

НОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тема 04-2-1126-2015/2023

**ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ТЕМЫ И
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПРОДЛЕНИЮ**

Г.А. Шелков

НОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ТЕМЫ в 2017-2020гг.

Руководитель темы: Г.А. Шелков
Заместитель: А.С. Жемчугов

В теме 3 проекта и одна активность:

1. Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований.
(Руководитель проекта: Г.А.Шелков, А.С.Жемчугов)
2. Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов - PAs. [Семинар 21.03.2020.](#)
(Руководители проекта: А.Г.Кобец, П. Хородек, Научный руководитель И.Н.Мешков)
3. GDH&SPACECHARM (Руководители проекта: Ю.А.Усов, А.Ковлик.) [Продлен до 2022г.](#)
4. Создание установки для проведения измерений с тестовыми пучками электронов в ЛЯП (Линак-200). Руководители [активности](#): В.В.Кобец, М.И.Госткин, Г.Д.Ширков

ПТП ОИЯИ 2020 год

Исследуемая проблема и основная цель исследований

Проведение научно-методических исследований полупроводниковых детекторов с повышенной радиационной стойкостью, а также гибридных матричных детекторов высокого разрешения для физики высоких энергий и атомного ядра.

Развитие инфраструктуры для исследований свойств полупроводниковых детекторов, включая тесты на пучках частиц для использования группами ОИЯИ и институтов стран-участниц.

Развитие научного сотрудничества с исследовательскими институтами для изучения возможности применения разработанных детекторов в других областях науки и техники (в первую очередь в области здравоохранения и горной промышленности).

Исследование образования дефектов в материалах в результате различных физических воздействий;

Расширение существующей экспериментальной базы ПАС.

Ожидаемые результаты по завершению этапов темы или проекта

1. Исследование радиационной стойкости GaAs:Fe.
2. Участие в создании модулей калориметра FCAL для будущих коллайдеров.
3. Измерение отклика пиксельных детекторов Timerix и развитие методов идентификации частиц.
4. Усовершенствование существующих стендов по измерению характеристик полупроводниковых детекторов.
5. Создание микротомографа с детектором большой площади и большим геометрическим увеличением.
6. Разработка полнофункционального блока электроники считывания для микросхем Timerix и подготовка к созданию детекторов на базе микросхемы MediPix4.
7. Разработка ПО для моделирования пиксельных детекторов MediPix.
8. Проведение сканирования биоматериала в рамках программы совместных исследований с медиками.
9. Проведение сканирования руд и минерального сырья в рамках программы совместных исследований с геофизиками.
10. Реализация метода СПЕСТ с помощью детекторов MediPix.
11. Ввод в эксплуатацию первой очереди линейного ускорителя электронов.
12. Усовершенствованный спектрометр ДУАЛ с возможностью регистрации совпадения двух аннигиляционных гамма квантов.
13. Завершение создания системы упорядочения позитронов и введение в эксплуатацию спектрометра PALS на монохроматическом пучке позитронов

