

Е. А. Кузнецова^{1}, А. Н. Фионов¹*

Обработка данных, полученных с сцинтилляционного экрана

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: elizaveta.kuznetsova04@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обработке данных, полученных с сцинтилляционного экрана. В работе использовались методы и материалы, описанные в книге В.В. Смалюк «Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях». В работе были исследованы различные методы обработки данных, полученных с сцинтилляционного экрана, включая алгоритмы для определения энергии и угла вылета частиц. Были получены результаты, подтверждающие эффективность предложенных методов обработки данных. В заключении подчеркивается, что данная работа может быть использована в качестве основы для дальнейшего развития методов обработки данных в области оптики.

Ключевые слова: диагностика, пучки частиц, сцинтилляционного экрана

Е. А. Kuznetsova^{1}, A. N. Fionov¹*

Processing of data received from the scintillation screen

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: elizaveta.kuznetsova04@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the processing of data obtained from the scintillation screen. The methods and materials described in V.V. Smalyuk's book «Diagnostics of charged particle beams in accelerators» were used in the work. Various methods of processing data obtained from the scintillation screen were investigated, including algorithms for determining the energy and angle of departure of particles. The results confirming the effectiveness of the proposed data processing methods were obtained. In conclusion, it is emphasized that this work can be used as a basis for further development of data processing methods in the field of optics.

Keywords: diagnostics, particle beams, scintillation screen

Введение

Сцинтилляционный экран – это устройство, используемое в различных областях науки, включая оптику, физику, медицину и другие. Он используется для обнаружения и измерения различных типов излучения, таких как заряженные частицы, фотоны и электроны. В качестве материала для экрана используются различные сцинтилляционные кристаллы, которые преобразуют энергию частиц в световые вспышки.

Одной из главных задач при работе с сцинтилляционными экранами является обработка данных, получаемых от них. Обработка этих данных может быть трудоемкой задачей, особенно когда необходимо анализировать большое количество данных. Кроме того, точность измерений зависит от правильной обработки данных.

Для обработки данных, полученных с сцинтилляционного экрана, можно использовать различные методы, такие как методы фильтрации, преобразования Фурье, методы машинного обучения и другие. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки и может быть применен в зависимости от конкретной задачи.

В данной работе будет рассмотрен метод обработки данных, основанный на использовании оптических камер и программного обеспечения. Данный метод был применен для обработки данных, полученных с сцинтилляционного экрана. Далее в статье будет описано подробное описание метода, а также результаты экспериментов, проведенных с его помощью.

Методы и материалы

Для обработки данных, полученных с сцинтилляционного экрана, использовалась программная обработка изображений. Для сбора данных была использована камера, которая устанавливалась на определенном расстоянии от экрана. Изображения и видео с камеры загружались в программу для получения контура вспышки.

Для разработки программы использовался язык программирования Python, а также ключевые библиотеки OpenCV, NumPy и pyplot. Программа позволяет автоматически обрабатывать изображения и видео, полученные с камеры, и выводить на экран график распределения вспышек на сцинтилляционном экране.

Одной из ключевых особенностей программы является возможность автоматического определения момента возникновения вспышки на экране. Для этого был использован алгоритм, который автоматически определяет пороговое значение яркости и срабатывает, когда это значение превышает. Кроме того, программа также позволяет ручное управление процессом съемки, что дает пользователю большую гибкость в проведении экспериментов.

Для анализа данных использовались методы обработки изображений, в том числе фильтрация, выделение контуров, определение координат центра вспышки и расчет интенсивности свечения. Результаты обработки данных выводились на экран в виде графиков.

Для регистрации траекторий частиц, которые проходят через люминесцентный экран, используются камеры, установленные в ускорителе частиц. Камеры устанавливаются с разных сторон экрана под разными углами, чтобы обеспечить наиболее полное покрытие экрана и зафиксировать как можно больше проходящих частиц [2]. Камеры должны быть чувствительны к свету, излучаемому экраном, и передавать сигналы на приемник для обработки данных. Для достижения наилучшего качества изображения камеры могут быть синхронизированы с ускорителем частиц. Важно также учитывать, что установка камер может повлиять на детектируемый сигнал и способность экрана регистрировать прохождение частиц, поэтому необходимо тщательно выбирать места установки камер и проводить калибровку системы для оптимальной работы. Камеры могут быть оснащены оптическими системами, такими как объективы, фильтры и затворы, чтобы обеспечить наилучшее качество изображения.

