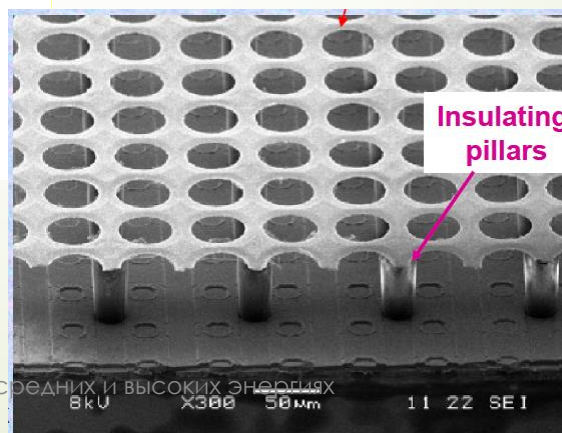
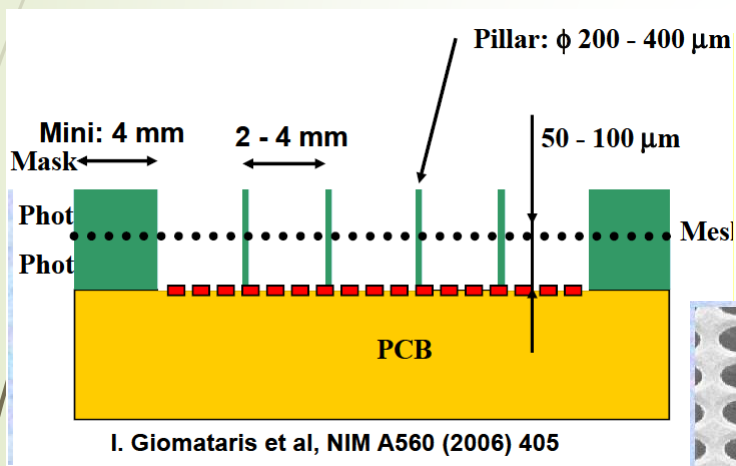
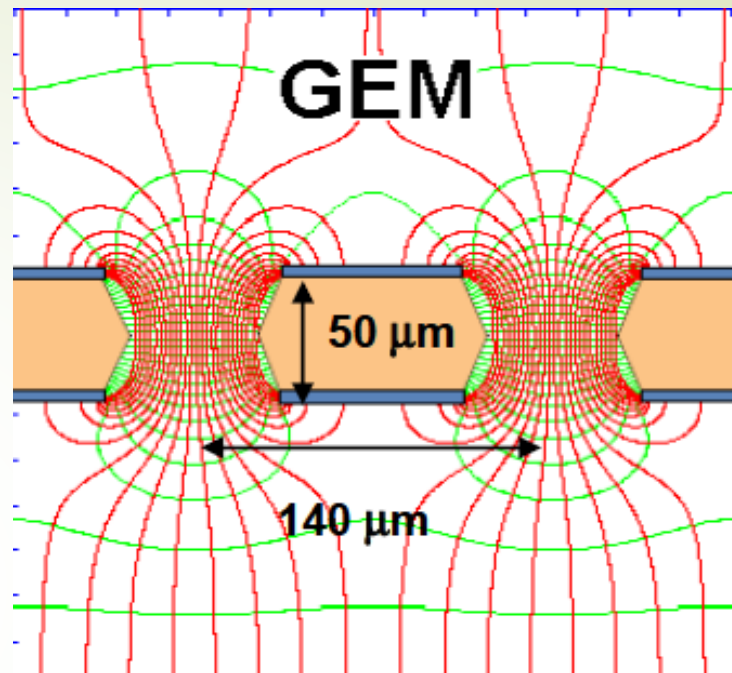
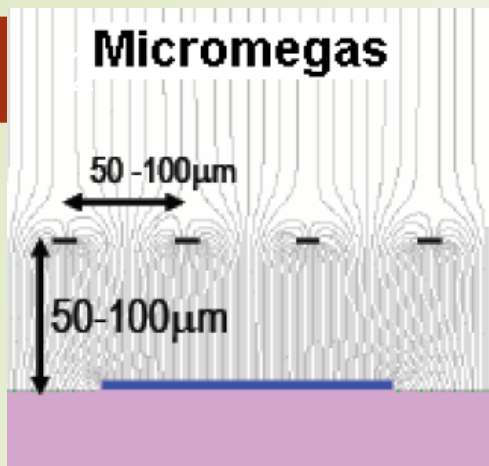


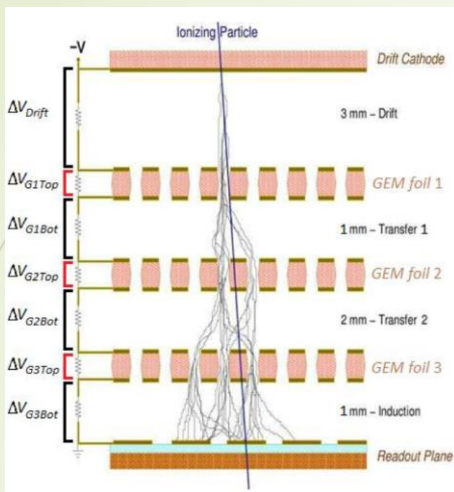
Газовые микроструктурные детекторы в ИЯФ СО РАН

*Шехтман Лев Исаевич
Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН*

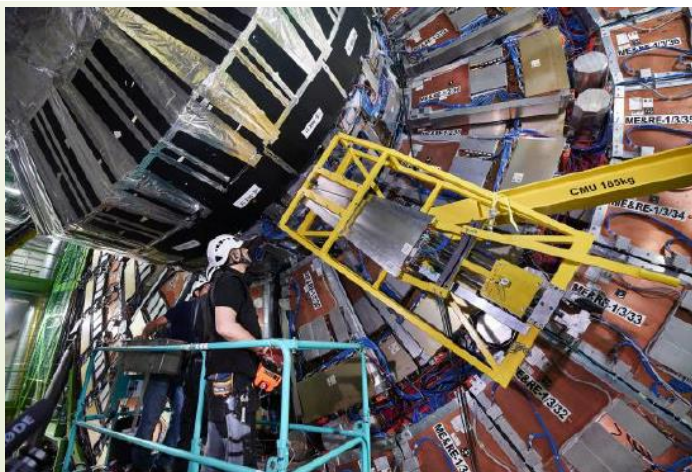
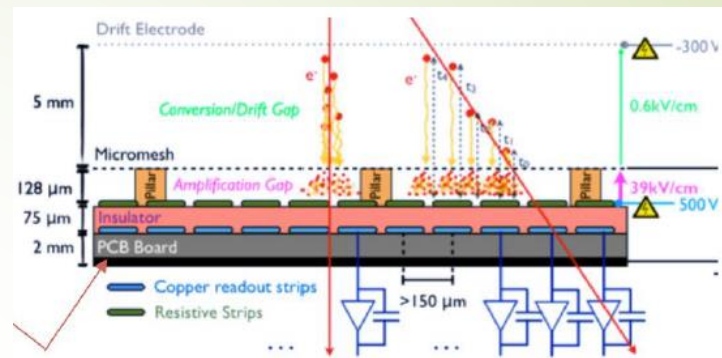
Газовые микроструктурные детекторы



