

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА КРЕМНИЕВОГО ФОТОУМНОЖИТЕЛЯ EQR15 В СРЕДЕ ALLPIX

Флусова Д.С.<sup>1</sup>, Бикметов Н.Р.<sup>2</sup>, Гоголев А.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИЯТШ,  
гр. 0БМ21, e-mail: dsf7@tpu.ru

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИЯТШ,  
гр. 0БМ21, e-mail: nrb1@tpu.ru

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, НОЦ ПИ,  
и.о. руководителя, e-mail: gogolev@tpu.ru

### Введение

Целью нашей работы является разработка модели для оценки влияния температуры и параметров детектора на отклик кремниевого ФЭУ. Модель необходима для калибровки кремниевого ФЭУ и для оценки разрешения детектора и калибровки. Подобная модель будет полезна при проектировании гиперспектрального восьмиканального счетчика для дифрактометра высокого разрешения.

### Описание модели

Перед разработкой модели был произведен набор экспериментальных осциллограмм сигналов от кремниевого ФЭУ, находящегося в оптическом контакте с LaBr<sub>3</sub> сцинтилляционным детектором. Источником излучения был выбран <sup>130</sup>Ba. Кремниевый ФЭУ непрерывно нагревался и в течение эксперимента регистрировались осциллограммы для разных температур, пример осциллограммы на рис. 1. Ширина сигнала замерялась для каждой осциллограммы для оценки относительного уширения. Детектор включает в себя сцинтилляционный кристалл LaBr<sub>3</sub>, кремниевый ФЭУ EQR15 11-6060D-S. Моделирование световых выходов было осуществлено с помощью инструментария Geant4 [2].

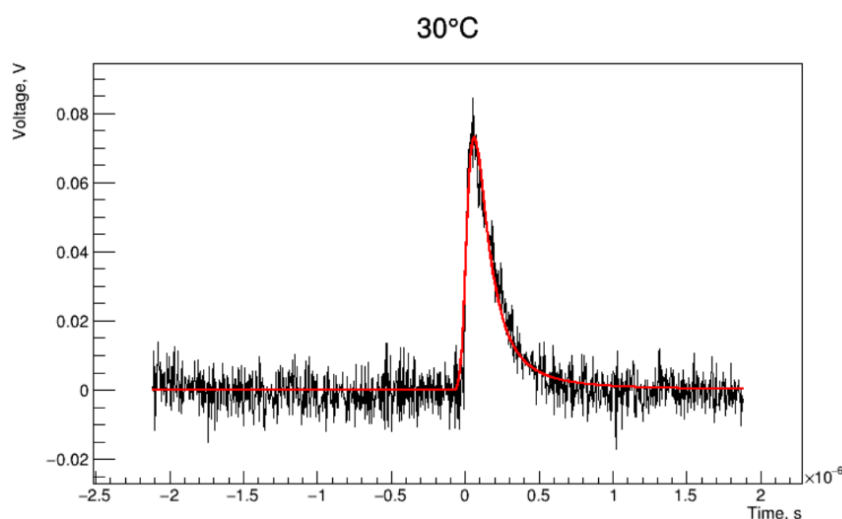


Рис. 1. Осциллограмма при температуре 30 градусов Цельсия

Моделирование отклика сигнала кремниевого ФЭУ EQR15 осуществлялось в фреймворке Allpix<sup>2</sup> [1]. Фреймворк позволяет моделировать энерговыделение, связанное с поглощением оптического фотона, а также перенос зарядов и оцифровку сигнала. Модель предоставляет большое количество выходных данных, включая карту попаданий фотонов и дальнейшее распределение носителей заряда, см. рис.2. Создание модели включало в себя задание геометрии детектора, спектра источника, материала детектора, а также поведение оцифровщика сигнала.

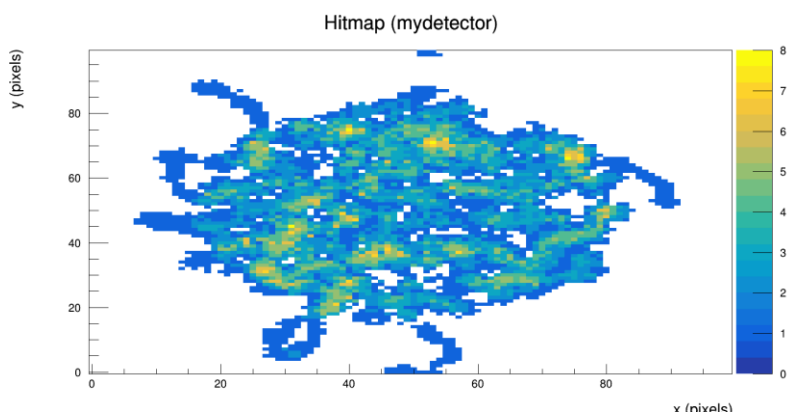


Рис. 2. Карта попаданий с учетом растекания заряда между пикселями

В результате анализа полученных осциллограмм, а также сигналов, вычисленных моделью, посчитаны относительные коэффициенты уширения сигнала. Результаты построены на едином графике см. рис. 3.

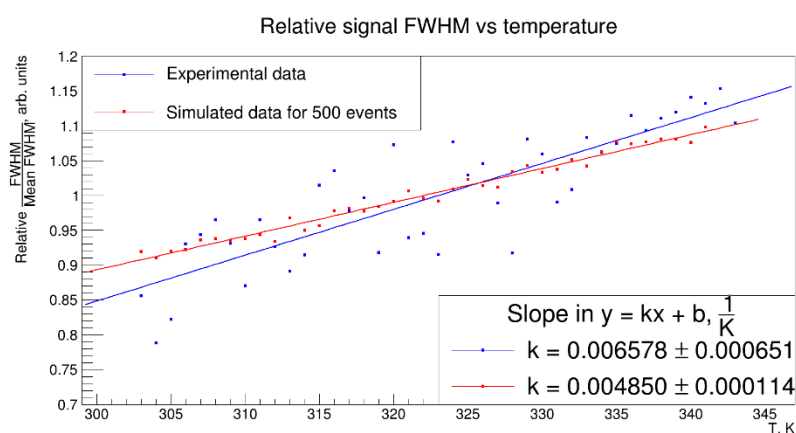


Рис. 3. Относительное уширение сигнала в зависимости температуры для экспериментальных данных (синий цвет) и модели (красный цвет)

## Заключение

В результате проделанной работы была разработана модель кремниевого ФЭУ EQR15. Установлена зависимость относительного уширения выходного сигнала от температуры сенсора. Модель учитывает энергетический спектр источника. Кроме того, учитываются эффекты умножения носителей заряда в полупроводнике. Результаты моделирования согласуются с экспериментальными данными. В дальнейшем планируется произвести набор экспериментальных данных с большей статистикой и с моноэнергетическим источником.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках программы «Наука» (Проект № FSWW-2023-0003).

## Список использованных источников

1. Spannagel S. et al. Allpix2: A modular simulation framework for silicon detectors // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2018. – V. 901. – P. 164–172.
2. Agostinelli S. et al. Geant4 – a simulation toolkit // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2003. – V. 506, No 3. – P. 250–303.
3. Brun R., Rademakers F. ROOT – An object oriented data analysis framework // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 1997. – V. 389, No 1–2. – P. 81–86.