

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

13-85-417

А.Д.Волков, Б.Ж.Залиханов, Е.В.Комиссаров,
В.З.Сердюк, В.В.Сидоркин, И.С.Филимонов,* Я.Яни

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ
ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ

Направлено в "ПТЭ"

* Московский государственный университет

1985

ВВЕДЕНИЕ

Регистрация светового сигнала в газовых пропорциональных счетчиках и проволочных камерах позволяет оптимизировать некоторые характеристики этих детекторов^{/1-5/}. Возможность работы с малым значением коэффициента газового усиления (~ 100) приводит к тому, что счетные характеристики камеры не ухудшаются при интенсивностях вплоть до $3 \cdot 10^8$ част/с \cdot мм², что на два порядка лучше, чем в пропорциональных камерах с малым /1 мм/ расстоянием между сигнальными электродами^{/4,5/}. При у-спектрометрии низких энергий подавляются флуктуации газового усиления и тем самым улучшается энергетическое разрешение прибора^{/1/}. Электролюминесцентный детектор обладает лучшими временными характеристиками, поскольку при работе в режиме пропорционального усиления длительность светового сигнала обусловлена процессами возбуждения электронами атомов и молекул газа, а также временем высвечивания возбужденных состояний, тогда как в длительность электрического сигнала основной вклад дает более медленная ионная компонента. В указанных работах сбор света электролюминесценции осуществляется фотоумножителями, установленными в непосредственном контакте с детектирующим объемом, что ограничивает возможность создания детектора больших размеров. В работах^{/6,7/} рассмотрен метод сбора света в проволочной камере с помощью пластических сместителей спектра. Такой подход позволяет создать экономичный электролюминесцентный детектор с повышенной эффективной поверхностью, приемлемый для реальных экспериментов в физике высоких энергий. В настоящей работе исследуются некоторые особенности дрейфовой камеры со световым объемом информации, построенной по этому принципу и работающей в режиме пропорционального усиления.

КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕРЫ

Исследуемая камера представляет собой стандартную проволочную дрейфовую камеру с распределенным потенциалом, оборудованную световодом с переизлучателем спектра и фотоумножителями для светового съема информации. Геометрия камеры показана на рис.1. Диаметр анодной проволоки 20 мкм /золоченый вольфрам/, катодные плоскости с распределенным потенциалом выполнены из проволоки диаметром 100 мкм /бериллиевая бронза/ с шагом 2 мм. Расстояние между катодной и анодной плоскостью 3 мм. Дрейфовая

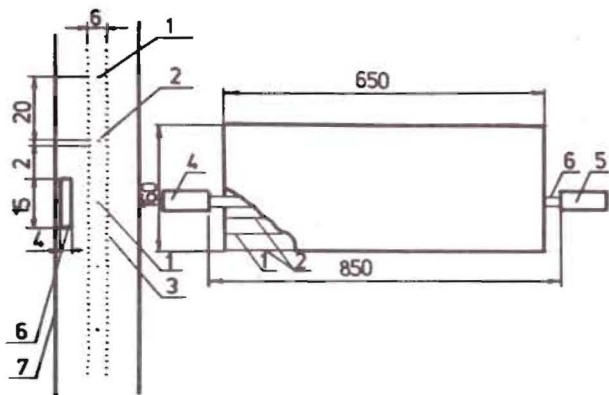


Рис.1. Конструкция электролюминесцентной дрейфовой камеры: 1 - сигнальная проволока / ϕ 20 мкм/, 2 - потенциальная проволока / ϕ 100 мкм/, 3 - катодная проволока / ϕ 100 мкм/, 4, 5 - фотоумножители, 6 - спектросмещающий световод, 7 - входное майларовое окно.

ячейка ограничена потенциальными проволоками диаметром 100 мкм /бериллиевая бронза/. Расстояние между анодной и потенциальной проволокой /максимальное дрейфовое расстояние/ 20 мм. Камеры такого типа широко используются в экспериментах и обладают пространственной точностью $\sigma = 100-180$ мкм /8,9/ .