Мюонная система CMS 3-ГЭУ

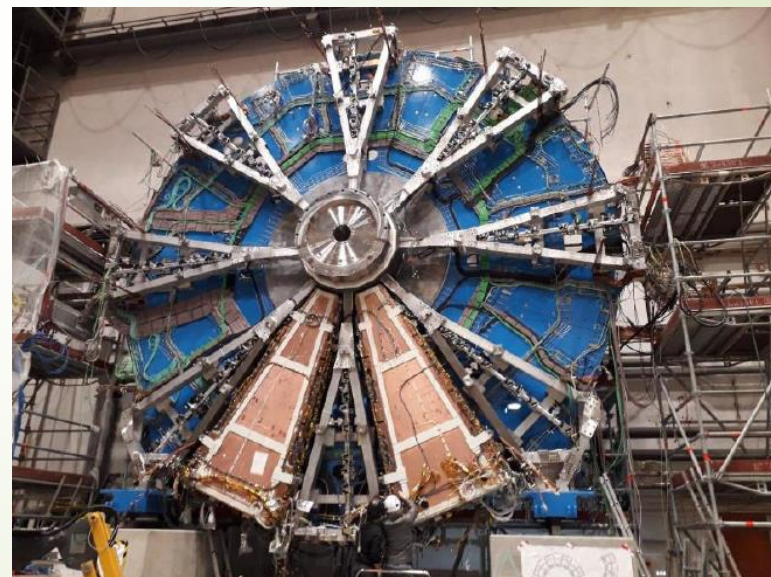


Мюонная система ATLAS Micromegas+SGC



GEM Super Chamber **installed** on the
nose of CMS experiment

Шехтман А.И. Физика частиц при средних и высоких энергиях



05.06.2026

Газовые микроструктурные детекторы в ИЯФ СО РАН

4

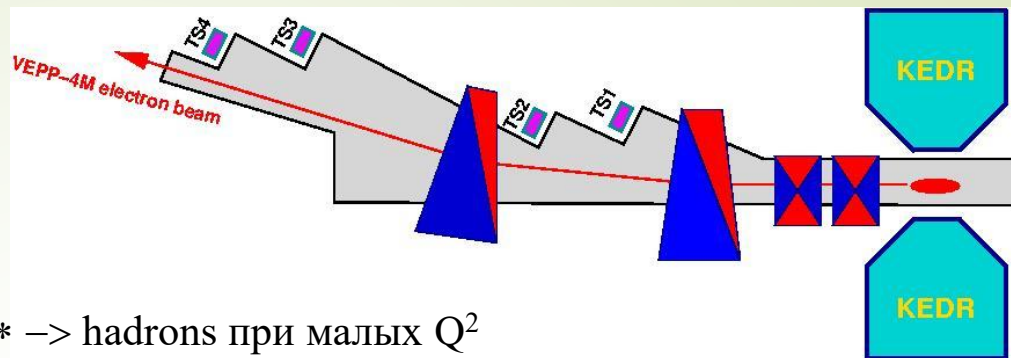
- Система регистрации рассеянных электронов детектора КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М
- Система мечения эксперимента ДЕЙТРОН на накопителе ВЭПП-3
- Координатные детекторы на установке «Выведенный пучок электронов на накопителе ВЭПП-4М»
- Лазерный поляриметр на коллайдере ВЭПП-4М
- Торцевые координатные диски для детектора КМД-3 на коллайдере ВЭПП-2000
- Время-проекционная камера низкого давления для установки AMS

Система регистрации рассеянных электронов детектора КЕДР

5

Основные физические задачи:

- измерение полного сечения $\gamma^*\gamma^* \rightarrow \text{hadrons}$ при малых Q^2
- изучение С-четных резонансов
- поиск экзотических состояний

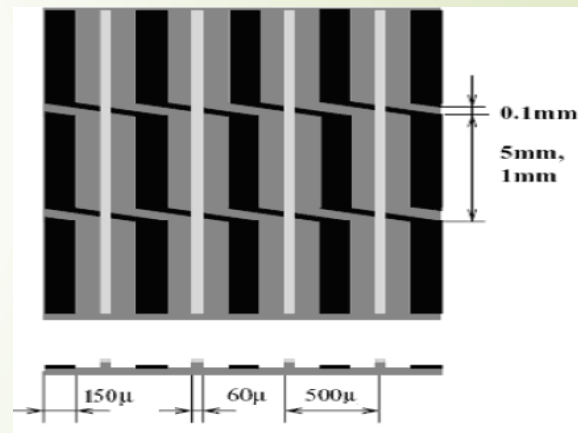
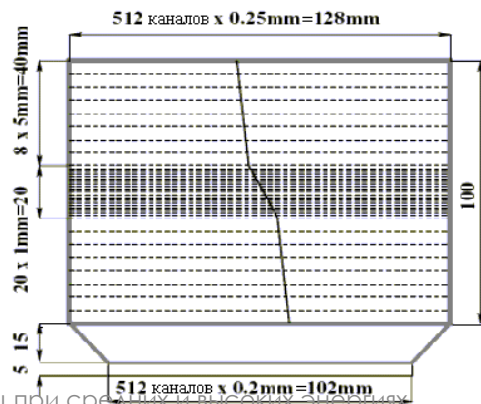
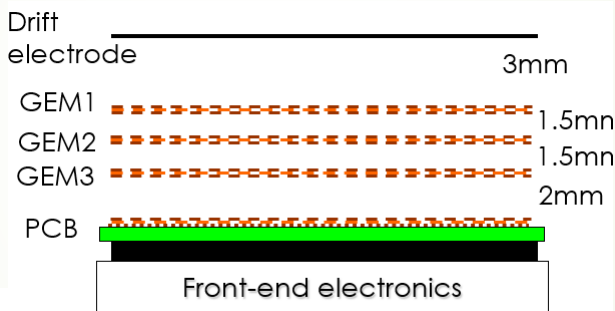


Размеры детекторов

6 штук – 128x100 мм
 2 штуки - 256x100 мм
 Число каналов - 5120

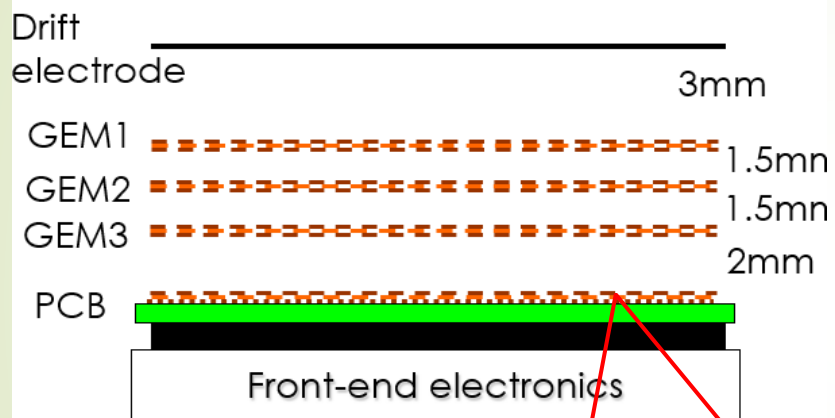
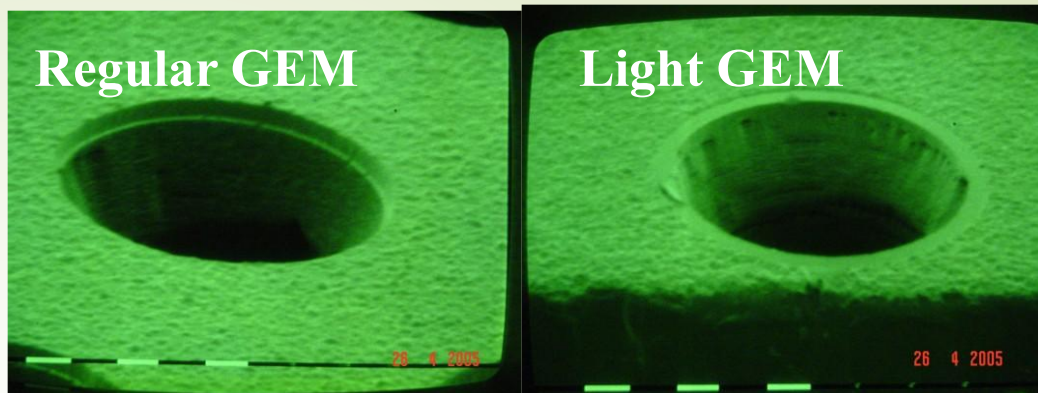
Пространственное разрешение ~ 70 мкм
 ~ 300 мкм
 ~ 1.5 мм

Система работает с 2010 г.

