



АО «НПО «ПРИБОР»

ЗАО «НПК ВИДЕОСКАН»

## Создание комплекса устройств видеорегистрации и измерения параметров быстролетающих объектов.

Г.В. Цымбалов

П.В. Романова

В.Г. Романов

Р.Р. Шарипов

В.П. Маслов

И.А. Желанкин

В.П. Майоров

И.М. Семин

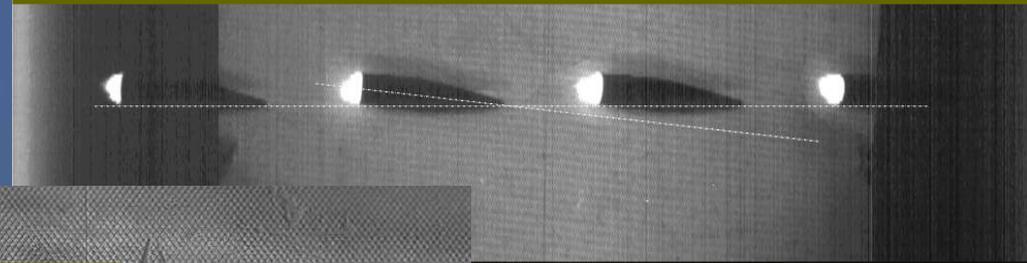
М.С. Семин

Испытания макетных образцов различных регистраторов  
проекта комплекса «ВидеоБолид»  
в ногинском филиал АО «НПО «ПРИБОР» 2001-2011 г.

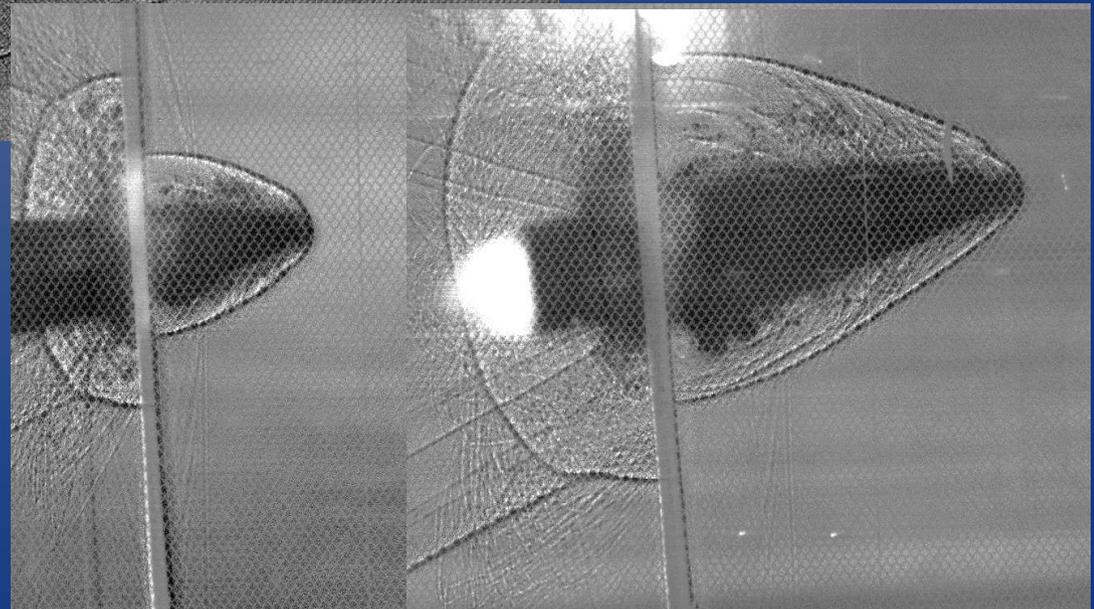
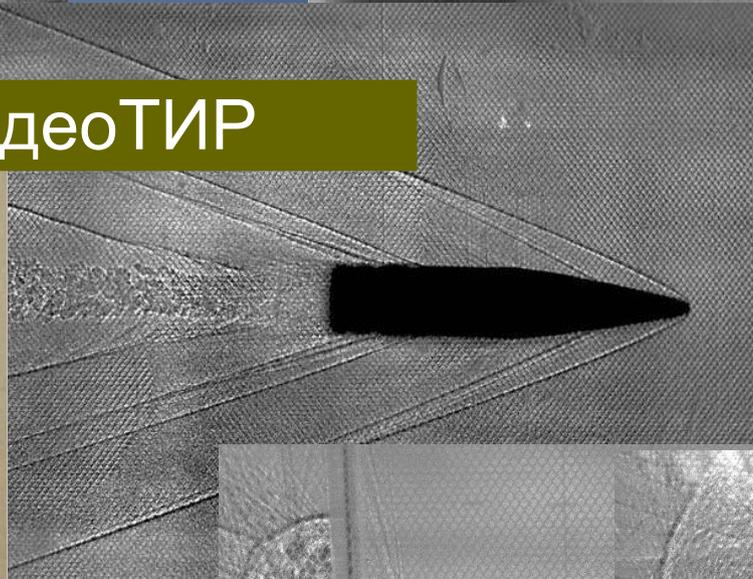
# Ногинский филиал ОАО «НПО «ПРИБОР» 2007 -2008 г.



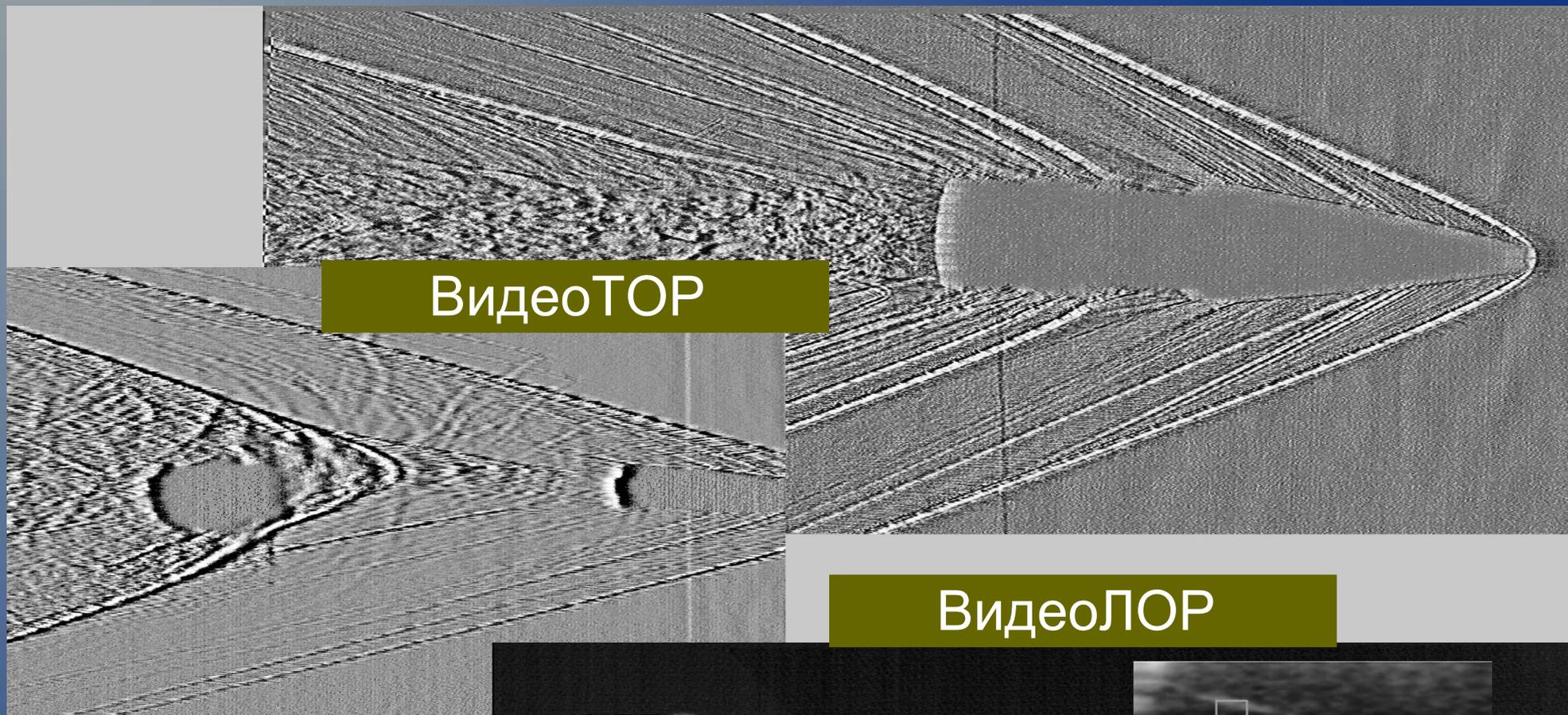
ВидеоСпринт



ВидеоТИР

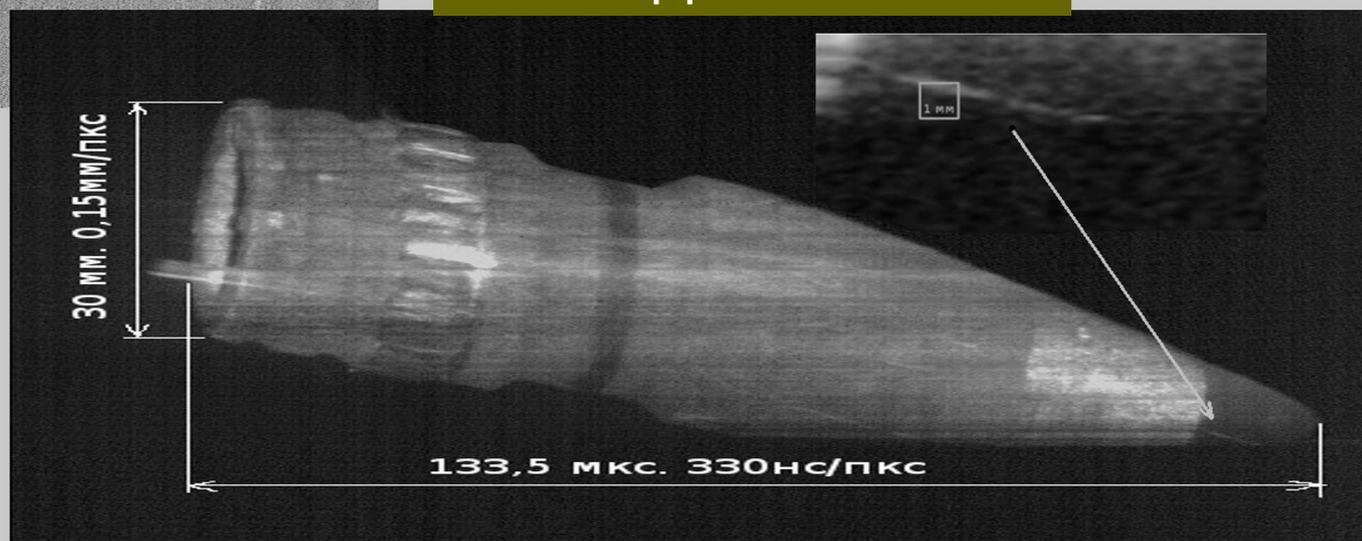


# Ногинский филиал ОАО «НПО «ПРИБОР» 2010 -2011 г.



ВидеоТОР

ВидеоЛОР



Испытания комплекса устройств  
регистрации изображений быстролетящих объектов  
Богородский филиал АО «НПО «ПРИБОР» 2015 г.

