

ПРОСМОТР УЗКОЗАБОРНОЙ ЛИВНЕВОЙ ИСКРОВОЙ КАМЕРЫ ЧЕРЕЗ ПРОЗРАЧНЫЙ ЭЛЕКТРОД

П. С. АНАНЬИН, В. И. КРЫШКИН, А. Г. СТЕРЛИГОВ, Ю. П. УСОВ

(Представлена научно-техническим семинаром лаборатории
высоких энергий НИИ ЯФ)

Введение

При традиционном просмотре изображения в искровой камере (ИК) с малым зазором (две ортогональные проекции) возникает трудность, связанная с регистрацией большого числа частиц, характерная для любого трекового прибора: число частиц в электромагнитном или ядерном ливне при увеличении энергии первичной частицы возрастает, а ствол ливня сжимается, поэтому при регистрации ливня трековым прибором возрастает вероятность просчета числа частиц в ливне из-за наложения треков. Так, для диффузионной камеры, имеющей пространственное разрешение $\sim 0,1$ мм, лучшее чем в ИК, поправка на просчет частиц в ливне с Ю треками достигает 10% [1]. Просмотр через прозрачный электрод ИК позволяет практически исключить эту погрешность в измерении числа частиц в ливне, с другой стороны, при малой величине межэлектродного промежутка нет необходимости регистрировать вторую проекцию, что упрощает обработку результатов.

Основная цель данной работы — исследование экспериментальных возможностей узкозаборной ИК с высокой ливневой эффективностью и просмотром через один из прозрачных электродов. Для этого исследовалось пространственное распределение электронно-фотонных ливней, образованных в свинце, и изменение числа частиц в ливне вследствие наличия тонкого слоя вещества, отличающегося по своим свойствам от основного поглотителя.

Характеристики каскадных кривых измерялись различными методами: трековыми детекторами [1—5], сцинтилляционными и черенковскими счетчиками [6, 7] и т. д. В каждом случае получаются различные результаты в зависимости от того, регистрируются ли ионизационные потери или число частиц в ливне. И даже для одних и тех же методов результаты зависят от конструктивных особенностей детекторов. Так, при регистрации космических ливней ИК или ионизационными калориметрами наличие металла с малым Z приводит к уменьшению числа частиц в ливне за счет переходного эффекта [9—11]. Указанное явление изучалось в основном по измерению ионизационных потерь с помощью сцинтилляционных счетчиков и фотоэмульсией [12, 13]. Однако эти результаты нельзя непосредственно использовать при работе с ИК, так как регистрация ливней ИК имеет несколько особенностей: эффективность регистрации зависит от числа частиц в зазоре ИК, от их угла входа относительно плоскости электродов, от системы питания ИК [14, 15] и т. д.

Полученные результаты представляют интерес как с точки зрения техники ИК, так и могут оказаться полезными при конструировании ливневых детекторов фотонов и электронов высоких энергий, основанных на определении энергии первичной частицы по измерению числа частиц в максимуме ливня [16].

Постановка эксперимента и аппаратура

Эксперимент проводился на 1,5 ГэВ электронном синхротроне «Сириус». Пучок фотонов синхротрона падал на алюминиевую мишень анализирующего магнита. Электроны с импульсом 1 ГэВ/с отклонялись, проходили через два сцинтилляционных счетчика (рис. 1), совпадения с которых запускали высоковольтное питание ИК. ИК состояла из одного разрядного промежутка, образованного двумя латунными сетками (ячейка $0,2 \times 0,2$ мм²), отстоящими на 12 см друг от друга, натянутыми на стеклянную рамку. Поверх сеток наклеивались стеклянные пластины толщиной 1,5 мм, через которые изображение ИК фотографировалось и просматривалось телевизионной установкой. Диаметр электродов ИК 120 мм, камера наполнялась технически чистым неоном. Питание ИК осуществлялось от генератора с волновым сопротивлением 0,4 Ом, собранного на искусственных линиях на базе конденсаторов К 15-4 (470 пФ, 30 кВ) по схеме последовательного включения (Блюмляйн). Амплитуда импульса напряжения 16 кВ, длительность — 60 нс, длительность фронта и спада 22 нс. Снижение волнового сопротивления генератора и питание камеры импульсами фиксированной

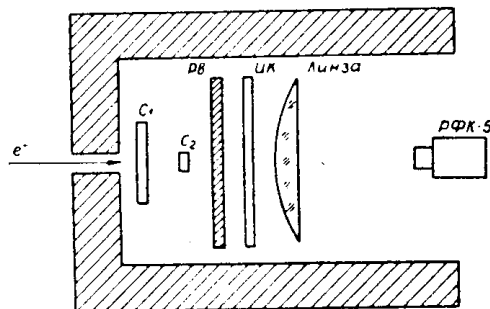


Рис. 1.