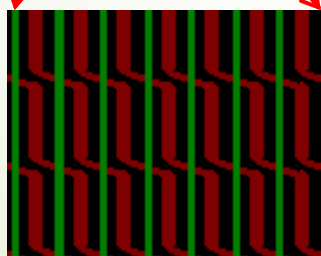


7

Тройной ГЭУ с Малым количеством материала

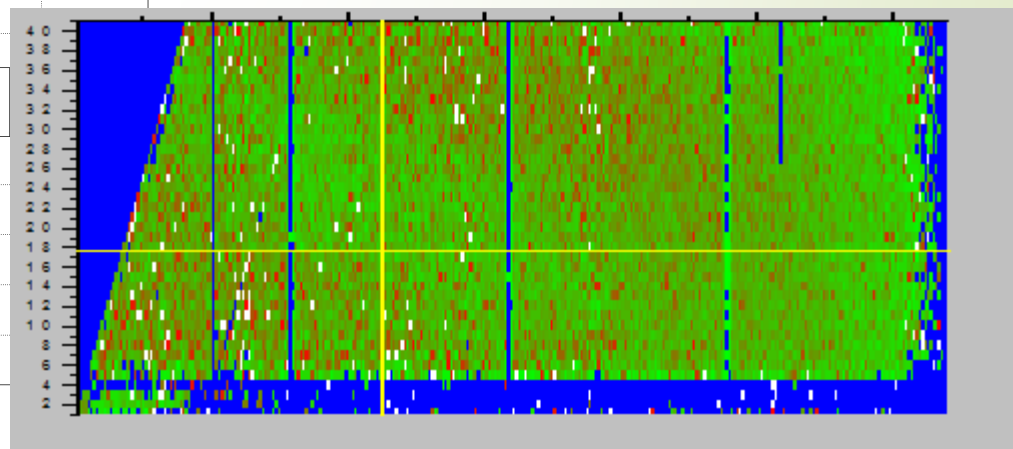
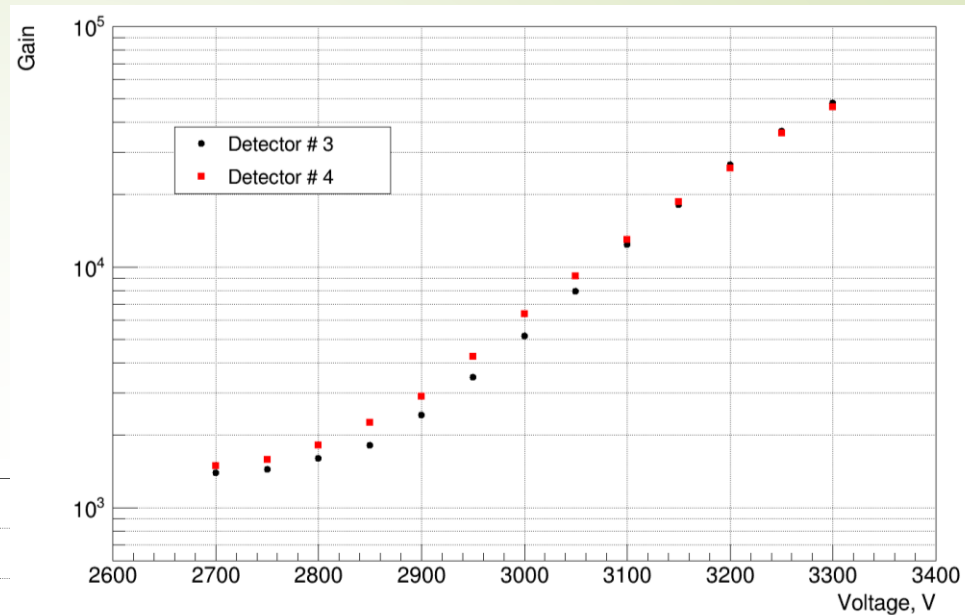
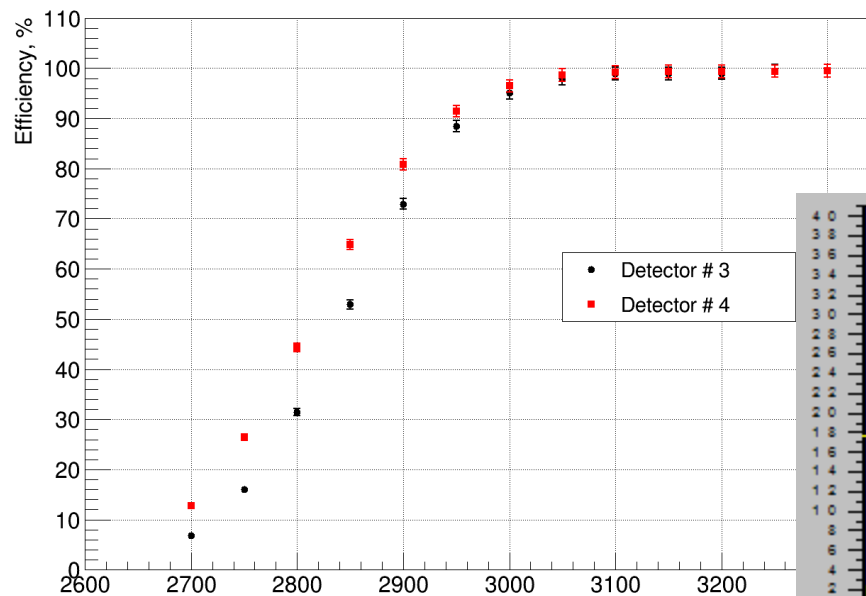


Размер 40 x 160 мм²



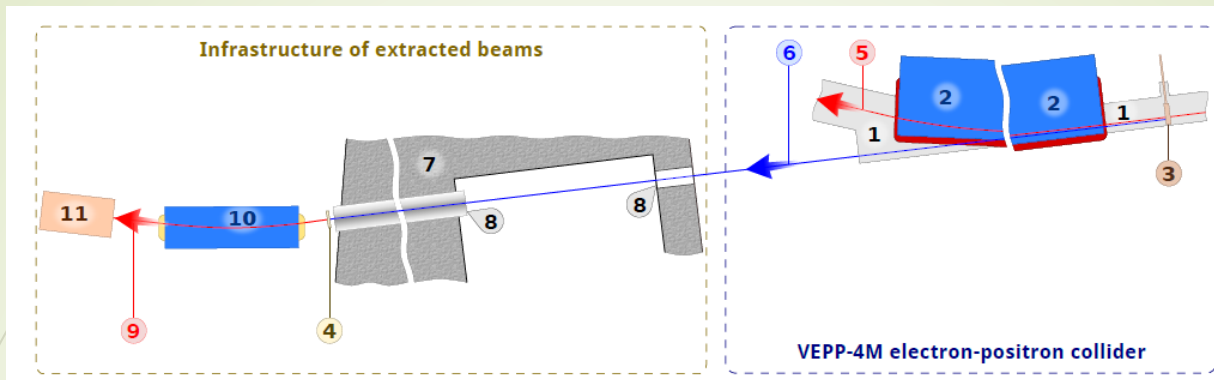
Detector element (material)	Rad.length , cm	x/X0
Si 300μm	9.4	$3.2 \cdot 10^{-3}$
Copper 5μm	1.44	$3.5 \cdot 10^{-4}$
Kapton 50 μm	28.57	$1.8 \cdot 10^{-4}$
Argon 1cm	11762	$0.85 \cdot 10^{-4}$
Triple-GEM detector (5 layers of kapton 50 μm, 7 layers of copper 5 μm, 7mm of Ar)		$3.4 \cdot 10^{-3}$
Light Triple-GEM detector (5 layers of kapton 50 μm, 7 layers of copper 1 μm, 7mm of Ar)		$1.5 \cdot 10^{-3}$