Публикации 2018-2020

1. H. Abramowicz, A. Abusleme, K. Afanaciev, G. Chelkov, et.al. Measurement of shower development and its Molière radius with a four-plane LumiCal test set-up, //Eur. Phys. J. C (2018) 78:135
2. G.Chelkov, B.Bergmann, S.Kotov, P. Smolyanskiy, U.Kruchonak, D.Kozhevnikov, Y.Mora Sierra, I.Stekl, A Zhemchugov. Properties of GaAs:Cr-based Timepix detectors, // Journal of Instrumentation. Vol. 13, no. 02. T02005. (2018)
3. Savelyeva, E. N., Burikova, T. V., Masagutov, R. K., & Kozhevnikov, D. A. Compacting processes and their effect on reservoir properties of the Pashian horizon in Kitayamskoye field (Russian), // *Oil Industry Journal*, 2018(04), 26-28
4. Kozhevnikov D., Smolyanskiy P. Stack of Timepix-based detectors with Si, GaAs:Cr and CdTe sensors with optimized thickness for spectral CT, // 20th International Workshop on Radiation Imaging Detector, June 24-28, 2018, Sundsvall, Sweden
5. Kozhevnikov D., Smolyanskiy P. Equalization of Medipix family detector energy thresholds using X-ray tube spectrum high energy cut-off, // Journal of Instrumentation. 2019. T. 14. №. 01. C. T01006.
6. F. Dachs, J. Alozy, N. Belyaev, B.L. Bergmann, M. van Beuzekom, T.R.V. Billoud, P. Burian, P. Broulim, M. Campbell, G. Chelkov, M. Cherry, S. Doronin, K. Filippov, P. Fusco, F. Gargano, B. van der Heijden, E.H.M. Heijne, S. Konovalov, X.L. Cudie, F. Loparco et al. Transition radiation measurements with a Si and a GaAs pixel sensor on a Timepix3 chip, // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Vol. 958. 2019
7. M.Krmar, Y.Teterev, A.Belov, S.Mitrofanov, S.Abou El-Azm, M.Gostkin, V.Kobets, U.Kruchonak, A.Nozdryn, S.Porokhovoy, M.Demichev. Beam energy measurement on LINAC200 accelerator and energy calibration of scintillation detectors by electrons in range from 1 MeV to 25 MeV. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Vol. 935. 2019
8. Abramowicz, H. et al. FCAL Collaboration Performance and Molière radius measurements using a compact prototype of LumiCal in an electron test beam. Eur. Phys. J. C 79 (2019) 579

Патенты 2018-2020

1. Абдельшакур С., Демичев М.А., Жемчугов А.С., Кожевников Д.А., Котов С.А., Кручонок В.Г., Смолянский П.И., Шелков Г.А.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПИКСЕЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР ЗАРЯЖЕННЫХ СИЛЬНО ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ (МНОГОЗАРЯДОВЫХ ИОНОВ),
Патент (RU) 2659717, от 03.06.2018, ОИЯИ.

2. Жемчугов А.С., Кожевников Д.А., Котов С.А., Кручонок В.Г., Лейва Ф.А., Смолянский П.И., Шелков Г.А.

ПЛАНАРНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР,
Патент (RU) 2672039, от 08.11.2018, ОИЯИ.

Защиты диссертаций

1. П.И.Смолянский кфмн (01-04-01) 2018 *(руководитель А.С.Жемчугов)*

«Изучение пиксельных арсенид-галлиевых детекторов на основе микросхемы Timerix»

2. Д.А.Кожевников кфмн (01-04-01) 2019 *(руководитель Г.А.Шелков)*

«Развитие метода мультэнергетической рентгеновской томографии с применением детекторов на основе микросхем семейства Medipix»

Дипломы Магистров

1. Е.А.Черепанова (МФТИ) 2019 *(руководитель Г.А.Шелков)*

«Анализ структуры радиационного фона в подземном зале установки ATLAS на основе данных с детекторов системы ATLAS-GaAsPix»

2. В. Андрияшен (МФТИ) 2019 *(руководитель А.С.Жемчугов)* «Разработка метода мультэнергетической итеративной томографической реконструкции»

УТВЕРЖДАЮ

Вице-директор ОИЯИ

“ _____ ” _____ 20_ г.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДЛЕНИЯ ТЕМЫ
для включения
В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ОИЯИ НА 2021–2023 гг.**

Шифр темы : 04-2-1126-2015/2023

Лаборатория ЛЯП

Отдел НЭОВП

Направление: Физика конденсированных сред, радиационные и радиобиологические исследования (04).

Наименование темы: Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований

Руководитель темы Г.А.Шелков

Краткая аннотация

Успех научного эксперимента ключевым образом зависит от используемой аппаратуры. Прогресс в понимании физической картины мира, который произошел за последнее столетие, в большой степени был обеспечен технологическими достижениями, позволившими создавать все более совершенные экспериментальные установки и улучшать методы обработки полученных данных. Научно-методические исследования по

Планы на 2021-2023 годы.