Данные устройства регистрации быстrolетящих объектов являются технической реализацией устройств комплекса «ВидеоБолид».

Все устройства регистрации являются функционально законченными устройствами, включающие устройства синхронизации, подсветки, регистрирующие камеры, компьютер управления и хранения данных.

# Устройство видеорегистрации - ВидеоКадр проекта «ВидеоБолид»

*Камера-Синхронизатор-Подсветка-Компьютер*



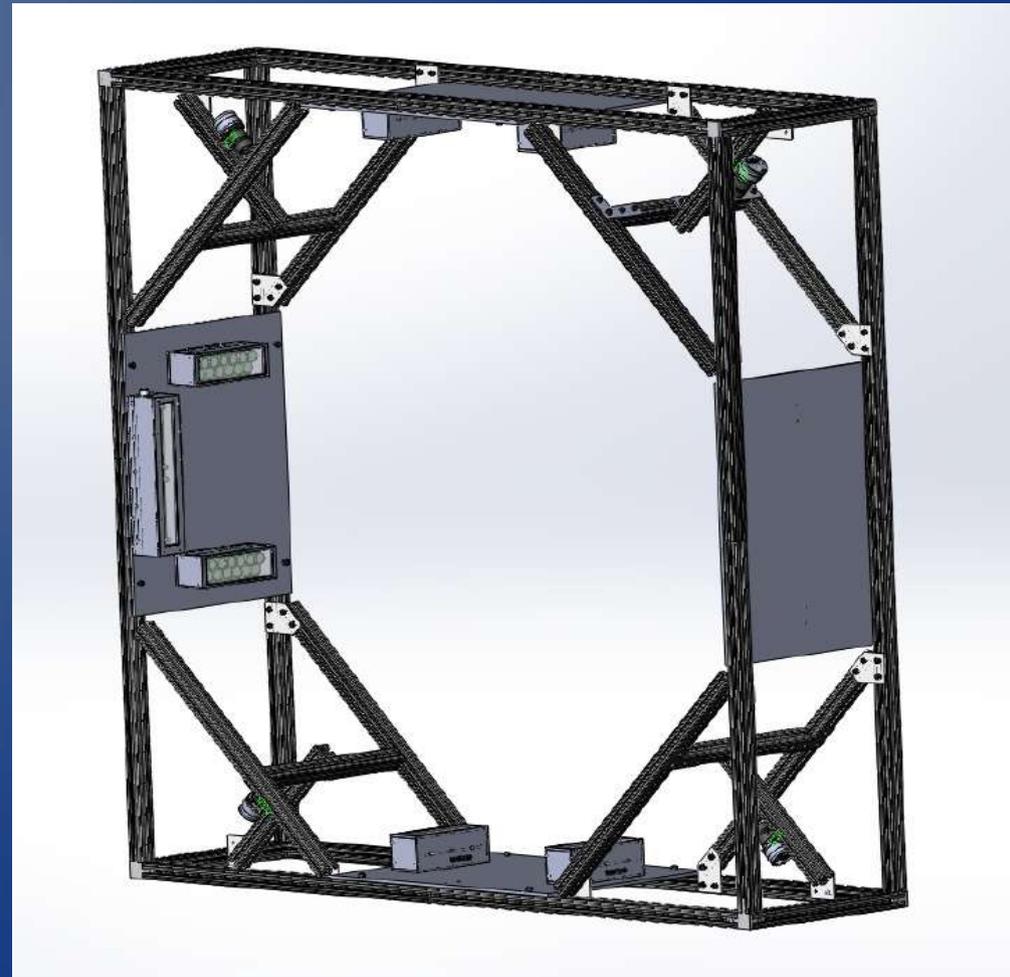
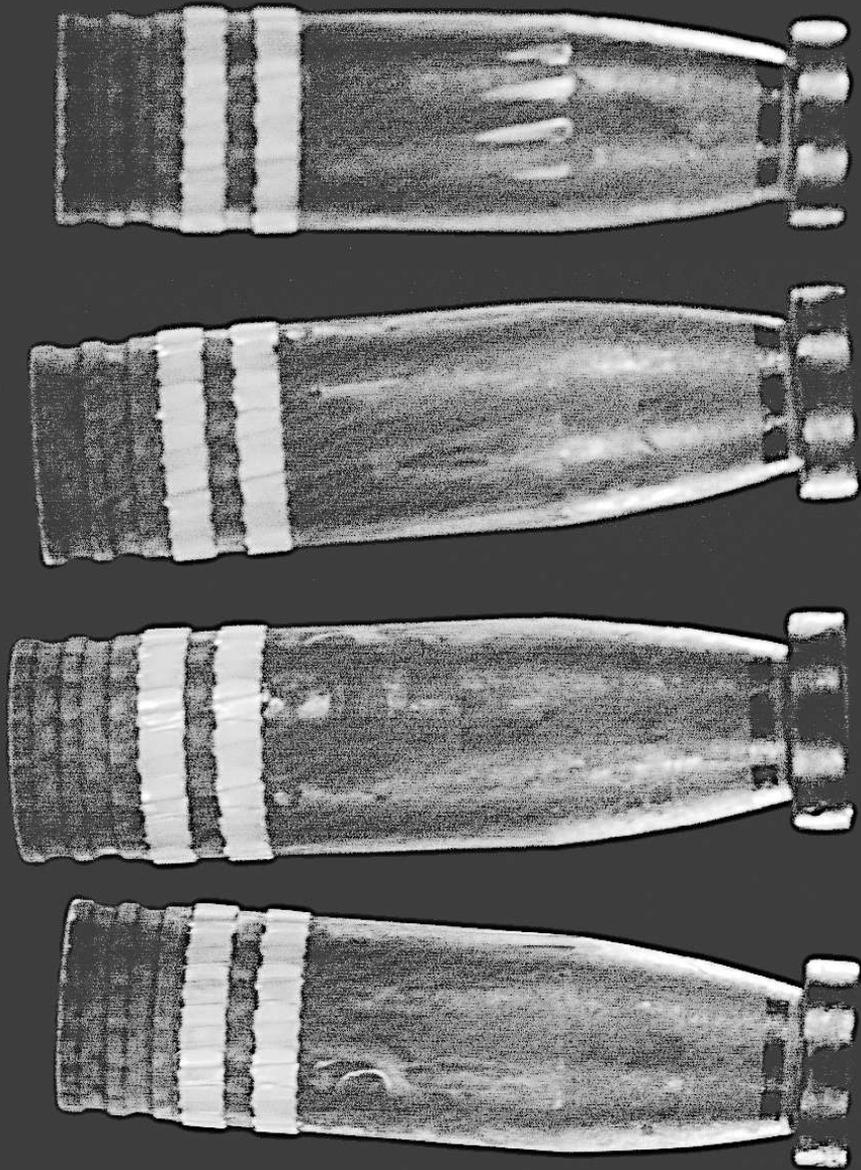
Устройство видеорегистрации ВидеоКадр является функционально законченным устройством, решающим задачу получения изображений в отраженном свете объектов, летящих со скоростью до 2-3 км/с.

Регистрация объектов происходит по каждому событию прохождения объектом плоскости синхронизации, что позволяет регистрировать все пролетающие объекты в сериях экспериментов, а так же при стрельбе очередью.

Устройство ВидеоКадр может быть адаптировано для широкого диапазона калибров, скоростей полета и условий работы. В том числе устройство может быть выполнено в варианте автономной работы в полевых условиях.

Применение нескольких видеорегистраторов ВидеоКадр, расставленных вдоль трассы движения объекта, позволяет получить данные о состоянии объекта в точках наблюдения.

# Многорукурсный (четырёхкурсный) видеорегистратор - Видео3D проекта «ВидеоБолид»



Многоракурсный видеореги́стратор Видео3D является функционально законченным устройством, решающим задачу получения изображения всей поверхности объекта, летящего со скоростью до 2-3 км/с в отраженном свете.

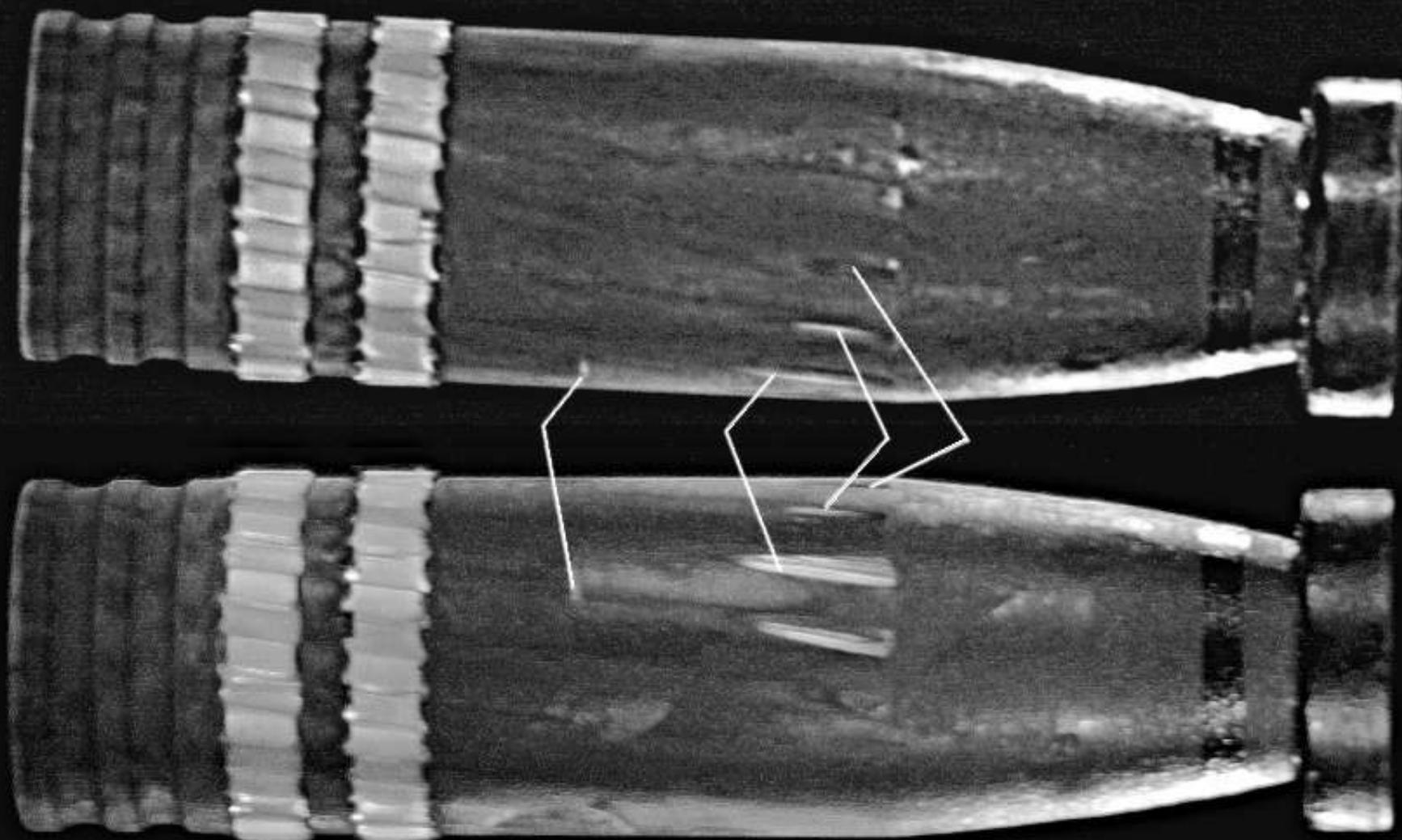
Для получения более подробного изображения всей поверхности объекта видеореги́стратор может выполнен в вариантах, получающих изображение объекта в большем количестве ракурсов.

