

SPD COLLABORATION MEETING

3-6 ОКТЯБРЯ 2022

JINR, DUBNA

Development of integrated readout electronics for Integral SiPM detectors

ALEXANDRE SOLIN, ALIAKSANDR SOLIN, INSTITUTE FOR NUCLEAR PROBLEMS, MINSK

Твердотельные кремниевые умножители (SiФЭУ) АО «Интеграл»

В рамках НТП Союзного государства «Разработка комплексных технологий создания материалов, устройств и ключевых элементов космических средств и перспективной продукции других отраслей» («Технология СГ») в 2020 году на АО «Интеграл» была выполнена ОКР по разработке технологии изготовления и опытного образца малогабаритного кремниевого фотоумножителя.

Конструктивные и фотоэлектрические параметры разработанных, изготовленных и протестированных SiФЭУ приведены в таблице ниже.

| Наименование прибора | Фоточувствит. область мм ² | Кол-во пикселей | Размер пикселя мкм | Fill-factor % | Рабочее напряж. В | Темнов. счет (DCR), кГц | Коэффиц. усиления | Квантовая эффектив (PDE), % |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|
| КОФ5-1035 | 1,0 x 1,0 | 1004 | 35 | 61,7 | 36 | 170 | 1.2E6 | 30 |
| КОФ5-1335А | 1,3 x 1,3 | 1044 | 35 | 62,7 | 36 | 95 | 1.4E6 | |
| КОФ5-1050 | 1,0 x 1,0 | 391 | 50 | 76,5 | 36 | 100 | 2.6E6 | |
| S13360-1350CS Hamamatsu | 1,3 x 1,3 | 667 | 50 | 74 | 36 | 80 | 1.7E6 | |

Новые разработки SiФЭУ

Информация о конструкциях прототипов SiФЭУ третьей итерации представлена в таблице ниже. Партия пластин с этими прототипами SiФЭУ запущена в производство. Из-за проблем с закупкой реактивов, возникшей сразу после запуска, выход партии смещается на вторую половину осени.

Сочетания чувствительной области и размеров пикселей прототипов SiФЭУ третьей итерации

| Размер чувствительной области, мм ² | Форма чувствительной области | Размер пикселя, мкм | Количество пикселей | Аналоги |
|--|------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| 1x1 | квадрат | 15 | 2428 | |
| 1x1 | квадрат | 20 | 1550 | |
| 1x1 | Квадрат | 35 | | |
| 1x1 | Квадрат | 50 | | |
| ∅1.3 (под оптоволокно) | Круг | 35 | | |
| ∅1.3 (под оптоволокно) | Круг | 50 | | |
| 3x3 | квадрат | 15 | 22428 | S14160-3015PS Hamamatsu |
| 3x3 | квадрат | 20 | 14350 | |
| 3x3 | Квадрат | 35 | | |
| 3x3 | Квадрат | 50 | | |

Съем сигнала с SiФЭУ: на 2 площадки — медленный (стандартный) выход и на 3 площадки — быстрый выход (через емкость).

Перспективные для калориметрии NICA-SPD прототипы, с малыми пикселями выделены зеленым цветом.

Их можно заказать для тестирования.

По согласованию с Олегом Гаврищуком был сделан запрос стоимости разработки и изготовления партии пластин с опытными образцами SiФЭУ следующей геометрии:

6.2x6.2 мм², пиксель 25 микрон
6.0x6.0 мм², пиксель 15 микрон
4.2x4.2 мм², пиксель 25 микрон
4.2x4.2 мм², пиксель 15 микрон
1.2x1.2 мм², пиксель 15 микрон

Оптимальным решением для электромагнитного калориметра могло бы стать изготовление SiФЭУ с параметрами аналогичными MPPC S14160-3015PS Hamamatsu, но с размерами чувствительной области 6.0x6.0 мм². Такого коммерческого прибора в линейке Hamamatsu на данный момент.

S14160-3015PS Hamamatsu по размеру пикселя (15x15 mm²)

Effective photosensitive area/channel 3.0 x 3.0 mm²

Pixel pitch 15 μm

Number of pixels / channel 39984

Geometrical fill factor 49 %

Spectral response range, λ: 290 to 900 nm

Peak sensitivity wavelength, λ_p: 460 nm

Break down Voltage, VBR: Typ. 38+/-3 V

Recommended operating voltage, V_{op}: VBR + 4 V

Dark current rate typ. 700 kcps

Crosstalk probability: <1 %

PDE (32% at λ_p, VBR+4V)

