

# Электроника стенда по изучению сцинтилляционных кристаллов

Андреев Андрей  
Новосибирский Государственный Университет

8 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>7</b>
4.1 Процессорная система . . . . .	7
4.2 Программируемая логика . . . . .	7
<b>5 Операционная система</b>	<b>8</b>
<b>6 Веб-сервер</b>	<b>8</b>
6.1 Серверная часть . . . . .	8
6.2 Клиентская часть . . . . .	8
<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 разделе "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 она 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 сказать 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 от множества аспектов: 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

Первый сцинтиляционный детектор назывался спинтарископом и был изобретён Уильямом Круксом в 1903 году. Главной его частью был небольшой экран, покрытый сульфидом цинка ( $ZnS$ ). При попадании на него заряженных  $\alpha$ -частиц возникает слабая световая вспышка - сцинтиляция, которую можно наблюдать в микроскоп или даже адаптированным к темноте невооружённым глазом.

Замена человеческого зрения на высокочувствительный фотоумножитель, а также использование усовершенствованных сцинтилляторов позволили данному типу

## 3 Установка стенда по исследованию сцинтиляционных кристаллов

Блок-схема установки изображена на рисунке().

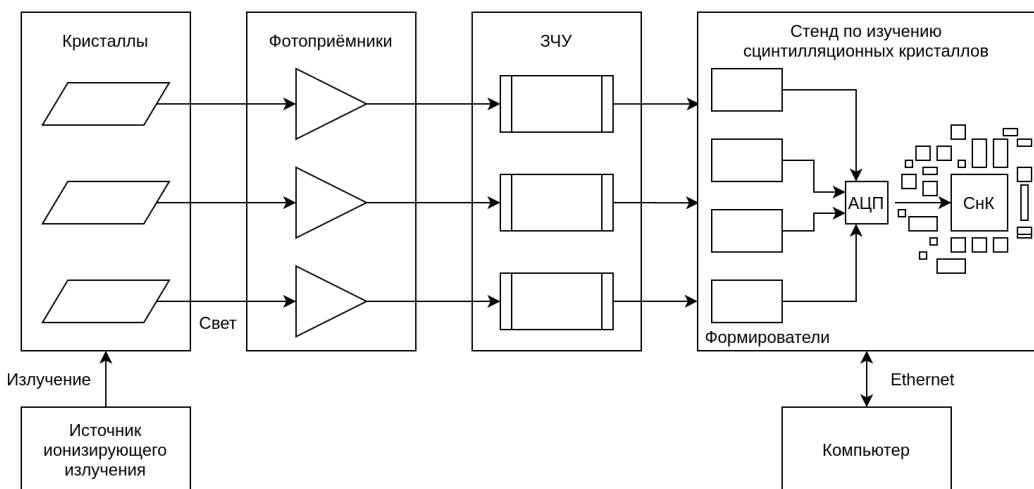


Рис. 1: Блок-схема установки

Ионизирующее излучение 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, предна-

значенного для исследуемого кристалла, два дополнительных для вспомогательных кристаллов.

### 3.1 Схема стенда

На рисунке () представлена фотография стенда.