Изготовлено 4 детектора,
Эффективность и газовое усиление
в зависимости от напряжения на
рез. делителе
Газ Ar-25%CO₂



Детекторы высокого разрешения с малым количеством материала для установки «Выведенный пучок электронов на коллайдере ВЭПП-4М»

9

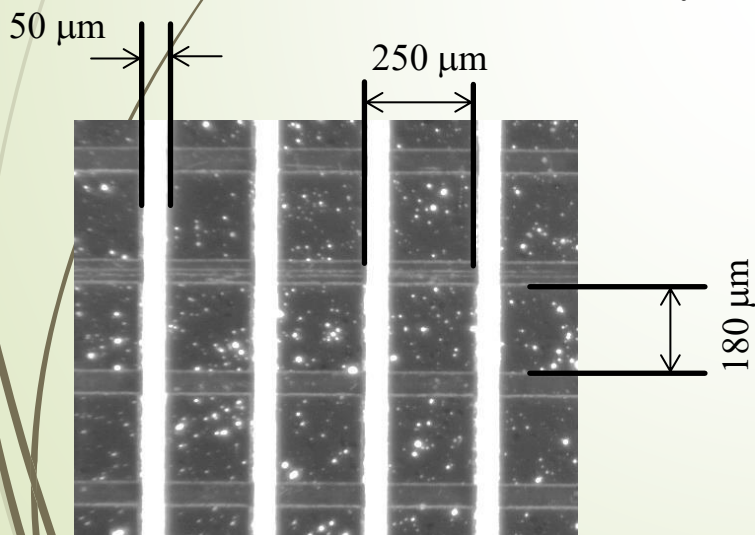


Электроны - 0.1 – 3 GeV

Энергетический разброс – 3% (1-3 GeV)
8% (0.1 GeV)

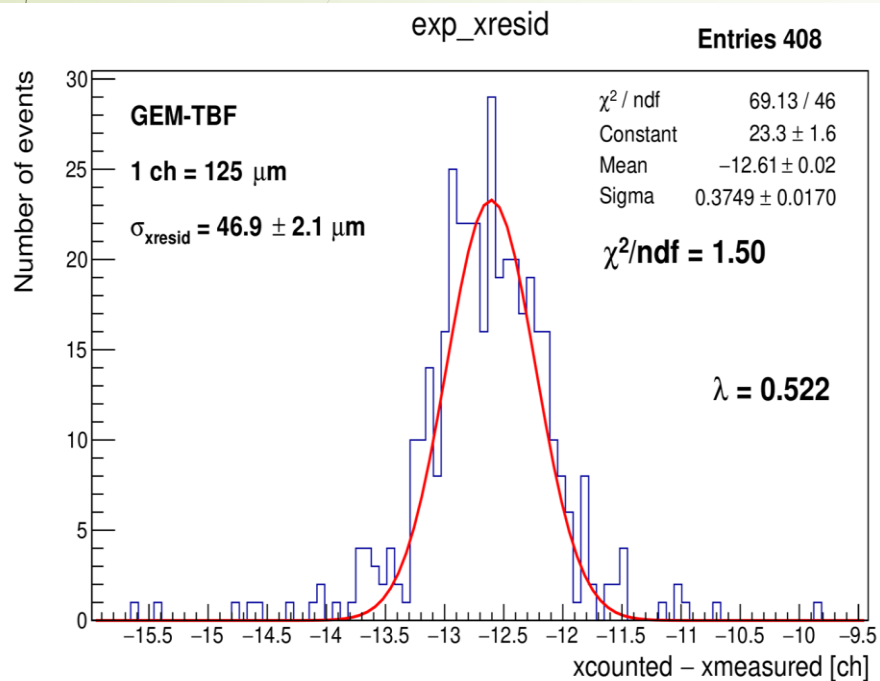
Детекторы с тройным ГЭУ с шагом полосок
250 мкм

Чувствительная зона – 128 x 64 мм

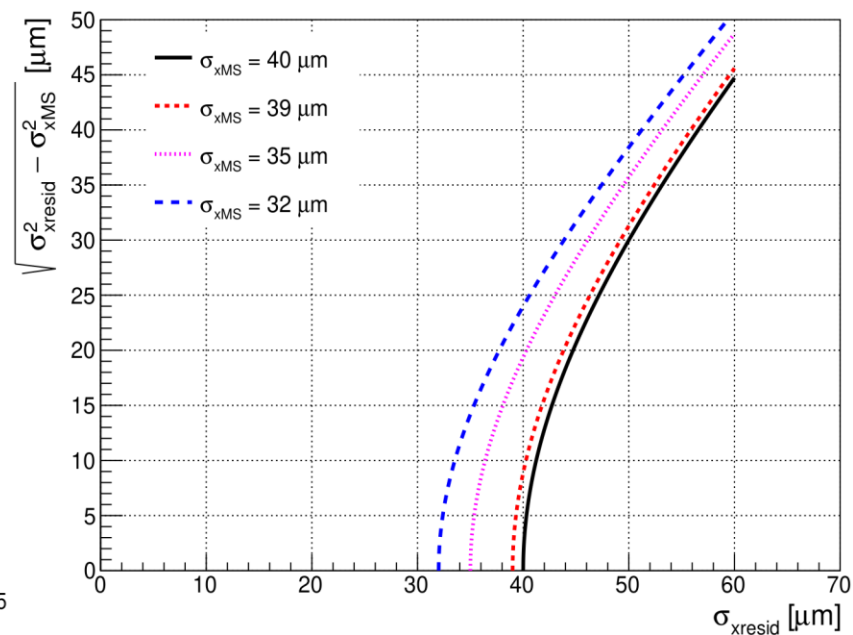


Эксперимент по измерению пространственного разрешения детектора на основе ГЭУ для Тестового пучка