1. Создание радиационно-стойких полупроводниковых материалов для детекторов частиц.
 - a. Продолжить совместно с физиками Томска поиск радиационно стойких модификаций GaAs, включая измерение их радиационной стойкости на пучках нейтронов и электронов в ОИЯИ;
2. Создание полномасштабного прототипа модуля компактного радиационно стойкого электромагнитного калориметра совместно с коллаборацией FCAL.
3. Создание пиксельных детекторов и систем с их использованием.
 - a. Разработка детекторов, электроники на основе FPGA и ПО для Timepix4.
 - b. Создание прототипов и нового программного обеспечения для “головного” томографа и томографа с высоким разрешением (~ 10 микрон).
 - c. Организация совместной работы:
 - i. с биофизиками МФТИ на микро-томографе MARS.
 - ii. с генетиками ЛЯП на миротомографе высокого разрешения.



	1-st year			2-nd year			3-d year		
Radiation resistant semiconductors									
New semiconductor material samples		■			■			■	
Test cycle at reactor and Linac-200		■			■			■	
Data analyses	■	■	■	■	■	■	■	■	■
FCAL R&D									
RO system design and test	■	■	■	■	■	■			
Sector module R&D and design		■	■		■	■		■	
Beam test			■			■			■
Timepix4 R&D									
FPGA-based electronics and software	■	■	■	■	■	■			
Detector R&D		■	■		■	■		■	■
Detector sample construction & test							■	■	■
Full scale “head” CT prototype									
R&D and design	■	■	■						
Construction & test			■	■	■	■	■	■	■
High space resolution CT									
R&D and design		■	■	■	■	■			
Construction & test							■	■	■
Research with MIPT Bio on the MARS CT			■	■	■	■	■	■	■

Лаборатория	№№ п/п	Ф.И.О.	№№ п/п	Ф.И.О.	
ЛЯП	1	Шелков Г.А.	2	Гонгадзе А.	
	3	Госткин М.И.	4	Жемчугов А.С.	
	5	Кручонок В.Г.	6	Кожевников Д.А.	
	7	Кузнецов Н.К.	8	Лапкин А.В.	
	9	Лейва А.	10	Пороховой С.И.	
	11	Расторгуев Д.Д.	12	Рожков В.А.	
	13	Руденко Т.О.	14	Смолянский П.И.	
	15	Черепанова Е.А.	16	Шакур А.	
	17	Ахманова Е.В.	18	Кобец А.Г.	
	19	Мешков И.Н.	20	Орлов О.С.	
	21	Рудаков А.Ю,	22	Семек К.	
	23	Сидорин А.А.	24	Соболева Л.В.	
	25	Хилинов В.И.	26	Яковенко С.Л.	
	27	Бажанов Н.А.	28	Борисов Н.С.	
	29	Должиков А.С.	30	Федоров А.Н.	
	31	Гапиенко И.В.	32	Городнов И.С.	
	33	Гуревич Г.М.	34	Кошеваров В.Л.	
	35	Ковалик А.			
	ЛФВЭ	36	Кобец В.В.		
	ЛНФ	37	Ахмедов А.А.	38	Копач Ю.Н.
39		Тележников С.Ю.	40	М.Кулик	
ЛЯР	41	Исатов А.Т.	42	Митрофанов С.В.	
	43	Тетерев Ю.Г.	44	Скуратов В.А.	
ЛТФ	45	Герасимов С.В.	46	Камалов С.С.	

Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Беларусь	Минск	БГТУ	Коротаев А.В.	Совместные работы
Великобритания	Глазго	University	Аннанд Дж.	Совместные работы
Великобритания	Йорк	University	Уоттс Д.	Совместные работы
Великобритания	Лондон	University	Каратаев П.	Совместные работы
Вьетнам	Хошимин	ЦЯТ	Лу Ан Туен	Совместные работы
Германия	Бонн	UniBonn	Дутц Х.	Совместные работы
Германия	Гамбург	DESY	Граафсма Х.	Совместные работы
Германия	Гамбург	DESY	Шувалов С.	Совместные работы
Германия	Гиссен	JLU	Метаг В.	Совместные работы
Германия	Майнц	JGU	Куленбахер А.	Контракт
Германия	Бохум	IEPh	Мейер В.	Совместные работы
Египет	Каир	NRRA	Эльгамал А.	Совместные работы
Египет	Нью-Борг	E-JUST	Гебриль М.	Совместные работы
Италия	Павия	INFN	Педрони П.	Совместные работы
Израиль	Иерусалим	HUJ	Рон Г	Совместные работы
Канада	Регина	UR	Хубер Г.М.	Совместные работы
Канада	Саквил	MAU	Хоргтге Д.	Совместные работы
Канада	Галифакс	SMU	Сарти А.	Совместные работы
Куба	Гавана	CEADEN	Падрон Диаз	Совместные работы
Новая Зеландия	Крайстчерч	UC	Батлер Ф.	Совместные работы
Польша	Краков	AGH	Идзик М.	Совместные работы
Польша	Краков	NINP PAS	Дрызек Е.	Совместные работы

Россия	Архангельск	САФУ	Есеев М.К.	Совместные работы
Россия	Дубна	Ун-т "Дубна"	Хозяинов М.С.	Совместные работы
Россия	Москва	VBAВ	Окороков В.А.	Совместные работы
Россия	Москва	МГУ	Медведев О.С.	Совместные работы
Россия	Москва	МГУ	Пирогов Ю.А.	Совместные работы
Россия	Троицк	ИЯИ РАН	Гуревич Г.М.	Совместные работы
Россия	СПб	СПбГУ	Гуревич В.С.	Протокол
Россия	СПб	КБ-122	Светликов А.	Протокол
Россия	Белгород	БелГУ	Кубанкин А.	Совместные работы
Россия	Томск	ТПУ	Стучебров С.,	Совместные работы
Россия	Томск	ТПУ	Лидер А.	Совместные работы
Россия	Протвино	ИФВЭ	В.В.Моисеев	Совместные работы
Россия	Москва	ИТЭФ	Алексеев И.Г.	Совместные работы
Румыния	Мэгуреле	ISS	Фиру Е.	Протокол
США	Сиэтл	UW	Бриску У.	Совместные работы
США	Л-Анжелес	UOC	Прахов С.Н.	Совместные работы
США	Кент	KSU	Манлей Д.М.	Совместные работы
США	Амхерст	UoMas	Мискимен Р.	Совместные работы
Украина	Харьков	ИФТ	Беляев А.А.	Совместные работы
Украина	Харьков	ИЭРТ НАНУ	Клепиков В.Ф.	Совместные работы
Украина	Харьков	ИЭРТ НАНУ	Литвиненко В.В.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	RBI	Супек И.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева	CERN	Кемпбелл М.	Совместные работы
Чехия	Прага	CTU	Поспишил С.	Совместные работы
Чехия	Прага	CTU	Штекл И.	Совместные работы
Швейцария	Базель	Uni Basel	Круще В.	Совместные работы
ЮАР	Фаур	iThemba LABS	Конради Л.	Совместные работы
ЮАР	Фаур	iThemba LABS	Мира Ж.	Совместные работы
Япония	Цукуба	КЕК	Арышев А.	Совместные работы

Полная сметная стоимость темы

№	Наименование работ	Расходы в год (в тыс. долл. США)			
		Полная стоимость	1-й год	2-й год	3-й год...
1					
2					
3					
4...					
	ВСЕГО:				

Другие источники финансирования**Смета затрат по теме**

№№ статей	Наименование статей бюджета	ВСЕГО 20 – 20 г.г.	в т.ч. 20 г.
	ВСЕГО:		

Сроки выполнения работы 2021 - 2023.

