

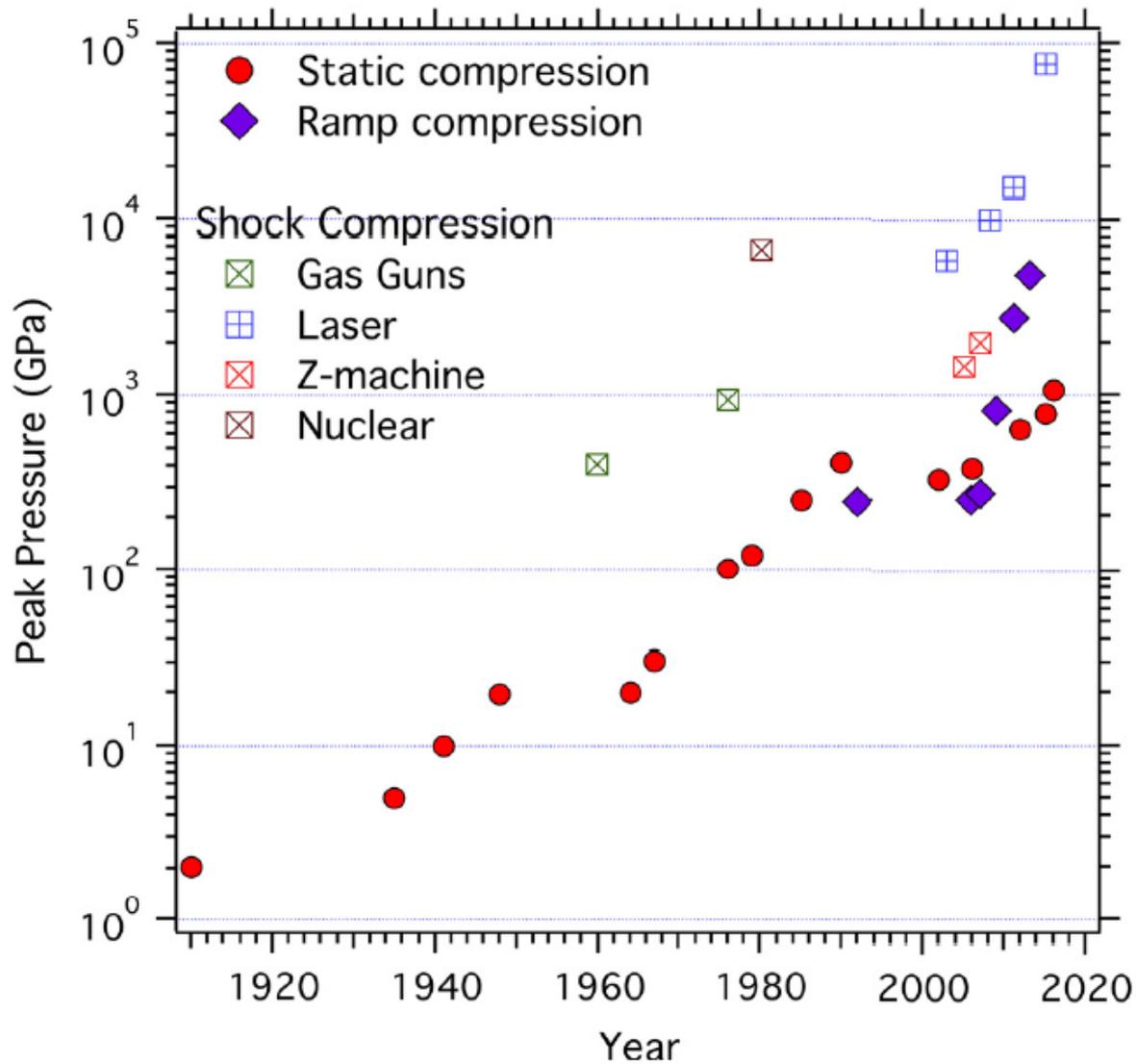
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

А.П. Кузнецов¹, К.Л. Губский¹, А.В. Михайлюк¹, В.Н. Деркач², П.И. Коновалов³

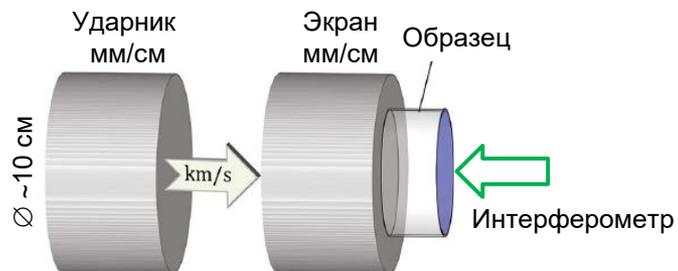
¹НИЯУ МИФИ г. Москва

²РФЯЦ-ВНИИЭФ г. Саров

³ВНИИА им. Н. Л. Духова, г. Москва



К вопросу об ударной сжимаемости веществ



Для измерения давления и плотности динамическими методами могут быть использованы кинематические параметры ударных волн:

D – скорость распространения фронта ударной волны;

U – скорость перемещения сжатого вещества за фронтом УВ.

Из законов сохранения:

- импульса

$$P - P_0 = \rho_0 D U$$

- массы

$$\rho = \rho_0 D / (D - U)$$

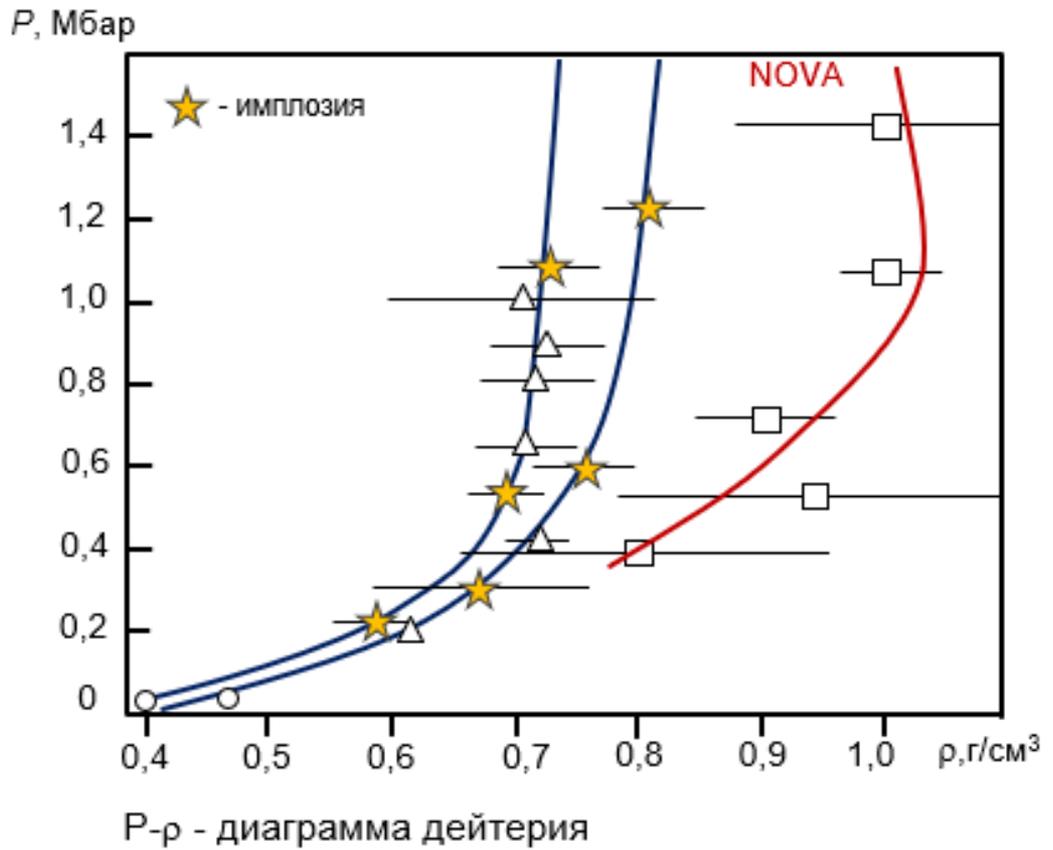
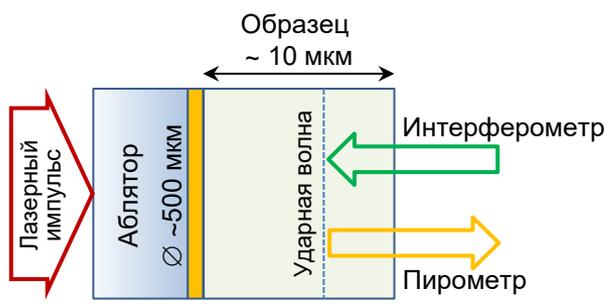
- энергии

$$E - E_0 = 0,5 (P - P_0) (1/\rho_0 - 1/\rho)$$

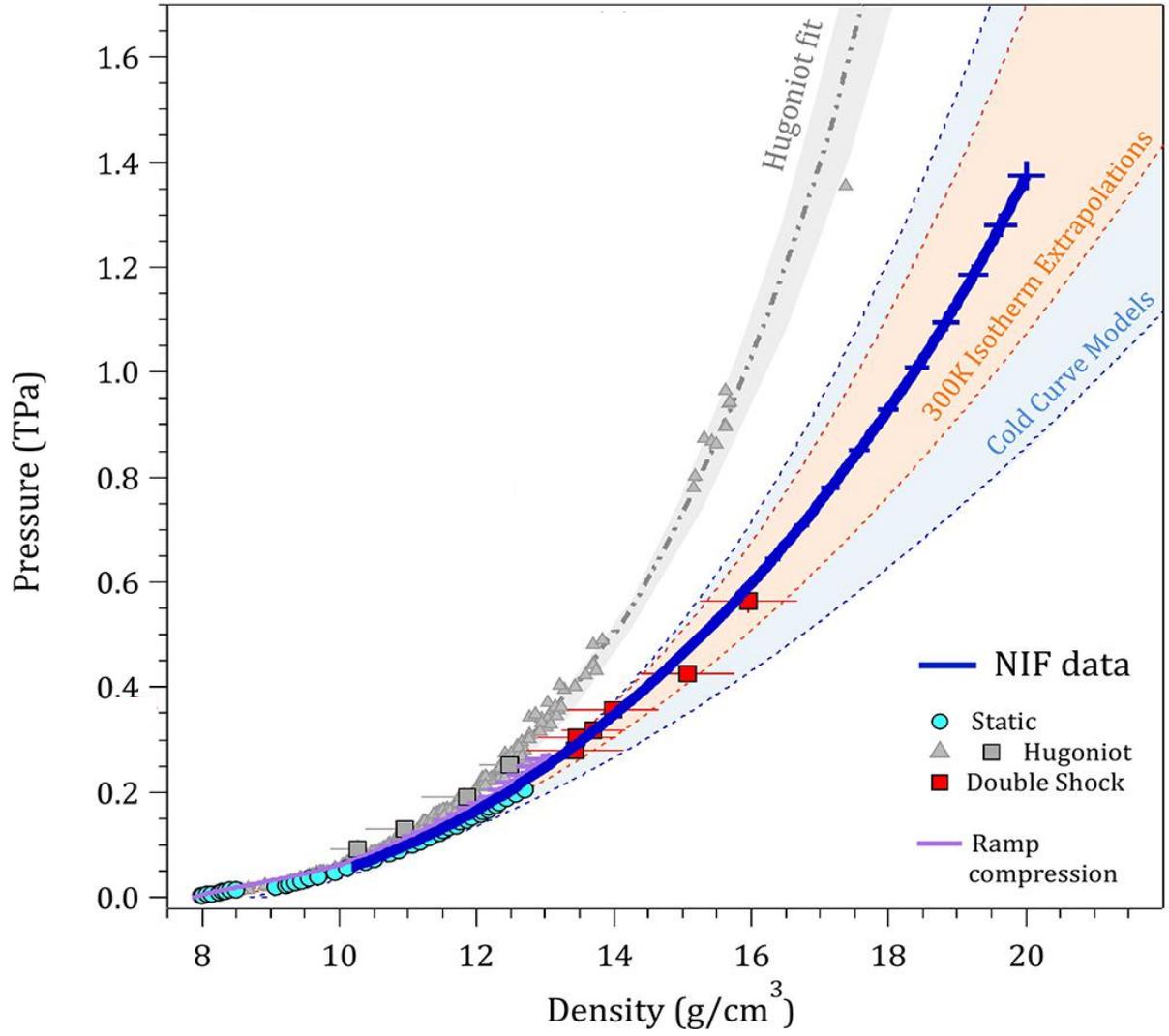
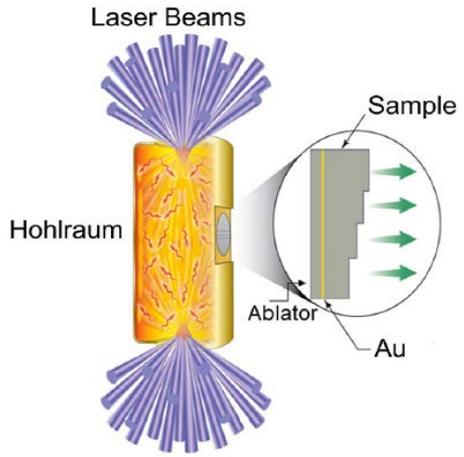
E_0 – удельная внутренняя энергия при нормальных условиях