Terminal capacitance, C_t: 530 pF

Gain, M: 3.6x10⁶

Temperature coefficient of recommended reverse voltage, ΔTV_{op}: 34 mV/°C

SiФЭУ со встроенной электроникой

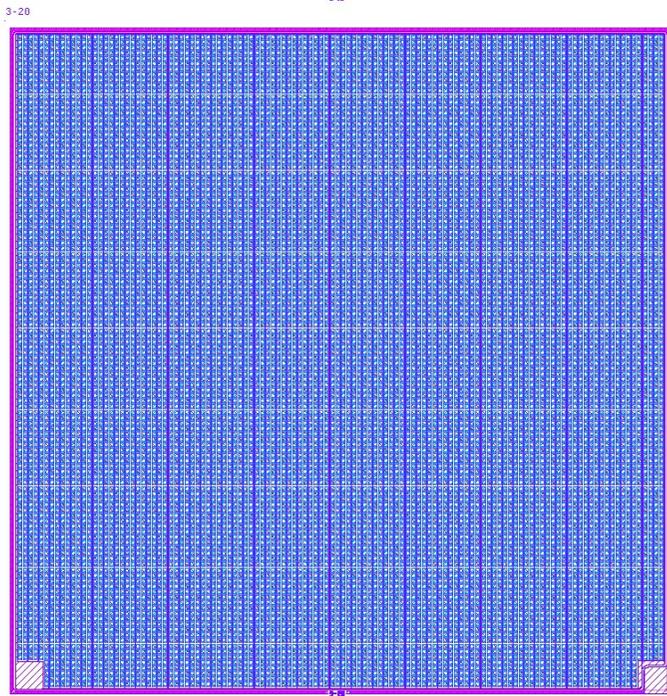
Мы также можем рассматривать разработку SiФЭУ со встроенной электроникой. Это может быть электроника, обеспечивающая наносекундную временную привязку и измерение амплитуды сигнала по длительности сигнала над порогом (ToT метод), подстройку напряжения питания SiФЭУ.

В ближайшее время будет выполнено тестирование библиотеки элементов с проектными нормами (0.35÷0.5), совместимой с технологией изготовления SiФЭУ.

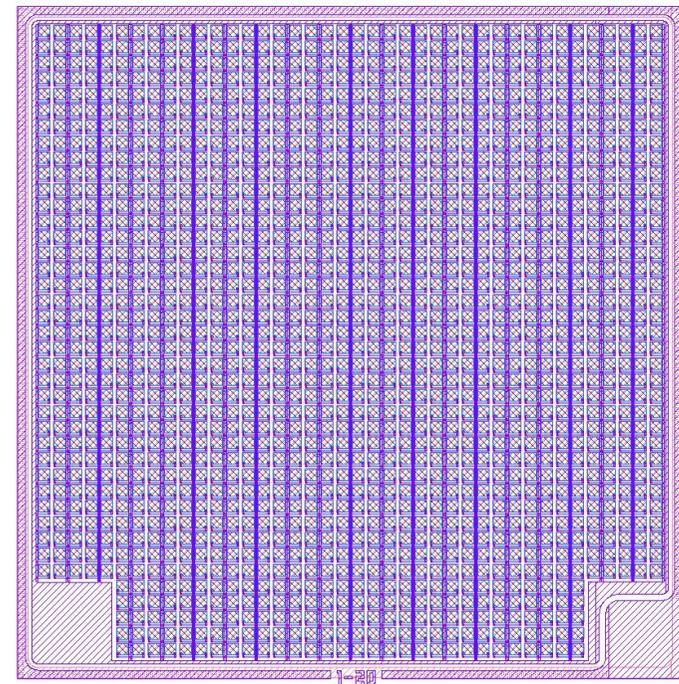
Производственные мощности АО Интеграла

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-------|
| 200 мм, 0.5, 0.35 мкм | 1 тыс. пластин/месяц | SiФЭУ |
| 150 мм, 1.2, 0.8 мкм | 10 тыс. пластин/месяц | |
| 100 мм, 3, 1.2 мкм | 40 тыс. пластин/месяц | |

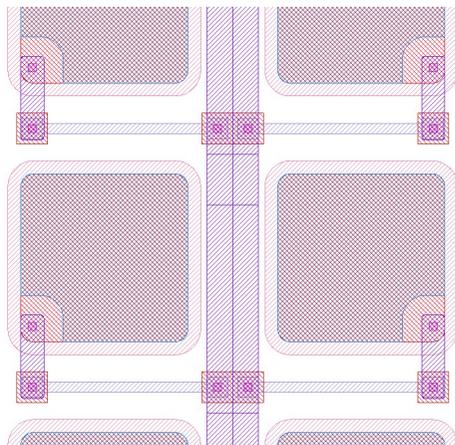
Топология SiФЭУ



3x3 мм, пиксель 20 мкм, шаг по пикселям 25 мкм, кол-во пикселей 14350



1x1 мм, пиксель 20 мкм, шаг по пикселям 25 мкм, кол-во пикселей 1550.



Пиксель 20 мкм