



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2001–36

ОНФ

С.Н. Головня, А.А. Киряков, А.Г. Холоденко, Ю.П. Цюпа
Институт физики высоких энергий, Протвино

Г.А. Богданова, В.Ю. Волков, Д.Е. Карманов, М.М. Меркин
*Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва*

ТЕСТИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ МИКРОСТРИПОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ УСТАНОВКИ СВД-2

Протвино 2001

Аннотация

Головня С.Н. и др. Тестирование модулей микроstriповых детекторов установки СВД-2.: Препринт ИФВЭ 2001–36. – Протвино, 2001. – 10 с., 7 рис., 3 табл., библиогр.: 8.

Описана процедура входного тестирования модулей микроstriповых детекторов вершинной части установки СВД-2. Приведены основные характеристики модулей, полученные в ходе тестирования.

Abstract

Golovnja S.N. et al. Testing the Mikrostrips Detectors Nodules of SVD-2 Experiment.: IHEP Preprint 2001–36. – Protvino, 2001. – p. 10, figs. 7, tables 3, refs.: 8.

The input control test of the microstrip silicon detectors of the vertex part of SVD-2 set-up is described. The main results of test are given.

Введение

Прецизионная вершинная часть установки СВД-2 включает в себя 6 плоскостей микростриповых детекторов с шагом 25 мкм, 4 — с шагом 50 мкм и активную кремниевую мишень [1, 2]. Конструктивно микростриповые детекторы размещены в трех автономных охлаждаемых боксах [3], смонтированных на общей платформе. Два первых бокса содержат по две плоскости детекторов с шагом 25 мкм, использующихся для локализации точки входа первичной пучковой частицы в активную мишень, третий бокс включает в себя две плоскости 25-мкм детекторов пучкового телескопа, 5 плоскостей активной мишени, 4 трековых плоскости с шагом 50 мкм и две плоскости с шагом 100 мкм, использующиеся для трассировки вторичных частиц с вершиной взаимодействия в активной мишени. Особенностью механической конструкции охлаждаемых боксов является последовательная пошаговая их сборка в процессе монтажа и, как следствие, затрудненный демонтаж неисправной плоскости, требующий значительных трудозатрат. Это налагает жесткие требования к входному контролю элементов вершинной части. Активная мишень, являющаяся законченной конструкцией, легко испытывается автономно перед монтажом [4, 5]. Входное испытание микростриповых плоскостей велось по следующей схеме:

- снимались вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики детектора, и выбиралось оптимальное напряжение смещения;
- регистрировались сигналы от β -частиц источника ^{90}Sr с использованием усилительного тракта и системы считывания данных, эквивалентных рабочим;
- локализовались и, по возможности, устранялись отмеченные в детекторе неисправности;
- прошедшие входной контроль детекторы монтировались на штатное место в охлаждаемом боксе.

Характеристики модуля

Описание модуля

Внешний вид модуля микрострипового детектора приведен на рис. 1. В модуль входит однокоординатный кремниевый детектор (плоскость), смонтированный и разваренный на прямоугольную коммутационную промежуточную плату, выполненную из керамики и вклеенную в центре диска из стеклотекстолита. Диск закреплен в бронзовом кольце-спейсере, обеспечивающем нормированный зазор между плоскостями при сборке модулей

в пакет внутри охлаждаемого бокса. Посредством разварки печатные проводники на промежуточной плате соединены на стеклотекстолитовом диске с печатной разводкой, связывающей периметр платы и окружность диска. По окружности диска распаяны скрученные пары проводников, собранные в косички. Проводники связывают через промежуточные разъемы детектор и электронику переднего края. Электроника переднего края смонтирована на печатных платах, размещенных на внешней стороне охлаждаемых боксов. Каждый разъем коммутируется с отдельным блоком-модулем электроники переднего края. Блок-модуль содержит 4 чипа AMPLEX [6], обслуживающих 4x16 стрипов детектора. Четные и нечетные стрипы соединены с различными AMPLEX.

