

Исследование характеристик детектора на основе сцинтиллятора **LaBr₃(Ce)** и **SIPM** для применения в позитронно-эмиссионной томографии

Студент:

Килинкарров Д.С.

Научный руководитель:

Канцеров В.А.

Консультант:

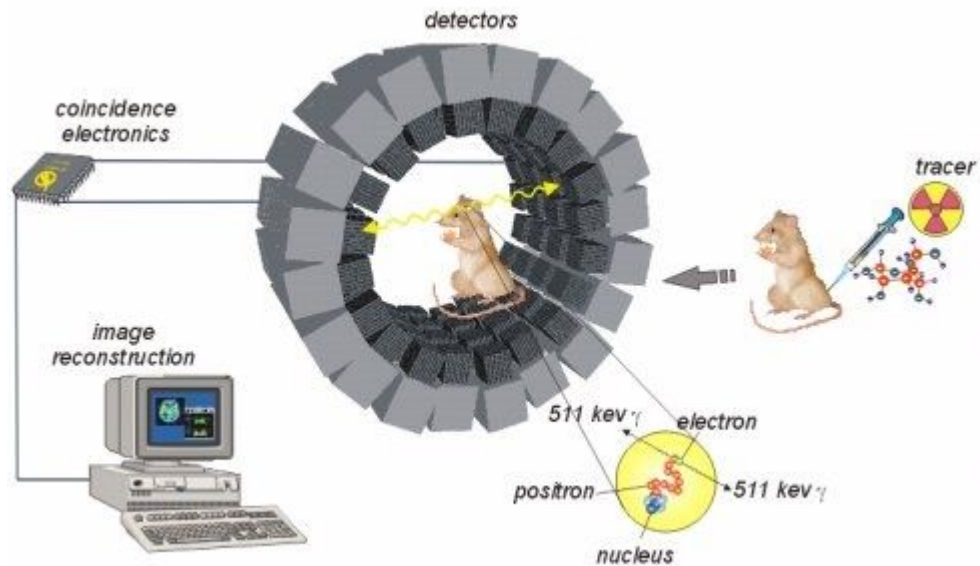
Дубинин Ф.А.

Цели и задачи работы

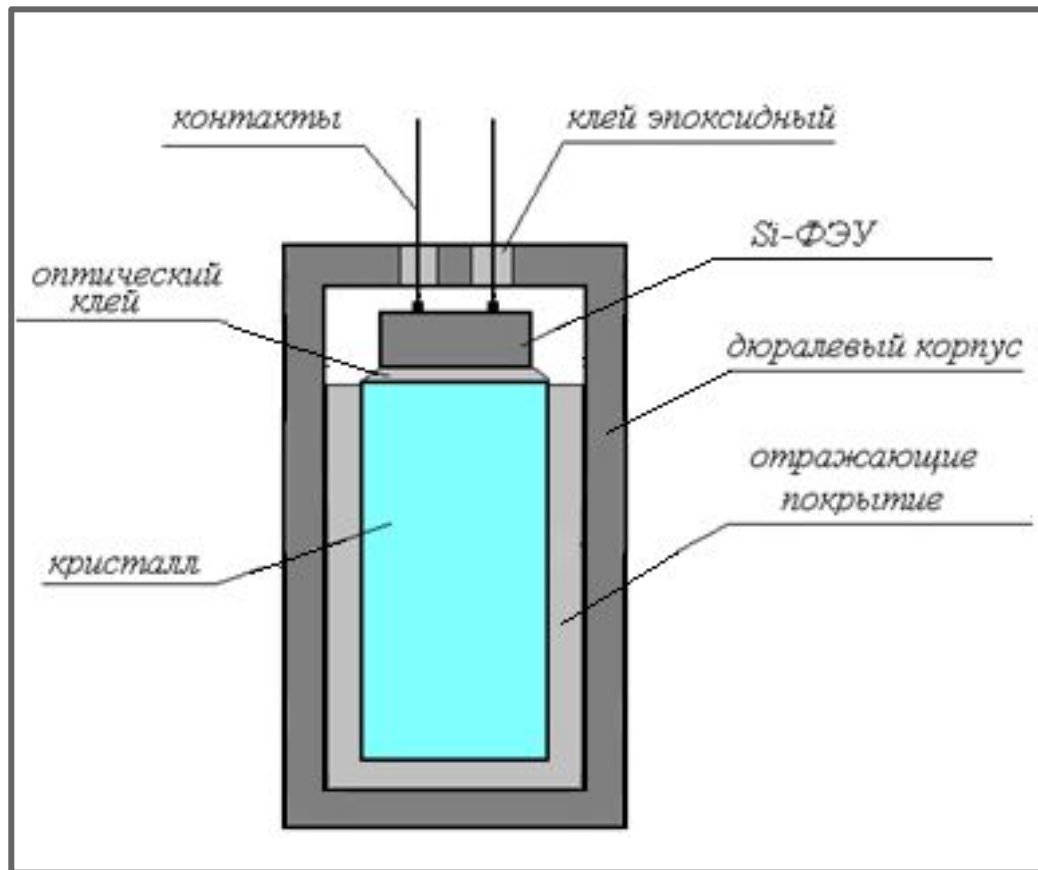
Цель: Исследование детекторных сборок на основе кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ и SiPM для применения в регистрации гамма-квантов в прототипе позитронно-эмиссионного томографа

