

11091 2:665

Препринт ЕФИ-1127(13)-90

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE

А.О. АГАНЬЯНЦ, Ю.А. ВАРТАНОВ, В.Б. КАРИБЯН,
А.Н. ЛЕБЕДЕВ

**УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ
СВОЙСТВ ИЗЛУЧЕНИЯ КАНАЛИРОВАННЫХ В
МОНОКРИСТАЛЛАХ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ
ЭЛЕКТРОНОВ**

Ա.Օ.ԱՂԱՆՅԱՆՑ, ՅՈՒՎԱՐԴԱՆՈՎ, Վ.ՂԱՐԻՔՅԱՆ,
Ա.Ն.ԼԵՔԵՂԵՎ

ՄԻԱԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ՃԱՌԱԳԱՅԹՎԱԾ ԿԱՆԱԼԱՑԿԱԾ
ՈՒՆՏՐԱՌԵԼՅԱՏԻՎԻՍՏԱԿԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՈՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄԸ ԵՎ ԵՂԱՆԱԿԸ

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտում ստեղծվել է մի փորձարարական սարքավորում աշխարհում առաջիններից՝ կանալայված էլեկտրոնների ծառագայթման բնութագրերը ուսումնասիրելու համար, որոնք բյուրեղի հարթության կամ առանցքի նկատմամբ շարժվում են փոքր անկյուններով: Նշված սարքավորման հիմքն են կազմում. էլեկտրոնային սինքրոտրոնը՝ արագացված էլեկտրոնների 4,8 ԳԷՎ էներգիայով՝ շրջանառու էլեկտրոնային փնջի նվազագույն ցրում անկյունով, գոնիոմետր միաբյուրեղային թիրախի կողմնորոշման համար և գույգ մագնիսական սպեկտրաչափ՝ 0,06-5 ԳԷՎ էներգիաների տիրույթում γ -քվանտների գրանցման համար: Նկարագրված են մշակված և ներդրված լրացուցիչ եղանակներ, որոնք են. մոնիտորումը, γ -սպեկտրաչափով 0,02-5 ԳԷՎ էներգիաների լայնացված տիրույթում, բյուրեղի զրոյական կողմնորոշման փնտրումը, γ -քվանտների անկյունային բաշխումների չափումը և այլն:

Երեվանի ֆիզիկայի ինստիտուտ
Երևան 1990

A.N. AGHANIANTS, V.B. KARIBIAN, A.N. LEBEDEV, YU.A. VARTANOV

A SETUP AND A TECHNIQUE FOR INVESTIGATION OF THE PROPERTIES
OF RELATIVISTIC ELECTRONS CHanneLED IN MONOCRYSTALS

One of the first experimental facilities in the world for investigation of the properties of channeled electrons moving at narrow angles to the crystal plane or axis, was constructed in the Yerevan physics institute. The setup is based on the 4.8 GeV electron synchrotron with a record-breaking small divergence of the electron beam, a goniometer to orient the monocrystalline target and a pair magnetic γ -spectrometer for registration of γ -quanta in the energy range from 0.6 to 5 GeV. Additional devices were designed and a technique of investigation is developed, namely, monitoring of electrons, γ -quanta energy measurement by the pair magnetic γ -spectrometer in a wider energy range from 0.02 to 5 GeV, searching for zero crystal orientation, measurement of angular distributions of γ -quanta, etc.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1990

УДК 621.039.8

А. О. АГАНЬЯНЦ, Ю. А. ВАРТАНОВ, В. Б. КАРИБЯН,

А. Н. ЛЕБЕДЕВ

УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ
ИЗЛУЧЕНИЯ КАНАЛИРОВАННЫХ В МОНОКРИСТАЛЛАХ
УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

Для исследования характеристик излучения каналированных электронов, движущихся под малыми углами к плоскости или оси кристалла, в Ереванском физическом институте была создана одна из первых в мире экспериментальных установок. Основу указанной установки составляют: электронный синхротрон с энергией ускоренных электронов 4,8 ГэВ с рекордно малой расходимостью циркулирующего электронного пучка, гониометр для ориентации монокристаллической мишени и парный магнитный γ -спектрометр для регистрации γ -квантов в интервале энергий 0,6 - 5 ГэВ. Описаны разработанные и внедренные дополнительные устройства и методика исследования, к которым относятся: мониторингирование электронов, измерение энергии γ -квантов парным магнитным γ -спектрометром в расширенном диапазоне энергий 0,02 - 5 ГэВ, поиск нулевой ориентации кристалла, измерение угловых распределений γ -квантов и т.д.