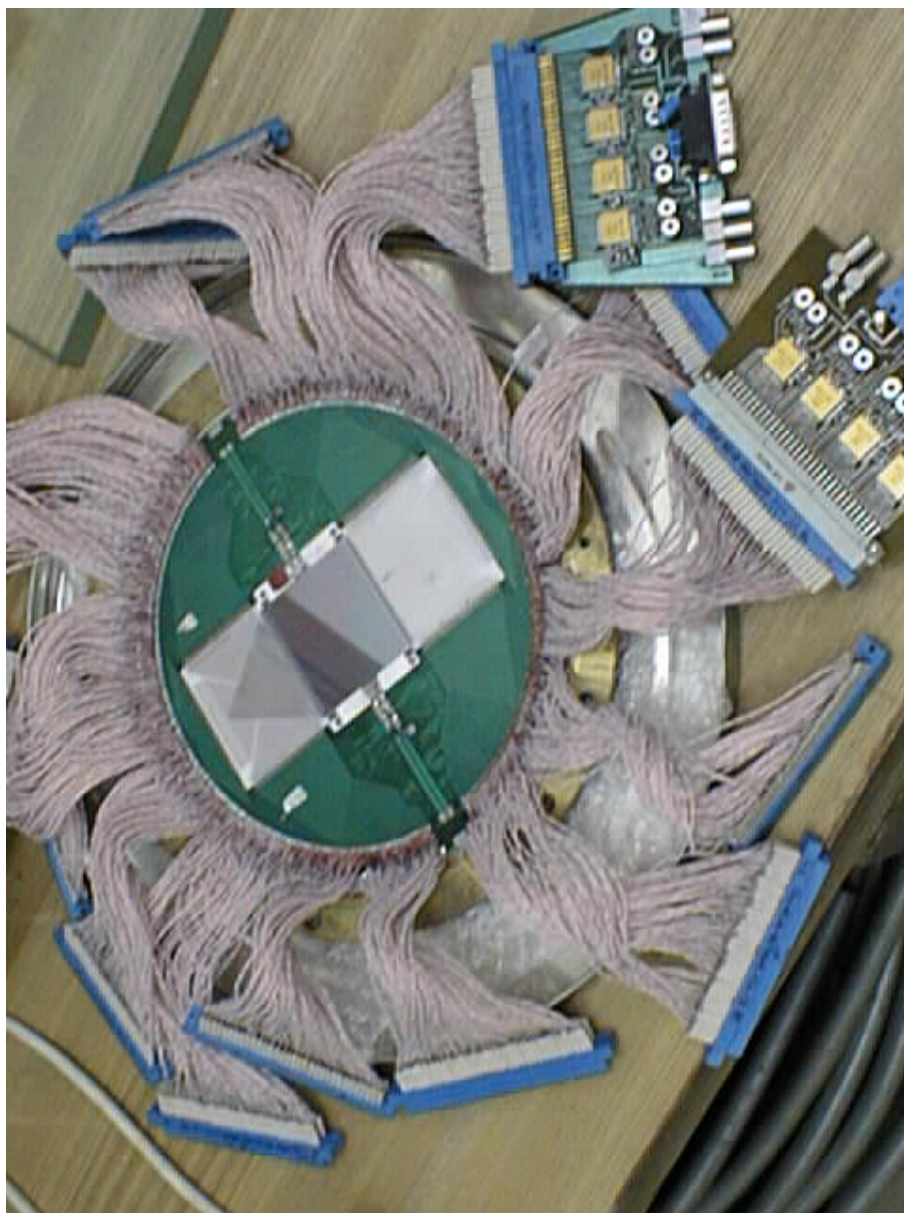


Рис. 1. Внешний вид модуля микрострипового детектора.

