

МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ В УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

<u>Кузнецов А.П</u>., Губский К.Л., Пирог В.А., Казиева Т.В., Тищенко И.Ю., Глухов Р.Д. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Из всех существующих на сегодняшний день способов непрерывной регистрации массовой скорости, наиболее информативными являются лазерные методики на основе измерения допплеровского сдвига частоты зондирующего излучения, отраженного от поверхности исследуемого объекта.

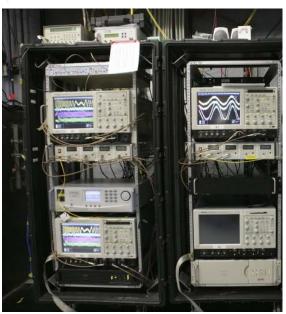


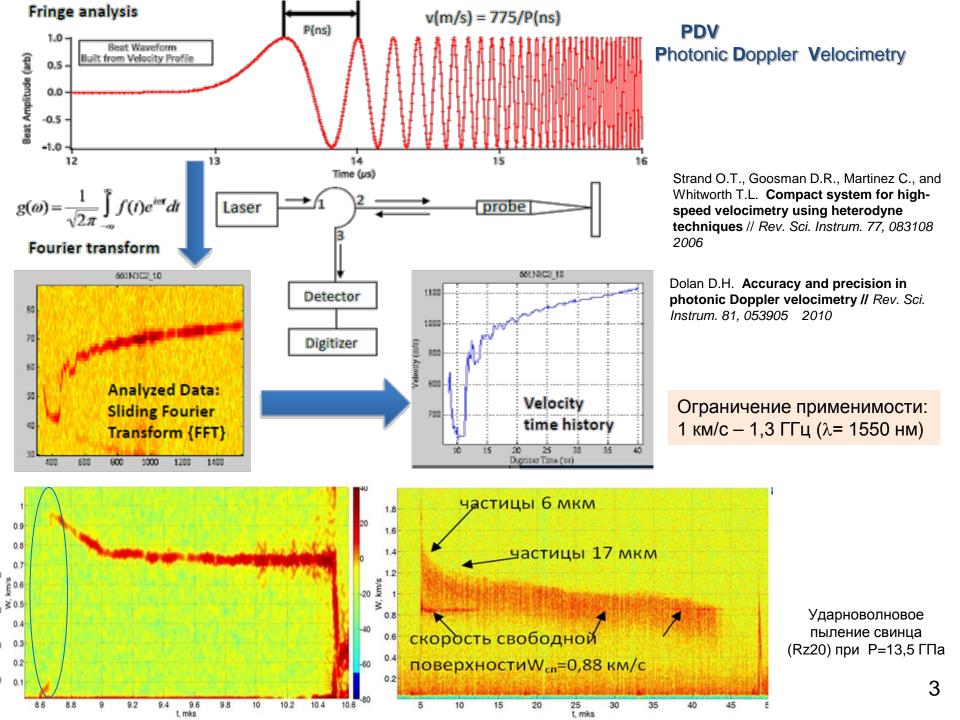


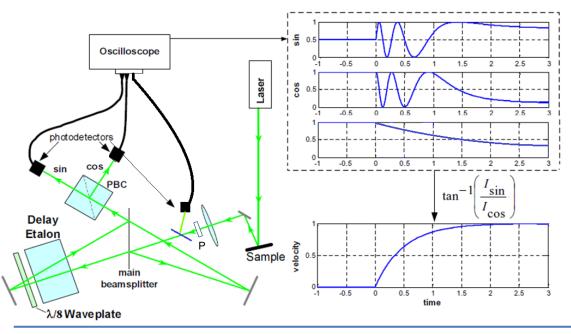






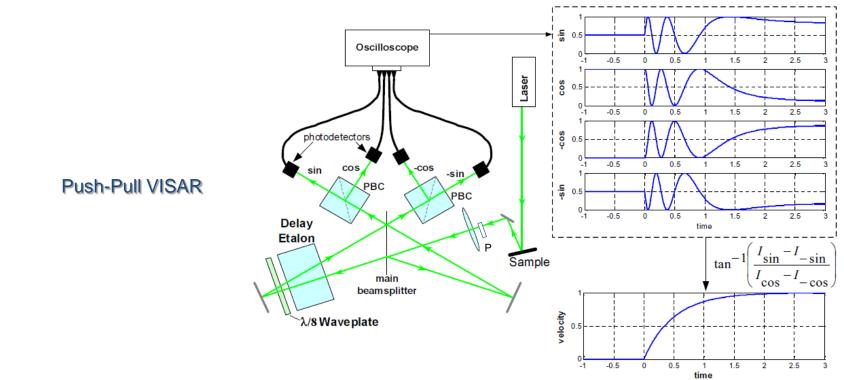




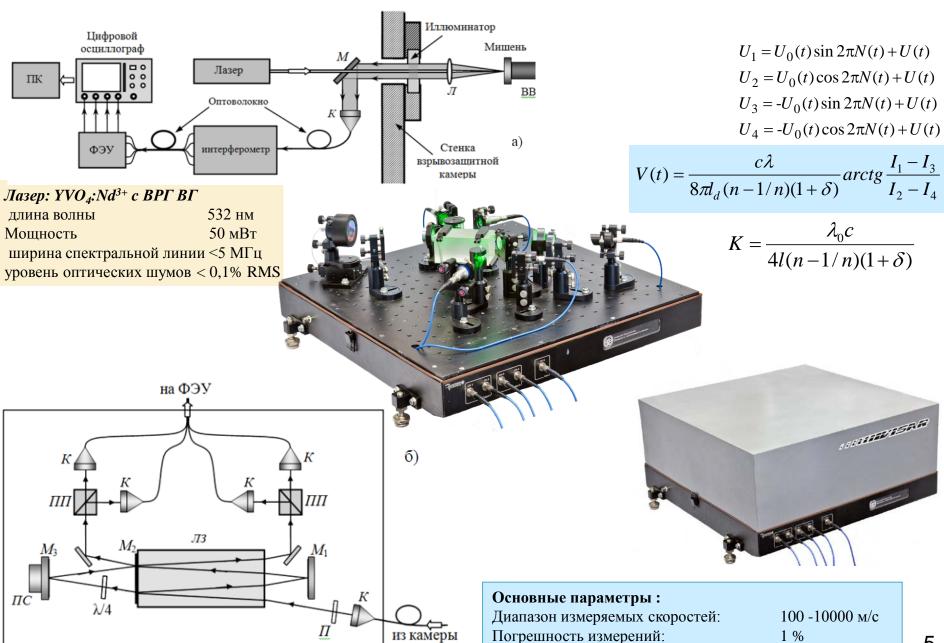


VISAR - Velocity Interferometer System for Any Reflector

