

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

13-86-749

И.И.Гайсак, М.Г.Горнов\*, Ю.Б.Гуров\*,  
С.И.Мерзляков, К.О.Оганесян, Б.П.Осипенко,  
Е.А.Пасюк, С.Ю.Пороховой, А.И.Руденко,  
А.А.Хомутов\*, А.В.Шишков\*

**ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ СПЕКТРОМЕТР ПУЧКОВ  
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ  
НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ**

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

\*

Московский инженерно-физический институт

**1986**

В последние годы развитие физики промежуточных энергий (до 1 ГэВ) предъявляет все более жесткие требования к точности эксперимента. В частности, в связи с проблемой поиска узких дибарионных резонансов актуальны измерения энергетических зависимостей дифференциальных и полных сечений различных реакций. Ожидаемые в таких экспериментах небольшие отклонения от плавных зависимостей требуют высокой точности знания характеристик импульсного распределения пучка, хорошей воспроизводимости параметров при изменении энергии пучка, оптимизации режимов канала. Существуют различные способы измерения импульса пучка: времяпролетная методика, измерение пробегной кривой, черенковский метод и другие. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки в определенных энергетических диапазонах. В настоящей работе предлагается использование полупроводникового спектрометра для измерений параметров импульсного распределения низкоэнергетических пионных пучков.

Пионные пучки получают на протонных ускорителях на внутренней или внешней мишени. Пионы, образованные в мишени, захватываются магнитным трактом и транспортируются к экспериментальным установкам. При этом одновременно с положительными пионами в канал захватываются и другие заряженные частицы: протоны, дейтроны, тритоны,  $\alpha$ -частицы. При достаточно узком импульсном захвате частиц в магнитный канал пространственное и импульсное распределение на выходе канала не зависит от сорта частицы и определяется только магнитной оптикой канала. В области импульсов менее 300 МэВ/с пробеги тяжелых заряженных частиц малы, и поэтому оказывается эффективным использование тонких полупроводниковых детекторов для измерения энергетических спектров по полному поглощению с высоким разрешением. Полупроводниковый пучковый телескоп из двух кремниевых поверхностно-барьерных детекторов диаметром 32 мм впервые был использован в экспериментах по захвату отрицательных пионов ядрами для выделения останавливающихся в мишени пионов<sup>1/</sup>.

В настоящей работе для определения импульсных распределений пионов при измерениях на канале пионов низких энергий ускорителя ЛИЯФ АН СССР<sup>2/</sup> было использовано устройство с тонким полупроводниковым спектрометром, который измерял энергетические характеристики сопровождающих пионы тяжелых заряженных частиц: протонов, дейтронов, тритонов,  $\alpha$ -частиц. Возможность применения тонкого полупроводникового детектора (ППД) определяется малыми пробегами сопровождающих частиц. В зависимости от диапазона энергий пионов можно выбирать удобный тип сопутствующих частиц с пробегом, полностью укладывающимся в ППД.

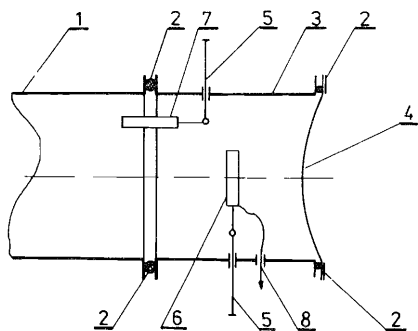


Рис.1. Схема камеры с ППД: 1 - труба вакуумопровода, 2 - уплотнения, 3 - корпус камеры, 4 - майларовая пленка, 5 - шток, 6 - ППД, 7 - α-источник, 8 - вывод сигнала с ППД.

Примененное устройство (рис.1) представляет собой цилиндрическую камеру (3) с расположенными внутри нее на подвижных вакуумноуплотненных штоках (5) ППД (6) и α-источником (7) для калибровочных измерений.

Камера сочленяется с выходным фланцем вакуумопровода (1) магнитного тракта через резиновое уплотнение (2). Выходное окно камеры заглушено майларовой пленкой (4) и служит окончанием вакуумопровода. ППД и α-источник закреплены на штоках в оправках, которые могут поворачиваться на 90° при перемещении штоков. Возврат оправок в исходное состояние происходит под действием пружин. Передвигая шток, можно вводить детектор в пучок и выводить из него. Соответственно α-источник подводится к ППД для калибровки. На рисунке показан вариант, когда ППД стоит в пучке частиц, а α-источник смещен к стенке камеры.

Были использованы поверхностно-барьерные ППД диаметром 46 мм и толщиной 750 мкм. Детектор полностью перекрывал рабочий размер пионного пучка. Собственное энергетическое разрешение детекторов составляло ~ 60 кэВ. В конкретных условиях работы на ускоряющем пучке разрешение составляло 75-80 кэВ.

Ухудшение разрешения детектора объясняется высокочастотными наводками от работающего ускорителя. Для уменьшения их влияния камера была изолирована от трубы вакуумопровода магнитного тракта. При определении импульса пучка такое разрешение позволяет достичь относительной точности  $\lesssim 10^{-3}$ .

Энергетические спектры частиц при определении характеристик пучка выводились непосредственно во время измерений на дисплей ЭВМ. Время набора определялось интенсивностью частиц выбранного сорта. Пионный канал низких энергий ускорителя ЛИЯФ располагается под углом 60° к направлению выведенного протонного пучка, в который помещаются мезонообразующие мишени из Ве, С, Си. Под этим углом количества генерированных в мишени тяжелых заряженных частиц вплоть до α-частиц было достаточно для набора необходимой статистической точности за время  $\lesssim 10$  мин. Толщина детектора при работе с одним ППД (750 мкм) достаточна по полному поглощению для определения импульсных распределений пионов: до импульсов 135 МэВ/с по протонам, до импульсов 230 МэВ/с по дейтронам, до импульсов 290 МэВ/с по α-частицам.

