

Վ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Մ. Լ. ԴԻՄԱԿՍՅԱՆ, Ա. Ի. ՎԱԿՆՅԱՆ,  
Գ. Ե. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. Բ. ԴԻՄԱԿՍՅԱՆ

Բույցմանի կիսկոնի հալասարման միջինացման միջոցով հաշվարկված են էլեկտրոնների դրեյֆի արագությունը, շարժունակությունը, դիֆուզիայի գործակիցը, ինչպես նաև հոսանքի խտությունը կախված էլեկտրական դաշտի լարվածությունից: Ցույց է տրված  $In_{1-x}Ga_xP$  համակարգի տարրեր բաղադրությունների բնութագրերի փոփոխությունը կախված գոտիական կառուցվածքից:

## INVESTIGATION OF $In_{1-x}Ga_xP$ SOLID SOLUTION IN STRONG ELECTRIC FIELDS

V. M. ARUTYUNYAN, M. L. DIMAKSYAN, A. I. VAHANYAN,  
G. E. GRIGORYAN, A. B. DIMAKSYAN

The drift velocity of electrons, their mobility, diffusion coefficient as well as the current density were calculated in dependence of electric field strength using the method of averaging the Boltzman kinetic equation. Changes in the characteristics with the variation in the zone structure of different  $In_{1-x}Ga_xP$  compositions are shown.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 22, вып. 3, 170—175 (1987)

УДК 539.074.22:621.3.017

## УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. Г. АМБАРՉՄՅԱՆ, Բ. Ա. ԱՏԱԲԱՏՅԱՆ, Ա. Ն. ԻՕԱՆՆԻՍՅԱՆ,  
Ր. Լ. ԿԱՎԱԼՈՎ, Վ. Մ. ԿՈՒԿԱՐԵՎ, Լ. Կ. ՓԱՐԼԱԿՅԱՆ

Ереванский физический институт

(Поступила в редакцию 19 марта 1986 г.)

На вторичном электронном пучке Ереванского синхротрона проведены исследования характеристик детектора рентгеновского переходного излучения, представляющего собой систему из мишени в виде слоистой среды и пропорциональной камеры с двойным дрейфовым отсеком. Измерения проводились с использованием двух различных методов выделения РПИ-фотонов на фоне ионизационных потерь энергий первичных частиц: измерения интегрального энерговыделения и измерения энерговыделений от локальных сгустков. Проведено сравнение экспериментально измеренного дифференциального спектра фотонов РПИ с теоретически ожидаемым. Полученные данные пересчитаны на случай «сэндвича», составленного из нескольких таких детекторов.

Хорошо известно, что средний угол вылета фотонов рентгеновского переходного излучения (РПИ) относительно направления первичной частицы — порядка миллирадиан, поэтому фотоны РПИ в реальном детекторе приходится регистрировать на фоне ионизационных потерь энергии (ИПЭ) первичной частицы. Относительно малая же величина энергии фотонов (5—10) кэВ и небольшое их число (1—3) при этом приводят к весьма значительному фону от ИПЭ первичной частицы в детекторах для идентификации частиц по РПИ. Поэтому основное направление улучшения параметров РПИ-детекторов — уменьшение вклада этого фона.

Существуют два основных метода выделения фотонов РПИ на этом фоне: измерение интегрального (РПИ + ИПЭ) заряда в детекторе и измерение локального заряда. В литературе они более известны как методы энерговыделения [1] и подсчета числа кластеров [2—5]. Эти названия не совсем точно отражают сущность методик, так как обе позволяют учитывать как энергию фотонов, так и их число. Более полное и подробное описание различных методов выделения фотонов в детекторе РПИ приводится в расчетной работе [6], где проводится сравнение характеристик РПИ-детекторов и показывается существенное преимущество регистрации РПИ посредством выделения локальных зарядов.

Первое экспериментальное доказательство преимущества последнего метода содержится в работах [3, 4] по идентификации  $e$ ,  $\mu$  при энергии 15 ГэВ и  $\pi$ ,  $K$  при энергии 140 ГэВ. Коэффициент разделения частиц при этом улучшился более чем на порядок. Тем не менее результаты некоторых более поздних работ [7, 8] не подтвердили эти данные. Такая неоднозначность результатов сравнения двух указанных методик представляется нам спорной, так как метод выделения локального заряда в детекторе идентичен простой замене одного детектора эквивалентной по чувствительной длине системой из многих детекторов, а преимущество последней очевидно. Необходимо особо отметить, что методика выделения локальных зарядов налагает особые требования к регистрирующей электронике, так как возможны потери сигналов из-за их наложения во времени. По этой же причине важно, чтобы детектор РПИ представлял собой гибридную камеру с четким разделением областей дрейфа и усиления. Только при выполнении этих двух условий нам представляется возможным объективное сравнение разных методик, так как эти условия совершенно не существенны при регистрации интегрального заряда (полное энерговыделение).