Barker L. M. and Hollenbach R. E. Laser interferometer for measuring high velocities of any reflecting surface // *J. Appl. Phys*, 43(11), 4669,1972.



КВАДРАТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ НЕРАВНОПЛЕЧНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР (2009 г)



Оптическая схема интерферометра

Временное разрешение:

1⋅10⁻⁹ c

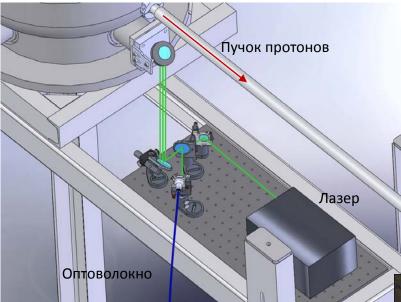
ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРА В СОСТАВ ПРОТОГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТВН-ИТЭФ (2010-2011гг)

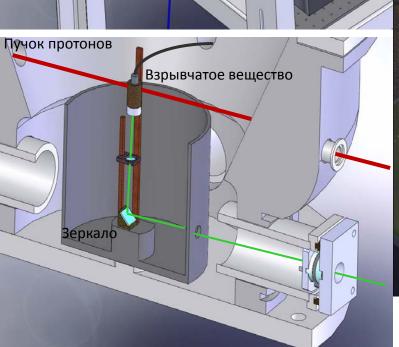




Взрывозащищенная вакуумная камера аттестована на мощность взрывчатого вещества массой до 100 г в тротиловом эквиваленте

Объем камеры: 50 литров







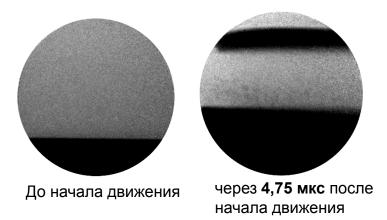


ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗГОНА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ УДАРНИКОВ

