

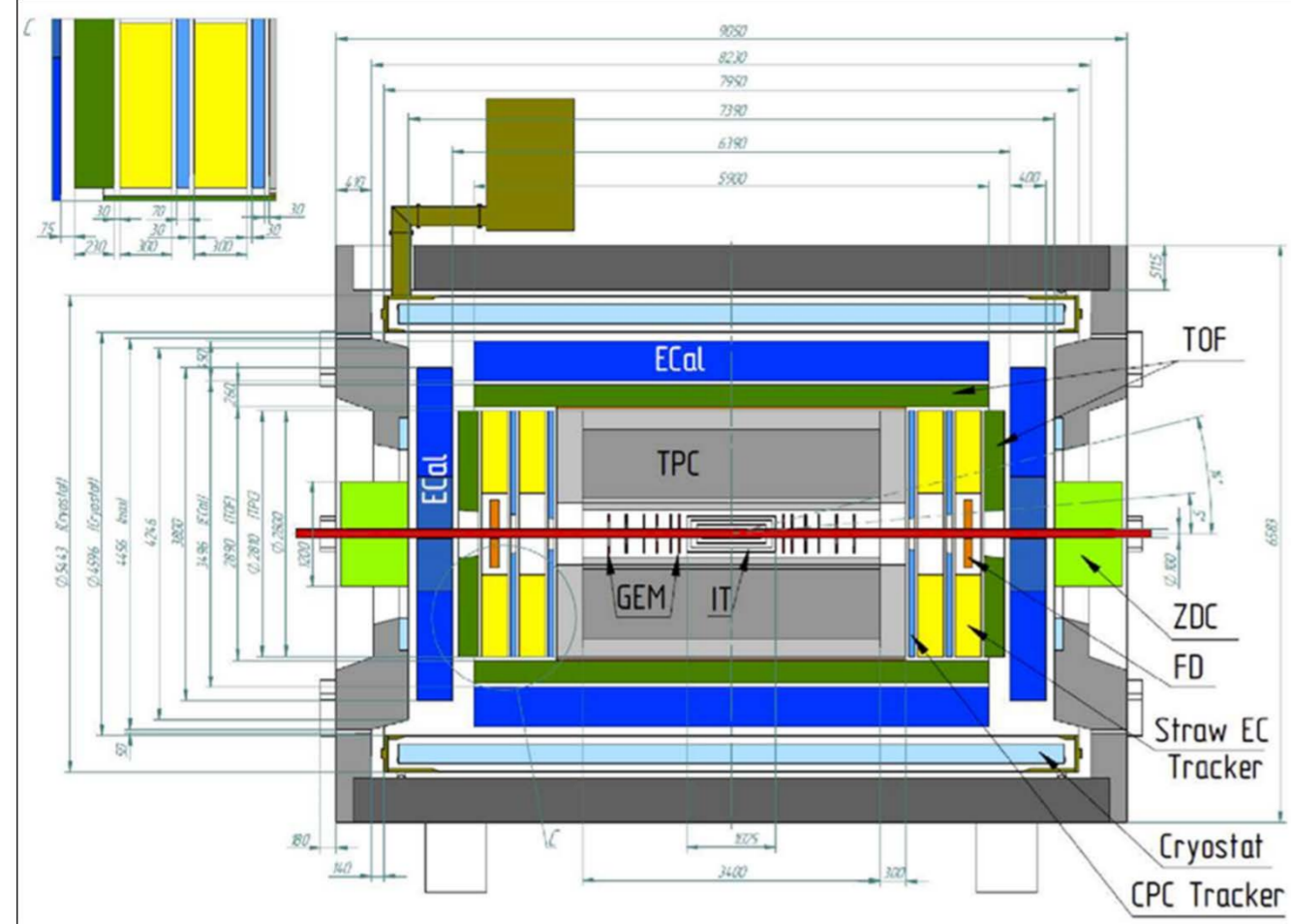
# Результаты тестирования прототипа время-проекционной камеры (TRC) для многоцелевого детектора (MPD) мега-проекта NICA

Мовчан С.А., Заневский Ю.В., Лукатиных Ю., Разин С.В., Бажакин А.Г., Чепурнов В.Ф., Фатеев О.В., Рыбаков А.А., Аверьянов А.В.

Лаборатория Физики Высоких Энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина Объединенного Института Ядерных Исследований

TRC (Time-Projection Chamber) является основным трековым детектором и детектором идентификации частиц в цилиндрической установке MPD (Multi-Purpose Detector).

