



УТВЕРЖДАЮ :

Директор Лаборатории ядерных
проблем им. В.П. Джелепова
д.ф.м.н, Бедняков В.А.

20

г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Джелепова
Объединенного института ядерных исследований

Диссертация Кожевникова Данила Александровича «Развитие метода мультэнергетической рентгеновской томографии с применением детекторов на основе микросхем семейства Medipix» выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Джелепова Объединенного института ядерных исследований. В период подготовки диссертации Кожевников Д.А. работал в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований сначала в должности инженера, затем в должности младшего научного сотрудника.

В 2013 г. Кожевников Д.А. окончил магистратуру Факультета общей и прикладной физики Московской физико-технического института (государственного университета) по специальности «Прикладная физика и математика». В 2017 г. Кожевников Д.А. окончил аспирантуру Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Университета «Дубна» по направлению Науки о Земле с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». В 2016 г. Кожевников Д.А. прикреплялся к Московскому физико-техническому институту для сдачи экзамена по специальности 01.04.01– «Приборы и методы экспериментальной физики».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Шелков Георгий Александрович, ведущий научный сотрудник Научно-экспериментального отдела встречных пучков Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

По итогам обсуждения на заседании лабораторного семинара Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований было принято следующее заключение.

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки

Диссертация Кожевникова Данила Александровича «Развитие метода мультэнергетической рентгеновской томографии с применением детекторов на основе микросхем семейства

Medipix» посвящена развитию метода мультэнергетической рентгеновской томографии и соответствует специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

2. Актуальность

Актуальность исследований обусловлена необходимостью развития метода мультэнергетической рентгеновской томографии и отсутствием систематического исследования применения гибридных пиксельных детекторов на основе микросхем Medipix при большом потенциале метода для исследований в медицине, геологии и промышленности.

3. Научная новизна

В представленной работе предложен оригинальный метод выравнивания энергетических порогов пикселей детектора на основе микросхемы семейства Medipix по краю спектра рентгеновской трубки на произвольной энергии с одновременной энергетической калибровкой детектора. Впервые детекторы на основе микросхемы Timerix и чувствительным объемом из арсенида галлия толщиной 300 мкм и 500 мкм применены для мультэнергетического рентгенотомографического исследования. Автором разработана новая процедура комплексной механической юстировки микротомографа MARS. Впервые продемонстрирован способ повышения качества идентификации веществ с помощью сегментации реконструированного изображения образца на основе зависимости линейного коэффициента ослабления от энергии. Впервые предложена и реализована идея трехслойного детектора на основе микросхем Timerix с чувствительными объемами из кремния, арсенида галлия и теллурида кадмия.

4. Практическая значимость

В рамках работы разработан метод выравнивания энергетических порогов пикселей детектора на основе микросхемы семейства Medipix позволяющий значительно улучшить энергетическое разрешение. Разработана программа для проведения Монте-Карло моделирования отклика детектора на основе микросхем семейства Medipix, позволяющее рассчитать функцию энергетического и пространственного отклика детектора на рентгеновское излучение. Разработана и применена процедура механической юстировки микротомографа MARS, позволившая значительно улучшить качество реконструкции и достичь высокого пространственного разрешения. Предложен оригинальный подход по комбинированию нескольких детекторов на основе микросхем семейства Medipix с чувствительными объемами из различных полупроводников в многослойный детектор. Проведены томографические сканирования серии геологических и медицинских образцов с применением детектора Medipix. Разработан комплекс программ для энергетической

калибровки детекторов на основе микросхем Medipix, проведения рентгенотомографического сканирования и обработки полученных результатов. Полученные в ходе исследования результатов применяются при создании установки мультэнергетической рентгеновской микротомографии в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

5. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Диссертационная работа является результатом исследований автора, проводившихся в Научно-экспериментальном отделе встречных пучков Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований. Личный вклад автора включает выбор методов решения задач, подготовку и проведение экспериментов, проведение расчетов, обработку и анализ полученных данных.

