

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра Электрофизических установок и ускорителей (ЭФУиУ)

ОТЧЕТ по практике

тема «Исследование прототипа первого суперслоя
дрейфовой камеры Супер чарм-Тау фабрики. »

03.03.02 Физика Физико-технический

Вид практики: производственная практика

Тип практики: научно-исследовательская работа

За 5 семестр

Руководитель от НГТУ

Руководитель от организации

Тодышев К.Ю.
Доктор физико-математических наук

Новосибирск – 2020

Содержание

Введение	2
1 Теория	3
1.1 Дрейфовая камера	3
1.1.1 Устройство ДК	3
1.1.2 Прототип ДК	4
1.2 Радиационное старение	7
1.2.1 Механизм старения	7
1.2.2 Анодное старение	8
1.2.3 Катодное старение	8
1.3 Автоэлектронная эмиссия	9
2 Описание экспериментальной установки	10
2.1 Общий вид стенда и проволочная структура	10
2.2 Электроника	11
2.3 Газовая система	12
3 Результаты	13
3.1 Таблицы измеренных величин.	13
3.2 Графики	15
3.3 Неопределённости измеренных величин	17
Заключение	18

Введение

В Новосибирске планируется реализация проекта, имеющего название Супер чарм-тау фабрика(СЧТФ). Целью строительства установки являются прецизионные эксперименты по физике элементарных частиц в области рождения тау-лептона и D-мезонов, для выявления и изучения явлений и процессов, выходящих за рамки Стандартной модели. В данной научно-исследовательской работе изучаются процессы, происходящих, в крокетной подсистеме этого детектора - Дрейфовая камера(ДК), основным применением которой являются определение траекторий, рождённых частиц.

Для изучения процессов, происходящих внутри ДК, было необходимо воссоздать картину поля внутри этой подсистемы. ДК подразделяется на 10 супер-слоёв. Наиболее высок риск выход подсистемы из рабочего режима в первом супер-слое. Поэтому именно этот супер слой и был выбран для моделирования поля и экспериментального изучения. С помощью моделирования сектора ДК в программе Garfield++, осуществлённым Богданом Куценко, была определена необходимая проволочная конфигурация для создания прототипа, воссоздающего поле ДК с точностью менее чем 1 % [1]. После чего Иван Басок произвёл этот прототип. Для реализации поставленных целей следующим шагом является проведение экспериментов на прототипе, и сравнение с теоретическими данными. Этой деятельности посвящена данная научная работа. При этом с хорошей точностью можно полагать, что результаты измерения на прототипе будут соответствовать, аналогичным измерениям на ДК.

Цели, поставленные для этой научной работы:

- 1) Измерение коэффициента газового усиления на изотопе Fe^{55} при напряжении, соответствующем работе прототипа в пропорциональном режиме. Определение запаса по напряжению до перехода прототипа в работу в стримерном режиме.
- 2) Измерение коэффициента газового усиления на изотопе Fe^{55} при отсутствии напряжения на экранных проволочках. Сравнение измерений с пропорциональным счётчиком.
- 3) Введение в эксплуатацию новой газовой системы. Измерение коэффициента радиационного старения при использовании газа ДМЭ. Проверка по результатам эксперимента отсутствия на внутренних поверхностях загрязнений.
- 4) Изучение процессов анодного старения на прототипе, с использованием новой газовой системы. Измерение коэффициента радиационного старения при использовании рабочей смеси ДК СЧТФ - $He/C_3H_8(60|40)$.

1 Теория

1.1 Дрейфовая камера

1.1.1 Устройство ДК

Дрейфовая камера СЧТФ является основным трековым детектором. Также ДК используется для идентификации частиц при измерении потерь энергии. Дрейфовая камера имеет цилиндрическую форму. Внешний диаметр - 1600 мм, внутренний диаметр - 400 мм и длина - 2000 мм. Торцевые пластины изготовлены из алюминия, внутренний и внешние цилиндры ДК изготовлены из углепластика. Схема универсального магнитного детектора СЧТФ, подсистемой которого является ДК указана на рисунке 1.

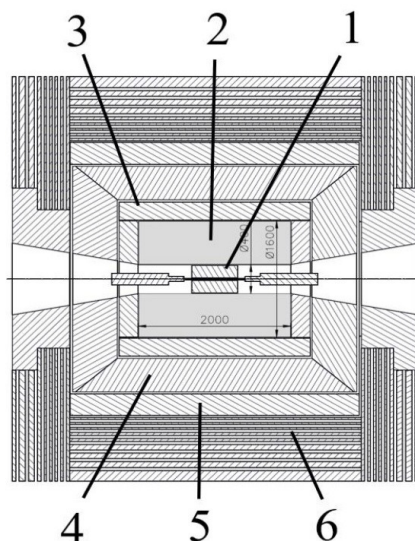


Рис. 1: Схема универсального магнитного детектора СЧТФ: 1 – вершинный детектор, 2 – дрейфовая камера, 3 – система идентификации ФАРИЧ, 4 – калориметр, 5 – сверхпроводящая катушка, 6 – ярмо магнита и мюонная система [1].