Регистрация объектов происходит по каждому событию прохождения объектом плоскости синхронизации, что обеспечивает получения изображений всех объектов сериях экспериментов, а так же при стрельбе очередью.

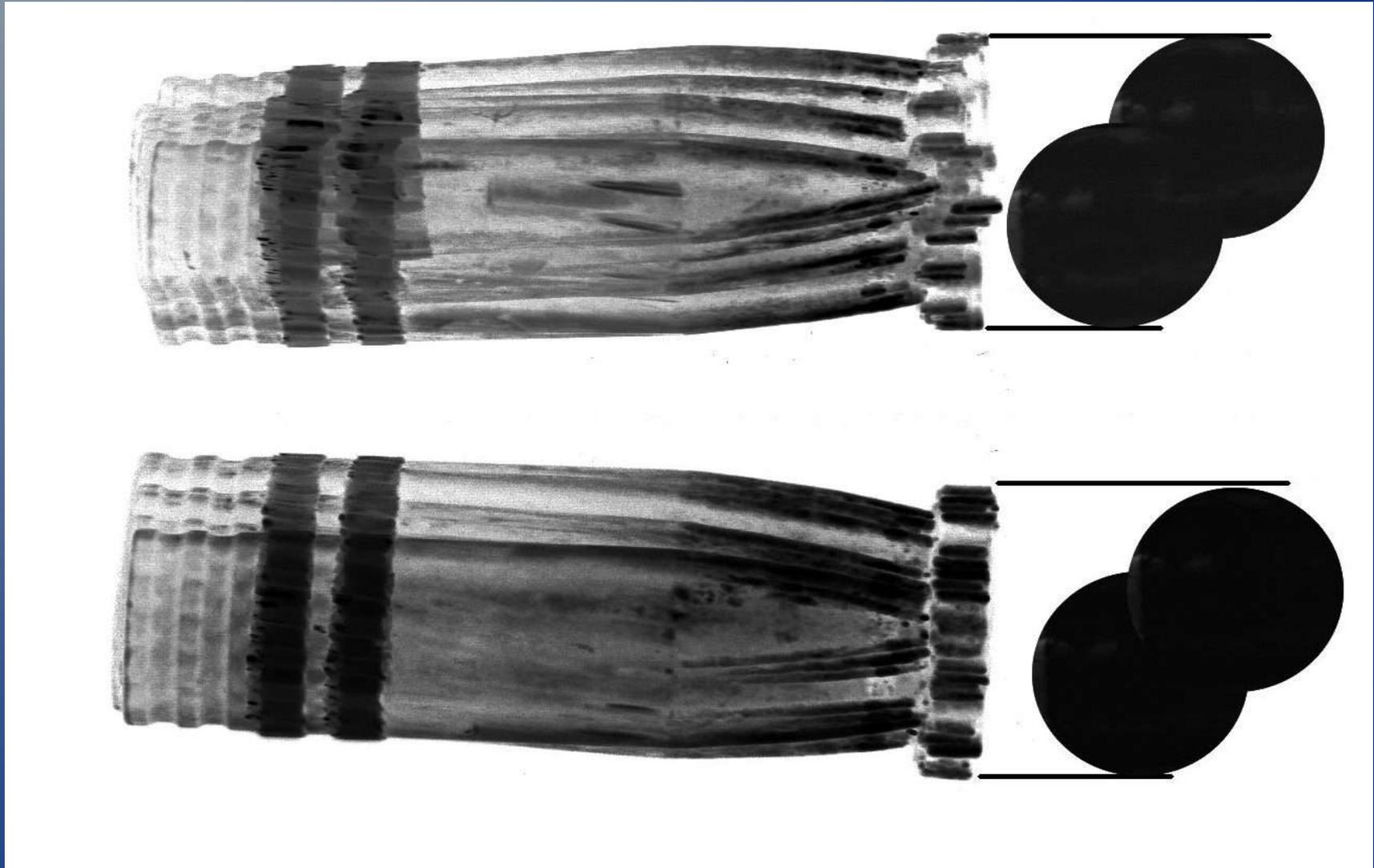
Видеореги́стратор Видео3D может быть адаптирован для широкого диапазона калибров, скоростей полета и условий работы. В том числе комплекс может быть выполнен в варианте автономной работы в полевых условиях.

# Примеры обработки экспериментов

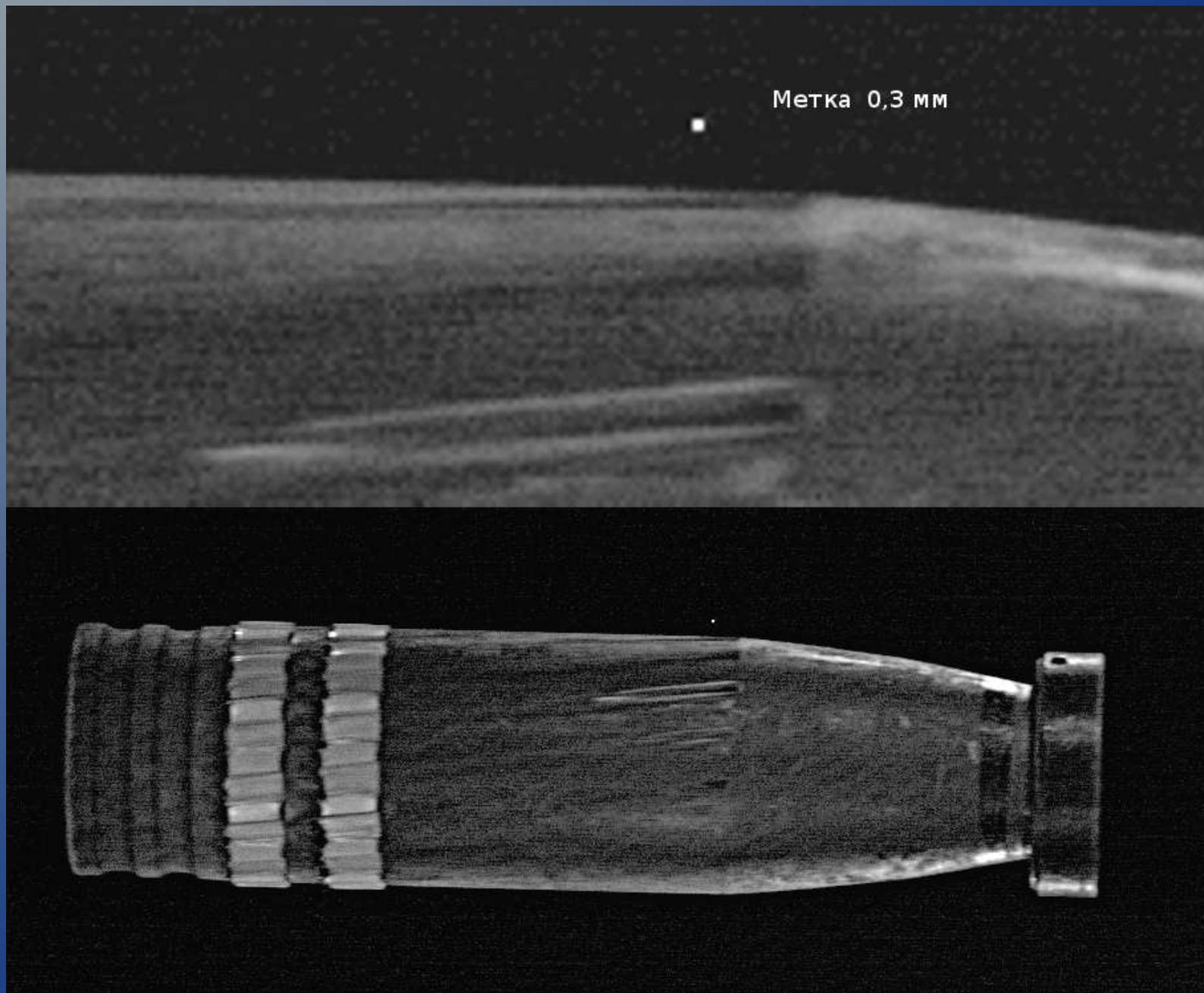
# Идентификация артефактов в двух проекциях



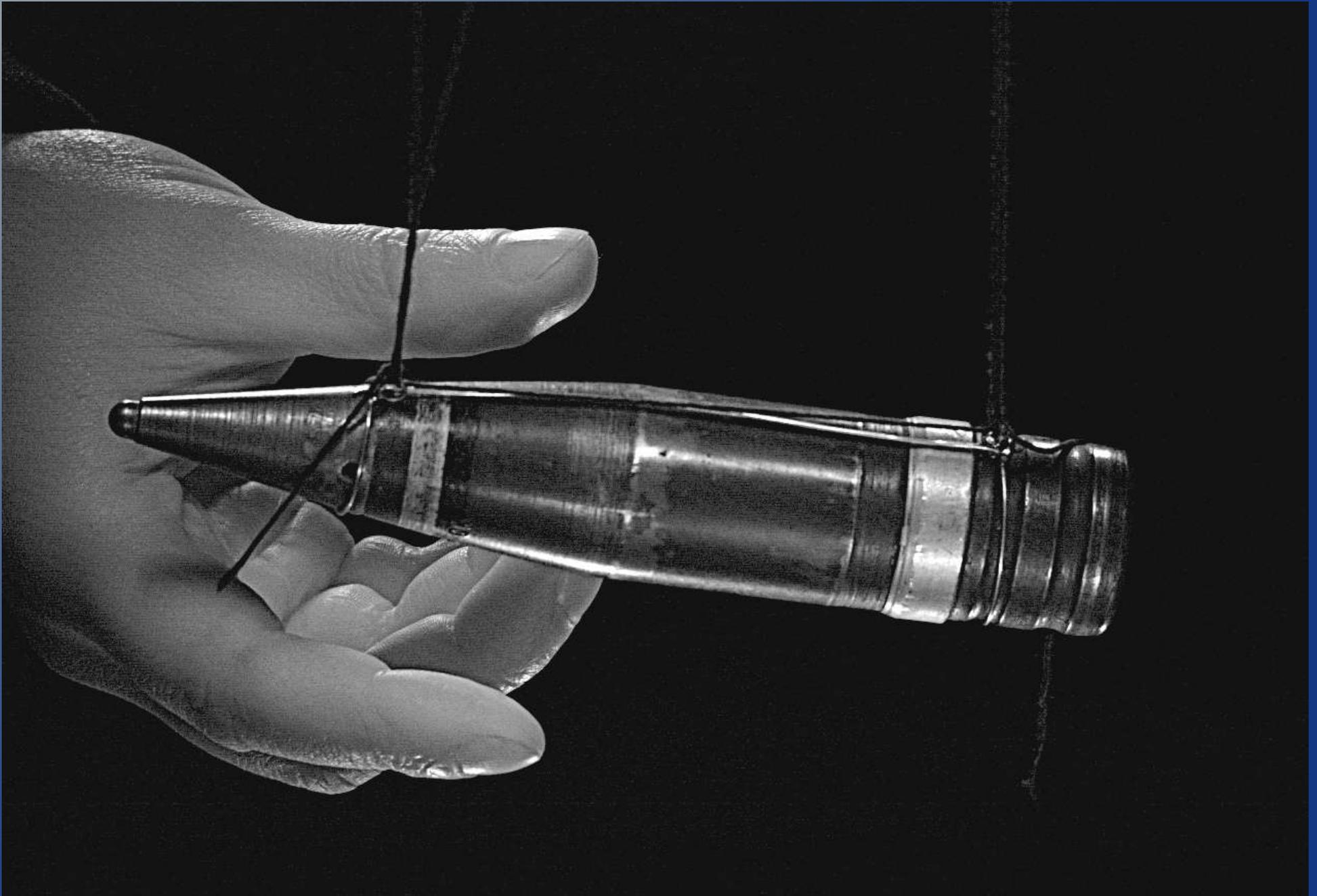
# Определение поля разлета в серии экспериментов