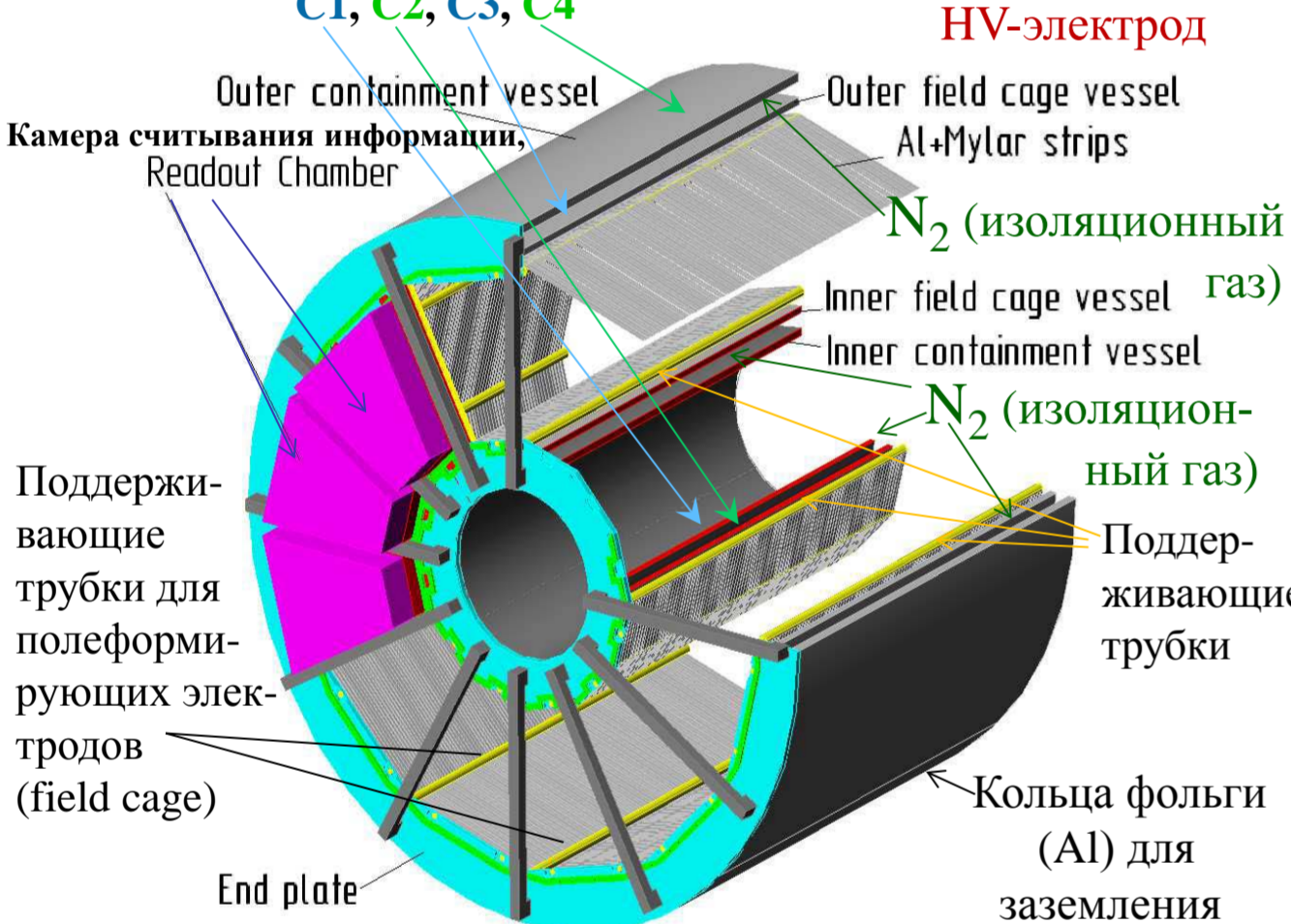
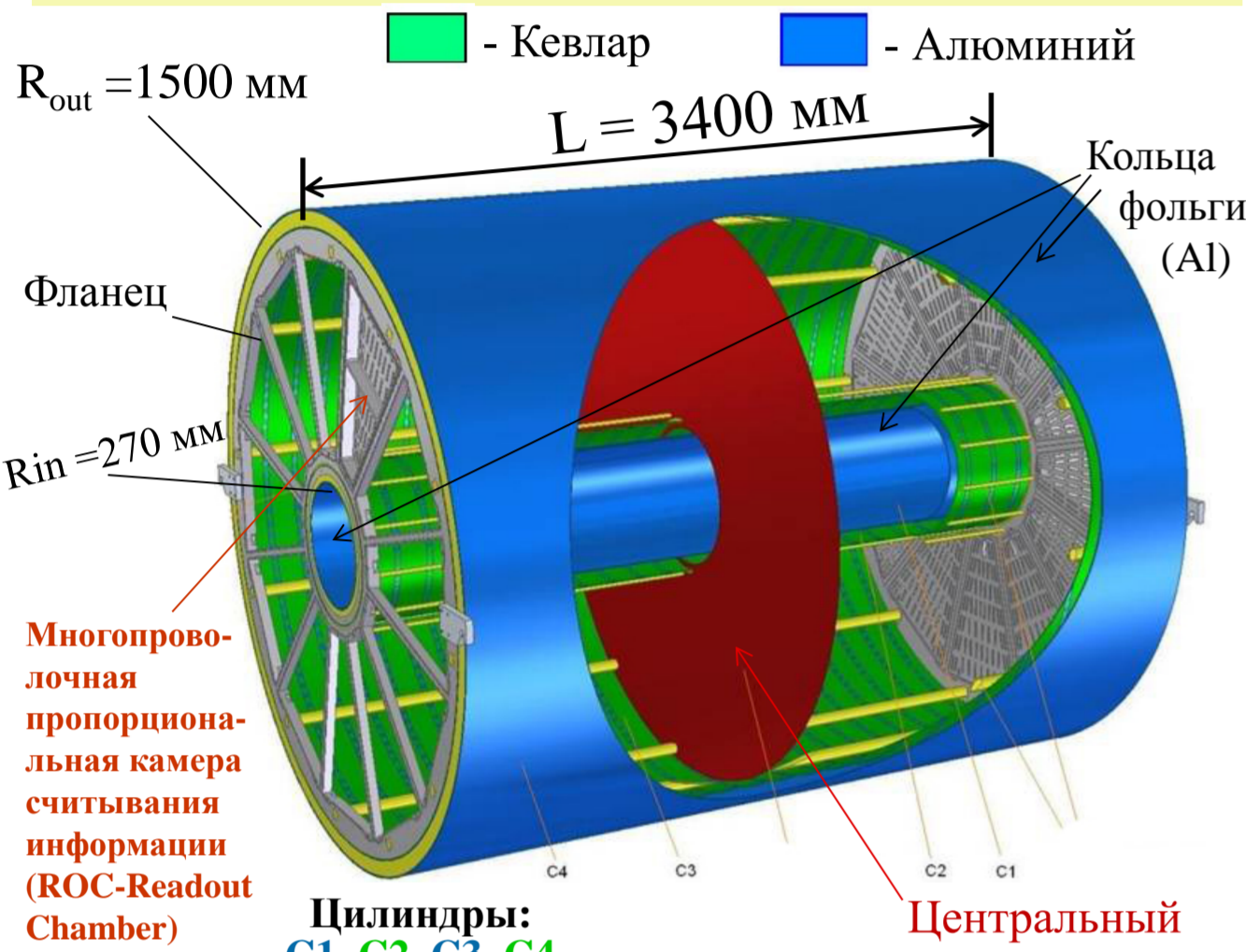
## Цилиндрическая часть установки MPD



### TRC должна обеспечивать:

Эффективную регистрацию треков заряженных частиц в области псевдобыстрот  $|\eta| \leq 1.2$ ,  
 Двухтрековое разрешение  $\sim 1$  см,  
 Импульсное разрешение:  $\Delta p/p \sim 3\%$  для частиц с энергией в пределах  $0.1 < p_t < 1$  ГэВ/с,  
 Разрешение  $dE/dx$ : не хуже 8%,  
 при множественности: до 1000 заряженных частиц в центральном столкновении для ионов Au + Au при частоте событий  $\sim 7$  кГц.

