

УДК 539.1.074.2

ВРЕМЯПРОЛЕТНАЯ СИСТЕМА МНОГОЦЕЛЕВОГО ДЕТЕКТОРА MPD

© 2011 г. В. А. Бабкин, С. В. Волгин, В. И. Воскобойник, В. М. Головатюк, С. П. Лобастов

Объединенный институт ядерных исследований, ЛФВЭ, Дубна

E-mail: babkin@nrmail.jinr.ru

Концептуальный проект многоцелевого детектора (MPD) предлагается для изучения горячей и плотной барионной материи в столкновениях тяжелых ионов в диапазоне атомных масс 1–197 в системе центра масс при энергии до 11 ГэВ (для Au⁷⁹⁺). Детектор MPD будет установлен на будущем ускорителе NICA. Идентификация заряженных адронов (PID) промежуточных импульсов (0.1–2 ГэВ/с) осуществляется времяпролетными (TOF) измерениями. Как базовый элемент детектора TOF мы решили использовать 10-зачорные МРПК со “стриповым” или “падовым” считыванием. Представлены результаты испытаний прототипов МРПК.

ВВЕДЕНИЕ

Как и множество современных установок, предназначенных для исследований в области физики высоких энергий (ALICE, STAR, CBM), многоцелевой детектор (MPD) [1] направлен на изучение свойств горячей и плотной барионной материи в столкновениях ионов. Он будет располагаться на ускорителе тяжелых ионов NICA [2], который создается в ОИЯИ на базе ускорителя Нуклотрон. Детектор MPD будет идентифицировать импульсы и треки частиц, образующихся в процессе соударений ускоренных ионов в широкой области псевдобыстрот $|\eta| < 3$ и при большой частоте столкновений (до 7 кГц) с высокой эффективностью идентификации.

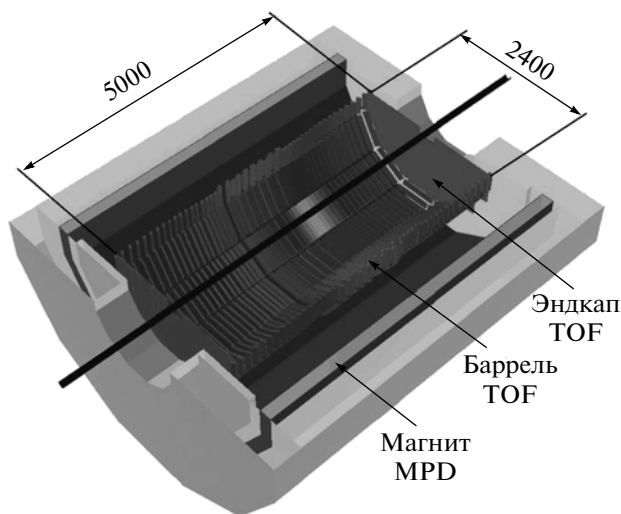


Рис. 1. Модель времяпролетной системы в MPD. Цифры показывают размеры времяпролетной системы в см (см. таблицу).

1. СТРУКТУРА МНОГОЦЕЛЕВОГО ДЕТЕКТОРА MPD

Многоцелевой детектор состоит из центральной части и двух передних спектрометров. В центральном детекторе MPD можно выделить три основные детектирующие системы:

1. Система идентификации частиц, состоящая из времяпроекционной камеры (TPC), определяющей импульс частиц и dE/dx и времяпролетной системы (TOF), идентифицирующей заряженные частицы; электромагнитного калориметра (EMCal), который идентифицирует фотоны и электроны и измеряет их энергию.

2. Трековая система, в которую входят а) внутренний трекер (IT), обеспечивающий прецизионный трекинг и определение вершины взаимодействия частиц; б) времяпроекционная камера (TPC), т.е. основное трековое устройство; в) торцевой строу-трекер (EST), определяющий треки частиц, идущих под малыми углами.

3. Система триггера, используемая для старта и определения центральности событий. Она состоит из быстрого переднего детектора (FFD – fast forward detector), счетчиков пучка (BBC – beam-beam counters) и калориметра нулевого угла (ZDC – zero degree calorimeter).