Рис.2. Импульсные спектры протонов (•) и дейтронов (†). Ошибки для протонов в размере точки.

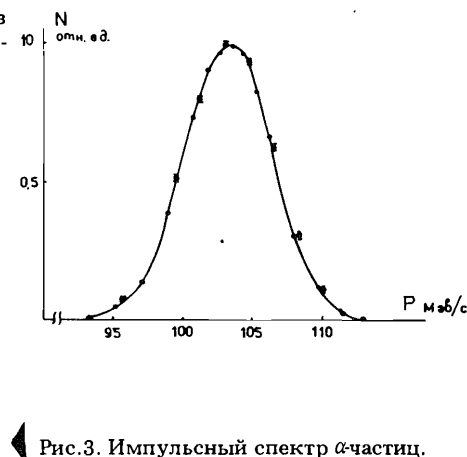
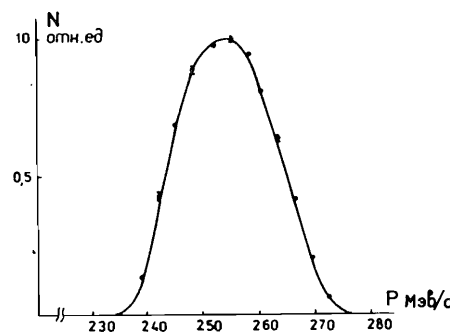


Рис.3. Импульсный спектр α-частиц.

Пучковый ППД-спектрометр использован в совместном ОИЯИ-МИФИ-ЛИЯФ эксперименте по исследованию процессов рассеяния и поглощения пионов с энергиями 20-60 МэВ на установке "Пион"<sup>1/3/</sup>. В качестве примера на рис.2 приведено импульсное распределение пучка в одном из режимов работы, определенное по измерениям присутствующих в пучке протонов и дейтронов для среднего импульса 103,3 МэВ/с. На рис.3 представлено импульсное распределение для среднего импульса 253,5 МэВ/с, определенное по пучковым α-частицам. Здесь следует отметить, что для такого импульса пучковые протоны и дейтроны сквозным образом проходили через ППД. Номинальные значения импульсного разрешения канала определялись условиями эксперимента и конкретным выбором размеров мезонообразующей мишени и ширины щели коллиматора в канале.

Главным достоинством пучковой полупроводниковой методики является возможность определения и контроля с высокой точностью импульсного распределения непосредственно во время измерений. Очевидно, что другие способы измерения энергетических характеристик, такие как времяпролетный или по измерению кривой поглощения, не могут конкурировать по разрешению с примененным методом. Кроме того, ППД-спектрометр позволяет эффективно корректировать характеристики пучка в случае их отклонения от номинальных, например, из-за магнитного гистерезиса в элементах канала или других причин.

Для улучшения фоновой загрузки от сквозных частиц можно варьировать толщину чувствительного слоя ППД, ограничивая ее величиной, соответствующей полному пробегу частиц, выбранных для определения импульсных распределений пионов. При необходимости измерений в режиме работы мезонных каналов с большими импульсами можно использовать литий-дрейфовые ППД толщиной в несколько миллиметров, а также два детектора на совпадение.

Такое устройство может быть использовано и в случае измерений энергий пионов "на пролет", когда пион оставляет в телескопе часть своей энергии. В этом случае реперные пики от тяжелых частиц дают возможность независимой калибровки всего пучкового спектрометра.

Следует подчеркнуть, что описанная методика осуществлена благодаря успехам в изготовлении светосильных ППД. Этот факт существенно расширяет возможности применения ППД в экспериментах на ускорителях.

В заключение авторы считают приятным долгом выразить благодарность сотрудникам вакуумной группы ускорительного отдела ЛИЯФ за помощь при монтаже спектрометра на пионном канале синхротрона ЛИЯФ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Gornov M.G. et al. — Nucl.Instr.& Meth., 1984, 225, p.42.
2. Волченков В.А. и др. Препринт ЛИЯФ, № 612, Ленинград, 1980.
3. Акимов Ю.К. и др. — ПТЭ, 1981, 4, с.24.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 ноября 1986 года.

Гайсак И.И. и др.

13-86-749

Полупроводниковый спектрометр пучков  
положительных пионов низких энергий

Описывается устройство с полупроводниковым спектрометром для измерения импульсного распределения пучка положительных пионов низких энергий. Спектр пионов определяется посредством измерения энергий сопутствующих тяжелых заряженных частиц (p, d, t,  $\alpha$ ) в тонком полупроводниковом детекторе по полному поглощению. Точность определения среднего импульса пучка  $\lesssim 10^{-3}$ . Предложенная методика позволяет оперативно контролировать и в случае необходимости корректировать параметры пучка в ходе эксперимента.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

#### Перевод авторов

Gaisak I.I. et al.

13-86-749

Semiconductor Spectrometer for Low Energy  
Positive Pion Beams

The device based on semiconductor detector for low energy positive pion beam momentum distribution is described. Pion spectrum is determined by measuring the energy of accompanying heavy charged particles in total absorption thin semiconductor detector. The accuracy of mean beam momentum determination is  $10^{-3}$ . The described method makes it possible to control and if needed to correct beam parameters during the experiment.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986