10



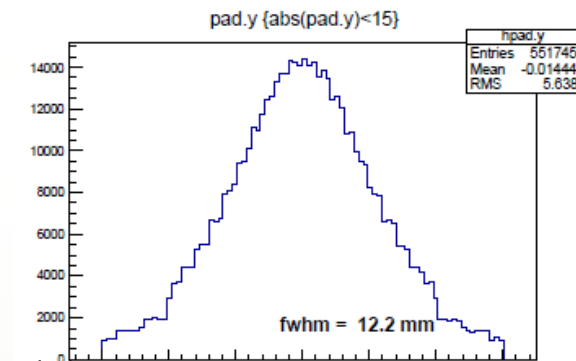
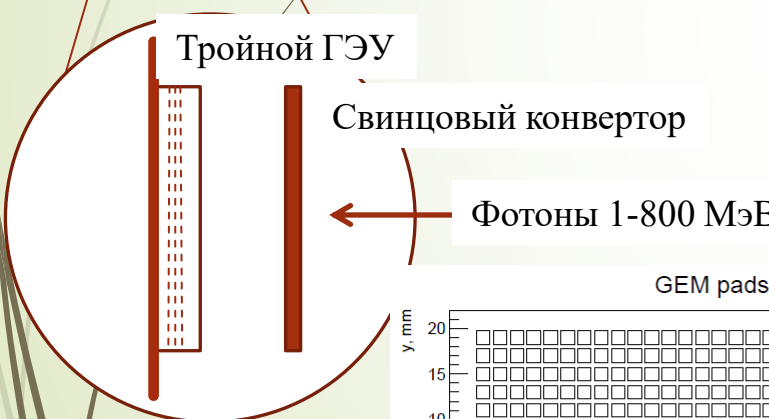
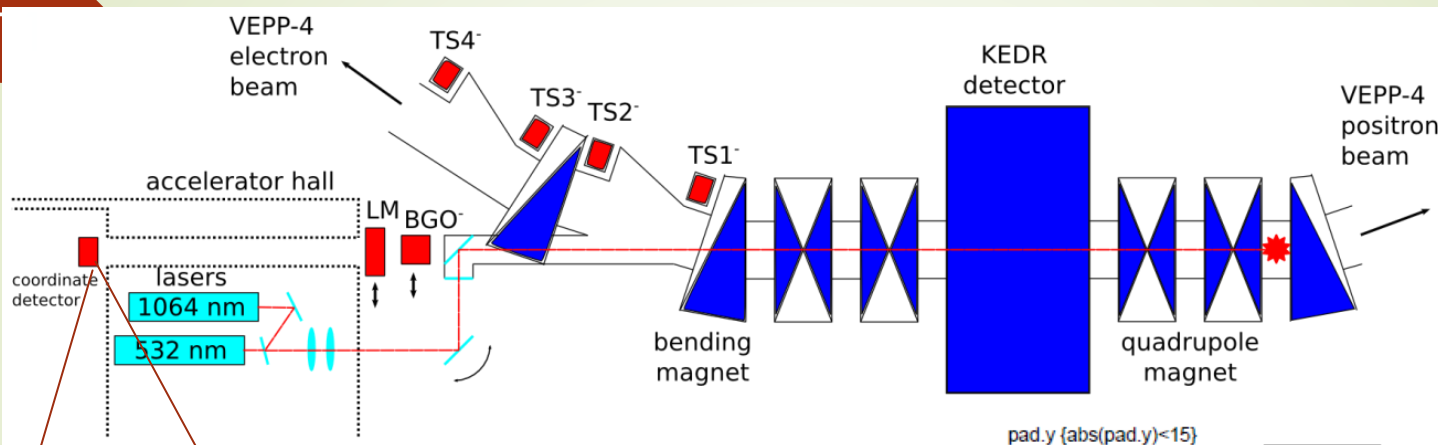
Распределение событий по разности между расчётной и измеренной координатой трека



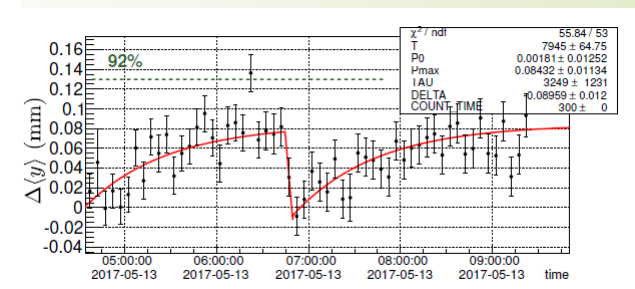
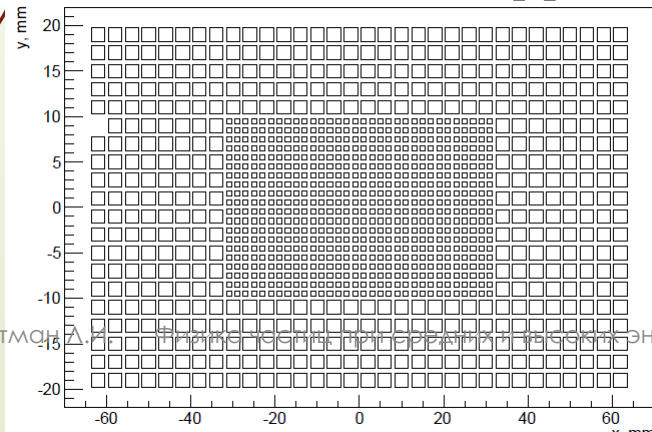
Результат вычитания вклада многократного рассеяния в зависимости от разброса координатной разности

$$\sigma_{xdet} = 18.5 \pm 11.1 \mu\text{m}$$

Лазерный поляриметр для измерения энергии методом резонансной деполяризации на ВЭПП-4М



GEM pads layout Эффект при деполяризации ~1.5%



Шехтман, Д. В. Физика детекторов элементарных частиц

05.06.2026

Деполяризация при 4.1 ГэВ



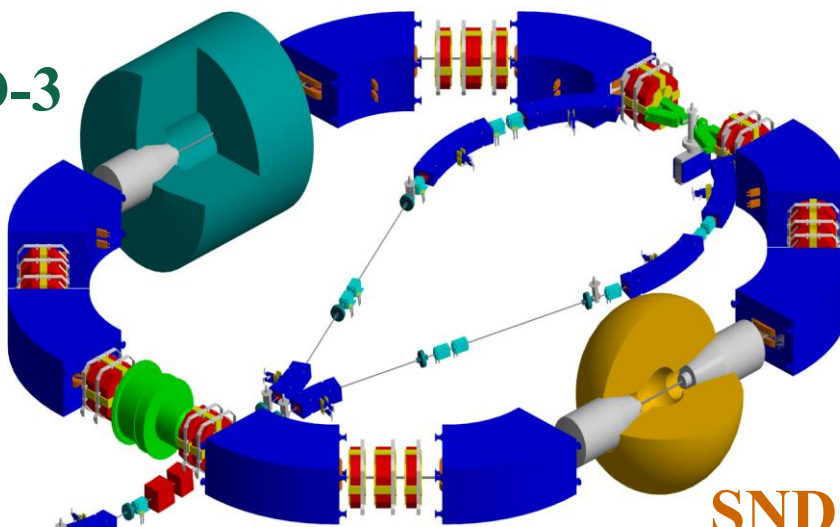
VEPP-2000



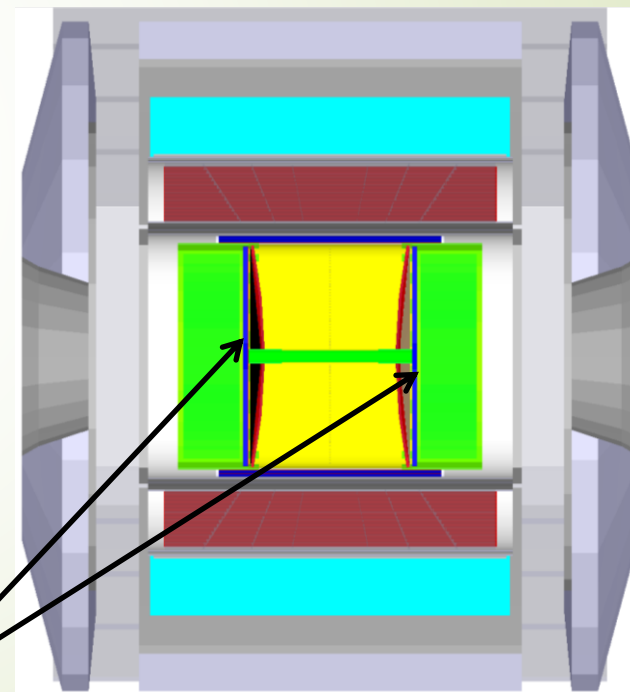
- beam length – 3.3 cm
- revolution time – 82 ns
- circumference – 24.4 m
- $L = 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ at 2.0 GeV,