ρ_0 – начальная плотность вещества

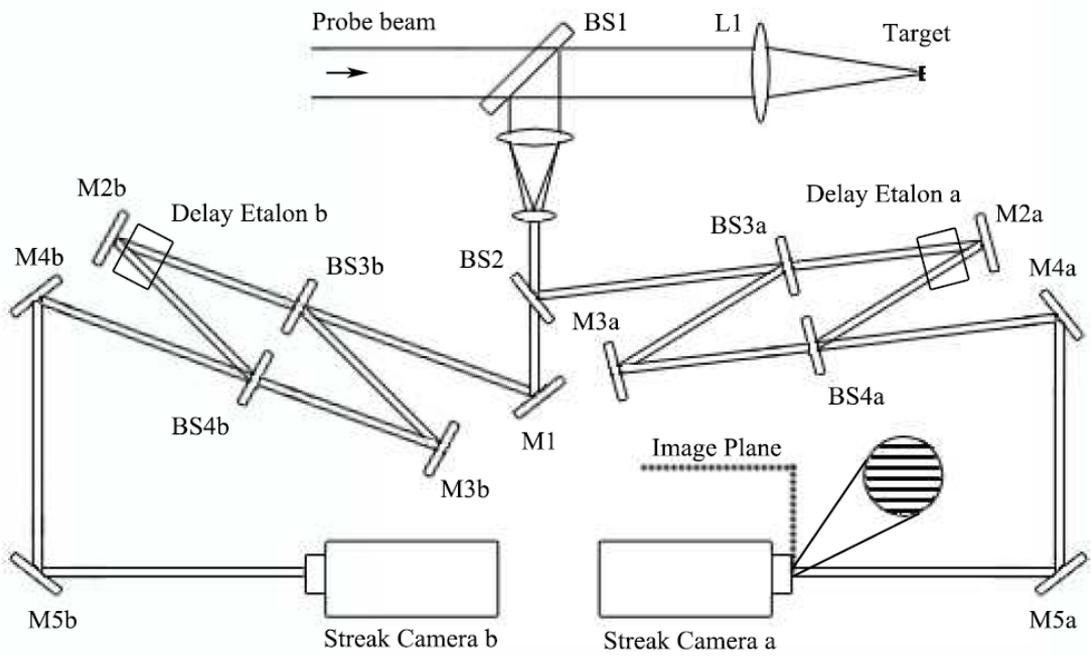
К вопросу об ударной сжимаемости веществ



К вопросу об ударной сжимаемости веществ

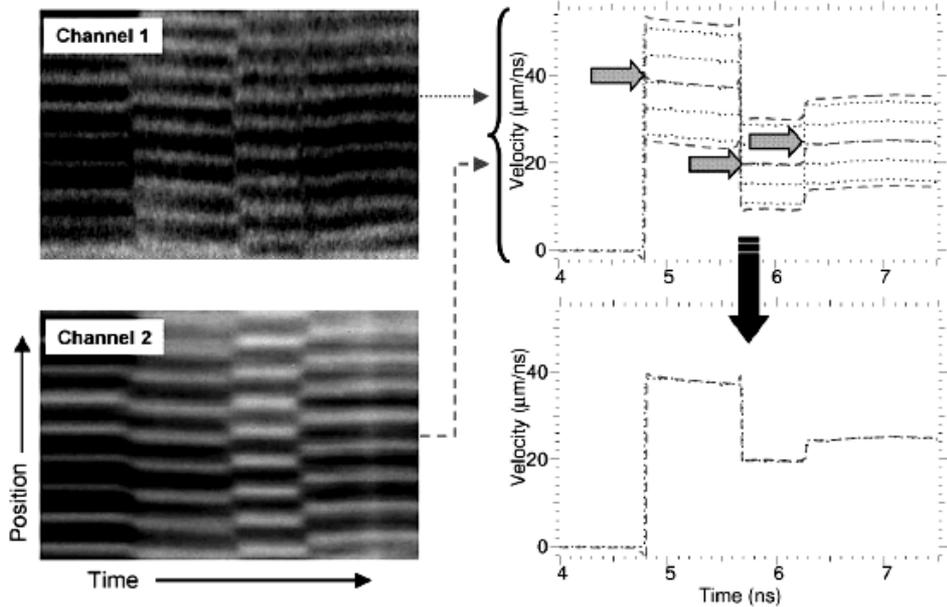


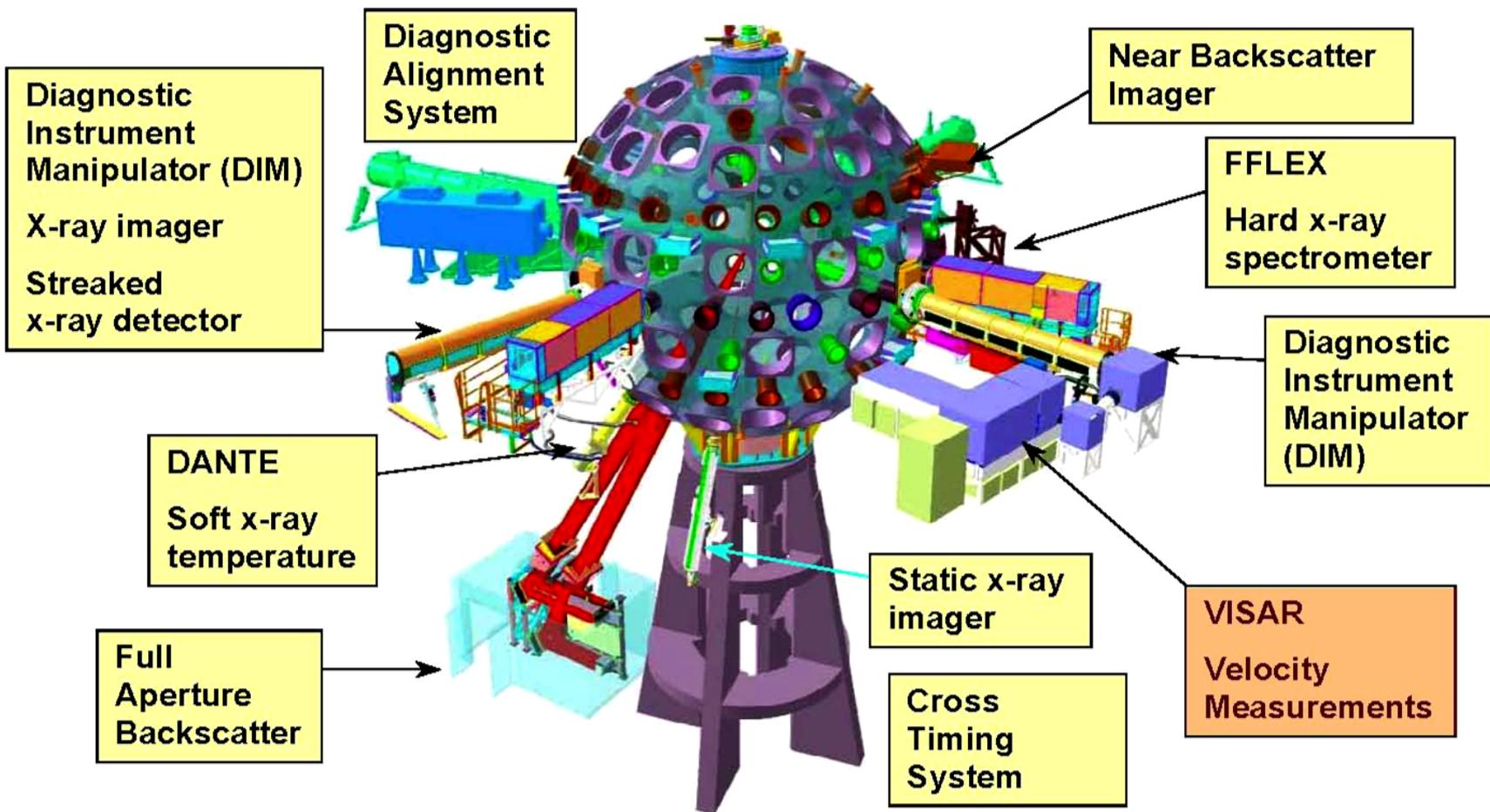
Принцип работы



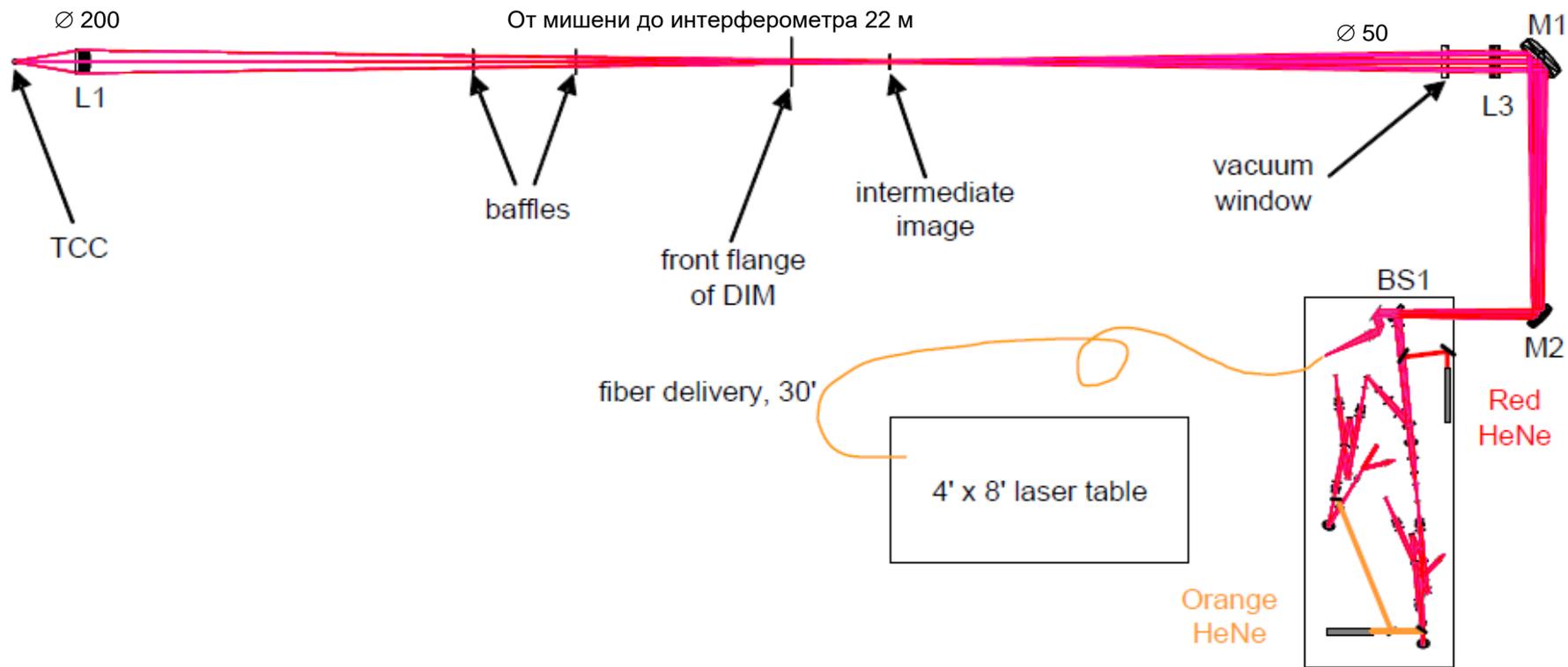
Принципиальная схема интерферометрического измерителя скорости с визуализацией поля: L1- линза, M1–4 - зеркала, BS1–3 - светоделители

Для измерений интерференционная картина настраивается таким образом, чтобы получить 15-20 полос на размер кадра. Использование стрик-камер в качестве регистрирующей системы позволяет получить пикосекундное временное разрешение.