Проволочная структура состоит из 41-го слоя ячеек сформированных в 10 суперслоёв, по 4 слоя в каждом, за исключением пятого суперслоя, который содержит 5 слоёв. Каждый слой содержит нечётное число ячеек, что решает проблему систематической неопределённости, связанной с событиями, в которых участвует две заряженные частицы. При этом каждый следующий слой сдвинут на четверть ячейки. Дрейфовая камера содержит пять аксиальных суперслоёв - (A) с проволочками и пять стереослоёв - (U, V). Аксиальные и стереослои чередуются, как и знак стереоугла - (U, V), как показано на рисунке 2.

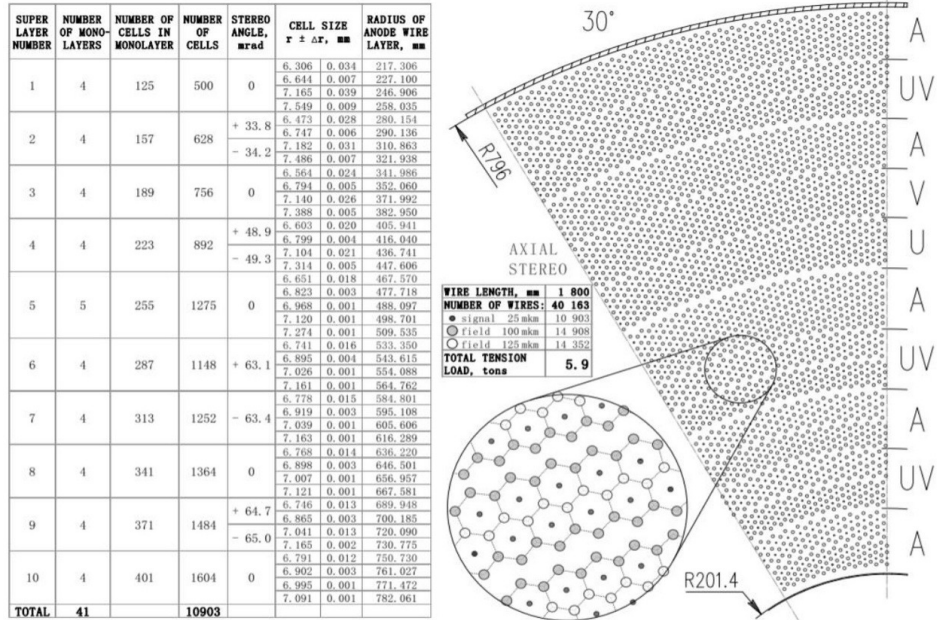


Рис. 2: Проект дрейфовой камеры детектора СЧТФ [1].

Для уменьшения вклада многократного рассеяния на газе в импульсное разрешение ДК в качестве рабочего газа была выбрана смесь He/C_3H_8 (60/40) с большой радиационной длиной. Планируется использовать анодные проволочки диаметром 25 мкм из сплава вольфрама и 3% рения с золотым покрытием, катодные – диаметром 100 и 125 мкм из алюминиево-магниевого (5%) сплава с золотым покрытием [4].

1.1.2 Прототип ДК

Богдан Куценко, используя моделирование поле сектора Дрейфовой камеры СЧТФ оптимизировал проволочную структуру прототипа. Геометрия для этого была выбрана цилиндрически симметричной. В этом случае с помощью алгоритмов минимизации, оптимизировалось напряжение, подаваемое на экранные и дополнительные экранные проволочки. Под дополнительными экранными подразумеваются аноды двух верхних ячеек. Под экранными подразумеваются аноды остальных четырёх ячеек, соседних к рабочей. Параметром минимизации служило усреднённое по всем 6 катодам отклонение поверхностной напряжённости.

В результате оптимизации проволочной структуры были получены значения напряжения на дополнительных экранных проволоках +140 В, на экранных проволоках +2200 В. Диаметры всех анодов равны 25 мкм. На рисунке 3 изображена величина электрического поля прототипе.

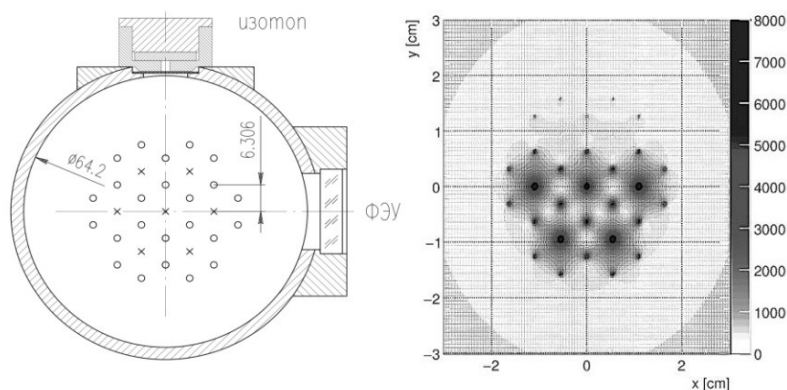


Рис. 3: Слева –поперечное сечение модели ячейки ДК(х-анод , о-катод). Справа –распределение напряжённости электрического поля в модели гексагональной ячейки ДК СЧТФ.

