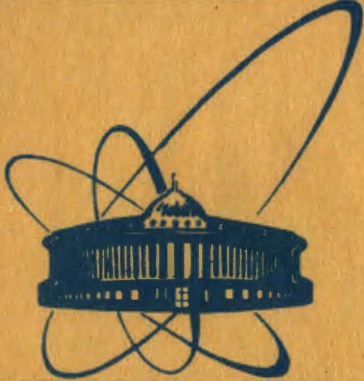


e +



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

1949/83

18/4-83  
1-83-27

Ю.К.Акимов

КРЕМНИЙ В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1983

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В физике высоких энергий кремниевый детектор стал рабочим инструментом, когда был введен в камеру ускорителя для идентификации и измерения энергетического спектра частиц отдачи в исследованиях процессов рассеяния частиц пучка на малые углы <sup>/1/</sup>. Следующим важным этапом в развитии кремниевой методики было использование кремния в качестве активной <sup>/11/</sup> «живой» мишени <sup>/2/</sup>.

Эксперименты, проведенные в 60-70-е годы при помощи полупроводниковых детекторов на ускорителях ОИЯИ, ИФВЭ, ЕрФИ, Лаборатории им. Ферми /США/ и в ЦЕРНе, не только позволили получить хорошо известные в настоящее время научные результаты, но и убедительно продемонстрировали возможность успешного применения кремниевых детекторов, особенно тонких  $\leq 1$  мм/, в условиях относительно интенсивной радиации и больших помех на ускорителях релятивистских частиц. Были проведены также специальные измерения радиационной стойкости поверхностно-барьерного кремниевых детектора на ускорителе Лаборатории им. Ферми <sup>/17/</sup> /на том же месте, которое первоначально было организовано для ОИЯИ-США экспериментов/. Детектор имел площадь  $S=1$  см<sup>2</sup> и толщину  $d=0,5$  мм. После прохождения через него  $5 \div 6 \cdot 10^{12}$  протонов с энергией 500 ГэВ не наблюдалось существенных изменений в энергетическом спектре частиц.

## 2. ПОЛОСКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

В центре внимания многих экспериментаторов в настоящее время находятся детекторы, выполненные в виде полосок на одной и той же кремниевой подложке. Заметим, что перспективность применения таких детекторов для определения координат релятивистских частиц с точностью  $100 \div 10$  мкм рассматривалась ранее, в частности, автором этой статьи <sup>/3/</sup>.

Современная технология позволяет изготавливать детекторы с шириной полосок в микронной шкале. Для увеличения радиационной стойкости и быстрого действия толщину детекторов следует выбирать как можно меньшей. Ограничение накладывается ухудшением отношения сигнала к шуму. Релятивистская частица теряет в 100 мкм кремния в среднем  $3/4$  кэВ /  $d=300-500$  мкм/; наиболее вероятные потери при этом составляют 29 кэВ <sup>/4/</sup>. На образование одной электронно-дырочной пары в кремнии расходуется 3,6 эВ, т.е. наиболее вероятная амплитуда сигналов будет соответствовать ~8000 электронно-дырочных пар.



Время собирания заряда  $T$  в  $p$ - $n$ -переходе определяется удельным сопротивлением материала  $\rho$ <sup>/6/</sup>. В рассматриваемых ниже примерах  $\rho = 2 \div 20$  кОм. Типичное значение  $T \approx 10 \div 20$  нс для детектора толщиной  $d=100$  мкм.

Среднеквадратичное значение диффузии электронов и дырок на пути 100 мкм составляет  $\sim 4$  мкм.