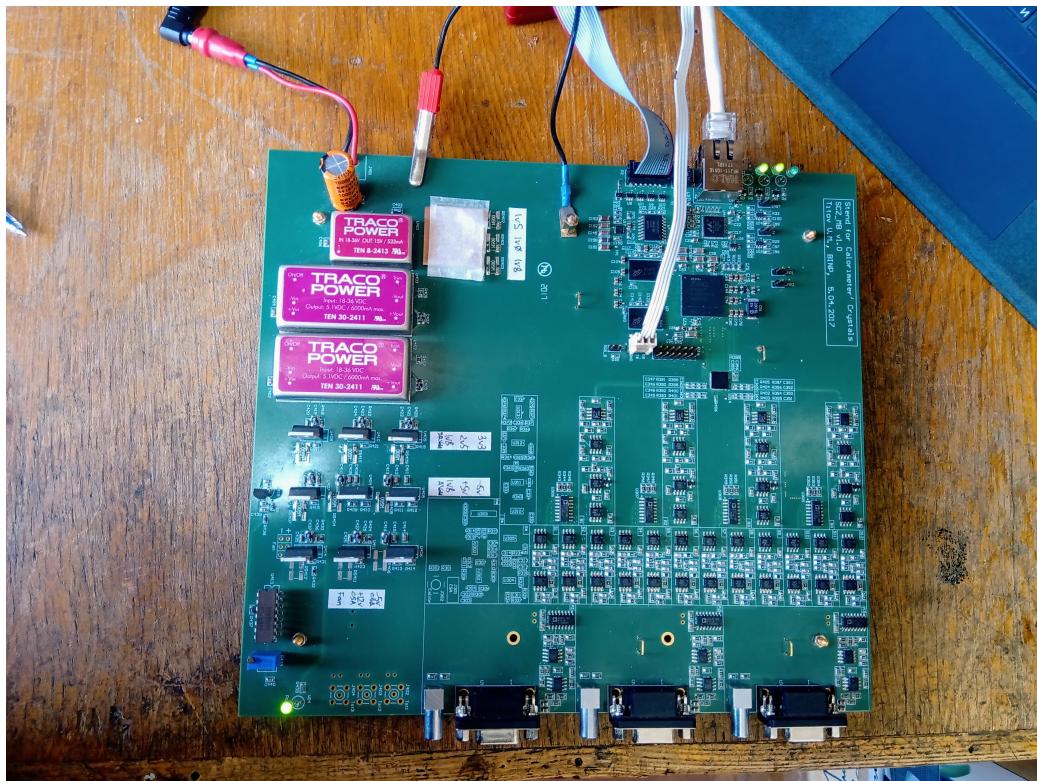


Рис. 2: Фотография стенда

## 4 Дизайн системы на кристалле

### 4.1 Процессорная система

На рисунке() представлена схема процессорной системы.

### 4.2 Программируемая логика

На рисунке() представлена схема программируемой логики.

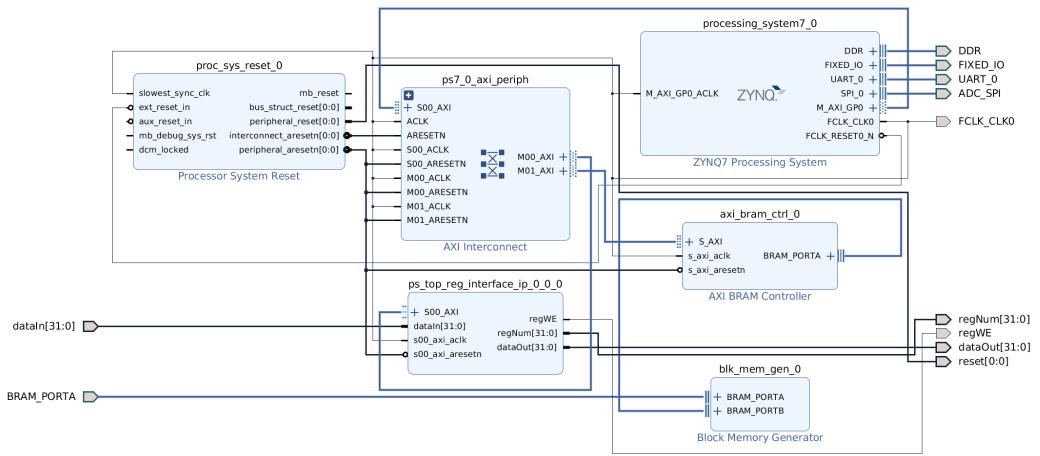


Рис. 3: Блок-схема установки

## 5 Операционная система

## 6 Веб-сервер

### 6.1 Серверная часть

### 6.2 Клиентская часть

На рисунке() представлен вид пользовательского веб интерфейса.

