

ПРИМЕНЕНИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Выполнил : Кандыбин Даниил Дмитриевич
Научный руководитель : Гробов Алексей Викторович
Консультант: Долганов Григорий Дмитриевич

СЦИНТИЛЛЯТОРЫ

Основные характеристики сцинтилляторов:

- Плотность
- Световыход
- Спектр высвечивания
- Энергетическое разрешение
- Время высвечивания
- Радиационная прочность
- Гигроскопичность



Сцинтилляторы

Сцинтилляторы в ПЭТ



Ортосиликат лютеция (LSO)

Первый используемый сцинтиллятор - NaI(Tl) , в настоящее время неиспользуемый.

Сейчас в ПЭТ применяются, в основном, BGO (ортогерманат висмута) и LSO (ортосиликат лютеция).

BaF_2 - является перспективным для использования в ближайшем будущем.

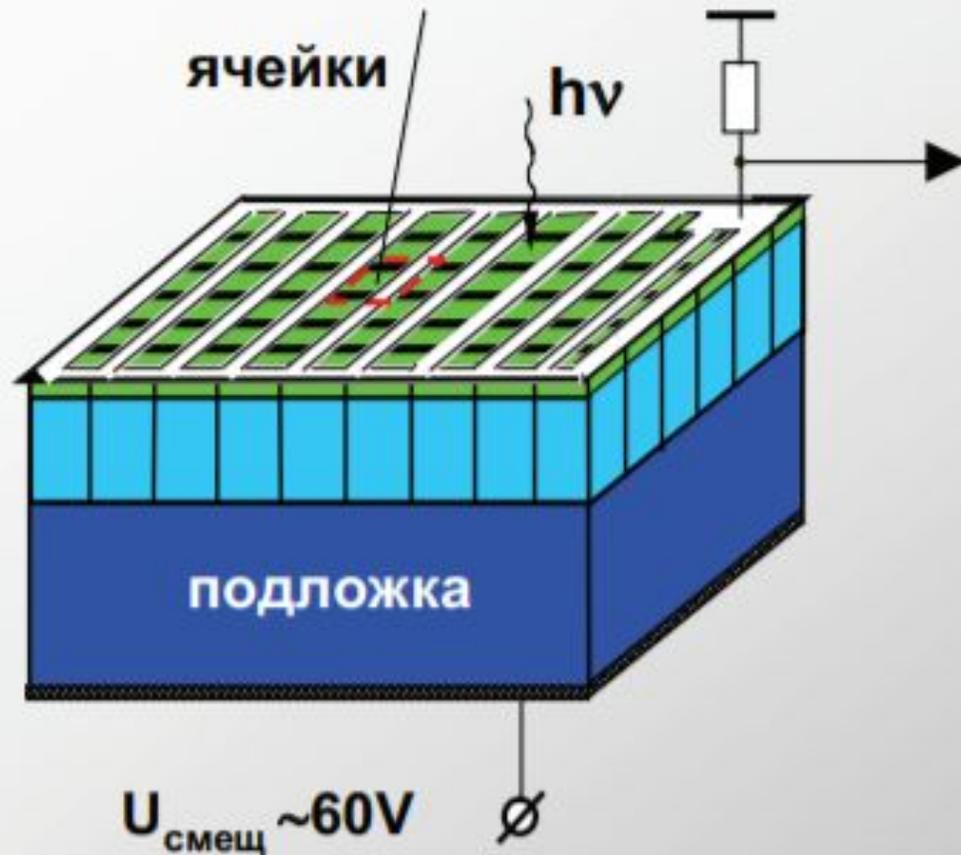


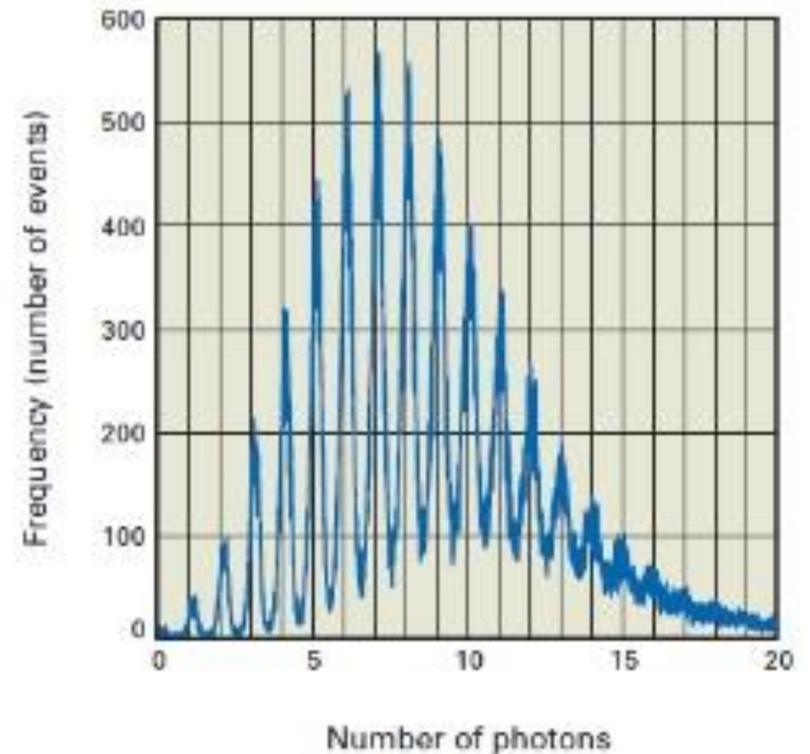
Схема SiPM

Кремниевый фотоумножитель (SiPM) представляет собой микропиксельный лавинный фотодиод, предназначенный для счета фотонов.

Каждый пиксель SiPMа создает импульсный выходной сигнал при обнаружении единичного фотона. Характерный размер ячейки составляет порядка 30–100 мкм

Основные характеристики SiPMов:

- Эффективность регистрации
- Временные характеристики
- Коэффициент усиления
- Темновой счет



Осциллограмма SiPM

Плата xTDC4

xTDC4 – это обычный time-to-digital преобразователь, в котором записываются временные метки переднего или заднего фронтов импульсов.

xTDC4 производит поток выходных пакетов, каждый из которых содержит временную задержку сигналов.

