

# Электроника стенда по изучению сцинтилляционных кристаллов

Андреев Андрей  
Новосибирский Государственный Университет

7 мая 2020 г.

## **Аннотация**

Здесь будет аннотация

# Содержание

<b>1 Введение</b>	<b>4</b>
<b>2 Физика эксперимента</b>	<b>4</b>
2.1 Сцинтилляционные кристаллы . . . . .	5
2.2 Сцинтилляционные методы детектирования . . . . .	6
<b>3 Установка стенда по исследованию сцинтилляционных кристаллов</b>	<b>6</b>
3.1 Схема стенда . . . . .	6
<b>4 Дизайн системы на кристалле</b>	<b>6</b>
4.1 Процессорная система . . . . .	6
4.2 Программируемая логика . . . . .	7
<b>5 Операционная система</b>	<b>7</b>
<b>6 Веб-сервер</b>	<b>7</b>
6.1 Серверная часть . . . . .	7
6.2 Клиентская часть . . . . .	7
<b>7 Заключение</b>	<b>8</b>
<b>8 Список литературы</b>	<b>8</b>

# 1 Введение

Детекторы ионизирующего излучения — это одни из наиболее важных элементов практически любой современной экспериментальной установки в области физики высоких энергий. В институте ядерной физики СО РАН реализуется проект по выращиванию неорганических сцинтилляционных кристаллов, которые являются неотъемлемой частью таких детекторов. Сцинтилляторы — это вещества, способные излучать фотоны при поглощении ионизирующего излучения.

Для проверки характеристик и качества изготавливаемых сцинтилляционных кристаллов ведётся разработка специального стенда. Данный стенд имеет довольно сложное устройство, о нём будет рассказано подробнее в главе "Установка стенда по исследованию сцинтилляционных кристаллов". Главным управляющим компонентом стенда является система на кристалле(СнК) Xilinx Zynq-7000, являющейся объединением процессора и программируемой логической интегральной схемы. Оператор сможет через порт Ethernet подключиться к веб-серверу, запущенному на СнК, через который будет производиться управление стендом и визуализация данных. Оценка параметров исследуемых сцинтилляционных кристаллов производится путём настройки временных характеристик формирователей входных сигналов.

Ранее было начато создание интерфейса для взаимодействия со стендом — веб-сервер, запускаемый непосредственно на СнК, доступ к которому оператор получал через порт Ethernet. Также была частично реализована программируемая логика, подробнее которая будет описана в соответствующей главе.

# 2 Физика эксперимента

Детектор ионизирующего излучения — это устройство, которое способно преобразовывать энергию излучения в иной вид энергии, удобный для последующей регистрации. По физическим принципам действия детектора можно выделить основные группы:

- сцинтилляционные;
- ионизационные;
- полупроводниковые.

В рамках данной работы особый интерес представляют сцинтилляционные методы детектирования. Но перед их рассмотрением стоит рассказать о сцинтилляторах и некоторых их свойствах.

## 2.1 Сцинтиляционные кристаллы

Как уже было сказано ранее, сцинтиляторы — это вещества, способные излучать свет при поглощении ионизирующего излучения. Сцинтиляторы характеризуются множеством параметров, но основными являются:

- конверсионная эффективность;
- технический выход;
- время высвечивания.

Конверсионной эффективностью или физическим выходом называется отношение энергии световой вспышки к энергии, потерянной частицей в кристалле. Таким образом, физический выход характеризует эффективность преобразования энергии ионизирующей частицы в световую в сцинтиляторе. Как правило, данная характеристика лежит в диапазоне от долей процента до десятков процентов.

Однако высокое значение конверсионной эффективности не является показателем пригодности вещества в качестве сцинтилятора в детекторе. Для его использования необходимо, чтобы излучаемый свет мог свободно покидать пределы кристалла. Отношение энергии световой вспышки, вышедшей из кристалла, к полной энергии, потерянной частицей в нём называется техническим выходом или технической эффективностью. Именно этот параметр является основополагающим в определении удовлетворительности сцинтилятора. Он зависит множества аспектов: от толщины слоя сцинтилятора, состояния его поверхности, концентрации поглощающих примесей, прозрачности кристалла к собственному излучению и так далее.

