

ԵՐԵՎԱՆԻ ԲՐԵՇՎԱԿԱՆ ԳՐԱԳՐԱԿԱՆ  
ԵՐԵՎԱՆՍԿԻ ԲՆԱԿԱՆԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՄԻՏ

ЕФИ-312 (37)-78

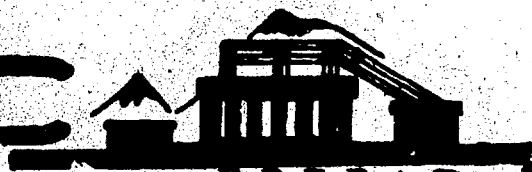
ՏՎ ԴՅՈՎԵԶ

Ա.Օ.ԱԳԱՆՅԱՆԸ, Ն.Յ.ԱԿՕՓՈՎ, Յ.Ա.ՎԱՐՏԱՆՈՎ  
Դ.Ա.ՎԱՐՏԱՔԵՏՅԱՆ

ՓՕՏԵՐԻ ԶՆԵՐԴԻԻ ԱՆՏՐԱՐԵԼՅԱՏԻՎԻՏԻՏԿԻՔ  
ԶԼԵԿՏՐՈՆՈՎ Վ ԿՐԻՏԱԼԼԵ ԱԼՄԱՅԱ

ԱՐՄՍ

ԵՐԵՎԱՆ



ԵՐԵՎԱՆ

1978

Ю.Л.МАРТИРОСЯН, М.Л.ПЕТРОСЯН

ВЛИЯНИЕ УГЛОВОГО РАСХОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО  
ПУЧКА НА СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОНДУЛЯТОРНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ

В работе получена формула спектрального распределения ондуляторного излучения с учетом начального углового расхождения (параболического типа) электронного пучка для поперечного ондулятора. Показано, что на оси ондулятора (под углом  $\theta = 0$ ) из-за углового разброса пучка вместо одной главной частоты получается спектр частот. Влияние углового разброса электронного пучка увеличивается с уменьшением энергии электронов.

Ереванский физический институт

Ереван 1978

ЭМ-318(43)-78

YU.L.MARTIROSSYAN, M.L.PETROSSYAN

THE INFLUENCE OF ANGULAR DIVERGENCE OF ELECTRON BEAM  
ON SPECTRAL DISTRIBUTION OF UNDULATOR RADIATION

The formula of spectral distribution of undulator radiation has been obtained with due regard for initial angular divergence (of parabolic type) of electron beam for the transverse undulator. It is shown, that due to the angular spread of the beam, the spectrum of frequencies takes place on the undulator axis instead of the main frequency alone. The influence of the angular spread of the electron beam increases with the reduction in the energy of electrons.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1978

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-312(37)-78

А.О.АГАНЬЯНЦ, Н.З.АКОПОВ, Ю.А.ВАРТАНОВ,  
Г.А.ВАРТАПЕТЯН

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ  
В КРИСТАЛЛЕ АЛМАЗА

Ереван 1978

© *Ереванский физический институт*, 1978

На внутренней пучке синхротрона исследована<sup>\*)</sup> зависимость потерь энергии электронов, ускоренных до 4,7 ГэВ, от угла влета относительно одной из кристаллических плоскостей. Отношение вероятностей потерь в диапазоне  $\sim (15 + 70)$  МэВ при оптимальной ориентации и разориентации более  $10^3$ .

Монокристаллические мишени, ориентированные определенным образом относительно направления движения ультрарелятивистских электронов, используются для генерации монохроматических и линейно-поляризованных  $\gamma$  - квантов [1]. Изменение и установление величины энергии когерентного излучения  $E = \hbar\omega$  достигается изменением угла влета электронов относительно кристаллической плоскости. Малым углом влета соответствуют малые  $x = \hbar\omega/E_0$ , где  $E_0$  - энергия электрона до взаимодействия.

Излучение электронов формируется в пространственной области, продольный размер которой составляет [1]  $l = \frac{2\gamma(1-x)}{m\chi}$ , ( $\hbar, c = 1$ ), где  $\gamma$  - лоренц-фактор. При  $x \ll 1$   $l \sim \gamma^2/\omega$  может достигать

---

\*) Экспериментальные результаты настоящей работы впервые доложены А.О.Аганьянцем на Сессии Совета по электромагнитным взаимодействиям АН СССР, Харьков, июнь 1977г.

макроскопических размеров. В таком случае при малых углах влета электронов относительно кристаллической плоскости в процессе излучения будет вовлекаться огромное число  $N$  атомов, причем характерный параметр взаимодействия может стать значительным  $\eta = Nz e^2 \gg 1$ .

