

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



Р.О.АВАКЯН, А.Э.АВETИСЯՆ, Р.А.АСАТУРЯՆ,
Р.Б.АЙВАЗЯՆ, М.В.БАՐТИКЯՆ, К.Р.ДАЛЛАКЯՆ,
С.С.ДАՆАГУЛЯՆ, С.А.ДАՆЕЛЯՆ, О.С.КИЗОГЯՆ,
Э.М.МАТЕВОСЯՆ, Р.М.МИРЗОЯՆ, К.Շ.ОГАНЯՆ,
Ю.З.СУКИАСЯՆ, С.П.ТАՐОЯՆ

**ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ ПАРНЫЙ МАГНИТНЫЙ
СПЕКТРОМЕТР С ТОРЦЕВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ
МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ
КАМЕР**

Ռ. Զ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Ա. Է. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Ռ. Ա. ԱՍՏՐՅԱՆ, Ռ. Բ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ
Մ. Վ. ԲՈՒՏԻԿՅԱՆ, Կ. Ռ. ԳԱԼԱԲՅԱՆ, Ս. Ս. ԳԱՆԱԳՈՒՅԱՆ,
Ս. Ա. ԳԱՆԻՆԵԼՅԱՆ, Ս. Գ. ԹԱՌՈՅԱՆ, Օ. Ս. ԿԻՉՈՂՅԱՆ, Է. Մ. ՄԱԹԵՂՈՍՅԱՆ,
Ռ. Մ. ՄԻՐՉՈՅԱՆ, ՅՈՒ. ՍՈՒՔԻԱՅԱՆ, Կ. Շ. ՕԶԱՆՅԱՆ

**ԲԱԶՄԱԼԱՐ ՀԱՄԱՄԱՏԱԿԱՆ ԽՅԻՆՆԵՐԻ ԿՈՂԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿՐՄԱՐ՝
ԼԱՅՆԱՆԱՎԱԼ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԶՈՒՑԳԱՅԻՆ ՍԳԵԿՏՐԱԶՓ**

Նկարագրված է լայնածավալ մագնիսական զույգային սպեկտրաչափ, որը օգտագործվում է նրևանի սինթրոտրոնից դուրս բերված փնջի էլեկտրոնների հարթ և առանցքային կանալացման դեպքում՝ մոտազայթման սպեկտրալ բնութագրերը ստանալու համար: Նկարագրված են ՍԳ-57 մագնիսի վրա հիմնված ՄԶՍ-ի և մագնիսական բևեռների երկայնքով դասավորված բազմալար բնութագրերը ստանալու համար: Նկարագրված են լայնածավալ ՄԶՍ-ի՝ հիմնված ՍԳ-57 մագնիսի և մագնիսական բևեռների երկայնքով դասավորված բազմալար համեմատական լցիկների/ԲՀԽ/, կառուցվածքը և բնութագրերը: Գամմա քվանտների զրանցվող էներգիաների տիրույթը 30-1000 ՄԷՎ է, մագնիսի 50 և 150Ա հոսանքների դեպքում: Բերված են նույնպես 1մմ հաստությամբ ալմաստի բյուրեղի վրա 4,5 ԳԷՎ էներգիայով էլեկտրոնների առանցքային կանալացման դեպքում չափման արդյունքները: ՄԶՍ-ի օգնությամբ ստացված մոտազայթման սպեկտրը համեմատվում է **ՈսJ(Te)** դետեկտորի օգնությամբ չափված համանման մոտազայթների սպեկտրի հետ:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1989

R.O. AVAKIAN, A.E. AVETISSIAN, R.A. ASATURIAN,
R.B. AIVAZIAN, M.B. BARTIKIAN, K.R. DALLAKIAN,
S.S. DANAGULIAN, S.A. DANELIAN, H.S. KIZCGIAN,
E.M. MATEVOSSIAN, R.M. MIRZOYAN, K.Sh. OHANIAN,
Yu.Z. SUKIASSIAN, S.P. TAROYAN

A WIDE-APPERTURE MAGNETIC PAIR SPECTROMETER WITH
ENDWINDOW MULTIWIRE PROPORTIONAL CHAMBERS

A wide-aperture magnetic pair spectrometer used to obtain the spectral characteristics of radiation ⁱⁿ planar and axial channeling of electrons of the Yerevan synchrotron external beam, is described. The ^{design} construction and characteristics of the wide-aperture magnetic pair spectrometer, consisting of a ^{SP} ~~CA~~ -57 magnet and multiwire proportional chambers ^{MPS} ~~dis~~located along the magnet poles, are described. From 30 to 1000 MeV gamma-quanta are registered at the magnetic current of 50 and 150 A. The results of measurements carried out ^{for} ~~at~~ an axial channeling of 4.5 GeV electrons on a 1 mm thick diamond crystal are also presented. The ^{emission} ~~radiation~~ spectrum obtained by means of the ^{MPS} magnetic pair spectrometer is compared with that measured by a NaI(Tl) detector.