Резюмируя вышесказанное и следуя работе [6], перечислим способы выделения РПИ-фотонов в детекторе РПИ.

I. Метод интегрального измерения заряда или метод полного энерговыделения от ИПЭ первичной частицы и РПИ-фотонов.

II. Метод суммирования энергий локальных зарядов или метод частичного энерговыделения (энерговыделение только от РПИ-фотонов и  $\delta$ -электронов).

III. Метод подсчета числа локальных зарядов или подсчета числа кластеров от РПИ-фотонов и  $\delta$ -электронов от ИПЭ первичной частицы.

IV. Учет обоих признаков — числа и энергий локальных зарядов.

С целью экспериментального исследования возможностей каждого из перечисленных выше методов идентификации нами была создана установка

на вторичном электронном пучке канала  $\gamma 2$  Ереванского электронного синхротрона на базе парного спектрометра (рис. 1). Семь сцинтилляционных счетчиков, в том числе и два антисовпадательных, служили для выделения электронного пучка с заданной парным спектрометром энергией (1—4) ГэВ и поперечными размерами  $1 \times 2$  см<sup>2</sup>. В канал мастера для дополнительной очистки пучка электронов от возможного фона рассеяния по

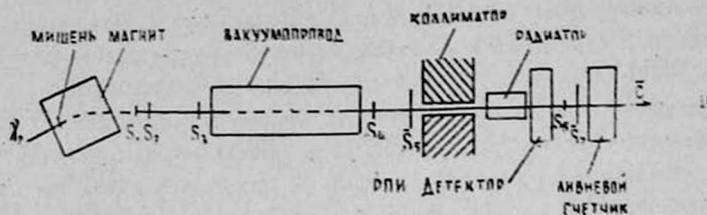


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

тракту частиц (на базе около 30 м) был включен также сигнал от ливневого счетчика (толщина — 10 рад.длин). Антисовпадательный счетчик  $S_7$ , установленный в конце тракта перед ливневым счетчиком, устранял отраженный фон от ливневого счетчика.

На рис. 2 схематически изображен детектор РПИ, представляющий собой пропорциональную камеру с дрейфовыми отсеками. Использовалась газовая смесь  $Ar + 6\% CH_4$ , скорость дрейфа при этом составляла  $\sim 3,3$  см/мкс. Мишенью служила периодическая среда из майлара толщиной 7 мкм с периодом 1 мм в количестве 200 шт., помещенная в вакууме. На рис. 2 показан также электронный канал для регистрации числа и

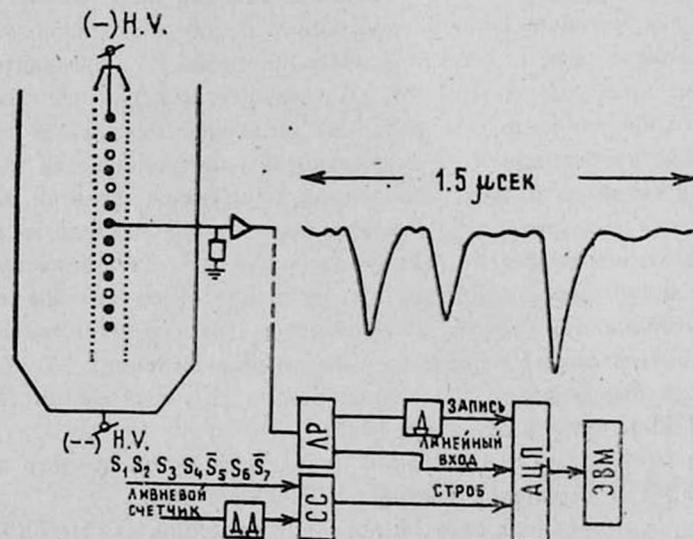


Рис. 2. Схематический вид детектора РПИ, формы сигнала с детектора; блок-схема канала регистрации АЦП-ЭВМ.

амплитуды кластеров. Сигнал на выходе детектора, типичная форма которого изображена на рисунке, анализировался быстрым АЦП параллельного действия с временем преобразования 25 нс. После амплитудно-цифрового преобразования всех кластеров и записи их в буфер такая пачка

амплитуд вводилась в ЭВМ «Электроника 100/16». Максимальное число преобразований в пачке — 16, длина передаваемого слова — 6 бит, из которых в пяти записана величина амплитуды, а в шестом — признак пачки (принадлежность данной пачке, т. е. одной первичной частице). Одновременно сигнал с выхода линейного разветвителя (ЛР) анализировался анализатором АИ-256. Таким образом, регистрирующая электроника позволяла производить одновременный набор данных для осуществления и сравнения всех четырех перечисленных выше методов.

