

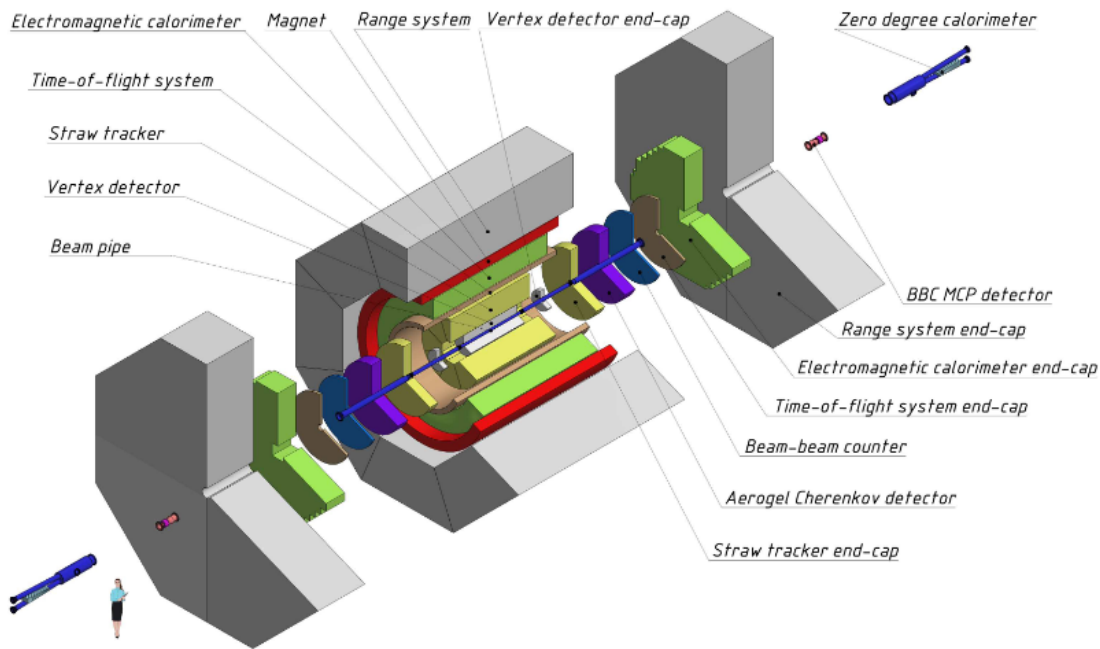
**Разработка программно-аппаратного комплекса для автоматизированной
прецизионной обработки торцов многоканальных оптоволоконных
коннекторов детектора ВВС для эксперимента SPD**

Студент:
Чекмаев Е.А.
М25-112

Научный руководитель:
Тетерин П.Е.
доц., к.ф-м.н.

Москва 2026

Описание эксперимента SPD



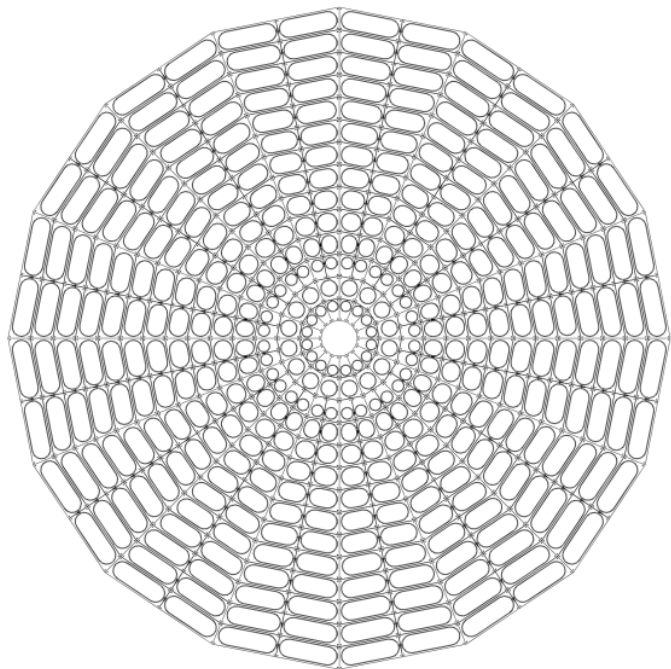
Детектор SPD

Эксперимент SPD предназначен для изучения спиновой структуры протона, дейтрона и других явлений, связанных со спином, с помощью поляризованных пучков протонов и дейтронов. Проект реализуется в два этапа.