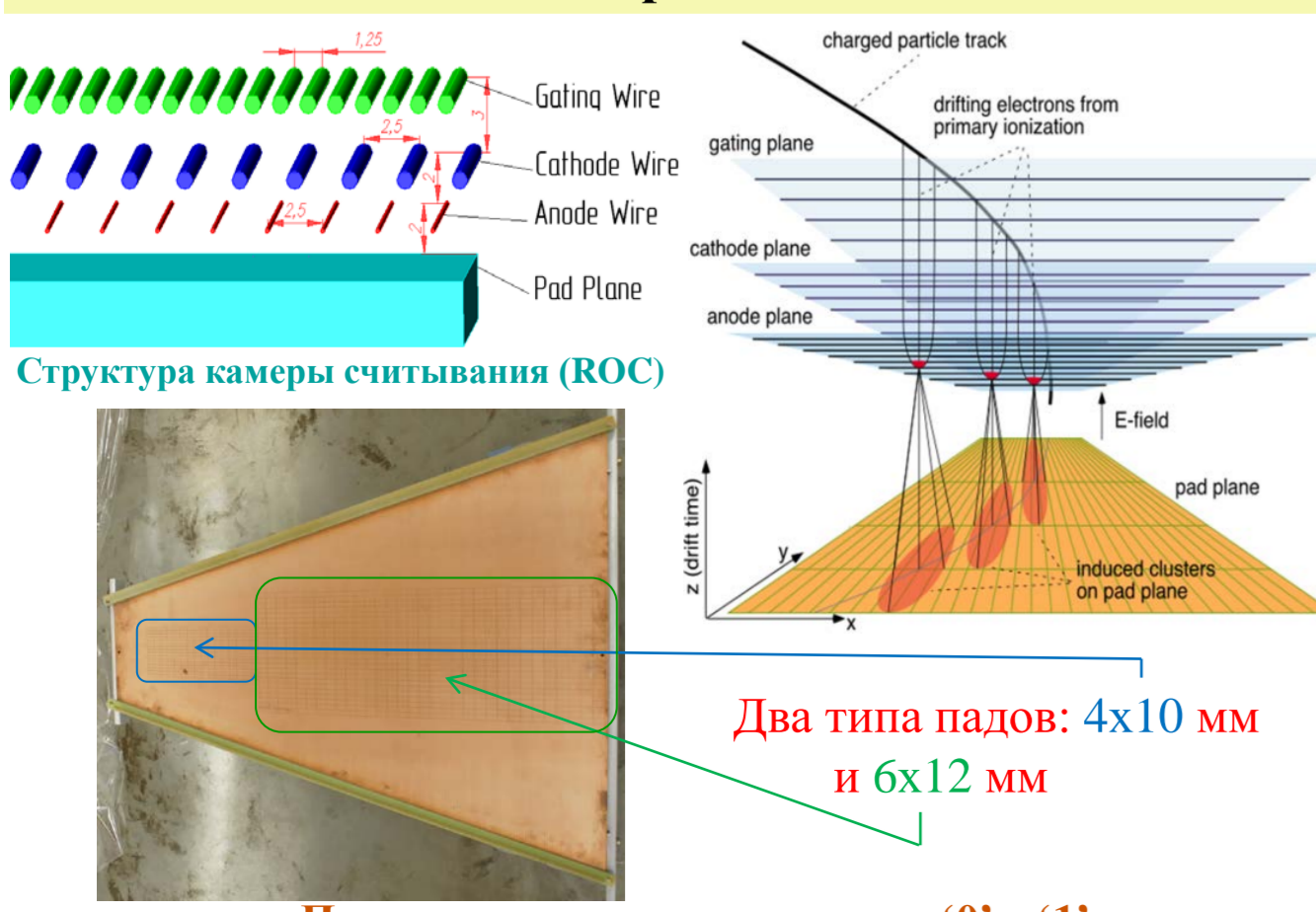
### Структура TRC



### Параметры TRC

Параметр	Величина
Длина TRC	340 см (без FEE)
Внешний радиус	140 см
Внутренний радиус	27 см
Внешний радиус дрейфового объема	133 см
Внутренний радиус дрейфового объема	34 см
Длина дрейфового объема	163 см (для каждой половины)
Напряженность электрического поля	$\sim 140$ В/см (для смеси газа P10)
Напряженность магнитного поля	0.5 Тл (max.)
Дрейфовый газ	90% Ar + 10% CH <sub>4</sub> (P10) при атмосферном давлении + 2 мбар
Скорость дрейфа	5.45 см/мкс для смеси газа P10
Полное время дрейфа	$\sim 30$ мкс
Температурная нестабильность	$< 0.5$ °C
Число камер считывания	24 (12 на торцевую плоскость)
Деление на сегменты по φ	30°
Множественность (mean)	300
Размер пэдов	5x12 мм <sup>2</sup> and 5x18 мм <sup>2</sup>
Количество пэдов	95232
Максимальная частота событий	$\sim 7$ кГц ( $L = 10^{27}$ см <sup>2</sup> с <sup>-1</sup> )
Время формирования сигнала	$\sim 180$ нс (FWHM)
Отношение сигнал/шум	30:1
dE/dx разрешение	не хуже чем 8 %
Δp/p разрешение	$\leq 3\%$ при $0.1 < p_t < 1$ ГэВ/с