длительности было использовано как средство повышения ливневой эффективности [17]. Последняя исследовалась двумя методами. В первом ИК располагалась на тормозном пучке последовательно с ширококозасорной ИК, имеющей высокую ливневую эффективность [15]. Однако этот метод не дает в указанных условиях надежных количественных оценок ливневой эффективности из-за существенного различия в величине времени памяти исследуемых камер. Кроме того, при просмотре изображения в ширококозасорной ИК через боковые стенки возникают просчеты из-за наложения треков, становящиеся существенными при числе частиц более 10. Однако вплоть до этой величины можно надежно утверждать, что ливневая эффективность узкокозасорной ИК близка к 100%.

Во втором методе ливень в ИК имитировался с помощью ультрафиолетовой подсветки [19]. В этом случае в ИК одновременно регистрировалось до 195 искр. Отметим, что максимальное число частиц, зарегистрированное в ливне, составило 24.

Результаты измерений

Перед ИК помещался конвертор из свинца, толщина которого t изменялась от 5 до 20 мм, и после свинца — пластины из плексигласа толщиной 5,15 и 20 мм. Снималось распределение числа частиц в ИК в зависимости от толщины свинцового конвертора при отсутствии и наличии плексигласовых пластин.

Вначале исследовалось распределение пучка первичных электронов без конвертора. Диаметр сцинтиллятора счетчика C_2 рис. 1, равнялся 5 мм, но из-за расхождения пучка и многократного рассеяния на пути к ИК размер пучка в ИК составил 8 мм (ширина распределения на половине высоты).

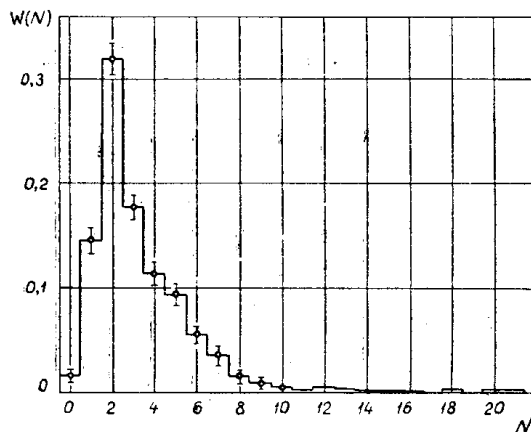


Рис. 2.

При работе с конвертором подсчитывалось число треков и их расстояние от центра пучка. Затем строилась функция вероятности одновременного появления N частиц $W(N)$. На рис. 2 показано это распределение для толщины свинцового конвертора 25 мм. Отложены статистические ошибки — одно стандартное отклонение. Распределение описывается пуассоновским лишь качественно. Аналогичные распределения строились для каждой толщины свинца и плексигласа. Затем находилось среднее значение N и распределение числа частиц в зависимости от расстояния до центра пучка электронов.

На рис. 3 показаны радиальные распределения числа частиц в ливне для трех толщин свинца. Наблюдается быстрое расширение ливня при увеличении толщин. Аналогичные распределения, построенные для системы свинец + плексиглас, практически не отличаются от приведенных на рис. 3, зато среднее число частиц в ливне в этом случае заметно уменьшается (рис. 4).

На рис. 5 показано отношение K числа частиц в максимуме ливня в свинце без плексигласа к числу частиц в тех же условиях с плексигласом в зависимости от толщины плексигласа. Кривая взята из работы [18].

Из анализа полученных данных следует: 1) распределение числа частиц в ливне находится только в качественном согласии с пуассоновским; 2) распределение ливня по радиусу сильно зависит от толщины свинцового конвертора, т. е. ошибка в определении центра ливня при изменении толщины свинца от 5 до 25 см увеличивается от ± 5 до ± 10 мм (одно стандартное отклонение); 3) наличие материала с малым Z приводит к уменьшению числа частиц в ливне в том соотношении, что и ионизационные потери, хотя ИК эффективно регистрирует

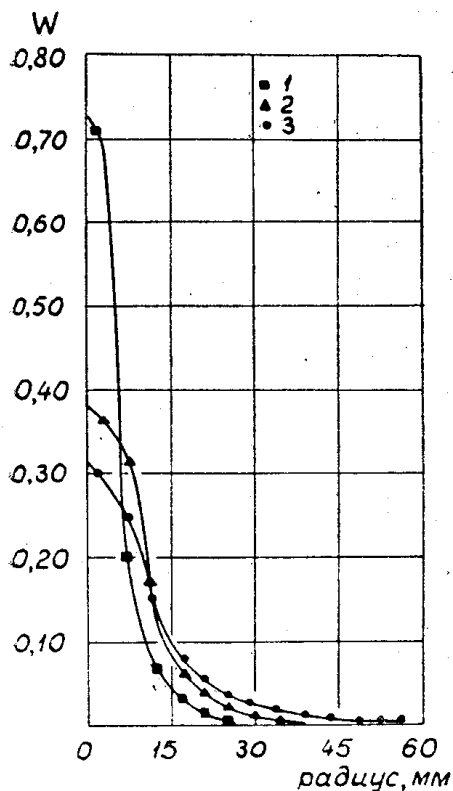


Рис. 3. Толщина свинцового конвертора соответственно 1 — 0,5 см, 2 — 1,5 см, 3 — 2,0 см.