Задача: провести измерения зависимостей энергетического разрешения детектора и временного разрешения установки в режиме коррелированных импульсов СТАРТ и СТОП от напряжения питания SiPM. Определить диапазон выбора рабочей точки по напряжению питания для дальнейших исследований.

Основы позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ)



Строение детекторной сборки на основе LaBr₃(Ce) и SiPM



- Сцинтиллятор: LaBr₃(Ce)
- Форма: цилиндр
- Диаметр: 4 мм
- Длина: 1 см
- SiPM: SensL FC30035

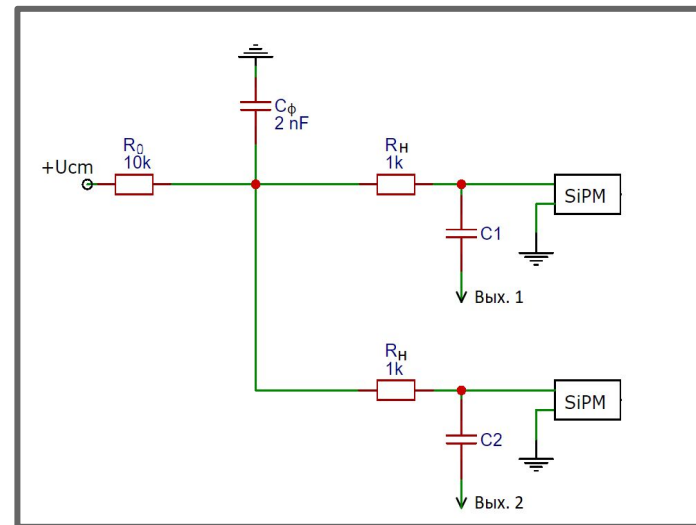


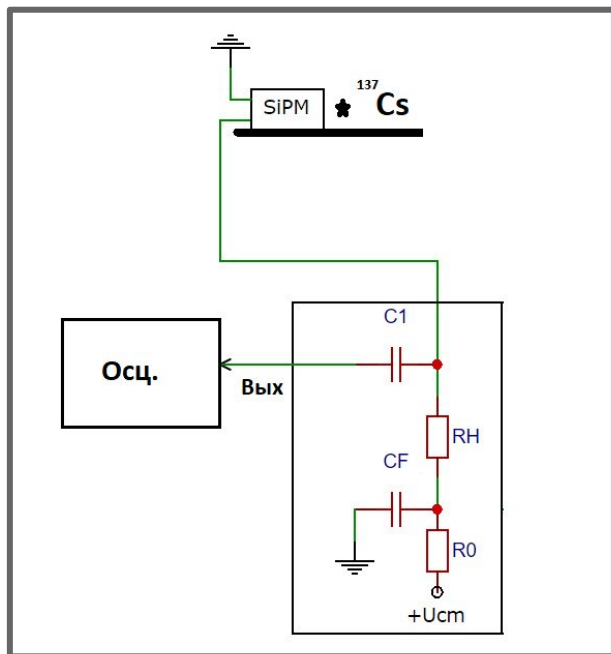
Схема питания SiPM

Этапы работы

1. Получение амплитудных спектров при разных напряжениях питания SiPM
2. Проведение измерения зависимости временного разрешения установки в режиме коррелированных импульсов СТАРТ и СТОП от напряжения питания SiPM
3. Обработка и анализ полученных данных