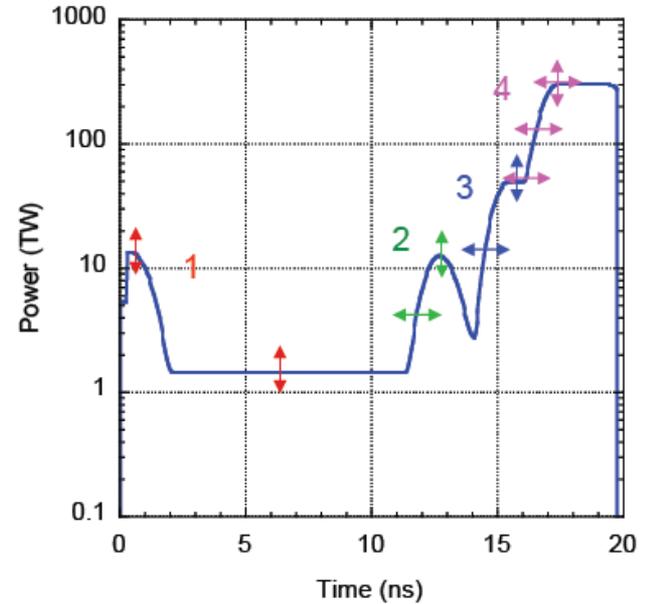
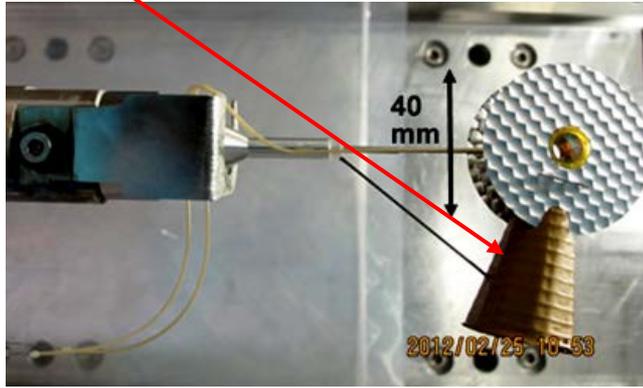
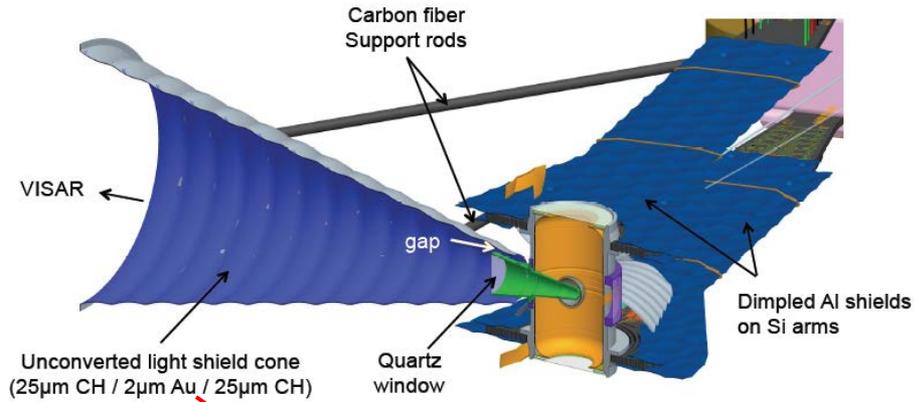


ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА VISAR NIF

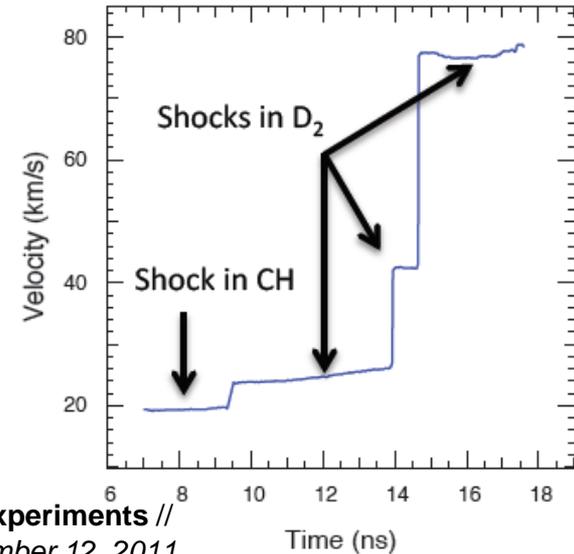
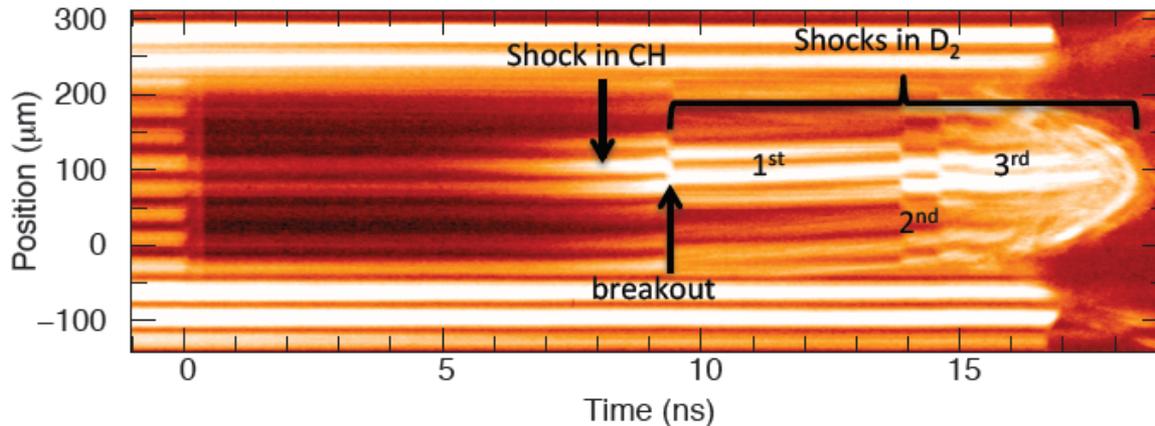




Shock timing on the National Ignition Facility

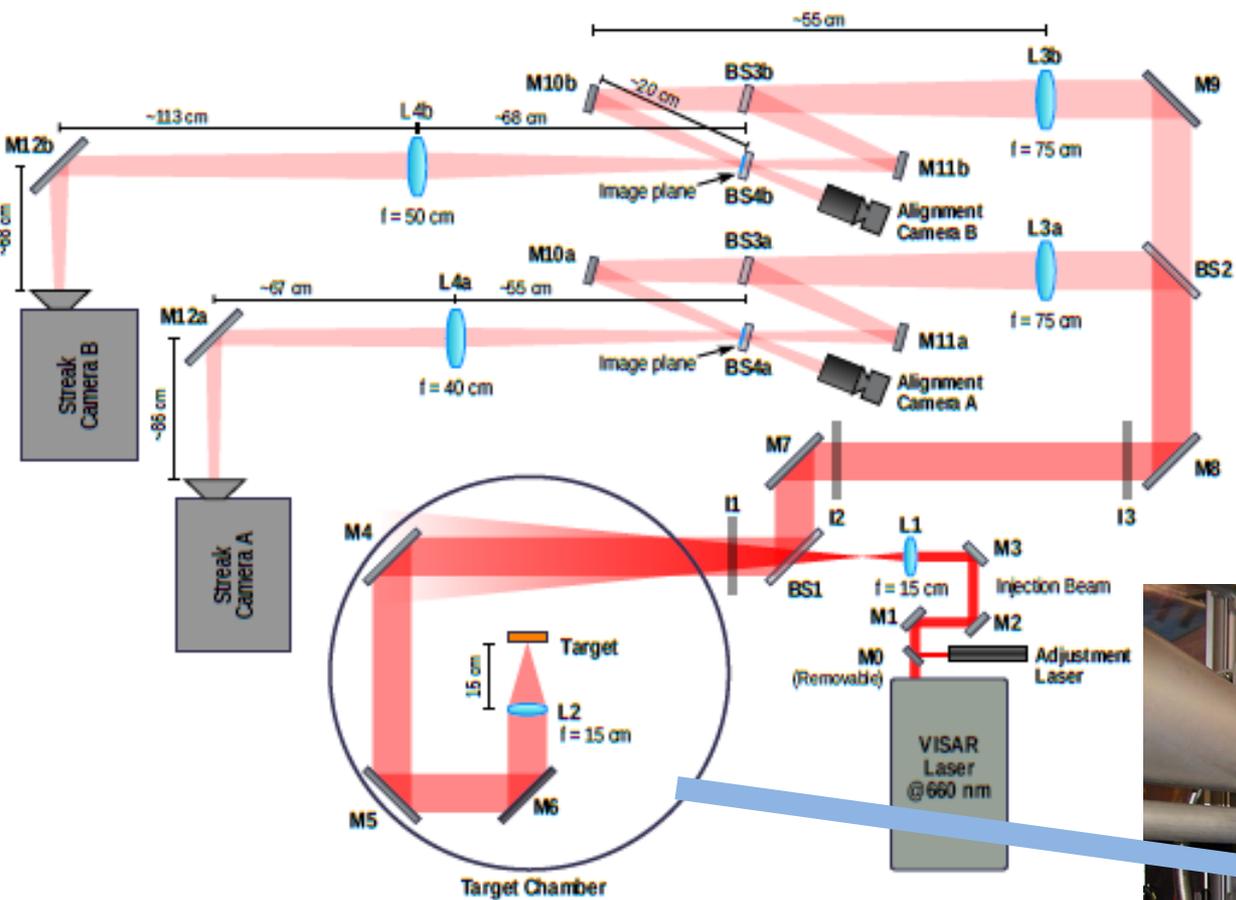


A typical laser pulse for an indirect drive ignition capsule has many adjustable parameters.