- energy spread – 0.7 MeV
- beam current – 200 mA
- beta function in IP $\beta_x = \beta_z = 4.3 \text{ cm}$
- $L = 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ at 1 GeV

CMD-3

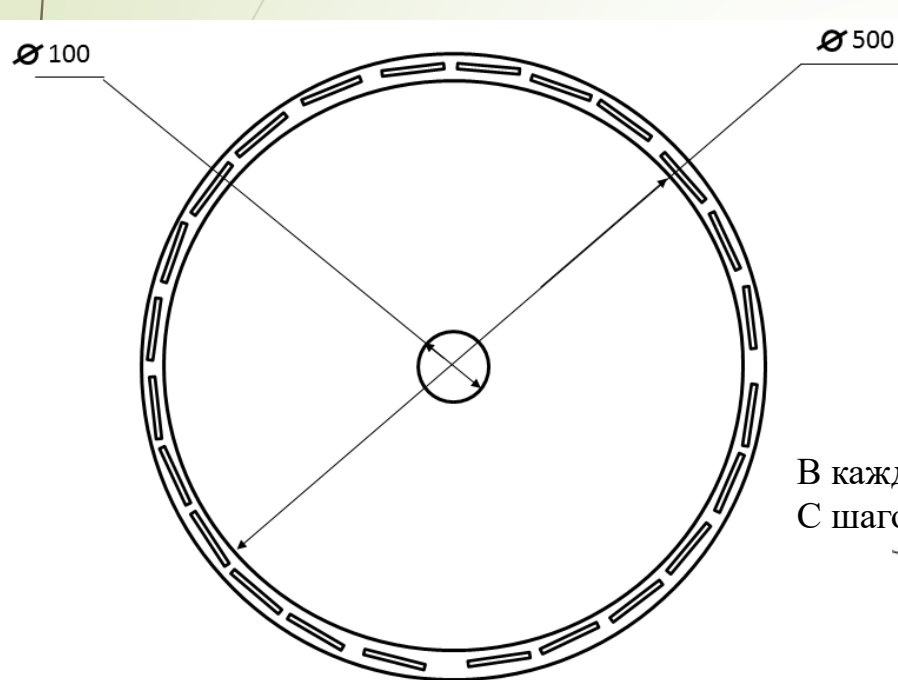
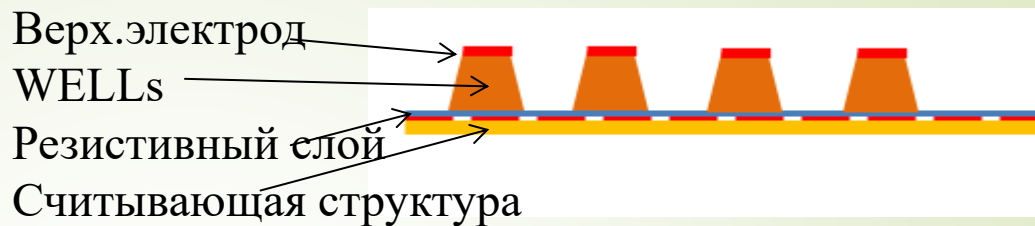


SND

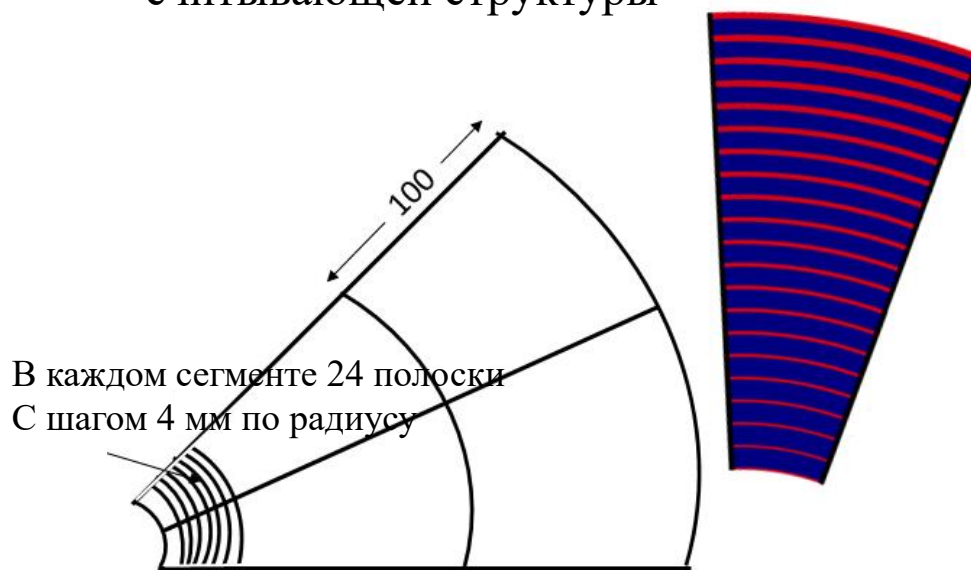


Торцевые
координатные
диски

Resistive micro-WELL (μ -rWELL)



ГЭУ на резистивном слое поверх считывающей структуры

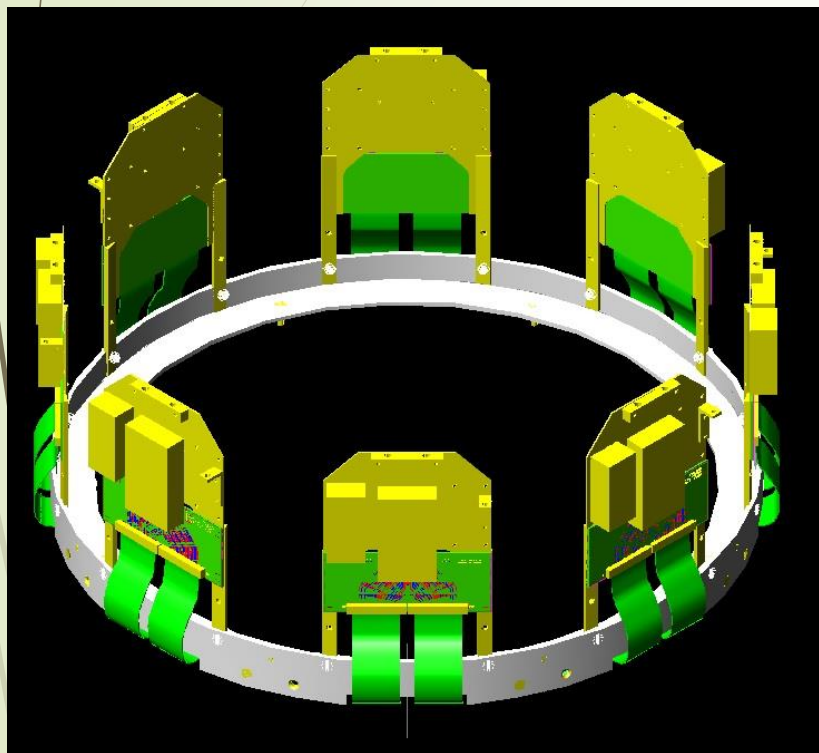
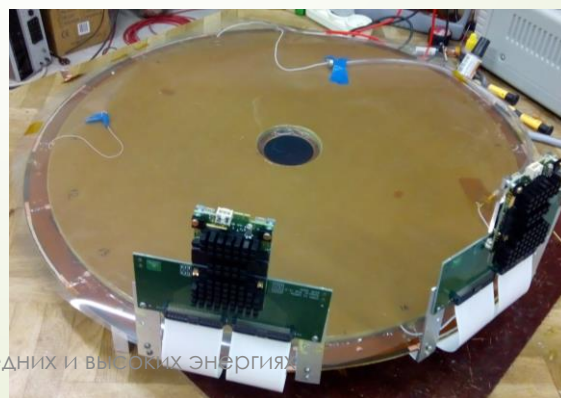
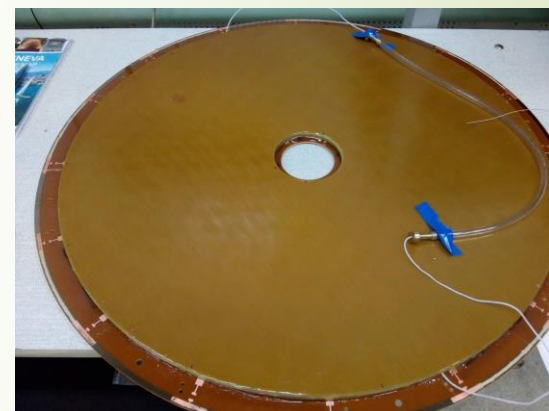
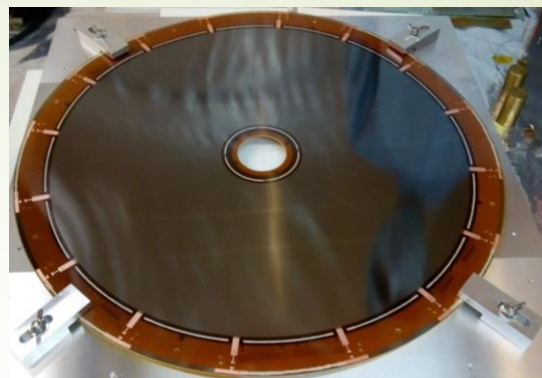
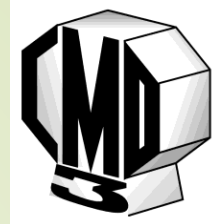