Основными детекторами идентификации заряженных частиц в MPD являются TPC и TOF.

2. ВРЕМЯПРОЛЕТНАЯ СИСТЕМА

Времяпролетная система детектора MPD состоит из центральной части – “барреля” и двух торцевых детекторов – “эндкапов” (рис. 1). В барреле определяется время пролета частиц с псевдобыстротами $|\eta| < 1.4$. Торцевые части времяпролетной системы перекрывают область псевдобыстрот $1.5 < |\eta| < 2$. Для того чтобы различать пионы и каоны в импульсном диапазоне 0–2.5 ГэВ/с и

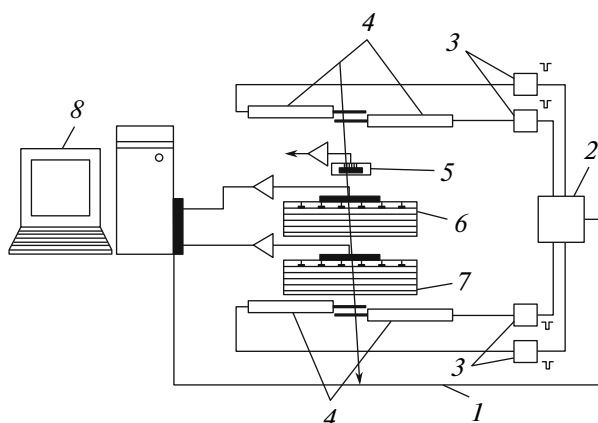


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – триггер, 2 – сцинтиляционный телескоп, 3 – датчики, включенные на совпадения, 4 – счетчики, 5 – микрострип, 6 – МРПК 1, 7 – МРПК 2, 8 – диджитайзер ADCM16-LTC.

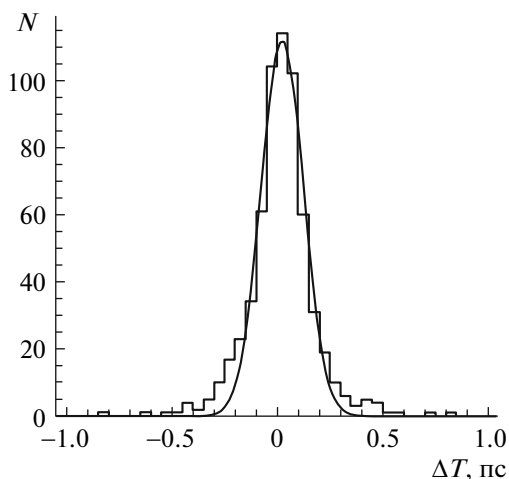


Рис. 3. Временной спектр, полученный при напряжении 11.5 кВ. Гистограмма – экспериментальное распределение 782 событий со средним значением $\Delta T_{экс} = 0.01873$ пс и шириной на полувисоте 0.1557. Сплошная кривая – аппроксимация Гаусса с $N_{\max} = 112.2 \pm 0.7$, средним значением $\Delta T_{\text{анн}} = 0.02252$ пс и среднеквадратичным отклонением $\sigma = 0.09985 \pm 0.00077$.

протонов от каонов в диапазоне 0–4.5 ГэВ/с, TOF должен иметь временное разрешение лучше, чем 100 пс, поэтому в качестве основного элемента времяпролетной системы были выбраны многозачерные резистивные плоские камеры (МРПК), которые с успехом применяются для времяпролетных измерений на многих экспериментах [3–5]. МРПК просты в производстве и относительно недороги. При этом их временное разрешение достигает 20 пс [6]. В настоящее время рассматривается несколько вариантов детекторов МРПК, которые будут использованы в TOF-системе MPD. В качестве считывающих электродов планируется использовать “стрипы”. Сигнал будет считываться

с обеих сторон “стрипа”. Основные параметры времяпролетной системы приведены в таблице.

3. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ПРОТОТИПОВ МРПК

Первые два прототипа МРПК имели активную область площадью 140×65 мм². Для снятия сигнала с детектора были изготовлены платы со считывающими электродами, расположенными в два ряда по восемь (размер электрода 35×16 мм).

