



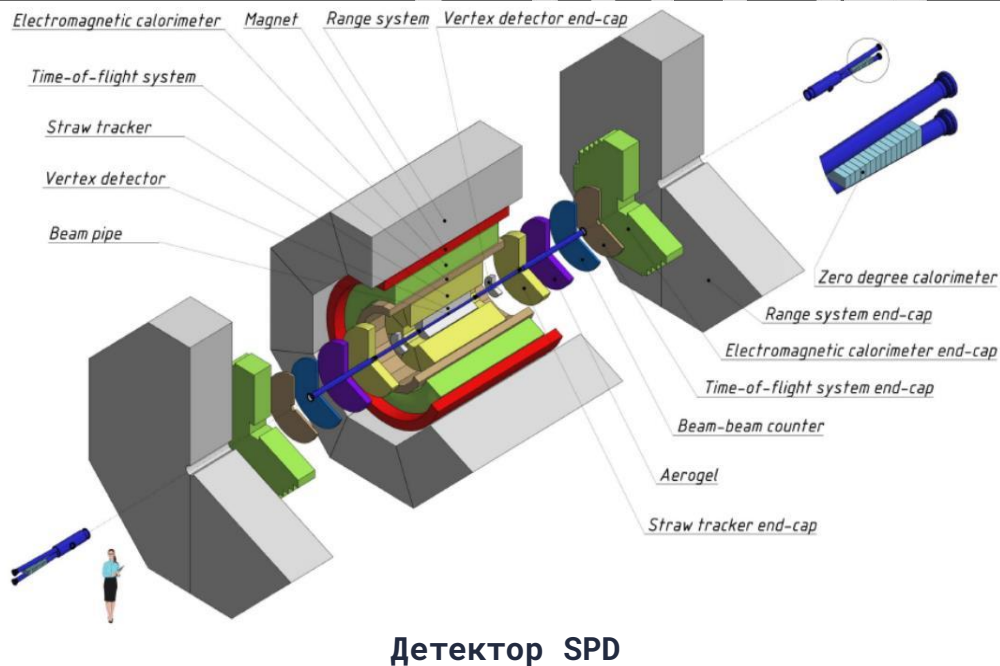
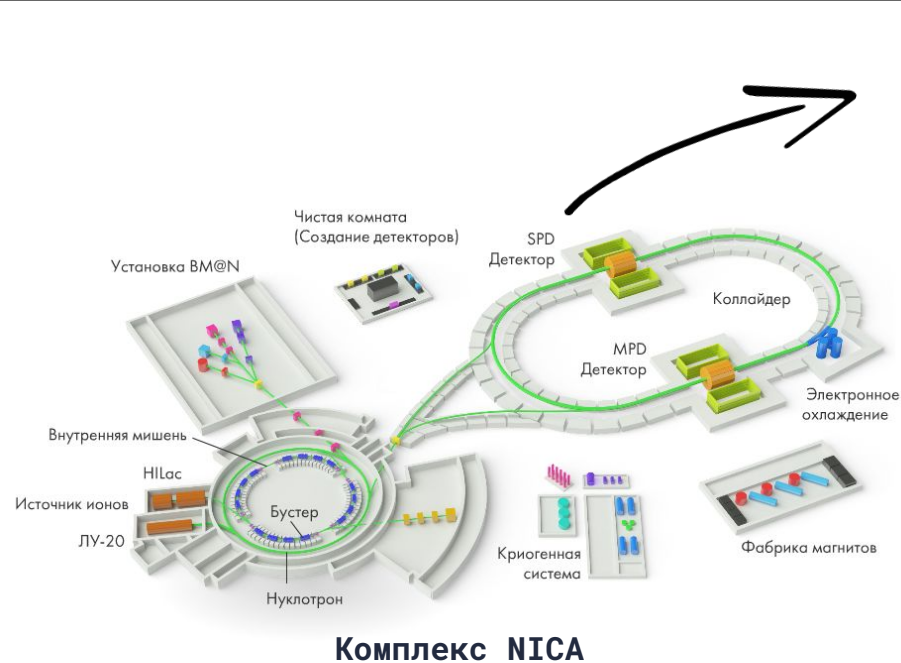
СИСТЕМА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ДЕТЕКТОРА ВВС УСТАНОВКИ SPD NICA