В одной из первых экспериментальных работ<sup>/6,16/</sup> на кремневой подложке  $20 \times 30 \times 0,4$  мм<sup>3</sup> было размещено 100 полосок шириной 100 мкм и с тем же пробелом между ними, т.е. шаг составлял 200 мкм. Таким детектором в ЦЕРНе был измерен профиль пучка релятивистских пионов. Наиболее вероятный сигнал составлял 120 кэВ, а шумы - 30 кэВ /полная ширина на полувысоте спектра/. Частицы регистрировались и в тех случаях, когда они попадали между пробелами. Только при попадании в зону шириной 16 мкм возникали двойные сигналы, т.е. оба сигнала на соседних полосках были примерно одинаковыми. Интересно отметить, что, как указывается в другой работе<sup>/18/</sup>, двойные сигналы не наблюдались в детекторах, изготовленных путем ионной имплантации. В этой работе детекторы имели площадь  $30 \times 60$  мм<sup>2</sup> и на них были нанесены полоски с шагом 200 мкм. Эффективность регистрации частиц была близка к 100%. Время нарастания сигналов после прохождения их через усилители составляло 15 нс, а спада - 40 нс, что обеспечивало работоспособность аппаратуры с загрузкой до  $10^6$  имп./с на каждый канал. Авторы рассматривают дальнейшее уменьшение ширины полосок с целью получения разрешения  $\sim 10$  мкм.

### 3. СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ ЧИСЛА ВЫХОДОВ В ДЕТЕКТОРЕ

С уменьшением ширины полосок растет, естественно, число их выходов в детекторе. Для ограничения количества усилителей группа полосок может быть соединена резистивной линией, и анализ сигналов, снимаемых с противоположных концов линии, позволяет найти место прохождения частицы<sup>/7/</sup>. Заметим, что диффузия заряда, не изменяющая положения его центра тяжести, на координатной точности здесь практически не сказывается даже в случае относительно толстых детекторов  $\sim 1$  мм/. В работе<sup>/19/</sup> на таких детекторах планируют получить разрешение  $\sim 10$  мкм.

В другом подходе используется емкостное деление заряда, при котором только часть полосок имеет выходы, а остальные находятся в "плавающем" состоянии<sup>/8/</sup>. Благодаря поверхностным токам все полоски в исходном состоянии находятся под одним и тем же потенциалом. Импульс заряда, возникший на какой-либо "плавающей" полоске, будет наводить сигналы на полоски с выходами. Амплитуда этих сигналов оказывается обратно пропорциональной расстоянию между данной и "плавающей" полосками. Авторы получили разрешение 12 мкм, и в их планах - улучшить результаты еще вдвое. Как преимущество емкостного деления заряда перед резистивным отмечается, что последний приводит к дополнительным шумам.

К интересным направлениям относится использование явления запоминания заряда в кремниевых диодах / $p$ - $i$ - $n$ -переходах/ при температуре жидкого гелия<sup>/20/</sup>. При небольшом запирающем напряжении в результате ухода электронов с примесных атомов образуются положительные ионы. Возникшие при ионизации /в радиусе  $\leq 1$  мкм/ электроны "прилипают" к ионам и удерживаются последним относительно долго. Эти электроны могут быть освобождены путем подачи большого импульса. Длительность импульса выбирается на порядок короче, чем время собирания электронов, что позволяет отделить их от управляющего импульса. Исследовались диоды с площадью  $0,2$  мм<sup>2</sup>. Сигналы от релятивистских пионов были несколько выше уровня шумов, обусловленных, в основном, неионизованными атомами примесей. Переход к диодам с меньшей в 4 раза площадью и применение диодов одновременно с  $p$ - и  $r$ -примесями в равновесном количестве должны существенно улучшить результаты. Из 13950 таких диодов намечено построить матрицу, в которой к 62 предусилителям подключается по 225 диодов.

