

Температурная зависимость чувствительности кремниевых фотоумножителей в режиме пофотонной регистрации ультрафиолетового излучения

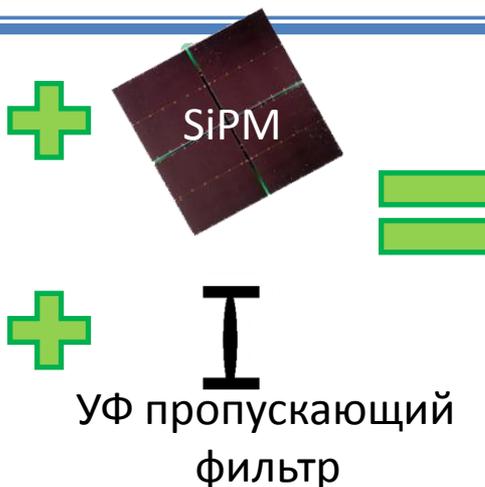
А.А. Богданов, Ю.В. Тубольцев, Ю.В. Чичагов, Е.Е. Холупенко,
А.М. Красильщиков
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

e-mail: Alexander.A.Bogdanov@mail.ioffe.ru

Skype: dkflsrj1

ВККЛ-2020, Москва, Россия, 28.09-02.10 2020

ВВЕДЕНИЕ



- Увеличение рабочего времени телескопа при Луне и в сумерках
- Улучшение гамма-адронной сепарации в УФ диапазоне

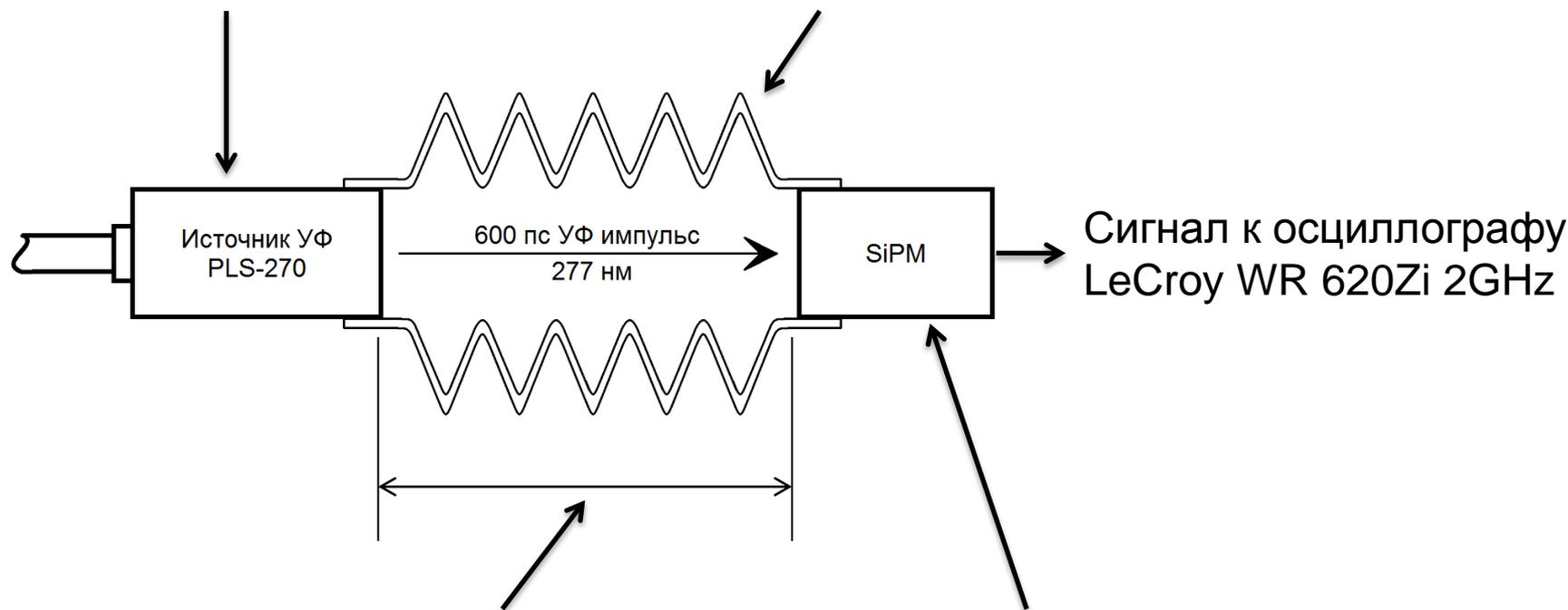
В ФТИ им. А.Ф. Иоффе разрабатывается новый кластер для камеры телескопа TAIGA-IACT на базе SiPM OnSemi MicroFJ-60035 чувствительных к ультрафиолетовому (УФ) излучению. Планируется создать кластер из 28 пикселей, каждый пиксель которого состоит из 4 SiPM.