Внешний вид взрывного генератора

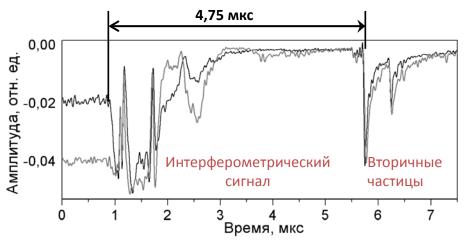


Протонографические изображения

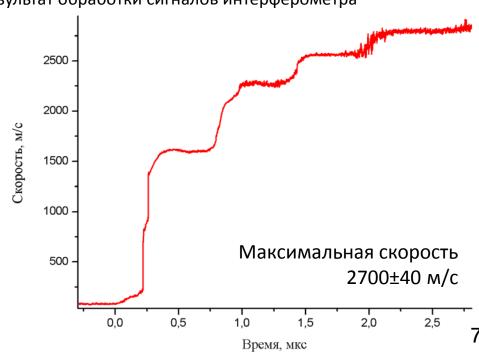


Средняя скорость 2300 м/с (11 мм смещение за 4,75 мкс)

Квадратурные сигналы

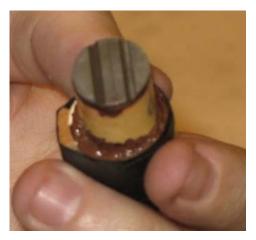


Результат обработки сигналов интерферометра



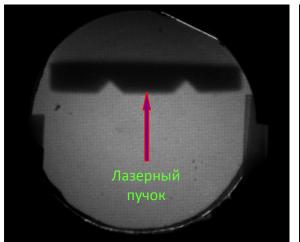
ИССЛЕДОВАНИЕ «КУМУЛЯТИВНЫХ СТРУЙ» В ПРОФИЛИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИНАХ

Внешний вид экспериментальной мишени



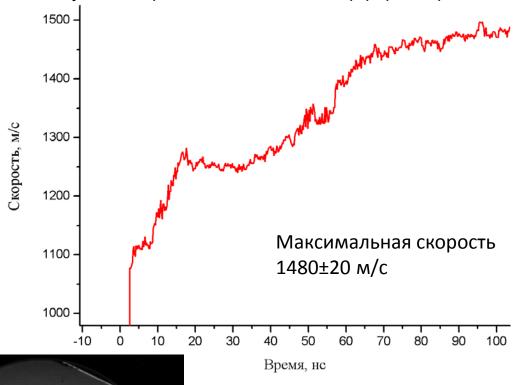
Стальная пластина Ø=20мм, h=3мм

Протонографические изображения



-10 0 10

Результат обработки сигналов интерферометра

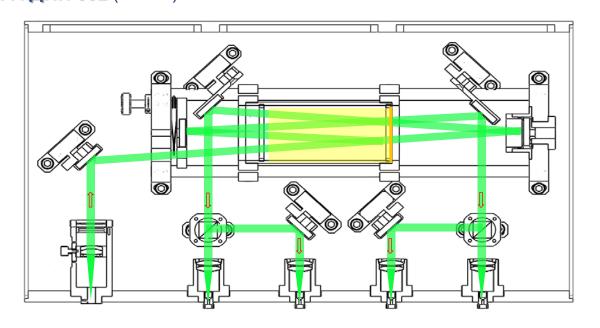


Средняя скорость пластины 1,17 км/с (2,27 мм за 1,94 мкс)

Средняя скорость струи 2,64 км/с.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОПТИЧЕСКОГО БЛОКА ИНТЕРФЕРОМЕТРА КДНИ-532 (2013 г)





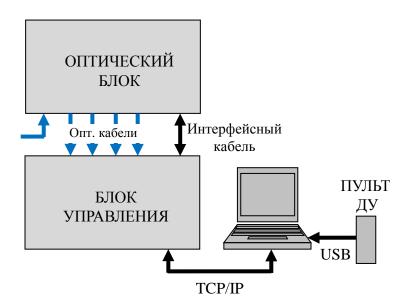




КВАДРАТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ НЕРАВНОПЛЕЧНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР КДНИ-532