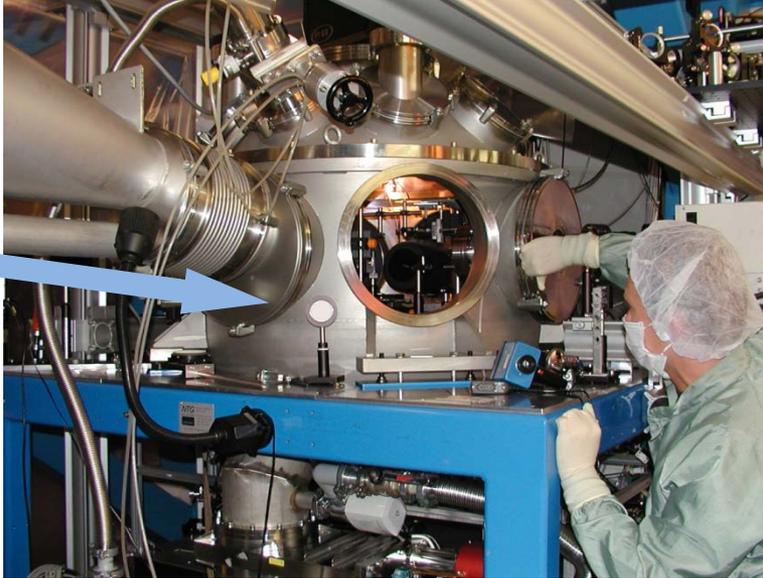
PHELIX (Petawatt High Energy Laser for Heavy-Ion Experiments)

GSI Германия

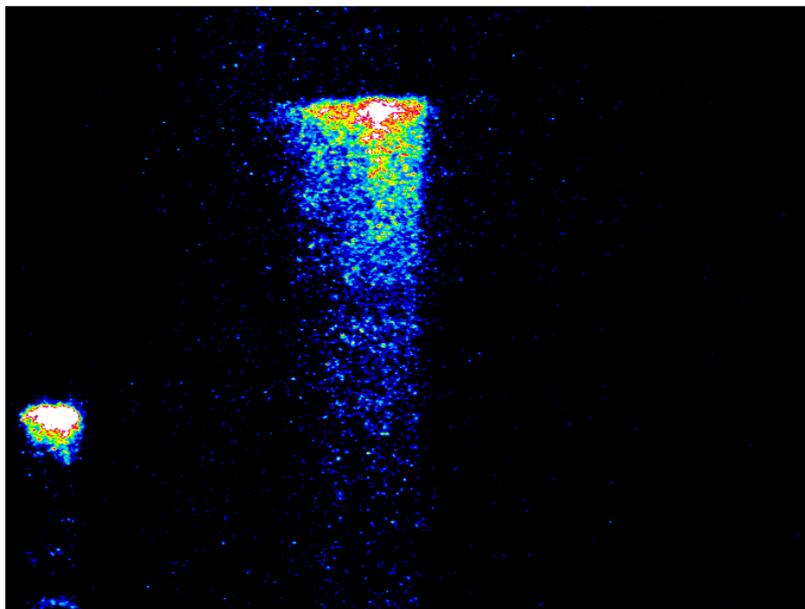
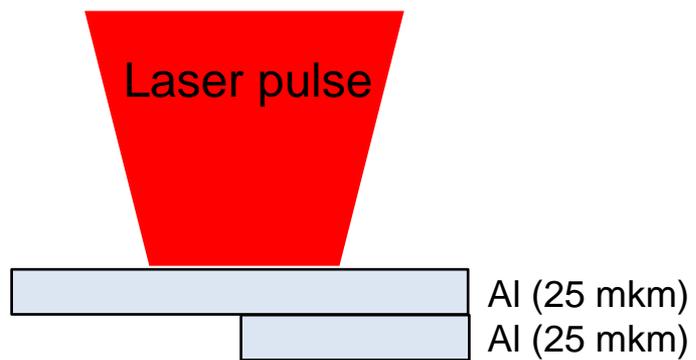


	Long pulse	Short pulse
Pulse duration	0.7 – 20 ns	0.7- 20 ps
Energy	0.3 – 1 kJ	120 J
Max intensity	10^{16}W.cm^{-2}	10^{20}W.cm^{-2}
Repetition rate at maximum power	1 shot every 1h 45	
Temporal Contrast	50 dB	60 dB

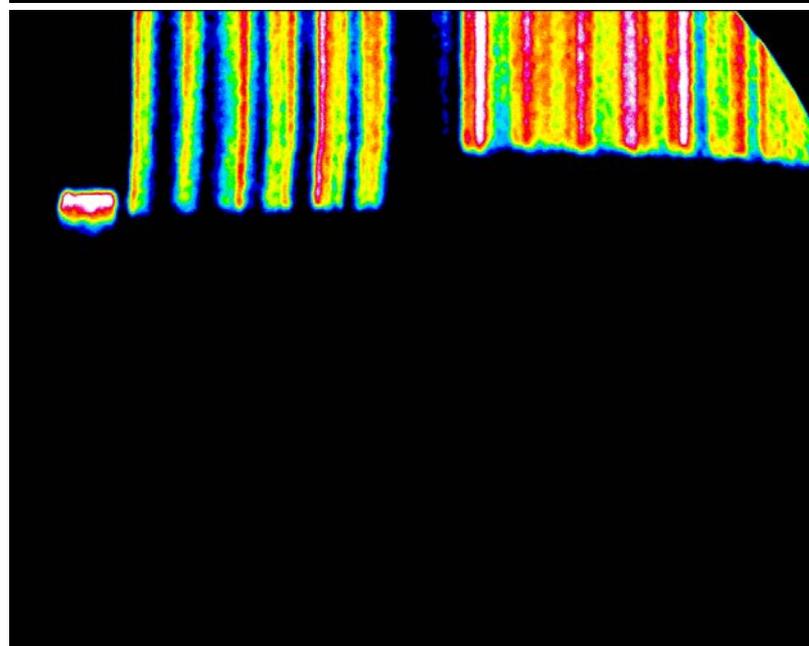
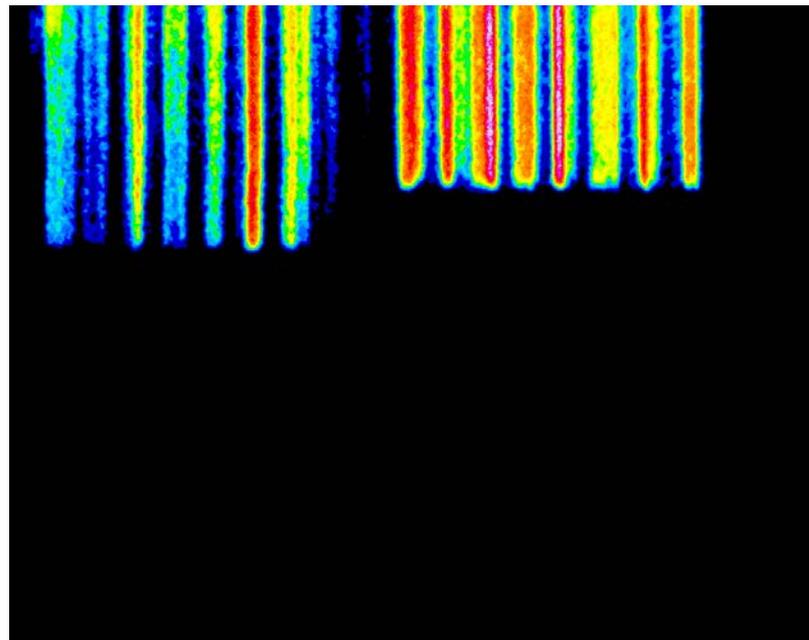
Line imaging interferometer Z6 GSI



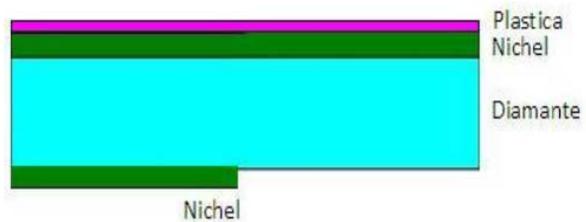
Shot # 22
Energy 139 J



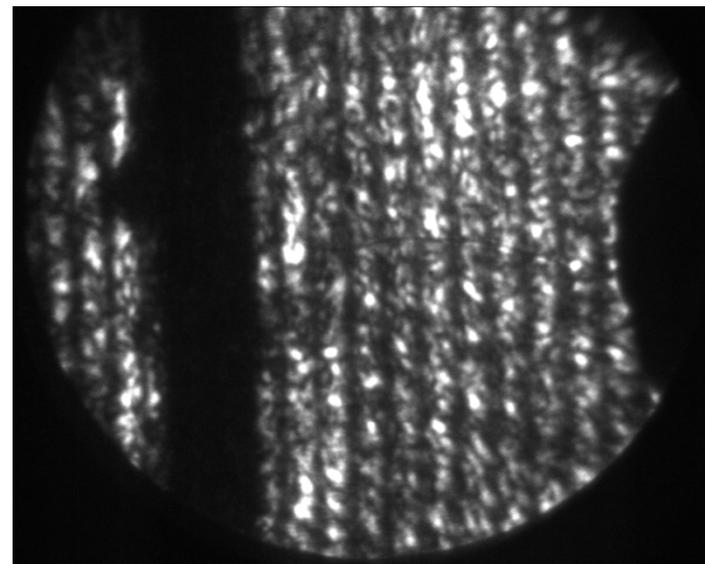
33 ns



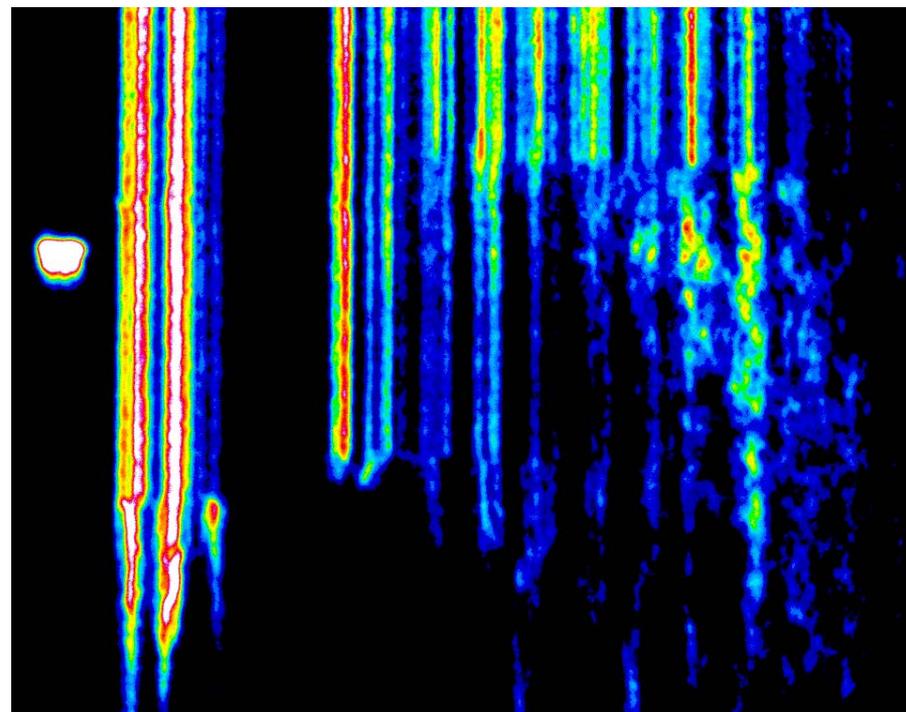
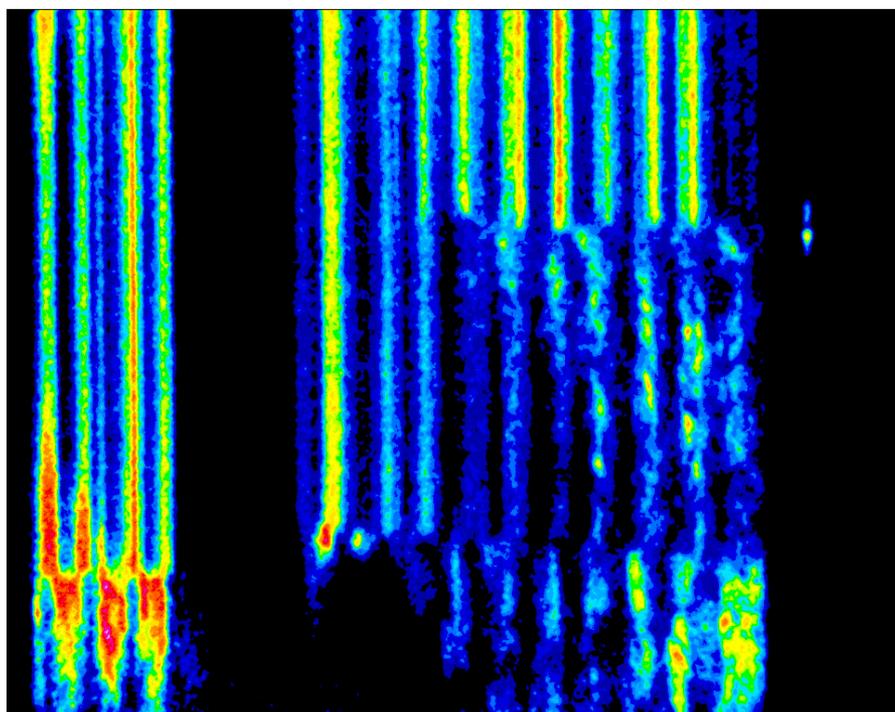
Shot # 15
Energy 149 J