Цель данной работы: провести измерения эффективности регистрации фотонов (PDE) и скорости темного счёта выбранных SiPM в области рабочих температур в камере телескопа (12 – 15 °С) и при комнатной температуре.

Испытательный стенд

Источник УФ-излучения
PicoQuant PLS-270

Чёрная резиновая гофра
для светоизоляции



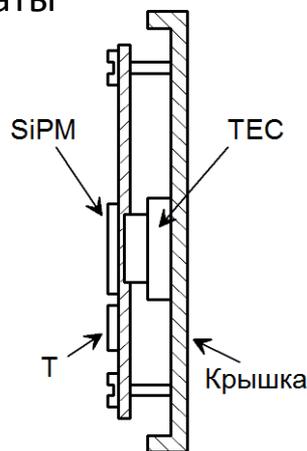
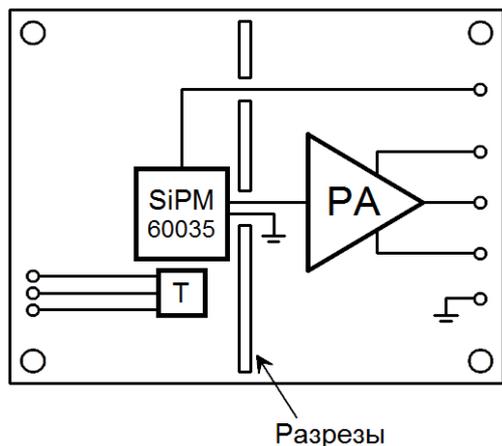
Расстояние между излучателем и
поверхностью детектирования
(фиксированное)

Один из двух детектирующих блоков:

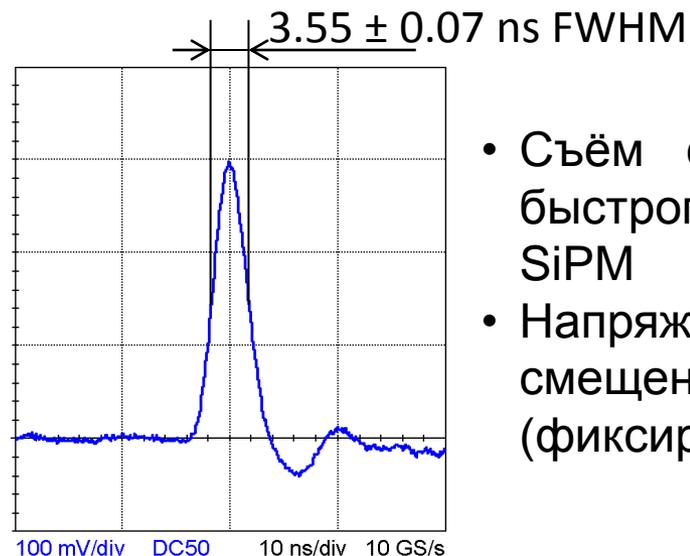
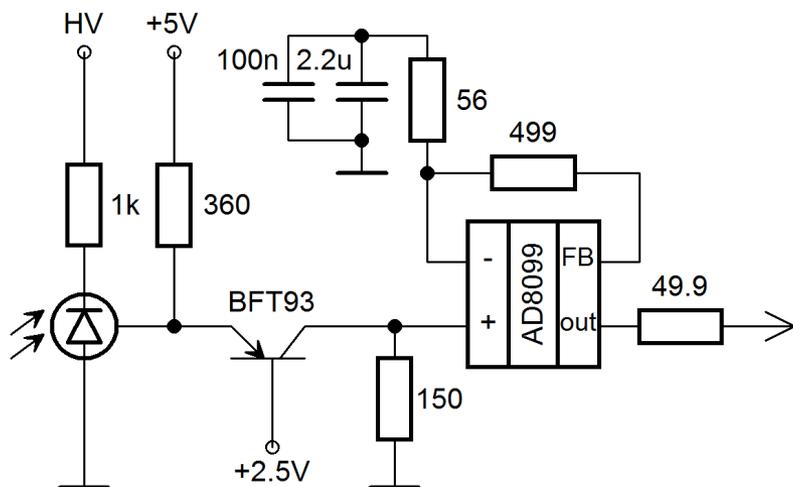
- OnSemi/SensL MicroFJ-60035
- Hamamatsu VUV4 S13371-6050CQ-02