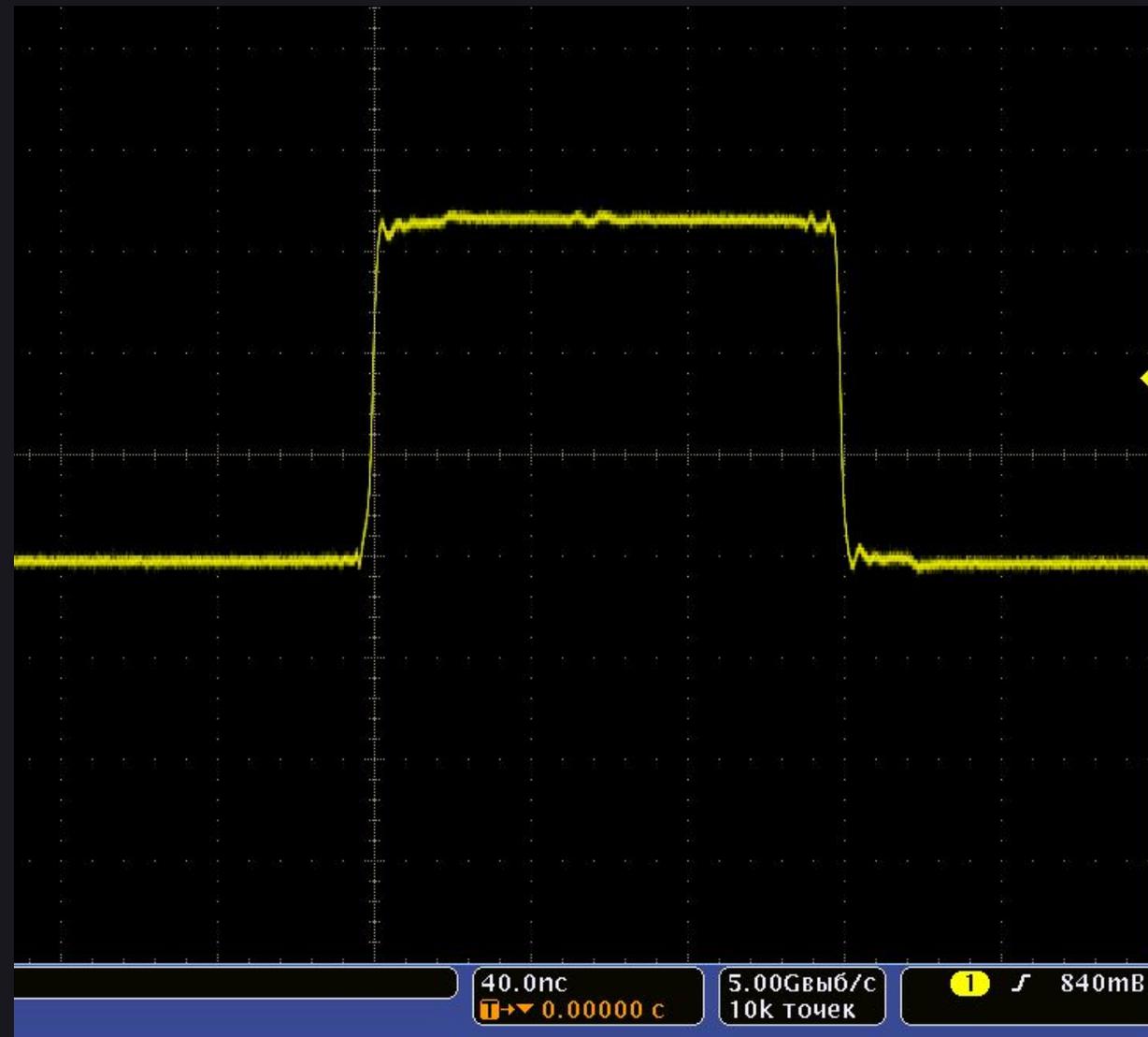


xTDC4

Работа с xTDC4

Для измерения был использован генератор триггерного сигнала, который работал в двух режимах: высокочастотном и низкочастотном.

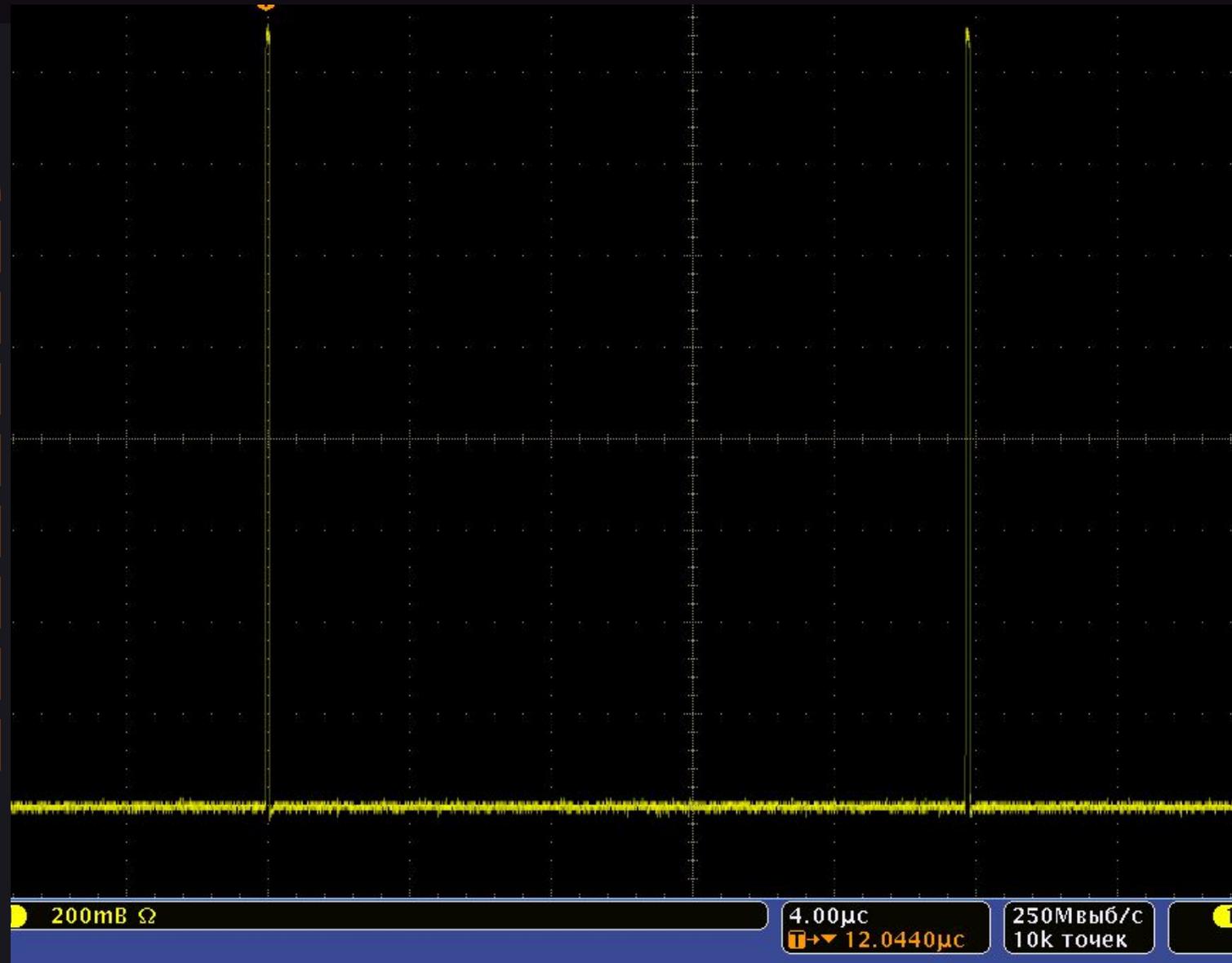
Представлена форма самого импульса, а также на ней видна длительность импульса (≈ 120 нс)