# Оценка пространственного разрешения динамического объекта



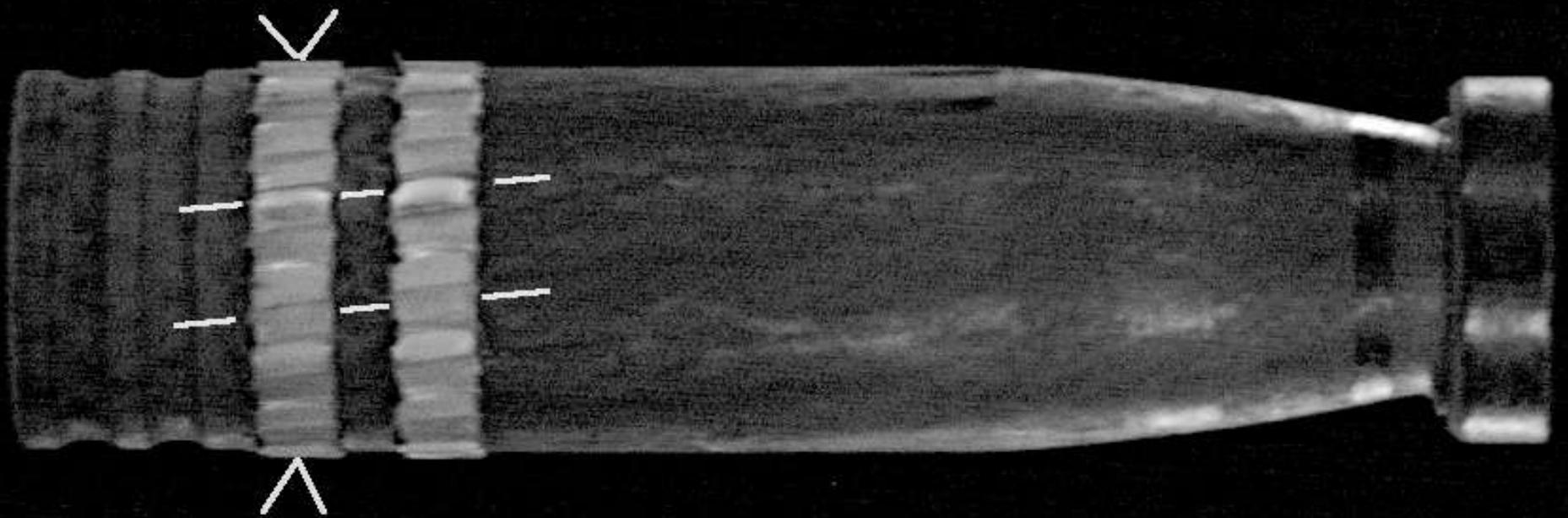
# Статическое изображение

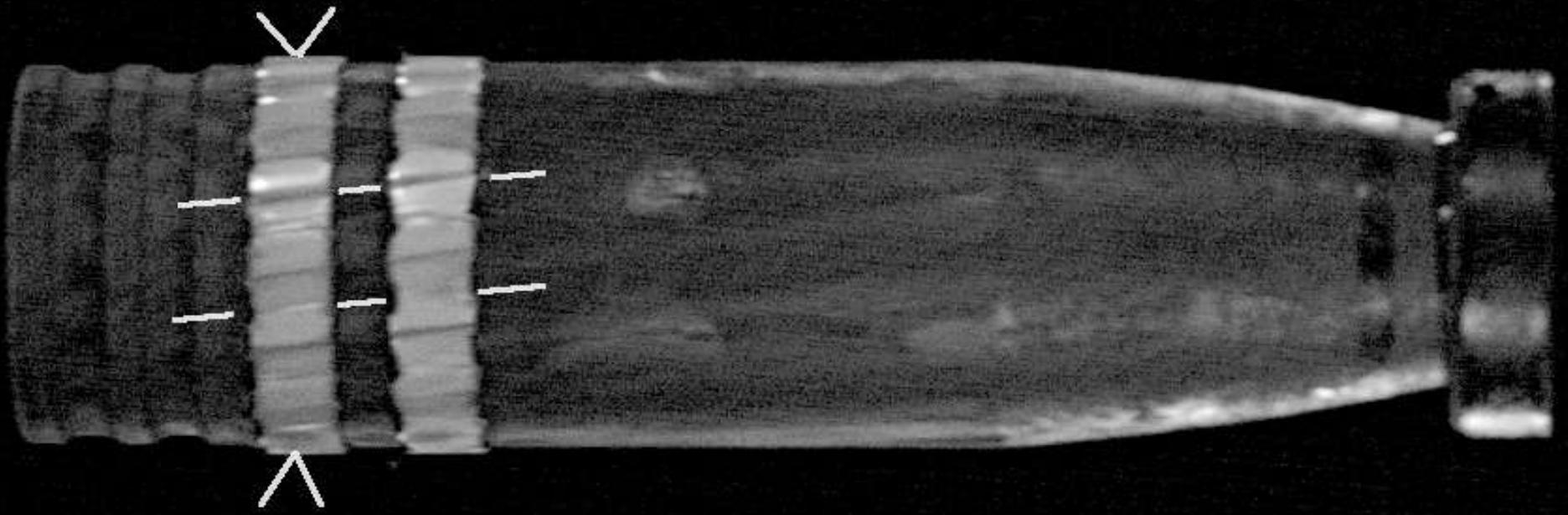


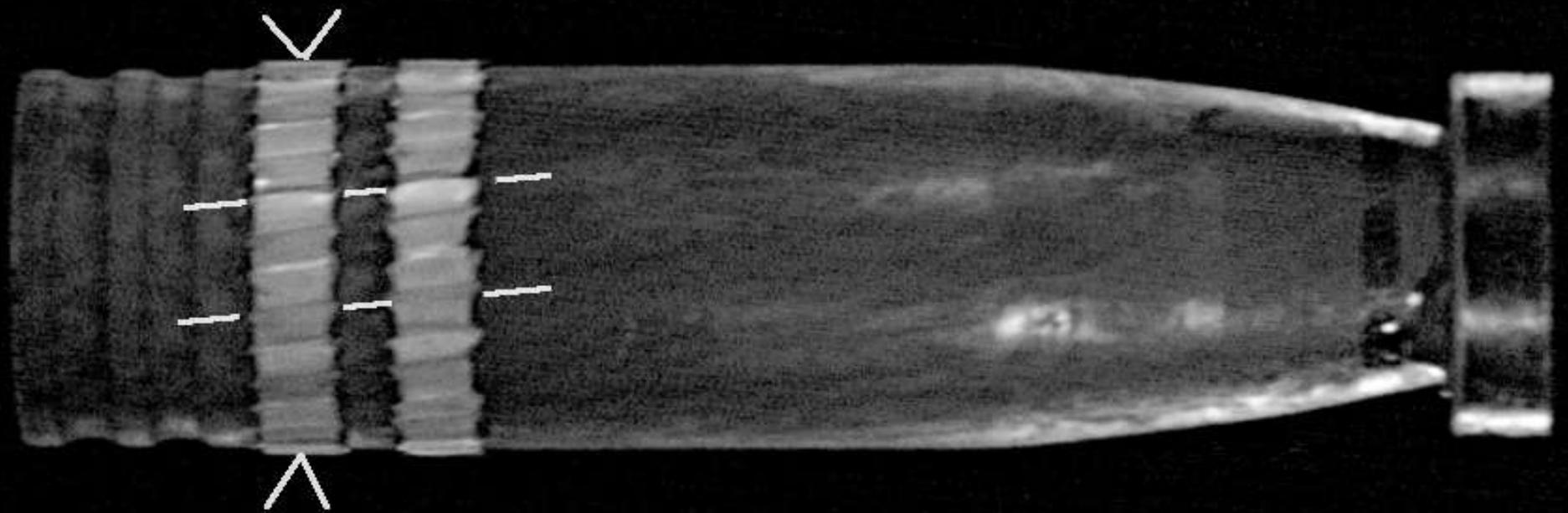
# Оценка состояния поясков

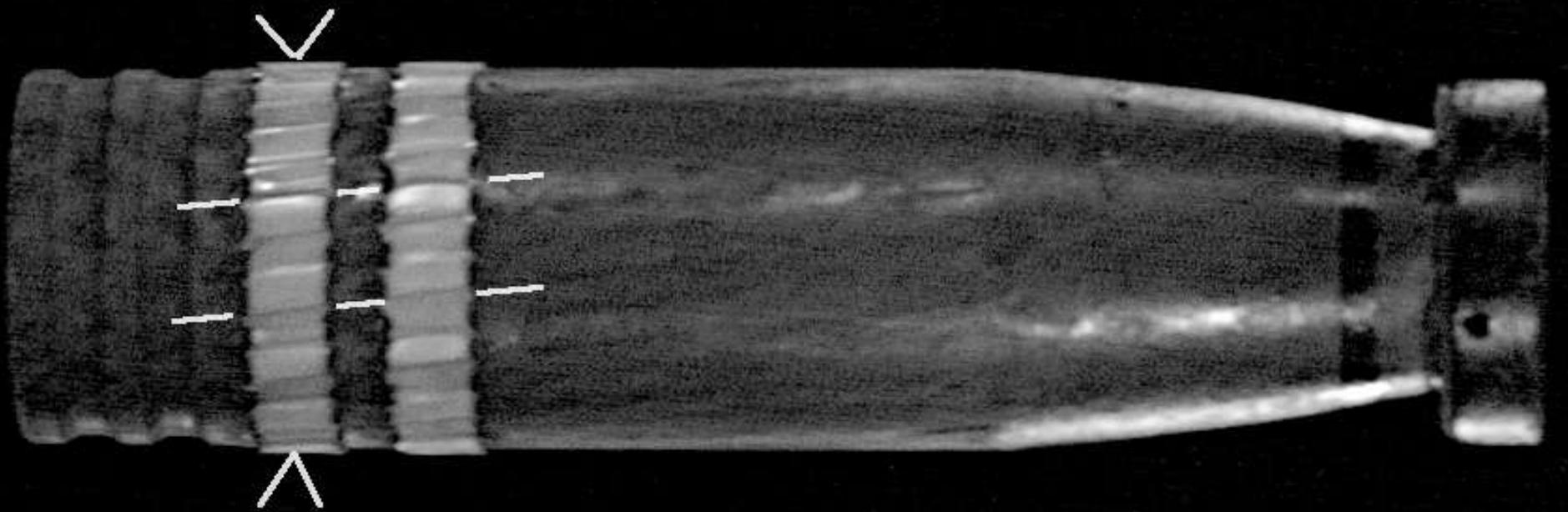
На следующих слайдах — изображения снарядов в серии экспериментов, снятой одной из камер четырехкурсного видеорегистратора Видео3D