### 4. МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Многообещающим координатным детектором может быть прибор с зарядовой связью (CCD)<sup>/21/</sup>, представляющий собой цепочку последовательно включенных ячеек, в которых может храниться и затем по этой линии перемещаться заряд, образованный, в частности, в результате ионизации заряженной частицей. Типичные размеры ячейки -  $S = 20 \times 20$  мкм<sup>2</sup> и  $d = 5-10$  мкм. CCD может содержать ряд таких линий. Съем информации с линий обычно производится поочередно, тем самым достигается большая экономия в электронике. Скорость считывания -  $0,1 \div 1$  МГц, а в отдельных разработках - до 10 МГц и выше. Для уменьшения шумов CCD охлаждаются до  $T \leq 210$  К. Исследовалась работа CCD с числом каналов  $100 \times 100$  на пучке пионов ЦЕРН<sup>/21/</sup>. Отношение сигнала к шуму было несколько выше единицы. Для надежной регистрации отдельных частиц этого пока недостаточно. В работе<sup>/22/</sup> рассматривается специальный тип CCD с однофазным питанием, отличающийся более низким уровнем шумов. Кроме того, этот тип более стоек к радиации. Отмечается, что стандартные CCD довольно чувствительны к радиационным повреждениям.

Для более надежной регистрации частиц требуется увеличение глубины ячеек CCD. Однако это не просто, поэтому рассматриваются гибридные и монокристалльные устройства, в которых более глубокие детектирующие ячейки делаются отдельно, и каждая из них имеет соединение со своей ячейкой CCD<sup>/22/</sup>.

Недостатком CCD является его относительно невысокая надежность. Выход из строя любого одного элемента в последовательной цепи передачи заряда приводит к неработоспособности всего прибора в целом. Кроме того, последовательный съем информации делает этот прибор недостаточно быстрым для применения в качестве триггера.



Другой подход состоит в создании многоканальных твердотельных устройств параллельного типа <sup>123/</sup>. При этом каждая детектирующая ячейка связана интегральным образом со своим полевым транзистором, действующим как изолирующий элемент, к которому подключается далее аналоговая и цифровая электроника. В конечном итоге планируется создать на одной подложке  $10^7$  каналов с полнотью интегральной электроникой.

## 5. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КООРДИНАТНЫХ КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Таким образом, в настоящее время развитие годоскопических полупроводниковых детектирующих систем базируется как на дискретных, так и на интегральных элементах. В перспективе последние сулят большие возможности с точки зрения получения максимального числа каналов и наилучшего разрешения. Однако устройства с полосковыми p-n-переходами, выполненными на отдельных кремниевых пластинах, дают пока более надежные результаты.

По сравнению с проволочными камерами кремниевые детекторы обладают лучшими координатными характеристиками и быстродействием. В работе <sup>124/</sup> приводится следующая таблица:

	Проволочные камеры	Кремниевые детекторы
Пространственное разрешение /мкм/	$\leq 200$	$\leq 50$
возможное разрешение /мкм/	50	несколько мкм
Число частиц, регистрируемых на $1 \text{ см}^2$	$\sim 1$	$\geq 10$
возможное число частиц	10	$10^6$
Максимальная скорость счета на $\text{см}^2/\text{с}$	$\leq 10^6$	$\geq 10^8$

В работе <sup>125/</sup> показывается, что полупроводниковые детекторы могут дать лучшее разрешение по массам частиц, чем дрейфовая камера.

Вследствие своих высоких характеристик как спектрометрических, так и координатных, кремниевые детекторы все в более широком масштабе начинают входить во многие экспериментальные установки физики высоких энергий.

## 6. УСТАНОВКИ С КРЕМНИЕВЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ

Кремниевые детекторы интересны, прежде всего, для проведения экспериментов с образованием короткоживущих очарованных и других частиц <sup>126/</sup>. Время жизни очарованных частиц ранее измерялось только