Ереванский физический институт

Ереван 1990

Для исследования характеристик излучения электронов, движущихся под малыми углами к плоскости или оси кристалла, во многих ускорительных центрах [1-7] мира были созданы каналы выведенных пучков γ -квантов, электронов и позитронов с соответствующими установками для регистрации излучения. В некоторых из них были обеспечены необходимые малые расходимости электронных пучков [4,5], в других исследования выполнялись с сильнорасходящимися пучками [6,7], а события, связанные с каналированными электронами, выделялись методом машинного отбора.

Более десяти лет тому назад одна из первых в мире установок на внутреннем, а не на выведенном электронном пучке была создана в ЕрФИ [2]. Основу указанной установки составляют: электронный синхротрон с энергией ускоренных электронов 4,8 ГэВ с рекордно малой расходимостью циркулирующего электронного пучка, гониометр [8] для ориентации монокристаллической мишени, установленной в вакуумной камере ускорителя, и парный магнитный спектрометр для регистрации γ -квантов в интервале энергий 0,6 - 5 ГэВ. Все упомянутые устройства были предназначены для исследования процессов фоторождения мезонов и резонансов [9] на выведенном пучке вторичных γ -квантов, установка не была

приспособлена для исследований излучения каналированных электронов. Так, например, отсутствовало устройство для мониторинга электронов, проходящих через исследуемую мишень. Положение усугублялось тем, что в циклическом ускорителе с сильной фокусировкой электроны могут многократно пересекать исследуемую мишень, причем количество пересечений является функцией сечения взаимодействия, которое само изменяется в зависимости от угла влета электронов по отношению к кристаллографической оси или плоскости [10]. Кроме того, диапазон измеряемых энергий γ -квантов не охватывал интересующую нас спектральную область излучения. Для выполнения цикла всесторонних исследований свойств излучения каналированных электронов необходим был ряд методических работ.

Отличительной особенностью нашей установки является уникально малая расходимость внутреннего электронного пучка, сбрасываемого на исследуемую кристаллическую мишень, при его большой интенсивности. Это обстоятельство дало возможность выполнить исследования процессов, протекающих с малыми сечениями, например, измерить угловые распределения γ -квантов с фиксированной энергией из жесткой части спектра излучения. На выведенных электронных пучках подобные исследования затруднительны из-за ограниченной узкими коллиматорами интенсивности пучка и до сих пор нигде не выполнены.

В данной работе описаны разработанные и внедренные устройства и методы мониторинга электронов, измерений энергии γ -квантов парным магнитным спектрометром уже в расширенном диапазоне энергий 0,02 - 5 ГэВ, поиска нулевой ориентации кристалла, измерений угловых распределений γ -квантов и т.д.

Схематическое изображение указанной установки представлено на рис. I.

Циркулирующий электронный лучок сбрасывался на исследуемую кристаллическую мишень M_1 , ориентируемую при помощи гониометрического устройства. Тормозное излучение, образованное в монокристалле, формируется до необходимых угловых размеров двумя коллиматорами K_1 и K_2 , очищается от примеси заряженных частиц магнитами H_1 и H_2 , проходит через мишени M_2 или M_3 парного магнитного спектрометра и затем поглощается в веществе пластин квантометра Вильсона ($KВ$). Сцинтилляционные счетчики C_1, C_2, C_3, C_4 используются для регистрации пар e^+e^- , C_5 служит для поисков нулевой ориентации кристалла, а C_6 для временной селекции γ -пучка с соответствующей тонкой мишенью