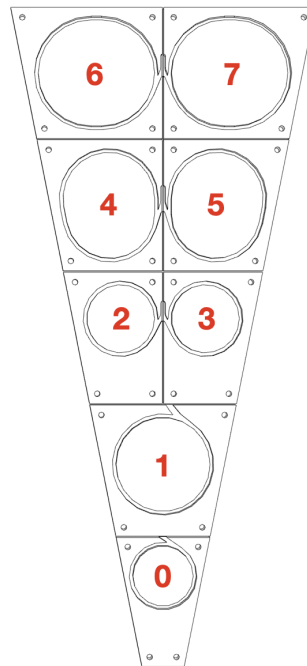
На первом этапе эксперимента планируется использование пучков с энергией до 9,4 ГэВ и светимостью до $10^{31} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$

На втором этапе эксперимента планируется использование пучков с энергией до 27 ГэВ и светимостью до $10^{32} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$

Детектор ВВС, сектор и прототип сектора

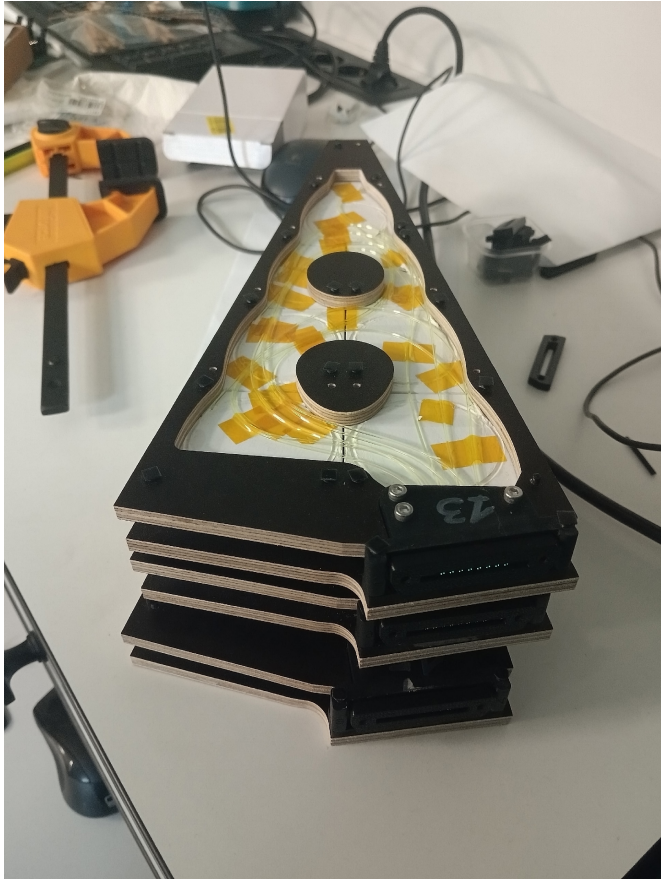


Детектор ВВС



Прототип сектора

Прототип сектора ВВС



В составе прототипа сектора находятся 8 тайлов, свет с которых собирается спектросмещающим оптоволоконном и выводится на коннекторы.

Сигнал со спектросмещающего волокна передается на чистое волокно и далее выводится на SiPM



Основные проблемы и требования к полировке

При проливке клея для фиксации и защиты торцов оптоволоконна возможно истечение клея и формирование полимерных наростов на торце коннектора.

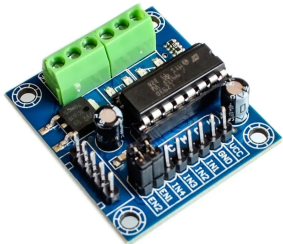
- По завершении полировки сердцевина оптоволоконна (**core**) должна иметь **минимально** возможную **шероховатость** поверхности, оболочка (**cladding**) должна сохранять максимально возможную **целостность**.
- Суммарный припуск на обработку торца коннектора составляет 0.7 мм
- Оценка готовности оптоволоконна производится оптическим методом с использованием микроскопа
- Требуется:
- **Собрать** электрическую **схему** для **управления** исполнительными механизмами для перемещения по одной оси координат и изменения скорости вращения шлифовального вала.
- **Написать прошивку** для микроконтроллера, позволяющую:
 - Изменять скорость вращения шлифовального круга для дисков с различной зернистостью.
 - **Автоматизировать контроль** за скоростью подачи инструмента, используя обратную связь и минимизировать влияние помех на решение о дальнейшей подаче.
 - **Выводить информацию** о состоянии системы в понятном и удобном для пользователя виде