Величина электрического поля на секторе ДК, смоделированном на в программе Garfield++ изображена на рисунке 4:

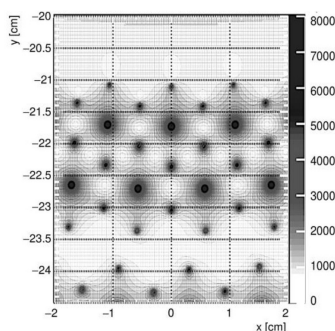


Рис. 4: Распределение напряжённости электрического поля в первом супер-слое дрейфовой камеры (показаны два внутренних слоя из четырёх) [1].

Цилиндрически симметричная геометрия не только является более простым вариантом с точки зрения конструирования, но также оказалась необходима при измерении порога автоэлектронной эмиссии, так как в данной геометрии изменение напряжённости на поверхности катода в модели в зависимости от напряжения на аноде с хорошей точностью повторяет изменение поверхностной напряжённости на катоде в проекте ДК (рис.2), максимальное отклонение поверхностной напряжённости составляет 2 %. При этом цилиндрическая геометрия позволяет исследовать один тип катодной проволоки статистически значимо (6 катодных проволочек) и находящихся в одинаковых условиях с точки зрения конфигурации электрического поля.

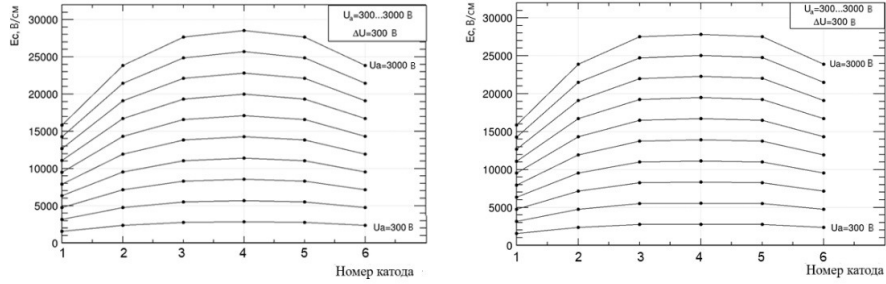


Рис. 5: Поверхностная напряжённость электрического поля на катодах в зависимости от номера катода и напряжения на аноде (десять напряжений от 300 до 3000 В), слева – в прототипе (напряжение экранов меняется пропорционально), справа – в ДК [1].

Качество найденного минимума можно проверить с помощью параметра EDM* и коэффициентов корреляции между изменяемыми параметрами. EDM вычисленный пакетом MINUIT равен $3.7 \cdot 10^{-2}$ при найденном минимуме отклонений напряжённостей модели ячейки от напряженностей дрейфовой камеры $\frac{\delta E}{E} = 0.4\%$. Коэффициенты корреляции между различными изменяемыми параметрами оказались не равны 0 и значительно меньше 1, что также может являться следствием корректности найденного минимума.

1.2 Радиационное старение

1.2.1 Механизм старения

Старение дрейфовых камер может быть вызвано вследствие возникновения следующих двух явлений - полимеризация и десорбция [5]. Полимеризация - процесс образования высокомолекулярного вещества, называемого полимером, путем многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества. Десорбция - испускания вещества из поверхности твердого тела или поверхностного слоя жидкости в раствор или газ. В случае ДК это полимеризации молекул рабочего газа и примесей, содержащихся в компонентах рабочего газа. А так же десорбции конструкционных материалов и неконтролируемых загрязнений газовой системы и камеры, из-за которой в рабочий газ также могут поступать примеси.

Для определения траектории частиц в ДК используется эффект газового усиления. Эффект газового усиления заключается в многократном увеличении заряда, образованного в процессе вторичной ионизации, по отношению к заряду первичной ионизации. Усиление происходит вблизи анодной проволоочки.

После образования лавины может произойти полимеризация молекул газа, находящихся вблизи неё. После чего в зависимости от заряда полимеры дрейфуют в сторону анода или катода, где с какой-то вероятностью остаются на поверхности, на которой они оказались, либо удаляются с потоком газа из камеры. В результате на электродах могут образоваться полимерные покрытия.

Поверхность проволоки можно представить в виде микровыступов (острий), между которыми находятся впадины. Силовые линии электрического поля фокусируются на микровыступах (рис. 5). В результате этого плотность тока зарядов, образованных в процессе усиления и заряженных полимерных молекул на поверхности острия в $\frac{S_1}{S_2}$ раз больше, чем на соседних участках. Поэтому скорость роста пленки пропорциональна напряженности поля на поверхности и может во много раз превосходить скорость роста покрытия на соседних участках поверхности электрода.

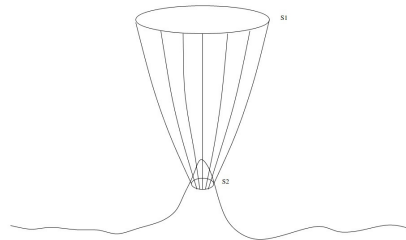


Рис. 6: Форма силовых линий в области микроострий на поверхностях анодной и катодной проволочек [2].