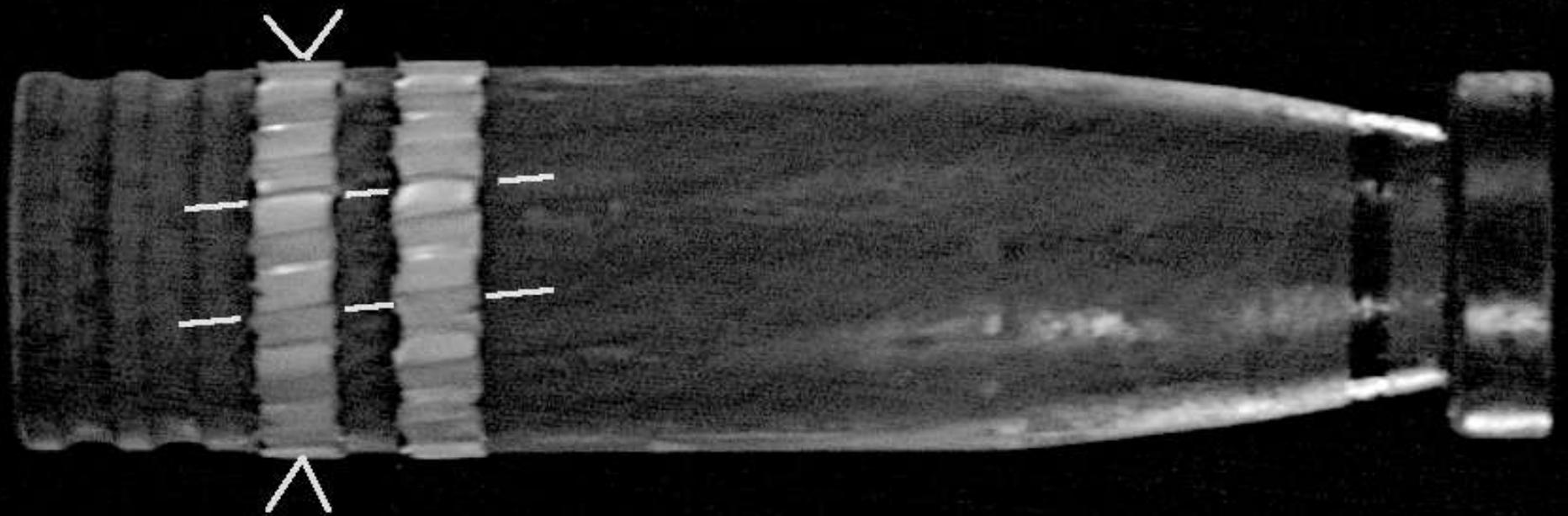
Изображения снарядов приведены к нормальному виду (коррекция ракурса и угла нутации)