Детекторный блок с MicroFJ-60035

Упрощённый вид печатной платы



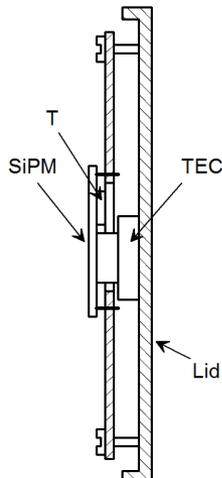
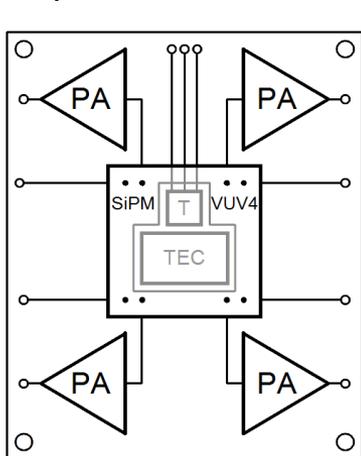
- SiPM отделён от предусилителя (PA) прорезями на плате
- Температурный датчик (T) расположен рядом с SiPM
- Элемент Пельтье (TEC) охлаждает плату под SiPM сбрасывая тепло на алюминиевую крышку корпуса



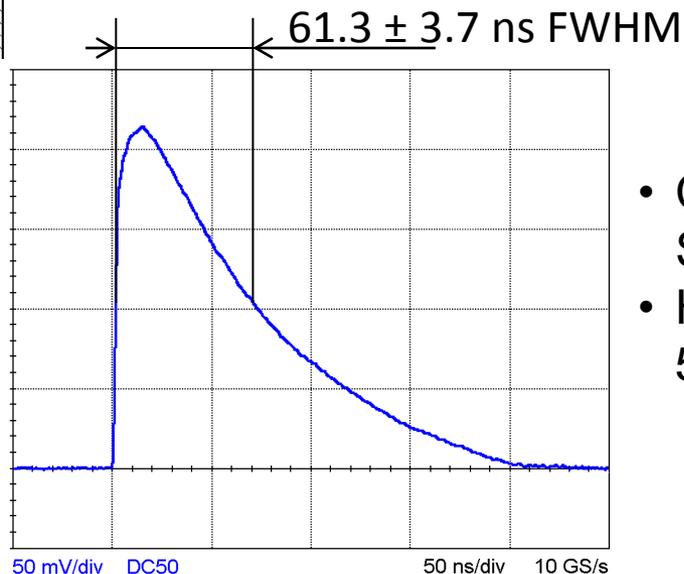
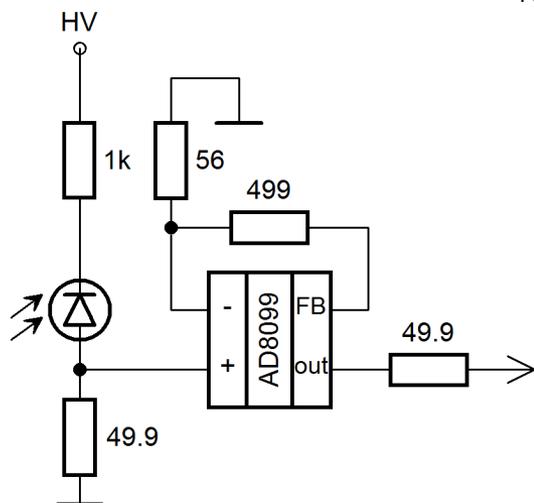
- Съём сигнала с быстрого выхода SiPM
- Напряжение смещения 29.5 V (фиксированное)