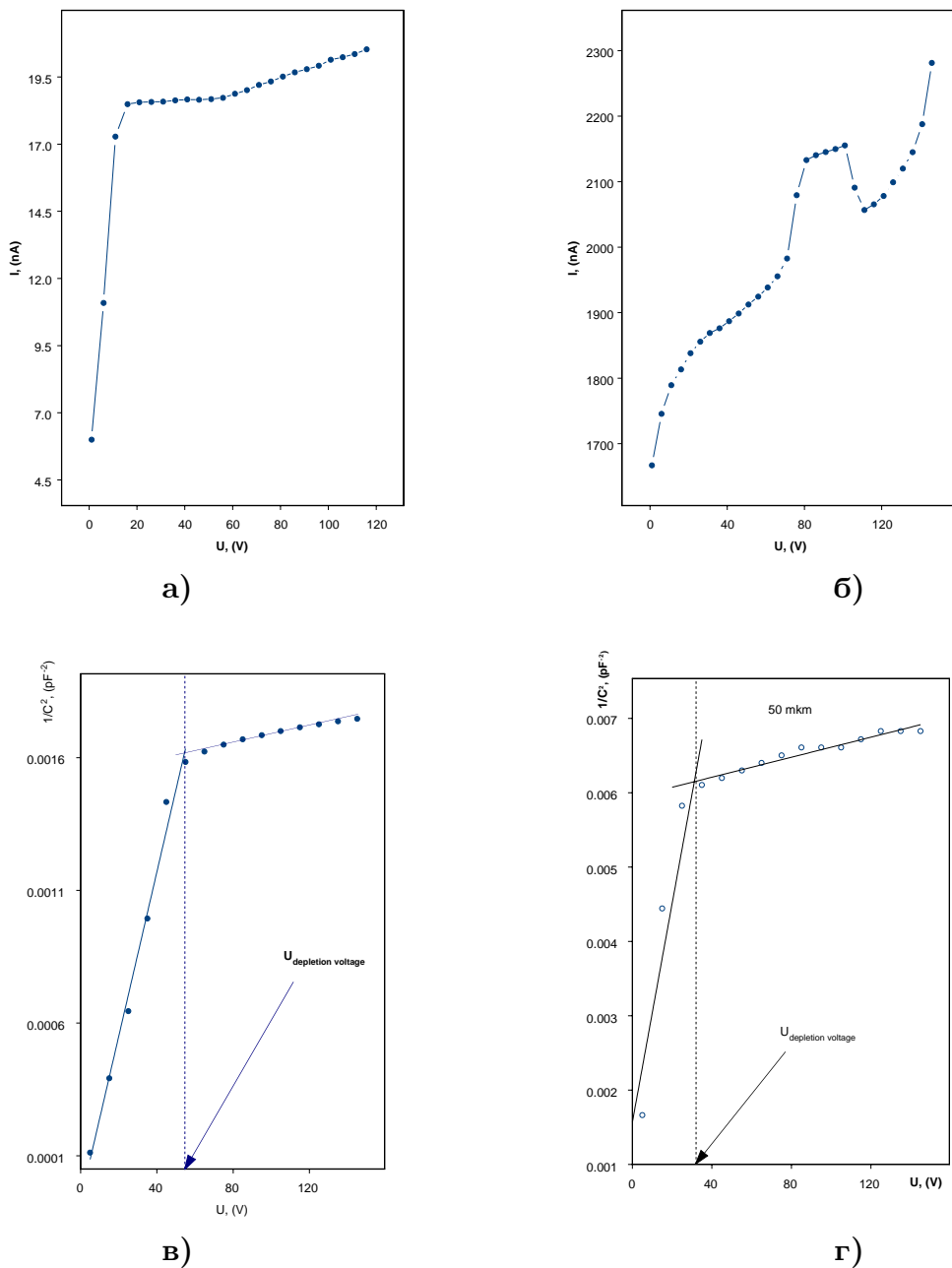


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики для “хорошего” и “плохого” детекторов – (а, б). Зависимость величины $1/C^2$ от напряжения для 25- и 50-мкм детекторов – (в, г).

Электрические характеристики

Съем вольт-амперной и вольт-фарадной характеристик детекторов велся с использованием автоматического специализированного стенда [7].

Типичная вольт-амперная характеристика “хорошего” детектора приведена на рис. 2а. На рис. 2б в качестве примера дана характеристика детектора с повышенным значением темнового тока и наличием относительно большого числа “плохих” стрипов.

Нами использовался способ определения величины напряжения полного обеднения ($U_{n.o.}$), аналогичный детально описанному в работе [7]. Для этого с шагом 5 вольт снималась зависимость емкости $C(U)$ между p -областью детектора и его обратной стороной от величины напряжения смещения. На рис. 2в представлены зависимости параметра $1/C^2$ от величины напряжения смещения для 25- и 50-мкм детекторов, где C — емкость детектора. Можно видеть, что характеристика состоит из крутого начального участка и пологого плато. Плато в идеальном случае соответствует неизменной емкости полностью обедненного детектора. У реального детектора емкость в области плато слабо падает с напряжением (в частности, из-за краевых эффектов). В качестве $U_{n.o.}$ выбиралось значение, соответствующее точке пересечения прямых, одна из которых аппроксимирует плато, другая — начальный участок кривой вольт-фарадной зависимости. На рисунке выбранное значение $U_{n.o.}$ указано стрелкой.