Зачастую интенсивность излучения кристалла  $I$  в зависимости от времени  $t$  описывается экспоненциальной формулой:

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (1)$$

где  $I_0$  - амплитуда светового импульса,  $\tau$  - время, в течение которого интенсивность излучения падает в  $e$  раз и называется временем высвечивания сцинтилятора. В данной работе этот параметр является очень важным, поскольку он определяет время, а вместе с ним и объём памяти, который необходимо выделять для правильной записи экспериментальных данных. Данная деталь будет описана ниже при рассмотрении технической реализации системы.

## 2.2 Сцинтиляционные методы детектирования

# 3 Установка стенда по исследованию сцинтиляционных кристаллов

Блок-схема установки изображена на рисунке(). Ионизирующее излу-

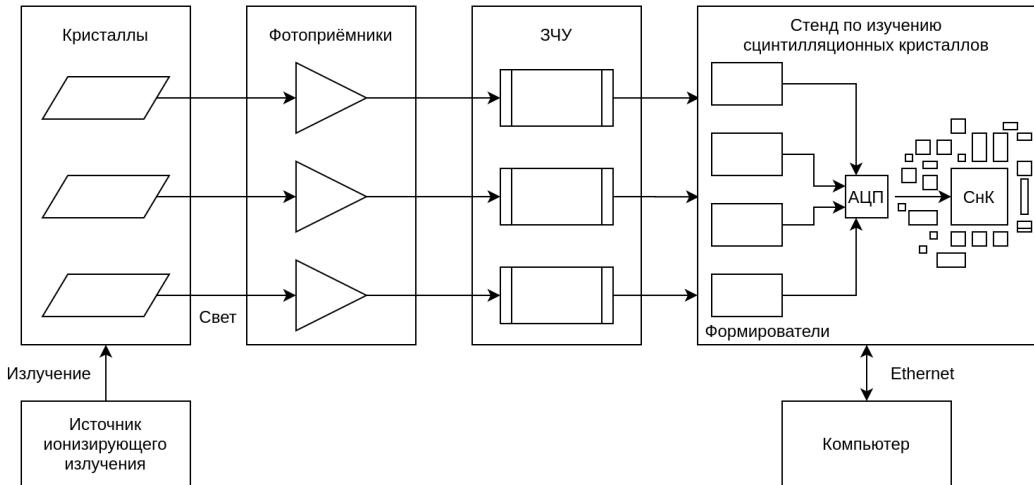


Рис. 1: Блок-схема установки

чение с источника попадает на три сцинтиляционных кристалла: исследуемый и два вспомогательных. Излучаемые кристаллами фотоны регистрируются в фотоприёмниках и преобразуются в электрические сигналы. После усиления в зарядо-чувствительных усилителях сигналы подаются на входные каналы стеда, где они обрабатываются. Результат обработки отправляется на компьютер оператора через интерфейс Ethernet. Стенд имеет, кроме основного канала, предназначенног для исследуемого кристалла, два дополнительных для вспомогательных кристаллов.

## 3.1 Схема стенда

На рисунке () представлена фотография стенда.

# 4 Дизайн системы на кристалле

## 4.1 Процессорная система

На рисунке() представлена схема процессорной системы.

