

## ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ИЛФИ)

Для ряда прикладных задач требуется исследовать эффективность конверсии энергии лазерного излучения в энергию рентгеновского излучения отдельных линий киловольтного диапазона спектра. Изучение таких процессов представляет как фундаментальный интерес (материаловедение, биология, методы диагностики плазмы, новые методы ядерной спектроскопии низкоэнергетических переходов), так и практический интерес. Например, открывается возможность реализации гамма-лазера и утилизации части ядерных отходов. На установке «Искра-5» проведены исследования генерации линейчатого рентгеновского излучения в лазерной плазме, возникающей при облучении различных материалов (Au, W, Zn, Ga, Ti и др.) излучением первой и второй гармоник установки. Интенсивность облучения плоской мишени варьировалась в диапазоне  $10^{14}$ – $2 \cdot 10^{16}$  Вт/см<sup>2</sup> при длительности лазерного импульса  $\sim 0,5$  нс. С помощью различных методик в экспериментах зарегистрированы параметры линейчатого рентгеновского излучения лазерной плазмы в диапазоне 1–10 кэВ. Совокупность полученных экспериментальных данных позволила сделать следующие выводы:

1. Эффективность генерации  $K_{\alpha}$ -линии холодного материала растет с увеличением интенсивности длины волны и слабо (в пределах погрешностей оценок) зависит от длины волны падающего излучения.

2. Эффективность генерации линий гелиеподобного цинка и галлия существенно возрастает с уменьшением длины волны воздействующего излучения (переход на вторую гармонику).

3. Экспериментально продемонстрирована возможность

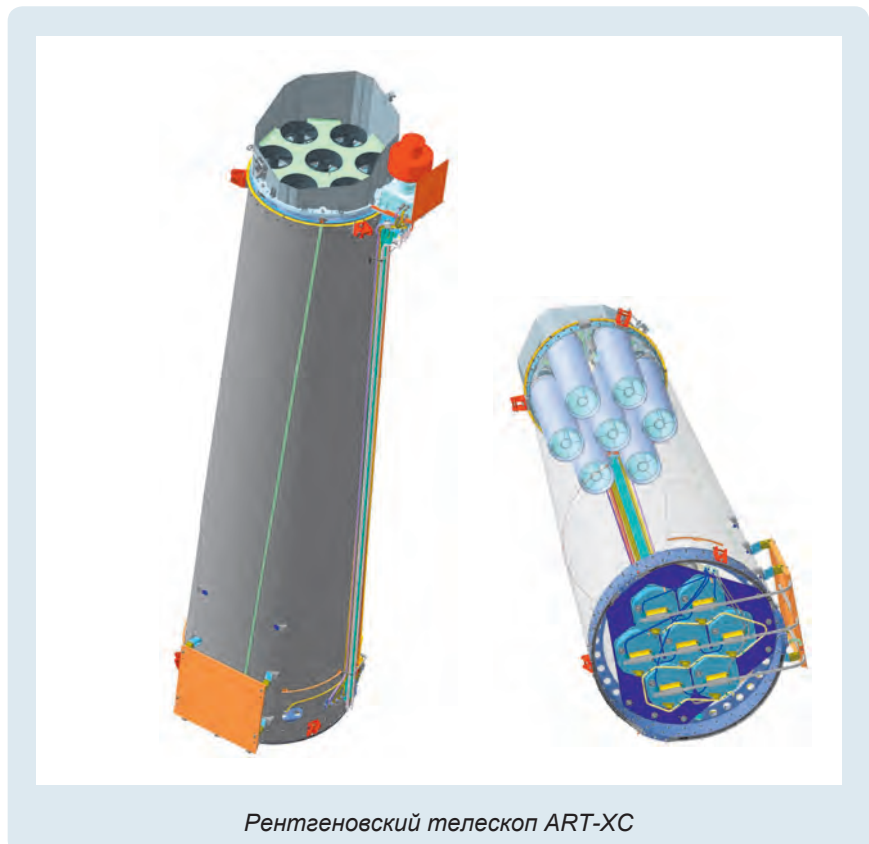
управления положением рентгеновской линии за счет использования эффекта Доплера.

4. Расчетно-теоретические оценки спектра линейчатого излучения Ga достаточно хорошо соответствуют полученным экспериментальным данным.

В ИЛФИ разработан, изготовлен и сдан заказчику натурный массогабаритнотепловой эквивалент рентгеновского телескопа ART-XC. На плоских образцах зеркал с никель-фосфорным покрытием впервые в России получена чистота поверхности Ra 0,4 нм.