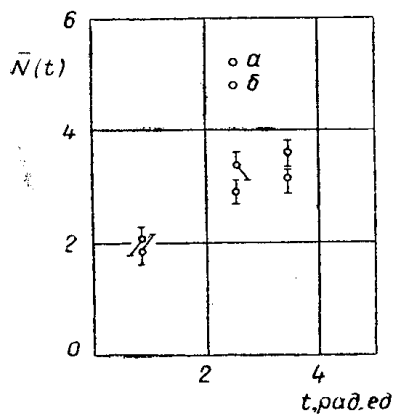


Рис. 4. а — плексигласовая пластина отсутствует, б — между свинцовым конвертором и ИК установлена плексигласовая пластина толщиной 5 мм.

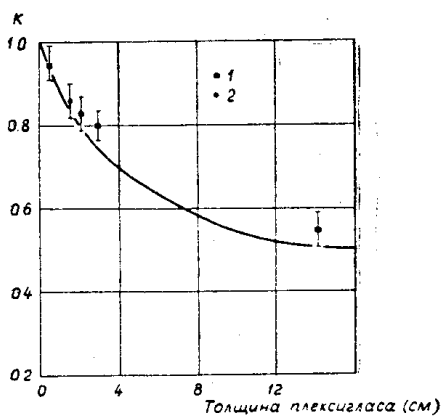


Рис. 5. 1 — данные работы [12]; 2 — наши данные.

частицы, идущие перпендикулярно к электродам и при увеличении угла φ к направлению электрического поля эффективность падает как $\cos \varphi$ [14, 17], а основной вклад в переходной эффект вносят частицы, движущиеся изотропно.

В заключение нужно отметить, что узкозаярная ИК с высокой ливневой эффективностью и просмотром через один из прозрачных электродов может иметь в ряде случаев определенные преимущества перед обычными ИК, например, при определении энергии ливневых частиц по числу электронов в максимуме ливня.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Thom. Phys. Rev. 1964, **136**, B447.
 2. A. Bauer, B. Broeking, H. Faissner, H. Karl, H. Kohmstedt and J. Stein. Proceedings of the International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies. Hamburg, 1965, 401.
 3. J. Cronin, E. Engels, M. Pyka and K. Roth. RSI, 1962, **33**, 946.
 4. R. Kajikawa. Journ. Phys. Soc. Japan. 1963, **18**, 1365.
 5. А. Г. Гапотченко, Б. Б. Говорков, С. П. Денисов, Н. Г. Котельников, Д. А. Стоянова. ПТЭ, 1965, **5**, 60.
 6. О. А. Займидорога, В. М. Кутьин, Ю. Д. Прокошкин, В. М. Цупко-Ситников. ОИЯИ, Препринт Р 1-3976, 1968.
 7. S. A. Heusch and C. Y. Prescott. Phys. Rev. 1964, **135**, B772.
 8. С. З. Беленький. Лавинные процессы в космических лучах, ОГИЗ, Гостехиздат, 1948.
 9. K. Pinkau. Phys. Rev. 1965, **139**, B1548.
 10. В. А. Дмитриев. ЖЭТФ, 1958, **35**, 553.
 11. А. Д. Ерлыкин, А. К. Куличенко. Изв. АН СССР, Сер. физ., **32**, 502 (1968).
 12. Carol Jo Crannell et al. Phys. Rev. 1965, **182**, 1435.
 13. T. Yuda. Nuclear Instruments and Methods. 1969, **73**, 301.
 14. А. Г. Гапотченко, Б. Б. Говорков, С. П. Денисов, С. С. Старостин. ПТЭ, 1968, **6**, 58.
 15. М. И. Дайон, Б. А. Долгошеин, В. И. Ефременко, Г. А. Лексин, В. А. Любимов. Искровая камера. М., Атомиздат, 1967.
 16. А. А. Гуаркин. Nuclear Instruments and Methods. 1970, **85**, 277.
 17. Ю. П. Усов, П. С. Ананьин, А. Г. Стерлигов, В. Г. Толмачева. ПТЭ, 1970, **4**, 42.
 18. Carol Jo Crannell. Phys. Rev. 1969, **182**, 1441.
 19. А. Г. Стерлигов, Ю. П. Усов. ПТЭ, 1972, **3**, 53.
-