1.2.2 Анодное старение

Полимерное покрытие на аноде с течением времени увеличивают диаметр проволоочки и уменьшают коэффициент усиления, в тоже время следствием неоднородность покрытия является является ухудшением амплитудного разрешения дрейфовой камеры. Но не смотря на эти явления в целом камера остаётся работоспособной.

При этом в процессе предварительного облучения происходит травление поверхности анодной проволоочки и тем самым увеличивается радиус кривизны острий [5]. Напряжённость электрического поля на остриях падает, интенсивность бомбардировки единицы площади острий понижается. При этом для той же дозы облучения, набранной после предварительного облучения, толщина покрытия уменьшается. Так как полимерная плёнка начинает образовываться вблизи поверхности микроострий (месте концентрации силовых линий электрического поля), то скорость старения уменьшается, если анодная проволоочка была подвергнута предварительному облучению [5].

1.2.3 Катодное старение

С процессами полимеризации, происходящими в лавине также связано катодное старение. Нейтрализованная молекула полимера может остаться на поверхности катода. Образованная полимерная плёнка имеет плохую проводимость. Поэтому ионы могут не попасть на поверхность катода, а осесть на поверхности полимерной плёнки, образовав двойной заряженный слой. По причине того что плёнка имеет небольшую толщину, образует сильное электрическое поле, которое уменьшает работу выхода электрона с катода. В результате этого явления возникает электронная эмиссия. Одиночные электроны начинают дрейфовать в сторону анода, в процессе газового усиления образуют лавины вблизи него.

Процесс электронной эмиссии может стать самоподдерживающимся, то есть автоэмиссией. Возникают токи, которые называют "темновыми". Явления их образования называется Мальтер-эффектом (МЭ), а сами токи мальтеровскими токами, по причине того, что аналогичное явление тонкопленочной полевой эмиссии было обнаружено Малтером [6]. При наличии темновых токов дрейфовая камера полностью теряет свою работоспособность.

Характерное значение средней напряженности электрического поля на поверхности катодной проволоки равно 20-40 кВ/см, при этом на конце острия оно может достигать значения порядка 1 МВ/см и более. По этим причинам именно на поверхности острий в первую очередь достигаются условия при которых начинается МЭ. Из-за высокой напряжённости электрического поля автоэмиссия тоже в первую очередь возникает с поверхности острий. Рекомендованный предел напряжённости на поверхности катодной проволоочки не превышает 20 кВ/см [7].

1.3 Автоэлектронная эмиссия

Автоэлектронная эмиссия — это испускание из проводящих твёрдых и жидких тел электронов под действием только внешнего электрического поля, т.е. в отсутствии дополнительных затрат энергии на их возбуждение, что свойственно другим видом эмиссий. Автоэлектронная эмиссия объясняется туннелированием электронов сквозь потенциальный барьер вблизи поверхности тела. Такое туннелирование становится возможным за счёт искривления потенциального барьера при приложении внешнего поля.

Классическая теория эмиссии электронов с поверхности металла основана на предположении, что электроны в зоне проводимости ведут себя как свободные частицы, чье движение в объеме металла ограничено только силами двойного электрического слоя на границе. Существование этого слоя приводит к скачку потенциальной энергии, в результате чего электрон отражается от границы, если его энергия недостаточна для преодоления барьера. При наличии сильного внешнего электрического потенциальный барьер снижается по величине, приобретает конечную ширину и становится возможным туннелирование электронов. На рисунке 7 изображено описанное искривление потенциального барьера.

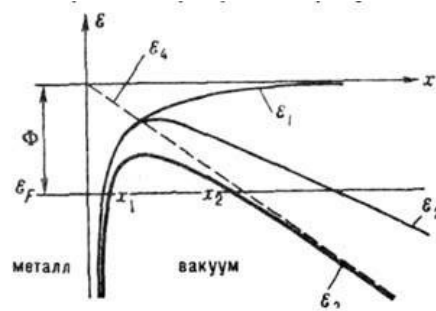


Рис. 7: Потенциальная энергия электрона вблизи поверхности металла ε_1 - в отсутствие электрического поля; ε_2 - обусловленная слабым внешним электрическим полем; ε_3 - более сильным полем; ε_4 - энергия, соответствующая отсутствию сил изображения в случае сильного поля; ε_F - энергия Ферми; $x_1 - x_2$ - ширина потенциального барьера при наличии внешнего поля, $\Phi = e \cdot \varphi$ - работа выхода.. [3]

В рамках этой модели плотность тока автоэмиссии выражается следующей зависимостью:

$$j_a = A_1 \cdot E_c^2 \cdot e^{\frac{-A_2}{E_c}} \quad (1)$$

где j_a - ток автоэмиссии; E_c - напряженность электрического поля на катоде; а A_1, A_2 - параметры зависящие от геометрии установки.

2 Описание экспериментальной установки

2.1 Общий вид стенда и проволоочная структура

Модель гексагональной ячейки (рис. 8) представляет из себя трубу из нержавеющей стали, внутренний диаметр которой равен 64 мм (толщина стенки 3 мм). Между торцами из стеклотекстолита толщиной 10 мм натянуты проволоочки. Проволоочная структура представлена на рисунке 9.