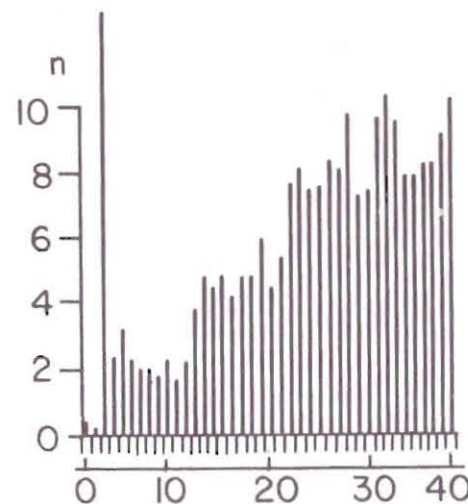


Рис.1 <sup>11/</sup>

фотографическими методами, которые, однако, не обеспечивают большой скорости набора статистики и не могут быть триггерами для другой аппаратуры. Первое измерение времени жизни очарованного мезона  $/9,5+3,1-1,9 \cdot 10^{-18} \text{ с}/$  электроникой было выполнено в ЦЕРНе на синхротроне с энергией протонов 400 ГэВ при помощи активной мишени, состоящей из 40 кремниевых детекторов толщиной 300 мкм, размещенных через 150 мкм <sup>10/</sup>. Измерялась амплитуда импульсов в каждом детекторе, пропорциональная числу одновременно регистрируемых релятивистских частиц. Таким образом, по амплитудному распределению можно было определить, как изменялось количество частиц вдоль телескопа. Эту картину иллюстрирует рис.1 <sup>11/</sup>. Гамма-квант образует в слое 3 пару мезонов, один из которых распадается в слое 13, а

второй - в 23. Для измерения более коротких времен жизни авторы конструируют телескоп из детекторов толщиной 200 мкм с промежутком 50 мкм.

В работе <sup>12/</sup> определяется распад частиц между двумя телескопами, один из которых расположен рядом с мишенью. Первый телескоп составлен из пяти 100-микронных, второй - из десяти 200-микронных детекторов диаметром 1,0 и 2,3 см соответственно. В случае распада амплитуда импульсов во втором телескопе становится больше, чем в первом. Измеряется средняя амплитуда импульсов путем сравнения результатов их измерений с каждого отдельного детектора. Многократное измерение ионизации в ряде тонких счетчиков имеет преимущество по сравнению с однократным измерением в одном толстом счетчике в том, что позволяет уменьшить флуктуации по амплитуде, обусловленные  $\delta$ -электронами, вторичными взаимодействиями и конверсией гамма-квантов /см., например, работы <sup>13, 14/</sup>. Система испытывалась на пучке пионов в ЦЕРНе и была расположена в магните спектрометра "Омега" <sup>12/</sup>. Авторы указывают на существенное улучшение выделения  $K_0$ -распада по сравнению с методикой на проволочных камерах. Планируется использовать систему как вершинный детектор вместе с эмульсионной мишенью.



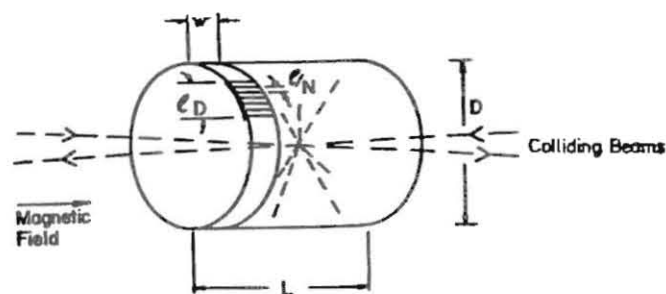
В эксперименте ЦЕРН NA-14 активная мишень состоит из 30 кремниевых пластин размером  $40 \times 50 \text{ мм}^2$ , каждая из которых разделена на 24 полоски <sup>/28/</sup>. Загрузка на отдельную полоску составит до  $2 \cdot 10^6$  МГц. За активной мишенью расположен телескоп из 6 пластин  $75 \times 75 \text{ мм}^2$  толщиной 400 мкм, имеющих 2400 полосок с шагом с шагом 50 мкм.

Особый интерес к полосковым кремниевым детекторам проявляется в исследованиях на ускорителях со встречными пучками, где имеется большая нужда в детекторах, которые можно расположить в непосредственной близости к пучкам в области очень больших загрузок и сильных магнитных полей и которые давали бы высокое пространственное разрешение, в том числе в событиях с большим количеством одновременно возникающих частиц.