Для уменьшения фона заряженных частиц трасса γ -пучка, где это было возможно, заключена в вакуумную систему с тонкими майларовыми окнами. Имевшийся ранее на пути γ -пучка и конвертированной в мишени парного магнитного спектрометра (ПМС) пары e^+e^- воздушный промежуток с майларовыми окнами между двумя частями вакуумной камеры ПМС был устранен, что существенно улучшило фоновые условия и уменьшило средние углы многократного рассеяния регистрируемой пары e^+e^- . С этой целью для удобства стыковки, монтажа и разборки вакуумной системы ПМС часть вакуумной камеры весом до 0,5 Т была снабжена регулирующими механическими устройствами, обеспечивающими все степени свободы перемещения, и могла с высокой точностью подгоняться под другую часть вакуумной камеры, установленной в промежутке между полюсами магнита парного спектрометра.

Гониометрическое устройство [8] имеет две взаимноперпендикулярные оси вращения кристалла - вертикальную и горизонтальную. Область изменения углов вращения составляет $\pm 6^\circ$, точность установления угла ориентации монокристалла относительно направления движения электронов $\pm 4 \cdot 10^{-5}$ рад. Держатель гониометра позволяет устанавливать любую из семи мишеней. Сам держатель может перемещаться в направлении, параллельном радиусу орбиты синхротрона на базе ~ 25 мм, что позволяет правильно выбрать позицию мишени относительно отверстия первого коллиматора в горизонтальном направлении в плоскости орбиты синхротрона. Для уточнения положения мишени относительно отверстия коллиматора в вертикальном направлении используется подъемное устройство, позволяющее перемещать всю вакуумную камеру гониометра на расстояние ± 1 мм. Управление гониометром осуществляется дистанционно, с пульта управления.

В качестве исследуемых мишеней использовались кристаллические и аморфные радиаторы. Монокристаллы алмаза, кремния и германия до их установки на синхротроне исследовались на кафедре физики твердого тела Ереванского университета методами рентгеноструктурного анализа. Почти все кристаллы устанавливались в держателе осью [100] в первом приближении параллельно вектору скорости электронов, и затем уже под пучком с помощью гониометра вращением относительно вертикальных или горизонтальных осей точно выставлялись необходимые плоскости (011), (0 $\bar{1}\bar{1}$) или ось [100]. Один из кристаллов алмаза имел первоначальную ориентацию оси [110]. Толщина используемых кристаллических мишеней составляла 72 - 610 мкм.

Парный магнитный спектрометр [8] сконструирован на базе маг-

нита СП-57 с прямоугольными полюсами с размерами $130 \times 40 \text{ см}^2$ и зазором 8 см. Мишень ПМС установлена внутри магнита на расстоянии 15 см от его входного края. Конвертированная пара e^+e^- регистрируется четырьмя сцинтилляционными счетчиками, включенными на совпадение.

Для расширения диапазона регистрируемых энергий γ - квантов в низкоэнергетическую область в выходной части магнита, между полюсами, были установлены устройства с мишенями, позволяющими измерять низкоэнергетическую часть тормозного спектра в четырех перекрываемых диапазонах энергии от 10 до 900 МэВ.

Практически измерения спектров в низкоэнергетической части производились с одной мишенью, установленной на расстоянии 35 мм от края магнита. При этом диапазон регистрируемых энергий составлял 20 - 350 МэВ, т.е. охватывал интересующую нас часть спектра каналированных электронов.

Калибровка парного магнитного γ - спектрометра была выполнена экспериментально "методом токнесущей нити под натяжением" при разных токах магнита СП-57. В диапазоне низких энергий метод нити с удовлетворительной точностью удалось применить при токе $J = 250 \text{ А}$, при меньших токах точность метода оказалась недостаточной. Полученные результаты сравнивались с рассчитанными по методу Монте-Карло характеристиками ПМС [II] на основе измеренной топографии магнитного поля. Рассчитанные и измеренные результаты оказались в удовлетворительном согласии.