Научный руководитель: Ф.А. Дубинин

Студент: К.В. Кривохин

Москва, 2025

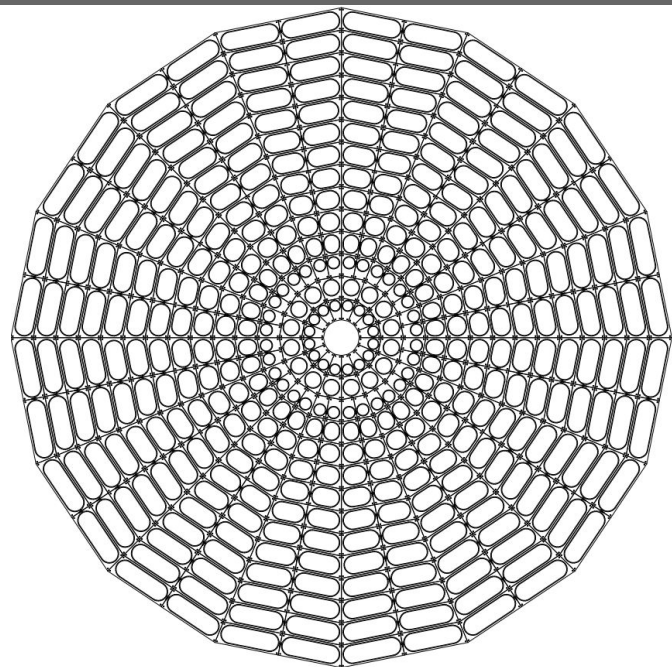
Эксперимент SPD на коллайдере NICA



NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) – ускорительный комплекс со сверхпроводящим коллайдером протонов и тяжелых ионов. Тяжёлые ядра будут ускоряться до энергии вплоть до 4,5 ГэВ/нуклон, протоны – до энергии 12,6 ГэВ

Задача детектора SPD (Spin Physics Detector) – изучить спиновую структуру протона и нейтрона (нуклонов) и точно измерить вклад глюонной компоненты в их спин.

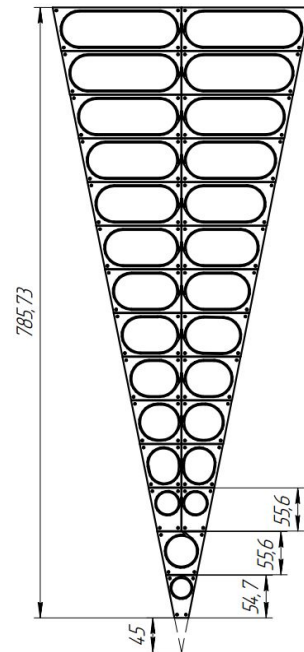
Beam-Beam Counter



BBC



CAEN FERS



Сектор BBC

Для контроля поляризации пучков и измерения светимости в эксперименте SPD будет использоваться система BBC на основе сцинтилляционных детекторов.

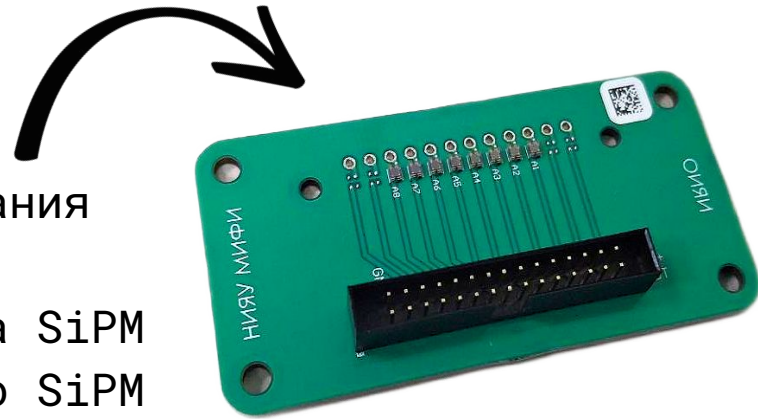
Сцинтилляторы будут соединяться с кремниевыми фотоумножителями (SiPM) через спектросмещающее оптоволокно. Сигналы с SiPM считываются системой CAEN FERS.