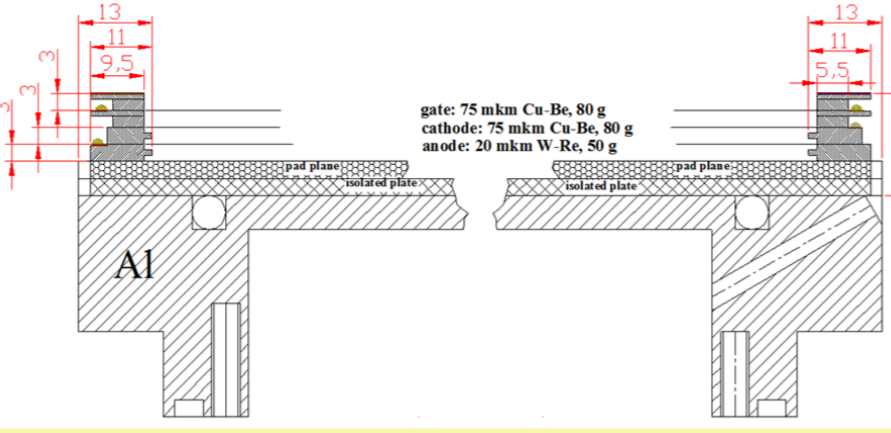
### Структура считывающей камеры (ROC) и пэдовая плоскость для прототипов '0' и '1'



Два типа пэдов: 4x10 мм и 6x12 мм

Пэдовая плоскость прототипов '0' и '1'

## Поперечное сечение ROC камеры



### Проверка и тестирование прототипа ROC камеры

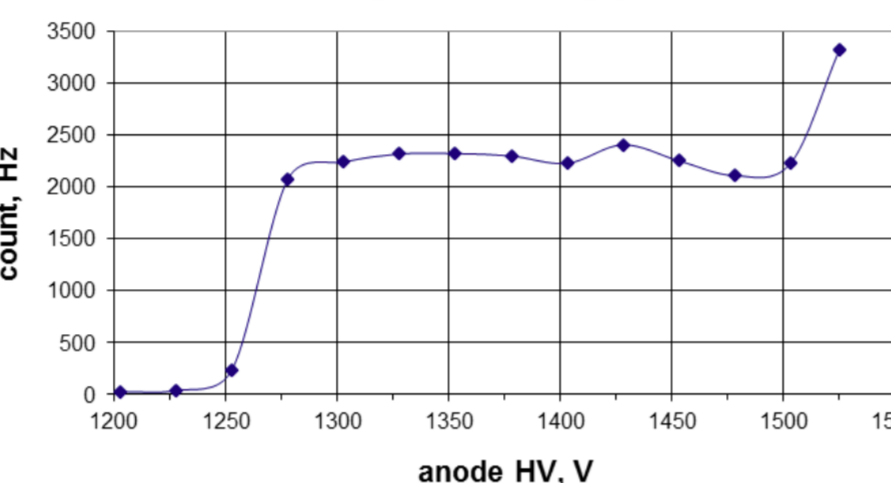


Визуальная проверка шага намочки проволоочек с помощью оптического микроскопа



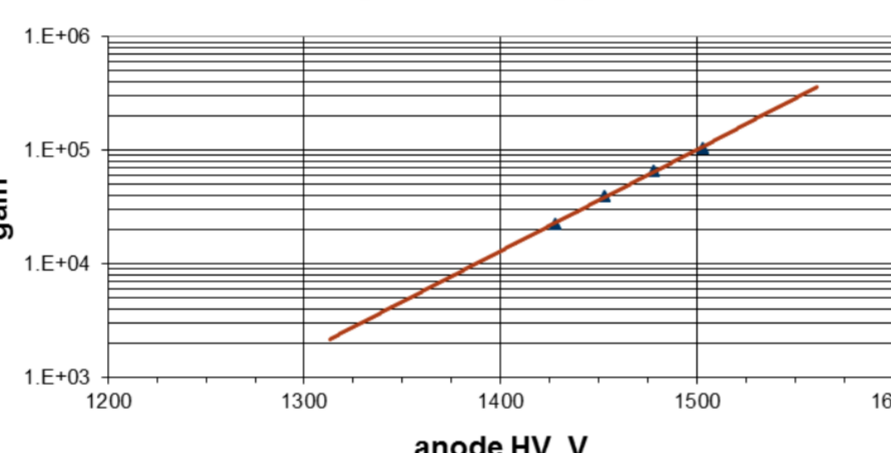
Тестирование прототипа ROC камеры с помощью  $\alpha$ -источников Fe<sup>55</sup> и Sr<sup>90</sup>

ROC-1, Ar/CH<sub>4</sub> (90/10), 21.3 л/ч, Fe<sup>55</sup>, V<sub>gate</sub>=-42V, V<sub>drift</sub>=502V, anode pitch 2.5 mm, gap 2 mm



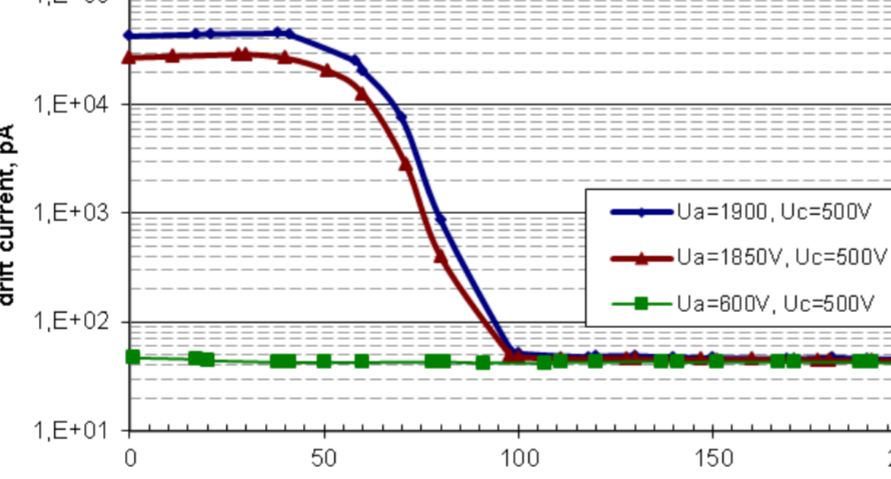
### Зависимость счетной характеристики от напряжения на HV-электроде