Первые испытания прототипов проводились на космическом излучении. Для этого был собран стенд, схематически изображенный на рис 2. В

Таблица

Длина центральной части детектора	500 см
Радиус барреля (времяпролетная база)	~120 см
Радиус торцевых частей	внешний ~110 см
	внутренний ~40 см
Ширина модуля барреля	62 см
Ширина “стрипов” МРПК	5 мм
Ширина газового зазора МРПК	10 × 200 мкм (в качестве спейсера – леска)
Резистивный материал МРПК	Стекло (“Glaverbel” flat glass) 400 мкм – внутреннее, 550 мкм – внешнее
Число каналов в барреля	~10000
Газовая смесь	90% C ₂ H ₂ F ₄ + 5% C ₄ H ₁₀ + 5% SF ₆
Временное разрешение	<100 пс

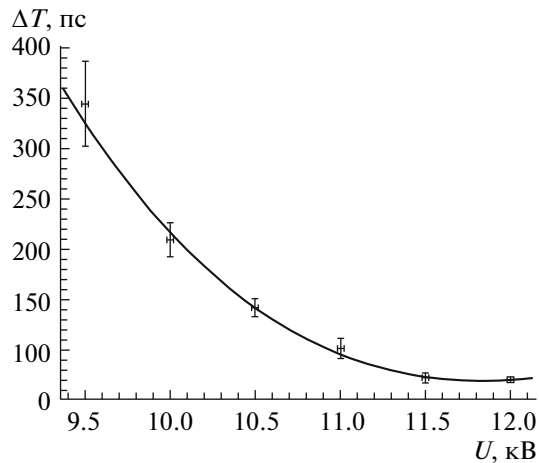


Рис. 4. Зависимость временного разрешения МРПК от напряжения на детекторе.

качестве системы триггера использован сцинтиляционный телескоп (четыре датчика, включенные на совпадение). Для определения координат пролетающих частиц в стенде был установлен микростриповый кремниевый детектор.

Сигналы с МРПК имеют средний заряд ~ 500 фКл. Сигнал с камеры усиливался и считывался 16-канальным диджитайзером ADCM16-LTC [7], на базе PCI-E. Данные записывались в файлы и впоследствии обрабатывались компьютером.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Основной задачей при испытании детекторов было определение их временного разрешения. Для этого импульс с первого детектора использовался как стартовый сигнал, а со второго — как “стоп”. После обработки данных были получены временные спектры (рис. 3). Временное разрешение одного детектора из этого спектра определя-

лось как $\sigma/\sqrt{2}$, где σ — параметр аппроксимации полученного спектра распределением Гаусса. Таким образом, в испытании на стенде было получено разрешение $100/\sqrt{2} \approx 70$ пс. На рис. 4 представлена зависимость временного разрешения от поданного на детектор напряжения. Видно, что при напряжении 11 кВ временное разрешение становится лучше 100 пс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате испытания прототипов МРПК было показано, что детекторы имеют временное разрешение лучше 100 пс, что и требуется для нормальной идентификации частиц. В дальнейшем планируется изготовить и испытать полно-размерный детектор, который будет использоваться в TOF-системе MPD.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MPD Collaboration // The MultiPurpose Detector — MPD. Conceptual Design Report. JINR, 2010. http://nica.jinr.ru/files/CDR_MPD/MPD_CDR_V.1.P.1.pdf.
2. Searching for a QCD mixed phase at the Nuclotron-based Ion Collider fAcility (NICA White Paper). June 22, 2010. Draft v 3.03. http://nica.jinr.ru/files/Wh_P.db9.pdf.
3. ALICE Collaboration // Alice TDR8, CERN/LHCC 2000–12. February 16, 2000.
4. The STAR TOF Collaboration // Proposal for a Large Area Time-of-Flight System for STAR (STAR TOF). May 24, 2004.
5. CBM Collaboration // Compressed Baryonic Matter Experiment (CBM). Technical Status Report. January 2005. P. 121.
6. An S. et al. // Nucl. Instrum. Methods. A. 2008. V. 594. P. 39.
7. <http://afi.jinr.ru/ADCM16-LTC>.