Diamond: 280mkm



33 ns

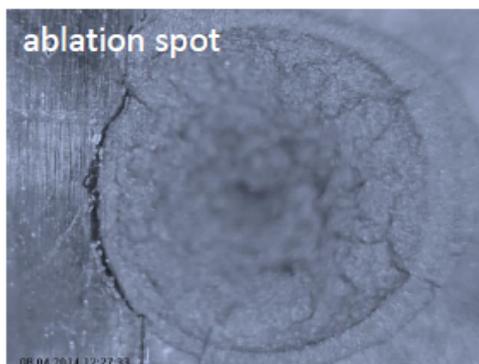
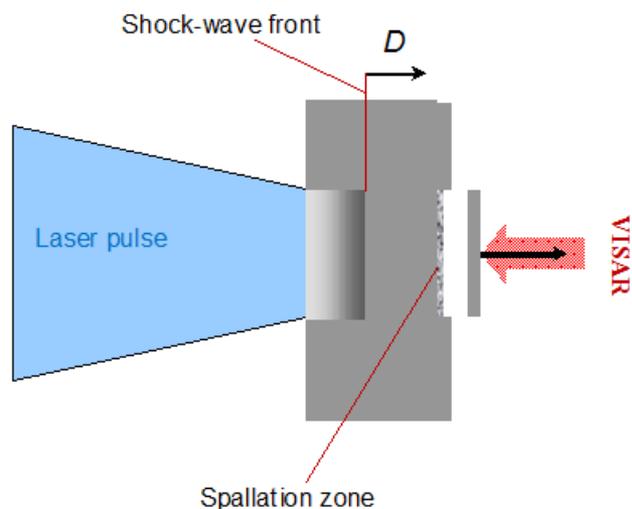


Исследование плоских ударных волн, генерируемых мощным наносекундным лазерным импульсом

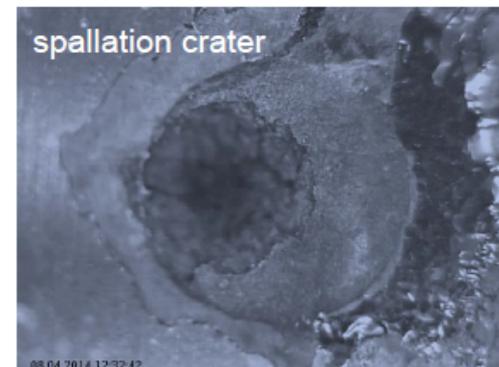
Laser: 2ω (0.530 μm); 1.2 ns ; 120 J, 0.5-1mm Phase plate, $I < 10^{14}$ W/cm²
Target: 0.1-2 mm thick plates of Al (standart) and novel Carbon composites
area: Z6

for these laser parametres in Carbon expected
 max. pressure up to 4 MBar, shock velocitites - up to 23 km/s

Images of ablation spots and spallation craters, obtained with an optical microscope (2mm thick Al plate,GSI), post shot diagnostic.



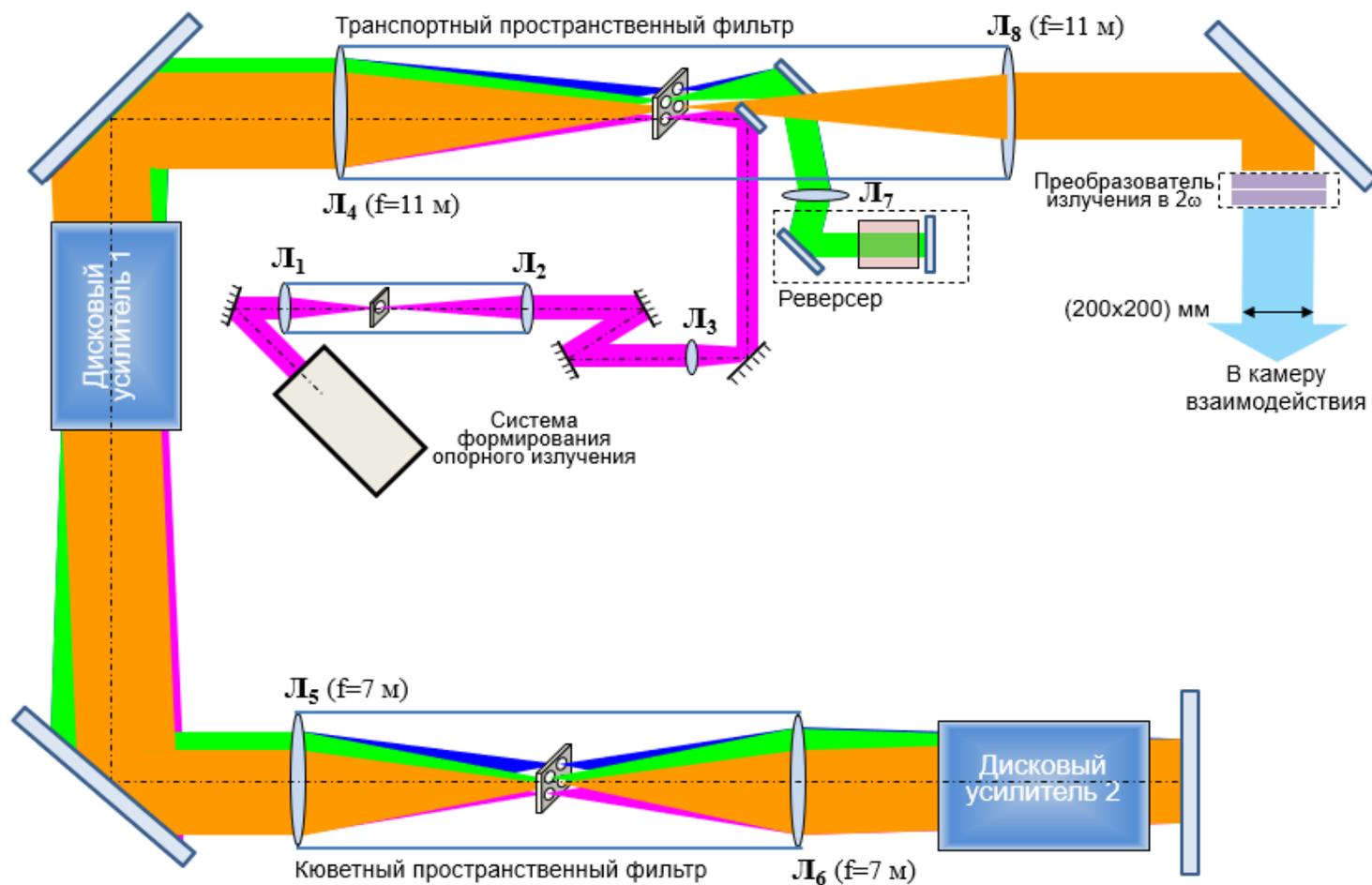
The front side of the target, irradiated by ns-laser pulse



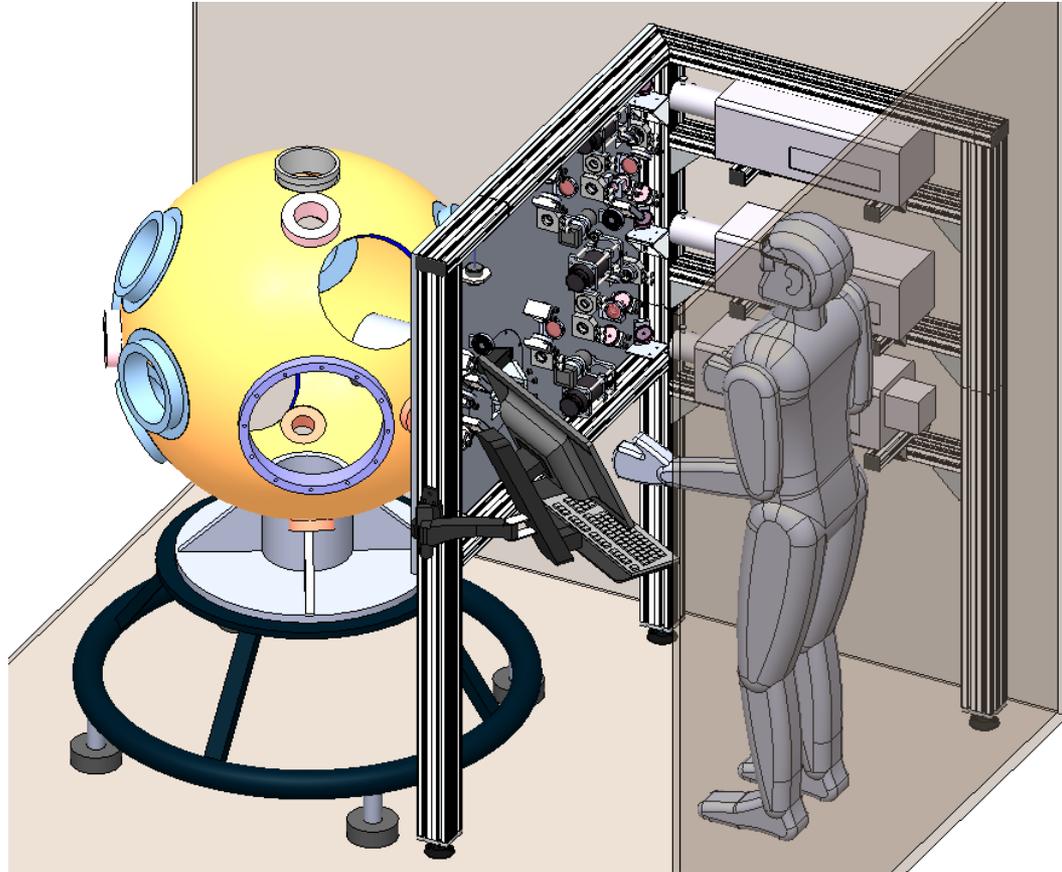
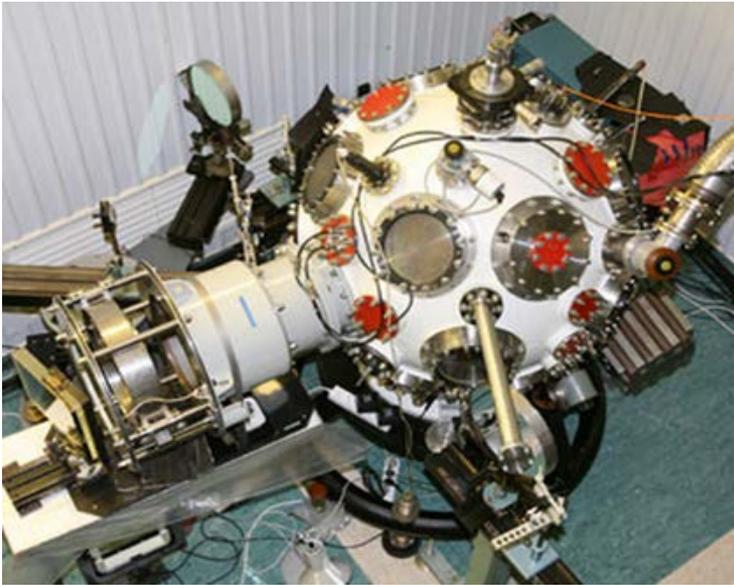
The rear side of the target: spallation crater.