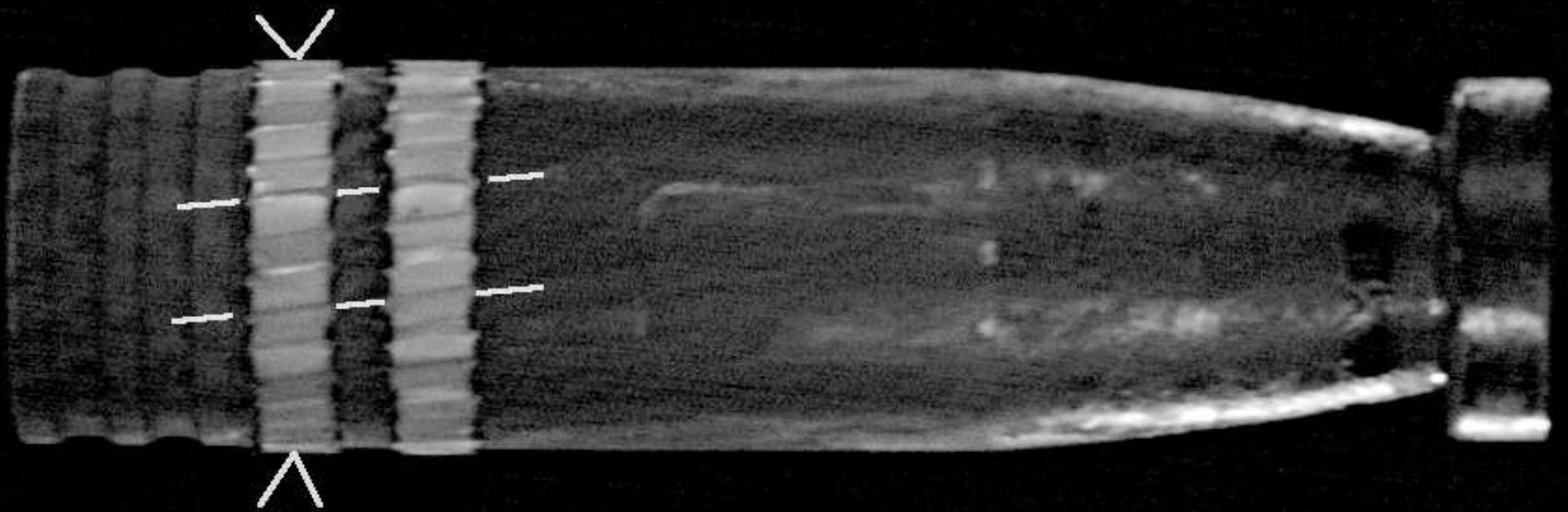


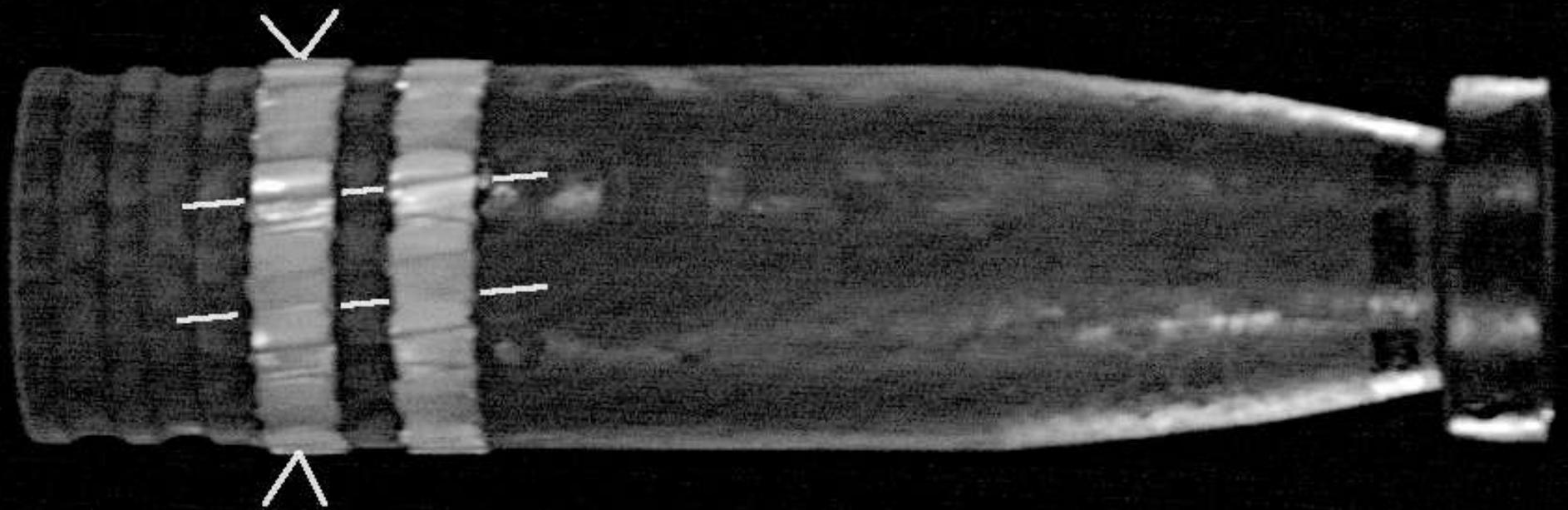


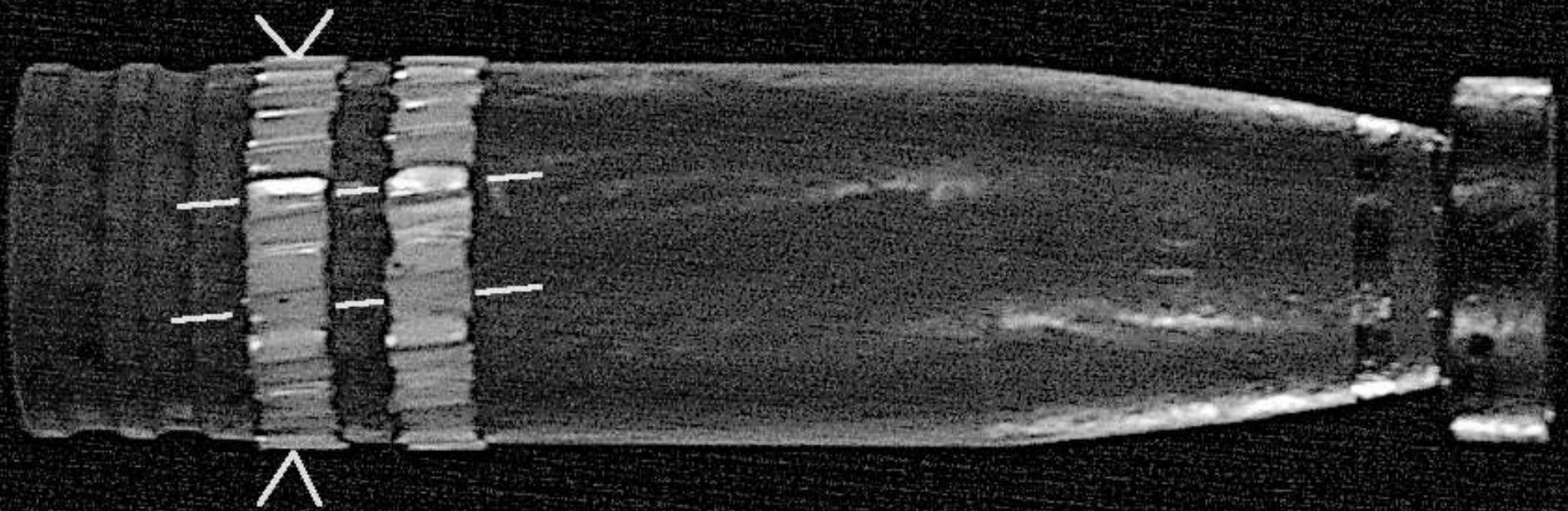


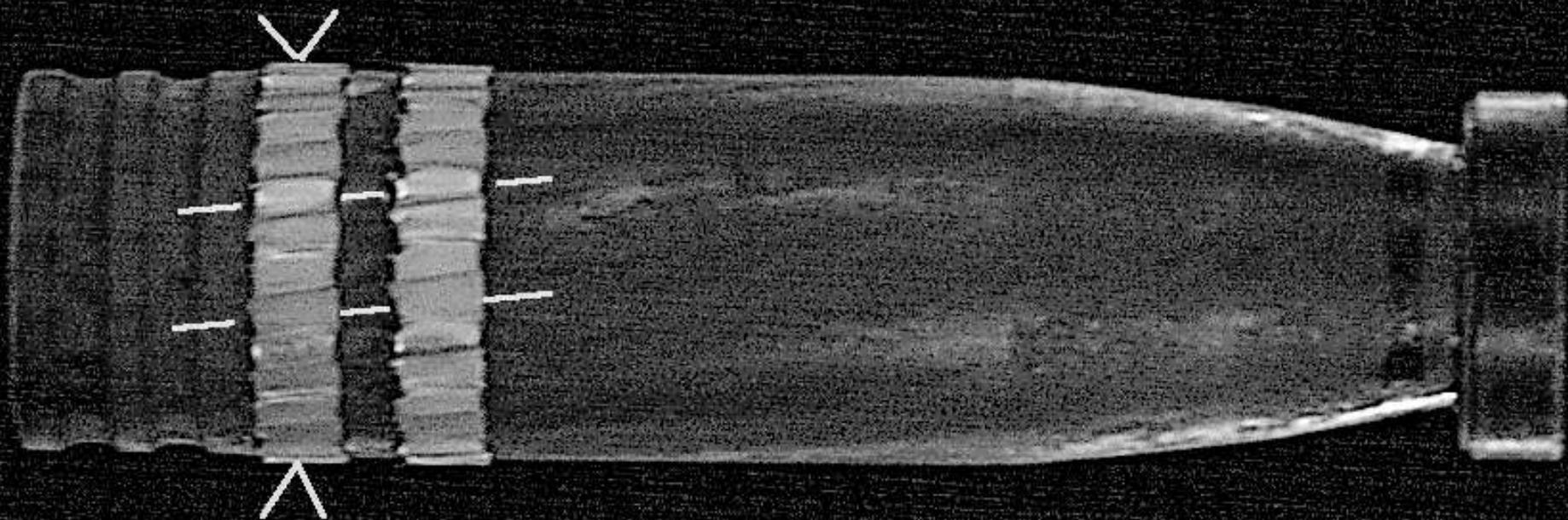


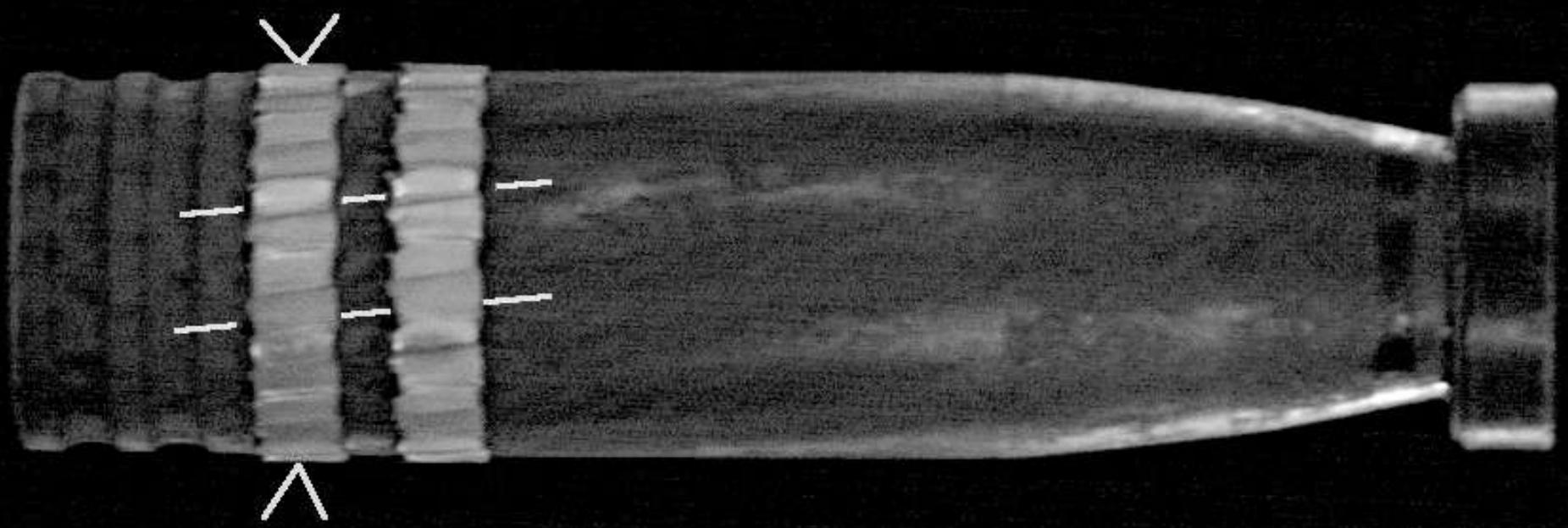


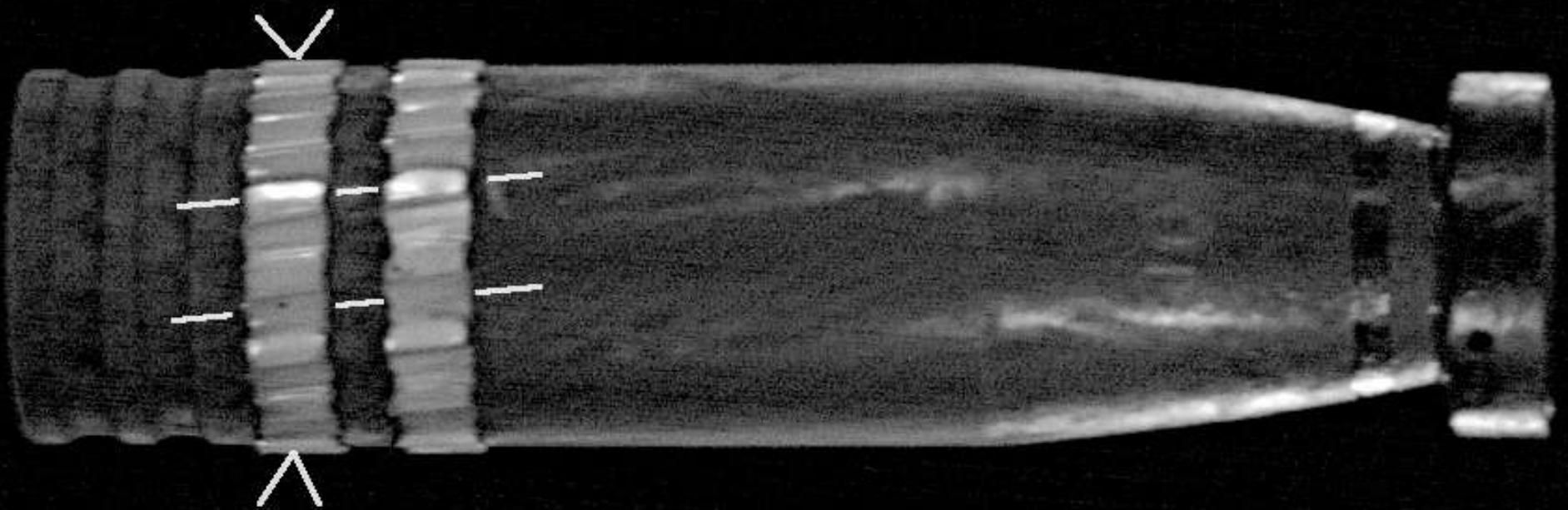


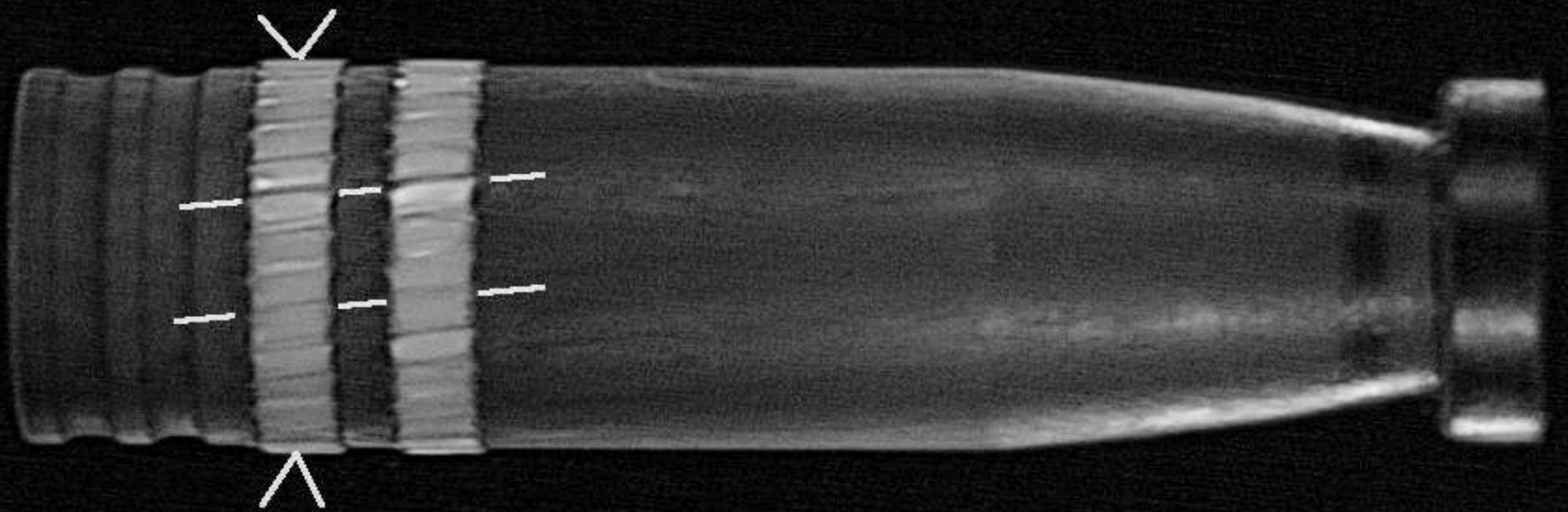








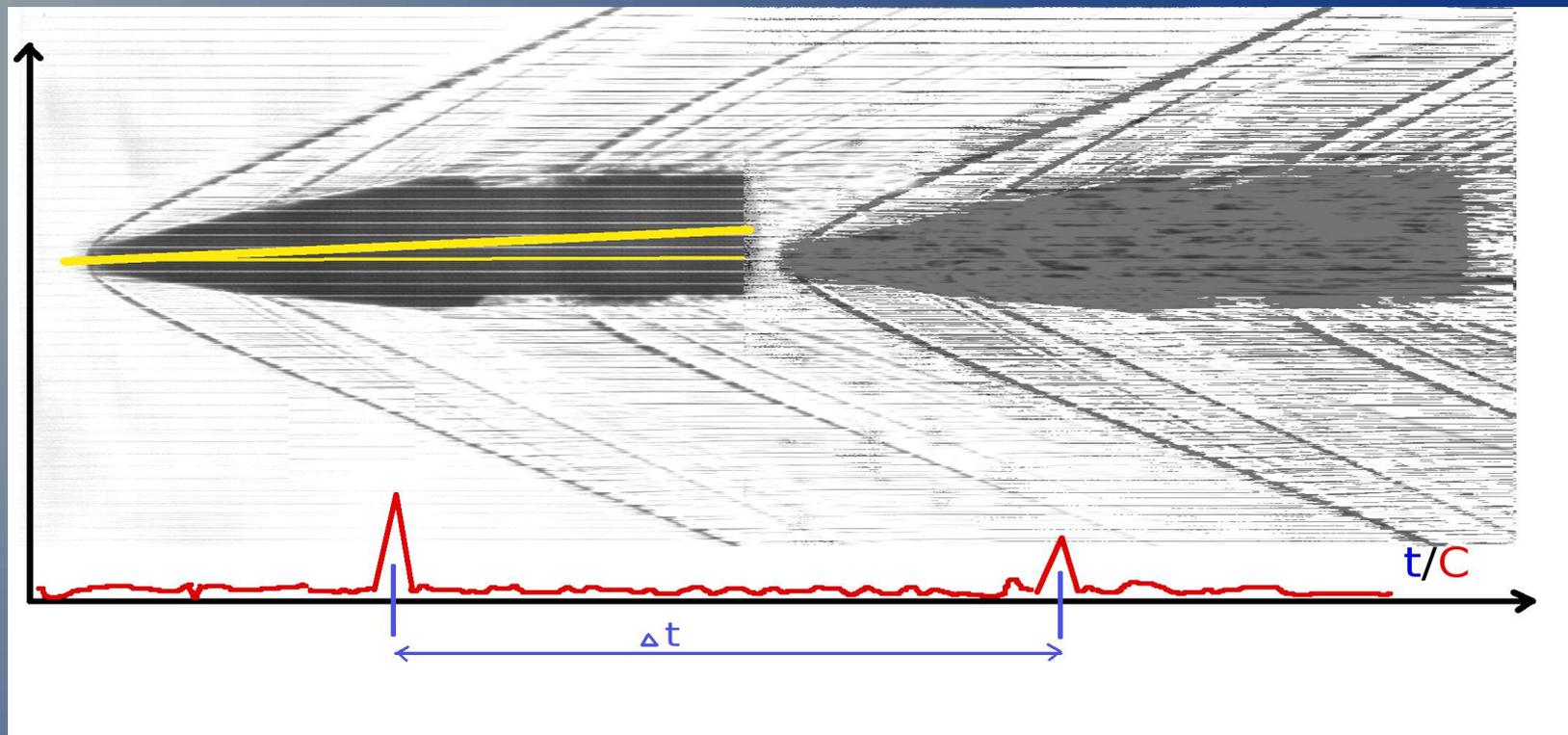




# Комплекс измерения скорости движения и углов нутации быстролетающих объектов на базе однострочных регистраторов-хронографов ВидеоТОР и ВидеоЛОР проекта «ВидеоБолид»