Приведенные ниже экспериментальные результаты условно можно разделить на две части. Первая — контрольная, по сшивке результатов с теорией РПИ и проверке экспериментальных распределений, так как в режиме выделения локального заряда системой АЦП-ЭВМ дифференциальные спектры кластеров, а следовательно, и фотонов РПИ и их распределения по числу измеряются без искажений. На рис. 3 гистограммой представлен спектр фотонов РПИ, полученный как разностный спектр кластеров, измеренный с мишенью и без мишени при энергии электронов  $E_e = 4$  ГэВ. На этом же рисунке плавной кривой изображен теоретически ожи-

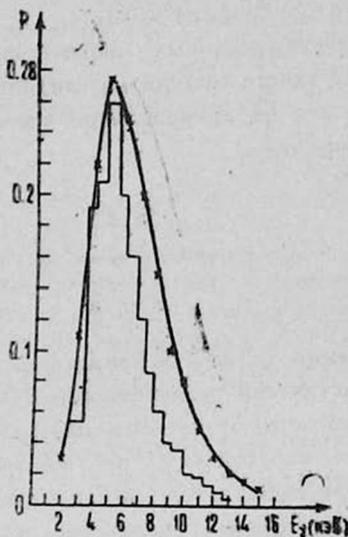


Рис. 3.

Рис. 3. Экспериментально измеренный дифференциальный спектр фотонов РПИ (гистограмма) и спектр, рассчитанный по теории РПИ.

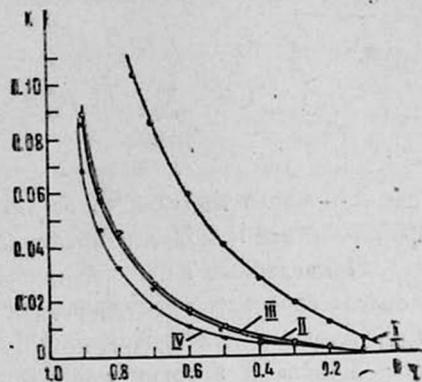


Рис. 4.

Рис. 4. Кривые  $R = R(\eta_2)$  для восьми модулей, соответствующие методам I—IV идентификации.

даемый расчетный спектр. Из рис. 3 следует, что экспериментально измеренный спектр фотонов при выбранном пороге регистрации кластеров практически зануляется и удовлетворительно согласуется с расчетным. Для суммарного числа  $\delta$ -электронов получено значение 0,9, в то время как расчет дает 0,8. Распределение числа кластеров с точностью 5—10% следует распределению Пуассона.

Вторая часть экспериментальных данных, которой и инициирована настоящая работа, — сравнение четырех способов идентификации частиц

РПИ-детектором. Коэффициент режекции вычислялся по формуле  $R = \eta_2 / (\eta_1 + \eta_2)$ , где  $\eta_1$  и  $\eta_2$  — эффективности регистрации электрона с мишенью и без мишени.

Общая постановка задачи нахождения кривой  $R = R(\eta_2)$  состоит в следующем: имеется набор экспериментальных данных от частиц разного сорта в виде дифференциального распределения

$$P = P(x_1, \dots, x_n).$$

В нашем случае, например, параметрами  $x_i$  являются полное энерговыделение, суммарная энергия кластеров и число кластеров. Требуется вычислить минимальный коэффициент режекции  $R$  при заданной эффективности одной из этих частиц.

Точное решение этой задачи достигается следующим образом (см., например, [7]): ставится порог  $r_{\text{пор}}$  по величине  $r = \frac{P_2(x_1, \dots, x_n)}{P_1(x_1, \dots, x_n)}$ , далее вычисляются суммы

$$\gamma_1(r_{\text{пор}}) = \sum_{r < r_{\text{пор}}} P_1(x_1, \dots, x_n), \quad \gamma_2(r_{\text{пор}}) = \sum_{r < r_{\text{пор}}} P_2(x_1, \dots, x_n).$$

Для практического использования и оценки реальных параметров идентификации необходимо пересчитать данные одного модуля на сэндвич. Для этого был проведен статистический пересчет на произвольное число модулей с использованием вышеописанной процедуры:

$$\gamma_1(r_{\text{пор}}) = \sum_{r < r_{\text{пор}}} \prod_{i=1}^n P_1^i, \quad \gamma_2(r_{\text{пор}}) = \sum_{r < r_{\text{пор}}} \prod_{i=1}^n F_2^i, \quad r = \frac{\prod_{i=1}^n P_1^i}{\prod_{i=1}^n F_2^i},$$

где  $n$  — число модулей, а остальные обозначения те же. В приведенных формулах все  $n$  модулей предполагаются статистически независимыми.