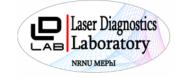


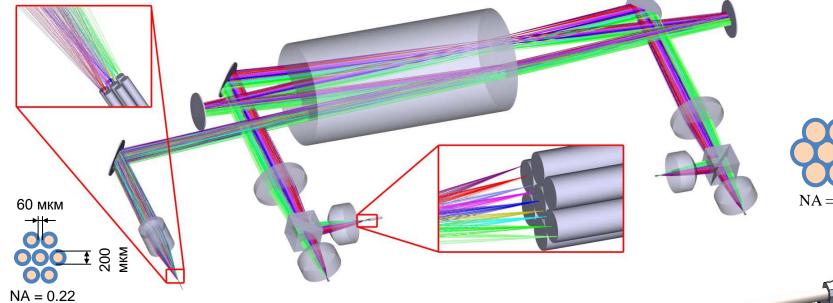


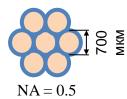


Технические характеристики оборудования	Наличие функции или величина параметра			
Оптический блок интерферометра				
Тип интерферометра	Сдвиговый			
Оптическая схема	Двухлучевая			
Длина волны излучения, нм	532			
Ввод излучения в интерферометр	Оптоволоконный			
Тип оптоволокна	QQ 200/220			
Модуляция длины опорного плеча	Пьезоактюатор			
Способ формирования измерительных сигналов	Поляризационное кодирование			
Длина линии задержки, мм	100, 50, 25, 10			
4 – х канальный блок фоторегистрации				
Тип фотодетекторов	Фотоэлектронные умножители			
Размер фотоприемной площадки, мм	Ø 8			
Токовая монохроматическая чувствительность, A/Bт	1,2·10 ⁵			
Усиление фототока	2·10 ⁶			
Время нарастания переходной характеристики $\tau_{0,1-0,9}$, нс	0,8			

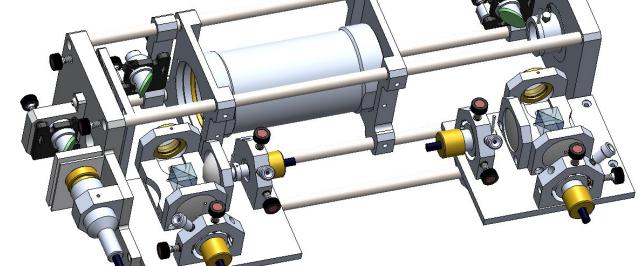
7-ми КАНАЛЬНЫЙ КВАДРАТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ НЕРАВНОПЛЕЧНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР КДНИ-532-7 (2016 г)





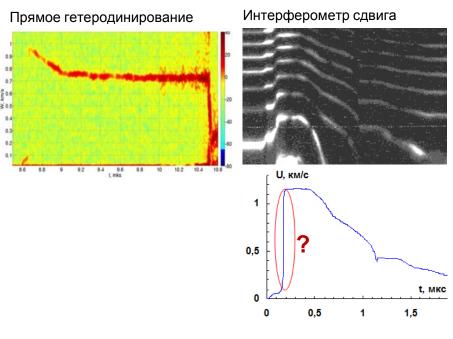


Nº	Длина эталона, мм	Материал	Постоянная скорости, м/с
1	10		4620
2	35		1320
3	60	BK7	770
4	110		420
5	160		290
6	180	SF6	170



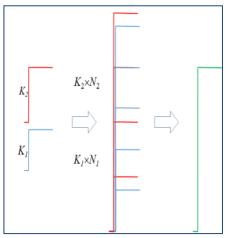
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НОНИУСНОГО ТИПА

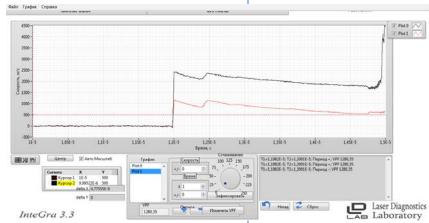
Проблема: регистрация выхода фронта ударной волны



Laboratory NRNU MEPHI Мишень Оптоволокно 4хФЭУ HV блок питания 4х аттенюаторы 4х усилители ИНТЕРФЕРОМЕТР 1 **ИНТЕРФЕРОМЕТР 2** 2х диф. усилители Управление Модуль -3-кординатным пьезокерамическим Модуль Модуль актюатором -HV питанием Модуль Модуль -Аттенюаторами -Дифференциальными Модуль Модуль усилителями Регистрация фигур Ethernet Лиссажу Модуль Модуль Связь с ПК

Решение: нониусный метод (два интерферометра с разными не кратными линиями задержки)

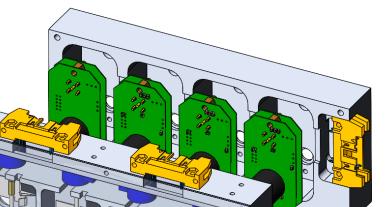






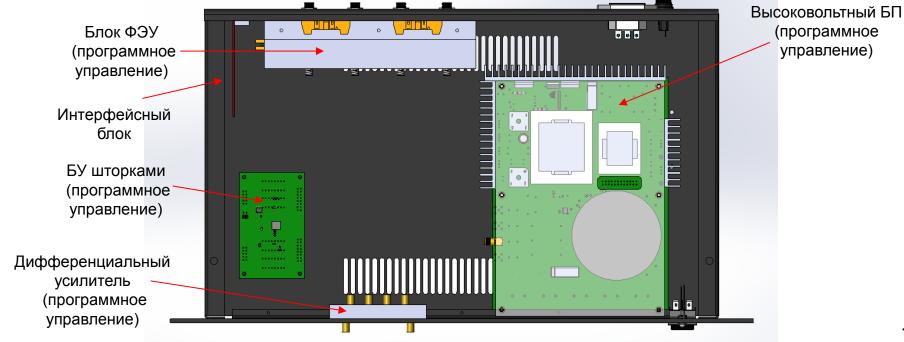
Laser Diagnostics

МОДУЛЬ ФОТОРЕГИСТРАЦИИ





Hamamatsu R9880U



(программное управление)

СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ И СБОРА ИЗЛУЧЕНИЯ

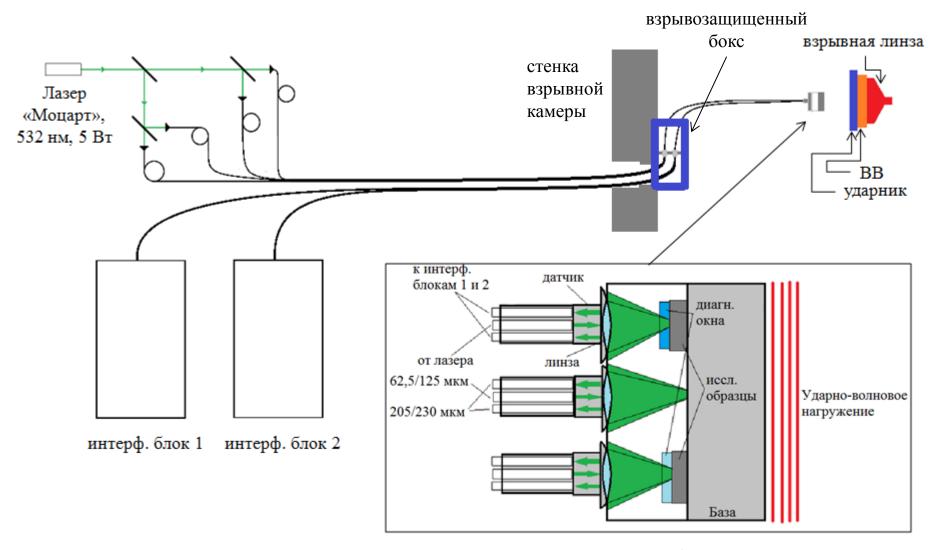
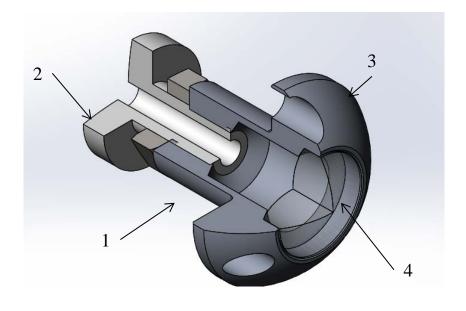


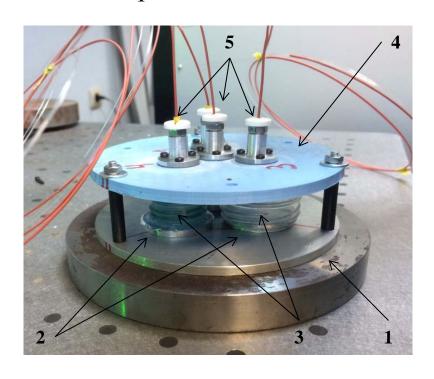
Схема подвода и сбора излучения

Оптоволоконный датчик



- 1 металлический корпус;
- 2 пластиковый винт для фиксации оптоволоконной сборки в корпусе датчика;
- 3 «шляпка» с отверстиями для фиксации датчика на измерительном столике;
- 4 отверстие для установки линзы диаметром 10 мм с фокусным расстоянием 10 мм.

Сборка из 4 датчиков



- 1 алюминиевая база;
- 2 исследуемые образцы;
- 3 диагностические окна;
- 4 измерительный столик;
- 5 оптоволоконные датчики.

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ОПТОВОЛОКОННЫЙ КОММУТАТОР (ОИВТ 2018)



Взрывозащищенный бокс

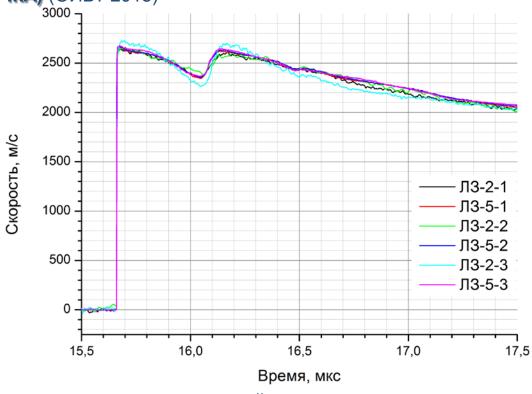
- 1 иллюминатор взрывной камеры;
- 2 оптическое волокно для подвода излучения от лазера;
- 3 оптическое волокно для направления излученияв интерферометрические блоки;
- 4 металлическая панель с отверстиями для коммутации оптических волокон;
- 5 коннекторы для соединения оптических волоконс оптоволоконными датчиками;
- 6 отверстие для ввода в бокс оптического волокна от оптоволоконных датчиков.



