



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

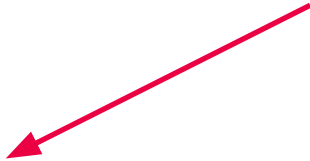
Разработка технологии и технологического оборудования для изготовления активных компонентов фотонных интегральных схем на платформе InP, предназначенных для применения в анализаторах оптических сигналов, телекоммуникационных и радиофотонных системах, в части разработки конструкций фотоприёмных модулей спектрального диапазона 1300-1600 нм

Колодезный Евгений Сергеевич, к.ф.-м.н., доцент Университета  
ИТМО

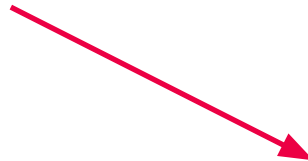
[evgenii\\_kolodeznyi@itmo.ru](mailto:evgenii_kolodeznyi@itmo.ru)

## Цель работы

- Целью работы является разработка конструкции и технологии изготовления фотоприемных модулей спектрального диапазона от 1300 до 1600 нм двух типов для применения в анализаторах оптических сигналов, телекоммуникационных и радиофотонных системах с последующей организацией производства.



Тип 1  
(радиофотоника)



Тип 2  
(анализаторы)

# Рабочая группа по проекту

## От ЦК НТИ «Фотоника»:

Журавлев А.А. – главный конструктор проекта (руководитель проекта)

## От Университета ИТМО:

Бугров В.Е. – научный руководитель проекта в части работ университета ИТМО

Карачинский Л.Я. – заместитель научного руководителя проекта в части работ Университета ИТМО

Колодезный Е.С. – координатор проекта

## От ПАО «ПНППК»:

Игнатенко Е.А. – зам. руководителя проекта по подготовке производства

## От ООО «Инверсия-Сенсор»:

Оглезнев А.А. – представитель заказчика продукции проекта

## От ПГНИУ:

Пономарев Р.С. – куратор проекта от ПГНИУ



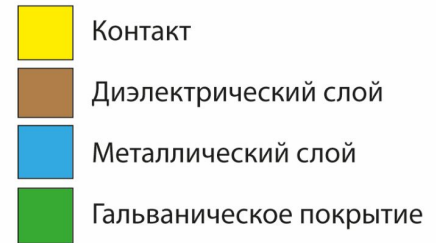
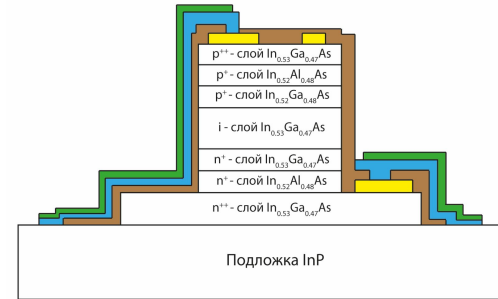
# Особенности изготовления фотодетекторов

Тип 1  
(радиофотоника)

Тип 2  
(анализаторы)

Общие особенности

- Использование фосфида индия InP в качестве подложки (InGaAs – основной материал активных областей)
- Структура p-i-n для обеспечения эффективного фотопоглощения
- Работа в спектральном диапазоне 1300-1600 нм
- Планарная технология изготовления кристаллов
- Отличия в толщине фотопоглощающего слоя и процессах фотолитографии (мезовая и безмезовая конструкции)
- Структура p-i-n для обеспечения фотодетектирующих свойств
- Отличия в параметрах темнового тока и полосы пропускания
- Различные технологические маршруты



# Целевые технические характеристики

Наименование параметра, единица измерения	Значение параметра			Факторы
	не менее	номинал	не более	
Темновой ток, нА	–	–	1/50*	Хим. состав, зонная инженерия, качество диэлектрика, конструкция кристалла, качество посадки кристалла, теплоотвод
Фоточувствительность ( $\lambda = 1550$ нм), А/Вт	0,9/0,8*	–	–	Толщины слоев, размеры активной области, зонная инженерия, качество стыковки оптоволокна
Область спектральной чувствительности, нм	1300	–	1600	Зонная инженерия
Предельная частота, ГГц	2/10*	–	–	Емкость активной области, зонная инженерия, качество СВЧ-согласования

\* - характеристики 1 тип/2 тип фотодетектора

# Календарный план ОКР

№	Наименование	Исполнитель	Результат	Срок
1	1.1 Разработка эскизного проекта	ИТМО	1.2 Документация эскизного проекта	2021 г.
	1.2 Разработка комплектности КД и ТД	ИТМО, ПГНИУ, ПНППК	1.2. Комплектность КД и ТД	
2	2.1 Разработка технического проекта, в том числе разработка эскизной КД по ГОСТ 2.125-2008 для изготовления макетов	ИТМО, ПГНИУ	2.1 Документация технического проекта Комплекты эскизной КД для изготовления макетов	2022 г.
	2.2 Разработка библиотеки компонентов	ПГНИУ	2.2 Описание библиотеки компонентов	
	2.3 Изготовление макетов	ПНППК	2.3 Макеты	
	2.4. Разработка программы и методик исследовательских испытаний	ИТМО	2.4. Программа и методики исследовательских испытаний	
	2.5 Проведение исследовательских испытаний макетов	ИТМО, ПНППК	2.5. Протоколы и акт исследовательских испытаний	
3	3.1 Разработка рабочей КД	ИТМО, ПГНИУ	3.1 Комплекты рабочей КД	2023 г.
	3.2 Разработка программы и методик предварительных испытаний	ИТМО, ПГНИУ	3.2 Программы и методик предварительных испытаний	
	3.3 Разработка программы и методик приемочных испытаний	ИТМО, ПГНИУ	3.3 Программа и методики приемочных испытаний	