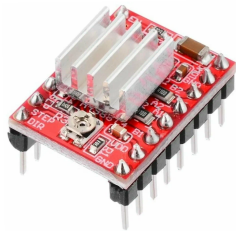
Электронная часть



Arduino UNO

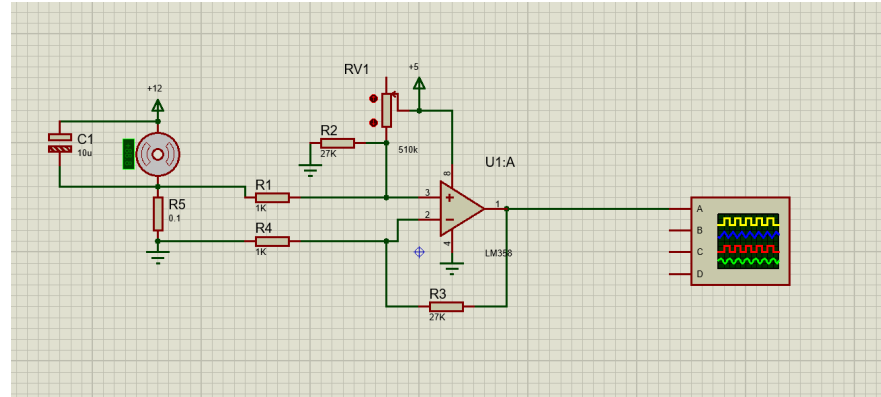


Драйвер L293D

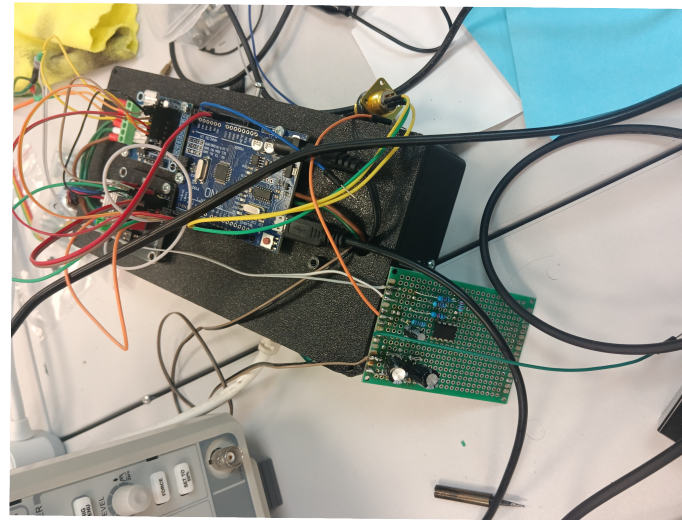


Драйвер A4988

Напряжение подается от двух блоков питания на +9 В и +12 В



Симуляция схемы обратной связи

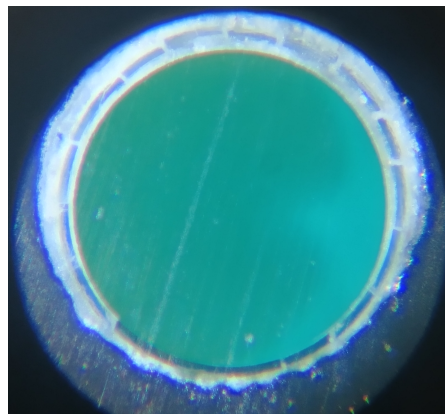
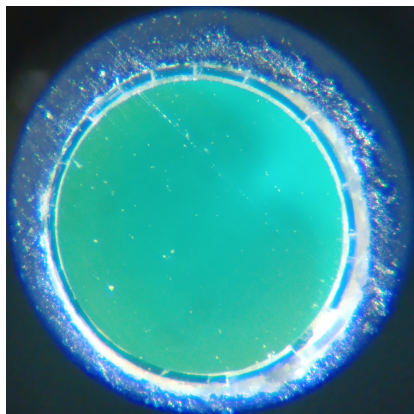


