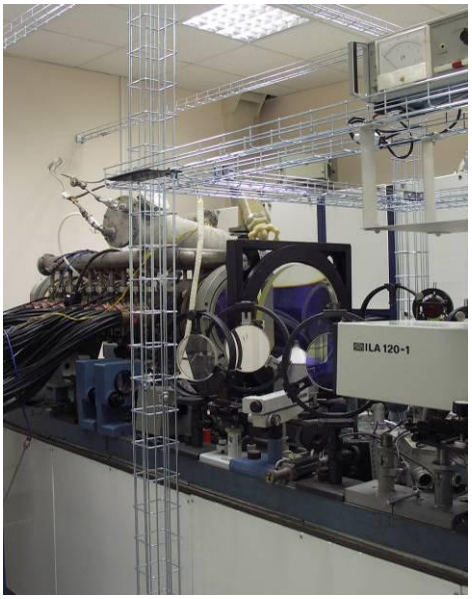
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Эмиссионная и абсорбционная спектроскопия и спектрометрия БИК–УФ-диапазона высокого пространственного временного разрешения
- Спектроскопия вынужденного комбинационного рассеяния, Раман-спектроскопия
- Фотоэлектрические, зондовые, болометрические и калориметрические методы исследования газо-плазменных потоков
- Метрологические методы характеризации воздействия
- Интерферометрия газо-плазменных потоков

СТЕНДОВОЕ ОПТО-ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



1. Фотохимический реактор (ФКГ-500)
2. Источник возбуждения спектров (ИВС-23)
3. Источник сплошного спектра (ИСИ-1)
4. Модули твердотельных лазерных излучателей (ГОС-1000, ГОР-300)
5. Молекулярный газовый лазер (Carl Zeiss ILA120-1)
6. Ar-лазер
7. Блок высокоскоростных регистраторов – спектроанализаторов (ФДУК 2УТ, 12СТ, 100УВ)
8. Блоки емкостных накопителей энергии (W~$2\cdot10^6$ Дж)
9. Блоки питания твердотельных лазеров
10. Высокоразрешающие спектрографы (ДФС-45, ИСП-30)
11. Сканирующий интерферометр Фабри-Перо (THORLABS SA200-5A)
12. Анализатор пространственного распределения интенсивности излучения (THORLABS BP-109UV)
13. Анализатор временного распределения и интегральной мощности излучения (OPHIR 30A-P-RP)
14. Голографическая интерферометрическая установка (УИГ-1М)
15. Блок регистрации и аналогово-цифрового преобразования сигналов (L-Card LTR-EU-8-1, L791, L783M)
16. Комплекс генерации и преобразования сигналов и импульсов (С8-14,17; И1-18; И2-26; Г5-15, 26, 54, 56, 75)
17. Генераторы вакуума (АВР-50, ТМН-500)
18. Вакуумные модули (TRINOS, PFEIFFER)



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЯ М3

А. Генераторы и светоэрозионные инжекторы ускоренных плазменных потоков, сильноточный магнитоплазмодинамический ускоритель (магнитоплазменный компрессор эрозионного типа) – разрядные токи и напряжения: I_p ~ 10^5 – 10^7 А, dI_p/dt ~ 10^9 – 10^{11} А/с, U_p ~ 1 – 50 кВ, Т/2 ~ $2\cdot10^{-7}$ – 10^{-3} с, f ~ 10^{-2} – 10^3 Гц; плазмообразующие вещества - газы, металлы, диэлектрики, смеси сложного химического состава, электротехнически согласуемые с емкостными и индуктивными источниками и накопителями энергии, взрывными МК (магнитокумулятивными) и МГД-генераторами.