Цель и задачи

Цель работы – проверка работоспособности печатных плат с SiPM для эксперимента SPD: получение однофотоелектронных спектров с каждого кристалла SiPM и нахождение их напряжения пробоя.

Задачи:

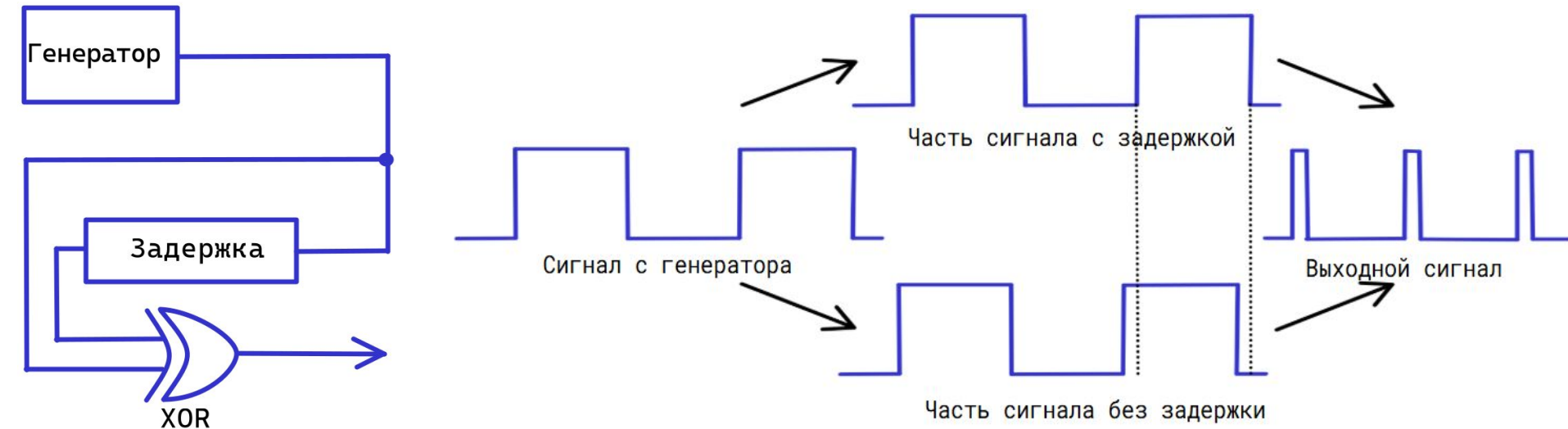
- создать подходящий LED-драйвер
- разработать установку для тестирования плат с SiPM
- получить спектр с каждого кристалла SiPM
- найти напряжение пробоя для каждого SiPM
- разработать программу для автоматизации процесса тестирования плат