вносимое затухание ~ 2,8 дБ

ВРЕМЕННЫЕ ПРОФИЛИ СКОРОСТИ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕМИКАНАЛЬНОГО ДАТЧИКА (ОДНА ТОЧКА) (ОИВТ 2018)



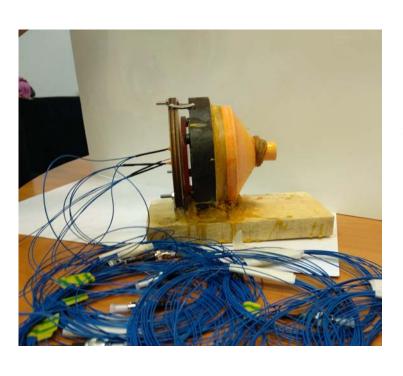


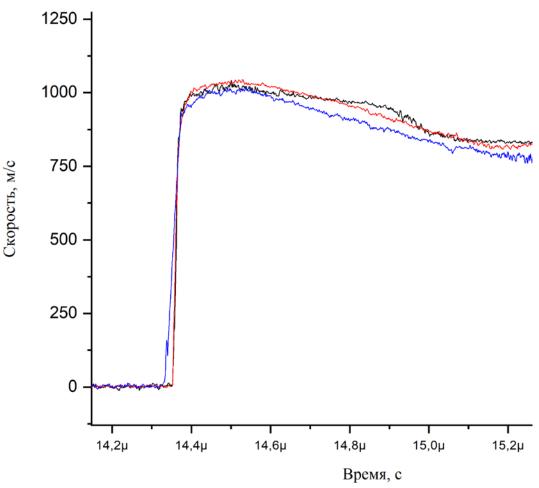
ИСТОЧНИКИ ОШИБКИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Полная погрешность измерений	1 1%
Погрешность настройки интерферометра (для линии задержки с K=280 м/с и неточности установки длины плеч интерферометра 0,25 мм).	0,2%
Погрешность, связанная с ненулевым телесным углом фокусировки и сбора отраженного излучения	0,2%
Погрешность, связанная с изменением показателя преломления в диагностическом окне при распространении в нем ударной волны	1%
Погрешность связанная с отношением сигнал/шум в интерференционных сигналах	

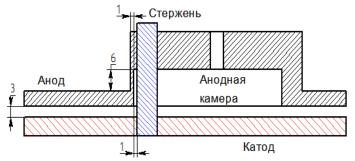
ОПТОВОЛОКОННЫЕ ДАТЧИКИ (ИПХФ РАН, Черноголовка 2018)







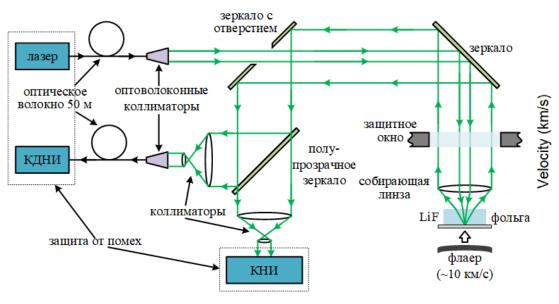
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ПАРЫ НЕРАВНОПЛЕЧНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ НА УСТАНОВКЕ АНГАРА-5-1(2018 г)

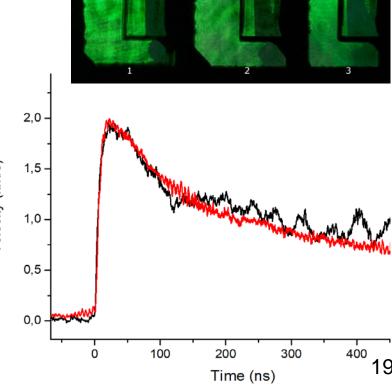






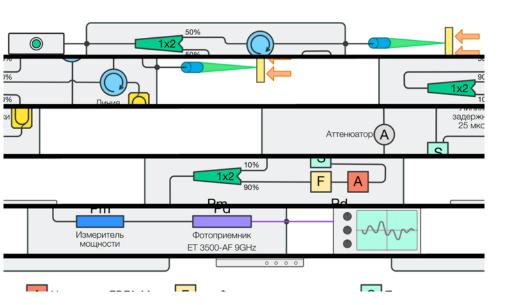
Напряжение – до 1,5МВ Сила тока – до 6 МА Скорость флаера – до 10 км/с

