

Микростриповые детекторы на основе N-кремния ЗТМК

*В.И.Кулибаба¹⁾, Н.И.Маслов¹⁾, В.Д.Овчинник¹⁾, И.М.Прохорец¹⁾, В.Н.Борщёв²⁾,
В.В.Дорохов²⁾, В.Е.Старков²⁾*

¹⁾ННЦ ХФТИ, г. Харьков, ²⁾НИТИП, г. Харьков

1. ВВЕДЕНИЕ

Координатные микростриповые детекторы (МСД) используются в физике высоких энергий уже более 20 лет [1]. Достигнуты великолепные результаты по статистическим и спектральным характеристикам детекторов, по применению координатных детекторов в физическом эксперименте [2-4] и медицине [5].

Настоящая работа посвящена изучению характеристик микростриповых детекторов (МСД), изготовленных на основе Запорожского титано-магниевого комбината (ЗТМК, Украина).

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТЕКТОРНОГО КРЕМНИЯ

Для изготовления координатных микростриповых детекторов обычно используется n-тип кремния с удельным сопротивлением 3÷6 кОм·см, диаметром 3 или 4 дюйма [6,7]. Такой кремний относительно недорог и доступен. Указанное удельное сопротивление позволяет эксплуатировать детекторы при достаточно низких напряжениях смещения ~50В.

В настоящей работе при изготовлении МСД использовался 3-х дюймовый кремний n-типа, поставленный ЗТМК. Ориентация пластин <111> и <100>, толщина 300 мкм. Сопротивление кремния в случае ориентации <111> от 3000 до 5000 кОм·см, а в случае ориентации <100> от 4000 до 5000 кОм·см. Время жизни неравновесных носителей заряда для обоих типов кремния более 1000 мкс.

3. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРОВ

Тестовые структуры микростриповых детекторов разрабатывались без интегрированных ёмкостей и сопротивлений для прямого подсоединения считывающей электроники.

Тестовые структуры были изготовлены в виде отдельных детекторов большой площади, а также в виде нескольких структур с различным шагом и шириной стрипа, объединённых общим защитным кольцом.

3.1. Тестовые структуры в виде отдельных детекторов изготавливались с использованием кремния с ориентацией <111> (детектор 1) и с ориентацией <100> (детектор 2).

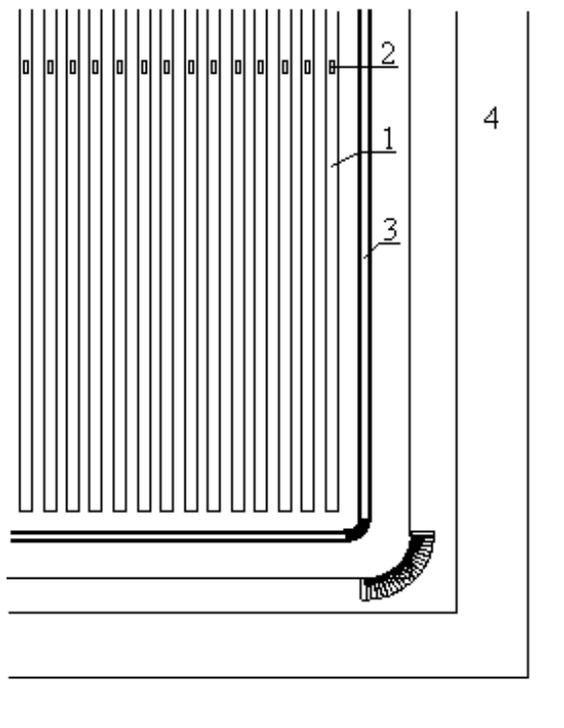


Рис. 1. Вид сверху на угол p^+ -стороны микрострипового детектора. 1– p^+ -стрип, 2– контактная площадка, 3– p^+ -защитное кольцо, 4– n^+ -защитное кольцо.

Геометрия детекторов 1 и 2 одинаковая. Активная зона 32x60 мм, шаг - 50 мкм, ширина стрипа 10мкм, длина стрипа 60 мм.