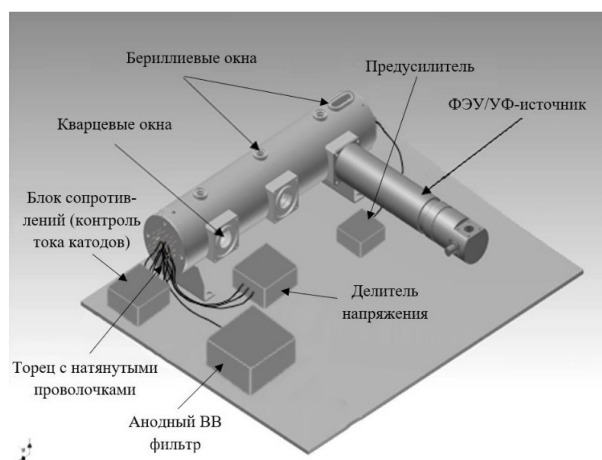


Рис. 8: Общий вид стенда с моделью гексагональной ячейки ДК СЧТФ. [1]

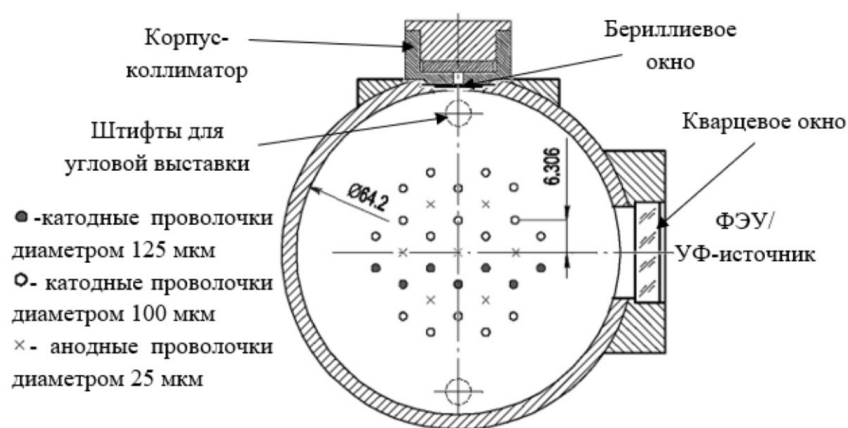


Рис. 9: Поперечное сечение прототипа ячейки дрейфовой камеры (х – анод, о – катод). [1]

Бериллиевые окна предназначены для облучения изотопом газового объёма с ячейкой. На окна, закрытые кварцевым стеклом марки КУ-1, прозрачным для ультрафиолетового излучения, устанавливается либо ФЭУ, либо ультрафиолетовый источник (УФ). ФЭУ необходим для отслеживания распространения Мальтер-эффекта вдоль проволоочки. УФ - источник используется для выбивания одиночных электронов из катода.

Напряжение на анод подаётся с высоковольтного источника (ВВИ) через высоковольтный фильтр. Напряжение на экраны подаётся с ВВИ через делитель напряжения. Каждый катод рабочей ячейки заземлён через резистор. На резисторах возможно измерение напряжения и тока, что будет необходимо при исследовании анодного и катодного старения.

2.2 Электроника

Для определения коэффициента усиления необходимо измерять заряд образовавшийся в процессе вторичной ионизации. Для этих целей была собрана схема изображенная на рисунке 10. Также в этой схеме реализован контроль высокого напряжения [1].

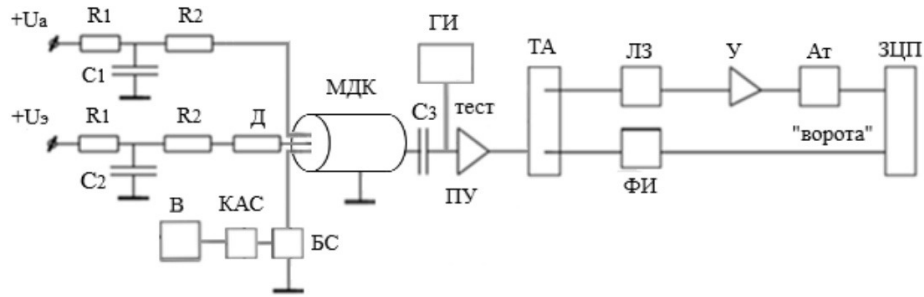


Рис. 10: Схема электроники и высоковольтного питания: Д – делитель напряжения, МДК – модель ячейки, БС – блок сопротивлений, КАС – коммутатор аналоговых сигналов, В – вольтметр, ПУ – предусилитель, используется только при калибровке, ГИ – генератор импульсов, ТА – блок усилителя с дискриминатором, ЛЗ – линия задержки, ФИ – формирователь импульсов, У – усилитель, Ат – аттенюатор, ЗЦП зарядо-цифровой преобразователь [1].

Высокое напряжение U_a через фильтр низких частот $R_1 = R_2 = 3\text{МОм}$, $C_1 = 1000\text{нФ}$, $C_2 = 1100\text{нФ}$ подаётся на анодную проволоочку. Высокое напряжение U_s , через фильтр и делитель напряжения подаётся на все экранирующие проволоочки модели.