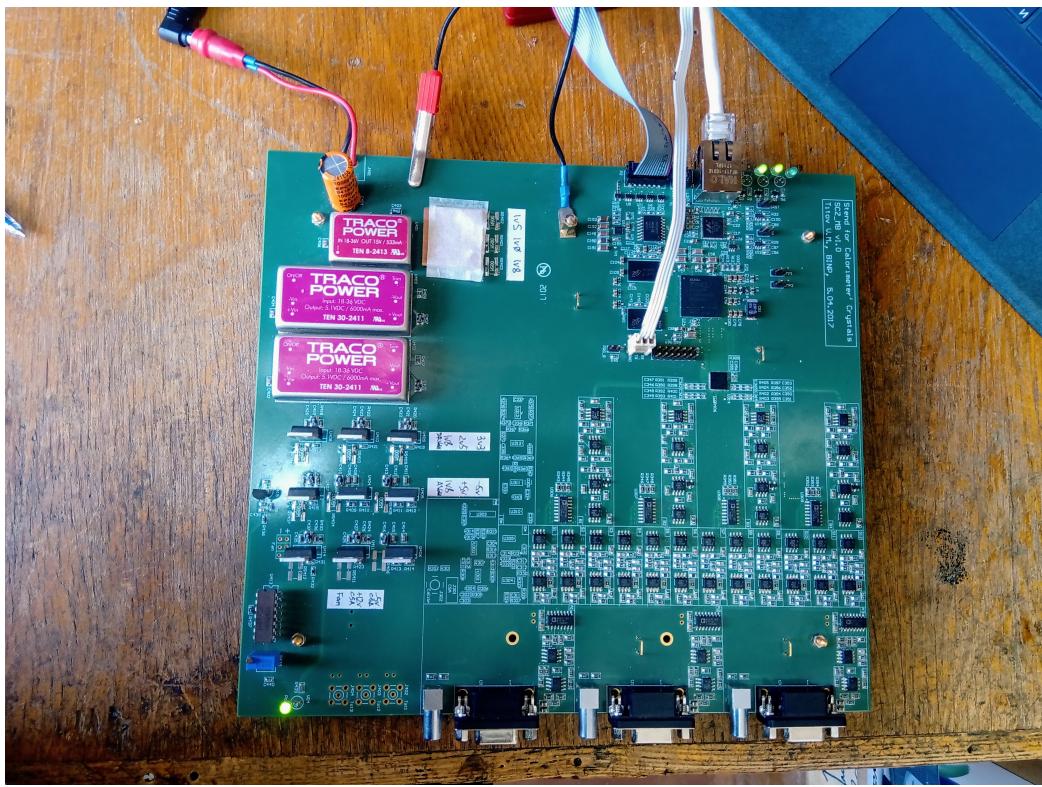


Рис. 2: Фотография стенда

## 4.2 Программируемая логика

На рисунке() представлена схема программируемой логики.

## 5 Операционная система

## 6 Веб-сервер

### 6.1 Серверная часть

### 6.2 Клиентская часть

На рисунке() представлен вид пользовательского веб интерфейса.