Установка «Луч» РФЯЦ ВНИИЭФ (г. Саров)

- Установка «Луч» - четырехканальный лазер на неодимовом фосфатном стекле.
- Размер одного лазерного пучка 20 x 20 см.
- Энергия в одном лазерном пучке 3,5 кДж на $\lambda=1054\text{нм}$.
- Длительность лазерного импульса $\tau=2 - 4\text{нс}$.

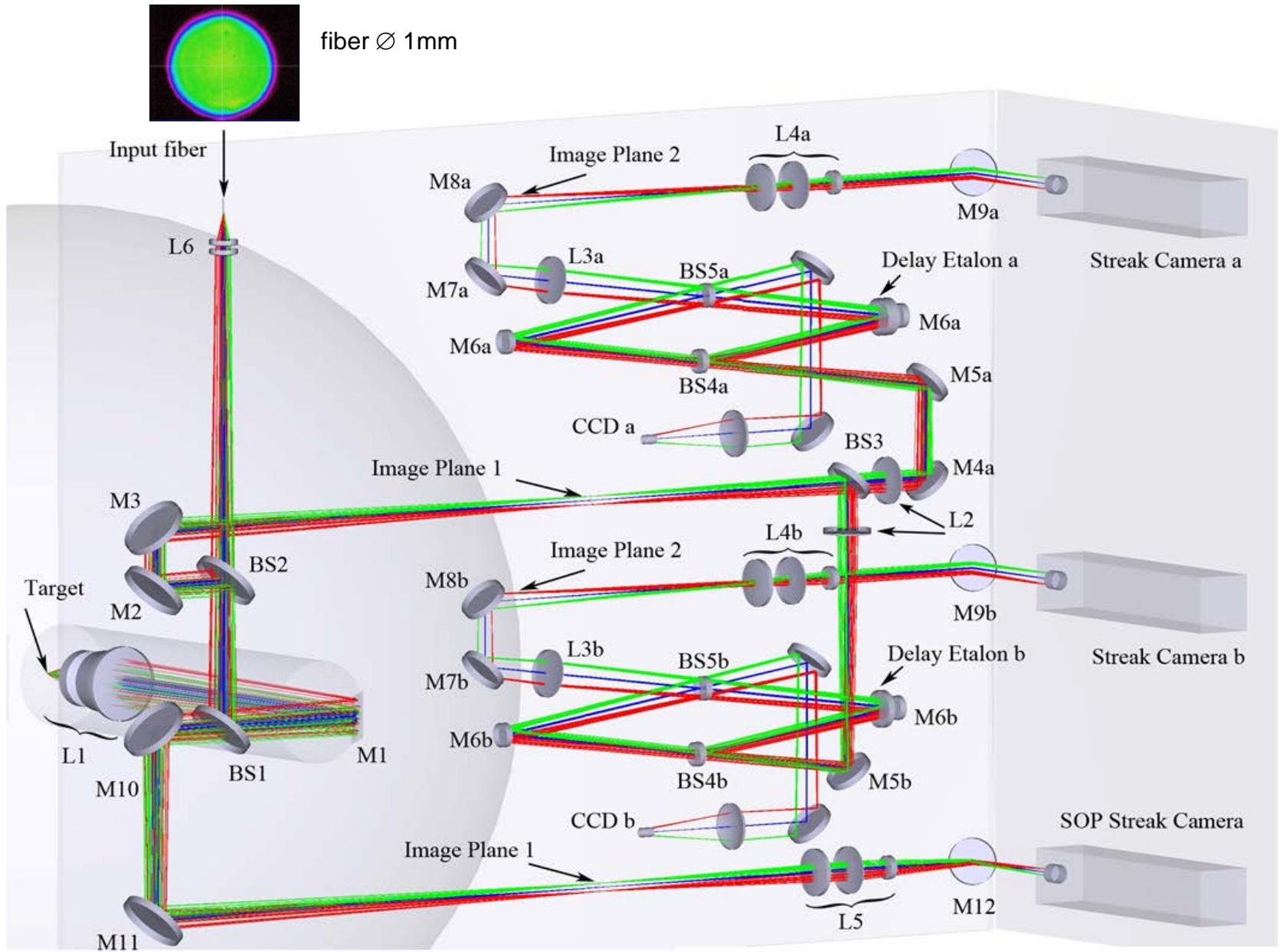


Интеграция измерительного Комплекса в состав Стенда установки «Луч» для исследования УРС веществ

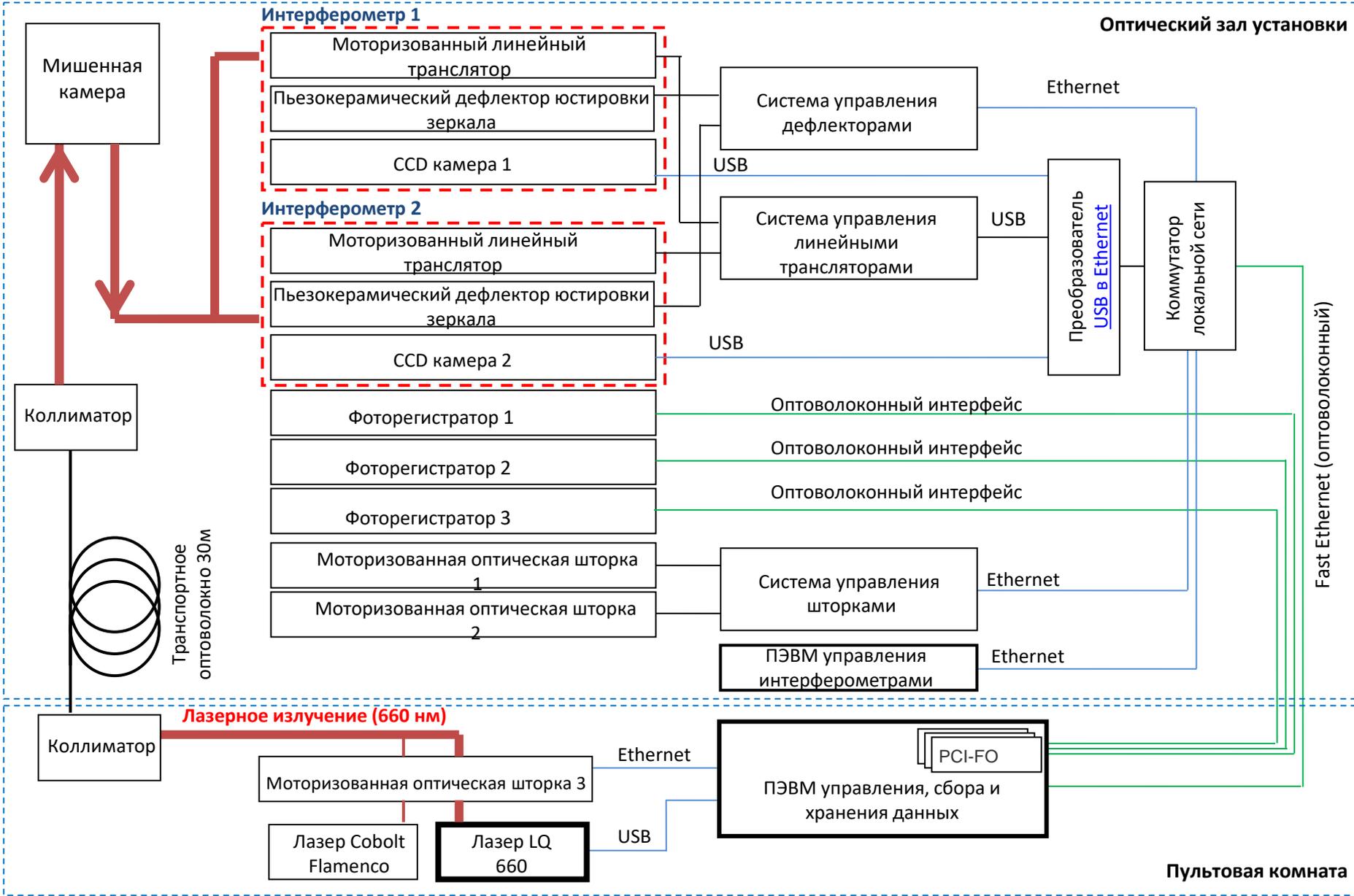


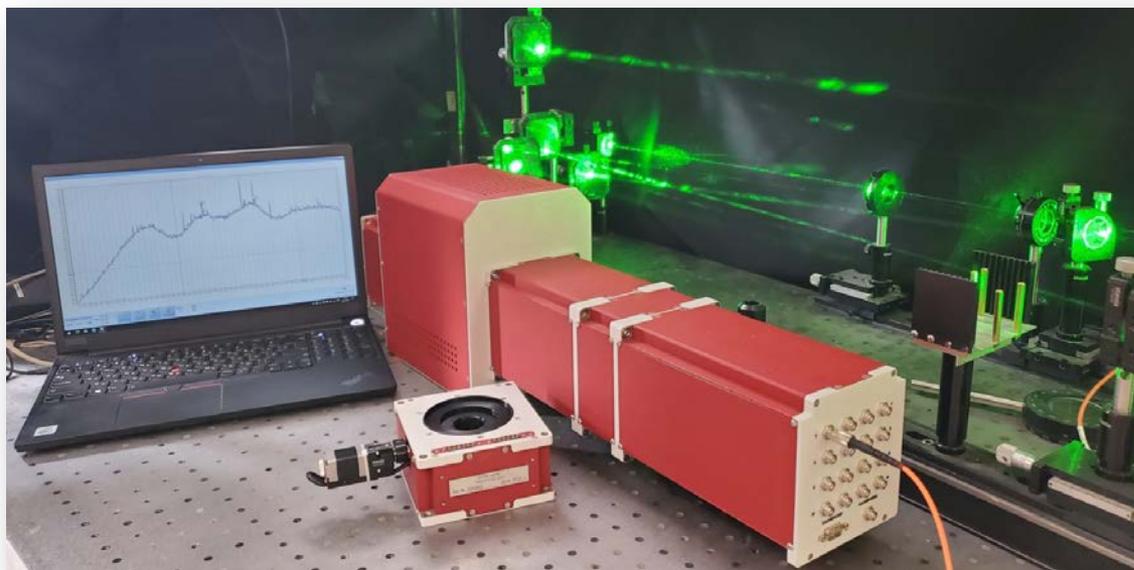
Параметры системы

Размер мишени, мм	0.3-0.6
Увеличение	11 - 22
Пространственное разрешение, мкм	3 - 5
Временное разрешение, пс	20
Диапазон измеряемых скоростей, км/с	5 - 50