	Number of channels in one disc	Separation in ϕ , degrees	Total number of channels	Pitch in R, mm	Resolution in R, mm	Contacts pitch at the outer radius, mm
Option 3	768	11.25	1636	4	1.15	2.04



BINP 14

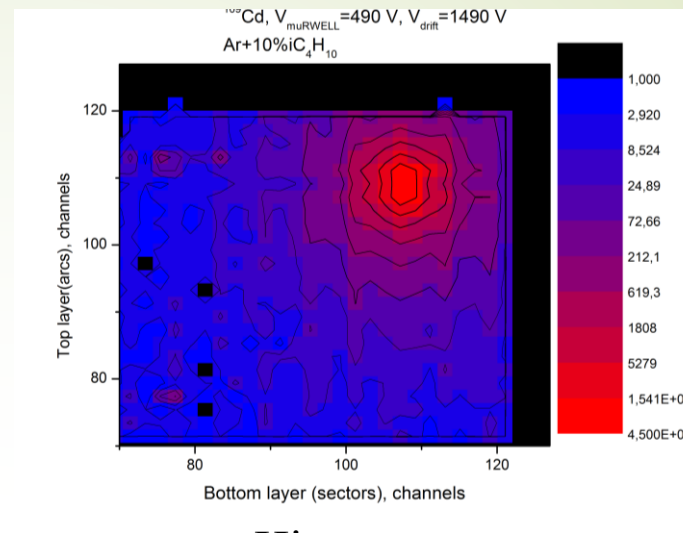
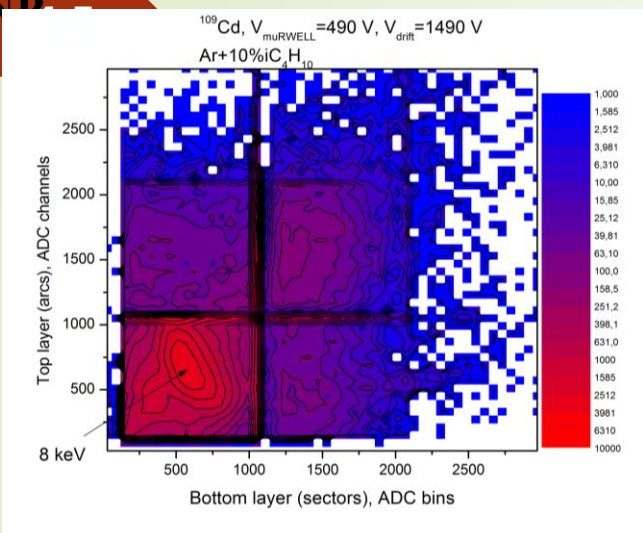
Торцевые диски КМДЗ



Механика для работы в лаборатории



Измерения с электроникой SRS-VMM3а.

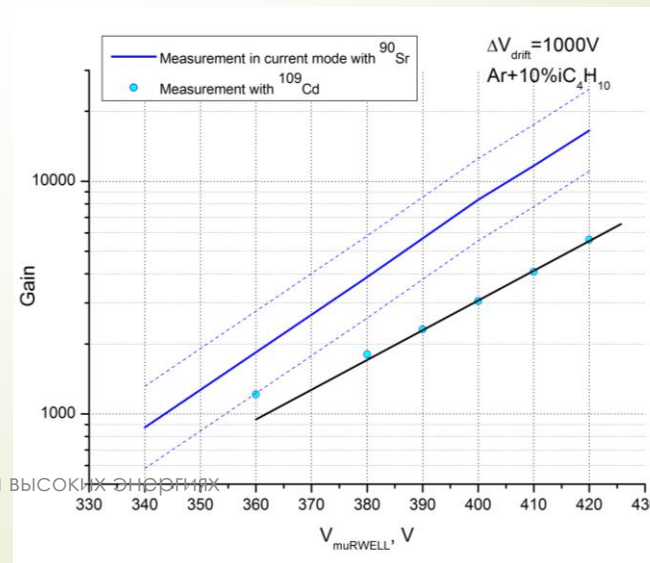
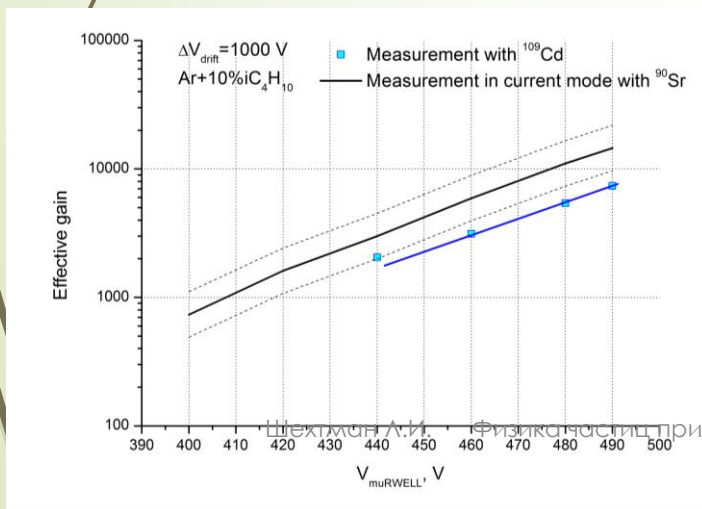


Hit map

Disc 2 (sectors 14-15)

Корреляция между верхним и нижним слоем. Черные линии – перегрузка АЦП

Disc 1 (sectors 2-3)