Б. Динамические характеристики и параметры плазменных потоков: среднемассовая скорость ~ $(3–7)\cdot10^6$ см/с, число Маха M ~ 1 – 25, концентрация электронов n_e ~ 10^{17} – 10^{21} см$^{-3}$, электронная температура T_e ~ 1 – 20 эВ, степень сжатия - 10 – 2000

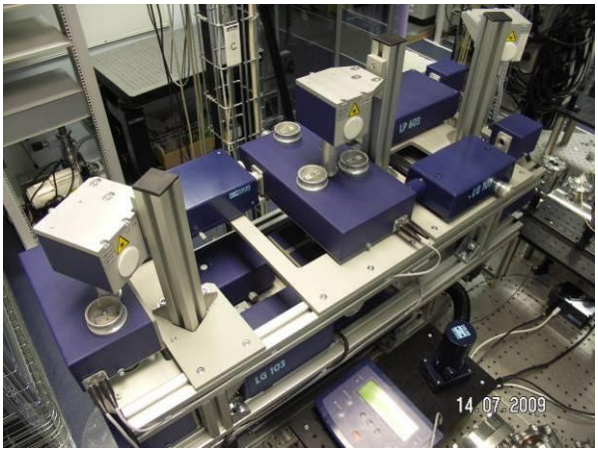
В. Плотность мощности излучения и яркостная температура в зоне МГД-компрессии потока: $I_0 > 2\cdot10^7$ Вт/см^2, $T_я$ ~ 2 – 10 эВ (в диапазоне $h\nu$ ~ 5 – 400 эВ).

Уникальное оборудование и приборно-аналитическая база

Фотоэлектронный анализатор энергии заряженных частиц с детектором Линке SPECS Themis-600

Спектрально-энергетические диапазоны	0 – 40; 0 – 400 эВ 0 – 3,5 кэВ
Энергетическое разрешение	$< 10^{-4}$ эВ
Временное разрешение	100 пс
Угол сканирования	± 15°
Угловое разрешение	< 0,1°
Уровень шума	< 250 мкВ

Поликанальный лазерный комплекс с источником возбуждения лазерной плазмы SOLAR LS529A/929+



	529A	929+
Частота следования импульсов, Гц	1 – 10	1 – 10
Выходная энергия, мДж:		
на 1064нм	500	1400
на 532нм	240	650
на 355нм	110	350
на 266нм	80	50
на 213нм	25	
Длительность импульса, нс	10 – 13	8 – 11
Диаметр луча, мм	<8	<11
Расходимость, мрад	<1,5	<1,5
Джиттер, +/-нс	1	1

Параметрический генератор Solar LP603/LG350

Нелинейный кристалл	BBO
Диапазон перестройки, нм	210 – 2500
Макс. общая эффективность преобразования	35%
Ширина линии	< 6 см$^{-1}$
Расходимость излучения:	
в горизонтальной плоскости	< 12 мрад
в вертикальной плоскости	< 4 мрад
Максимальная энергия накачки, мДж	> 90

МОДУЛЬ М4 – ВАКУУМНОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И УФ–БИК – СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

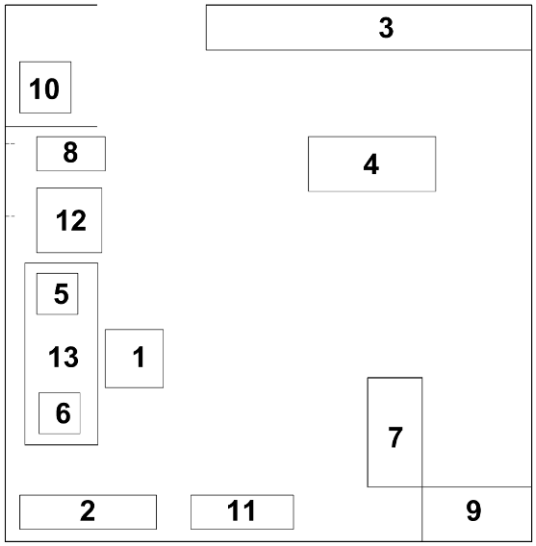
НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Исследования оптических, опто-теплофизических характеристик процессов взаимодействия излучения высокой плотности мощности с конструкционными материалами и газо-плазменными активными средами в ВУФ–БИК диапазоне спектра
- Диагностика и метрология потоков мощного теплового и когерентного излучения в зоне воздействия
- Исследование спектрально-яркостных характеристик коротковолновых источников излучения высокой спектральной яркости