Приведенные на рис. 4 кривые I—IV соответствуют четырем перечисленным способам идентификации для сэндвича, состоящего из восьми идентичных модулей. Кривая IV при этом получена с учетом двух признаков — числа и энергии кластеров — следующим образом: получены распределения суммы энерговыделений для событий с заданным числом кластеров; далее для каждой пары таких распределений вычислены кривые  $R = R(\eta_2)$  и просуммированы. Из сравнения кривой I с кривыми II—IV видно преимущество методики выделения локального заряда системой АЦП-ЭВМ. Сравнение же кривых II—IV дает слабое отличие параметров идентификации, что можно объяснить мягким спектром фотонов для выбранной мишени, а также рабочим газом-поглотителем с относительно малым  $Z$  (см. рис. 3). С возрастанием веса (энергии) поглощающегося фотона РПИ следует ожидать, что результаты идентификации частиц методами II—IV должны все более различаться.

В заключение отметим, что при реальной идентификации с, л при энергии 4 ГэВ разделение частиц должно быть существенно лучше из-за меньших ИПЭ  $\pi$ -мезонов. Можно было бы пересчитать результаты, следуя работе [7], где фактором уменьшения ИПЭ взят коэффициент 1,6. Мы

этого не сделали, так как не было достаточной уверенности в отсутствии постоянного мягкого фона, сопровождающего частицу, а также из-за сомнений в корректности подобной процедуры. Однако грубая оценка дает фактор улучшения разрешения примерно в  $(1,4)^n$  раз, где  $n$  — число модулей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алиханян А. И. и др. ЖЭТФ, 41, 2002 (1961).
2. Астабатын Р. А. и др. Препринт ЕФИ—407 (14)—80, Ереван, 1980.
3. Ludlam T. et al. CERN Preprint EP/80—156, 1980.
4. Fabjan C. W. et al. CERN Preprint EP/80—198, 1980.
5. Астабатын Р. А. et al. NIM, 187, 447 (1981).
6. Астабатын Р. А., Кавалов Р. Л., Маркарян К. Ж. Материалы II симпозиума по перходному излучению частиц высоких энергий. Ереван, 1983.
7. Büngener A. et al. NIM, 214, 261 (1983).
8. Watase J. et al. KEK Report 84—24, 1985.

### ՌԵՆԳԵՆՅԱՆ ԱՆՅՈՒՄԱՅԻՆ ՀԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԳՐԱՆՅՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՍԱՐՔ

Վ. Գ. ՀԱՄԲԱՐՏՄՅԱՆ, Ռ. Ա. ԱՍՏԱԲԱՏՅԱՆ, Ա. Ն. ԻՈԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ռ. Լ. ԿԱՎԱԼՈՎ,  
Վ. Մ. ԿՈՒԿԱՐԵՎ, Լ. Կ. ՓԱՌԿԱԿՅԱՆ

Երևանի սինքրոտրոնի երկրորդային էլեկտրոնային փնջի վրա կատարված են ՌԱՀ-դետեկտորի բնութագրերի հետազոտություններ: Դետեկտորը շերտավոր թիրախի և կրկնակի դրեյֆային խցիկով համեմատական խցի մի համակարգ է: Չափումները կատարվել են սկզբնային մասնիկների իոնիզացիոն կորուստների ֆոնի վրա ՌԱՀ-ֆոտոնների անշատման երկու տարրեր մեթոդների օգտագործմամբ՝ լրիվ էներգիայի անշատման և լրկալ թանձրուկներից էներգիայի անշատման շափումով: Համեմատված են ՌԱՀ-ֆոտոնների փորձնական և տեսական սպեկտրերը: Ստացված տվյալները վերհաշվված են մի քանի այդպիսի դետեկտորներից կազմված «սնդիկի» համար:

### AN ARRANGEMENT FOR STUDYING THE METHODS OF X-RAY TRANSITION RADIATION DETECTION

V. G. HAMBARTSUMYAN, R. A. ASTABATYAN, A. N. IOANNISYAN,  
R. L. KAVALOV, V. M. KUKAREV, L. K. PARLAKYAN

The characteristics of an X-ray transition radiation detector have been studied on the secondary beam of the Yerevan synchrotron. The detector consisted of a laminar target and a proportional chamber with double drift compartment. For the separation of XTR photons against the background of ionization losses of incident particles, both the measurements of total energy deposition and the measurements of the energy released from local clusters were carried out. A comparison between the measured and theoretically predicted differential spectra of XTR photons was made. The obtained data were reestimated for the case of a „sandwich“ consisting of a number of such detectors.