ROC-1, Ar/CH<sub>4</sub> (90/10), 21.3 л/ч, Fe<sup>55</sup>, V<sub>gate</sub>=-42V, V<sub>drift</sub>=502V, anode pitch 2.5 mm, gap 2 mm

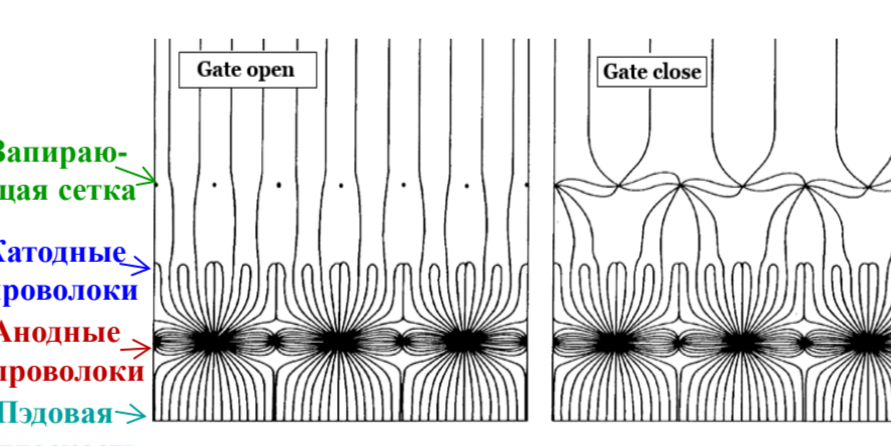


### Зависимость коэффициента газового усиления от анодного напряжения

Ar/CH<sub>4</sub>(90/10), Sr<sup>90</sup>



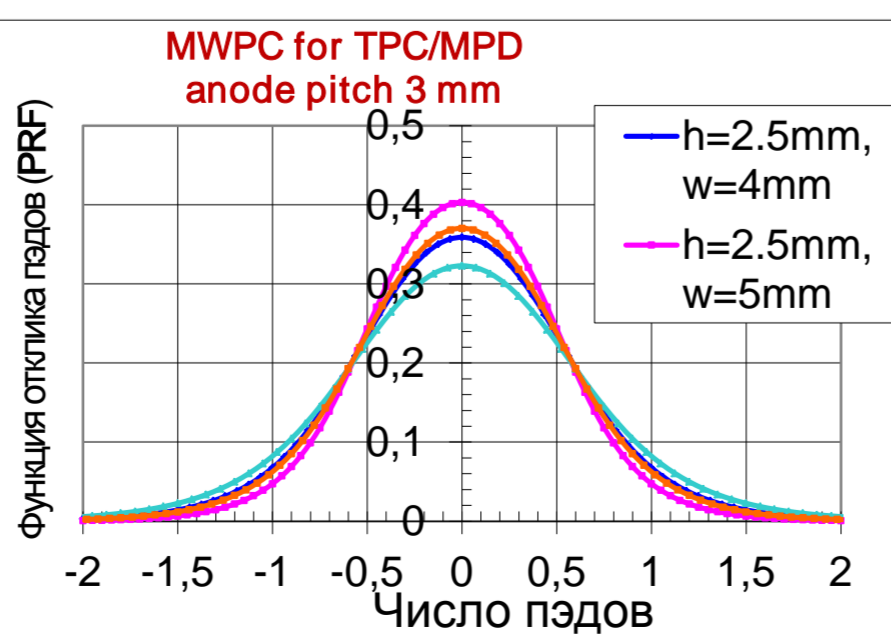
### Зависимость величины дрейфового тока от разности потенциалов на запирающей сетке



Схематическое представление линий напряженности электрического поля в ROC камере в зависимости от не поданных потенциалов (слева) и поданных потенциалов (справа) на проволочную плоскость запирающей сетки

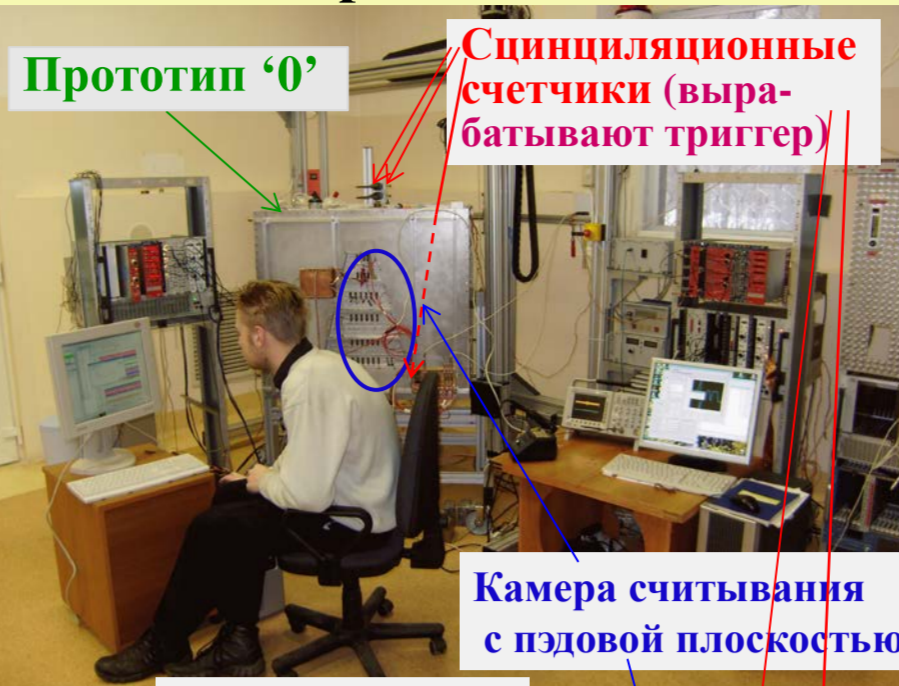
### Расчёт распределения наведённого заряда на пэды