Тестирование модуля

Схема проведения измерений приведена на рис. 3. Проверка тракта модуля в целом велась регистрацией отклика детектора на прохождение сквозь него β -частиц от радиоактивного источника. Триггерный сцинтилляционный счетчик размещался за детектором. Сцинтиллятор счетчика просматривался двумя фотоумножителями, включенными на совпадение. Считывание данных с детектора велось с использованием фрагмента рабочей версии системы сбора данных установки СВД-2.

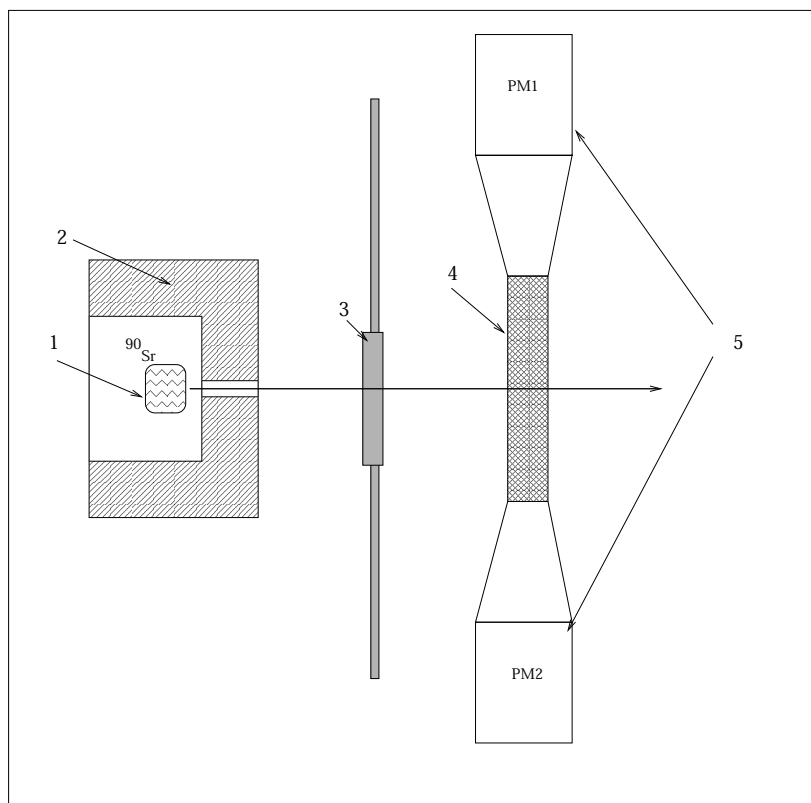


Рис. 3. Схема измерений. 1 — β -источник, ^{90}Sr ; 2 — коллиматор; 3 — тестируемый детектор; 4 — пластический сцинтиллятор; 5 — ФЭУ.

Взаимовлияние каналов

Влияние сигнала в канале детектора на прилегающие каналы исследовалось определением величины коэффициента корреляции в шумовом распределении.

Значения коэффициентов в двух различных каналах, принадлежащих одному усилительному блоку (K_1) и двум различным усилительным блокам (K_2), приведены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции для детекторов с межстриповым расстоянием 25 и 50 мкм.

Расстояние между стрипами, мкм	K_1	K_2
25	0.0966	0.0051
50	0.1540	0.0003

Видно, что корреляция между двумя различными усилительными блоками отсутствует, однако между каналами одного усилительного блока она составляет 10 – 15%.

Деление сигнала между стрипами

При прохождении частицы в детекторе обычно оказываются “зажженными” более одного стрипа — между соседними стрипами происходит дробление заряда, поэтому при обработке необходимо определять группу “зажженных” стрипов (кластер). Суммарный сигнал в кластере соответствует полному заряду, оставленному частицей в детекторе.

Поиск кластера в событии проводился нами по методике, аналогичной использованной в работе [8], и проходил в три этапа:

- просматривались все стрипы и выделялись каналы с уровнем сигнала выше $tr1 = 4 * \sigma(i)$ (σ — уровень шума в i -канале);
- к ним добавлялись соседние каналы с уровнем сигнала, превышающим значение $tr2 = 2 * \sigma(j)$;
- событие принималось, если суммарный сигнал всех выделенных каналов превышал значение $tr3 = 6 < \sigma >$; $< \sigma >$ — усредненное по всему детектору значение RMS шума.