УДК 535.853:539.1.074

Р.О.АВАКЯН, А.Э.АВETИCЯН, Р.А.АСАТУРЯН,
 Р.Б.АЙВАЗЯН, М.В.БАРТИКЯН, К.Р.ДАЛЛАКЯН, С.С.ДАНАГУЛЯН,
 С.А.ДАНЕЛЯН, О.С.КИЗОГЯН, Э.М.МАТЕВОСЯН, Р.М.МИРЗОЯН,
 К.Ш.ОГАНЯН, Ю.З.СУКИАСЯН, С.П.ТАРОЯН

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ ПАРНЫЙ МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
 С ТОРЦЕВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ
 ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР

В работе описан широкоапертурный парный магнитный спектрометр, который используется для получения спектральных характеристик излучения при плоскостном и осевом каналировании электронов на выведенном пучке Ереванского синхротрона. Описаны конструкции и характеристики широкоапертурного ПМС на основе магнита СП-57 и многопроволочных пропорциональных камер (МПК), расположенных вдоль магнитных полюсов. Область энергий регистрируемых гамма квантов равняется 30-1000 МэВ при двух значениях тока магнита 50 и 150 А. Приведены также результаты измерения при осевом каналировании электронов с энергией 4,5 ГэВ на кристалле алмаза толщиной 1 мм. Спектр излучения, полученный с помощью ПМС, сравнивается с аналогичным спектром излучения измеренным с помощью детектора NaJ(Te).

Ереванский физический институт

Ереван 1989

Описываемый парный магнитный спектрометр (ПМС) с автоматическими проволочными камерами (ПК) используется на внешнем электронном тракте Ереванского синхротрона [1] для изучения взаимодействия электронов и позитронов с различными монокристаллами.

Возросший интерес к излучению при каналировании объясняется такими его особенностями, как высокая спектральная плотность, высокая направленность и большая степень поляризации. Существующие установки по каналированию для исследования спектральных характеристик излучения, как правило, оснащены только спектрометром полного поглощения. В описываемой установке также использовался спектрометр на основе кристалла $\text{NaJ}(\text{Tl})$. Как известно, они имеют ряд недостатков при использовании в этих экспериментах:

- а) при измерении спектров излучения электронов в "толстых" кристаллах, когда есть большая вероятность рождения одновременно нескольких квантов, измеряется их суммарное энерговыделение и тем самым искажается форма спектра;
- б) имеется плохое разрешение в области энергий γ -квантов 30-60 МэВ, достигающее 30-40 % при высоком пороге регис-

трации;

- в) требуется многократная калибровка в процессе измерений на калибровочном электронном тракте, что приводит к снижению эффективности измерения.

В связи с вышесказанным возникла необходимость создания парного магнитного спектрометра, который в сочетании с существующим детектором на основе кристалла NaI(Tl) позволит измерить, как истинный спектр от "толстых" кристаллов, так и получить информацию о полных потерях электронов на излучение.

Экспериментальная установка

На рис. I показана схема экспериментальной установки. Сформированный пучок электронов с угловой расходимостью 5×10^{-5} рад и поперечным сечением 2×2 мм, проходя через газовый счетчик (ГС1) и многопроволочную пропорциональную камеру с шагом намотки 1 мм (ПК1), падает на кристалл, расположенный в гониометрическом устройстве, которое позволяет дистанционно менять углы вращения мишени относительно горизонтальной и вертикальной осей с точностью 4×10^{-5} рад, а также перемещать мишени по горизонтали перпендикулярно пучку с точностью 0,2 мм. После взаимодействия пучок электронов отклоняется магнитом М1 и регистрируется сцинтилляционным телескопом S_1, S_2 . Возникшее в кристалле излучение превращается в конверторе К1 в e^+e^- пару с вероятностью 2%. Их энергия измеряется широкоапертурным парным магнитным спектрометром. ГС₂ и ПК₂ служат для регистрации и определения координат входа частиц в магнитное поле.