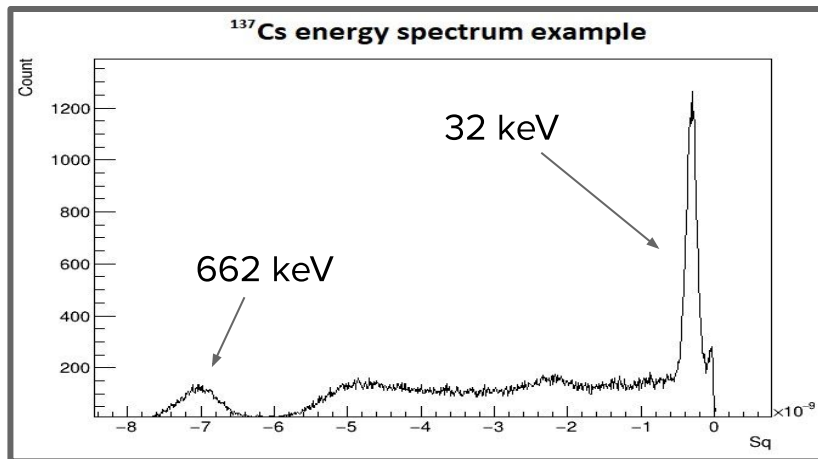
Исследование зависимости энергетического разрешения детектора от напряжения питания SiPM. Схема эксперимента.

Схема установки

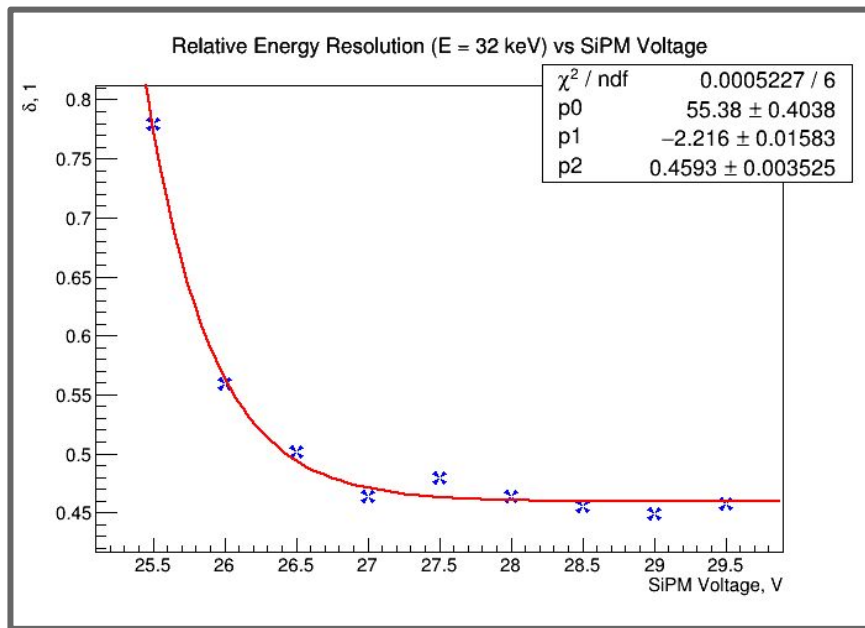


- Источник: Цезий-137
- Осциллограф: LeCroy Waverunner 640Zi
- Источник питания: АКТАКОМ АТН-2031