Процедура продолжалась до тех пор, пока не будут просмотрены все стрипы детектора.

При нахождении кластеров использовались несколько комбинаций размеров $tr1$, $tr2$ и $tr3$ с целью выявления наиболее оптимальной. Для данного случая — это непрерывный спектр β -частиц (источник ^{90}Sr), были выбраны следующие значения критериев отбора: $tr1=4$, $tr2=1.5$, $tr3=0$.

Следует отметить, что используемый нами критерий отбора соседних стрипов в кластер критичен к величине параметра $tr2$, вследствие заметного взаимовлияния соседних каналов одного усилительного блока, и несколько завышает истинный размер кластера.

В табл. 2 приведено нормированное распределение кластеров по их размеру для детекторов с межстриповым расстоянием 25 и 50 мкм.

Таблица 2. Зависимость относительного числа кластеров от их размера.

Расстояние между стрипами	Размер кластера						
	1	2	3	4	5	6	7
25	0.3780	0.3876	0.1874	0.0378	0.0051	0.0016	0.0003
50	0.5250	0.3422	0.1189	0.0126	0.0015	—	—

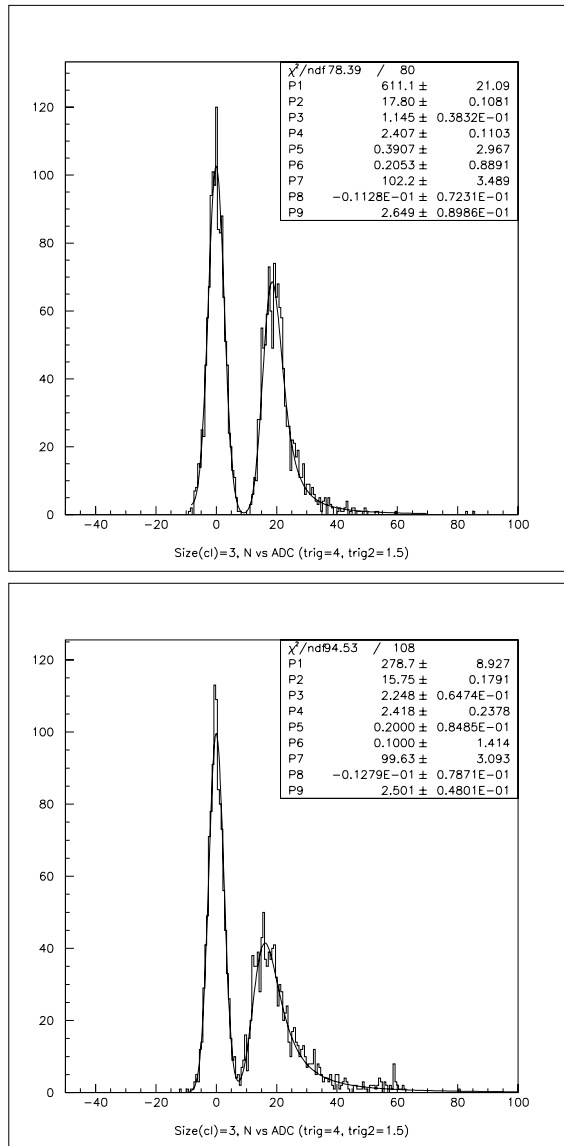


Рис. 4. Амплитудное распределение сигнала (3-стриповые кластеры) и соответствующие нормированные шумовые распределения (левый пик) для детектора с шагом 50 мкм (верхний рисунок) и для 25-мкм детектора (нижний рисунок).

Амплитудные распределения сигналов-откликов детекторов с шагом 50 и 25 мкм, полученные поканальным суммированием сигналов в кластерах, приведены на рис. 4. Для сравнения на рисунке также приведены нормированные на площадь пьедестальные распределения в этих же кластерах.

Аппроксимация распределения на рис. 4 проводилась функцией

$$f(x) = F(x) + G(x),$$

где $F(x) = \int L(x + y) * G(y) dy$ — свертка распределения Ландау и нормального распределения; $G(x)$ — нормальное распределение.