3.2. Тестовая структура с общим защитным кольцом, содержащая три структуры с различным шагом и шириной стрипов, изготовлена из кремния <100>. Длина стрипов во всех трёх случаях составляла 55 мм, размеры шагов и ширин для детекторов 3_a , 3_b и 3_v приведены в таблице.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Электрические характеристики микроstriповых детекторов измерялись с помощью зондовой установки. Смещение подавалось одновременно на три стрипа. Крайние два стрипа выполняли функцию защитного кольца, а средний стрип подключался к наноамперметру. Измерение обратных токов утечки проводилось с точностью лучше, чем 0,5 нА. Спектральные характеристики микроstriпового детектора измерялись с помощью интегрированного 32-х канального считывающего чипа OLA [8].

Токи утечки на один стрип для обоих детекторов (1 и 2) при напряжении полного обеднения не превышают 10 нА.

В таблице приведены размеры и величины токов утечки для тестовых структур с различным шагом и шириной стрипов - детекторы 3_a и 3_b .

Тестовая структура	Шаг мкм	Ширина стрипа, мкм	Длина стрипа, мм	Ток утечки при полном обеднении
3_a	50	10	55	8
3_b	100	20	55	10
3_b	100	40	55	8

Токи утечки для структуры с шагом 50 мкм близки к токам утечки для детекторов 1 и 2. Токи утечки для детекторов 3_b и 3_b с шагом 100 мкм несколько выше. Причём для детектора 3_a , имеющего меньшую ширину стрипа при равном шаге, средний ток утечки выше. Это, вероятно, можно объяснить дополнительным вкладом в ток утечки поверхностной генерации неосновных носителей [6].

Напряжение обеднения для детекторов, изготовленных с использованием кремния с сопротивлением 3–6 кОм·см, составляет ~50 В, для детекторов с использованием более высокоомного кремния (4–5 кОм·см) ~40 В. Это соответствует расчётным величинам для кремния с такими параметрами.

Как по напряжению обеднения, так и по токам утечки, характеристики односторонних детекторов удовлетворяют требованиям экспериментов [8] и примерно соответствуют характеристикам детекторов, изготовленных на основе кремния фирмы “Wacker”. Например, предельная величина токов утечки 10 нА на стрип приводится для детекторов с подобной геометрией фирмами “Micron Semiconductor” и “Detector Technology”.

На рис. 2 показан спектр (2) от источника ^{241}Am , измеренный с одиночного стрипа, шаг – 100 мкм. Кривая 1 на этом рисунке – шумовой спектр. Отношение сигнал/шум >20. Величина отношения удовлетворяет требованиям современных экспериментов, предъявляемым к микроstriповым детекторам.

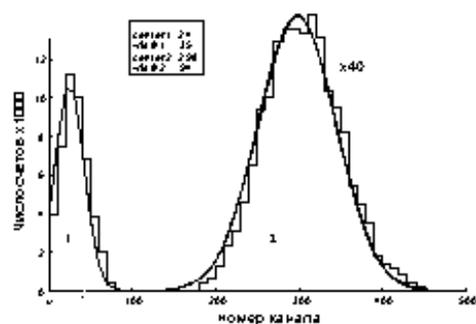


Рис. 2. Спектр ^{241}Am с одиночного стрипа.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эта работа финансировалась Министерством науки Украины. Авторы выражают благодарность за поддержку работы.

Авторы также выражают благодарность за поддержку и помощь в этой работе коллаборации эксперимента ALICE CERN. Особую благодарность авторы выражают за полезные обсуждения и помощь О. Runolfsson, Р. Giubellino и со-трудникам, принимавшим участие в этой работе.

Литература

1. J. Kemmer, NIM {169} (1980) 499.
2. R. Bailey et al., NIM {226} (1984) 56.
3. G. Batignoni et al., Nucl. Phys. {B23} (1991) 291.
4. A.S. Schwarz, Internal Note ALEPH 92-97.
5. Fabio Sauli. High-rate, position-sensitive radiation detectors: recent developments and application in particle physics, medicine and biology. CERN-PRE/94-150, 24 August 1994.
6. A. Holmes-Siedle et al., NIM {A339} (1994) 511.
7. J. Matheson et al., CERN-PRE/94-223.
8. ALICE. Technical proposal for A Large Ion Collider Experiment. CERN/LHCC/93-16/I 4/1 March 1993. Rev. 31 March 1993
9. E. Nygard et al., CMOS low noise amplifier for microstrip readout design and results. CERN-PRE/90-142 (October 1990).

Статья поступила в редакцию 25 мая 1998 г.,
в издательство 1 июня 1998 г.