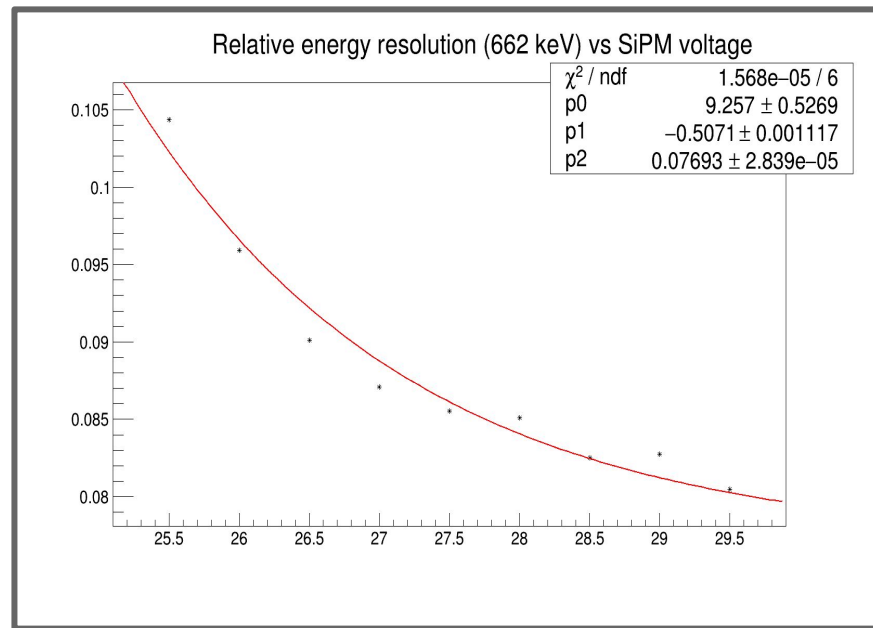
- Диапазон напряжений: 25.5 - 29.5 В
- Шаг: 0.5 В
- Интеграл спектра: 15 000



Исследование зависимости энергетического разрешения детектора от напряжения питания SiPM. Результаты эксперимента.