Осциллограмма импульса

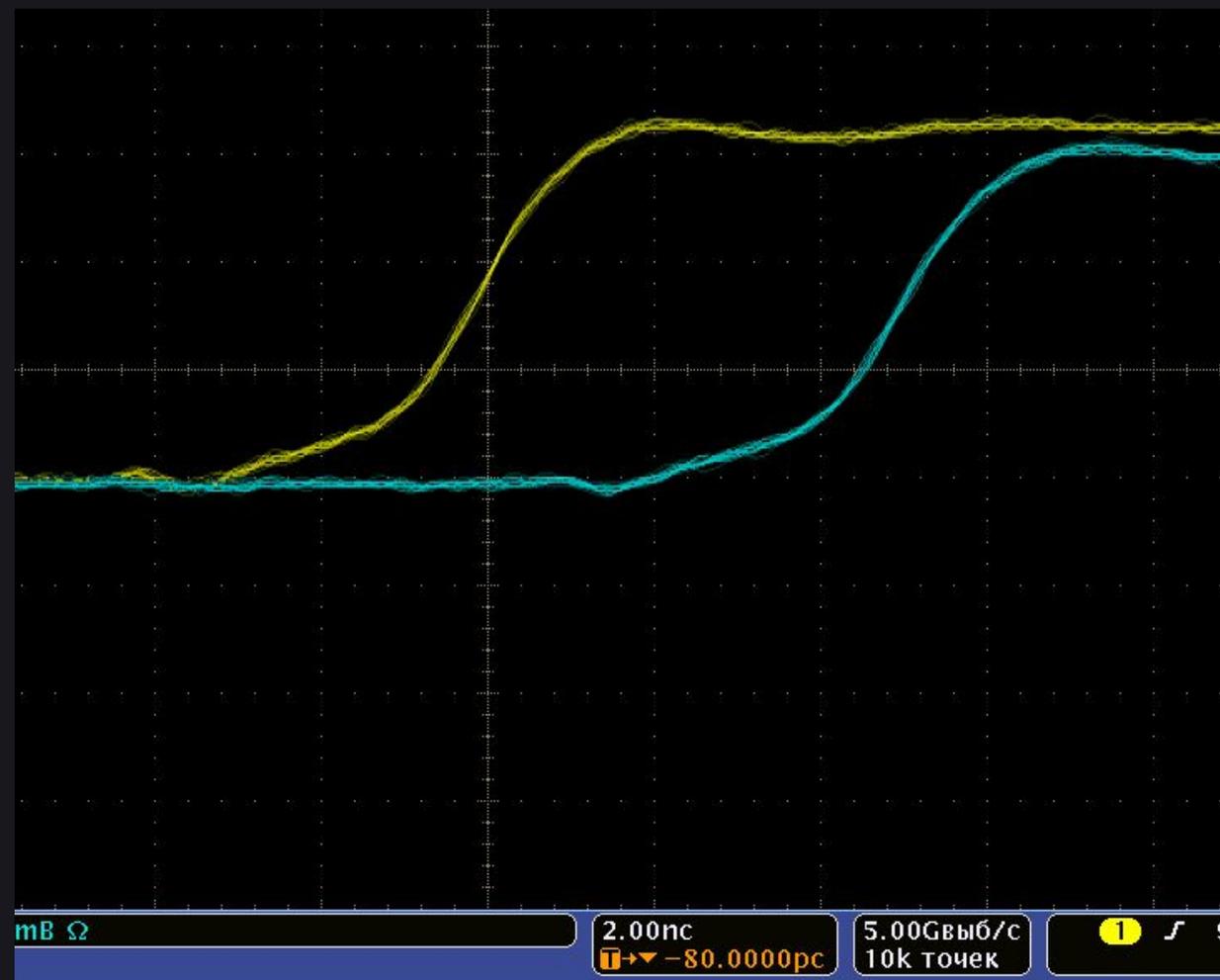
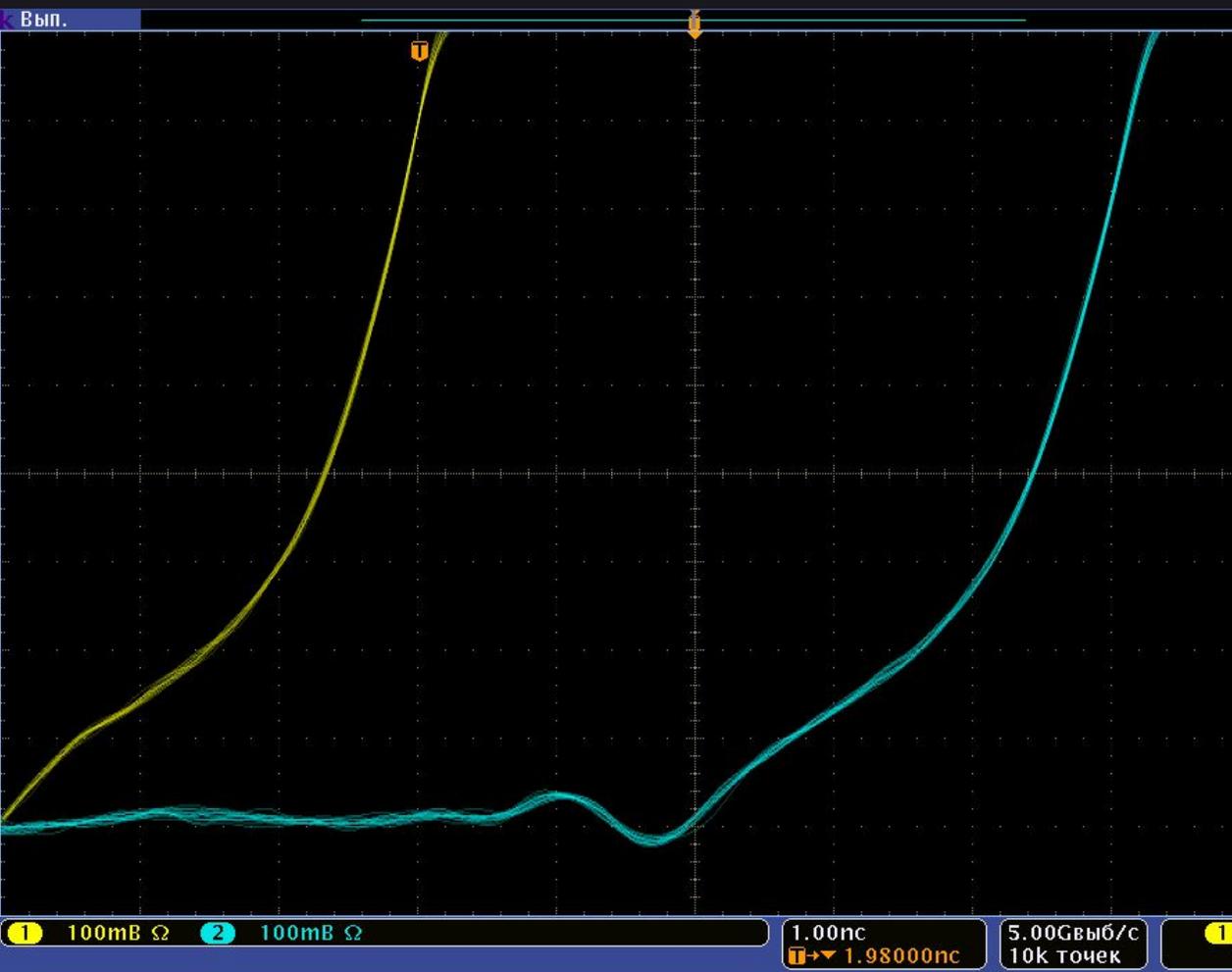
Работа с xTDC4