Плата с 8 SiPM

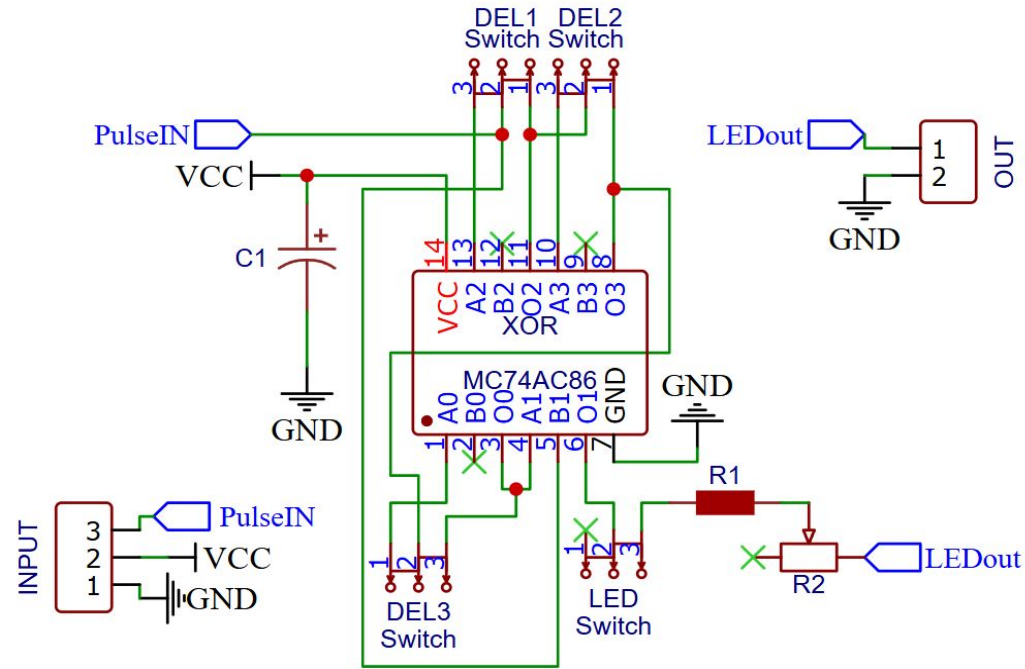
LED-driver: идея

Необходимо было создать прибор, способный создавать сверхкороткие импульсы света (подавая на светодиод короткие импульсы напряжения).

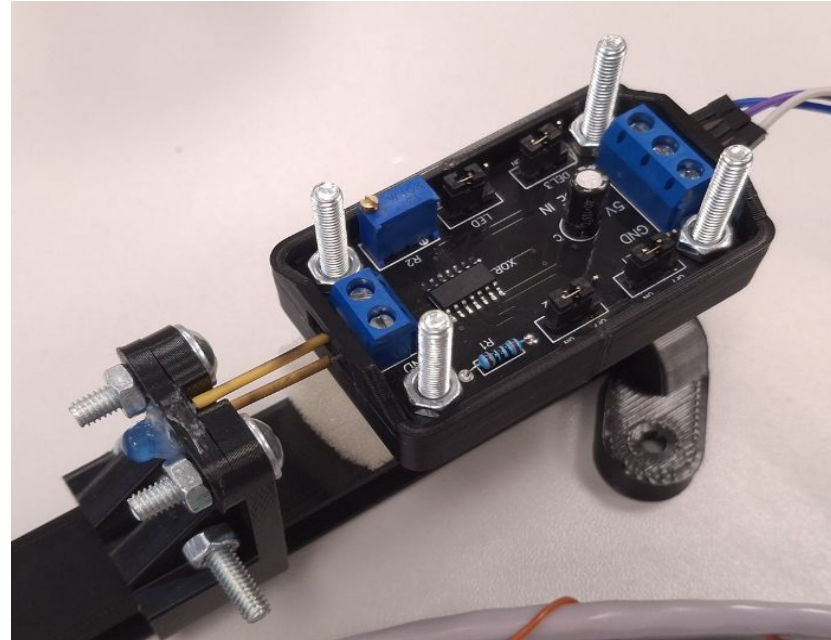


Такие импульсы можно получить, если разделить “длинный” квадратный сигнал с генератора на 2 части, замедлить одну из частей, и потом подать обе части на логический вентиль “исключающее ИЛИ”, или “XOR”.