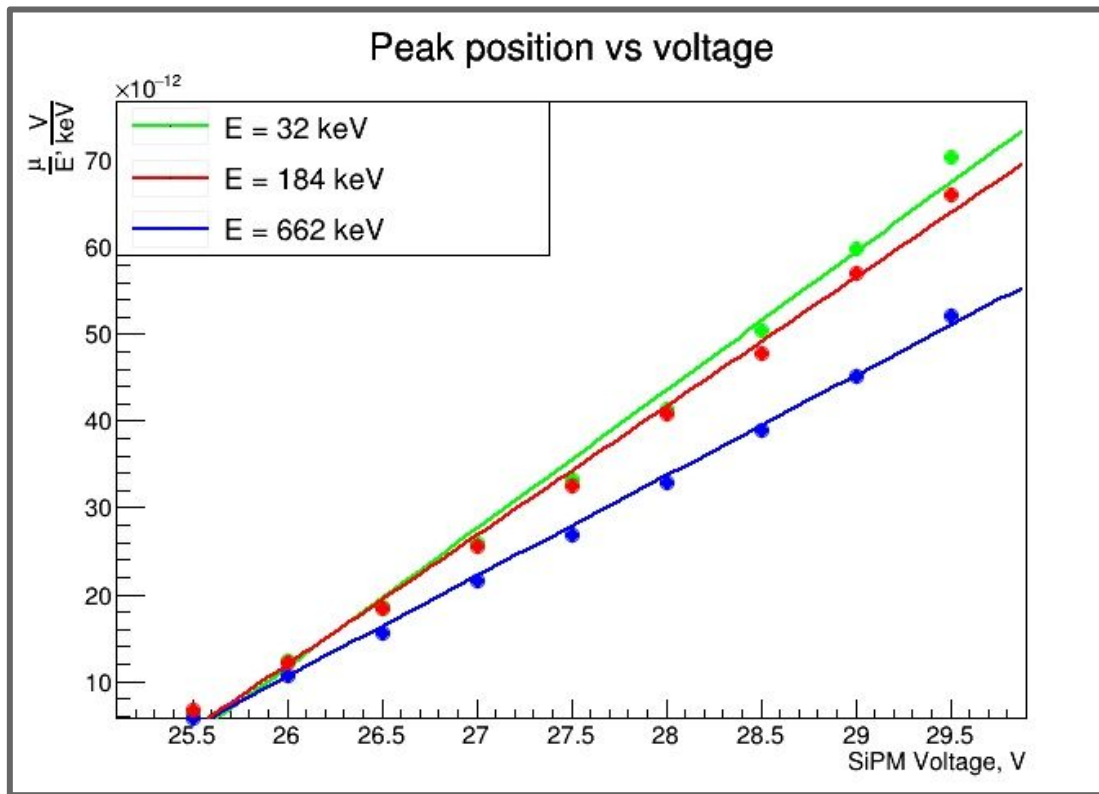
E = 32 keV
 $\delta = 46\%$



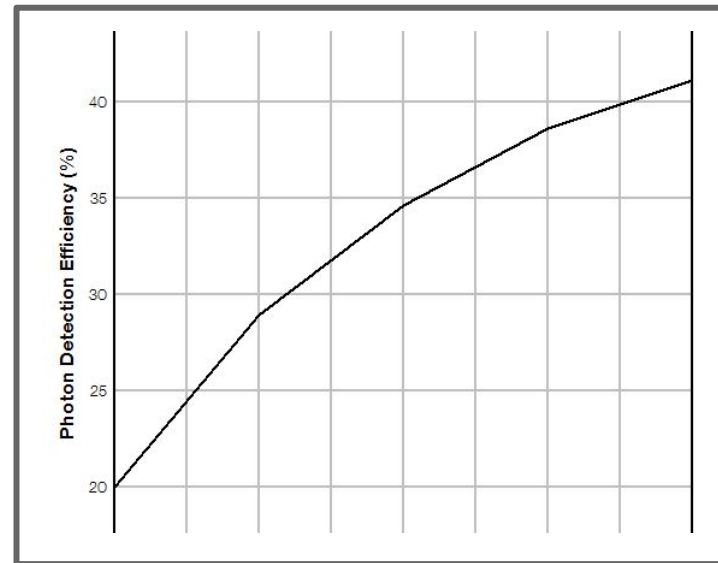
E = 662 keV
 $\delta = 8.5\%*$

* при выбранной рабочей точке 27.5 В

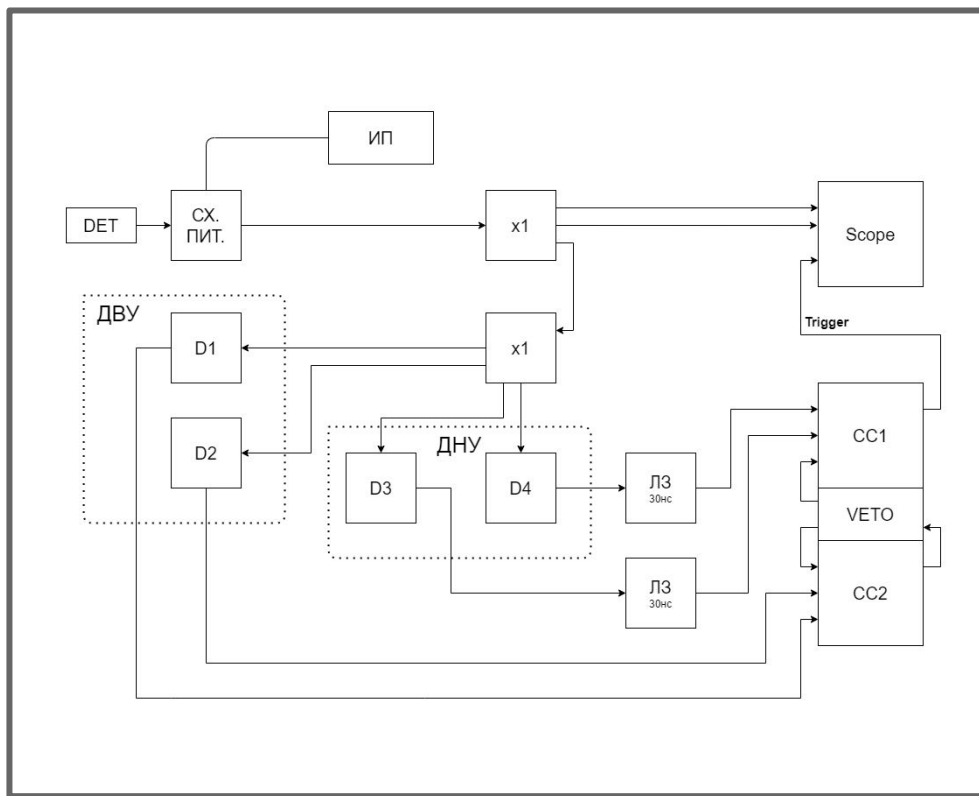
Исследование зависимости энергетического разрешения детектора от напряжения питания SiPM. Анализ результатов.