Основная масса вторичных частиц в таких ускорителях летит под небольшими углами. Кремниевые полосковые детекторы могут быть использованы для измерения полного сечения взаимодействия, а также для определения дифференциального сечения  $d\sigma/dt$  в области малых  $t$  /до  $t \sim 2 \cdot 10^{-2} \text{ ГэВ}^2/c^2$ /, и на основании этих данных может быть найдена "светимость" ускорителя <sup>/17/</sup>. Знание последней необходимо для определения абсолютного значения сечений тех или иных исследуемых процессов. В работе <sup>/17/</sup> описана интересная коаксиальная система, состоящая из четырех концентрических кремниевых двенадцатигранников, охватывающих  $4\pi/3$  телесного угла. Кремниевые пластины расположены на расстоянии  $50 \div 80 \text{ мм}$  от пучка и имеют длину вдоль пучка - 50 мм. В поперечном направлении размеры составляют 27, 32, 38 и 43 мм, соответственно для разных двенадцатигранников. На обеих сторонах каждой кремниевой пластины нанесены полосковые электроды: параллельно пучку - с шагом 1 мм и перпендикулярно ему - с шагом 5 мм. Общее число полосок равно 2160. Кроме измерения координат будет использована также амплитудная информация, в том числе с целью идентификации частиц с зарядами ( $e/3$ ,  $2e/3$  и  $e$ ). Одно из назначений системы - измерение времени жизни очарованных частиц  $\sim 10^{-13} \text{ с}$ .

Впечатляющей является система, разрабатываемая в Брукхевенской лаборатории для исследований на ускорителе со встречными пучками "Изабелла". На рис.2 <sup>/24/</sup> изображен один из трех кремниевых цилиндров этой системы, который составлен из 600 пластин с индивидуальной площадью  $2 \text{ см}^2$  <sup>/19,24/</sup>. Полоски нанесены вдоль пучка. Каждая пластина разбита на отдельные участки шириной  $0,5 \div 1 \text{ мм}$ , в которых используется резистивный съём информации. Авторы считают, что можно будет получить разрешение  $\sim 10 \text{ мкм}$ . При этом суммарное число детектирующих элементов равно  $1,3 \cdot 10^6$ , а полное число усилительных каналов -  $1,8 \cdot 10^4$ . Необходимость в таком непросто устройстве вызвана чрезвычайно трудными экспериментальными условиями. Ожидается, что светимость ускорителя составит  $10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , а число отсчетов на  $1 \text{ см}^2$  детектора -  $35 \text{ МГц}/t^2$ , где  $t$  /см/ - расстояние от пучка. События в ряде

#### FINE GRAIN BARREL DETECTOR



$$L = 20 \text{ cm}$$

$$D = 20 \text{ cm}$$

$$A = 1257 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\phi} = 10 \mu$$

$$\text{Number of detectors } (1 \times 2 \text{ cm}^2) = 600$$

$$\text{Signal outputs: } N = 1.8 \times 10^4$$

$$\text{Resolution Elements: } n_{\eta} = 1.3 \times 10^6 \quad \frac{N}{n_{\eta}} = \frac{1}{70}$$

$$\frac{N}{A} = 14/\text{cm}^2$$

Рис.2 <sup>/24/</sup>.

процессов, обычно наиболее интересных, оказываются настолько сложными, что индивидуальные треки традиционными способами - с помощью проволочных камер - не различить. Рис.3 <sup>/24/</sup> демонстрирует одно из таких событий - кварк-кварковые струи, рассчитанные методом Монте-Карло.

Еще более сложные события - свыше тысячи треков - ожидаются при столкновениях ультрарелятивистских тяжелых ионов  $A \geq 100$ ,  $E \sim 20 \text{ ГэВ}$  на нуклон <sup>/15/</sup>. При этом трудности возникают не только с детектированием, но и в связи с перегрузкой ЭВМ информацией. Необходим жесткий триггер, что может быть выполнено при помощи быстрых кремниевых полосковых детекторов, обладающих высоким пространственным разрешением и способностью регистрировать частицы при большой плотности их треков.