Принцип получения данных для расчетов скорости движения объектов основан на определении разницы времени прохождения объектом двух плоскостей хронографирования, разнесенных на определенное расстояние.

Принцип получения данных о углах нутации оси симметрии движущегося объекта относительно его вектора скорости основан на вычислении углов отклонения оси изображения объекта на полученной хронограмме относительно временной оси изображения с учетом линейных масштабов изображения объекта.



На рисунке приведен пример хронограммы с изображениями снаряда, последовательно пересекшего две плоскости хронографирования, разнесенных на определенное расстояние.

Горизонтальная ось хронограммы это оси времени и автокорреляционной функции данного изображения.

Расстояние между пиками корреляционной функции соответствует разнице времени прохождения объектом двух плоскостей хронографирования.

Аппаратная реализация таких хронографов может быть выполнена как на базе регистратора ВидеоТОР (теневое изображение), так и регистратора ВидеоЛОР (изображение в отраженном свете).

Погрешность определения скорости и углов нутации определяется размерность получаемых изображения по временной и линейной осях.

Размерность изображения по линейной оси определяется оптикой камеры, а размерность по оси времени частотой регистрации строк.

Максимальная частота регистрации строк для регистраторов ВидеоТОР и ВидеоЛОР составляет - 10 МГц.



ООО «ВИДЕОСКАН»

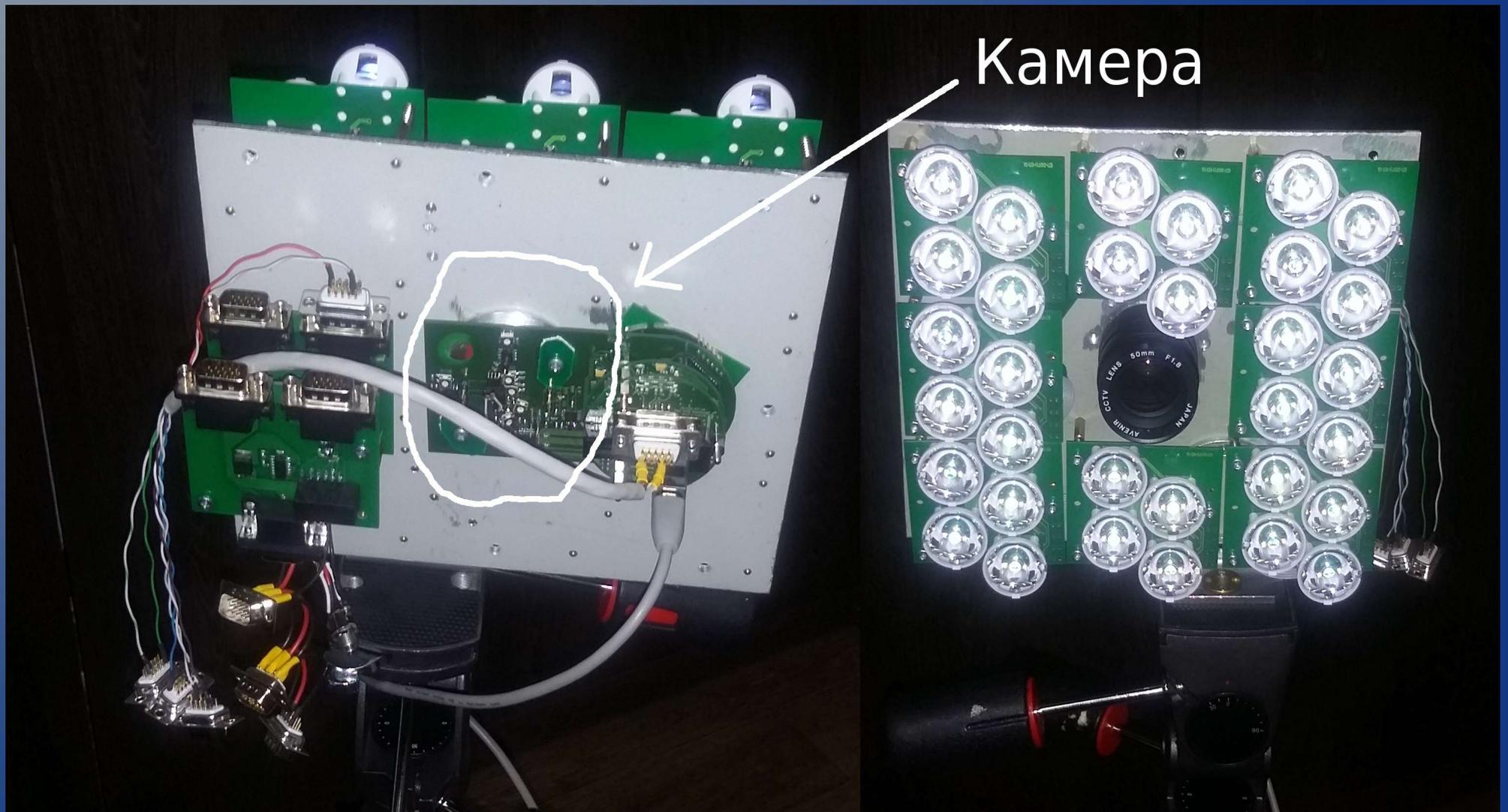
Разработки 2016-2017

# Камера — 8 кадров с частотой более 20 МГц

В настоящее время разработан экспериментальный образец камеры с прототипом сверхскоростного сенсора, разработанного в отечественной компании ООО РТК «Инпекс».

Эксперименты с данной камерой подтвердили техническую возможность изготовления сверхскоростных сенсоров с возможностью записи 8 кадров с межкадровым периодом менее 50 нс и возможностью сохранения предыстории.

# Макет сверхскоростной камеры с подсветкой



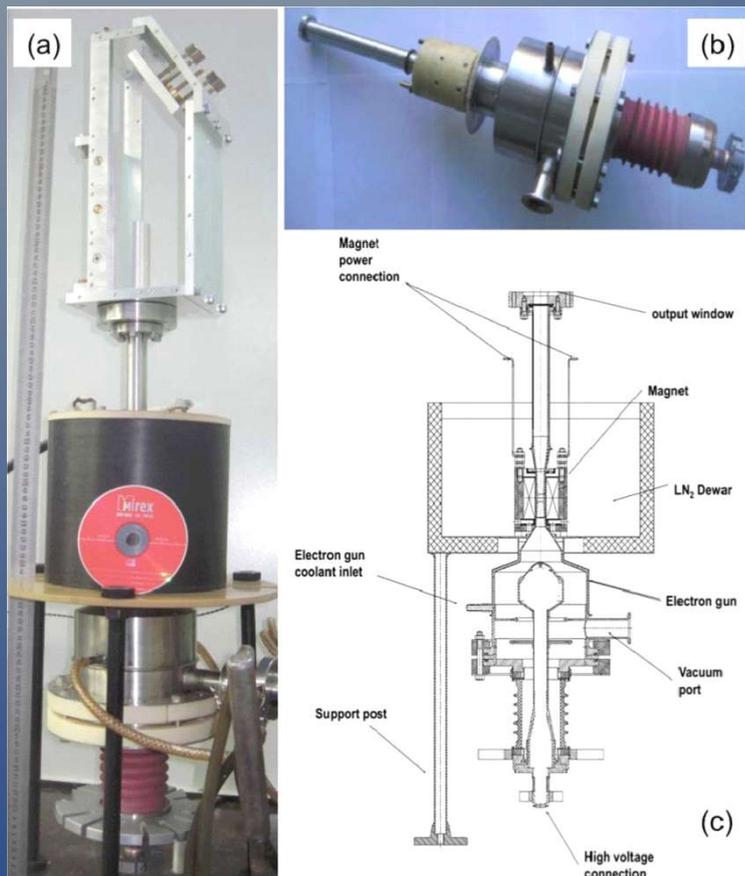


# Экспериментальное исследование свечения разряда, инициированного ТГц излучением импульсного гиротрона

А.В. Сидоров, М.Е. Викторов, С.В. Разин, А.Г. Лучинин, А.В. Водопьянов

Институт прикладной физики РАН  
603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова 46

