

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СЕНСОРОВ ПРОТОТИПА РЕНТГЕНОВСКОГО ДЕТЕКТОРА

Бикметов Н.Р.¹

¹ ФГАОУ ВО НИ ТПУ, ИШФВП, инженер-исследователь, e-mail:nrb1@tpu.ru

Введение

В рамках работы над детектирующими системами станции 1-2 «Структурная диагностика» ЦКП СКИФ (Центр коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов») была поставлена задача о разработке прототипа гиперспектрального детектора для дифрактометра высокого разрешения. Прототип предполагается создать на основе кремниевых фотоумножителей (SiФЭУ) серии EQR-15 модели 11-606D-S. В рамках работы над прототипом и его проектировкой была поставлена цель по разработке программно-аппаратного комплекса для проведения калибровки и эквализации каналов детектора и оценки параметров сенсоров.

Материалы и методы

Для проведения калибровки и эквализации каналов детектора была собрана система позиционирования источника ионизирующего излучения относительно сенсоров (до 10), размещенная в светозащитном кожухе. Питание возможно с помощью лабораторного источника или с ПЛИС. Считывание данных с сенсоров организовано с использованием высокочастотных SMA кабелей, передающих сигнал на осциллограф или ПЛИС.

Для оценки напряжения пробоя был разработан и собран генератор наносекундных импульсов, питающий монохроматический источник света (лазер и светодиоды) на основе схемы, приведенной в [1]. Генерация импульсов основана на лавинном пробое транзистора в прямом включении. Амплитуда импульсов составила 1,7 В, длительность – ~4 нс. Расчет напряжения пробоя осуществлялся на графическом анализе обратных логарифмических производных вольт-амперных характеристик [2]. На полученной кривой производится аппроксимация линейных участков, после чего в точке их пересечения определяется величина напряжения пробоя.

При определении коэффициента температурного уширения формы сигнала сенсора использовалась подготовленная светонепроницаемая коробка с установленным воздушным нагревателем. Измерения амплитуды и длительности сигнала проводились при температурах от +30 до +70 °С.

Для устранения синфазных помех, влияющих на форму сигнала, в электроцепь установки было добавлено шумоподавление с использованием синфазного дросселя, что позволило снизить уровень шумов до 0,5 мВ.

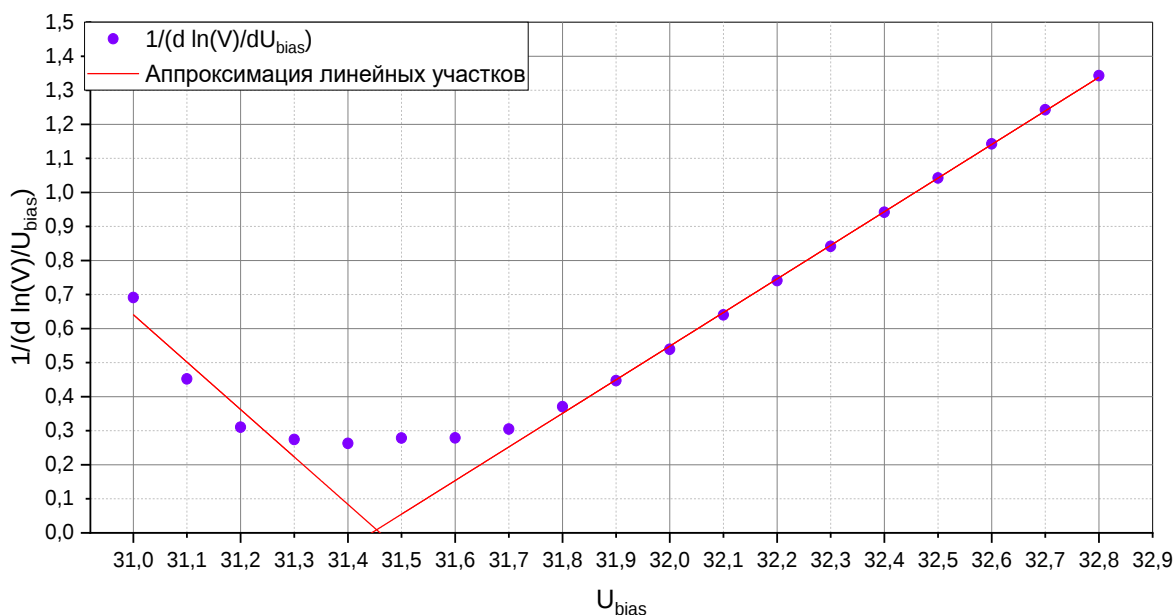


Рис. 1. Аппроксимация линейных участков зависимости обратной логарифмической производной напряжения амплитуды от напряжения смещения при облучении фиолетовым светодиодом

Результаты и их обсуждение

По результатам работы была произведена эквализация отклика каналов прототипа детектора. По исследованному влиянию RC-цепи на форму сигнала, а также полученной вольт-амперной характеристике были подобраны оптимальные значения емкостей и напряжения смещения, составившее 46 В. Средняя амплитуда сигналов составила ~ 1 В, полуширина – ~ 250 нс.

С помощью светодиодов четырех цветов (красный, оранжевый, зеленый и красный) была произведена оценка напряжения пробоя. На графике (Рис. 1) представлен пример графического определения величины напряжения пробоя при экспозиции сенсора под фиолетовый свет. Результаты определения напряжения пробоя и основная информация о используемых светодиодах приведены в **Ошибка! Неверная ссылка закладки.** Среднее расчетное значение составило $\sim 31,46 \pm 0,07$.

Таблица 1

Параметры используемых светодиодов и рассчитанные значения напряжения пробоя

Цвет	Длина волны, нм	Угол излучения, °	Напряжение пробоя, В	Погрешность, В
Фиолетовый	400–403	30	31,45	0,07
Зеленый	565–575	60	31,97	0,46
Оранжевый	580–595	60	30,87	0,93
Красный	620–635	60	31,07	0,84
Итог:			31,46	0,07

Измерения длительности сигнала при изменении температуры проводилось с шагом в 1°C . Зависимость полуширины на полувывоте (ПШПВ) была определена как функция от температуры нагрева. При возрастании температуры наблюдается уширение сигнала по зависимости, близкой к линейной, с угловым коэффициентом (т. е. коэффициентом температурного уширения) равным $\sim 6,6 \pm 0,7$ нс/ $^\circ\text{C}$. Более подробно данный эксперимент и соответствующая модель описаны в работе [3].

Заключение

Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с результатами моделирования, что позволяет говорить о разработанном программно-аппаратном комплексе как о достаточно надежном инструменте для оценки основных параметров сенсоров на основе кремниевых фотоумножителей.

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

Список использованных источников

1. A Compact Avalanche-Transistor-Based Pulse Generator for Transcranial Infrared Light Stimulation (TILS) Experiments / Lopez A. [et al.] // Instruments. – 2022. – Vol. 6. № 3. – P. 20.
2. Klanner R. Characterisation of SiPMs / R. Klanner // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2019. – Vol. 926. – P. 36–56.
3. Флусова Д.С. Моделирование отклика кремниевого фотоумножителя серии EQR-15 в фреймворке Allpix / Д.С. Флусова, Н.Р. Бикметов, А.С. Гоголев // ПромКибернетика. – 2023. – Т. 1, № 3. – С. 21–27.