Регистрирующая электроника парного магнитного спектрометра позволяла измерять спектры четырьмя или даже двумя сцинтилляционными счетчиками. Последние использовались при регистрации

крайне низкоэнергетической части спектра, где эффективность регистрации пары четырьмя счетчиками резко падает из-за роста среднего угла многократного рассеяния и среднего угла рождения пары e^+e^- . Хотя эффективность регистрации пары при низких энергиях и была рассчитана методом Монте-Карло, в экспериментальных измерениях она не использовалась. Измерялись выходы пар e^+e^- от ориентированного и разориентированно кристаллов, и определялось их отношение для каждой измеренной энергии χ - квантов. Таким образом, в таком методе неизвестная эффективность исключалась и степень достоверности полученных приведенных спектров поэтому возрастала.

МОНИТОРИРОВАНИЕ

Как указывалось во введении, в синхротроне ускоренные электроны в течение промежутка времени медленного сброса пучка на исследуемую кристаллическую мишень могут многократно пересекать ее. Причем количество пересечений зависит от режима наведения пучка на мишень, от толщины и геометрических размеров мишени, а также от сечения взаимодействия электронов с ней, которое зависит от угла влета электронов по отношению к кристаллографическим осям и плоскостям [10]. Поэтому прямое мониторирувание в режиме медленного сброса, в котором только и можно использовать парный магнитный спектрометр, представляет трудноразрешимую задачу. Нами был разработан метод косвенного мониторирувания. Он заключается в том, что перед измерениями в режиме медленного сброса синхротрон временно переводится в режим быстрого сброса, при котором количество пересечений мишени n (если ее толщина d во много раз меньше радиационной длины вещества мишени X) не будет зависеть от угла влета, т.к. среднее число

оборотов электронов в указанном режиме резко уменьшается, то есть необходимо, чтобы

$$\frac{n \cdot d}{x} \ll 1. \quad (I)$$

В этом случае выход полной энергии тормозного излучения, измеряемой интегральным прибором - квантометром Вильсона, будет пропорционален количеству электронов, проходящих через исследуемую мишень. В таком режиме измеряется зависимость выхода полной энергии излучения W от угла влета $\theta_{вл}$ на единичный поток N_0 ускоренных электронов:

$$W = f(\theta_{вл}, N_0).$$

При переходе в режим медленного сброса мониторинг уже можно выполнять, набирая в каждом измерении такое W , которое при заданном угле влета соответствует потоку N_0 согласно уже полученной зависимости.

Обычный режим быстрого сброса за счет выключения ускоряющего высокочастотного (ВЧ) поля на спаде магнитного поля здесь не может быть применен из-за того, что в таком режиме не обеспечивается необходимая малая расходимость согласно условию каналирования Линдхарда [12]:

$$\theta_k = \sqrt{2|U|_{\max}/\epsilon}, \quad (2)$$

где

θ_k - максимальный угол каналирования,

ϵ - энергия электронов,

U_{\max} - высота потенциального барьера, т.к. после выключения В.Ч. поля за время перемещения электронов с равновесной орбиты до попадания на мишень, установленную в 3 - 4 см от нее, расходимость пучка успевает заметно ухудшиться, что сказывается

ся на величине измеренных выходов полной энергии излучения.

Был предложен и успешно осуществлен новый способ быстрого сброса (рис.2). На рисунке: t_3 - момент времени достижения максимума магнитного поля H_{\max} , t_1 - время касания или начала сброса пучка на мишень синхротрона, а t_2 - время выключения ускоряющего В.Ч. поля в режиме медленного сброса [13], $t_{\text{кас.}} = t_1'$ - время касания и одновременно время выключения В.Ч. поля в режиме быстрого сброса. В новом способе сброса так же, как и при медленном сбросе, производится локальное возмущение равновесной орбиты, но пучок подводится к мишени приблизительно на 2 мсек позже - в момент времени достижения максимума магнитного поля, и в этот момент выключается ускоряющее В.Ч. поле. Из-за интенсивного излучения при H_{\max} орбита электронов начинает быстро сворачиваться и происходит сброс, при этом расходимость пучка не успевает испортиться, т.к. пучок к моменту времени t_1' уже подведен к мишени. Кроме того, из-за локального возмущения орбиты пучок не поглощается на выступающих периферических частях вакуумной камеры, когда он проходит через мишень (как это имеет место при обычном быстром сбросе), что позволяет работать с пучками большой интенсивности.