Световод располагается вблизи сигнального элемента /анодной проволоки/ и служит для сбора света, возникающего в электронной лавине на аноде, изотропного переизлучения и передачи света к фотоумножителям за счет полного внутреннего отражения. Исследуемый макет состоит из четырех дрейфовых ячеек, и при длине анодной проволоки 600 мм имеет эффективную площадь 160x600 мм. В качестве световода использовались пластины из плексигласа с переизлуча-

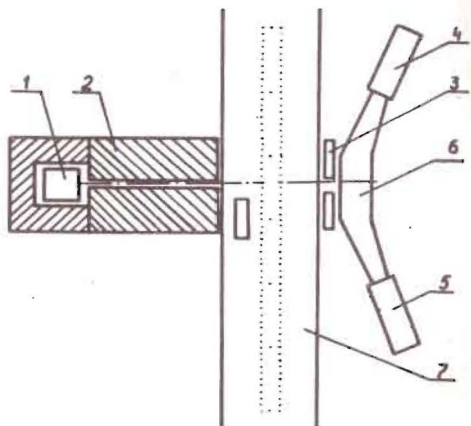
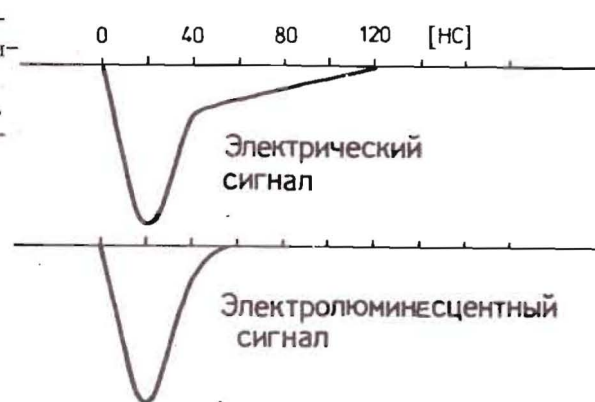


Рис.2. Схема экспериментального стенда с радиоактивным β -источником ^{90}Sr . 1 - β -источник ^{90}Sr , 2, 3 - свинцовый щелевой коллиматор, 4, 5 - фотоумножители, 6 - стартовый сцинтилляционный счетчик, 7 - электролюминесцентная дрейфовая камера.

Рис.3. Форма электрического и электролюминесцентного сигналов от γ -источника ^{55}Fe . Собственное время нарастания усилителя - 5 нс.



телем типа ВВQ или тристирилпиразолин размерами 4x15x700 мм /10/. Световод расположен вдоль анодной проволоки

/см. рис.1/. Его боковая поверхность размером 15 мм ориентирована параллельно плоскости камеры на расстоянии 5 мм от катодной плоскости. С двух торцов световода в оптическом контакте с ним установлены фотоумножители ФЭУ-85. Входное окно, ближайшее к световоду, выполнено из алюминизированного майлара толщиной 20 мкм. Зеркальная сторона обращена во внутренний объем камеры. Противоположное окно сделано из прозрачного майлара толщиной 50 мкм. Камера полностью светоизолировалась.

Экспериментальный стенд, на котором проводились измерения, показан на рис.2. Камера работала в режиме непрерывного продува газовой смесью $87\% \text{Ne} + 5\% \text{CH}_4 + 8\% \text{CO}_2$.

Средняя амплитуда полезного сигнала от источника электронов ^{90}Sr , проходящих через камеру, равнялась /50 ÷ 70/ мВ. На рис.3 показана форма светового и электрического сигналов с камеры от γ -источника ^{55}Fe . При этом усиление сигналов осуществлялось усилителями с собственным временем нарастания 4 ÷ 5 нс. Электрический сигнал отличается от светового задним фронтом, увеличивая его длительность по основанию в 2 раза. Как уже отмечалось выше, это связано с тем, что световой сигнал чувствителен только к компоненте электронов в таунсендовской лавине, а электрический сигнал обусловлен, в основном, более медленной ионной компонентой. Таким образом, использование светового сигнала позволяет уменьшить мертвое время системы усилитель-формирователь и, следовательно, улучшить такую важную характеристику дрейфовой камеры, как пространственное разрешение двух треков.

При работе от сколламированного пучка электронов / ^{90}Sr / было обнаружено, что свет регистрируется не только в том случае, когда пучок электронов проходит через дрейфовую ячейку, непосредственно "принадлежащую" световоду /центр ячейки - анодная проволока, расположен по центру световода/, но и тогда, когда электроны пересекают соседние с ней дрейфовые ячейки. Причем амплитуда светового сигнала для проходящих частиц при переходе к соседней ячейке меняется скачком. На рис.4 показаны амплитудные спектры светового сигнала при двух положениях камеры относительно системы коллиматоров, формирующих пучок электронов.