Детекторный блок с Hamamatsu VUV4

Упрощённый вид печатной платы

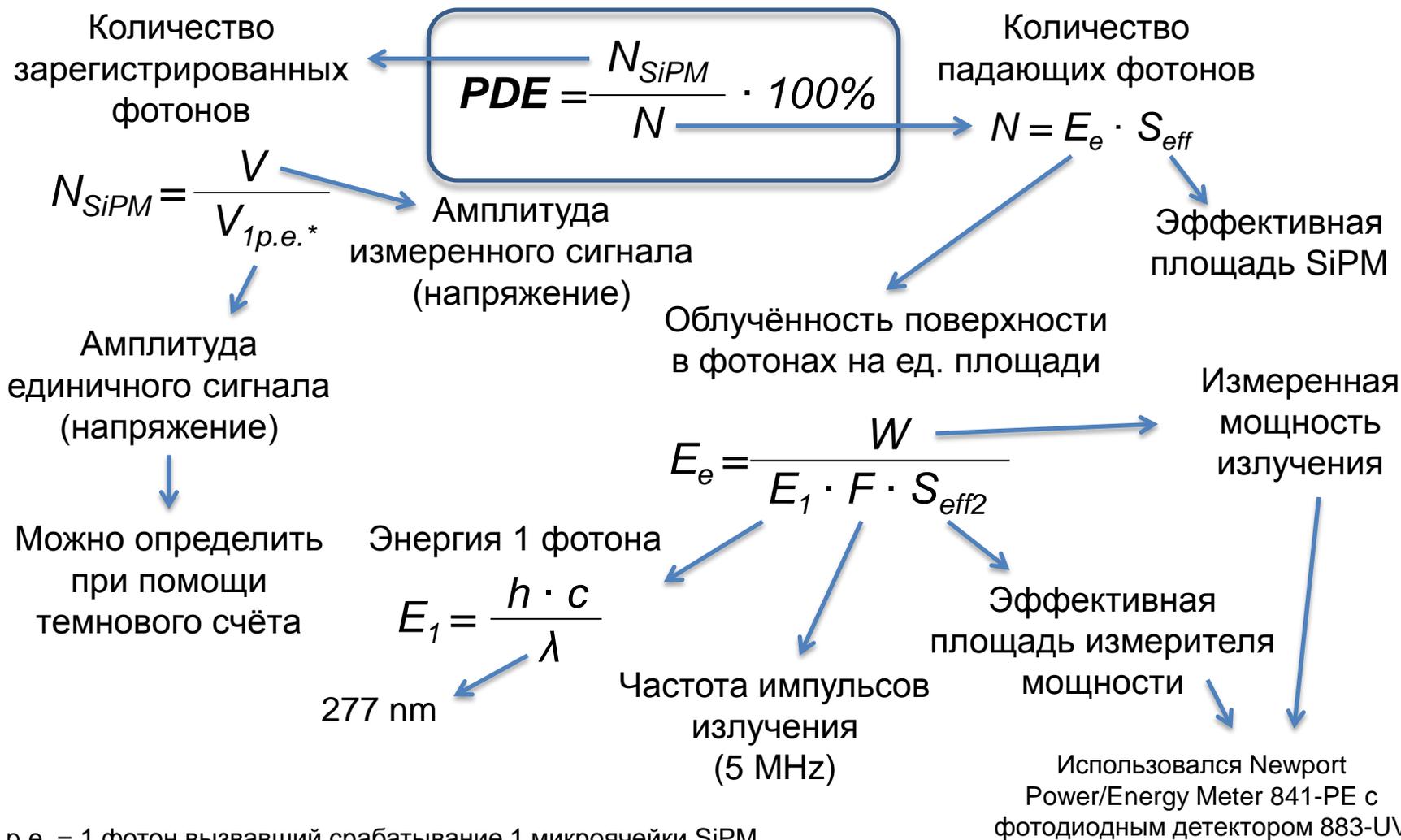


- 4 SiPM на керамической подложке
- 4 предусилителя (PA) на плате
- Температурный датчик (T) расположен под SiPM и упирается в его заднюю стенку
- Элемент Пельтье (TEC) охлаждает заднюю керамическую стенку SiPM и сбрасывает тепло на алюминиевую крышку корпуса