Первый вариант сборки

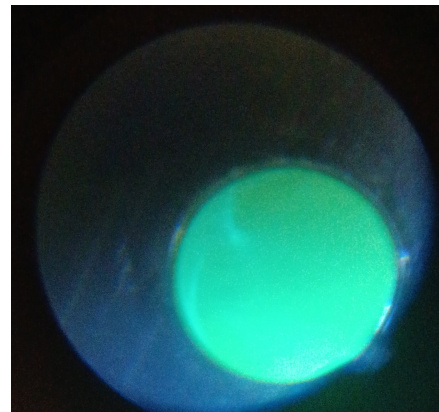
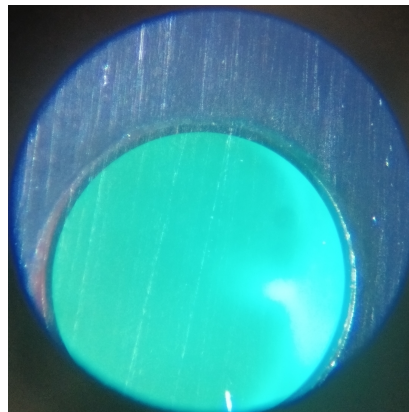
Текущая версия станка



Фотографии торцов оптоволокна

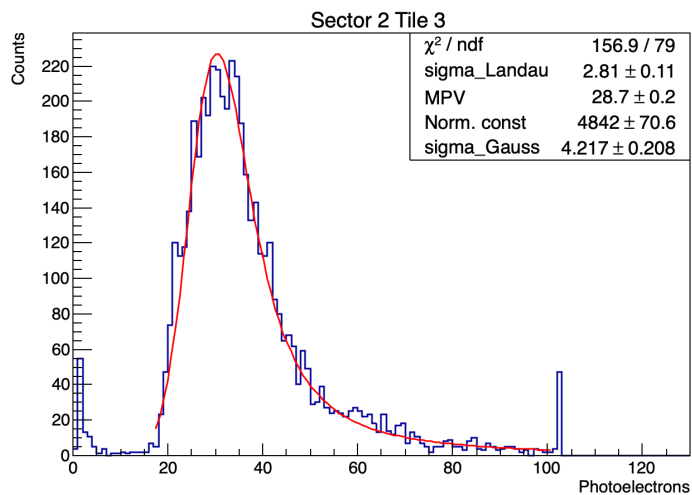
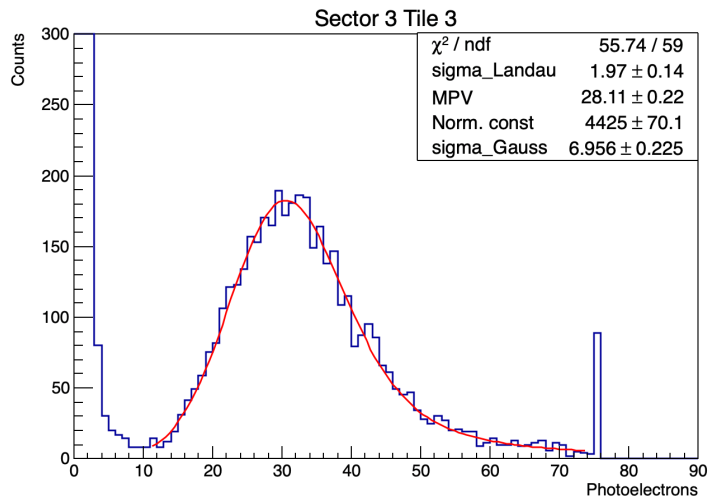
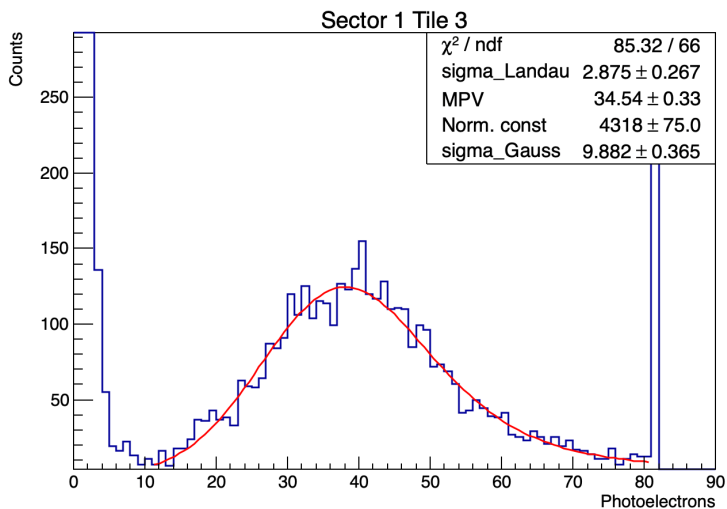