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

- ВУФ-спектроскопия и спектрофотометрия
- Спектроскопия и спектрофотометрия БИК-УФ диапазона высокого пространственного временного разрешения
- Голографической интерферометрия
- Фотоэлектрическая регистрация и калориметрия
- Метрологические методы характеризации лучевого воздействия

СТЕНДОВОЕ ОПТО-ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

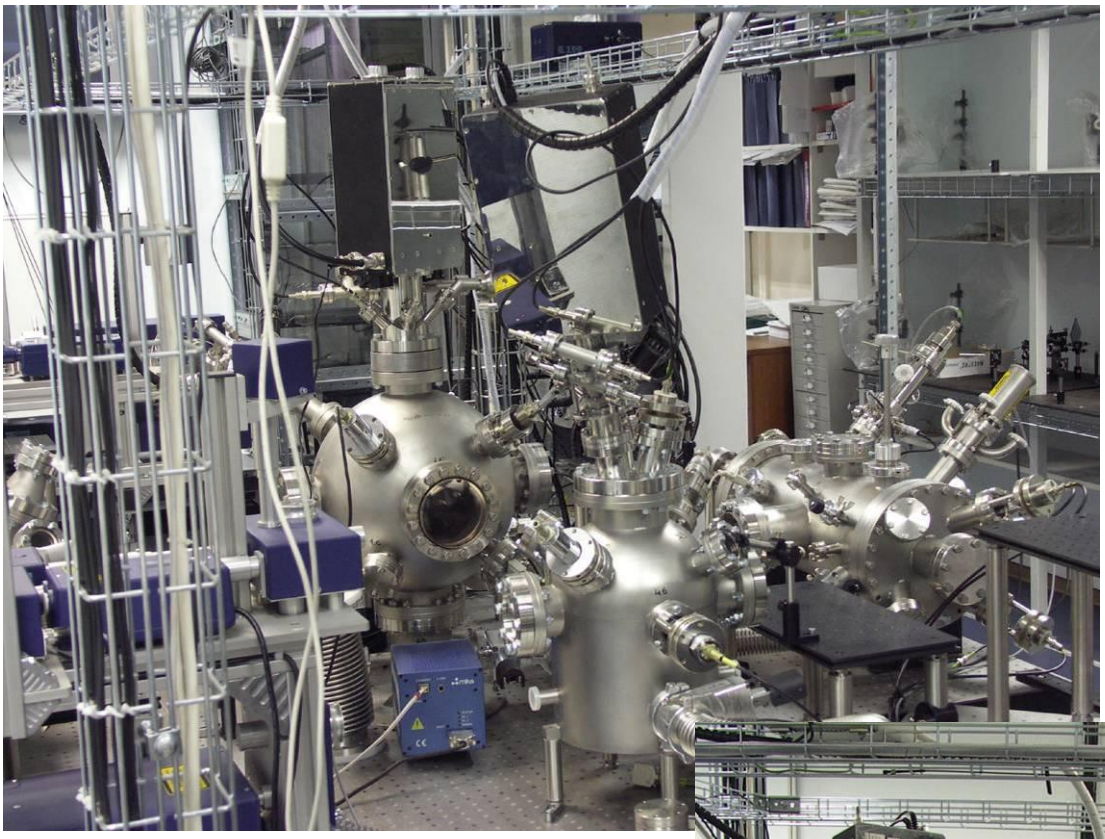


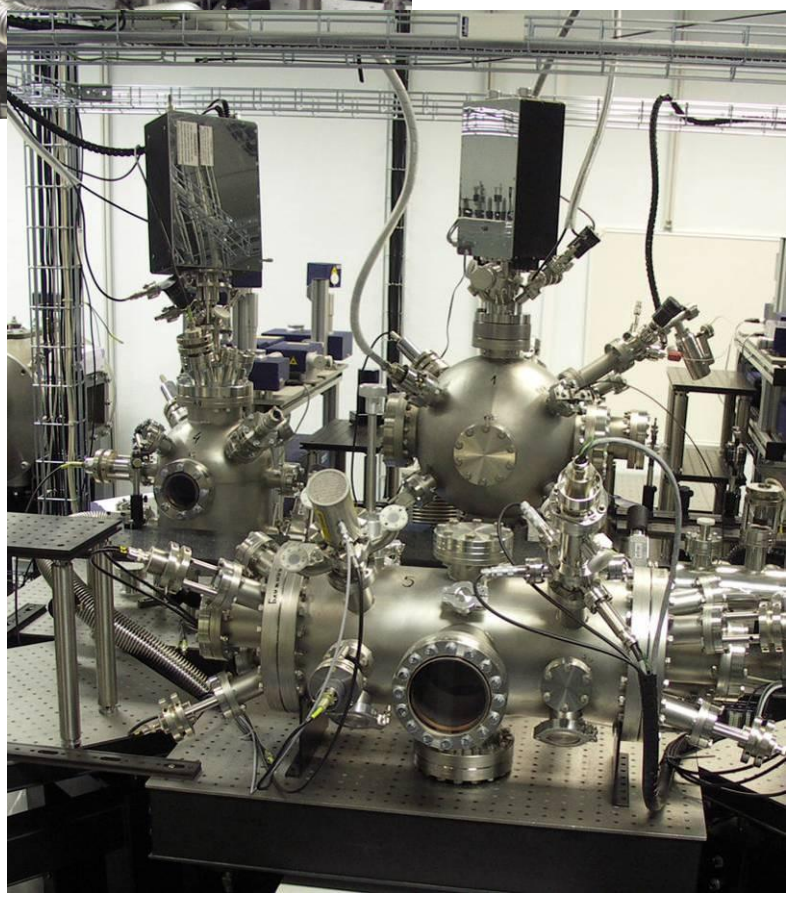
1. ВУФ монохроматор/спектрометр (McPherson 234/302) с
2. Фотоэлектронный анализатор энергии заряженных частиц с детектором Линке SPECS Themis-600
3. Блок импульсной плазменной спектроскопии (LIBS) Andor Mechelle 5000+Andor iStar DH734-18F-03
4. Компактнын наносекундный твердотельный лазер с конвективным охлаждением активной среды
5. Молекулярный газовый лазер (Carl Zeiss ILA120-1)
6. Комплекс генерации и преобразования сигналов и импульсов (С8-14,17; И1-18; И2-26; Г5-15, 26, 54, 56, 75)
7. Дифракционные спектрографы высокой дисперсии (ДФС-45, ИСП-30) с высокоскоростными УФ-ВД электро-оптическими регистраторами спектров (ВидеоСпектр)
8. Сканирующий интерферометр Фабри-Перо (THORLABS SA200-5A)
9. Анализатор пространственного распределения интенсивности излучения (THORLABS BP-109UV)
10. Анализатор временного распределения и интегральной мощности излучения (OPHIR 30A-P-RP)
11. Блок высокоскоростных регистраторов-анализаторов (ФДУК 2УТ, 12СТ, 100УВ)
12. Голографическая интерферометрическая установка (УИГ-1М)
13. Блок регистрации и аналогово-цифрового преобразования сигналов (L-Card LTR-EU-8-1, L791, L783M)
14. Ar-лазер
15. Вакуумный генератор (АВР-50, ТМН-500)
16. Вакуумный модуль (TRINOS, PFEIFFER)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЯ М4

Спектральные, энергомощностные характеристики и диапазон когерентного излучения	λ~213–1064 нм, I_0~10^6–10^{10} Вт/см^2
Спектральные, энергомощностные характеристики и диапазон широкополосного излучения	$h\nu$~0,1–70 эВ, I_0~10^2–10^6 Вт/см^2
Длительность воздействия	$\tau_и$ ~ 10^{-8} – ∞ с
Пространственный масштаб оптического воздействия	Δ~10^{-2}–10^2 см^2