Относительное распределение амплитуд сигналов на соседних пэдах, наведенных от точечной лавины, вблизи анодной проволоки, называется функцией отклика пэдов (PRF). Она может быть рассчитана путем интегрирования распределения наведенного заряда по площади пэда S:  $PRF(x; y) = \int_S Q(x, y) dS$ . Двухмерное распределение наведенного заряда  $Q(x, y)$  можно выразить через геометрические параметры проволочной структуры [E. Mathieson, Nucl. Instr. Meth. A270 (1988) 602].



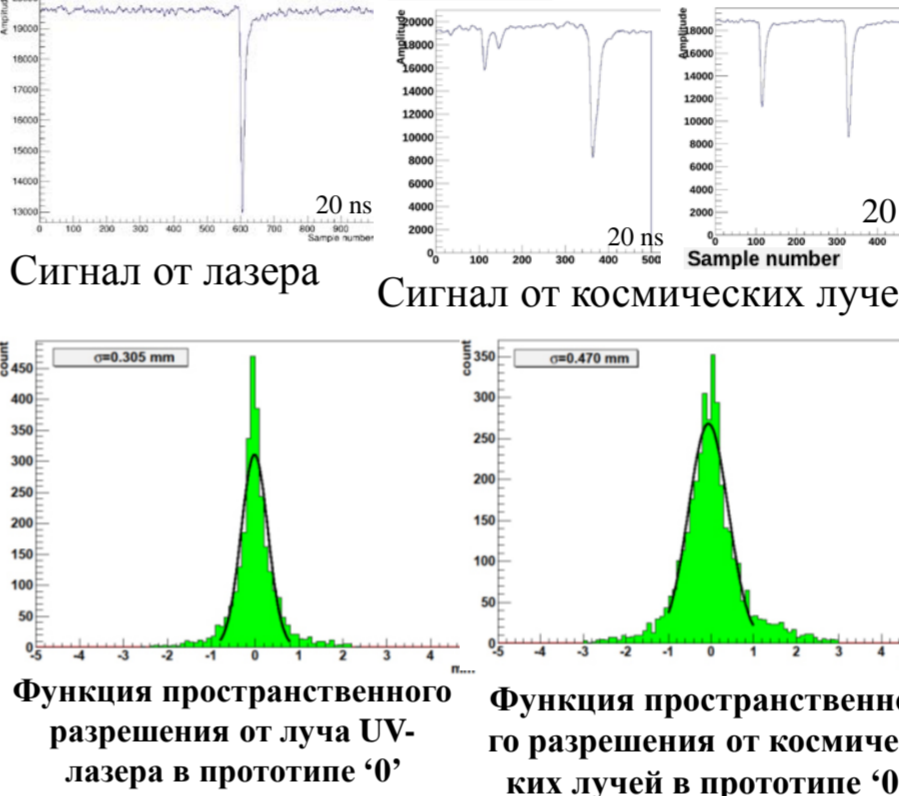
Функция отклика пэдов (определяет какая часть от общего сигнала наводится на пэд), при ширине пэда  $w = 4$  и  $5$  мм;  $h$  - зазор анод-катод 2,5 и 3 мм, шаг анодных проволочек 3 мм, диаметр анодной проволоки 20 мкм

## Прототип '0'



Характеристики прототипа '0'  
 1. Длина дрейфа = 40 см, E дрейфа = 140 В/см  
 2. Пэдовая плоскость (камеры считывания) Пэды - 4x10 мм и 6x12 мм  
 3. FEE имеет 256 каналов  
 4. 2 кварцевых окна для луча лазера

### Результаты тестирования прототипа '0'



### Прототип '1'



Детали для прототипа TPC '1', изготовленные в промышленности  
 Материал: Кевлар, покрытый двойной пленкой Теллара  
 Диаметр - 950 мм  
 Длина - 900 мм  
 Толщина стенки - 2 мм  
 Вес  $\sim 10$  кг



Стержни HV делителя, изготовленные в промышленности из: Кевлара + Макролона + алюминиевых фольг

Намотка полеформирующих электродов алюминиевыми майларовыми лентами (field cage)

### Сборка и тестирование прототипа '1'



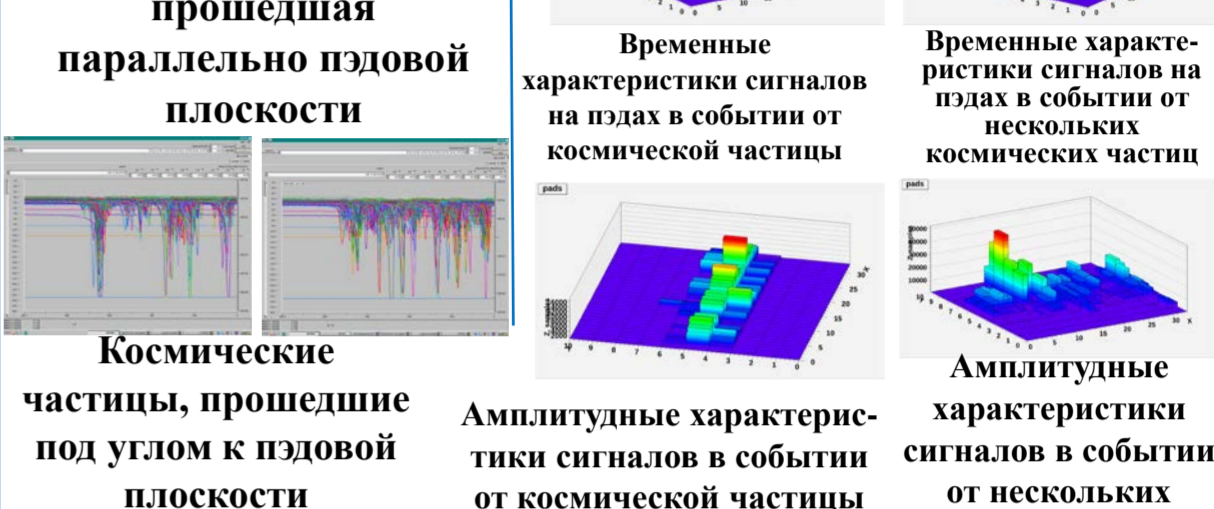
4-е платы электроники ADC с преусилителями