Торцевые проволочные камеры (ПК) служат для регистрации координат e^+e^- и тем самым определяют энергию γ -кванта.

В конверторе К2 рожденная пара служит для определения угловых характеристик излучения. Угловые характеристики определяются с помощью камер ПКЗ, 4, 5, где восстанавливается точка конверсии в конверторе. ПКЗ является двухкоординатной камерой с шагом 1 мм, в которой конвертор совмещен с катодной плоскостью (расстояние анод-катод - 3 мм), ПК4,5 - "стандартные" двухмиллиметровые камеры [2]. ПКЗ служит для регистрации e^+e^- пары. Энергия неконвертированных γ -квантов измеряется спектром полного поглощения на основе кристалла $Na_3(Tl)$. Такое широкое использование многопроволочных пропорциональных камер и газовых счетчиков позволило:

- а) непрерывно следить за положением и угловыми характеристиками выведенного пучка;
- б) получить не только спектральные, но и спектрально-угловые характеристики излучения ;
- в) изучить многократное рассеяние электронов в зависимости от ориентации кристалла и формировать запускающий импульс (триггерный сигнал) установки с использованием газовых счетчиков, без особого увеличения количества вещества на пути частиц.

Широкоапертурный ПМС создан на базе магнита СП-57, который позволяет использовать полюса значительной длины. В этом магните размер объема рабочей области магнитного поля составляет $(130 \times 40 \times 8) \text{ см}^3$.

Парный магнитный спектрометр. Магнитные измерения

Для измерения энергии-импульса электронно-позитронной пары нам необходимо знать топографию поля, поэтому были проведены измерения магнитного поля, как вдоль, так и поперек полюсов для некоторых значений токов. Ввиду симметричности полюса, измерения проведены в одной четверти полюса. Была измерена также зависимость магнитной индукции от тока в центре магнита. Все эти результаты приведены на рис.2.

Результаты измерения были использованы для машинного моделирования спектрометра.

Конструкция детекторов и их расположение

Многопроволочные пропорциональные камеры располагались вдоль торцов магнитных полюсов. Такое расположение камер позволяет измерять энергию γ -квантов в широком диапазоне - от 30 МэВ до 1 ГэВ, используя всего два значения магнитного поля. Размеры камер выбирались с учетом их расположения и имели значения по вертикали 40 см и по длине 1 м. Камеры представляют собой однокоординатную систему анодных проволочек, расположенных между двумя катодными плоскостями. Рабочий объем камеры 100x1030x14 мм. Анодные проволочки из золоченого вольфрама диаметром 20 мкм и шагом 2 мм натягивались на фольгированную стеклотекстолитовую рамку, на которую нанесена печатная плата для распайки проволочек и съема информации. Расстояние анод-катод 7 мм. Для нормальной работы "камерная электроника" распо-

лагалась в стороне от магнитных полей, поэтому съем информации с ПК производился кабелями длиной 3 м. Для регистрации использовались ранее разработанные модули МКЭ-32 [3]. На рис.3 показана счетная характеристика камеры полученная при лабораторных испытаниях. В качестве газовой смеси использовался $Aч+CH_4$ +пары метилала.

Результаты моделирования

Для определения характеристик парного магнитного спектрометра, таких как энергетическое разрешение, эффективность регистрации фотонов, проведены расчеты методом Монте-Карло. Программа моделирования включала:

- а) розыгрыш равномерного или Бете-Гайтлеровского спектра фотонов;
- б) розыгрыш кинематики рождения e^+e^- пары;
- в) восстановление траектории пары в отклоняющем магните с учетом угловой расхожимости и реальных размеров γ -пучка на конверторе, многократного рассеяния частиц в конвертере и с использованием реальной топографии магнитного поля.

Результаты расчетов показаны на рис.4-6. Например, из рис.4 видно, что энергетическое разрешение для энергий 30 МэВ не хуже 10 %. На следующем рисунке дано расчетное разрешение спектрометра по импульсу $\Delta P/P$ и, наконец, на рис.6 показана функция отклика детектора в зависимости от энергии кванта.

Предварительные результаты

Спектрометр был апробирован в процессе эксперимента по изучению взаимодействия электронов высоких энергий с монокристаллами.