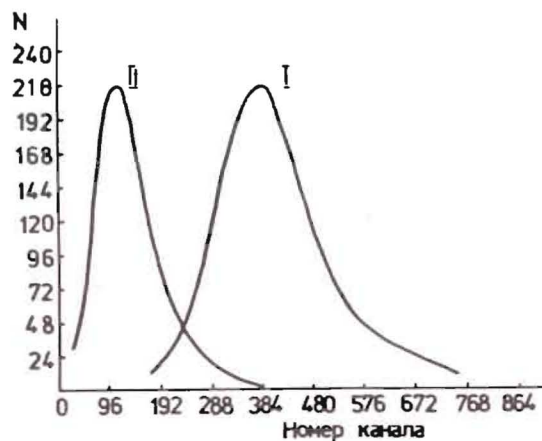


Рис.4. Амплитудные спектры для частиц, регистрируемых в основном промежутке /I/, в соседнем промежутке /II/.

В том случае, когда при смещении камеры пучок не выходит за пределы ячейки, амплитуда сигнала не меняется, т.к. световой сигнал формируется локализованно вблизи анодных электродов. Из рис.4 видно, что перекрытие спектров очень мало. Скачок

возникает из-за того, что при переходе к соседней ячейке дискретно меняется телесный угол, под которым виден световод из области испускания света, а также тот телесный угол, под которым свет попадает в световод при однократном отражении от зеркальной поверхности входного окна. Этот эффект можно использовать с целью уменьшения числа световых информационных каналов. При этом один световод может собирать свет из нескольких ячеек /в простейшем случае из двух соседних/, а величина скачка служит для кодирования номера ячейки. В особенности этот эффект может оказаться полезным при работе камеры в самогасящемся стримерном режиме, где амплитудный разброс значительно меньше, чем в пропорциональном /11/. Кроме того, в стримерном режиме амплитуда светового сигнала примерно на порядок больше, чем в пропорциональном, а длительность сигнала на аноде ФЭУ составляет /10 ÷ 15/ нс.

Собственные шумы фотоумножителей подавляются при включении их в совпадение. Этим удается существенно понизить порог формирования канала временной привязки и, следовательно, улучшить ее точность. Кроме того, такой канал регистрации, вследствие его оптической связи с источником сигналов - анодной проволокой, оказывается мало подвержен влиянию как высокочастотных, так и различных сетевых наводок, в то время как сигнальная проволока очень чувствительна к этим помехам, что ограничивает минимальный порог регистрации электрического сигнала и приводит к искажениям информации.

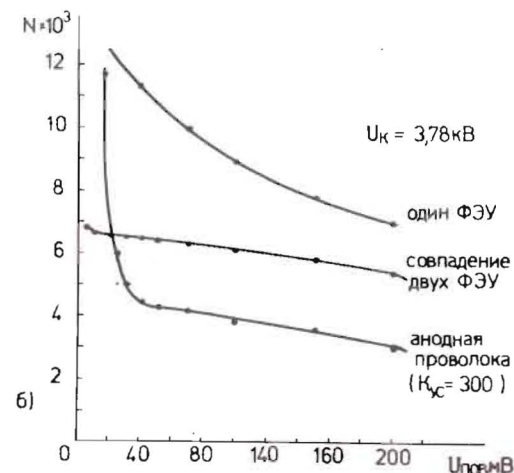
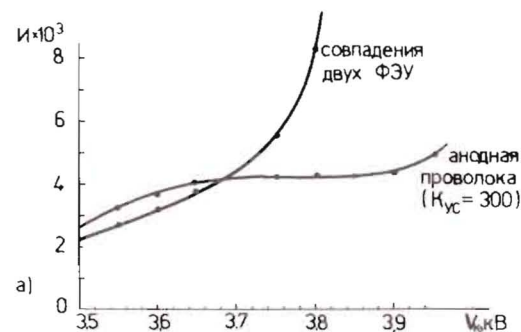
На рис.5а показаны счетные характеристики камеры в зависимости от порога регистрации для одиночного ФЭУ, для двух фотоумножителей, включенных в совпадение, и для электрического сигнала с проволоки. Видно, что при включении ФЭУ в совпадение, порог регистрации можно опустить значительно ниже, чем при приеме сигнала с анодной проволоки.

Рис.5. Счетные характеристики электролюминесцентной дрейфовой камеры: а/ по напряжению, б/ по порогу.