С помощью осциллографа определили время между импульсами для двух режимов работы генератора ($T_{выс} \approx 20$ мкс, $T_{низк} \approx 2.5$ мс).



Высокочастотный сигнал

Сигналы с генератора



Сигналы с двух проводов

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

```
7299273, 0, 394
7311138, 0, 393
7323002, 0, 394
7334867, 0, 394
7346730, 0, 394
7358594, 0, 394
7370457, 0, 393
7382321, 0, 393
7394183, 0, 393
7406047, 0, 393
7417911, 0, 394
7429776, 0, 394
7441641, 0, 393
```

```
13207486, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
14775706, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
16343925, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
17912097, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
19480298, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
21048487, 0, 396, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
22616676, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
24184875, 0, 396, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
25753006, 0, 396, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
27321140, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
28889343, 0, 394, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
30457536, 0, 394, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
32025648, 0, 395, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
33593865, 0, 394, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
35162015, 0, 396, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0, 15, 0,
```

Пример данных для двух режимов работы
генератора

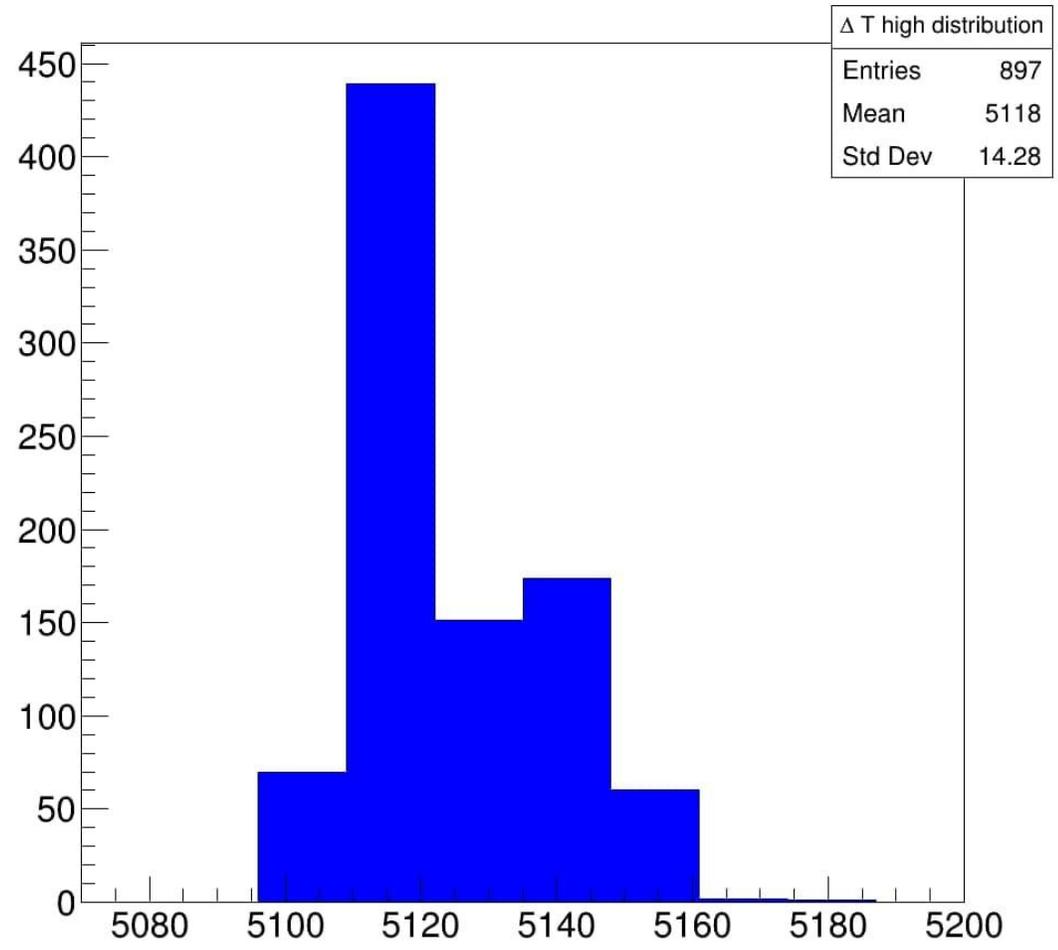
Третий столбец -
отношение времени
задержки к
разрешению канала
(размеру бина). Для
первой строки из
файла данных
высокочастотного
сигнала:

$$394 \cdot 13 = 5122 \text{ пс} \approx 5 \text{ нс}$$

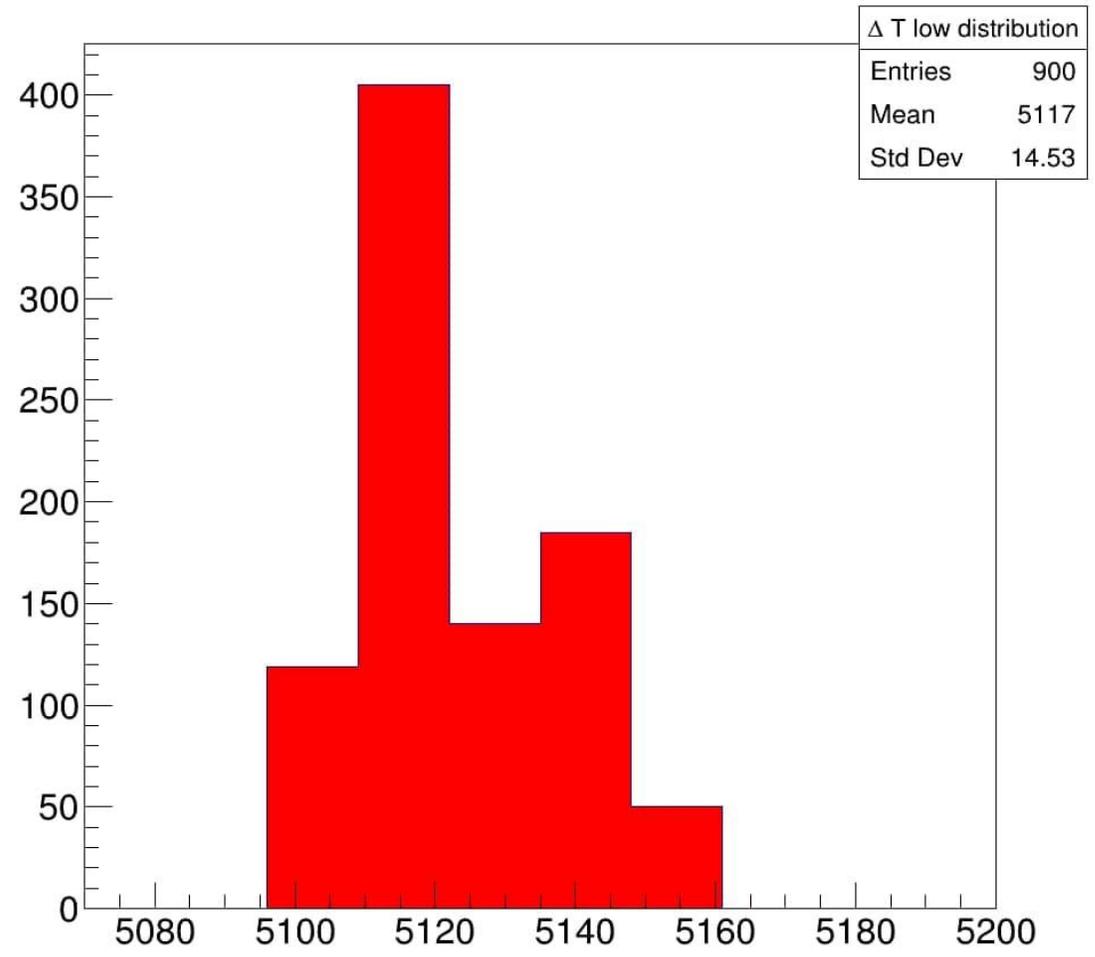
Гистограммы полученных данных



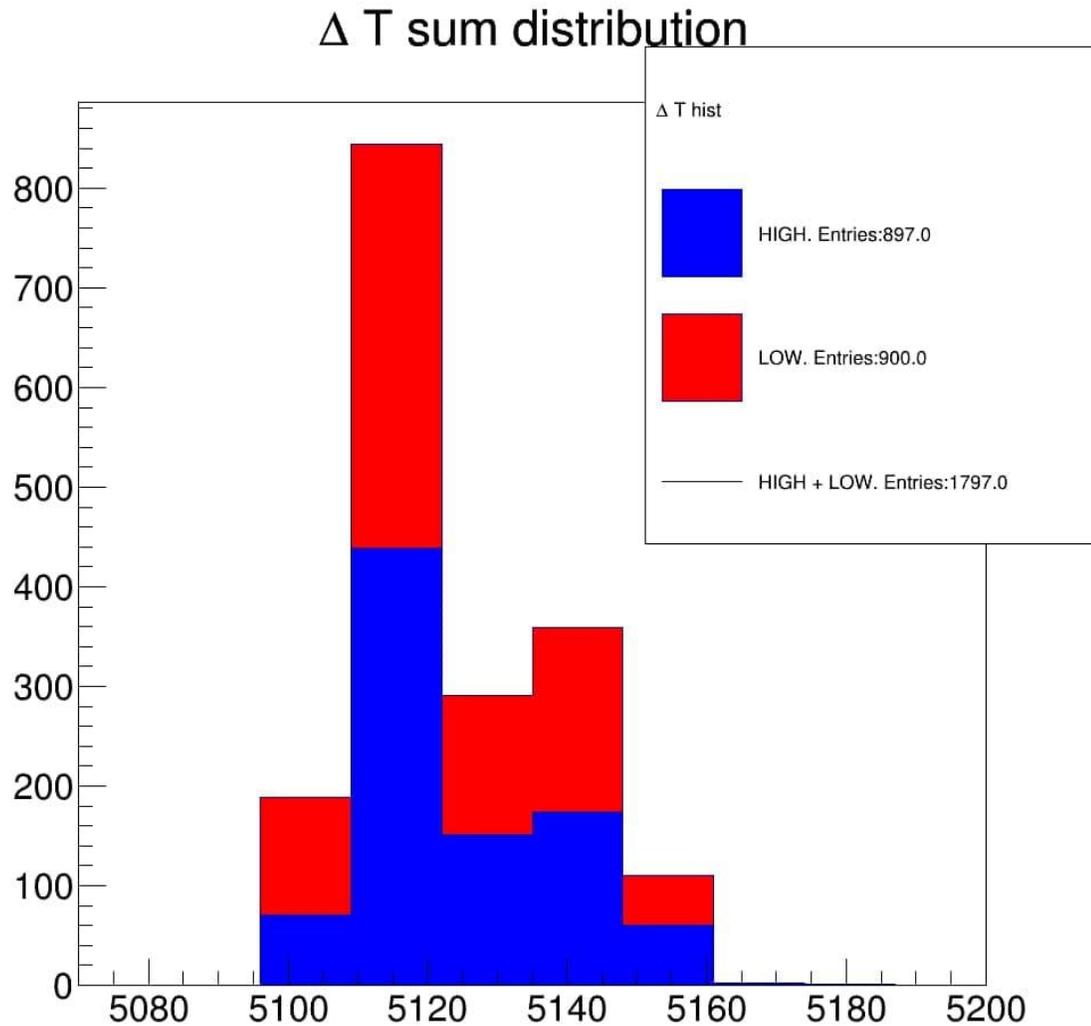
ΔT high distribution



ΔT low distribution



Гистограмма полученных данных

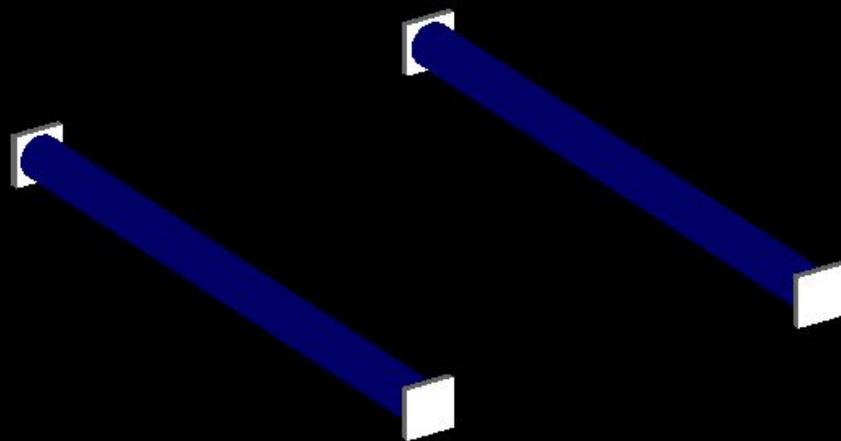


Гистограмма данных двух режимов

Параметры распределений получились следующие:

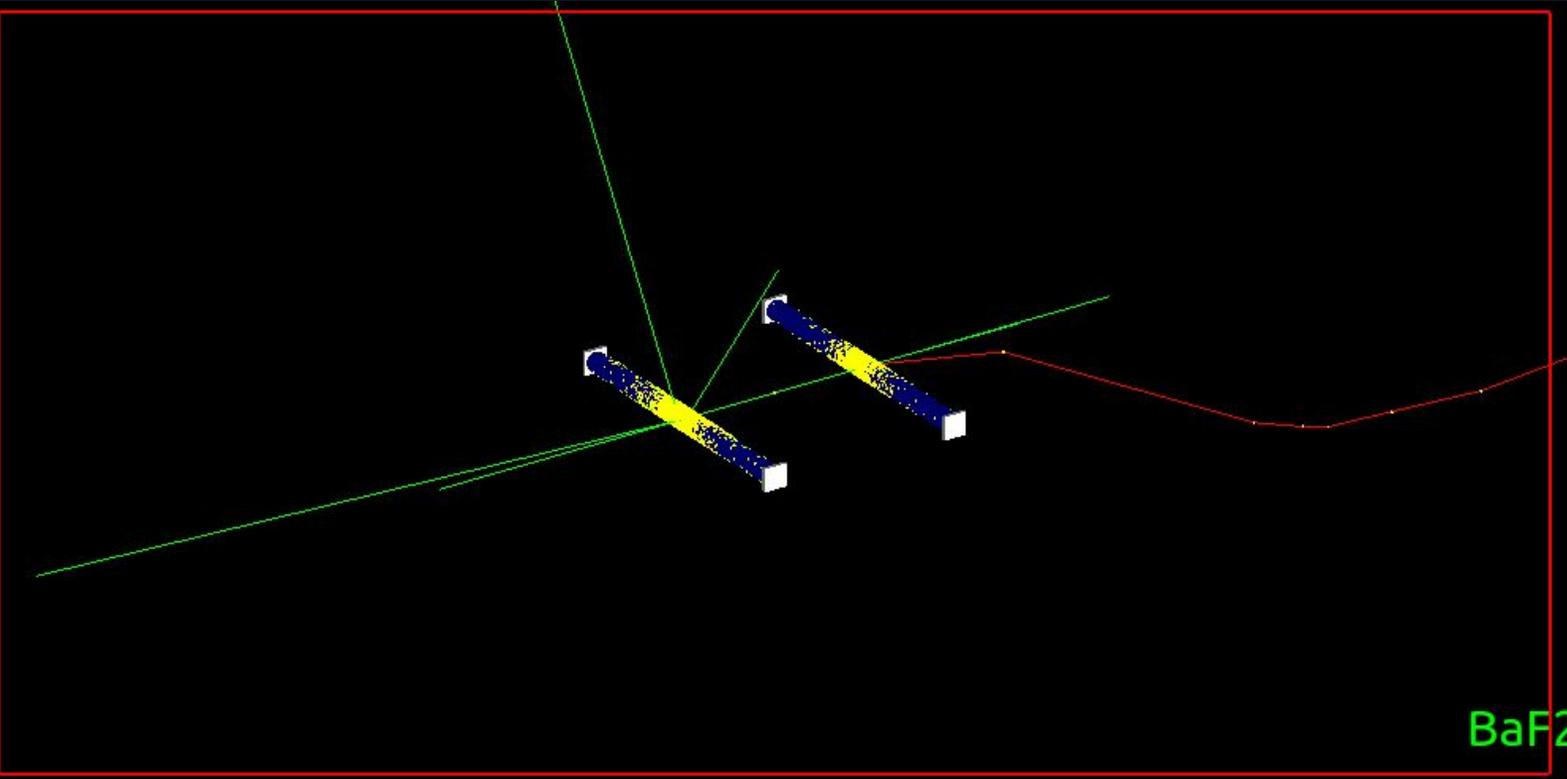
$\mu_{high} = 5.123$ $\mu_{low} = 5.121$
 $\mu_{sum} = 5.12220$

$\sigma_{high} = 0.016$ $\sigma_{low} = 0.019$ $\sigma_{sum} = 0.016$



BaF2

Два параллельных стержня *BaF2*, расположенных на расстоянии 10 см. К концам прилегают SiPMы. Стержни обернуты майларом.



Источник частиц
изначально
расположен в центре
установки. Запускае-
мые частицы -
гамма кванты.

Заключение

В ходе работы были изучены характеристики сцинтилляторов, SiPMов, получены навыки работы с платой xTDC4 для дальнейшей сборки установки и определения с ее помощью эффективности использования ВаF2 во времяпролетных ПЭТ. Задача на будущее – провести измерения с имеющейся установкой. Также была смоделирована установка в Geant4 и начато моделирование измерения временных задержек, чтобы в дальнейшем, получив экспериментальные результаты, сопоставить их, и затем прийти к выводу об эффективности использования ВаF2 во времяпролетных ПЭТ.