Мониторирование в режиме указанного быстрого сброса производилось путем регистрации синхротронного излучения (СИ) ускоренных первичных электронов, поскольку в этом случае выполняется соотношение

$$N_{\text{СИ}} \sim N_{\text{пучк}} \sim n,$$

где

$N_{\text{СИ}}$ - количество зарегистрированных квантов СИ,

$N_{\text{пучк}}$ - число ускоренных электронов.

n - число пересечений мишени.

В том, что это соотношение выполняется, мы убедились, измеряя выходы полной энергии от кристаллов алмаза толщиной 100 и 470 мкм. Выходы были пропорциональны толщинам алмаза при одном и том же N_{Si} . Поскольку измерения спектров или выходов излучения производились как на ориентированном, так и на разориентированном кристаллах, не было необходимости в абсолютной калибровке детектора СИ - он использовался как относительный монитор. В качестве детектора СИ был применен монитор вторичной эмиссии [14], который был установлен внутри вакуумной камеры ускорителя на пути СИ на расстоянии 6 см от равновесной орбиты синхротрона. В отличие от обычного монитора фольги закреплялись только с трех сторон. Четвертая сторона была свободна от вещества для предотвращения ненужного поглощения СИ. Кванты СИ, попадая на электроды, выбивают вторичные электроны, полный ток которых пропорционален первичному потоку ускоренных электронов в широком диапазоне интенсивности электронного пучка. Линейная зависимость от интенсивности была получена при помощи квантометра Вильсона.

Регистрация тока детектора СИ и его интегрирование производились ламповой электронной схемой с высокоомным входным сопротивлением точно так же, как и в случае квантометра Вильсона.

ПОИСКИ НУЛЕВОЙ ОРИЕНТАЦИИ КРИСТАЛЛА

Для нахождения нулевой ориентации монокристаллов был предложен новый метод поиска по максимуму неупругих потерь энергии ускоренных электронов в их ориентационной зависимости. Потери энергии электронов определялись по недостающей энергии неупруго-

го рассеянных в кристалле электронов.

В качестве порогового спектрометра недостающей энергии был предложен сам электронный синхротрон [1]. Поясним принцип работы синхротрона - спектрометра. Электроны, ускоренные до максимальной энергии, могут некоторое время находиться на равно - весной орбите. Однако при потере энергии в мишени до нескольких десятков МэВ условие равновесия нарушается и электрон может быть выброшен на стенку вакуумной камеры ускорителя вблизи гониометра, т.е. в той области, где производят локальное возмущение орбиты при сбросе пучка на мишень. Продукты взаимодействия со стенкой регистрируются сцинтилляционным счетчиком C_5 . Экспериментальные исследования показали, что при циркулирующем токе электронов $I \geq 1 \text{ мА}$ число отсчетов сигналов на выходе дискриминатора-формирователя, на который поступают импульсы с C_5 , катастрофически растет (в тысячи раз) с увеличением интенсивности при приближении к нулевой ориентации. Осциллограммы картины сброса по сигналам счетчика C_5 становятся сильно асимметричными, возникают изломы (рис.3). Для предотвращения перегрузки ФВУ счетчика C_5 напряжение на его диодах уменьшалось на $\sim 20\%$ от номинальной величины.

Уточнение нулевой ориентации независимо от интенсивности пучка производилось при помощи парного магнитного спектрометра путем регистрации только одной из частиц пары, конвертируемой в мишени при ее энергии 20 - 30 МэВ, соответствующей максимуму выхода в спектральной зависимости излучения. Дальнейшее нахождение основных кристаллографических плоскостей и оси монокристалла выполнялось широко известным методом Ланэ-Швittersа [15].