Отношение СИГНАЛ/ШУМ

На рис. 5 показано значение шума в зависимости от номера стрипа (детектор с шагом 25 мкм). Можно видеть, что уровень шума в нечетных каналах несколько выше, чем в четных. Это является следствием того, что четные и нечетные стрипы скоммутированы на различные экземпляры AMPLEX. Амплитудное распределение шума в каналах детектора представлено на рис. 6.

Величина отношения СИГНАЛ/ШУМ определялась для сигнала в каждом из каналов. Распределения отношения СИГНАЛ/ШУМ для детекторов с шагом 25 и 50 мкм приведены на рис. 7.

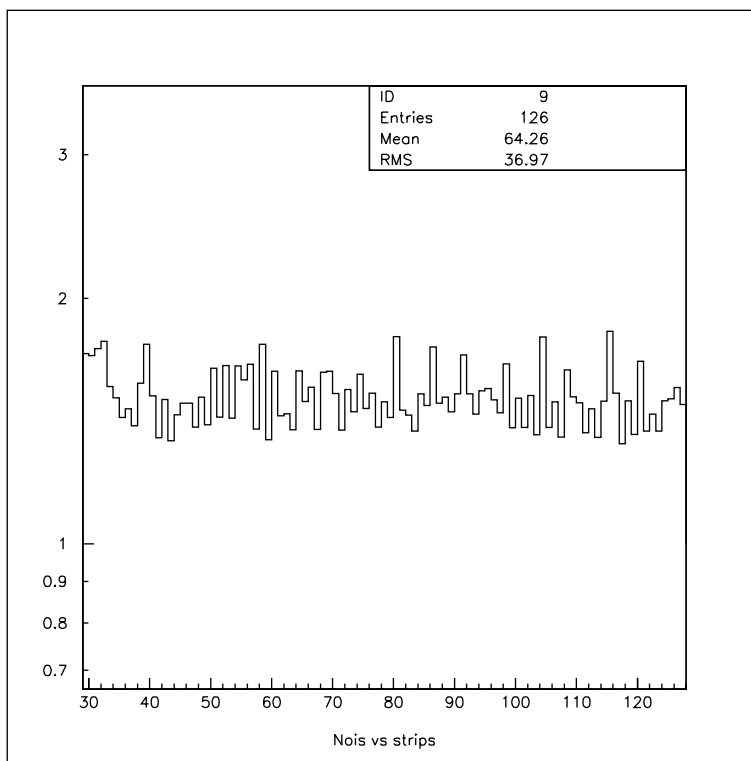


Рис. 5. Уровень шума как функция от номера стрипа.