Важным качеством полупроводниковых детекторов является их компактность, в результате чего последующие за ними детекторы - трековые камеры и калориметры - могут быть выполнены меньших размеров.

Следует отметить, что значимость этого обстоятельства будет возрастать с ростом энергий пучков ускорителей. Действительно, все более затруднительным становится магнитный анализ, а разре-

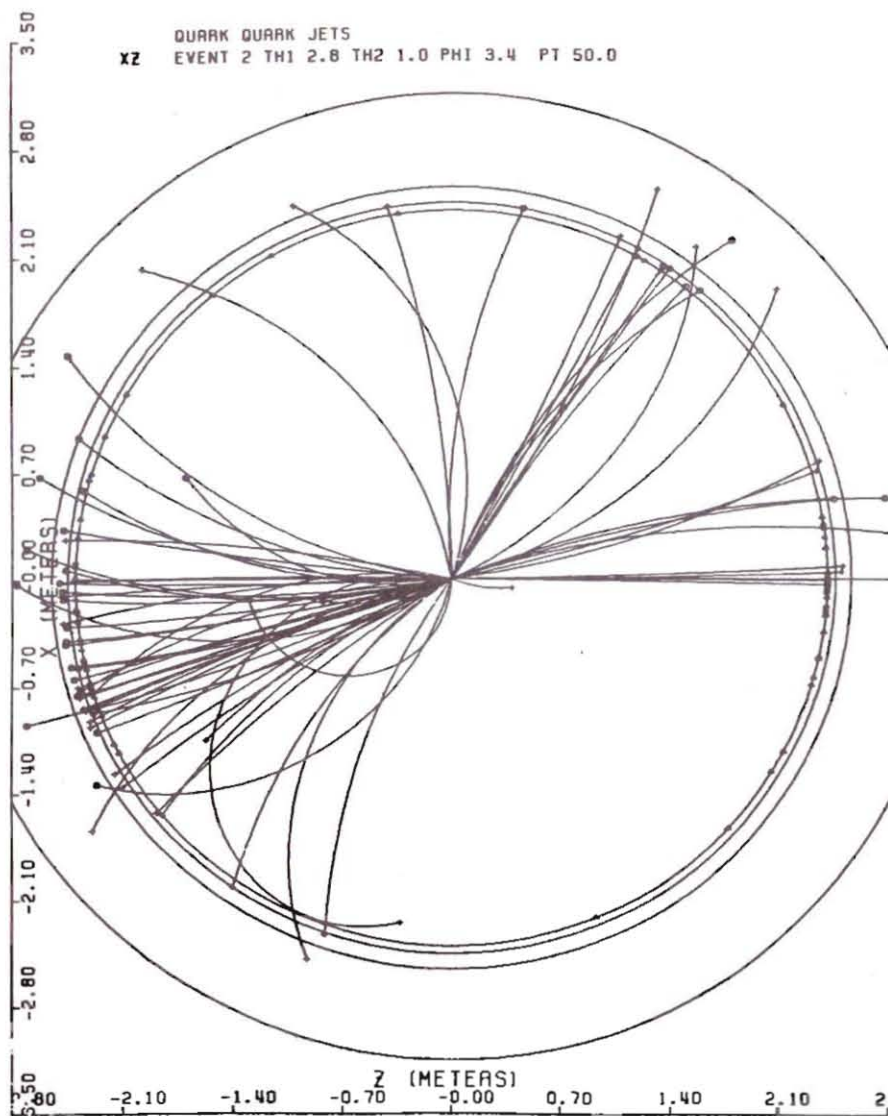


Рис. 3 /24/

шение калориметров, наоборот, улучшается, поэтому роль последних должна сильно возрасти, и важно, чтобы их размеры не были чрезмерно большими.