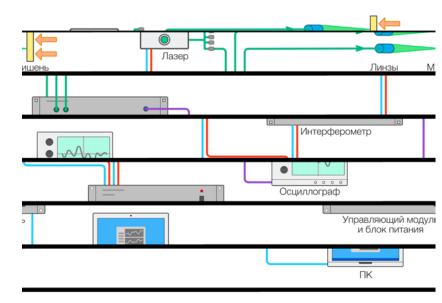




МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР ПРЯМОГО ОПТИЧЕСКОГО ГЕТЕРОДИНИРОВАНИЯ С ВРЕМЕННЫМ УПЛОТНЕНИЕМ









Параметры лазера:

Ширина линии – 20 кГц Длина волны излучения – 1550 нм

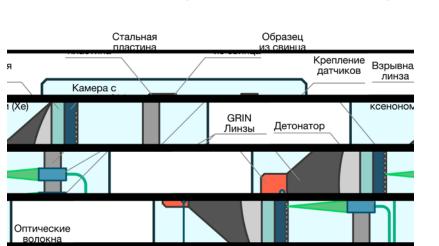
Мощность – до 2 Вт

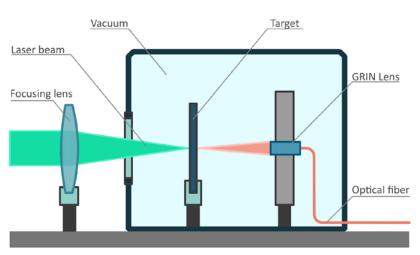
Фотодетекторы:

Полоса частот: 30 кГц – 10 ГГц

Параметры системы:

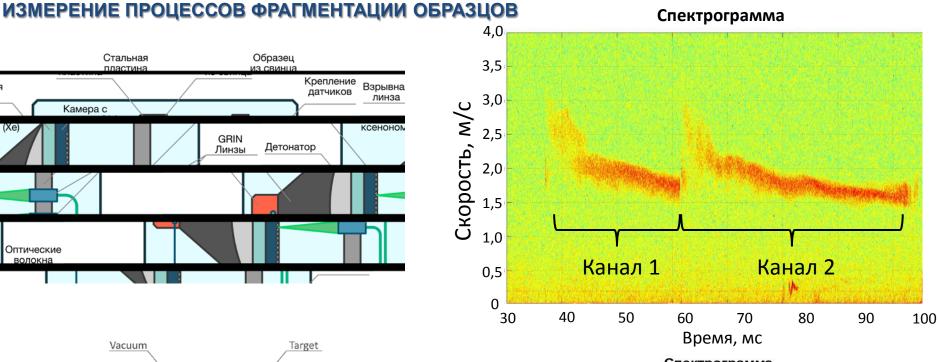
Диапазон измеряемых скоростей – до 6 км/с

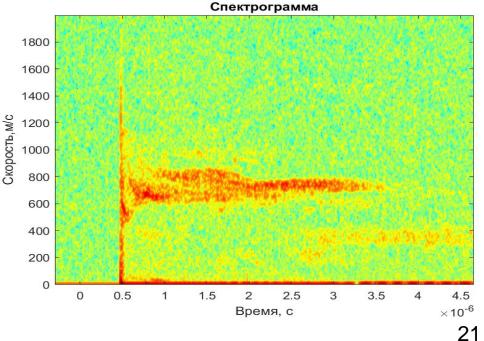




(ИОФ РАН 2018-2019)

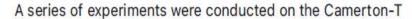
Энергия импульса лазерного излучения – 1 Дж, Максимальная плотность мощности лазерного излучения 1.6*10¹³ Вт/см², Толщина AI фольги – от 50 до 200 микрон.