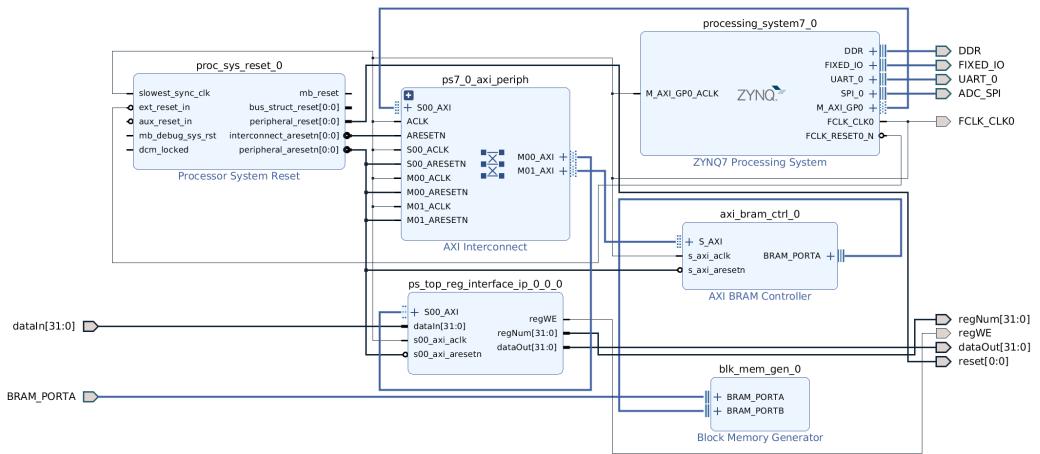


Рис. 3: Блок-схема установки

## 7 Заключение

## 8 Список литературы

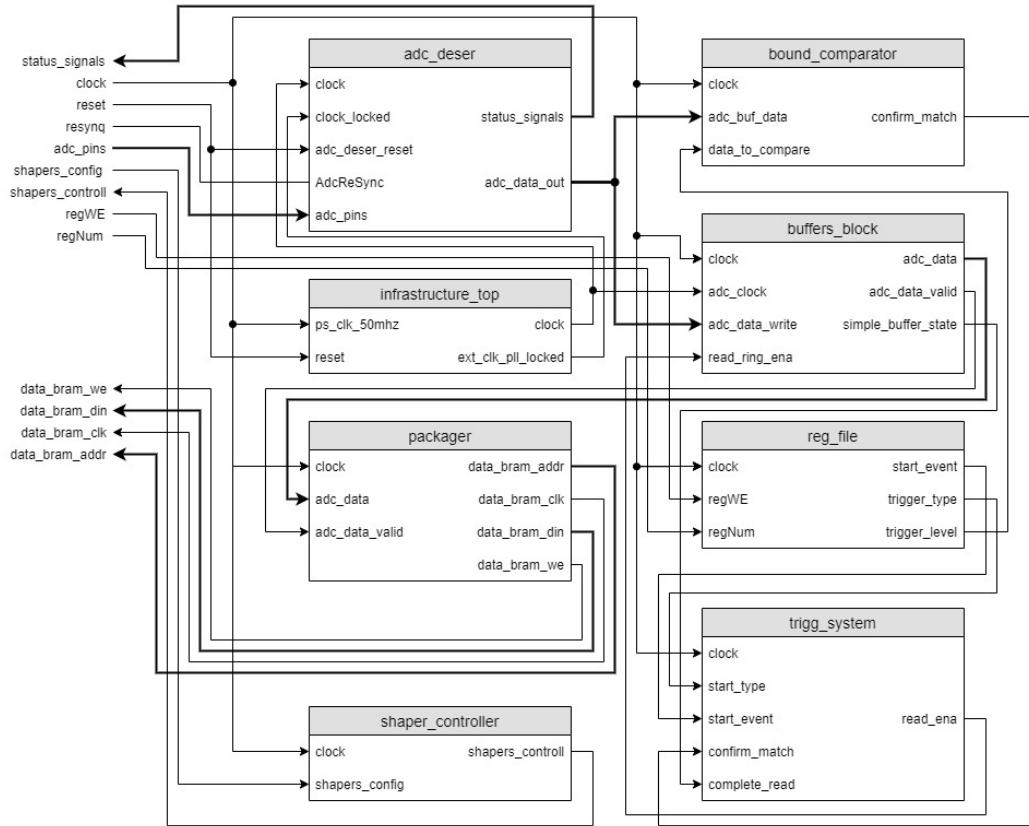


Рис. 4: Блок-схема установки

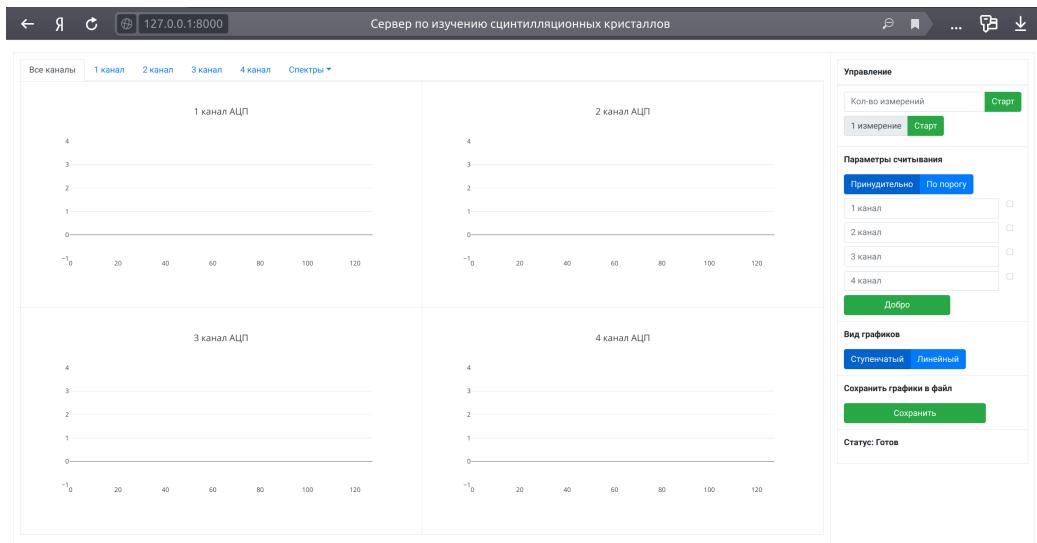


Рис. 5: Пользовательский веб-интерфейс