Автор разработал инструментарий для моделирования отклика гибридного полупроводникового детектора на основе микросхем Medipix и провел сравнение его предсказаний с экспериментальными измерениями. Автор предложил метод выравнивания энергетических порогов пикселей детектора на основе микросхемы семейства Medipix с одновременной энергетической калибровкой детектора. Автор предложил одновременно использовать несколько детекторов на основе микросхем семейства Medipix с чувствительными объемами из кремния, арсенида галлия и теллурида кадмия, объединяя их в трехслойный детектор. Автор разработал методику рентгенотомографического сканирования, методику предварительной обработки данных мультэнергетической рентгеновской томографии, методику обработки реконструированных спектральных изображений и определения пространственного распределения веществ, а также программное обеспечение: для управления томографом; для предварительной обработки данных спектрального рентгенотомографического сканирования; для анализа реконструированных спектральных изображений и декомпозиции их на базисные вещества. Автор внёс существенный вклад в разработку методики механической юстировки микротомографа MARS.

Автор провел сканирование серии геологических и медицинских образцов.

6. Апробация работы

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- 1) Балтийская школа-семинар «Петромодел2013», <http://www.petromodel.ru/>, Петергоф, Ленинградская область, 16-20 сентября 2013 г.
- 2) Всероссийская научная конференция «Практическая микротомография», <http://www.microctconf.com/>, Москва, 2-4 октября 2013 г.

- 3) Балтийская школа-семинар «Петро модель 2014», <http://www.petromodel.ru/>, Петергоф, Ленинградская область, 15-19 сентября 2014 г.
- 4) Всероссийская научная конференция «Практическая микротомография», <http://www.microctconf.com/>, Санкт-Петербург, 1-4 октября 2014 г.
- 5) XVIII международная конференция молодых ученых и специалистов, Дубна, 24-28 февраля 2014 г.
- 6) LINC – Leipzig Interventional Course, <http://www.leipzig-interventional-course.com>, Leipzig, Germany, 26-29 January 2016.
- 7) 6-я Санкт-Петербургская школа (с международным участием) по диагностике и лечению атеросклероза, Санкт-Петербург, 25–26 февраля 2016 г.
- 8) ESVS Spring Meeting 2016, Institute of Child Health University College, London, UK, 13-14 May 2016.
- 9) IWORiD-2016, Barcelona, Spain, 3-7 July 2016.
- 10) XVII международная конференция "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле", Москва, ИФЗ РАН, 26-30 сентября 2016 г.
- 11) LASNPA-WONP-NURT 2017, Havana, Cuba, 23-27 October 2017.
- 12) Совещание коллаборации Medipix, CERN, Geneva, Switzerland, 14-15 March 2018.
- 13) IWORiD-2018, Sunsvall, Sweden, 24-28 June 2018.
- 14) MARS spectral CT workshop, New Zealand, Christchurch, 7-8 November 2018.
- 15) Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC), Sydney, Australia, 10-17 November 2018.

А также, на рабочих совещаниях коллаборации Medipix и семинарах ЛЯП ОИЯИ.

7. Основные публикации

- 1) Alignment and resolution studies of a MARS CT scanner / A. Gongadze [и др.] / Physics of Particles and Nuclei Letters. — 2015. — Т. 12, No 5. — С. 725—735.
- 2) Performance and applications of GaAs: Cr-based Medipix detector in X-ray CT / D. Kozhevnikov [и др.] // Journal of Instrumentation. — 2017. - Т. 12, No 01. — С. C01005.
- 3) Study of a GaAs: Cr-based Timepix detector using synchrotron facility / P. Smolyanskiy [и др.] // Journal of Instrumentation. — 2017. — Т. 12, No 11. — P11009.
- 4) Kozhevnikov, D. Equalization of Medipix family detector energy thresholds using X-ray tube spectrum high energy cut-off / D. Kozhevnikov, P. Smolyanskiy // Journal of Instrumentation. — 2019. — Т. 14, No 01. — T01006. — URL: <http://stacks.iop.org/1748-0221/14/i=01/a=T01006>.

5) Kozhevnikov, D. Stack of Timepix-based detectors with Si, GaAs: Cr and CdTe sensors with optimized thickness for spectral CT / D. Kozhevnikov, P. Smolyanskiy // Journal of Instrumentation. — 2019. — Т. 14, No 02. —С. C02010.

Диссертация Кожевникова Данила Александровича «Развитие метода мультэнергетической рентгеновской томографии с применением детекторов на основе микросхем семейства Medipix» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики».

Заключение принято на заседании лабораторного семинара Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Руководитель семинара:

доктор физико-математических наук,



Глаголев В.В.

29 января 2019 г.