Набор статистики и обработка проводились следующим образом. Триггерным сигналом для записи информации с торцевых МПК, служило совпадение $ГС_1 * S_1 * S_2 * ГС_2$. Оно формировалось только в том случае, если первичный электрон в кристалле генерировал γ -квант, который в конверторе превращался в e^+e^- пару. Дальнейшая обработка осуществлялась с обязательным условием, что в МПК1 и МПК2 восстанавливается координата начального электрона и e^+e^- пары, и при этом в обоих торцевых МПК есть только одно восстанавливаемое событие. На рис.7,8 показано пространственное распределение событий в МПК1 и МПК2 и энергетическое распределение в торцевых МПК при плоскостном каналировании электронов. Такие же характеристики получены как для дезориентированной мишени, так и для "пустой" мишени. Весь этот набор данных позволяет восстановить спектр от дезориентированной мишени (Бете-Гайтлеровский спектр) и определить реальное значение эффективности установки, которые использованы для восстановления спектров излучения при плоскостном и осевом каналировании электронов. На рис.9 показаны спектры излучения при осевом (ось IIO) каналировании электронов с энергией 4,5ГэВ в монокристалле алмаза толщиной 1 мм. Там же для сравнения показан спектр излучения, измеренный с помощью спектрометра на кристалле $NaJ(Tl)$.

Заключение

Использование парного магнитного спектрометра позволит измерить спектры излучения с хорошей точностью и без искажений, характерных для измерений с помощью $\text{NaI}(\text{Tl})$. Дальнейшие усовершенствования спектрометра предполагают использовать катодный съём информации для включения в триггер. Как показали результаты испытаний, довольно большая часть информации одноплечевая, которая потом отбрасывается. Использование катодного съёма позволит исключить такие события и существенно увеличить статистику набора.

