

## ОДНОМЕРНАЯ КАМЕРА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.А. Бузун, А.П. Бык, П.В. Бычков, В.К. Гончаров, Ю.И. Дудчик, И.И. Кравцевич, А.Е. Сиколенко  
 НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ,  
 ул. Курчатова, 7220108, Минск, Беларусь  
 тел. 212-56-44, факс 212-56-44, e-mail: [bykap@bsu.by](mailto:bykap@bsu.by)

В работе показана целесообразность создания регистраторов рентгеновского излучения на основе многоэлементных твердотельных датчиков. Описаны разработанная одномерная камера на основе ПЗС-линейки фирмы TOSHIBA и соответствующее программное обеспечение

### Введение

Рентгеновские лучи широко используются в неразрушающем контроле, например, для определения напряженного состояния деталей и конструкций. Для решения этой задачи используется метод дифракции рентгеновских лучей, который позволяет определить механические напряжения по деформациям кристаллической решетки в приповерхностном слое материала. Точность метода существенно зависит от степени монохроматичности исходного рентгеновского пучка и его расходимости.

Разработка способов получения квазимонохроматического направленного пучка рентгеновского излучения с использованием новых элементов рентгеновской оптики невозможна без качественной регистрации рентгеновского излучения на аппаратуре современного уровня.

В настоящее время для визуализации рентгеновского излучения все большее применение находят аппараты с цифровой регистрацией рентгеновского излучения. Повышается точность регистрации, снижается потребность в расходных материалах, возрастает скорость и достоверность получения экспериментальных данных. Для визуализации рентгеновского излучения в Республике Беларусь до настоящего времени используются только импортные регистрирующие системы. В связи с этим разработка электронных камер, способных регистрировать рентгеновское излучение является актуальной задачей.

За рубежом для формирования рентгеновских пучков используются капиллярные рентгеновские линзы и монокапилляры [1, 2]. Так, известна система для рентгеновской микродифракции [2], состоящая из микрофокусной рентгеновской трубки, рентгенооптического устройства и рентгеновской цифровой камеры на базе ПЗС-матрицы. В качестве рентгенооптического устройства используется стеклянный монокапилляр, формирующий рентгеновский пучок микронных размеров и с расходимостью в несколько мрад. Такая система может быть использована в технической диагностике. В Республике Беларусь исследования по разработке рентгенооптических элементов проводятся в НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ, начиная с 1995 г. были разработаны конусообразные микрокапилляры для формирования рентгеновских микропучков и многоэлементные преломляющие рентгеновские линзы [3]. В настоящее время в рамках ГПНИ «Разработка и исследование квазимонохроматических направленных источников рентгеновского излуче-

ния и цифровых рентгеновских камер для применения в технической диагностике» в НИИ ПФП разработана одномерная рентгеновская камера, предназначенная для визуализации рентгеновских лучей с энергией фотонов от 1 до 20 кэВ.

### Основная часть

Камера собрана на основе ПЗС-линейки TCD1304DG фирмы TOSHIBA. Конструктивно камера состоит из блока линейки и блока обработки и передачи данных в компьютер. Оба блока соединяются между собой кабелем, длина которого может составлять несколько десятков сантиметров.

Для размещения датчика в вакуумной камере в разрыв кабеля может быть встроено вакуумный разъем. В зависимости от решаемой задачи датчик может поставляться без стекла или с оптоволоконной шайбой с нанесенным на нее люминофором.

Структурная схема блока передачи данных показана на рис. 1.

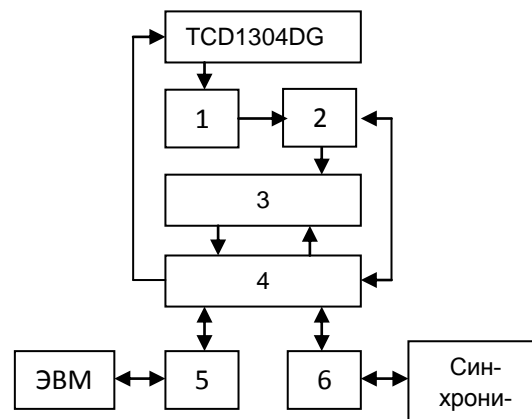


Рис. 1. Структурная схема блока передачи данных

- 1 - Усилитель видеосигнала;
- 2 - 12-ти разрядное АЦП;
- 3 - Буферное ОЗУ;
- 4 - Схема управления;
- 5 - USB 1.1-контроллер;
- 6 - Схема синхронизации.