# Экспериментальная установка: гиротрон

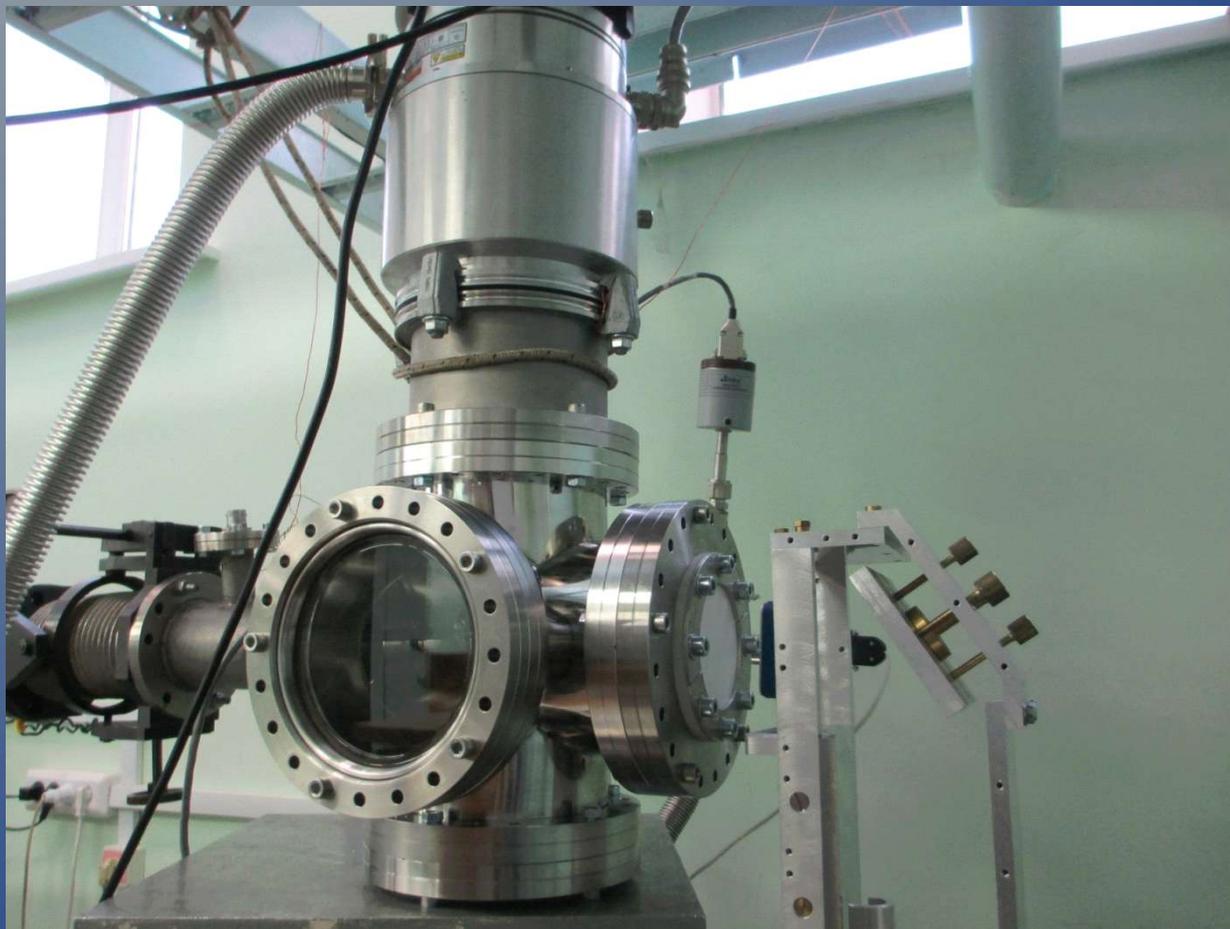


Параметры гиротрона:

- Рабочая частота  
 $f = 0.67$  ТГц
- Мощность излучения: до 40 кВт
- Длительность импульса: от 20 мкс
- Линейная поляризация

M.Yu. Glyavin, S.V. Golubev, V.G. Zorin, I.V. Izotov, A.G. Litvak, A.G. Luchinin, M.V. Morozkin, S.V. Razin, A.V. Sidorov, V.A. Skalyga, "The discharge maintained by high-power terahertz radiation in a nonuniform gas flow", *Radiophysics and Quantum Electronics*, v. 56, n. 8-9, p. 561 - 565, 2014.

## Экспериментальная установка



M.Yu. Glyavin, et al., *Radiophysics and Quantum Electronics*, v. 56, n. 8-9, p. 561 - 565, 2014.

Инициация разряда осуществлялась следующим образом: в вакуумную камеру впрыскивалась струя газа под давлением более атмосферного через небольшое отверстие диаметром менее 1 мм.

Исследования разрядных явлений проводились в ксеноне и азоте при давлении от  $10^{-3}$  Торр до сотен Торр.

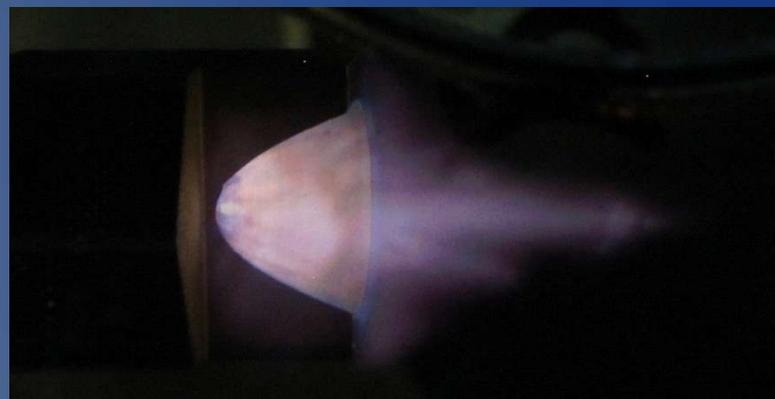
Перед напуском рабочего газа камера предварительно откачивалась до давления  $10^{-5}$  Торр с помощью турбомолекулярного насоса.

Стационарность давления остаточного газа обеспечивалась балансом напуска газа и его откачки форвакуумным насосом.

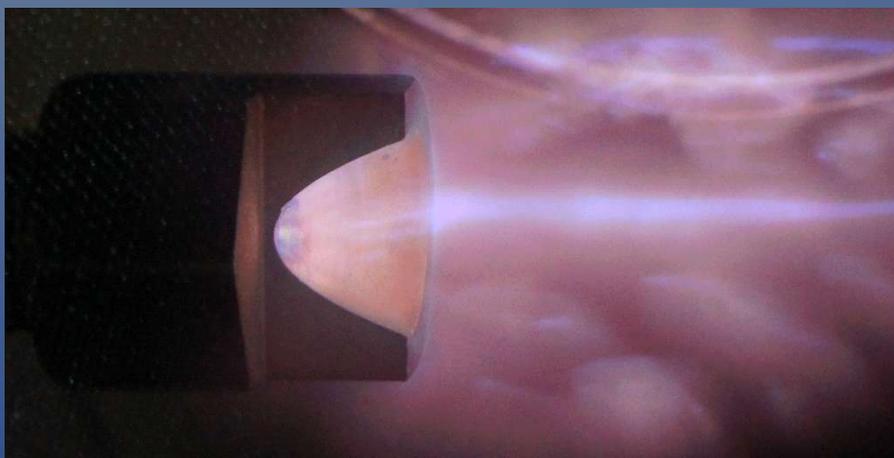
## Интегральные фотографии СВЧ разряда



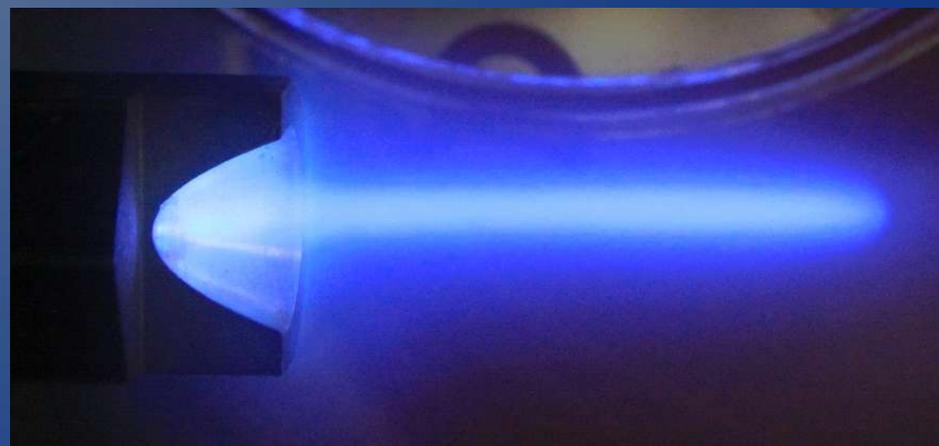
100 Торр



20 Торр



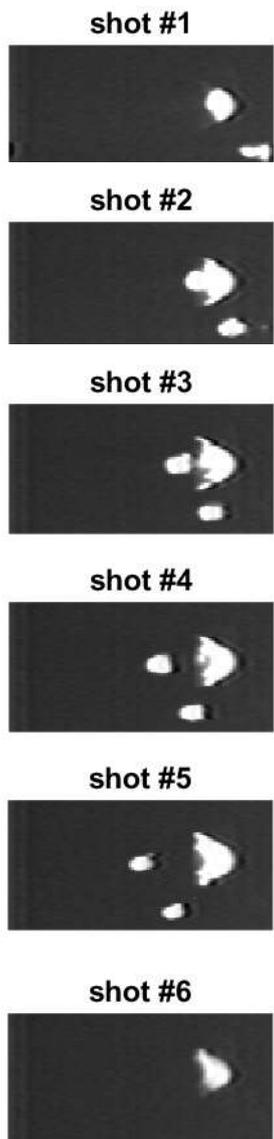
5 Торр



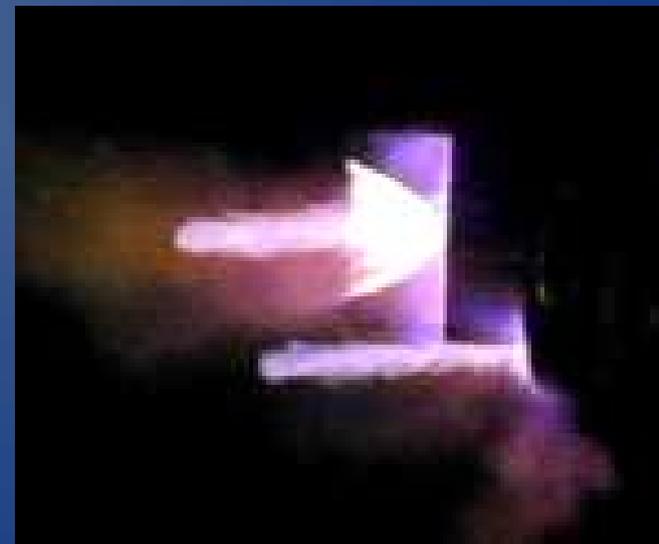
$2 \cdot 10^{-1}$  Торр

A. V. Sidorov, S. V. Razin, S. V. Golubev, *et al.*, *Physics of Plasmas* **23**, 043511 (2016)

# Съемка СВЧ разряда быстрой камерой Видеоскан



$N_2$ , 0.3 atm  
кадровый  
период  
 $4.1 \mu s$



shot #1



shot #2



shot #3



shot #4



shot #5



shot #6



shot #7



shot #2 - shot #1



shot #3 - shot #2



shot #4 - shot #3



$N_2$ , 0.5 atm  
кадровый период  
 $5.1 \mu s$



shot #1



shot #2



shot #3



shot #4



shot #5



shot #6



shot #7



shot #2 - shot #1



shot #3 - shot #2



shot #4 - shot #3



shot #5 - shot #4



shot #6 - shot #5



shot #7 - shot #6



**Kr, 0.1 atm**  
**кадровый период**  
**250 ns**

shot #1



shot #2



shot #3



shot #4



shot #5



shot #6



shot #7



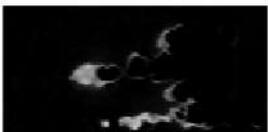
shot #2 - shot #1



shot #3 - shot #2



shot #4 - shot #3



shot #5 - shot #4



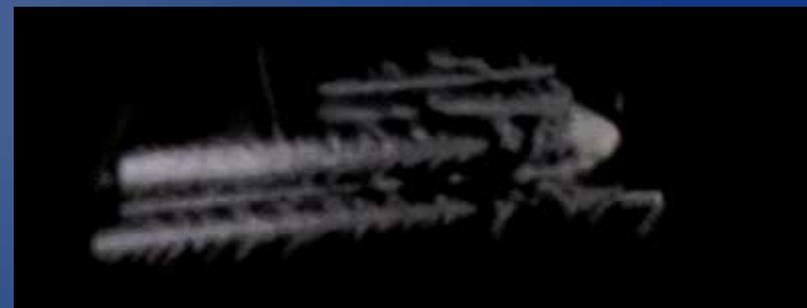
shot #6 - shot #5



shot #7 - shot #6



**Kr, 0.75 atm**  
**кадровый период**  
**550 ns**



# Определение скорости распространения разряда в азоте