Сверхвысоковакуумные поликанальные камеры





Количество вакуумных оптических портов	96
Минимальное давление	$< 10^{-6}$ Па
Рабочее давление	$10^{-6} – 10^{6}$ Па
Вакуумный объем	5 – 300 л

МОДУЛЬ М5 – ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

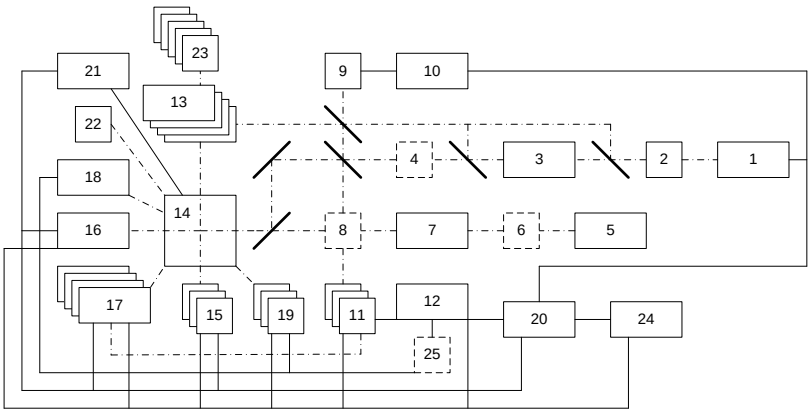
- исследование фемтосекундной лазерной абляции, теплофизических, оптических и переносных (транспортных) характеристик лазерно-индуцированной плотной излучающей плазмы сложного химического и ионизационного состава
- исследование новых радиационно-плазмодинамических методов создания и диагностики экстремальных состояний вещества при высоких концентрациях энергии в широком диапазоне температур (T~1-10 эВ) и давлений (P~10^{-7}–10^{9} Па)
- разработка методик и проведение физических экспериментов по взаимодействию сверхмощных ультракоротких лазерных импульсов с потоками плотной излучающей плазмы и конденсированными средами
- проведение цикла экспериментов с разработкой эффективных методов фотонного ускорения электронов и ионов и инженерных основ создания мощных плазменно-лазерных источников быстрых ионов

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Шлирен, теплер и теневые методы регистрации динамики микроструктуры конденсированных, газоплазменных активных сред и конструкционных материалов фотонных энергоустановок в условиях быстропротекающих (нано-фемтосекундных) процессов взаимодействия когерентного и мощного теплового излучения высокой плотности мощности с веществом
- Интерферометрия (схемы Маха-Цандера, Майкельсона, Номарского, спекл-интерферометрия, …) облучаемой поверхности и газо-плазменных потоков
- Спектроскопия и спектрофотометрия БИК-УФ диапазона высокого пространственно-временного разрешения
- Спектроскопия вынужденного комбинационного рассеяния, Раман-спектроскопия
- Фотоэлектрические, эмиссионные, зондовые и калориметрические методы исследования поверхности и газоплазменных потоков

СТЕНДОВОЕ ОПТО-ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В соответствии с Программой развития МГТУ им. Н.Э. Баумана на УНУ «ЛУЧ-СО1» – «Пучок-М» осуществляется проект создания фемтосекундного лазерного комплекса пета(тера)ваттного диапазона БИК-УФ диапазона спектра (Фемтолаб МГТУ) для исследования экстремальных состояний вещества в сверхсильных электромагнитных полях ультракороткой длительности импульсов лазерного излучения.