Нелинейность отклика растет с напряжением и обусловлена ростом PDE (эффективностью регистрации фотонов) SiPM.

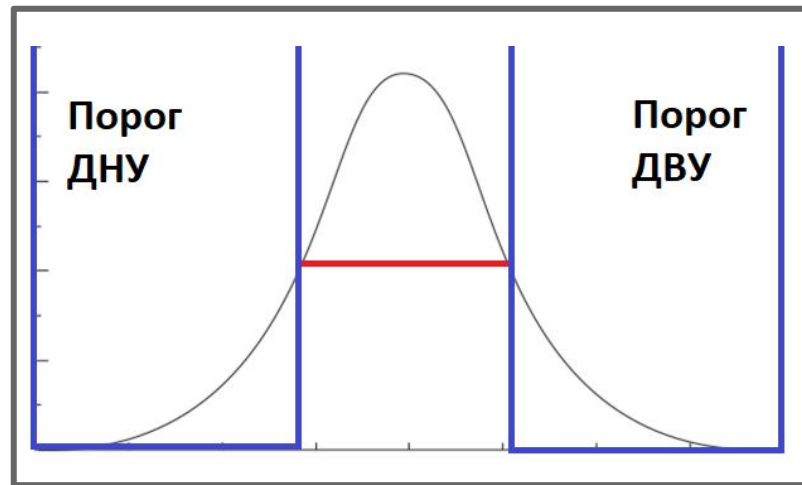


Исследование зависимости временного разрешения установки от напряжения питания SiPM. Схема эксперимента.