Часть схемы, изображенной на рисунке 10 используется исключительно для калибровки Зарядо-цифрового преобразователя. Это часть включает в себя следующие элементы: генератор Импульсов, калибровочная ёмкость $C_3 = 1\text{нФ}$ тестовый вход блока ТА.

Для деления напряжения используется схема на рисунке 11. На изготовленном прототипе используются только аноды с диаметром 25 мкм.

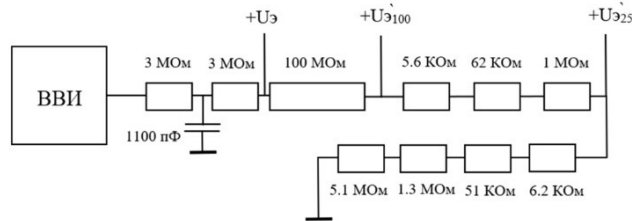


Рис. 11: Фильтр низких частот и делитель напряжения соединенные последовательно. $U_{э}$ – напряжение на экранных проволоочках, $U_{э100}$ – напряжение дополнительных экранов в случае диаметра 100 мкм, $U_{э25}$ – напряжение дополнительных экранов в случае диаметра 25 мкм [1].

2.3 Газовая система

В модели ячейки используется смесь $He/C_3H_8(60/40)$. Для каждой компоненты газ из баллона через редуктор высокого давления поступает на СДГ, который также понижает давление и стабилизирует его на входе в расходомер. Расходомеры управляются контроллером потока газа, выполненном в виде блока стандарта КАМАК. Газы в заданной пропорции смешиваются в смесителе – длинной трубке объёмом около 100 мл. Далее газ поступает в модель ячейки. После счётчика установлен САД, стабилизирующий давление до себя, минимизируя таким образом зависимость коэффициента газового усиления от давления в камере. На выходе из газовой системы предусмотрен масляный затвор, предотвращающий попадание воздуха в систему (рис.12).

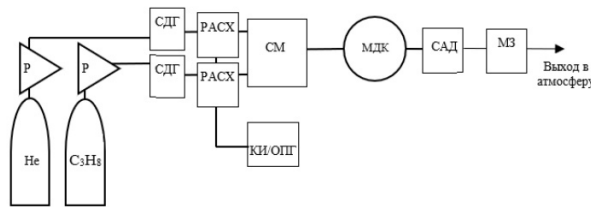


Рис. 12: Схема газовой системы: Р – редуктор, СДГ – стабилизатор давления газа, РАСХ – расходомер, СМ – смеситель, КИ/ОПГ – контроллер измерителя/ограничителя потока газа, управляющий, расходомером, МДК – модель ячейки, САД – стабилизатор абсолютного давления, МЗ – масляный затвор [1].

3 Результаты

3.1 Таблицы измеренных величин.

Таблица 1: Электронная компонента КГУ, измеренная при использовании газа ДМЭ на рабочем напряжении модели ДК. Пропорциональный и ограниченно-пропорциональный режим.

$U, \kappa B$	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	3,00
$КГУ, 10^3$	4,0	4,8	5,5	6,3	7,4	8,6	10	12	13	14	15	16
$\sigma КГУ, 10^3$	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8

Таблица 2: Электронная компонента КГУ, измеренная при использовании газа ДМЭ на рабочем напряжении модели ДК. Стримерный режим.

$U, \kappa B$	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05
$КГУ, 10^4$	2,2	2,6	2,8	3,8	4,0
$\sigma КГУ, 10^4$	0,24	0,3	0,3	0,4	0,4

Таблица 3: Электронная компонента КГУ, измеренная при использовании газа ДМЭ на модели ДК с отсутствием напряжения на экранных проволочках. Пропорциональный и ограниченно-пропорциональный режим.

$U, \kappa B$	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$КГУ, 10^3$	3,5	5,2	7,5	10	13	15	25	25
$\sigma КГУ, 10^3$	0,4	0,6	0,8	10	14	17	2,8	2,8

Таблица 4: Электронная компонента КГУ, измеренная при использовании газа ДМЭ на модели ДК с отсутствием напряжения на экранных проволочках. Стримерный режим.

$U, \kappa B$	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
$КГУ, 10^4$	2,7	4,3	6,8	8,1	10
$\sigma КГУ, 10^4$	0,3	0,4	0,7	0,8	1

Таблица 5: Электронная компонента КГУ, измеренная при использовании газа $He/C_3H_8(60|40)$ на рабочем напряжении модели ДК. Пропорциональный и ограниченно-пропорциональный режим.

$U, \kappa B$	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25
$KГУ, 10^4$	0,87	1,25	1,69	2,18	2,74	3,6	4,2	5,1	6,2
$\sigma KГУ, 10^4$	0,10	0,14	0,18	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Таблица 6: Электронная компонента КГУ, измеренная при использовании газа $He/C_3H_8(60|40)$ на модели ДК с отсутствием напряжения на экраных проволочках. Пропорциональный и ограниченно-пропорциональный режим.