Тестовое (зернистость P5000)



Итоговое (зернистость P7000)

Данные секторов с полировкой на космическом излучении



Заключение

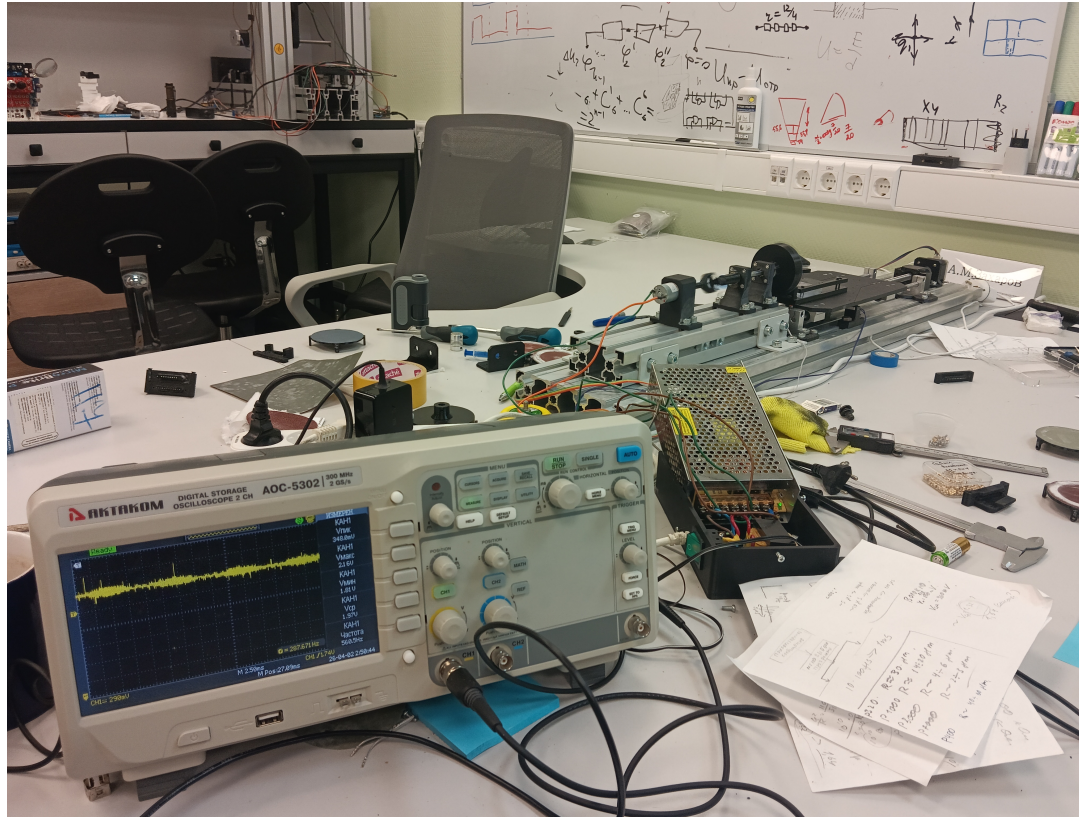
Результаты текущей научно-исследовательской работы:

- Собрана установка для полировки коннекторов с оптоволоконном
- Разработано ПО для автоматизации полировки
- Выполнена полировка ряда секторов прототипа детектора ВВС
- Визуально оптические методы оценки показывают достаточные хорошие результаты полировки.

Направления дальнейшей работы:

- Произвести оценку влияния полировки шлифовальной бумагой и полировочной пленкой на итоговый результат сбора фотоэлектронов
- Произвести оценку перпендикулярности полученного коннектора
- Увеличить степень автоматизации полировки — составить алгоритмы автоматизированной полировки коннекторов на основании полученных оценок

Спасибо за внимание



Backups

Параметр	SG BCF-92	SG BCF-98
Тип волокна	WLS	световод
Модальность	Многомодовое	Многомодовое
Числовая апертура (NA)	0,58	0,58
Пик эмиссии, нм	492	-
Длина затухания 1/e, м	> 3,5	-
Материал сердцевины	Полистирол (n = 1,60)	Полистирол (n = 1,60)
Материал оболочки	Акрил (n = 1,49)	Акрил (n = 1,49)