В составе модуля реализуются блоки, связанные оптически, электрически в единый оптоэлектронный контур. Принципиальная блок-схема модуля представлена на рисунке, он состоит из следующих функциональных блоков:

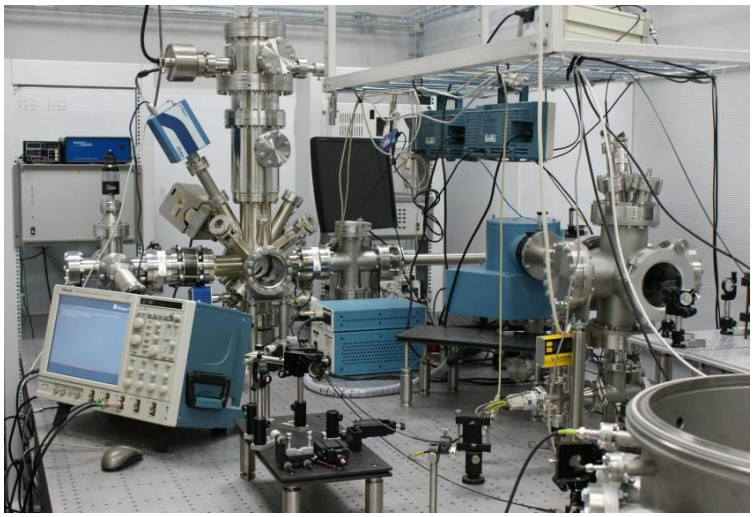
блока генерации импульсов лазерного излучения ультракороткой длительности (1–8);

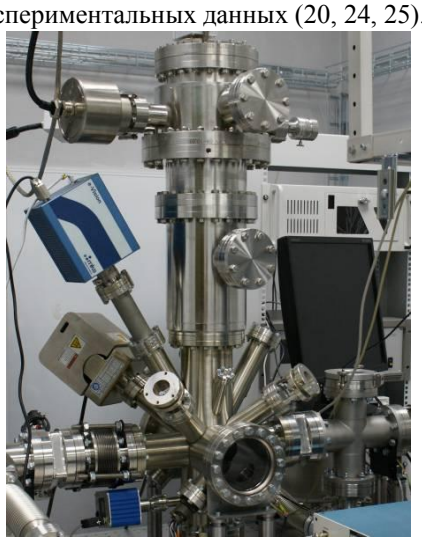
блока диагностики параметров лазерного излучения (9–12);

блока создания и контроля необходимых газо-вакуумных условий (14, 21);

блока оптической диагностики лазерно-индуцированных газово-плазменных образований (13, 15, 17–19, 22, 2);

блоков синхронизации, сбора и обработки экспериментальных данных (20, 24, 25).





В модуле на современной элементной базе реализованы комплексные оптические диагностики высокого временного и пространственного разрешения: регистрация эмиссионных и абсорбционных спектров, спектров комбинационного рассеяния (17, 18, 19, 22, 23), которые осуществляются, в зависимости от задачи, как в интегральном, так и в дифференцированных по пространству и времени режимах для отдельных линий ($\lambda/\Delta\lambda$~30000) и широких ($\lambda/\Delta\lambda$~4000) спектральных интервалов (λ ~ от 120 до 2000 нм) с использованием линеек спектрометров и монохроматоров 17, 18, приемников 19, эталонных 22 и высокояркостных 23 источников излучения.

МОДУЛЬ М6 – УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫХ ФОТОННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

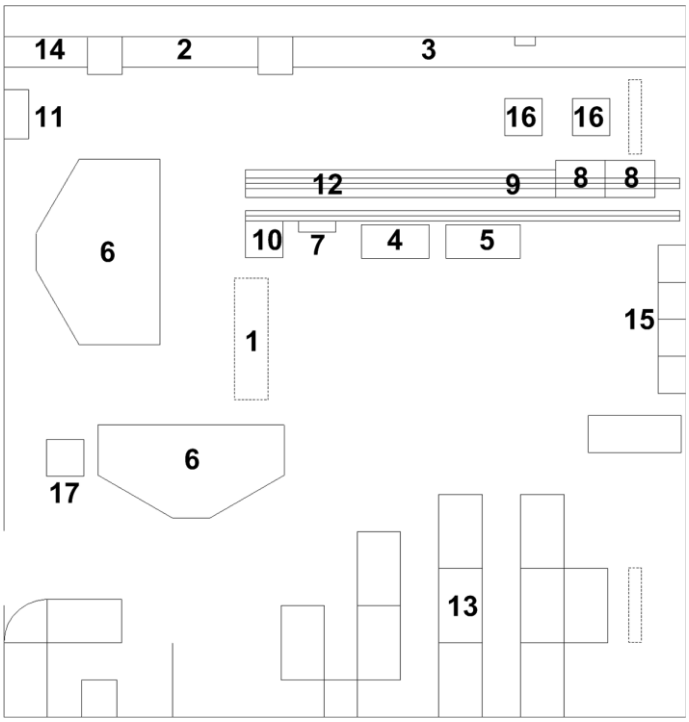
1. Разработка и проведение лабораторного практикума по курсам специализации «Фотонная энергетика» (физические основы, исследования, диагностика, разработки, применения)
2. Сравнительный анализ электротехнических, фотоэлектрических, энергомощностных характеристик фотонных энергоустановок на основе солнечных батарей с ФЭП – фотоэлектрическими преобразователями, термоэмиссионно-оптических преобразователей в условиях космического пространства на МКС «Альфа» и в лабораторных условиях УНЦ ФЭ.
3. Исследование рабочих характеристик новых типов модулей ФЭУ в лабораторных условиях