Обсуждения

Для измерения поперечного распределения плотности пучка частиц используется оптико-электронный прибор – ПЗС-матрица (рис. 1). ПЗС-матрица используется для получения изображения поперечного распределения плотности пучка в диагностике пучков частиц [3]. Этот оптико-электронный прибор состоит из двумерного массива полупроводниковых ячеек, размером от 5 до 20 мкм, разделенных слоем диэлектрика от подложки из поликристаллического кремния. К ячейкам прикладывается напряжение от внешнего источника, которое формирует электрическое поле. Положительное напряжение на электродах создает потенциальную яму, в которую направляются возбужденные фотонами электроны из валентной зоны. В этой потенциальной яме заряд сохраняется до момента считывания.

Чем интенсивнее световой поток в течение экспозиции, тем больше электронов накапливается в потенциальной яме, и тем выше заряд данной ячейки. Для считывания накопленного заряда поликремневые затворы должны выполнять роль сдвиговых регистров таким образом, чтобы они образовали конвейерную цепочку вдоль одной оси [4]. Поочередная активация регистров позволяет последовательно считывать заряд из каждой ячейки матрицы и формировать двумерное изображение.

В настоящее время CCD-приборы широко используются в цифровой фотографии как параллельно-последовательные преобразователи массива сигналов фоточувствительных элементов [5].

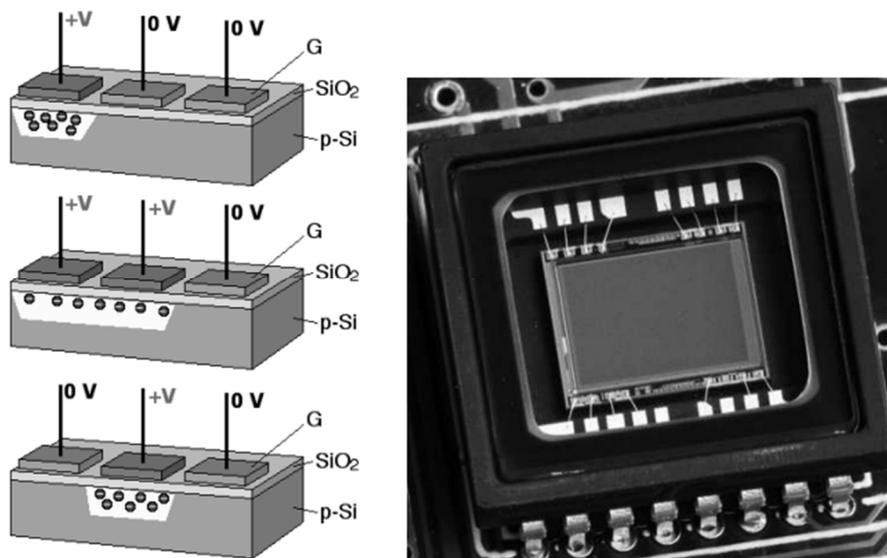


Рис.1. ПЗС-матрица: а- принцип работы; б- внешний вид

Результаты

Для регистрации вспышек была разработана программа, реализованная на языке программирования Python (рис. 2) [6]. Python является интерпретируемым языком программирования, который обладает многими преимуществами для

научных исследований. Python имеет обширную стандартную библиотеку, а также множество сторонних библиотек, таких как OpenCV, Numpy и PyQt5, которые содержат множество полезных инструментов для научных исследований [7].

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – это библиотека с открытым исходным кодом для обработки изображений и компьютерного зрения. Она предоставляет множество инструментов для работы с изображениями, включая их загрузку, обработку, анализ и визуализацию. OpenCV написана на языке программирования C++, но имеет интерфейсы для других языков, включая Python [8].

PyQt5 – это библиотека на языке программирования Python, которая используется для создания графических пользовательских интерфейсов. Она содержит множество инструментов для создания элементов управления, окон, диалогов, меню и других элементов пользовательского интерфейса. PyQt5 основана на Qt, кроссплатформенном фреймворке для разработки программного обеспечения на языке программирования C++. PyQt5 обладает множеством возможностей для создания мощных и удобных пользовательских интерфейсов и позволяет создавать кроссплатформенные приложения, которые могут работать на различных операционных системах, включая Windows, macOS и Linux.