Экспериментальное исследование взаимодействия электронов в таких экстремальных условиях представляет интерес [1,2,3]. Изучались потери энергии электронов в тонком кристалле алмаза по недостающей энергии рассеянных электронов. В качестве спектрометра недостающей энергии одним из авторов (А.О.А.) был предложен сам электронный синхротрон. Поясним кратко принцип работы спектрометра-синхротрона. Электроны, ускоренные до энергии 4,7 Гэв, могут некоторое время находиться на равновесной орбите с радиусом  $R$  (рис.1). Однако при потере энергии  $\Delta \mathcal{E} \geq \Delta \mathcal{E}_{кр} \approx 15 \text{ Мэв}^{\text{жж}}$  в результате взаимодействия с мишенью условие равновесия нарушается и электрон через несколько оборотов переходит на орбиту с радиусом  $R - \Delta R$ , с которой отклоняющая система (обычно осуществляющая сброс электронов на мишень по траектории с радиусом кривизны  $R'$ ) забрасывает его на стенку вакуумной камеры вблизи мишени. Вторичные продукты взаимодействия со стенкой регистрируются счетчиком  $C_I$ , защищенным от мишени блоком свинца. Из наших оценок следует, что в случае потери энергии  $\Delta \mathcal{E} > 70 \text{ Мэв}$  электрон будет выброшен на стенку магнитной системой ускорителя в другом месте и не будет зарегистрирован. Таким образом, акцептанс

---

жж) Значение критической энергии  $\Delta \mathcal{E}_{кр}$  рассчитано А.И.Барышевым.

спектрометра составляет  $\sim (15 + 70)$  Мэв без разрешения по энергии в указанном диапазоне.

Относительное мониторирование числа прохождений электронов через алмаз производилось по тормозному излучению в первом приближении квантометром, затем оно уточнялось при помощи порогового счетчика П, чувствительного только к высокоэнергетической части тормозного спектра, независимой от ориентации кристалла. Счетчик  $C_I$  был включен в схему временных ворот и его импульсы регистрировались в течение времени сброса электронного пучка на мишень.

Изменение угла влета электронов относительно оси  $[100]$  производилось вращением кристалла вокруг горизонтальной  $[01\bar{1}]$  и вертикальной  $[0\bar{1}1]$  осей (соответствующие углы  $\theta_e$  и  $\theta_g$ ) при помощи гониометрической системы. Толщина алмаза по направлению пучка составляла 100 мк, площадь  $1 \times 6$  мм<sup>2</sup> [4]. Исследовалась зависимость числа отсчетов счетчика  $C_I$  от угла влета  $\theta_g$ , угол  $\theta_e$  был фиксирован при значении 50 мрад. Полученные результаты (рис.2) для удобства сравнения с теоретическими гредставлены отношением  $R$  числа отсчетов счетчика  $C_I$  при определенном значении  $\theta_g$  к числу фоновых отсчетов того же счетчика. За фон принимается значение, не зависящее от ориентации мишени. Для потерь в диапазоне  $15 + 70$  Мэв уже при  $|\theta_g| \approx 1,2$  мрад число отсчетов  $C_I$  не зависело от ориентации кристалла.

Статистические ошибки результата измерений меньше 3% и около 1% соответственно для кривых 2а и 2б, которые проведены от руки по экспериментальным точкам. Кривая 2а отличается от

кривой 2б меньшей расходимостью электронного пучка (в 3 раза), но большей величиной отношения  $R$  в пике (тоже  $\sim 3$  раза).

При другой ориентации кристалла:  $\theta_0 = 50$  мрад,  $\theta_2 = 0$  отношение  $R$  было также велико ( $R > 10^3$ ). С учетом поправки на показания монитора-квантометра, определенной при помощи уже упоминавшегося порогового счетчика, величины отношений  $R$  в точке  $\theta_0 = 0$  необходимо домножить на число 2.5. Таким образом, если принять, что потери энергии вызваны излучением, то в точке  $\theta_0 = 0$  отношение  $R > 10^3$ . Расчет [1] по методу Монте-Карло при помощи БЭСМ-6 величины  $R$  в точке  $\theta_0 = 0$  в диапазоне потерь 15 + 70 Мэв с расходимостью электронного пучка 0,2 мрад на полувысоте кривой 2а в предположении (стр.122 работы [1]) малости поправок, связанных с неприменимостью теории возмущений при  $Nze^2 > 1$ , дал значение  $R = 6,5$ , т.е. значительно меньше экспериментального. Был выполнен также расчет с расширенным диапазоном энергий 5 + 70 Мэв; результат изменился незначительно, это говорит о том, что некоторая неточность в определении диапазона регистрируемых энергий не играет существенной роли при столь большой величине наблюдаемого отношения  $R$ .