## 7 Заключение

## 8 Список литературы

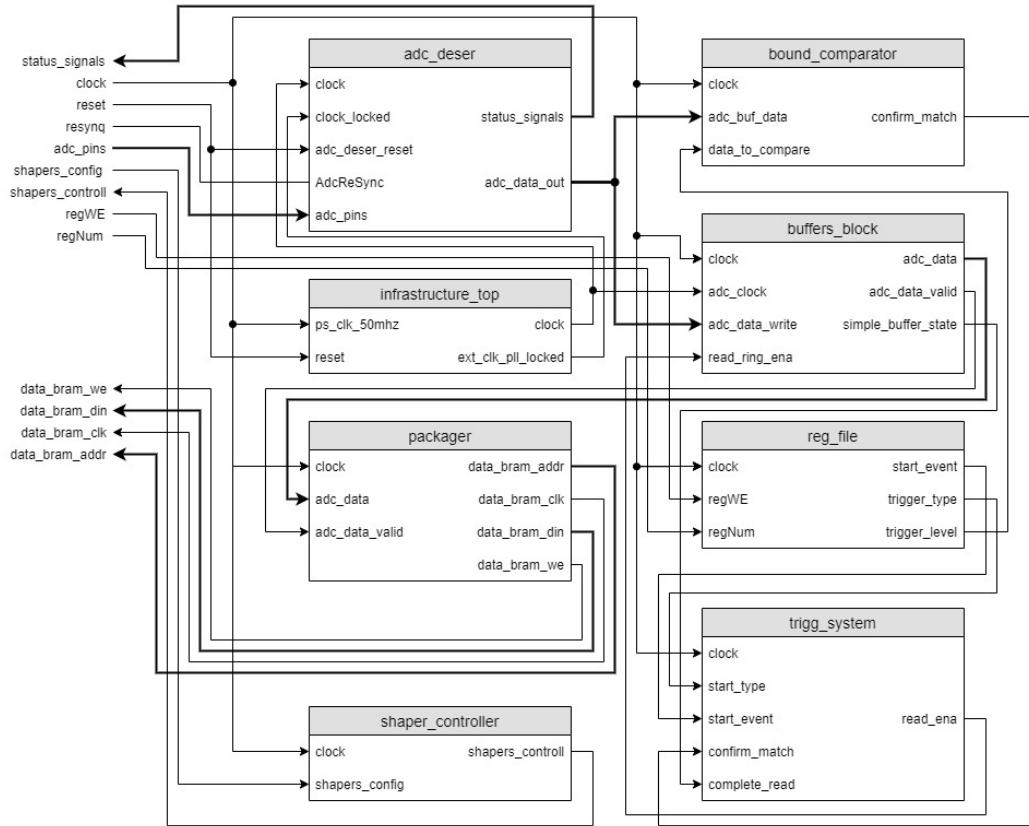


Рис. 4: Блок-схема установки

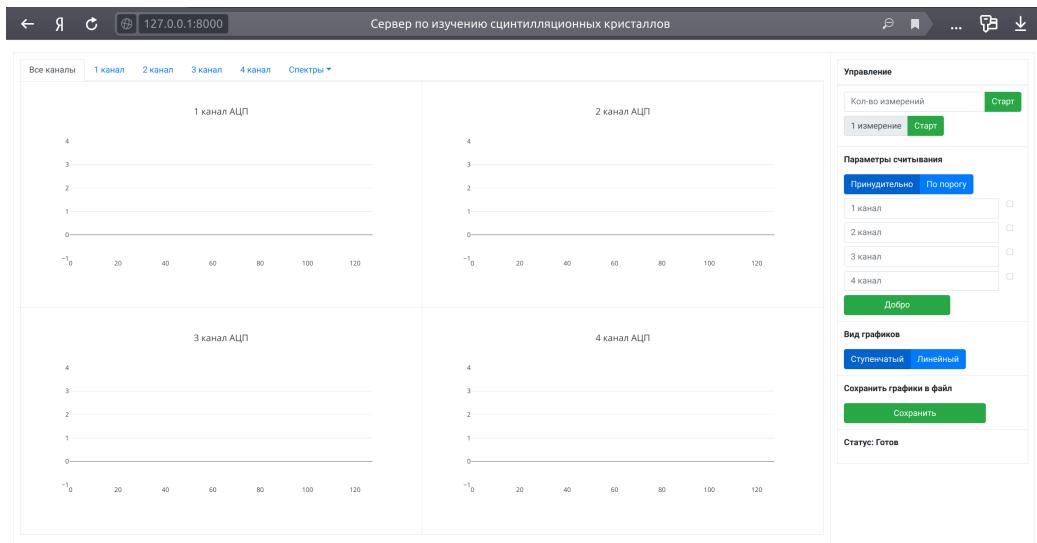


Рис. 5: Пользовательский веб-интерфейс