$U, \kappa B$	1,6	1,65	1,70	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	2,00
$KГУ, 10^4$	0,56	0,72	1,00	1,43	1,98	2,6	3,5	4,4	6,4
$\sigma KГУ, 10^4$	0,06	0,08	0,11	0,16	0,22	0,29	0,3	0,4	0,7

$U, \kappa B$	2,05	2,10	2,15	2,2	2,25	2,30	2,35	2,40
$KГУ, 10^4$	7,8	9,4	10,8	15,3	17,5	19,7	19,4	19,7
$\sigma KГУ, 10^4$	0,9	1,0	1,2	1,7	1,9	2,2	2,2	2,2

Таблица 7: Основные неопределённости электронной компоненты КГУ. P - давление, T - температура, C - концентрация.

Наименование газа или смеси	$\delta KГУ(P), \%$	$\delta KГУ(T) \%$	$\delta KГУ(C) \%$
$He/C_3H_8(60 40)$	5	8	16
ДМЭ	7	8	0

3.2 Графики

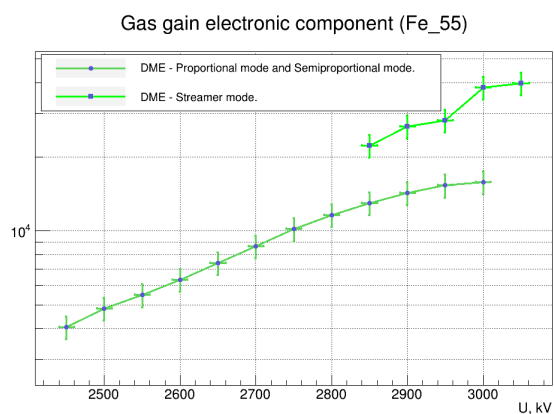


Рис. 13: Зависимость электронной компоненты КГУ от напряжения на центральном аноде, измеренная при использовании газа ДМЭ на рабочем напряжении модели ДК.

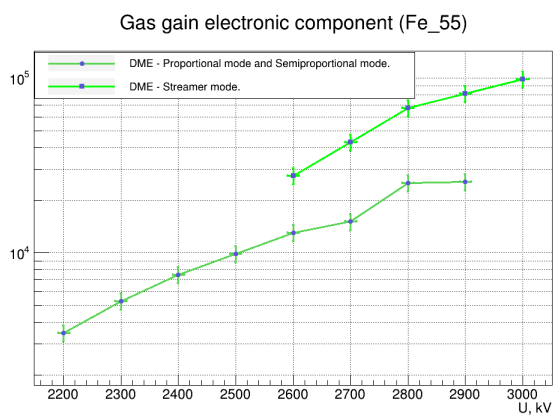


Рис. 14: Зависимость электронной компоненты КГУ от напряжения на центральном аноде, измеренная при использовании газа ДМЭ на модели ДК с отсутствием напряжения на экранных проволочках.

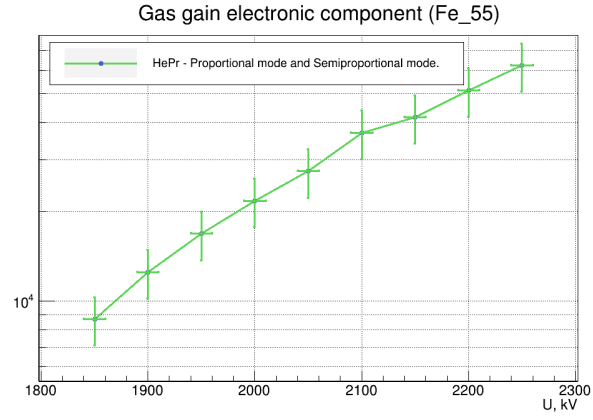


Рис. 15: Зависимость электронной компоненты КГУ от напряжения на центральном аноде, измеренная при использовании газа $He/C_3H_8(60|40)$ на рабочем напряжении модели ДК.

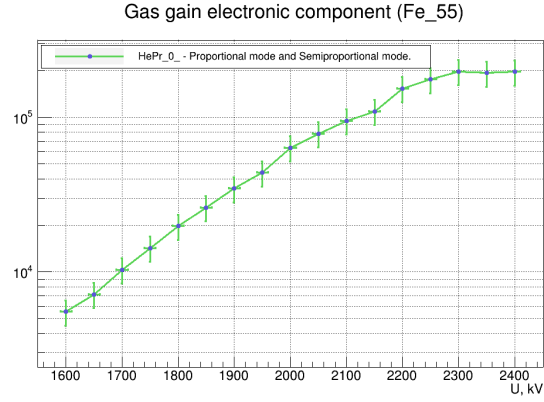


Рис. 16: Зависимость электронной компоненты КГУ от напряжения на центральном аноде, измеренная при использовании газа $He/C_3H_8(60|40)$ на модели ДК с отсутствием напряжения на экранных проволочках.

3.3 Неопределённости измеренных величин

Измеряемая величина - электронная компонента КГУ. В неопределённость измерения этой величины вносят вклад погрешность в измерении заряда, погрешность определения числа частиц образованных в первичном кластере, погрешность в определении коэффициента аттенуатора или усилителя, и систематические неопределённости связанные с возможным изменением атмосферного давления, температуры или концентрации газовой смеси.

Исходя из подробного анализа неопределённостей при подобном измерении на пропорциональном счётчике[8], был сделан вывод о том, что основанные неопределённости это систематические погрешности, связанные с изменением внешних условий(давление, температура, концентрация смеси). Вклад остальных неопределённостей невелик, и составляет величину порядка нескольких процентов.