LED-driver: реализация



Принципиальная схема

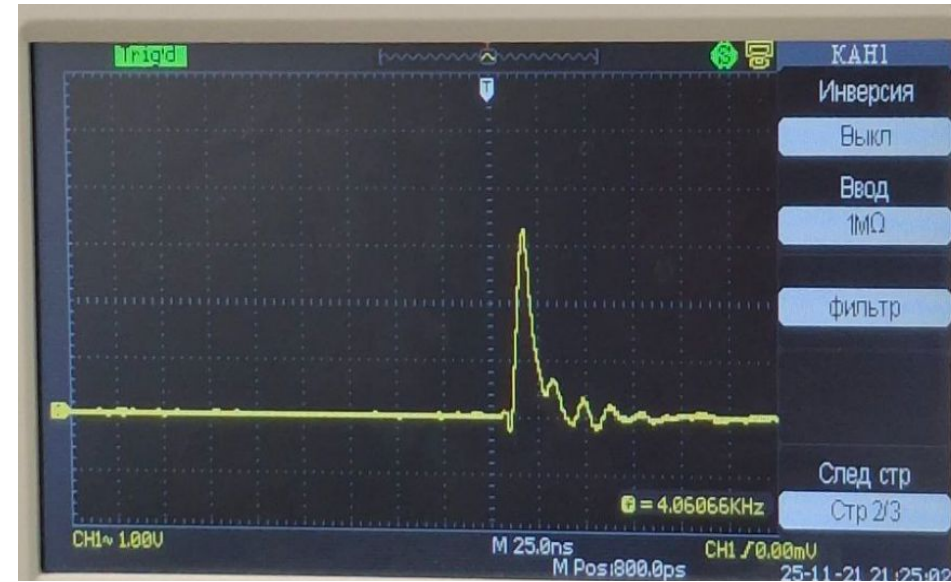


Готовая плата

LED-driver: выходной сигнал



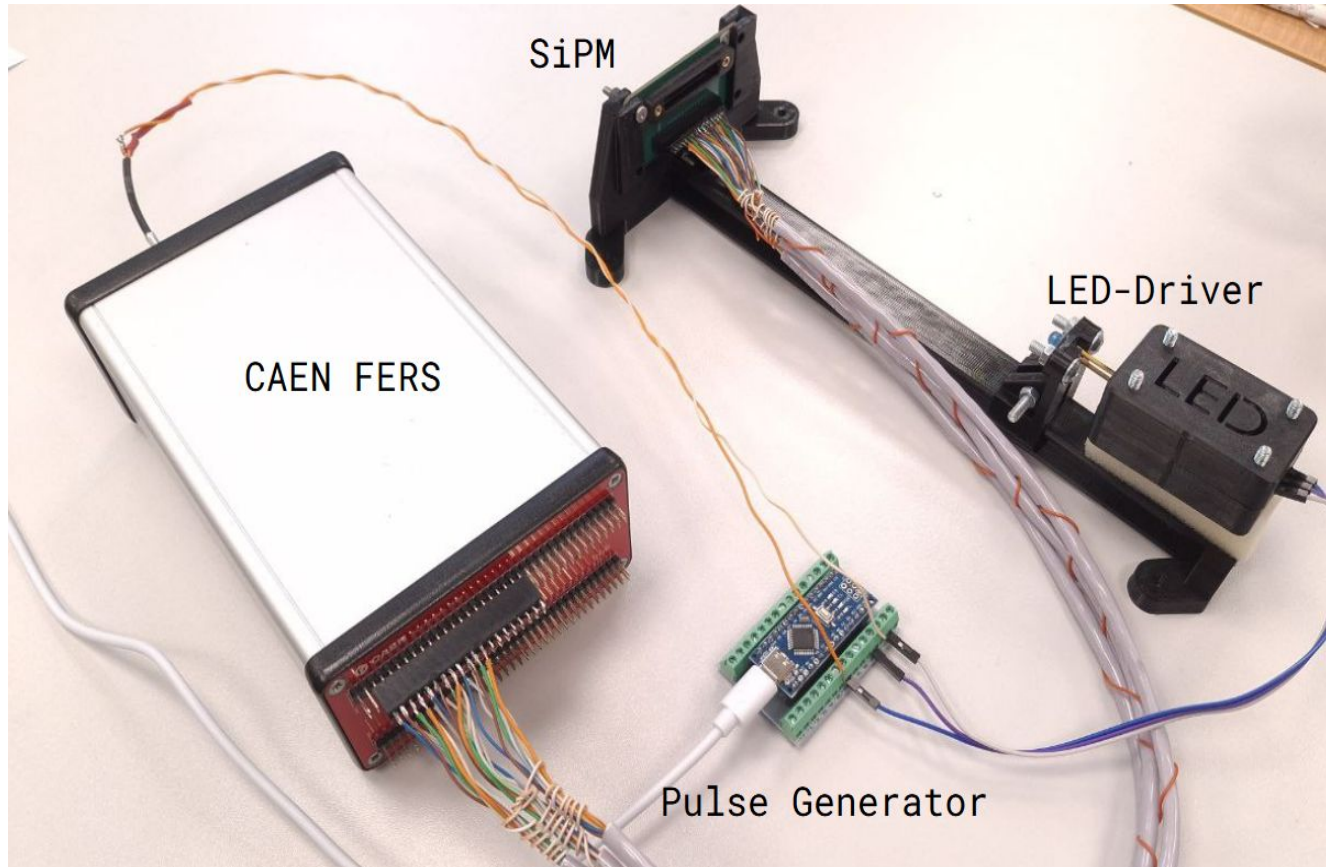
$$U_{\max} = 4.2V$$



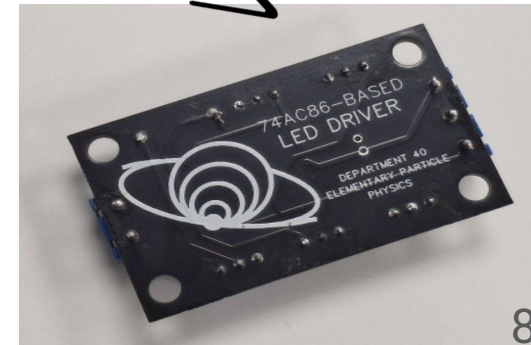
$$U_{\max} = 3.4V$$

У светодиодов есть пороговое напряжение, ниже которого они вообще не испускают свет. Для синего это $\sim 2.7V$. Следовательно, он будет зажигаться только в той части импульса, где напряжение выше порогового.