Блок-схема измерительного Комплекса





Параметры

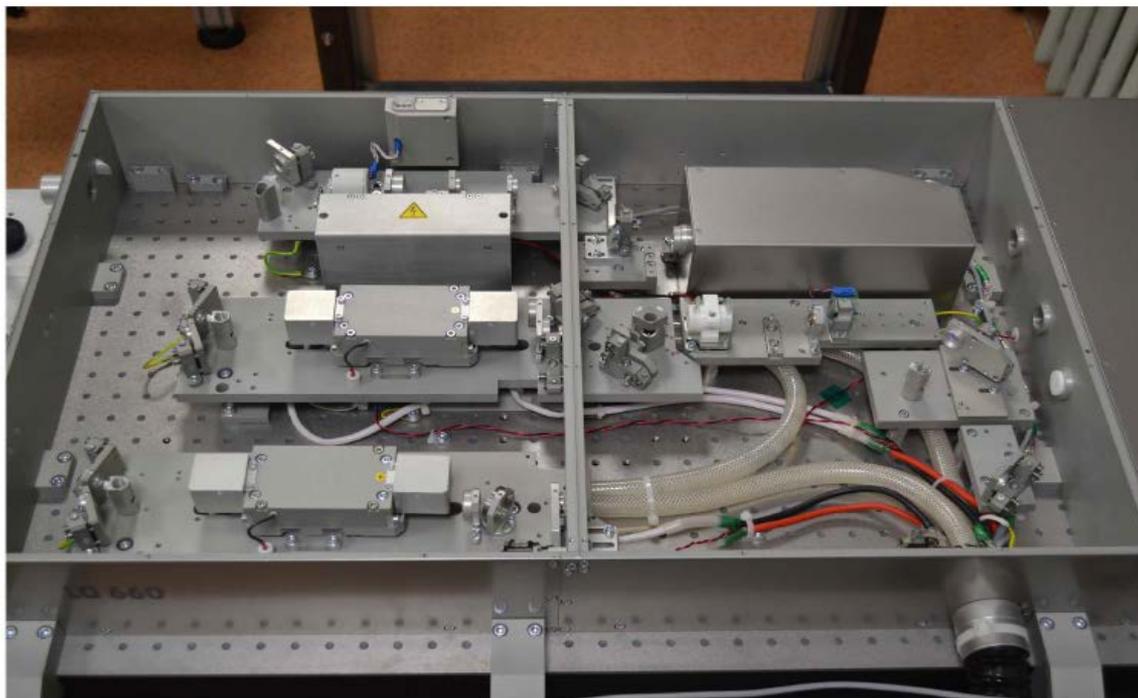
Спектральная чувствительность, нм	410 - 870
Техническое временное разрешение, пс	20
Пространственное разрешение, мкм	3 - 5
Динамический диапазон регистрации	1500
Длительность разверток	5 нс - 100 мкс

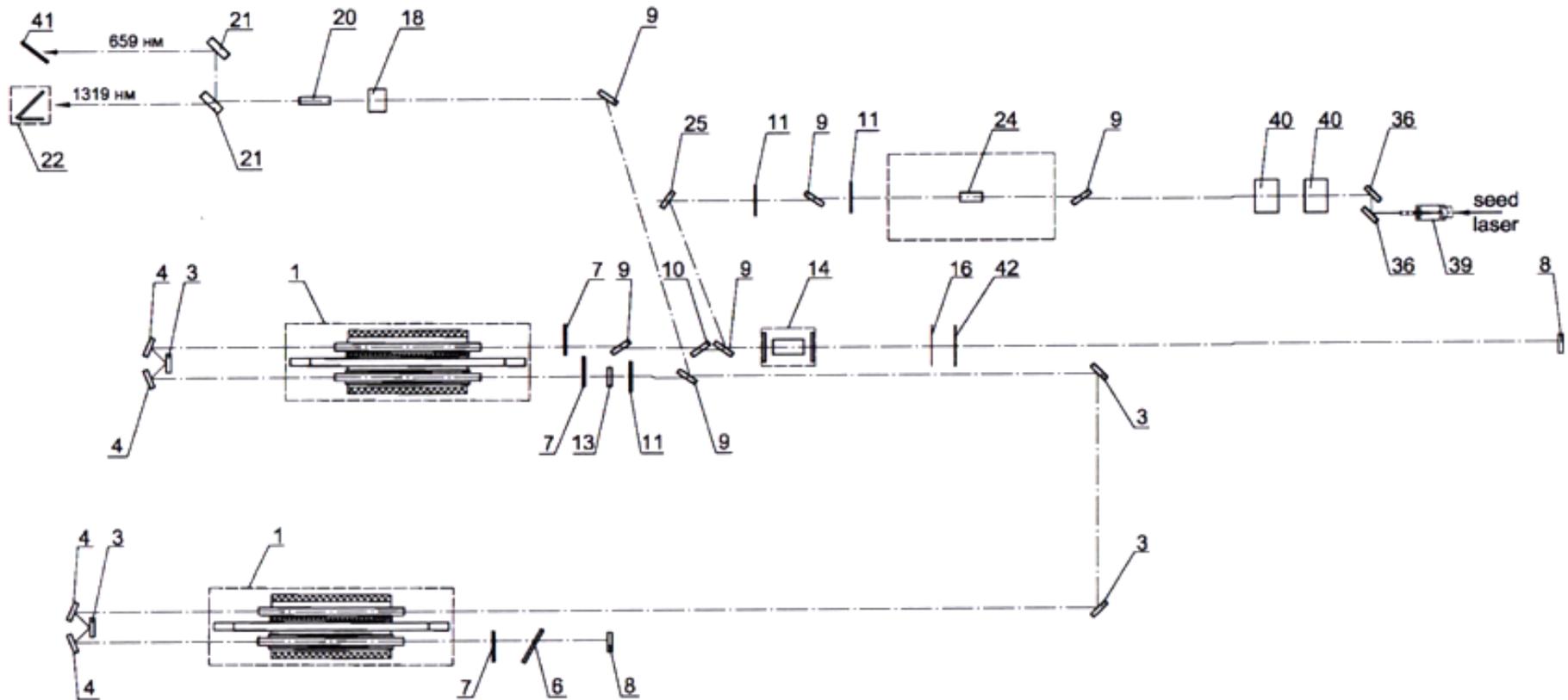
Зондирующая лазерная система

Разработанная лазерная система выполнена по схеме МОРА (Master Oscillator Power Amplifier) и включает в себя импульсный Nd:YAG лазер на длине волны 1319 нм, работающий в режиме модуляции добротности, непрерывный полупроводниковый перестраиваемый лазер на той же длине волны, двухпроходный усилитель и преобразователь во вторую гармонику.

Параметры лазера

Длина волны, нм (2ω)	660
Частота повторения, Гц	10
Энергия, мДж	~30
Длительность, нс	~50

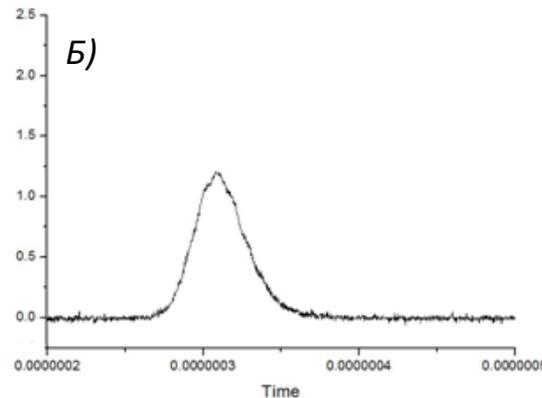
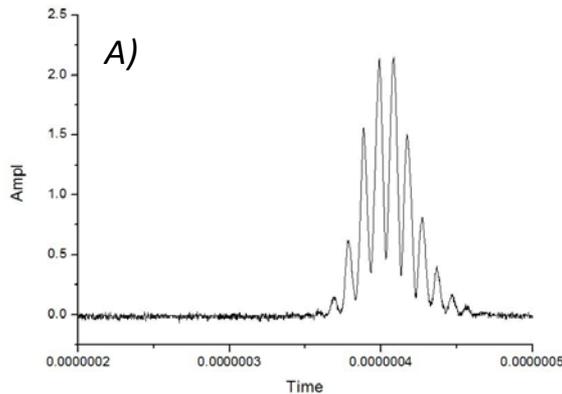
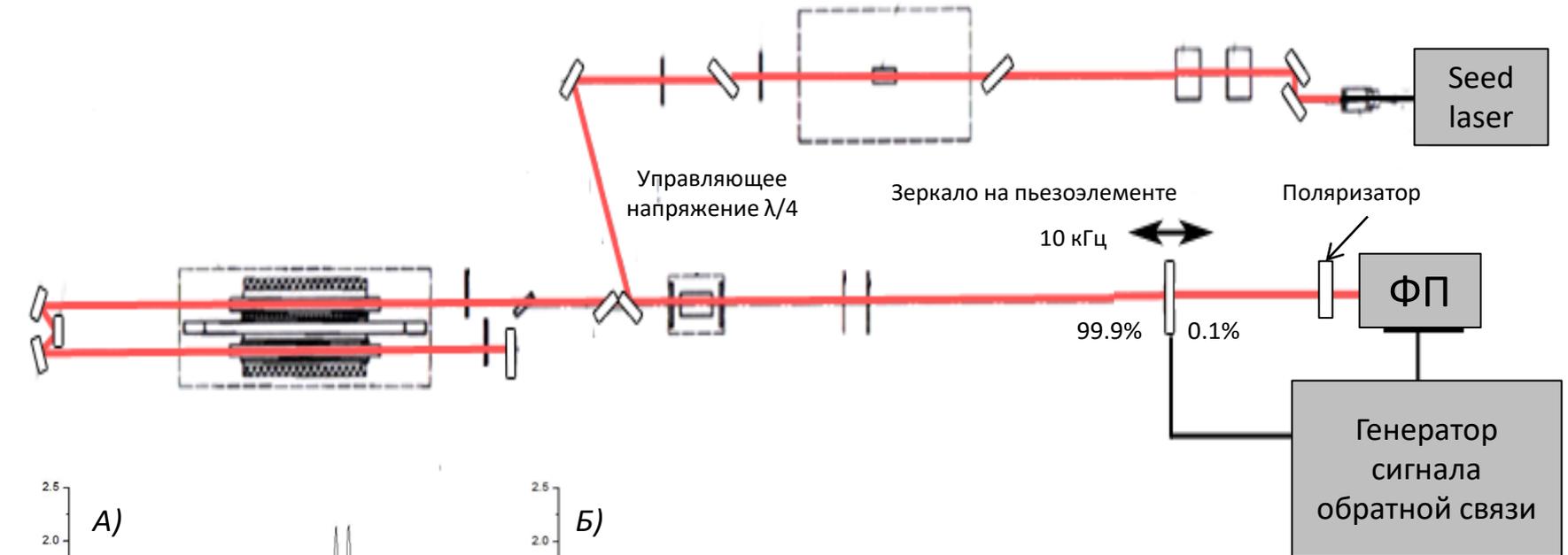




1 – квантрон; 3,4 – зеркало поворотное; 6 – компенсатор $r = -3.7$ м; 7 – фазовая пластинка $\lambda/4$ 1319 нм; 8 – зеркало глухое 1319 нм; 9 – поляризатор; 10 – компенсатор смещения пучка; 11 – фазовая пластинка $\lambda/2$ 1319 нм; 13 – зеркало фыходное 1319 нм; 14 – ЭО затвор на кристалле DKDP; 16 – апертурная диафрагма; 18 – ротатор кварцевый 45° ; 20 – кристалл КТР; 21 – зеркало дихроичное; 22 – ловушка излучения; 24 – вращатель Фарадея; 25 – зеркало поворотное; 36 – зеркало поворотное $i = 45^\circ$; 39 – коллиматор F260АНС-С; 40 – оптический изолятор; 41 – окно защитное под углом Брюстера; 42 – управляемая заслонка

Система стабилизации резонатора

Одночастотный режим работы импульсного Nd:YAG лазера в данной схеме достигается за счет инъекции одночастотного излучения в резонатор. Длина волны излучения лазера инъекции при этом подстраивается под одну из продольных мод импульсного лазера вблизи центра линии усиления.