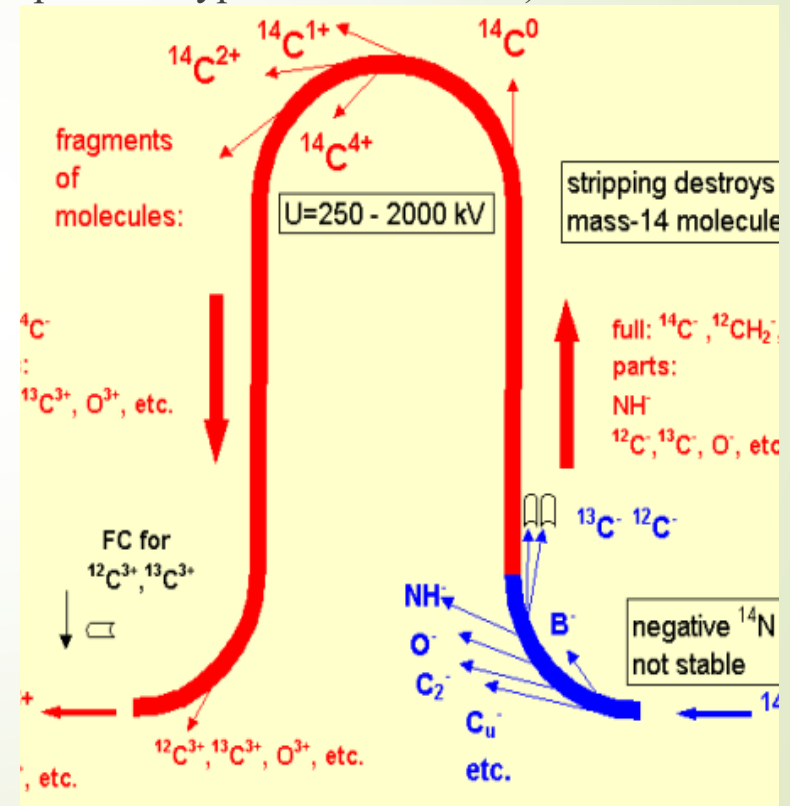


Ускорительный масс-спектрометр

16



Ускорительный масс-спектрометр на базе электростатического ускорителя-тандема разработки ИЯФ СО РАН установлен и работает в ЦКП «Геохронология Кайнозоя». Основная задача – датирование археологических образцов с помощью определения концентрации атомов ^{14}C (период полураспада 5730 лет).

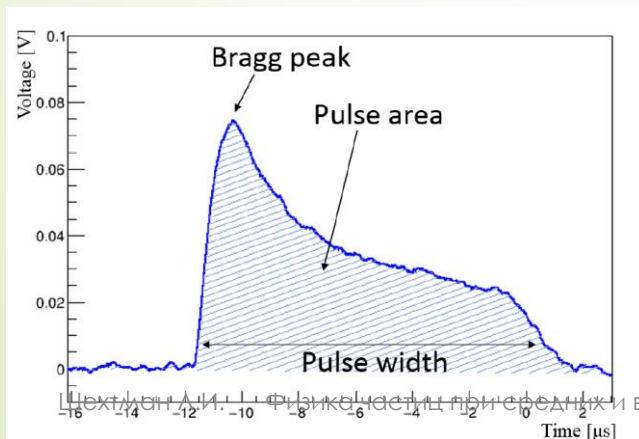
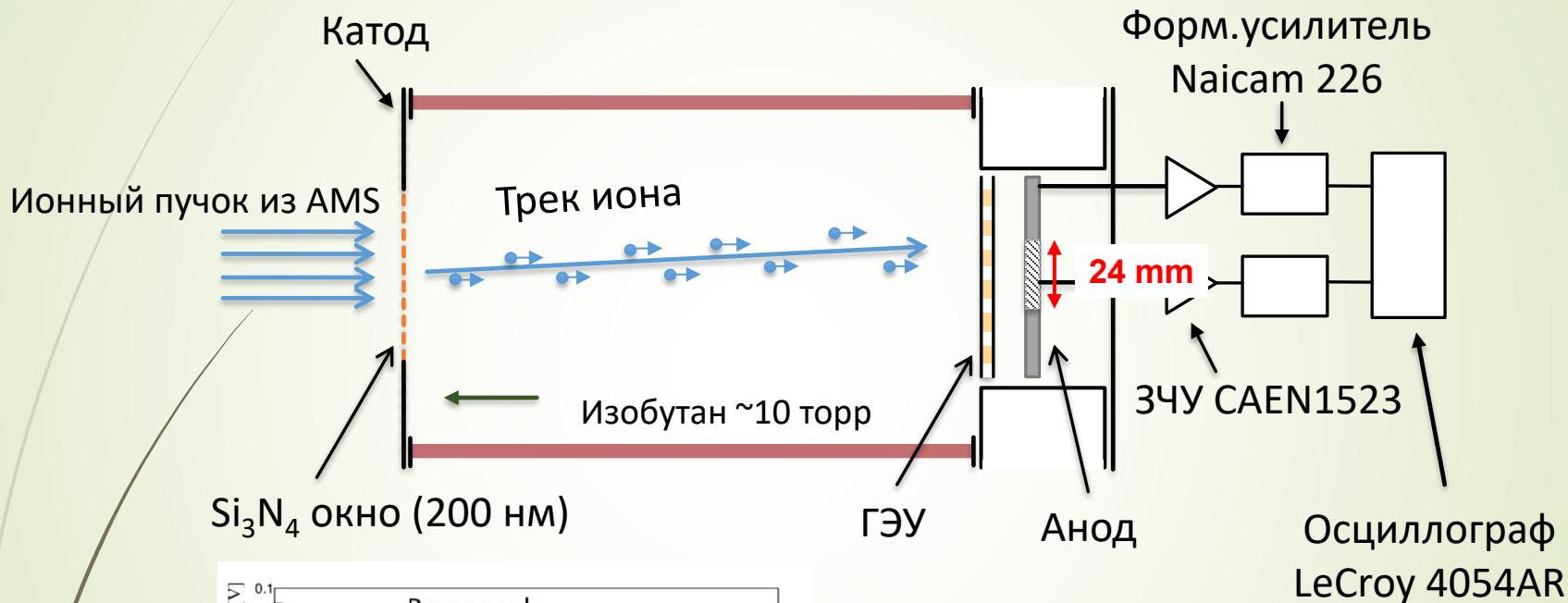


Для финального выделения и подсчета ионов $^{14}\text{C}^{3+}$ применяются время-пролетные детекторы

Новая концепция разделения изотопов: Время-проекционная камера низкого давления

17

Для датирования палеонтологических и геологических образцов интересен изотоп ^{10}Be (период полураспада 1.4 млн. лет). У него есть изобар ^{10}B , поэтому по времени пролета разделение этих изотопов невозможно. Предлагается разделять изобары по ионизационным потерям.



pulse width -> track range
pulse area -> energy

Заключение

- ❑ Микро-структурные газовые детекторы позволяют регистрировать треки заряженных частиц с пространственным разрешением лучше 100 мкм в условиях высоких фоновых загрузок до 10^6 частиц/мм²с
- ❑ Сравнительно низкая стоимость таких детекторов позволяет создавать системы с площадью чувствительной поверхности до ~ 100 м²
- ❑ В ИЯФ СО РАН накоплен большой опыт разработки и применения микроструктурных газовых детекторов в экспериментах ФЭЧ и других областях науки
- ❑ Создание участка полного производственного цикла в ЛЯП ОИЯИ (МикроМегас) позволит создавать в России координатные системы на основе газовых микроструктурных детекторов