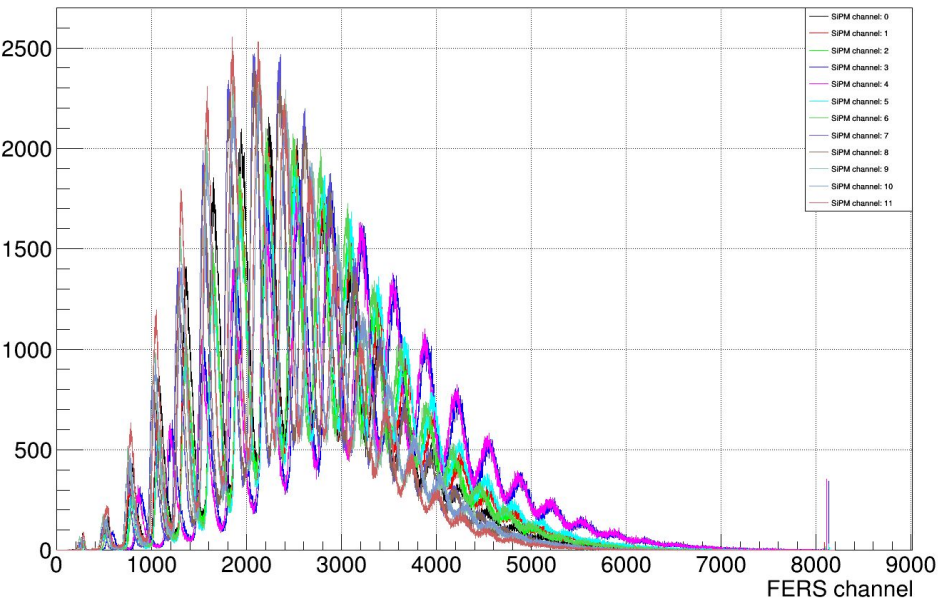
Установка



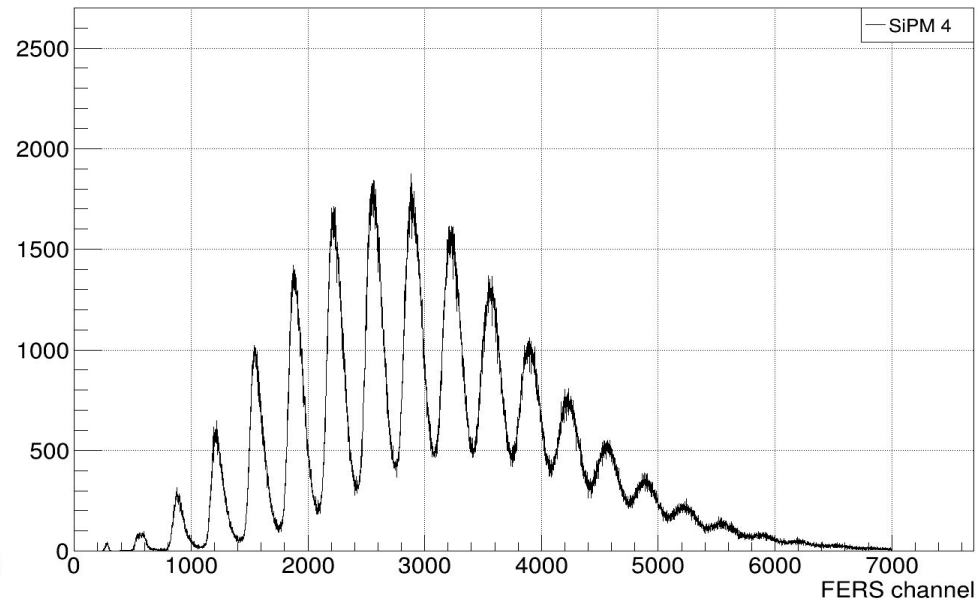
Во время тестов рама с SiPM и драйвером помещается внутрь тёмного контейнера, защищающего SiPM от внешнего света.