Уравнение состояния определяет термодинамические свойства вещества и его поведение при исследованиях в области физики высоких плотностей энергии. Знание уравнения состояния также необходимо при расчетном моделирова-

нии физических процессов при высоких давлениях и температурах. Получить некоторую (но далеко не полную) информацию об уравнениях состояния можно различными методами измерения ударных адиабат. Расширить область определения уравнения состояния вещества можно методами измерения изэнтроп расширения (разгрузки) вещества, предварительно сжатого сильной ударной волной. Эксперименты по измерению ударных адиабат и адиабат разгрузки служат основой для верификации теоретических моделей описания уравнений состояния. На лазерной установке «Луч» проведены исследования адиабат расширения медного образца, предварительно сжатого ударной волной в диапазоне давлений до 9 Мбар. Измерения проводились методом преград. В качестве преград, в которые происходила разгрузка

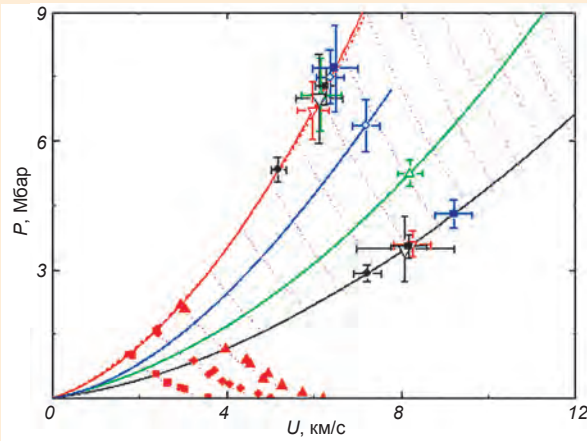


Рентгеновский телескоп ART-XC

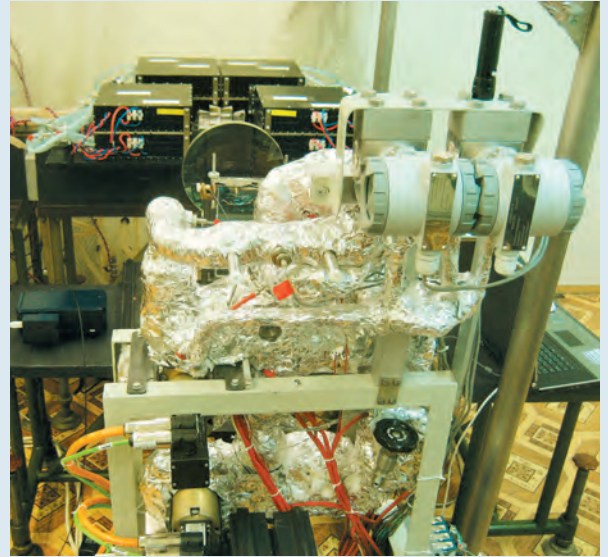
ударной волны, возбужденной в медном образце при воздействии лазерного импульса, использованы материалы Al, Ti, Sn. Погрешность измерения скорости ударной волны составила от  $\approx 2$  до 6 %. Получено соответствие расчетных и экспериментальных данных в пределах погрешности измерения.

В настоящее время в мире активно разрабатывается концепция газовых лазеров на парах щелочных металлов с диодной накачкой. Эти лазеры обладают рядом преимуществ по сравнению с другими высокомоощными лазерными системами (твердотельными, химическими и волоконными). Лазер на парах цезия разработан в ИЛФИ. Особен-

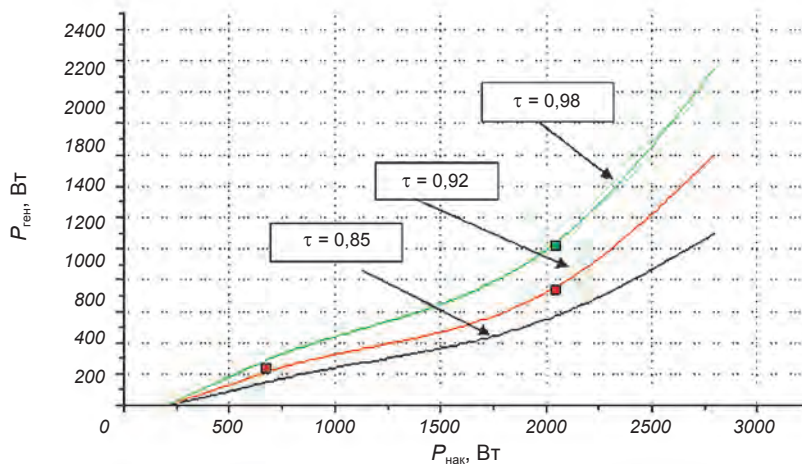
ностью лазера является то, что впервые для данного типа лазеров применена прокачка активной среды в замкнутом цикле. Исследованы как непрерывный, так и импульсно-периодический режимы генерации. В обоих режимах впервые в мире получена выходная мощность на уровне 1 кВт при эффективности преобразования «свет в свет»  $\sim 48$  %.



Ударные адиабаты и  $P$ - $U$  диаграммы изэнтроп разрежения меди. Сплошные кривые – интерполяция ударных адиабат для Si (красная), Sn (синяя), Ti (зеленая), Al (черная). Красная пунктирная кривая – расчетная адиабата Si, малиновые пунктирные кривые – расчетные изэнтропы расширения Si. Красные треугольники, круги и квадраты – экспериментальные изэнтропы расширения Si из состояний с  $P = 2,192$ ,  $P = 1,599$  и  $P = 1,02$  Мбар



Лазер на парах цезия



Зависимость мощности генерации от мощности накачки и пропускания окон кюветы.  
 — — расчет: длина активной среды лазера  $L = 3,6$  см, температура  $T = 120^\circ\text{C}$ , площадь поперечного сечения пучка накачки в лазерной среде  $S_w = 0,2$  см<sup>2</sup>, угол схождения пучка накачки  $\alpha = 5^\circ$ ; ■ — эксперимент:  $L = 3,6$  см,  $T = 120^\circ\text{C}$