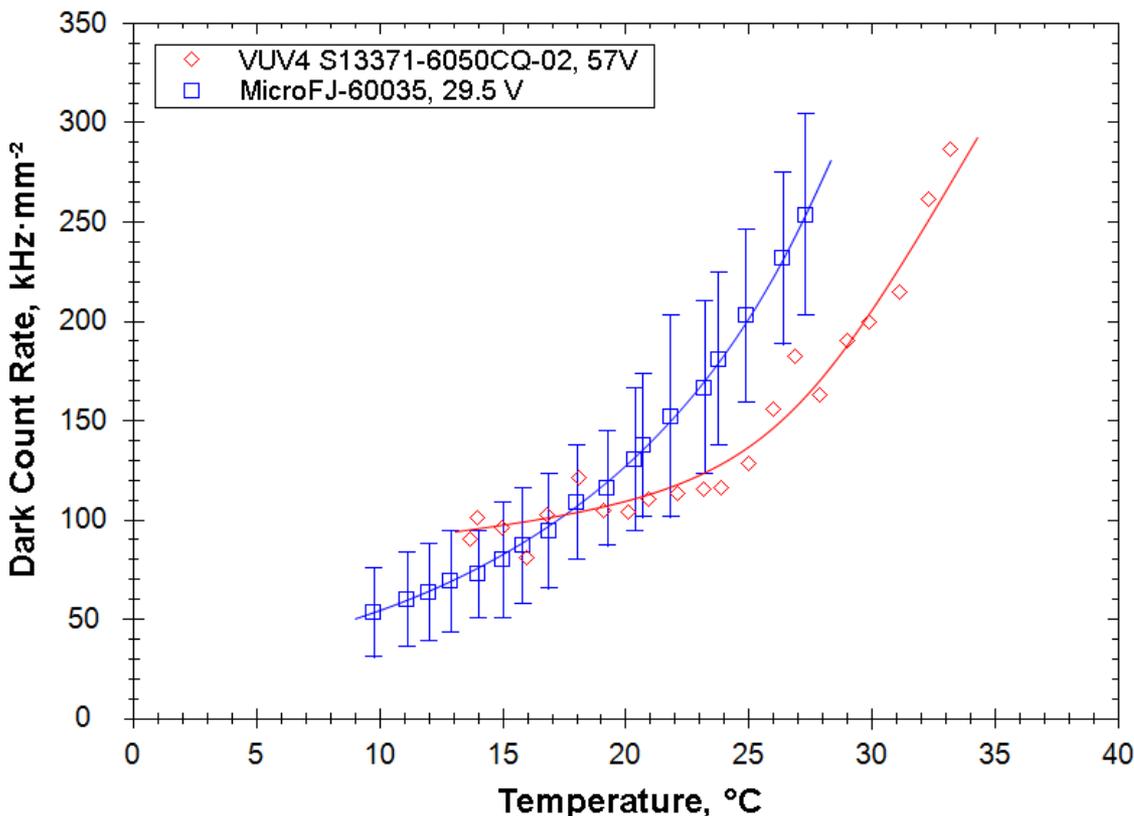
- Съём сигнала с анода SiPM
- Напряжение смещения 57 V (фиксированное)

Метод вычисления PDE



*1 p.e. = 1 фотон вызвавший срабатывание 1 микроячейки SiPM

Скорость темнового счёта



MicroFJ при 21 °C:

- Измерено: 140 ± 40 kHz·mm⁻²
- По PDF*: 120 kHz·mm⁻²

VUV4 при 25 °C:

- Измерено: 128 kHz·mm⁻²
- По PDF**: 190 kHz·mm⁻²

MicroFJ при 12 – 15 °C:

- Измерено: 71 ± 24 kHz·mm⁻²
или 2.0 ± 0.7 MHz/детектор

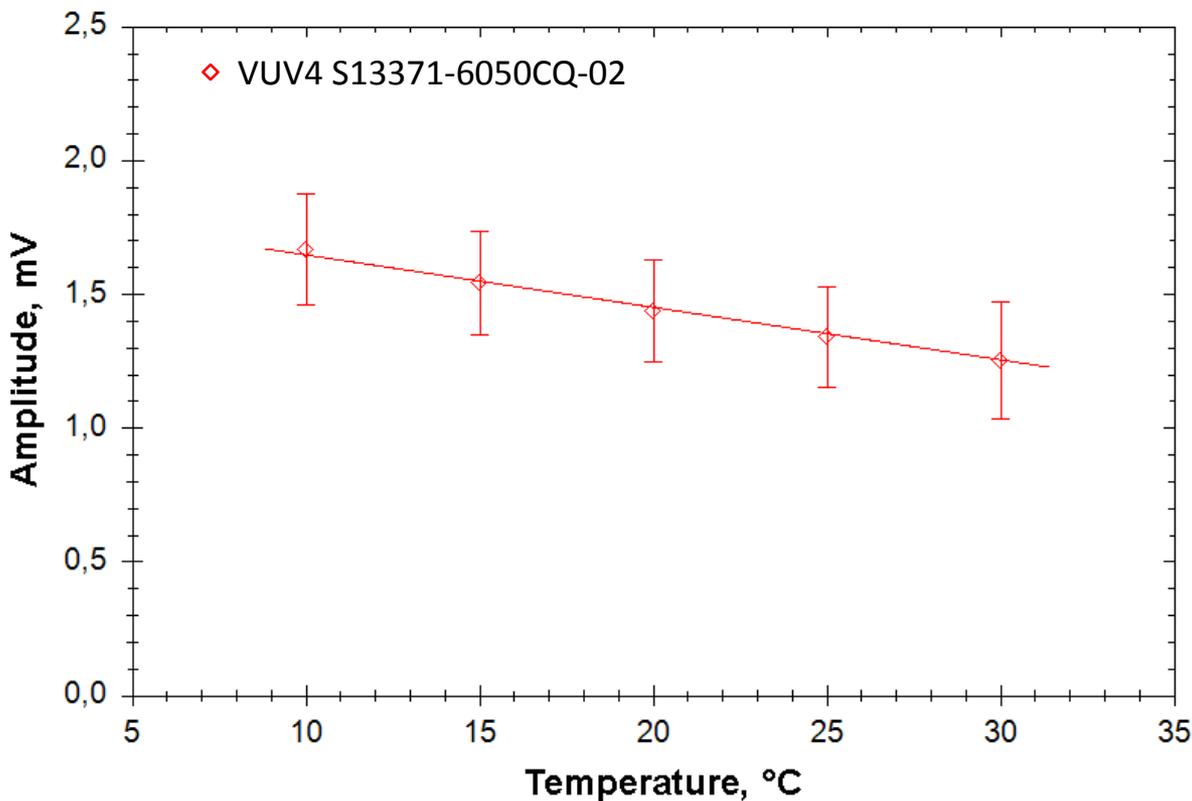
4x MicroFJ при 12 – 15 °C:

- около 7.8 MHz/пиксель

* <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MICROJ-SERIES-D.PDF>

** [https://hamamatsu.su/files/uploads/pdf/3_mppc/s13370_vuv4-mppc_b\(1\).pdf](https://hamamatsu.su/files/uploads/pdf/3_mppc/s13370_vuv4-mppc_b(1).pdf)

Единичный сигнал



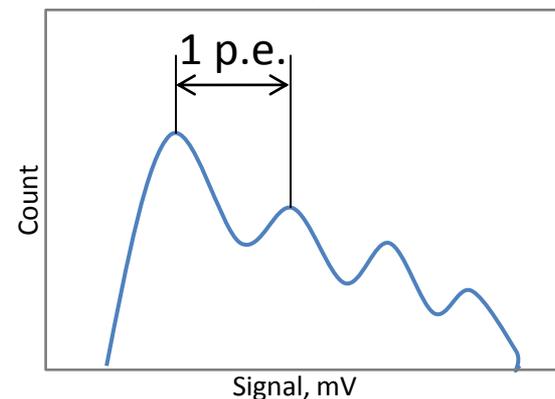
MicroFJ:

- 4.4 ± 0.7 mV/p.e.
- Стабильный в диапазоне от 10 до 28 °C

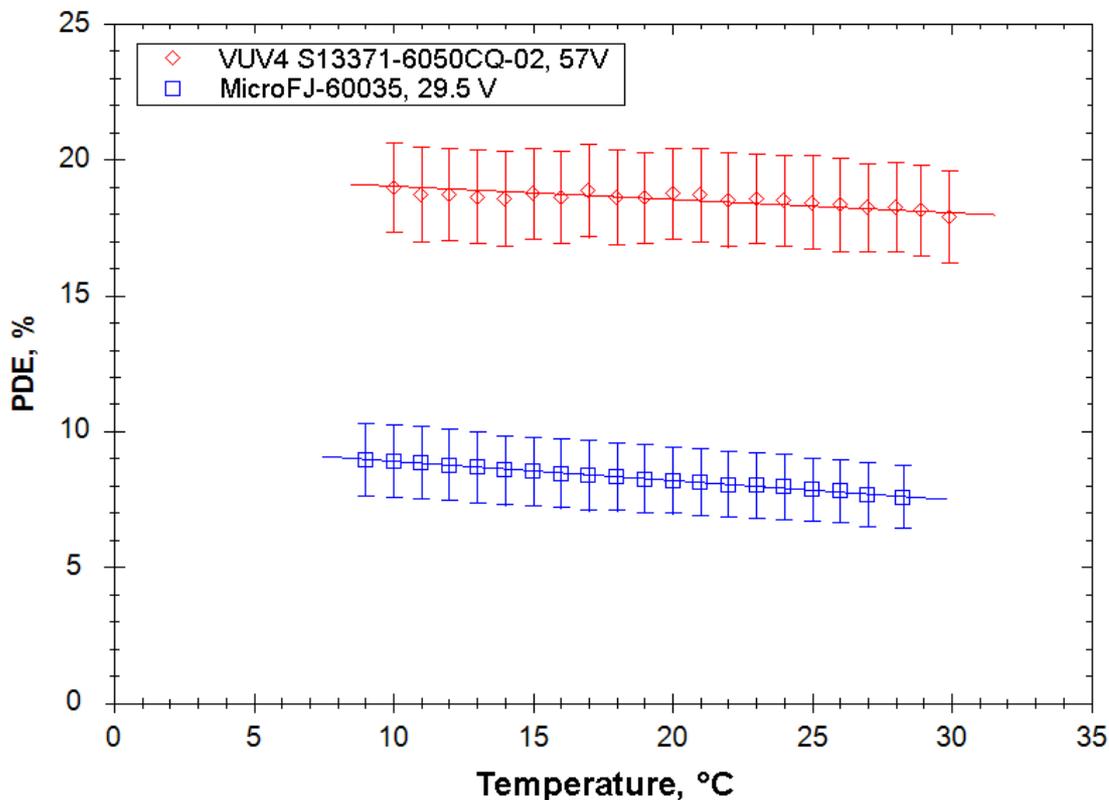
VUV4:

- 1.34 ± 0.19 mV/p.e.
- Уменьшается с ростом температуры на 0.02 mV/°C в области от 10 до 30 °C

Единичный сигнал (1 p.e.) измерялся как разница между пиком 1 p.e. и 2 p.e. в статистике темнового счёта



PDE детекторов на 277 nm



MicroFJ при 21 °C:

- Измерено: $8.1 \pm 1.2\%$
- По PDF*: 9%
- Уменьшается на $0.07\%/^{\circ}\text{C}$ с ростом температуры

VUV4 при 25 °C:

- Измерено: $17.7 \pm 1.4\%$
- По PDF**: 18%
- Уменьшается на $0.04\%/^{\circ}\text{C}$ с ростом температуры

MicroFJ при 12 – 15 °C:

- Измерено: $8.6 \pm 1.3\%$

* <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MICROJ-SERIES-D.PDF>

** [https://hamamatsu.su/files/uploads/pdf/3_mppc/s13370_vuv4-mppc_b\(1\).pdf](https://hamamatsu.su/files/uploads/pdf/3_mppc/s13370_vuv4-mppc_b(1).pdf)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые измерения позволяют утверждать:

- ✓ Оба исследованных детектора обладают характеристиками заявленными их производителями.
- ✓ Ожидаемая эффективность регистрации (PDE) УФ излучения (277 nm) при рабочей температуре внутри камеры телескопа (12 – 15 °C) составит $8.6 \pm 1.3 \%$ при смещении 29.5 V.
- ✓ Ожидаемая скорость темнового счёта на один пиксель (4 SiPM) составит примерно 7.8 MHz.
- ✓ SiPM VUV4 перспективен в качестве калибровочного устройства.

В дальнейшем планируется проведение испытаний первых прототипов пикселей с 4-мя SiPM MicroFJ-60035 и получение сигнала с помощью микросхем аналоговой памяти DRS4.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках проекта РФФ 19-72-20045.

А.А. Богданов и др., ВККЛ-2020, Москва, Россия, 28.09-02.10 2020