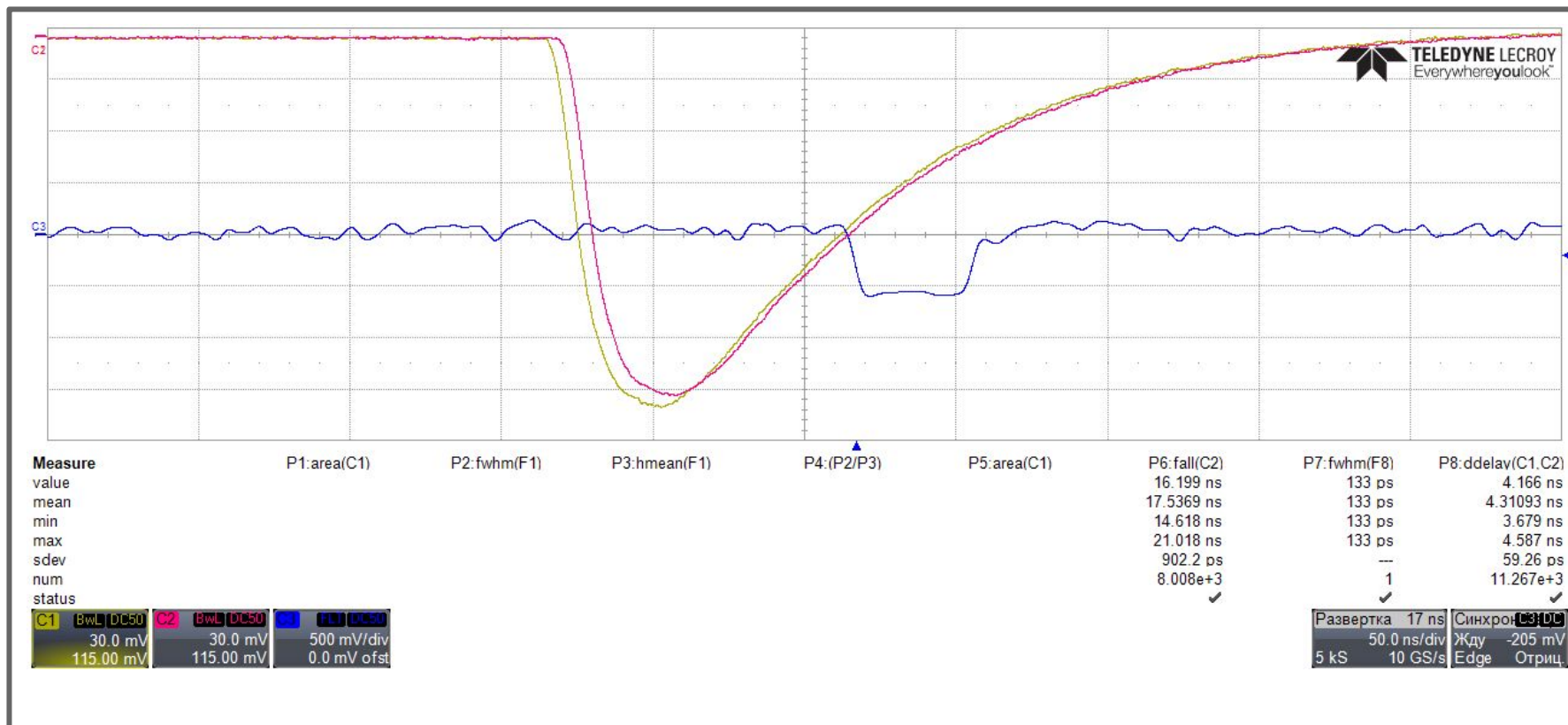


- Источник: Цезий-137
- Осциллограф: LeCroy Waverunner 640Zi
- Источник питания: АКТАКОМ АТН-2031

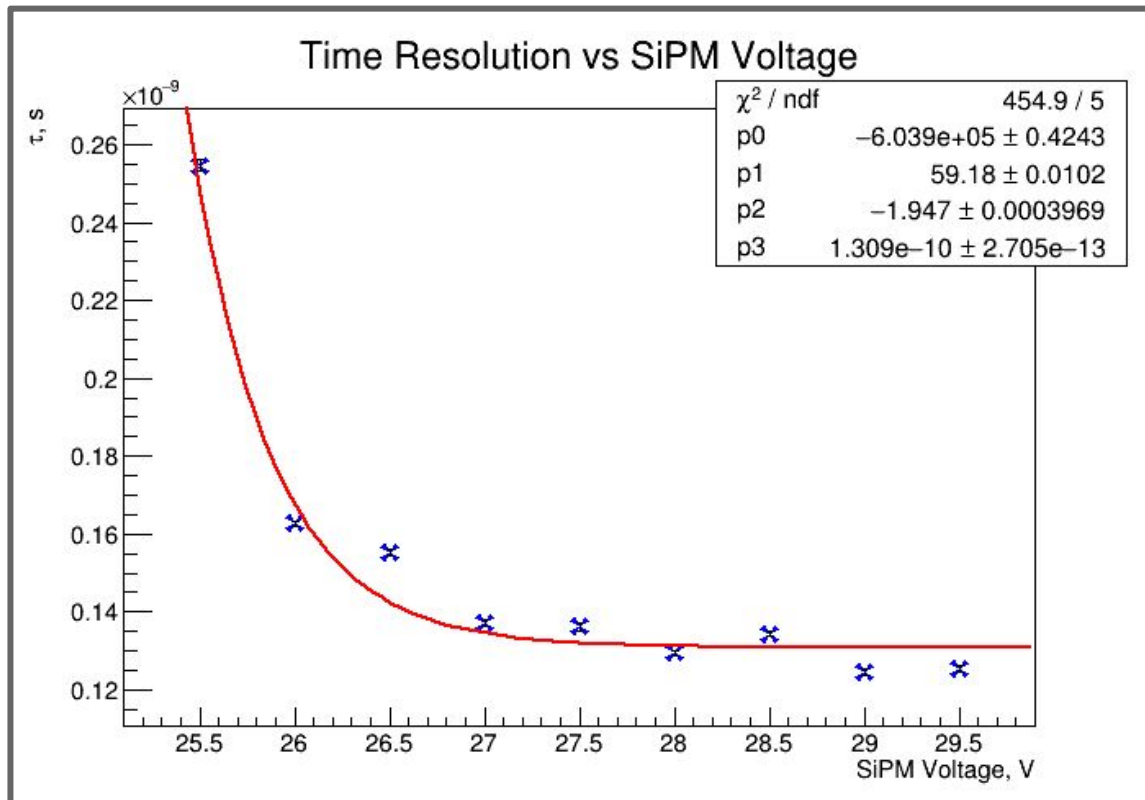
- Диапазон напряжений: 25.5 - 29.5 В
- Шаг: 0.5 В
- Интеграл спектра: 20 000



Исследование зависимости временного разрешения установки от напряжения питания SiPM. Пример осциллограммы.