## Схематическое представление лучей от UV-лазера в прототипе '1'

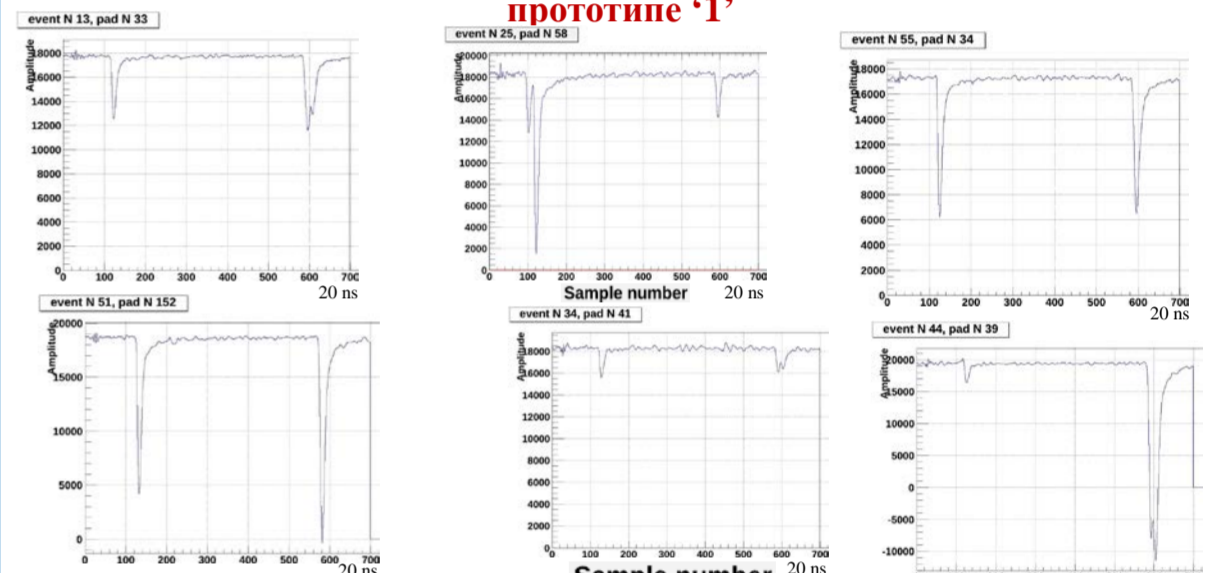


Схематическое представление отраженных лучей лазера от двухборок с тремя зеркалами, диаметром  $\sim 0.9$  мм

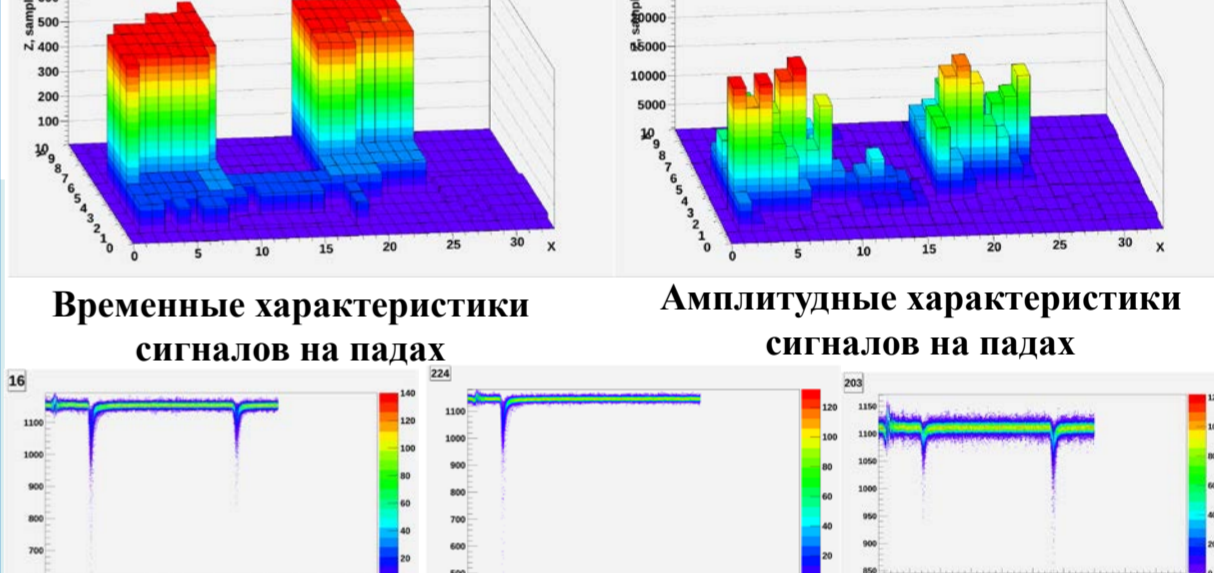
Сигналы, полученные от пэдовой плоскости в прототипе '1'  
 On-line монитор: сигналы от космических лучей с 256 каналов электроники (со всех 4-х плат ADC)