Рентгеновское излучение преобразуется при помощи ПЗС-линейки в электрические сигналы. Усилитель видеосигнала осуществляет согласование уровней сигналов на выходе датчика с теми, которые необходимы для работы АЦП. Полу-

ченная цифровая информация поступает в буферное ОЗУ, компенсирующее разность в скоростях потоков данных датчика и шины связи с компьютером. Связь камеры с компьютером осуществляется по интерфейсу USB1.1. Информация шин адреса и данных USB-контроллера преобразуются схемами управления в импульсы управления ОЗУ, АЦП и ПЗС-линейкой. Схемы синхронизации согласуют уровни импульсов внешних устройств с уровнями, необходимыми для блока управления.

Камера работает совместно с IBM-совместимым компьютером (стационарным или ноутбуком). Обмен данными, а также питание камеры осуществляется по Full-speed USB интерфейсу. Потребляемая мощность не превышает 0,18 Вт.

Камера может работать без синхронизации, а также синхронизироваться импульсами от других приборов, вырабатывать импульсы для запуска внешних приборов. В тех случаях, когда экспериментальная установка обладает высоким уровнем помех, импульсы запуска передаются по оптоволоконным линиям связи. Внешний вид камеры показан на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид камеры

Основные параметры камеры:  
- тип датчика TCD1304DG;

- количество пикселей 3648;
- размер пикселя -  $8 \times 200 \text{ мкм}^2$ ;
- длина чувствительной зоны - 29,1 мм;
- неравномерность чувствительности  $\pm 5\%$ ;
- разрядность АЦП – 12 бит;
- среднеквадратичный шум чтения  $< 2,5$  отсчетов АЦП;
- скорость чтения данных - 500 КГц;
- время чтения кадра - 7,4 мс;
- максимальное время накопления - 5с;
- диапазон рабочих температур - 10-30 °С;
- интерфейс связи с компьютером - Full-Speed USB;
- синхронизация - IN/OUT;
- размеры камеры - 66x86x32 мм.

Программное обеспечение камеры работает с операционными системами Windows XP и Windows 7.

Программное обеспечение позволяет:

- задавать время накопления сигнала, количество регистрируемых кадров, способ синхронизации камеры с внешними устройствами;
- регистрировать полученные данные и осуществлять их визуализацию и детализацию;
- сохранять данные в виде файлов выбранного формата.

### Заключение

Предварительное тестирование камеры, проводившееся в НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, а также в ФИАН РАН, Москва, показало высокую эффективность камеры при регистрации рентгеновского излучения, а также удобство пользовательского интерфейса программного обеспечения. Совместное использование камеры с разработанными в НИИ ПФП рентгенооптическими устройствами позволит осуществлять техническую диагностику рентгеновскими методами.

### Список литературы

1. Дудчик Ю.И. // Вест. БГУ. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. - 2009. - 2. - С. 38-43.
2. Chengchao Huang, Baozhong Mu, Zhanshan Wang, Lingyan Chen, Yu.I. Dudchik. // Nucl. Instr. Meth. A - 2009. - 602. - P. 446-449.
3. Дудчик Ю.И., Хуанг Ч., Му Б., Ванг Т., Пан Г. // Вест. БГУ. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. - 2010. - 2. - С. 24-28.

## ONE-DIMENSIONAL CAMERA FOR X-RAY IMAGING

A.A. Buzun, A.P. Byk, P.V. Bychkou, V.K. Goncharov, I.I. Kravtsevich, A.E. Sikolenko.  
*The Research Institute of Applied Physical Problems A.N. Sevchenko,*  
*of the Belarussian State University,*

*Minsk, Kurchatov str. 7, phone number 212-56-44, fax number 212-56-44, e-mail: [bykap@bsu.by](mailto:bykap@bsu.by)*

The paper shows the feasibility of X-ray registrars based on the multi-element solid-state sensors. We describe the developed one-dimensional camera based on CCD array TOSHIBA firms and software. Pre-testing chamber, held at the Research Institute of Applied Physical Problems A.N. Sevchenko, of the Belarussian State University, as well as in the Lebedev PIAS RAS, Moscow, showed high efficiency of the camera when recording x-ray, as well as the convenience of the user interface software.