Исследование зависимости временного разрешения установки от напряжения питания SiPM. Результаты эксперимента.



- Временное разрешение: 130 пс
- Нижняя граница рабочей точки: 27.0 В

Диапазон выбора рабочей точки с учетом влияния шумов SiPM и энергетического разрешения: 27.0 - 28.5 В

Заключение

- Диапазон выбора рабочей точки с учетом влияния шумов, энергетического разрешения и временного разрешения установки: 27.0 - 28.5 В
- Энергетическое разрешение детекторной сборки при выборе рабочей точки по напряжению SiPM из диапазона: [E = 662 keV, $\delta = 8.5$ %]
- Временное разрешения установки в режиме коррелированных импульсов СТАРТ и СТОП при выборе рабочей точки по напряжению SiPM из диапазона: 130 пс

Основные сцинтилляторы, используемые в ядерной медицине и требования к ним

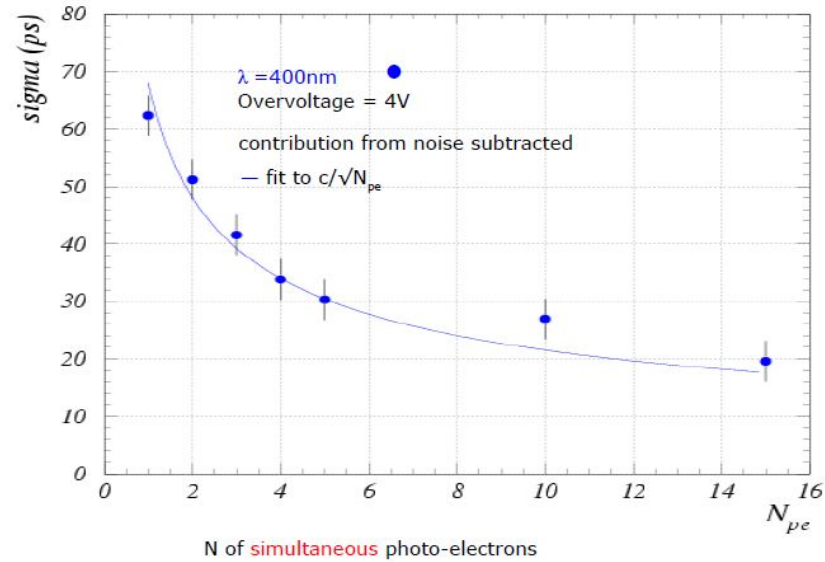
Сцинтиллятор	NaI(Tl)	CsI(Tl)	BGO	LYS O	LSO	LaBr ₃ (Ce)	CeBr ₃
Z _{эф}	51	54	74	63	66	45	46
ρ, г/см ³	3.67	4.51	7.1	7.1	7.4	5.08	5.1
Длина 50% ослабления (662 кэВ), мм	25	20	10	11	11	18	-
η=ΔE/E, % (662 кэВ)	7.5	5.7	9.7	7.1	7.9	3.0	4.3
Световыход, фотонов/кэВ	38	40-45	9	32	27	65-70	47
τ, пс	250	1000	300	41	40	16	17
λ _{чист} , нм	415	550	480	420	420	365	370
Гигроскопичность	+	+/-	-	-	-	+	+

Требования:

1. Высокая плотность
2. Малое время высвечивания
3. Высокое энергетическое разрешение
4. Высокий световыход
5. Низкий собственный фон

Dependence of SiPM timing on the number of simultaneous photons

Poisson statistics: $\sigma_t \propto 1/\sqrt{N_{pe}}$



G. Collazuol et al. / Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 581 (2007) 461–464