В заключение выражаем благодарность Р.О.Авакяну за гониометр с алмазом, С.М.Дарбиняну, А.А.Армагянину за обсуждение результатов, А.И.Барышеву, В.И.Коваленко, А.А.Маркарянну за обсуждение возможности использования синхротрона в качестве спектрометра.

## ЛИТЕРАТУРА

1. М.Л.Тер-Микаелян. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях, Ереван, изд. АН Арм.ССР, 1969.
2. А.И.Ахиезер, В.Ф.Болдышев, Н.Ф.Шульга. УФЖ, 21, 353, 1976.
3. Н.П.Калашников. ЖЭТФ, 64, 1425, 1973.
4. Р.О.Авакян, А.А.Армаганян и др. Известия АН Арм.ССР, Физика, 10, 61, 1975.

Рукопись поступила 2-го июня 1978 г.

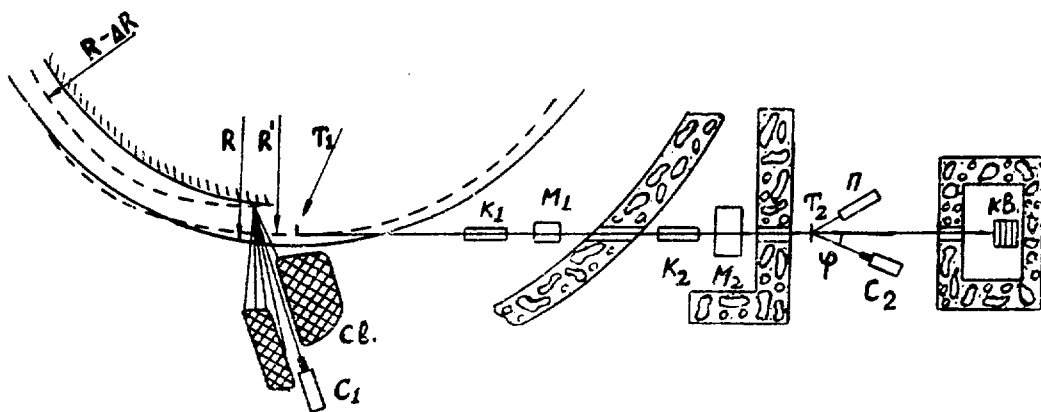


Рис. 1

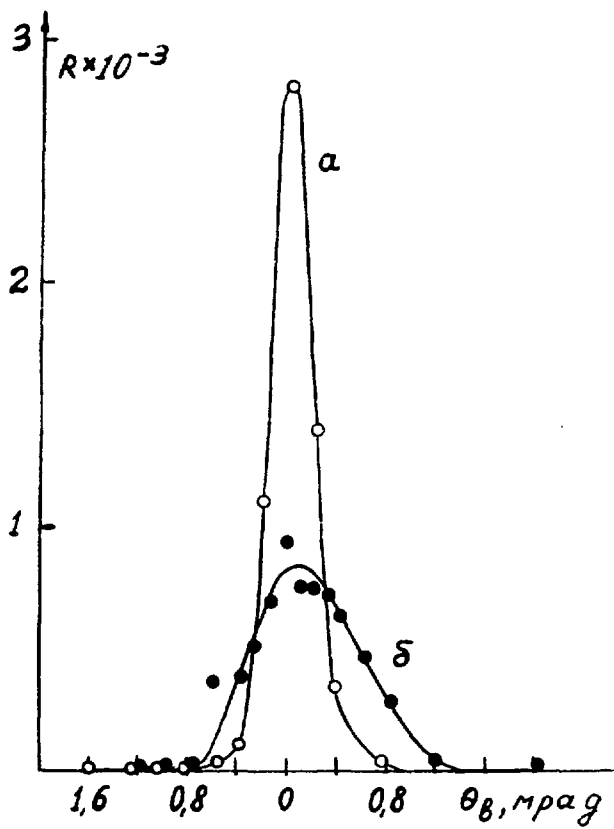


Рис. 2

## ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схематическое изображение экспериментальной установки.  
 $T_1$  и  $T_2$  - мишени;  $K_1$  и  $K_2$  - коллиматоры;  $M_1$  и  $M_2$  - очищающие магниты;  $C_1$  и  $C_2$  - сцинтилляционные счетчики;  $\Pi$  - черенковский счетчик полного поглощения с регулируемым порогом; кв - квантометр; св - свинцовая защита.

Рис.2 Зависимость относительного числа регистрируемых частиц от угла  $\theta_\beta$  при двух различных расходимостях пучка электронов.



Редактор Л.П.Мукаян .  
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 273

ВФ-03894

Тираж 299

Подписано к печати 15/VI-78г. Формат издания 60x84/16

0,8 уч.изд.л. Ц. 5 к.

---

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2

индекс 3624