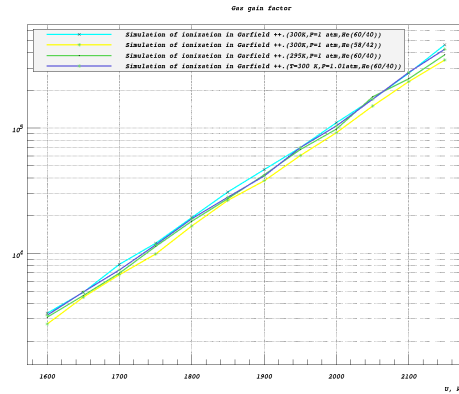


Рис. 17: Моделирование электронного усиления при использовании пропорционального счётчика в программе Garfield++.

Для нахождения неопределённостей измеренных величин на прототипе ДК СЧТФ были использованы результаты, полученные на пропорциональном счётчике со следующими обоснованиями:

1) Поскольку погрешности КГУ для определённого значения напряжения на анодной проволочке вычислялись с помощью моделирования, и результат получен приближённо имеет смысл усреднение относительных погрешностей КГУ для определение средней ошибки для любого напряжения на аноде. (Результаты в таблице 7)

2) Газовое усиление происходит вблизи анодной проволочки, поэтому картина силовых линий в области где происходит усиление на прототипе идентична картине силовых линий пропорционального счётчика. Это означает, что основная относительная ошибка усиления зависит от только от природы газа и изменения условий, поэтому средняя ошибка найденная для пропорционального счётчика применима для прототипа.

Заключение

Задачи поставленные для этой научной работы были выполнены частично. Полностью выполнить план не удалось по ряду технических причин. Одна из главных причин это отсутствие на катодных проволоках золочения, по этой причине при работе на прототипе были обнаружены самоподдерживающиеся импульсы, возникающие при обычном дневном свете. Природа этих импульсов, и их спектр похожа на одноэлектронные импульсы. Было предположено, что причина возникновения этих импульсов кроется в сочетании Мальтер-эффекта и фотоэлектронной эмиссии. Так же в процессе подготовки к испытаниям по радиационному старению, были обнаружены проблемы с герметичностью новой газовой системы, поэтому систему не удалось ввести в эксплуатацию.

Выполненные задачи:

- 1) Измерение коэффициента газового усиления на изотопе Fe^{55} при напряжении, соответствующем работе прототипа в пропорциональном режиме. Запас по напряжению до перехода прототипа в работу в стримерном режиме - 250 В.
- 2) Измерение коэффициента газового усиления на изотопе Fe^{55} при отсутствии напряжения на экранных проволочках. Электронная компонента КГУ, измеренная на прототипе имеет меньшее значение, чем на пропорциональном счётчике.

Невыполненные задачи:

- 1) Введение в эксплуатацию новой газовой системы. Измерение коэффициента радиационного старения при использовании газа ДМЭ. Проверка по результатам эксперимента отсутствия на внутренних поверхностях загрязнений.
- 2) Изучение процессов анодного старения на прототипе, с использованием новой газовой системы. Измерение коэффициента радиационного старения на рабочей смеси $He/C_3H_8(60|40)$, которую планируется использовать на ДК в СЧТФ.

Полученны экспериментальные данные по измерению КГУ на рабочей смеси $He/C_3H_8(60|40)$, немного отличаются от теоретических. При напряжении на центральном аноде 2000 В, измеренное значение электронной компоненты КГУ оказалось равным $(2,18 \pm 0,24) \cdot 10^4$, в то время как теоретическое значение составляет $3 \cdot 10^4$. Исходя из полученных результатов напряжение на центральном аноде необходимое для получения нужного КГУ составляет 2070 В.

Список литературы

- [1] Б. Д. Куценко / Выпускная квалификационная работа: "Исследование радиационного старения на модели ячейки дрейфовой камеры детектора для Супер Чарм-тау фабрики Новосибирск 2020- 55 с.
- [2] Блинов В. Е., Присекин В. Г. / Исследование катодного старения и порога возникновения автоэмиссии с поверхности катодной проволоки в дрейфовых камерах - Новосибирск 2012- 25 с.
- [3] Д. И. Трубецкой / Вакуумная микроэлектроника - Саратовский государственный университет 1997 - 58 -64 с.
- [4] K. Todyshev, "Drift chamber RD progress in Novosibirsk" [Электронный ресурс] // Joint Workshop on future Charm-Tau Factory 24-28 September 2019, RAS (Moscow).
- [5] V.E.Blinov, I.N.Popkov, A.N.Yushkov, Aging measurements in wire chambers. Nucl. Instr. and Meth. A515 (2003) 95.
- [6] Malter L. Thin film field emission //Physical Review. – 1936. – Т. 50.– №. 1. – С. 48.
- [7] R. Kotthaus, Nucl. Instr. and Meth. A 252 (1986) 531.
- [8] М. Д. Григорьев / Отчёт по практике: "Исследование газового усиления для дрейфовых камер." / Новосибирск 2020- 43 с.