Таким образом, если ранее в физике высоких энергий кремниевые детекторы применялись лишь для регистрации частиц отдачи и в качестве живой мишени, то в настоящее время область их

применения настолько возросла, что не без основания можно говорить об эре кремния в физике высоких энергий /27/.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов Ю.К. и др. ЖЭТФ, 1965, т. 48, с. 767. ОИЯИ, Е-1898, Дубна, 1964.
2. Bellini G. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1969, v. 67, p. 173.
3. Акимов Ю.К. ОИЯИ, 1-6905, Дубна, 1973.
4. Esbensen H. et al. Phys. Rev., B, 1978, v. 18, p. 1039.
5. Акимов Ю.К. и др. Полупроводниковые детекторы ядерных частиц. Атомиздат, М., 1967, с. 68.
6. Heijne E.H.M. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1980, v. 178, p. 331.
7. Radeka V. IEEE Trans. Nucl. Sci., 1980, NS-27, p. 351.
8. England J.B.A. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1982, v. 196, p. 149.
9. Ludlam T. IEEE Trans. Nucl. Sci., 1981, NS-28, p. 549.
10. Bellini G. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1982, v. 196, p. 351.
11. Bellini G. et al. CERN Courier, 1982, v. 22, p. 106.
12. Benso S. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1982, v. 201, p. 351.
13. Akimov Yu.K. et al. Nucl. Instr. and Meth. 1960, v. 7, p. 37.
14. Акимов Ю.К. и др. ПТЭ, 1980, №1, с. 69.
15. Willis W.J. Proc. of the Workshop on Future Relativistic Heavy Ion Experiments, 1980, GSI Darmstadt, p. 499.
16. Heijne E. CERN Silicon Detectors for High Energy Physics. Proceedings of a Workshop held at Fermilab, October 15-16, 1981, p. 219.
17. Menzione A. Ibid, 219.
18. Bonamy P. et al. Ibid, 257.
19. Radeka V. Ibid, p. 21.
20. Shepard P. Ibid, p. 73.
21. Damerell C. Ibid, p. 33.
22. Shepard P. Ibid., p. 73.
23. Vernon W. Ibid., p. 185.
24. Ludlam T. Ibid., p. 165.
25. Bellini G. Ibid., p. 289.
26. Poinsignon J. Ibid., p. 247.
27. Ferbel T. CERN Courier, 1982, v. 22, p. 13.

Рукопись поступила в издательский отдел  
 21 января 1983 года.



### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

### ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика



Акимов Ю.К.

1-83-27

Кремний в физике высоких энергий

Рассмотрены возможности кремниевых детекторов для регистрации релятивистских частиц. На примерах имеющихся и создаваемых экспериментальных устройств показана большая перспективность таких детекторов, особенно как быстродействующих координатных приборов с высокой разрешающей способностью. Описаны характеристики кремниевых детекторов с электродами в виде полосок шириной в несколько десятков мкм. Приводятся способы сокращения числа выходов: деление заряда на резистивной линии, емкостное деление, запоминание заряда при гелиевой температуре, использование приборов с зарядовой связью. Из приведенных данных следует, что по сравнению с проволочными камерами кремниевые детекторы обладают лучшими координатными характеристиками и быстродействием. Планируемое пространственное разрешение в рассматриваемых установках достигает 5-10 мкм.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Akimov Yu.K.

1-83-27

Silicon in High Energy Physics

The possibilities of silicon detectors for recording relativistic particles are considered. Prospects of using such detectors as fast track devices of high resolution are shown taking as examples experimental set ups. Characteristics of silicon detectors with electrodes as a few ten microns strips are described. Methods of abbreviation of a number of outputs are given: charge division on a resistive layer, capacitive division, charge storage at the helium temperature, the use of charge coupled devices. It follows from the given data that silicon detectors have better space and time responses as compared with wire chambers. Space resolution in these setups is as high as 5-10  $\mu\text{m}$ .

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.