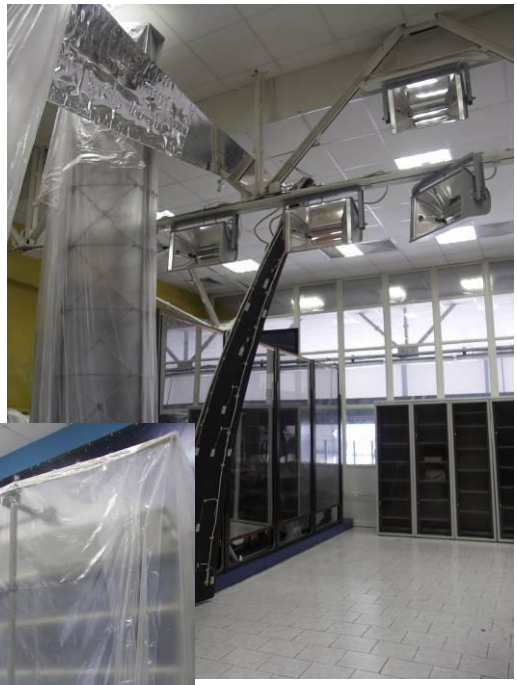
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

- БИК-УФ-спектроскопия и спектрофотометрия
- Калориметрия
- Спектроскопия и спектрофотометрия БИК-УФ диапазона высокого пространственного временного разрешения
- Голографической спектрофотометрии
- Фотоэлектрическая регистрация и калориметрия
- Метрологические методы характеризации светового воздействия

СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЯ М5

1. Имитаторы солнечного излучения мощностью 25 кВт
2. Модули солнечных тепловых ракетных двигателей
3. Модули лазерных реактивных двигателей
4. Блок солнечных нагревателей жидкости и газов
5. Блок концентраторов солнечного излучения
6. Модуль солнечной энергостанции – Международной космической станции «Альфа» - российский и американский сегменты – 18х3м
7. Панели фасетных концентраторов солнечного излучения
8. Спектро-аналитическая аппаратура для диагностики и метрологии потоков излучения и рабочих характеристик ФЭУ
9. Блок фотоэмиссионного плазменного преобразователя энергии излучения в электрическую энергию
10. Фермопостроитель и гелиоконцентраторы
11. Энергоблок лаборатории
12. Оптический стол спектрофотометрии
13. Модули подготовки и обработки результатов эксперимента.
14. Технологический блок подготовки экспериментов
15. Приборные стойки
16. ИК–УФ излучатели
17. Блоки управления панелями СБ





Контакты

105005, Москва, Лефортовская наб. 1, корп. «Энергомашиностроение»

Объединённый учебно-научный центр фотонной энергетики и фотонных технологий

тел. +7 (499) 263 6299, +7 (499) 263 6024

e-mail: stcpe@bmstu.ru

УНУ «Пучок-М» поддержана в рамках:

- мероприятия 1.8 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»;
- мероприятия 3.1.1 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»