Импульсы многочастотной (А) и одночастотной (Б) генерации

Тестовые эксперименты на установке «Луч»

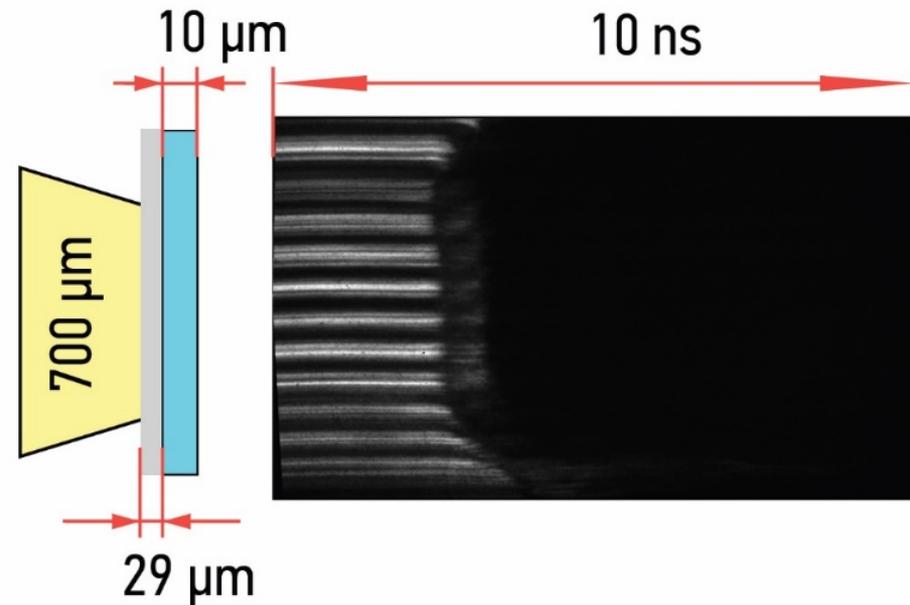
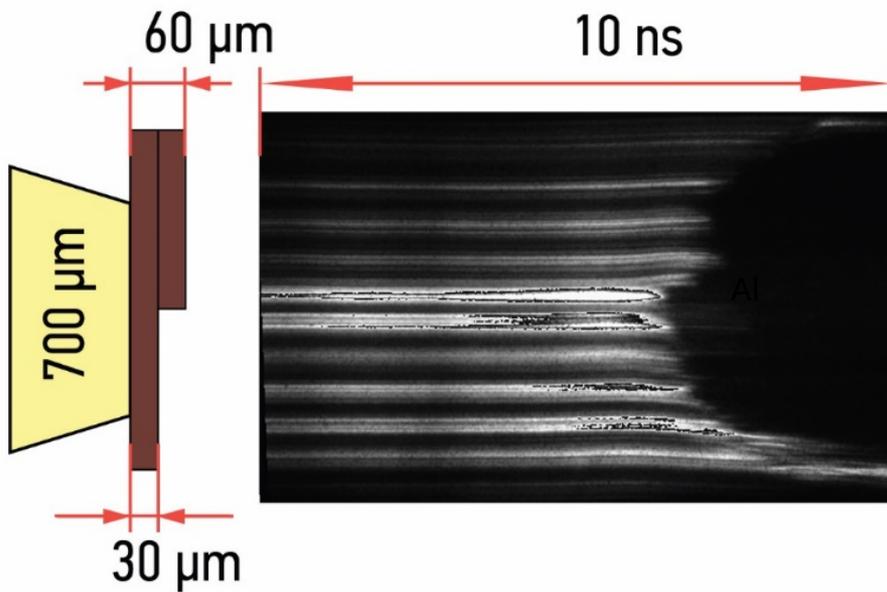
Силовой лазер

Длина волны (2ω) - 527 нм

Энергия в импульсе - ~500 Дж

Длительность импульса - ~4 нс

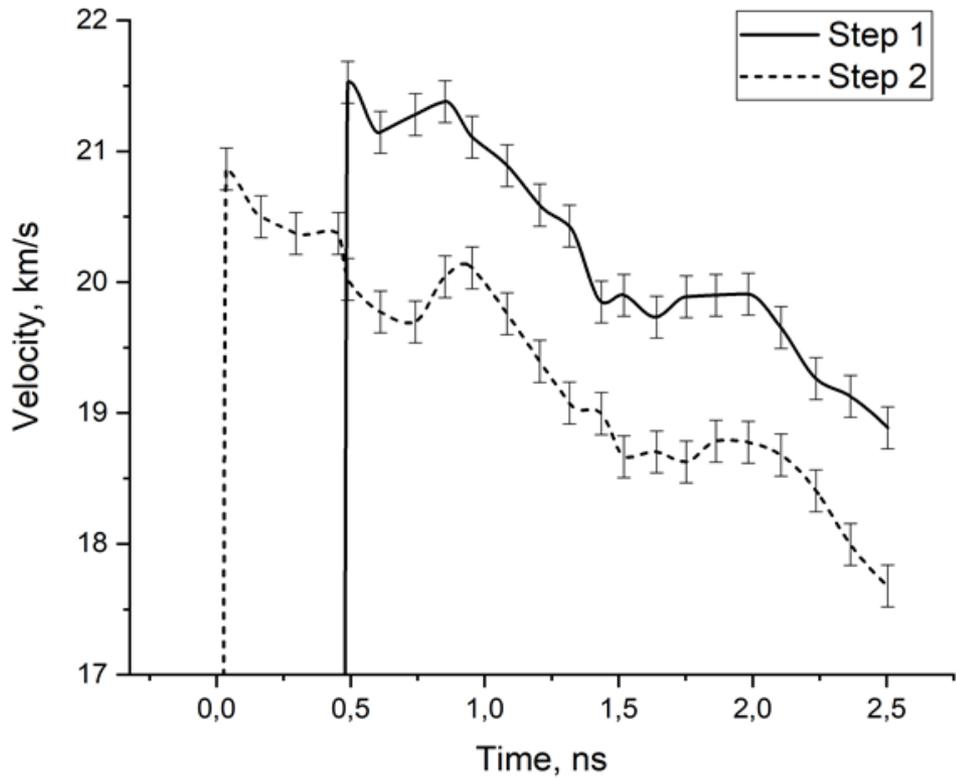
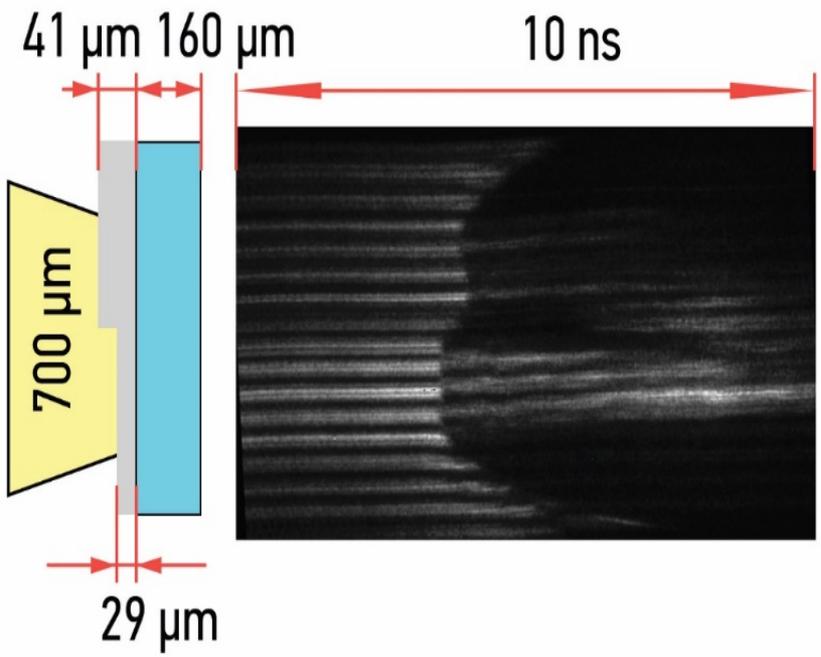
Размер пятна на мишени - 0.3x0.7 мм



Тестовые эксперименты на установке «Луч»

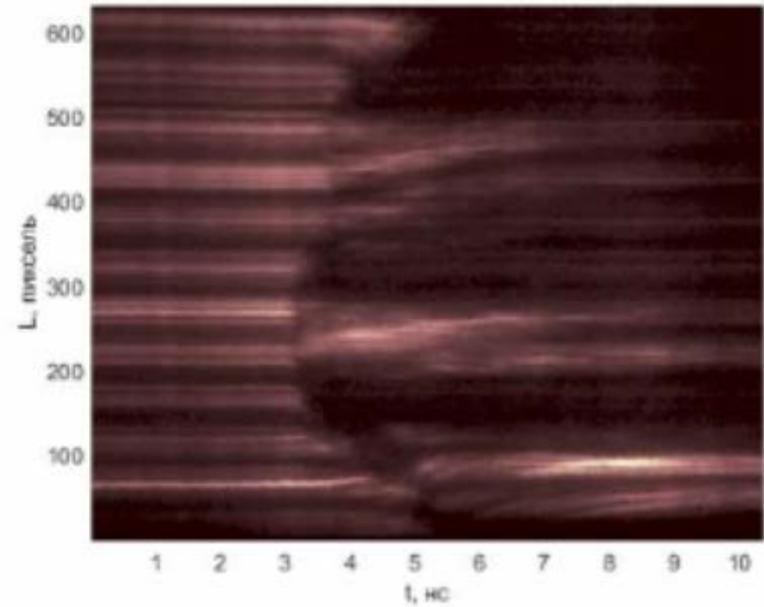
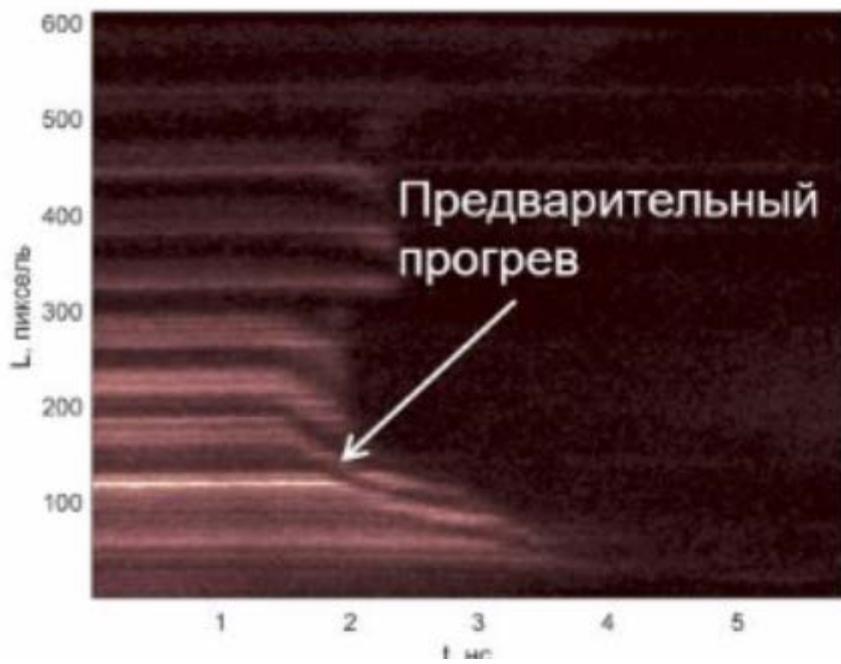
Силовой лазер

Длина волны (2ω) - 527 нм
Энергия в импульсе - ~500 Дж
Длительность импульса - ~4 нс
Размер пятна на мишени - 0.3x0.7 мм



Регистрация излучения подсветки
(отражение поверхности мишени фронта УВ)

Прогрев
конструкции из Al
(20/40 мкм)



Эволюция УВ в
кварце