### Сигналы на пэдах - отраженные от двухборок зеркал лучи лазера в прототипе '1'



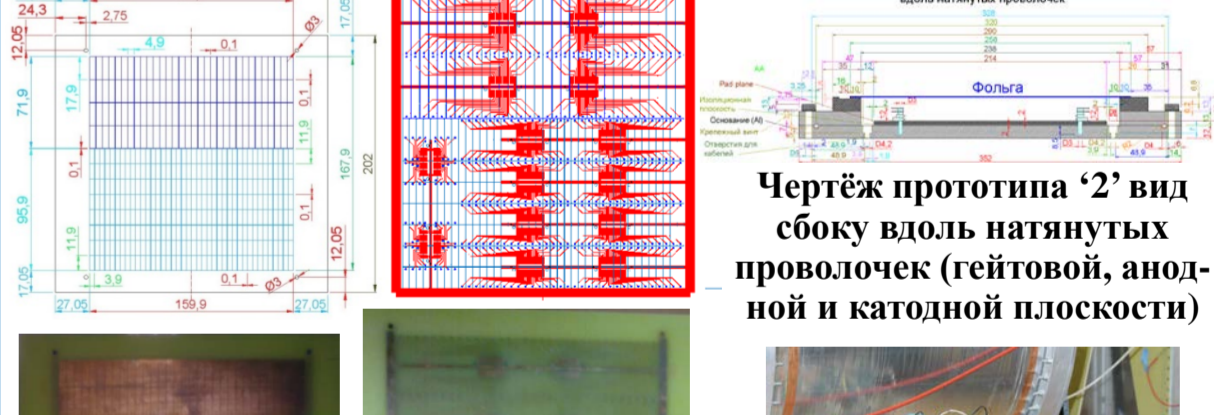
### Временные характеристики сигналов на пэдах



### Амплитудные характеристики сигналов на пэдах



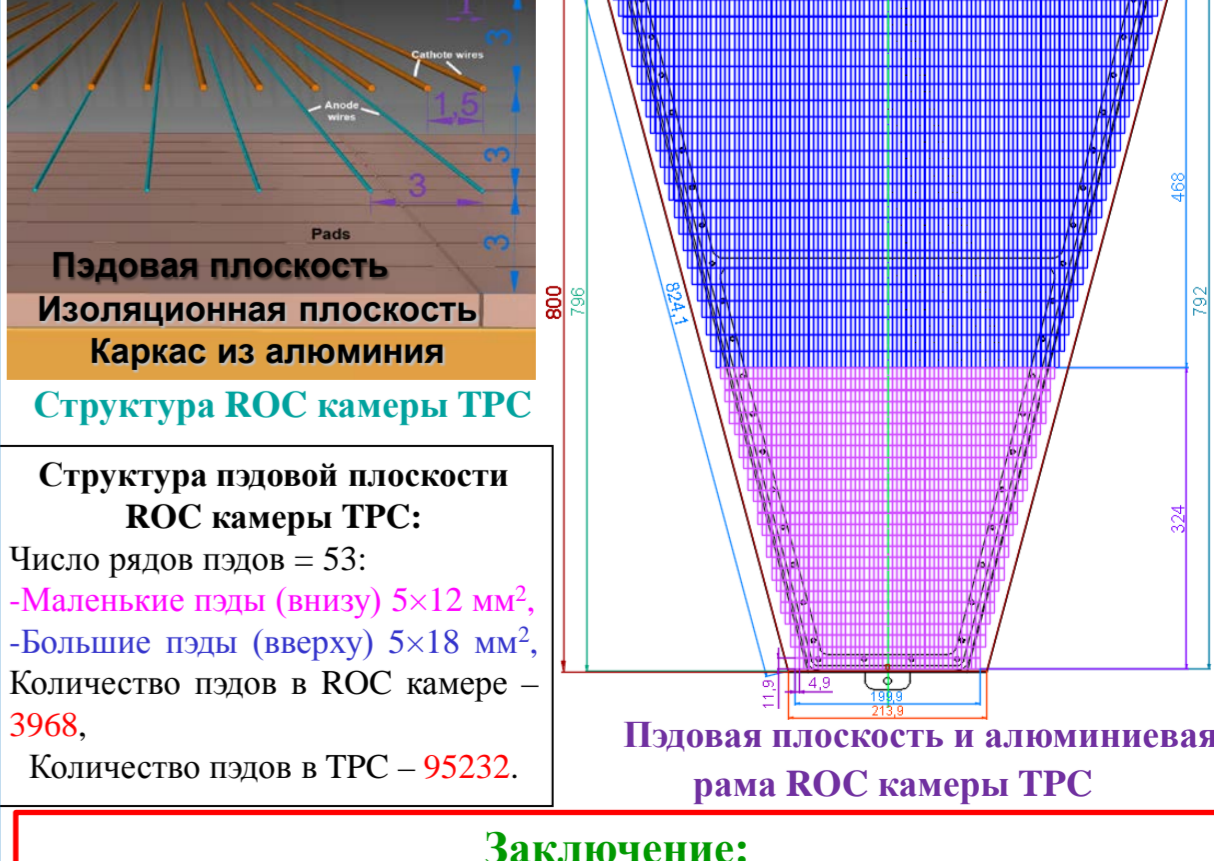
### Прототип '2' ("pad plane-2")



Пэдовая плоскость печатной платы (слева) и разводка пэдов (справа)

Испытание карт-прототипов FEC64 на ROC-прототипе "pad plane-2" (слева) и "отклик" сработавших пэдов от  $\gamma$ -источника <sup>55</sup>Fe (справа)

### Пэдовая плоскость в ROC камере TPC



Структура пэдовой плоскости ROC камеры TPC:  
 Число рядов пэдов = 53;  
 -Маленькие пэды (внизу) 5x12 мм<sup>2</sup>;  
 -Большие пэды (вверху) 5x18 мм<sup>2</sup>;  
 Количество пэдов в ROC камере - 3968,  
 Количество пэдов в TPC - 95232.

### Заключение:

Было успешно проведено испытание прототипов TPC, на основании которых были доработаны и проверены конструктивные узлы для TPC/MPD, в том числе: полеформирующие электроды, пэдовая плоскость и считывающая камера информации.