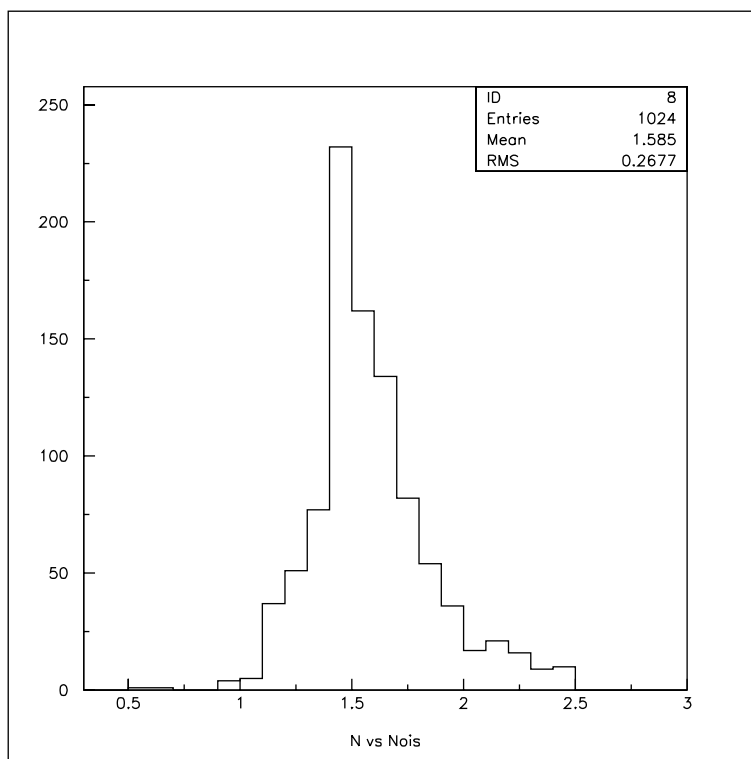
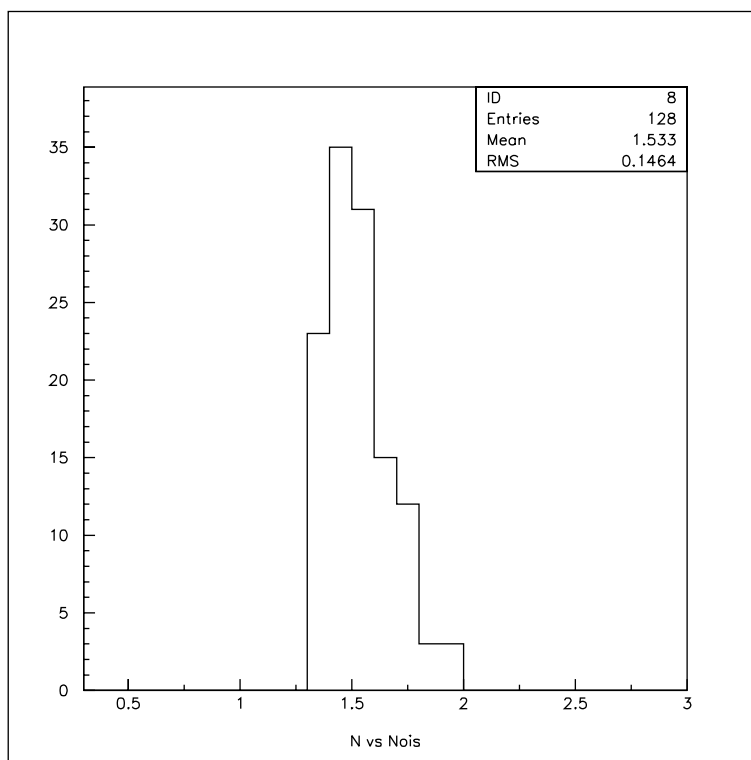


Рис. 6. Шумовое распределение всех каналов для 25- и 50-мкм детекторов.

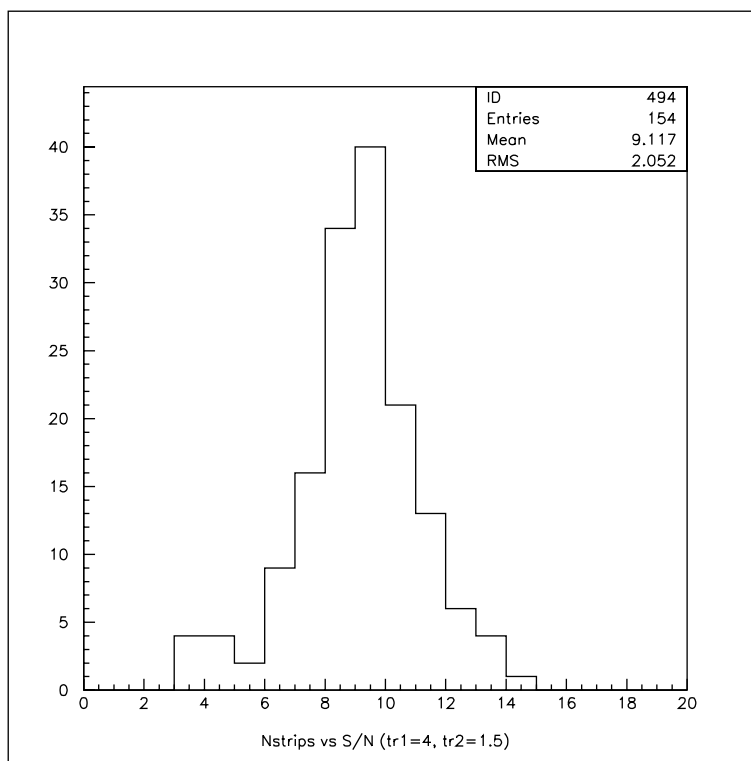
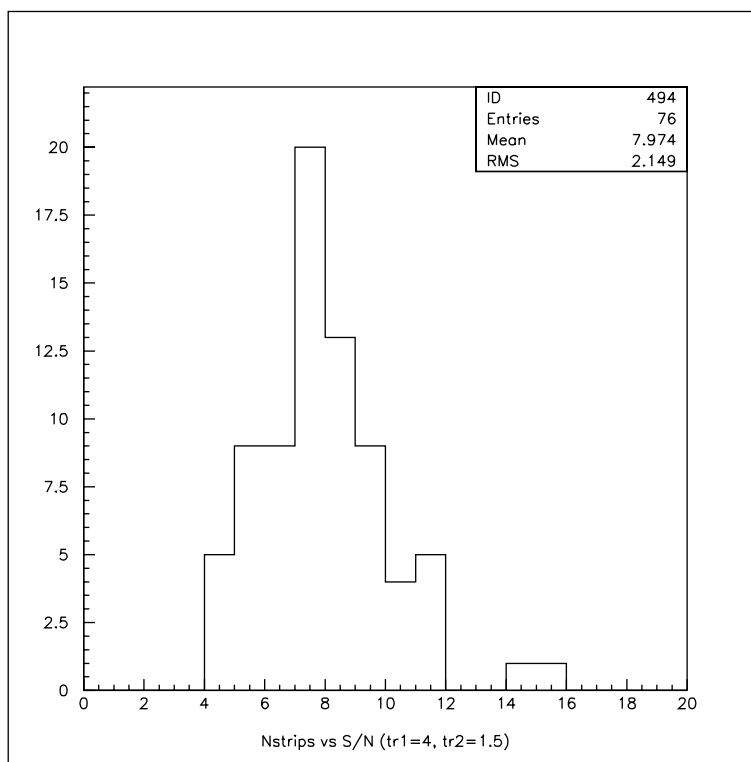