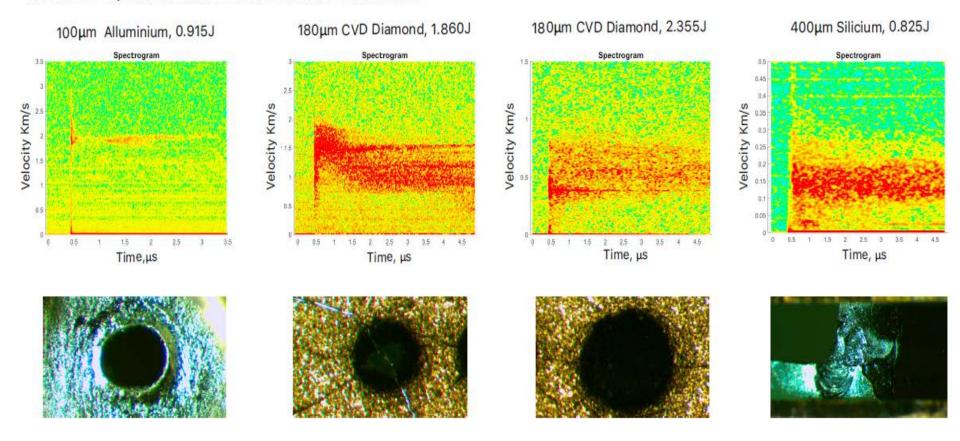




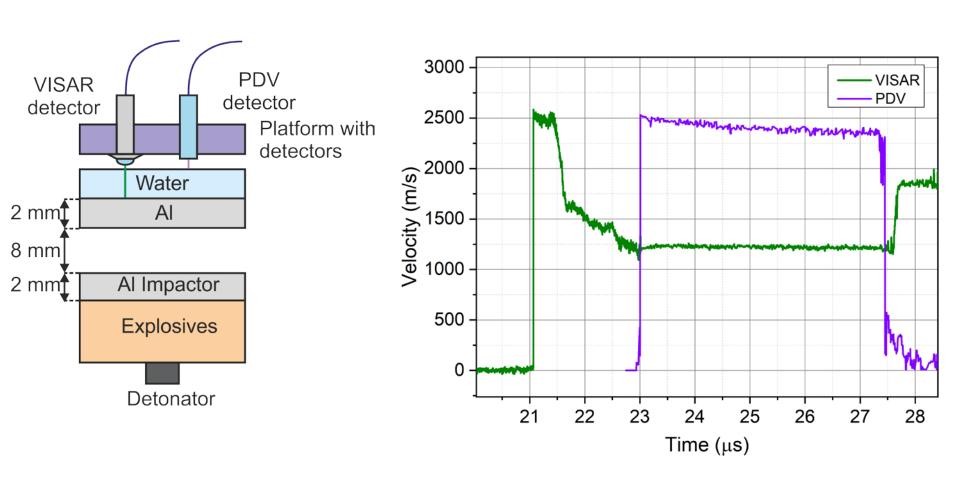
ИЗМЕРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФРАГМЕНТАЦИИ ОБРАЗЦОВ

(ИОФ РАН 2018-2019)



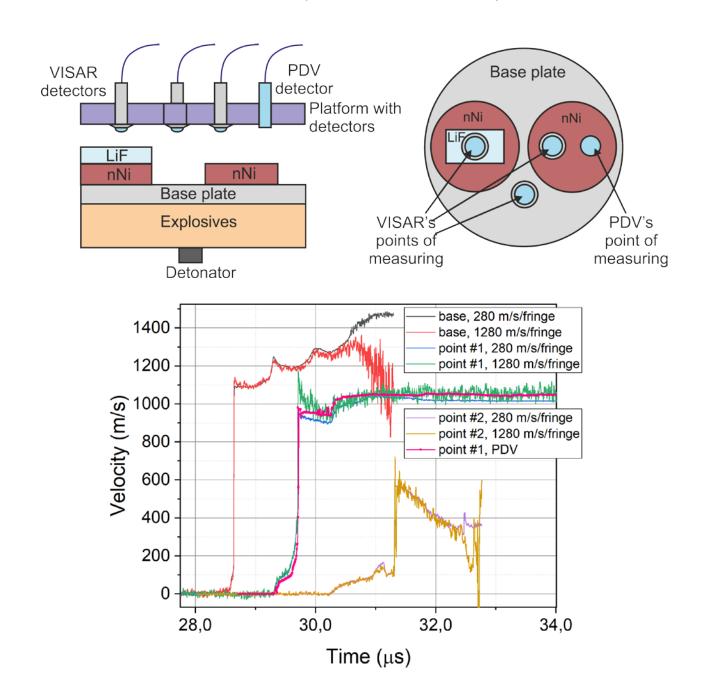


МНОГОТОЧЕЧНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ (ОИВТ 2018-2019 гг)



Излучение на длине волны 1550 нм полностью поглощается водой, поэтому VISAR измеряет скорость поверхности образца AI, а PDV – свободную поверхность воды

МНОГОТОЧЕЧНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ (ОИВТ 2018-2019 гг)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