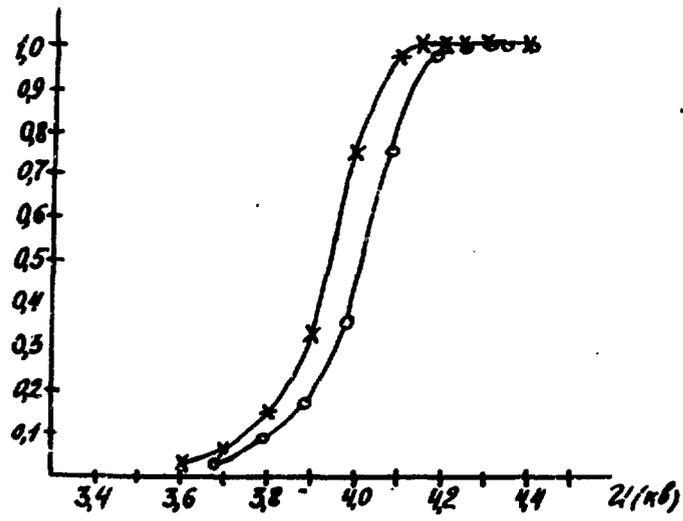


Рис. 3

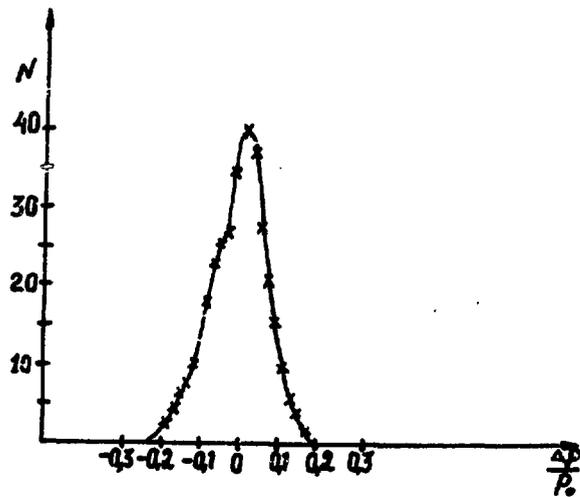


Рис. 4

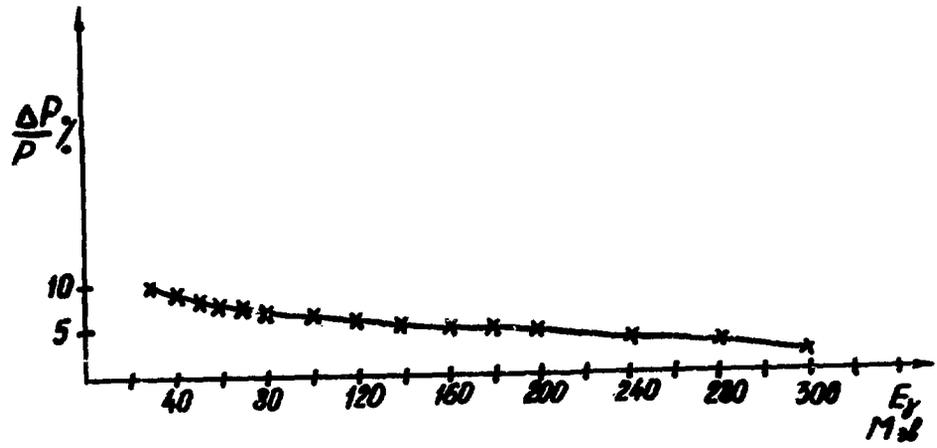


Рис. 5

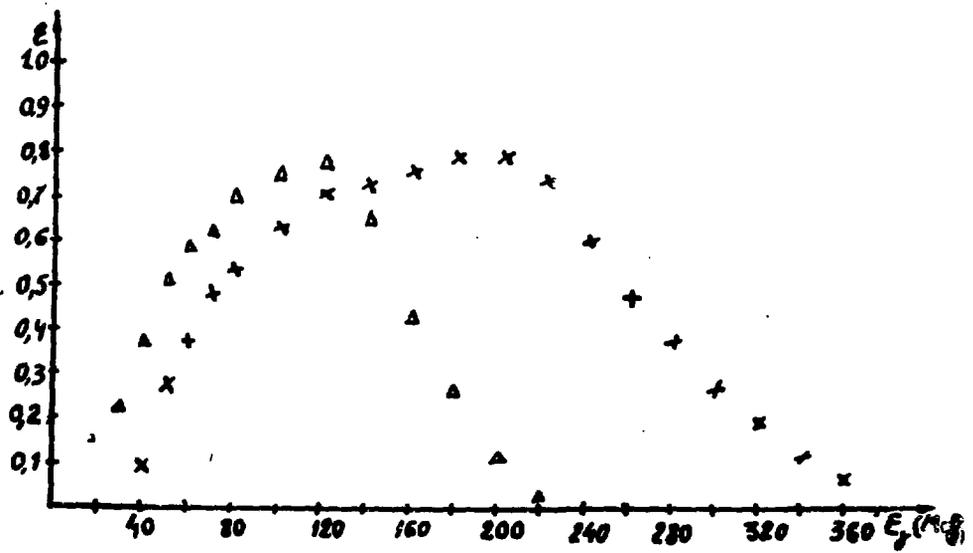


Рис. 6

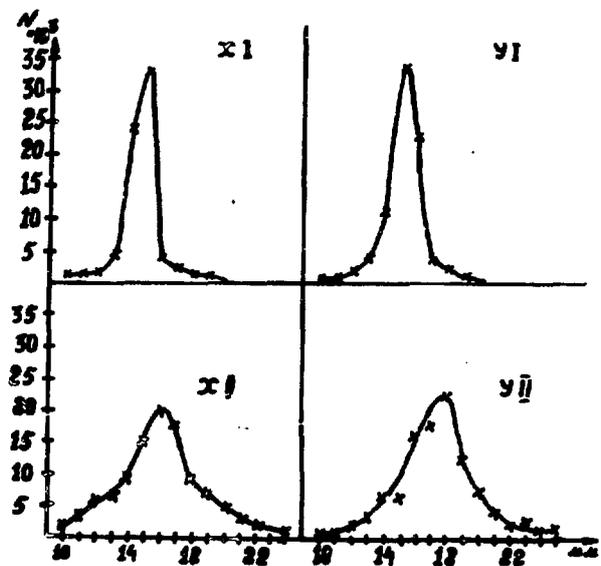


Рис. 7

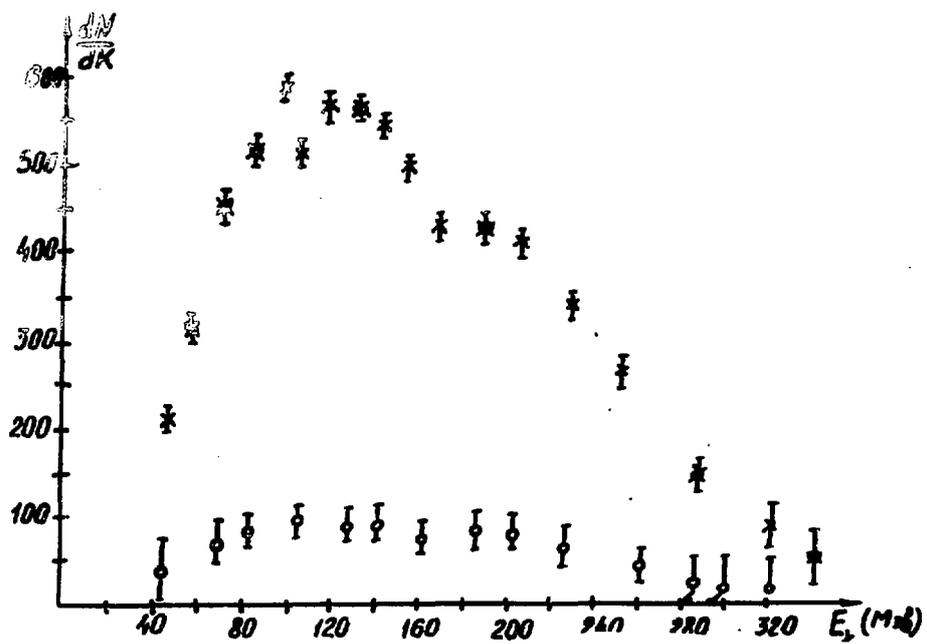


Рис. 8



Рис. 9

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схема экспериментальной установки. ТПК - торцевые проволочные камеры; ГС - газовые счетчики; ПК - пропорциональные камеры; ВГ - вакуумный гониометр.

Рис.2 Результаты магнитных измерений

а) вдоль магнитного полюса; б) поперек магнитного полюса.
1 - ток 30 А; 2 - ток 50 А.

Стрелками показаны соответственно конец полюса и место расположение камер.

Рис.3 Эффективность регистрации ТПК.

Смесь 47 % Ач + 40 % CH_4 + 13 % $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$.

Рис.4 Энергетическое разрешение ПМС. $I = 30$ А, $E = 30$ МэВ.

Рис.5 Импульсное разрешение ПМС в зависимости от энергий.

Рис.6 Функция отклика ПМС в зависимости от энергий.
(эффективность регистрации)

Рис.7 Пространственное распределение событий в МПК1 и МПК2.

Рис.8 Энергетическое распределение событий в ПМС при плоскостном каналировании электронов, показано также энергетическое распределение при дезориентированном кристалле алмаза. $t = 1$ мм, $E_0 = 4,5$ ГэВ, плоскость (110).

Рис.9 Спектр излучения при осевом каналировании электронов.