Рис. 7. Распределение отношения СИГНАЛ/ШУМ у детекторов с шагом 25 и 50 мкм.

Средние значения отношения СИГНАЛ/ШУМ составляют 7.97 и 9.12 для 25- и 50-мкм детекторов соответственно. Значения RMS сигнала и шума, усредненные по всем каналам детектора, приведены в табл. 3. Из таблицы видно, что средняя величина шума в каналах много меньше, чем RMS сигнала, и составляет приблизительно 3.98 и 2.83% от сигнала для 25 и 50 мкм соответственно. Это означает, что ширина сигнала практически полностью определяется флуктуациями ионизированных потерь в детекторе.

Таблица 3. Средние значения RMS сигнала и шума.

Расстояние между стрипами, мкм	Средняя величина RMS шума в каналах	RMS сигнала
25	1.42	5.49
50	1.35	6.71

Заключение

Прошедшие входное тестирование модули полупроводниковых детекторов были смонтированы в вершинной части установки СВД-2 и успешно отработали весенний сеанс 2001 года на ускорителе У70 ИФВЭ.

Авторы благодарны профессору П.Ф. Ермолову за постоянный интерес и всемерную поддержку настоящей работы.

Список литературы

- [1] Ardashev E.N. et al.– Preprint ИИЕР 96-98, Протвино, 1996.
- [2] Ардашев Е.Н. и др. – Препринт НИИЯФ МГУ 99-28/586, Москва, 1999.
- [3] Боголюбский М.Ю. и др. – Препринт ИФВЭ 2000-23, Протвино, 2000.
- [4] Ардашев Е.Н. и др. – Препринт ИФВЭ 2001-31, Протвино, 2001.
- [5] Воробьев А.П. и др. – Препринт ИФВЭ 97-10, Протвино, 1997.
- [6] Beuville E. et al. – Preprint CERN-EF/89-9, 1989; NIM A288 (1990) 157.
- [7] Баранова Н.В., Баншинджагян Г.Л., Воронин А.Г. и др. – Препринт НИИЯФ МГУ 95-43/407, Москва, 1995.
- [8] Straver J., Toker O., Weilhammer P. et al. Preprint CERN-PPE/94-26, 1994.

Рукопись поступила 20 сентября 2001 года

С.Н.Головня и др.

Тестирование модулей микроstriповых детекторов установки СВД-2.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L^AT_EX.

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 25.09.2001 г. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.

Печ.л. 1,25. Уч.-изд.л. 1. Тираж 130. Заказ 146. Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий

142284, Протвино Московской обл.