# Календарный план ОКР

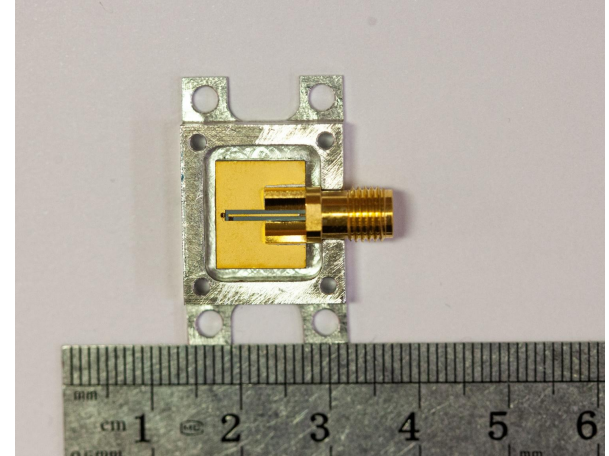
№	Наименование	Исполнитель	Результат	Срок
4	4.1 Разработка рабочей ТД	ИТМО, ПГНИУ	4.1 Комплекты рабочей ТД	2024 г.
	4.2. Экспертиза КД и ТД в соответствии с РМГ 63–2003	ПНППК	Акт метрологической экспертизы в соответствии с РМГ 63–2003	
	4.3 Изготовление опытных образцов для проведения предварительных испытаний	ПНППК	4.3 Акт изготовления опытных образцов для проведения предварительных испытаний	
	4.4 Проведение предварительных испытаний опытных образцов	ПНППК, ИТМО, ПГНИУ	4.4 Протоколы и акт предварительных испытаний	
	4.5 Корректировка рабочей КД и ТД по результатам испытаний с присвоением литеры «О»	ИТМО, ПГНИУ	4.5 Скорректированные комплекты рабочей ТД и КД Извещение о присвоении литеры «О»; Акт корректировки	
	4.5 Изготовление опытных образцов для проведения приемочных испытаний	ПНППК	4.5 Акт изготовления опытных образцов для проведения приемочных испытаний	
	4.6 Проведение приемочных испытаний	ПНППК, ИТМО, ПГНИУ	4.6 Протоколы и акт приемочных испытаний	
	4.7 Корректировка КД и ТД с присвоением литеры «О1»	ИТМО, ПГНИУ	4.7 Скорректированные комплекты рабочей ТД и КД Акт корректировки Извещение о присвоении литеры «О1»	
4.8 Приемка ОКР	ПНППК, ИТМО, ПГНИУ	4.8 Акт приемки ОКР		

# Ключевые технологии

- Эпитаксия полупроводниковых твердых растворов (предпочтение – МПЭ)
- Планарные технологии кристалльного производства
- Монтаж кристалла на плату
- Стыковка оптического волокна
- Корпусирование и герметизация

## Состав изделия

- Оптическое волокно
- Кристалл фотодиода
- Электрический СВЧ разъем
- Кристаллодержатель
- Охлаждающий элемент
- Печатная плата
- Корпус;
- Средства сборки (материалы).



Фотография  
фотоприемника на 850 нм



# Содержание отчета о НИР

## Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы

- Типы фотоприемников
- Физические свойства используемых материалов
- Анализ конструктивных решений для изготовления гетероструктуры, кристалла и модуля
- Применения фотоприемников
- Сравнительная оценка эффективности направлений исследований

## Конструктивные решения для фотоприемников

- Конструктивные решения для гетероструктуры (материалы, технологии, p-n-переход)
- Конструктивные решения для кристалла (планарные технологии, конструкция, технологический маршрут)
- Конструктивные решения для модуля (оптика, СВЧ, корпусирование)

# Содержание отчета о НИР

## Математические модели для проведения расчетов оптических и электрических параметров фотоприемников

- Модель расчета спектральной фоточувствительности полупроводникового кристалла
- Модель расчета оптического пропускания просветляющих покрытий полупроводникового кристалла
- Модель расчета эффективности схемы оптической стыковки полупроводникового кристалла и оптического волокна
- Модель расчета темнового тока полупроводникового кристалла
- Модель расчета полосы пропускания полупроводникового кристалла
- Модель расчета согласования волновых сопротивлений составных элементов фотоприемника

## Расчеты, подтверждающие работоспособность предложенных конструктивных решений для фотоприемников

## Отчет о патентных исследованиях

## Результаты за 1 и 2 квартал 2021 года

- Подготовлено ТЗ на НИР
- Начата НИР (конструктивные решения, расчеты)
- Подготовлено 20 бакалавров и магистров по соответствующему профилю (защищены выпускные работы)
- Подготовлено ТЗ на ОКР и календарный план
- Определена рабочая группа по проекту

## Планы на 3 и 4 кварталы 2021 года

- Подготовлен отчет о НИР
- Подготовлен отчет о проведении патентных исследований
- Подготовлены эскизные проекты на фотоприемники 2-х типов

# Спасибо

**Евгений Сергеевич Колодезный**  
**evgenii\_kolodeznyi@itmo.ru**