Счетные характеристики камеры /рис.5б/ измерялись от источника ^{90}Sr при продуве камеры смесью $87\%\text{Ne} + 5\%\text{CH}_4 + 8\%\text{CO}_2$. Плато камеры при регистрации электрического сигнала составляет 200 В, в то время как для световых сигналов от фотоумножителей, включенных в совпадение, начиная с некоторого напряжения, наблюдается резкое возрастание скорости счета, не обусловленное шумами камеры, которая находилась при этом в устойчивом состоянии. Было сделано предположение, что возрастание счета связано с чувствительностью светового сигнала к центрам ионизации - кластерам, возникающим вдоль трека заряженных частиц.

Кластерный характер световых сигналов наблюдается и по осциллографу. При подаче сигналов с фотоумножителей на усилители с временем интегрирования 100 нс, тонкая структура сигналов исчезает, и скорость счета светового сигнала /в совпадениях/ и электрического сигнала выравниваются. Сделанное предположение подтверждается также аналогичными измерениями от источника γ -квантов ^{55}Fe , при котором ионизация в камере имеет в основном локальный характер.

Возможность регистрации кластеров может оказаться полезной для улучшения координатной точности и пространственного разрешения близлежащих треков в дрейфовой камере. Эта возможность впервые была продемонстрирована Валентой в 1979 году /12/ (time expansion chamber) при регистрации электрического сигнала с проволоки. В настоящее время камеры такого типа разрабатываются для одного из экспериментов на ускорителе LEP /13/. Следует от-



метить, что световой сигнал, сопровождающий газовое усиление, более приемлем к этой методике, поскольку обладает лучшими временными характеристиками, и для его регистрации не нужны чувствительные и быстродействующие усилители.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изучены некоторые особенности дрейфовой камеры со световым съемом информации. Свет собирается с помощью световода, содержащего переизлучатель спектра. Показано, что при одинаковом времени формирования входной цепи световой сигнал в 2 раза короче, чем электрический, что позволяет улучшить пространственное разрешение между двумя треками. Камера обладает хорошей линейностью и пространственной точностью / $\sigma = 110 \pm 130$ мкм/ как в световом, так и в электрическом режиме. Помехоустойчивость при регистрации светового сигнала лучше, т.к. исключаются наводки на анодную проволоку. Показана возможность сбора света одним световодом из нескольких дрейфовых ячеек, а также чувствительность светового сигнала к кластерной структуре трека заряженной частицы.

Авторы благодарны В.И.Рыкалину и С.М.Шафранову за большую помощь в работе, В.Г.Зинову, В.М.Гребенюку, Л.К.Лыткину за постоянный интерес к работе и полезную дискуссию; К.Катоне, Е.А.Северуку, Н.А.Лебедеву, Р.Е.Русакову за помощь в изготовлении камеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Polícarpo A.J.P.L. NIM, 1970, 77, p.309.
2. Polícarpo A.J.P.L. NIM, 1972, 102, p.337.
3. Анохин М.В. и др. Изв.АН АрмССР, Физика, 1973, 8, с.362.
4. Charpak G., Majewski S., Sauli F. NIM, 1975, 126, p.381.
5. Charpak G., Majewski S., Sauli F. IEEE Trans.Nucl.Sc., 1976, v.NS-23, No 1, p.202.
6. Anderson D.F., Charpak G. Preprint CERN-EP=82-05, 1982.
7. Бунятов С.А. и др. В кн.: "Материалы III Рабочего совещания по нейтринному детектору ИФЗ-ОИЯИ". ОИЯИ, Р1,2,13-83-81, Дубна, 1983, с.70.
8. Charpak G., Sauli F., Duinker W. NIM, 1973, 108, p.413.
9. Breskin A. et al. NIM, 1974, 119, p.9.
10. Barish B. et al. IEEE Trans.Nucl.Sc., 1978, v.NS-25, No 1, p.532.

11. Алексеев Г.Д., Круглов В.В., Хазинс Д.М. ОИЯИ, D13-12027, Дубна, 1978.
12. Walenta A.H. IEEE Trans.Nucl.Sc., 1979, v.NS-26, No 1, p.73.
13. Галактионов Ю.В. Подготовка экспериментов для нового e^+e^- -коллайдера LEP в ЦЕРНе. /Конспект лекций/. Изд. МИФИ, М., 1984, с.61.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 мая 1985 года.