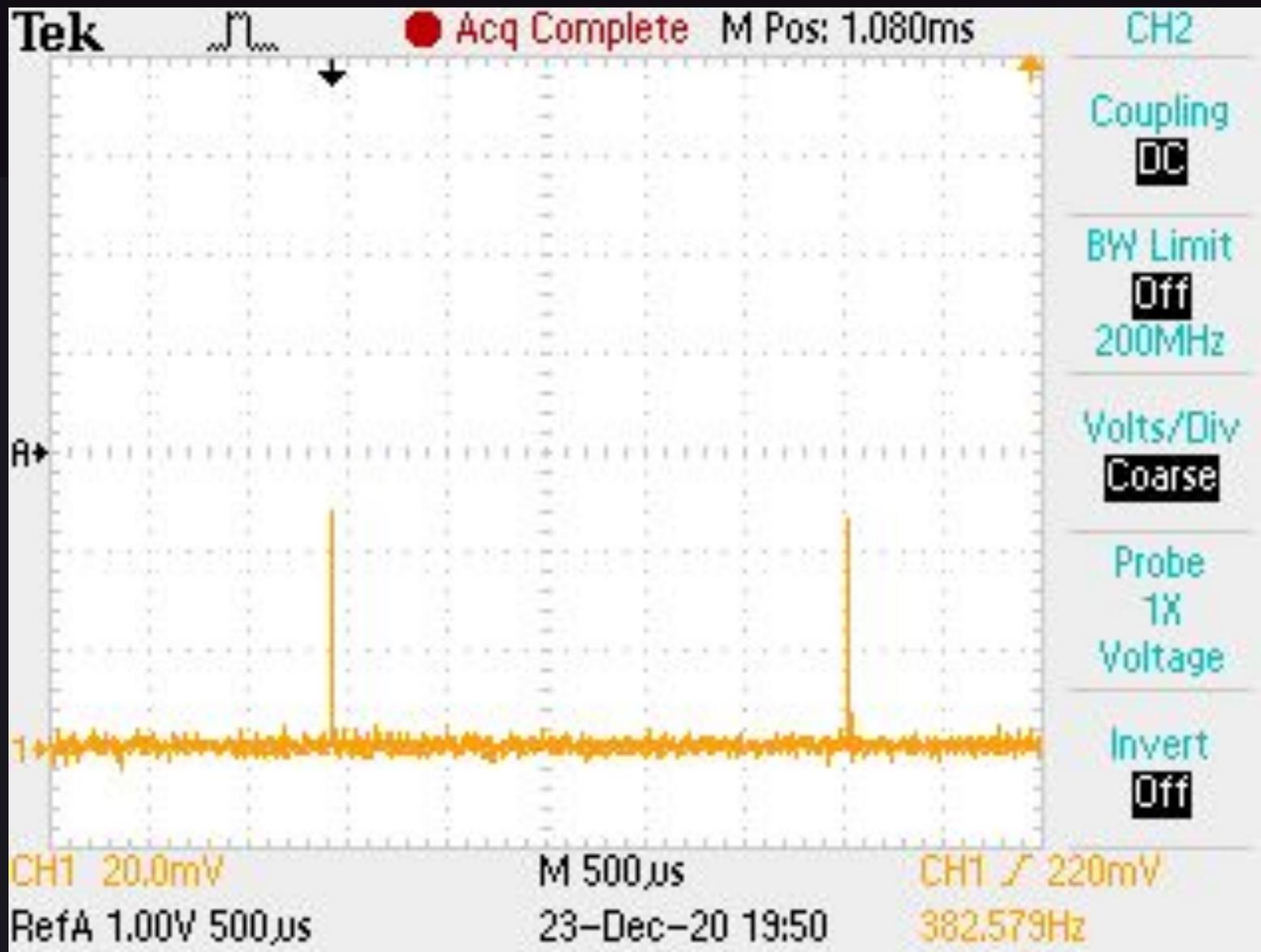
Спасибо за внимание

BACKUP

Осциллограмма сигналов



Осциллограмма сигналов



Моделирование в Geant4

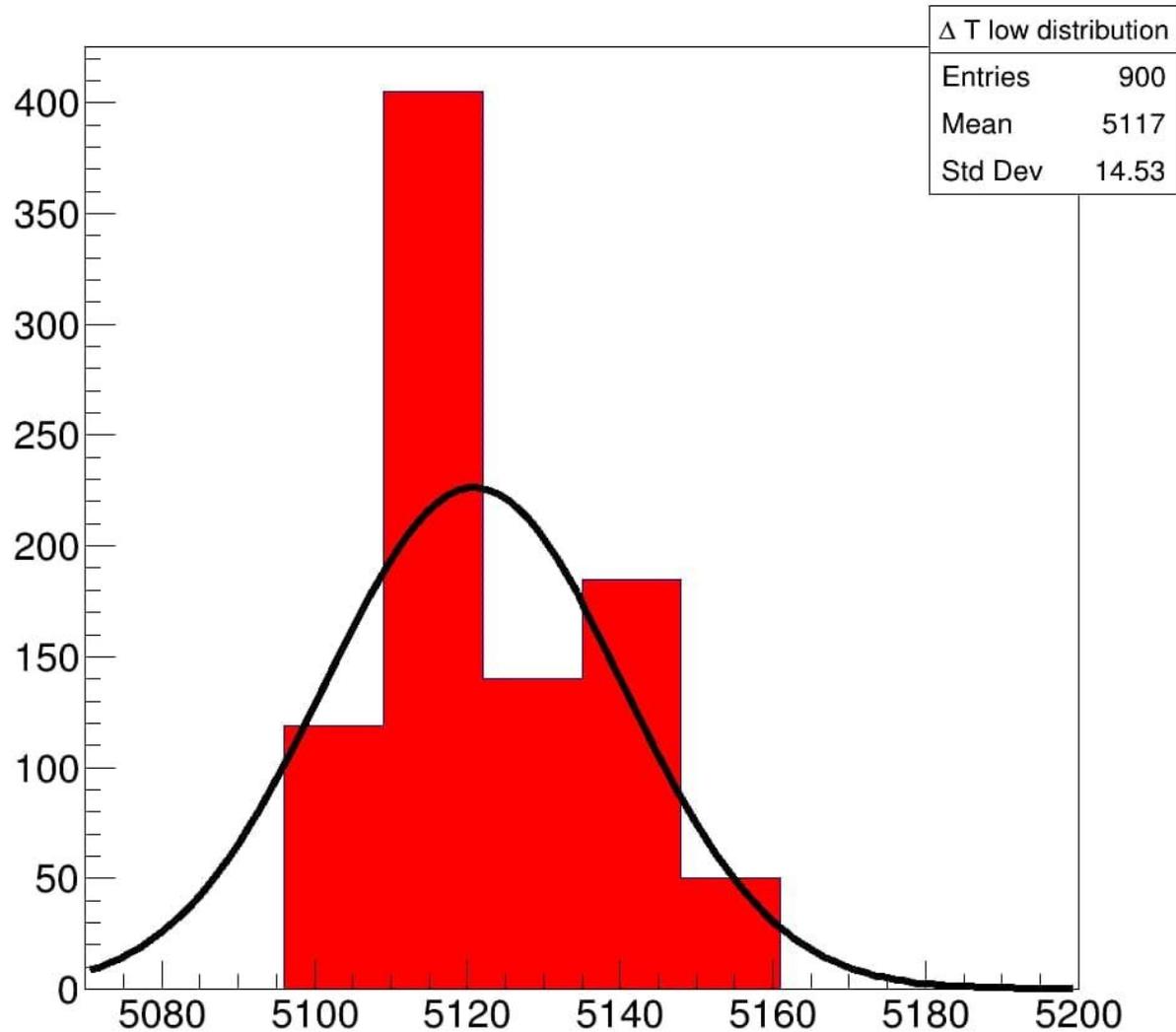


```
292
293 G4Material* scint_mat = nist->FindOrBuildMaterial("G4_BARIUM_FLUORIDE");
294   scint_mat->SetMaterialPropertiesTable(myMPT1);
295   G4ThreeVector pos_sc1 = G4ThreeVector(0, 0.*cm, 5.*cm);
296
297   G4double scint_dr = 0.5*cm;
298   G4double scint_dz = 75*mm;
299   G4RotationMatrix* rot = new G4RotationMatrix();
300   rot->rotateY(90.*deg);
301
302   G4Tubs* scintShape =
303     new G4Tubs("Scintillator", 0., scint_dr, scint_dz, 0., 2*M_PI*rad);
304
305
306
307   G4LogicalVolume* logicShapeSc =
308     new G4LogicalVolume(scintShape,           //Форма
309                         scint_mat,           //Материал
310                         "Scintillator");     //Имя
311
312   new G4PVPlacement(rot,                       //Поворот
313                     pos_sc1,                 //Расположение
314                     logicShapeSc,           //Собственный логический объем
315                     "Scintillator",         //Имя
316                     logicWorld,             //Родительский логический объем
317                     false,                  //Без булевых операций
318                     0,                       //Количество копий
319                     checkOverlaps);         //Проверка пересечений пространств
320
321   //
322   fScoringVolume = logicShapeSc;
323
324 // Mylar 1
325
326   G4double mylar_z = 75*mm;
327   G4double mylar_R = 5.02*mm;
328   G4double mylar_r = 5*mm;
329
330   G4VSolid* mylarS = new G4Tubs("Mylar1", mylar_r, mylar_R, mylar_z, 0., 2*M_PI*rad);
331
332   G4LogicalVolume*   mylarLV;
333   G4VPhysicalVolume* mylarPV;
334
```