Полная сметная стоимость темы

№	Наименование работ	Расходы в год (в тыс. долл. США)			
		Полная стоимость	1-й год	2-й год	3-й год...
1	Ускоритель, реактор	-	-	-	-
2	ЭВМ	-	-	-	-
3	Компьютерная <u>связь</u> (тыс.долл)	10	3	3	4
4	Конструкторское бюро	-	-	-	-
5	ООЭП ЛЯП (<u>нормочасы</u>)	2100	700	700	700
6	Материалы (<u>тыс долл</u>)	180	80	50	50
7	Оборудование (<u>тыс долл</u>)	850	350	300	200
8	Командировочные расходы, (тыс. долл.)	160	50	55	55
	а) в страны нерублевой зоны	135	45	45	45
	б) в города стран рублевой зоны	25	8	9	8
	ВСЕГО:	1200	483	408	309

Дата печати: 15.06.2020 16:33

Дата последней модификации: 17:27 13.04.2020

бюдж.код	тема	ответств.	описание					
3815	1126	Шелков Г.А.	Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований					
7004	1126	Усов Ю.А.	Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований					
7005	1126	Мешков И.Н.	Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований					
Статья		3815	7004	7005	Польша, пр.75,107,140	Чехия, пр.202,204	Румыния, пр.267,268,269	Всего
1. Заработная плата		641.2						641.2
2. Страховые взносы		193.6						193.6
3. Соцбытфонд		41.7						41.7
4. Международное сотрудничество		60.0			2.8			62.8
а) командирование в страны-участницы		15.0						15.0
б) командирование в страны-неучастницы		37.0						37.0
в) командирование на территории России		5.0						5.0
г) прием иностранных специалистов		2.0			2.8			4.8
д) проведение совещаний, представительские расходы		1.0						1.0
5. Материалы		100.0						100.0
6. Оборудование		250.9						250.9
11. Научно-информационное обеспечение		40.0						40.0
в) информационное обслуживание		40.0						40.0
16. Транспортные услуги		11.5						11.5
б) грузовой транспорт		11.5						11.5
ИТОГО:		1 338.9			2.8			1 341.7
КБ		12.9						12.9
ОЭП		72.8						72.8
Административно-хозяйственные расходы		496.9						496.9
ИТОГО без инфр.ОИЯИ		1 921.5			2.8			1 924.3
Инфраструктура ОИЯИ		927.7						927.7
ВСЕГО:		2 849.2			2.8			2 852.0

Отчет о выполненных в 2017-2020 работах.

За время исполнения проекта в ЛЯП ОИЯИ было создано:



ОИЯИ

руководитель: В.А.Матвеев, 5340 чел.

Вак

Дирекция Института 7 чел.	Руководство Института 7 чел.
Группа советников и консультантов 10 чел.	Управление Института 414 чел.
Лаборатории 3549 чел.	СГИ 99 чел.
УСИ 116 чел.	Хозрасчетные подразделения 1138 чел.

Административный аппарат ОИЯИ в 2020 ~ 460 чел

Административные должности в Лабораториях ~ 10 чел x 7 = ~ 70 чел

Всего ~ 530 чел

ЛЯП 613 чел.	ЛФВЭ 1189 чел.
ЛТФ 250 чел.	ЛНФ 547 чел.
ЛЯР 454 чел.	ЛИТ 307 чел.
ЛРБ 89 чел.	УНЦ 100 чел.

**Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для осуществления
проекта: Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и
прикладных исследований**

Наименования затрат, ресурсов, источников финансирования			Стоимость узлов установки. Потребности в ресурсах (тыс.\$)	Предложение лаборатории по распределению финансирования и ресурсов		
				1 год	2 год	3 год
Основные узлы и оборудование	Микросхемы ТРХ4, создание прототипов детекторов, НИР и НИОКР		180	60	60	60
	Развитие стенда Калан2 и вычислительная инфраструктура		110	40	40	30
	Микрофокусная рентгеновская трубка, и оборудование для микрофокусного КТ		200	120	40	40
	Измерительное оборудование		40	10	20	10
<u>Материалы</u>	Сенсоры из полупроводников		60	20	20	20
Необходимые ресурсы	Нормо-час	Ресурсы ОП ЛЯП	10	700	700	700
	Тыс. \$	Участие в test-beams, рабочих совещаниях и конференциях	90	30	30	30
Источники финансирования	Бюджетные средства	Затраты из бюджета, в том числе инвалютные средства	680	280	210	190
	Внебюджетные средства	Вклады коллаборантов. Вклады спонсоров. Средства по договорам. Другие источники финансирования и т.				

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА

Г.А.Шелков