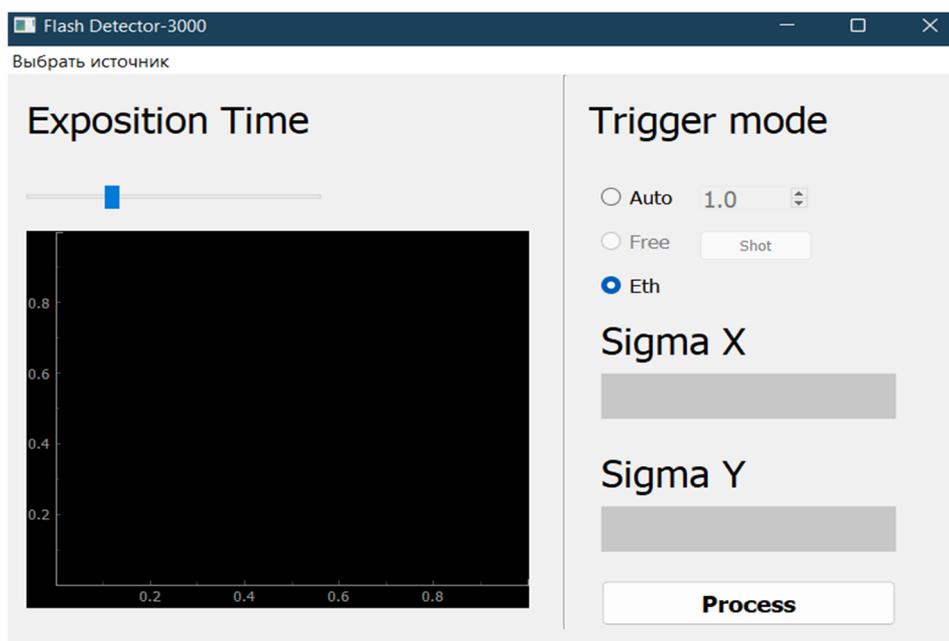


Рис. 2. Окно Flash Detector-3000

Данная программа обладает тремя основными источниками работы (рис. 2). В первую очередь, она предназначена для анализа отдельных изображений световых пучков. Во-вторых, программа способна распознавать световые пучки на видеозаписи, загруженной в программу [1]. И, наконец, она позволяет распознавать световые вспышки в режиме реального времени.

Для реализации данных функций, в программе используется набор инструментов, основанных на алгоритмах обработки изображений и компьютерного

зрения. Одним из ключевых инструментов, на котором базируется программа, является библиотека OpenCV. Данная библиотека предназначена для работы с изображениями и видео, а также содержит в себе множество алгоритмов для обнаружения и распознавания объектов на изображениях.

В качестве тестовой фотографии была выбрана фотография вспышки, возникшей на экране (рис.3).



Рис. 3. Тестовая вспышка

При нажатии на кнопку «Process» происходит запуск программы, после чего пучок света полученный на изображении распознается и выводится на график, также отображается σ_x и σ_y в соответствующих полях окна программы, которые отображают верхнюю границу по x и y на графике (рис. 4).