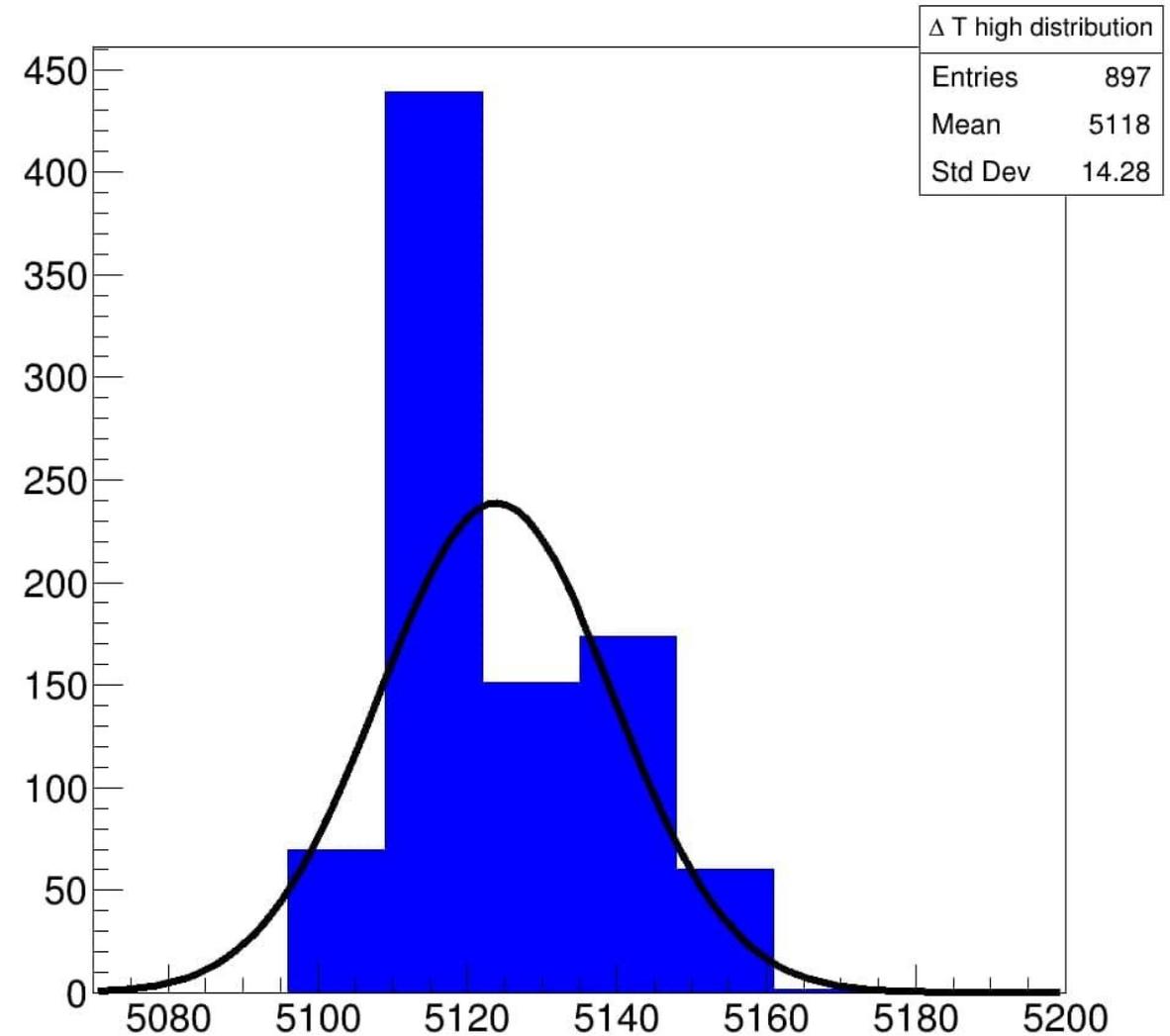
Гистограммы с фитом



ΔT low distribution



ΔT high distribution



Гистограмма с фитом