Ось $\langle 110 \rangle$, $E_0 = 4,5$ ГэВ, $t = 1$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян А.Э. и др. Излучение электронов высоких энергий вблизи кристаллографических осей и плоскостей кристалла алмаза. Препринт ЕЖИ-704(19)-84, Ереван, 1984.
2. Апресян А.Н., Асатрян Р.А., Айвазян Р.Б. и др. Результаты разработок многопроволочных пропорциональных камер в Ереванском физическом институте. Препринт ЕФИ-466(29)-81, Ереван, 1981.
3. Бартикян М.В., Матевосян Э.М., Мирзоян С.С. и др. 32-канальный электронный модуль для проволочных камер. ПТЭ, 1982, № 3, с.75.

Рукопись поступила 14 ноября 1988 г.

Р.О.АВАКЯН, А.Э.АВЕТИСЯН, Р.А.АСАТУРЯН, Р.Б.АЙВАЗЯН,
М.В.БАРТИКЯН, К.Р.ДАЛЛЯКЯН, С.С.ДАНАГУЛЯН, С.А.ДАНЕЛЯН,
О.С.КИЗОГЯН, Э.М.МАТЕВОСЯН, Р.М.МИРЗОЯН, К.Ш.ОГАНЯН,
Ю.З.СУКИАСЯН, С.П.ТАРС .

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ ПАРНЫЙ МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР С ТОРЦЕВЫМ
РАСПОЛОЖЕНИЕМ МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР

Редактор Л.П.Мукаян

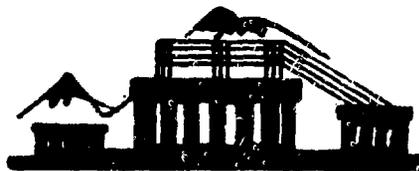
Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать **6/II-88г** ВФ-01947 Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч.изд.л. **0,8** Тираж 299 экз.Ц. **10** к.
Зак.тип.№ **003** Индекс 3649

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, ул.Братьев Аликханян 2

The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Markaryan St., 2
Yerevan, 375036
Armenia, USSR

ИНДЕКС 3649



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