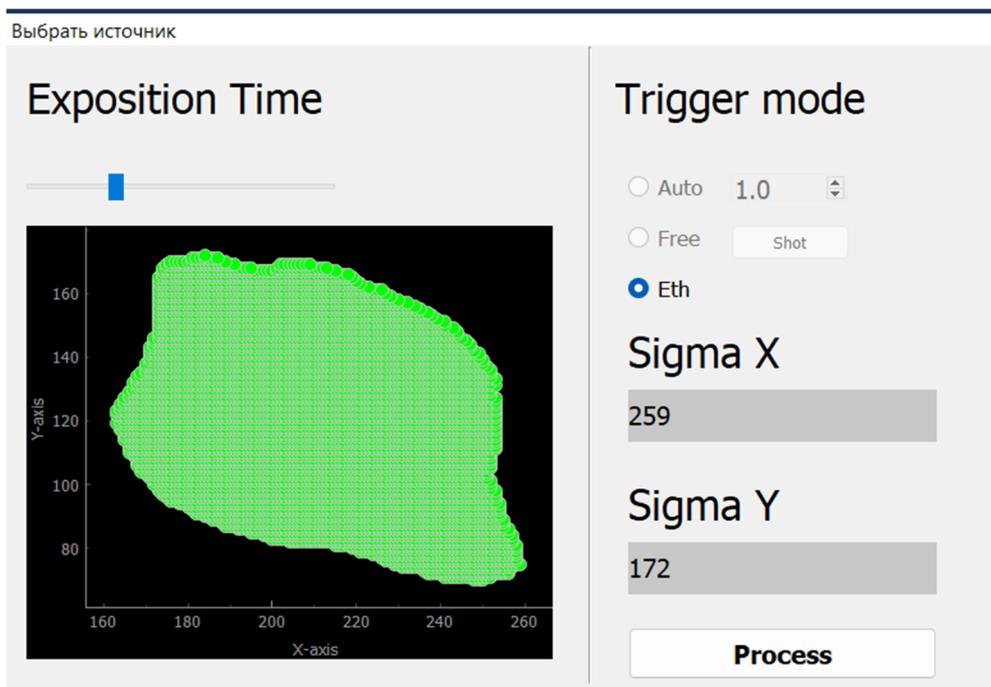


Рис. 4. Окно программы с демонстрацией режима «изображение»

Заключение

В данной работе были рассмотрены методы обработки данных, полученных с сцинтилляционного экрана, а также разработана программа для автоматической обработки изображений и видео с камеры. Целью работы было определение свойств пучков заряженных частиц на основе данных, полученных с экрана. Была рассмотрена актуальность и значимость обработки данных сцинтилляционных экранов. Важность этой работы заключается в возможности получения более точных результатов и более полного анализа пучков заряженных частиц. В ходе эксперимента была разработана программа на языке программирования Python, которая позволяет автоматически обрабатывать изображения и видео, полученные с камеры. Программа была протестирована на сцинтилляционном экране, и были проведены различные эксперименты для проверки ее эффективности и точности.

Результаты эксперимента показали, что разработанная программа успешно выполняет обработку данных, полученных с сцинтилляционного экрана. Она позволяет автоматически обнаруживать вспышки на экране, делать соответствующие снимки и проводить обработку изображений для определения координат пучков заряженных частиц. Программа также предоставляет возможность ручного управления процессом съемки, что позволяет исследователям гибко настраивать параметры эксперимента. Она позволяет анализировать данные и строить графики, отображающие зависимость координат вспышек от времени.

В заключение, разработанная программа для обработки данных, полученных с сцинтилляционного экрана, оказалась эффективной и точной в определении свойств пучков заряженных частиц. Она позволяет автоматически обрабатывать изображения и видео, полученные с камеры, и предоставляет удобные инструменты для анализа и визуализации данных. Эта программа может быть полезна для исследователей в области оптики, физики высоких энергий и других областей, где требуется обработка данных с сцинтилляционных экранов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов, А. Б. Разработка алгоритмов распознавания вспышек на сцинтилляционном экране [Текст] / А. Б. Иванов, В. Г. Петров // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия. - 2019. - Т. 6. - С. 65-71.
2. Козлов, В. А. Применение методов машинного обучения для распознавания вспышек на сцинтилляционном экране [Текст] / В. А. Козлов, С. В. Смирнов // Физика и техника полупроводников. - 2021. - Т. 55, № 2. - С. 245-249.
3. Сидоров, Д. В. Разработка программы для автоматического считывания данных с сцинтилляционного экрана [Текст] / Д. В. Сидоров, Е. В. Никитина // Материалы IV Международной научно-технической конференции "Современные проблемы инженерии и информационных технологий". - 2022. - С. 101-105.
4. Федоров, Н. В. Применение библиотеки OpenCV для обработки изображений с сцинтилляционного экрана [Текст] / Н. В. Федоров, А. И. Иванов // Труды Международной научно-практической конференции "Информационные технологии и системы". - 2020. - С. 214-219.
5. Чернышев, С. Г. Программное обеспечение для сшивки изображений с сцинтилляционного экрана [Текст] / С. Г. Чернышев, О. А. Корнилова // Современные технологии в науке и образовании. - 2018. - Т. 1, № 5. - С. 111-116.

6. Python [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.python.org/> (дата обращения: 02.05.2023).
7. OpenCV [Электронный ресурс]. - URL: <https://opencv.org/> (дата обращения: 02.05.2023).
8. PyQt5 [Электронный ресурс]. - URL: <https://pypi.org/project/PyQt5/> (дата обращения: 02.05.2023).

© *Е. А. Кузнецова, А. Н. Фионов, 2023*