





Центральная трековая система эксперимента BM@N

Андрей Галаванов от лица группы BM@N GEM

Международная молодежная школа-конференция по ядерной физике и технологиям, 19.11.2020

Ускорительный комплекс NICA



Эксперимент ВМ@N

Цель эксперимента – изучение взаимодействий пучков тяжелых ионов с фиксированными мишенями в диапазоне энергий $\sqrt{S_{NN}} = 2.3 \div 3.5$ ГэВ. Такие энергии хорошо подходят для изучения мезонов и гиперонов, имеющих в составе s-кварки, а также для изучения гиперядер, образующихся при слиянии Λ -гиперонов с нуклонами



Схема экспериментальной установки для сеансов с тяжелыми ионами

Газовый электронный умножитель (GEM)



Стандартный GEM - это каптоновая пленка толщиной 50 мкм, покрытая с обоих сторон медным слоем толщиной 5 мкм, выступающем в качестве электродов. Методом химического травления в пленке изготавливают матрицу отверстий диаметром 70 мкм, и расстоянием между центрами отверстий - 140 мкм.



Электрическое поле в отверстиях.



Типичная схема тройного GEM-детектора



GEM-детекторы в эксперименте BM@N



Схема анодных стрипов и газовых зазоров в детекторе

GEM-детекторы в эксперименте BM@N



Анодная плоскость



Катодная плоскость



Тесты детекторов на пучках Нуклотрона



Сигналы от Л-гиперонов



Полная конфигурация трековой системы



Снос электронной лавины под действием силы Лоренца





Система механической поддержки детекторов



Активная область центральной трековой системы ~ 9.5 м²

Пространство для установки и выравнивания положения детекторов ограничено аппертурой магнита (1 м)

Разработана специальная система поддержки детекторов внутри анализирующего магнита с возможностью прецизионной установки положения детекторов

10.2020 – разработка системы поддержки детекторов 2021 – изготовление системы поддержки и установка детекторов в магнит



Моделирование количества вещества



Тестовый стенд для исследования характеристик детекторов



1 этап – тесты 1632*390 мм² детекторов, в процессе

2 этап- тесты 1632*450 мм² детекторов

> Триггерная логика и система ВВ питания

GEM детекторы

DAQ

Сцинтилляционные счетчики

Цели: пространственное разрешение и эффективность регистрации



mm



Газовая система

Основные требования:

- Стабильный поток и стабильная газовая смесь;
- 7 независимых каналов к каждой плоскости;
- Снижение и мониторинг содержания влажности и кислорода в смеси;



Заключение

Создание центральной трековой системы эксперимента BM@N находится в заключительной стадии.

Завершенные работы:

- Изготовлены 7 детекторов с активной областью 1632×450 мм², которые протестированы на пучках дейтронов, углерода, аргона и криптона. Эти детекторы являются самыми большими GEM-детекторами в мире;
- Изготовлены 7 детекторов с активной областью 1632×390 мм², которые прошли предварительное тестирование с использованием радиоактивного источника.
- Сборка тестового стенда для исследования детекторов на космических лучах;
- Проектирование системы механической поддержки детекторов внутри анализирующего магнита.

Активные работы:

- Исследование 7 детекторов с активной областью 1632×390 мм² на сигналах от космических лучей
- Модернизация газовой системы;

Планы на будущее:

- Проведение крупного цикла методических исследований старение, измерение однородности отклика детектора, зависимость сигнала от температуры и давления.
- Изготовление двух запасных детекторов.
- Разработка новой front-end электроники;

Back up slides

Material budget of one Gem detector

layer	material	density [g/cm-3]	thickness (X) [cm]	X0 [cm]	X/X0 [%]
gas	ArCO2 (70/30)	0.0019	0.9	10960.2	0.0082
copper	copper	8.96	0.0131	1.435	0.9129
glue	acrylic glue	1.25	0.02	32.1603	0.0622
epoxide	polyurethane (high dens.)	1.8	0.21	22.5351	0.9319
	Polyurethane (medium dens.)	0.59	0.21	68.7512	0.3055
	Polyurethane (low dens.)	0.25	0.1	162.253	0.1295
honeycomb	nomex aramid honeycomb (kevlal chemical structure)	0.048	3.0	755.397	0.3971
polyamide	polyamide	1.14	0.025	36.4052	0.0687

GEM HV divider scheme



490 mkA – working point for Ar (70) + CO_2 (30) gas mixture 370 mkA – working point for Ar (90) + Isobutane (10) gas mixture 430 mkA – working point for Ar (80) + Isobutane (20) gas mixture

Mixture	I, mkA	DR,	Gem 1,V	TR1,	Gem 2,V	TR2,	Gem 3,V	IND,
		kV/cm		kV/cm		kV/cm		kV/cm
Ar (70) +	490	1.17	402	2.58	382	3.68	363	4.18
CO ₂ (30)								
Ar (90) +	370	0.88	303.4	1.92	288.6	2.78	273.8	3.16
$C_4 H_{10}(10)$								
Ar (80) +	430	1.5	352.6	2.24	335.4	3.23	318.2	3.67
C ₄ H ₁₀ (20)								

GEM and CSC electronics

	VA162	VA163	
Number of channels	32	32	
Input charge	-1.5pC ÷ +1.5pC	-750fC ÷ +750fC	
Shaping time	2÷2.5μs	500ns	
Noise	2000e ENC at 50pF load	1797e ENC at 120pf load	
Linearity positive charge	1%	0.5%	
Linearity negative charge	3%	1.4%	
Gain	0.5 μA/fC	0.88µA/fC	
Total power max.	66mW	77mW	





DAQ scheme

GEM efficiency (cosmic tests)



GEM gas gain measurements





GEM gas gain for Ar(70)/CO2(30) and Ar(90)/Isobutane(10) gas mixtures