Представление результатов



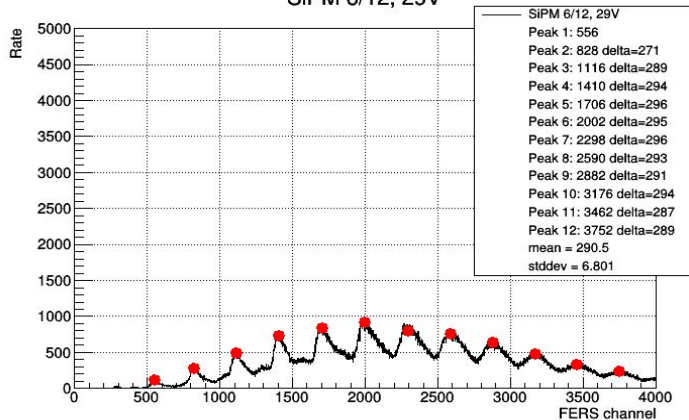
Все 12 спектров с одной платы



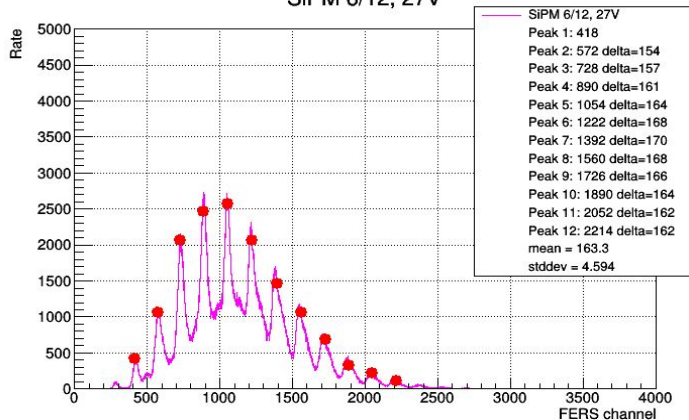
Один из 12 спектров

Представление результатов

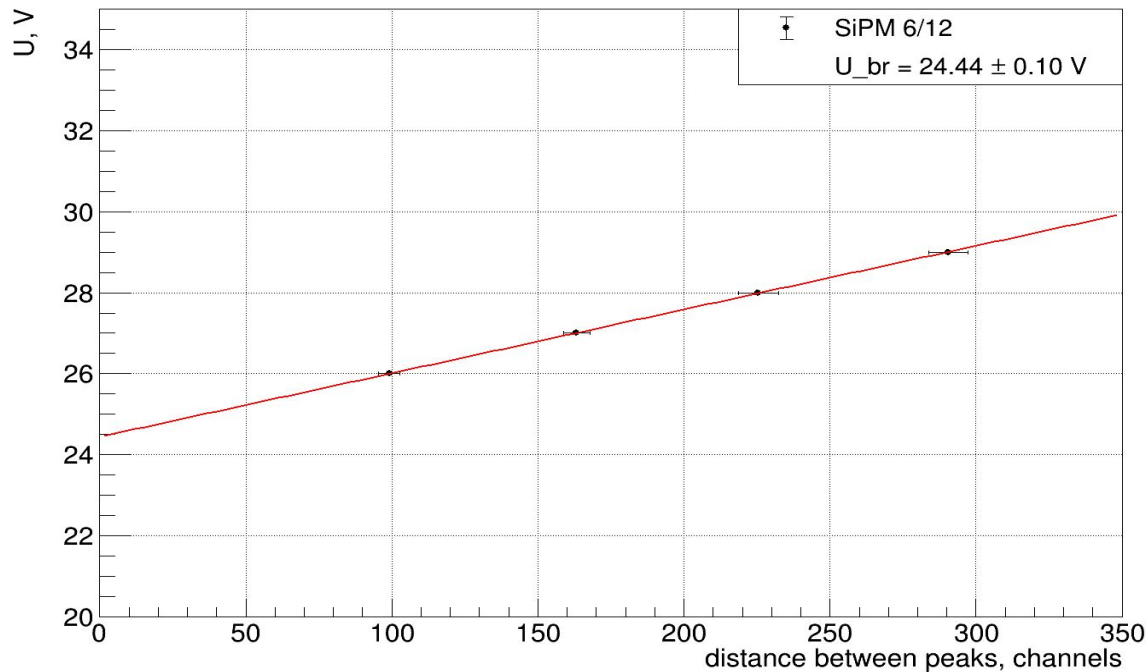
SiPM 6/12, 29V



SiPM 6/12, 27V



SiPM breakdown voltage



Точка пересечения красной прямой с осью ординат - искомое напряжение пробоя.

Заключение

- Создана система для тестирования печатных плат с SiPM детектора BBC: разработаны LED-драйвер и установка для снятия однофотонных спектров с помощью CAEN FERS.
- Для тестовой платы определены напряжения пробоя SiPM. Результаты соответствуют заявленным данным производителя.
- Создан софт обработки данных для удобства тестирования остальных плат BBC.

Таблица 1. Напряжения пробоя SiPM протестированной платы

№ SiPM	1	2	3	4	5	6
U_{br}, V	24.51 ± 0.12	24.44 ± 0.09	24.55 ± 0.11	24.64 ± 0.10	24.62 ± 0.10	24.44 ± 0.10

№ SiPM	7	8	9	10	11	12
U_{br}, V	24.54 ± 0.11	24.62 ± 0.10	24.60 ± 0.08	24.63 ± 0.08	24.60 ± 0.08	24.62 ± 0.08

Таблица 2. Часть спецификации к SiPM

Sensor Size	Microcell Size	Parameter (Note 1)	Overvoltage	Min.	Typ.	Max.	Units
1 mm	10 μ , 20 μ , 35 μ	Breakdown Voltage (V_{br}) (Note 3)		24.2		24.7	V
3 mm	20 μ , 35 μ , 50 μ						
6 mm	35 μ						