КОНТРОЛЬ РАСХОДИМОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА СИНХРОТРОНА И ВЫВОДА γ - КВАНТОВ НА МИШЕНЬ γ - СПЕКТРОМЕТРА

Эксперименты, связанные с исследованием свойств излучения каналированных электронов, предъявляют высокие требования к угловой расходимости пучка первичных электронов, т.к. величина критического угла каналирования θ_k электронов уменьшается с ростом их энергии согласно (2). Например, при энергии 4,7 ГэВ в плоскости (110) $\theta_k \approx 10^{-4}$ рад, что уже сравнимо с угловой расходимостью электронного пучка синхротрона, проходящего через монокристалл. Расходимость, по нашим оценкам, составляет $\lesssim 5 \cdot 10^{-5}$ рад. Такой результат был получен на основе измерений вертикального размера пятна от синхротронного излучения на фотографии с ядерной эмульсией, установленной на расстоянии 10 м от соответствующей точки излучения на орбите синхротрона. Измерения выходов КТИ (когерентное тормозное излучение), выполненные при помощи парного магнитного спектрометра (ПМС), показали, что вертикальные и горизонтальные составляющие расходимости не отличаются в пределах экспериментальных ошибок. Таким образом, была показана возможность выполнения экспериментов по исследованию свойств излучения каналированных электронов на внутреннем пучке синхротрона без сооружения специального дорогостоящего выводного канала электронов.

Однако искажение результатов измерений могло бы иметь место при не совсем благоприятных условиях вывода излученного пучка γ - квантов на мишень ПМС. Контроль правильности расположения исследуемой кристаллической мишени в вакуумной камере ускорителя относительно входного отверстия первого коллиматора, направ-

ленного на мишень ПМС, производился по максимуму выхода полной энергии излучения, регистрируемого квантометром Вильсона, в зависимости от места расположения кристаллической мишени в направлении радиуса орбиты синхротрона в режиме традиционного быстрого сброса. Мониторирование первичных электронов производилось в указанном режиме при помощи уже упоминавшегося детектора СИ. После выполнения указанной процедуры при помощи ПМС производились измерения выходов в максимуме спектра излучения каналированных электронов в плоскости (011) эталонного монокристалла алмаза толщиной 72 мкм. Полученные отношения выходов от ориентированного и разориентированного кристаллов позволяют проверить повторяемость результатов по отношению к уже выполненным ранее измерениям, а значит, и правильность вывода γ - пучка. При необходимости, подобная же процедура выполнялась также при вертикальном перемещении мишени.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ γ - КВАНТОВ

Измерения распределений γ - квантов по углам их вылета из монокристалла позволили наблюдать ряд интересных свойств излучения каналированных электронов в различных диапазонах энергии γ - квантов. Полученные предварительные результаты уже опубликованы [16].

Угловые распределения γ - квантов с фиксированной энергией измерялись при помощи парного магнитного спектрометра с подвижной узкой мишенью, позволяющей сканировать профиль γ - пучка в горизонтальном направлении на расстоянии 30 м от радиатора - монокристалла. На такой базе сканирование при помощи мишени с горизонтальными и вертикальными размерами, соответствующими 3 м

и 5 мм производилось с угловым разрешением $\approx 0,02$ мрад. Для указанных измерений были специально изготовлены коллиматоры: широкоугольные в горизонтальном направлении и узкозасорные в вертикальном. В горизонтальном направлении они пропускали практически весь излученный пучок от алмаза толщиной до 100 мкм. Хотя установка позволяла сканировать профиль пучка только в горизонтальном направлении, угловые распределения в двух взаимно перпендикулярных направлениях выполнялись при ориентации каждой из двух эквивалентных взаимно перпендикулярных плоскостей (OII) и (OII) параллельно направлению движения первичных электронов. Такие условия эксперимента исключали влияние на результаты измерений асимметрии самого пучка электронов и геометрической формы мишени.

В указанном способе измерений мишень ПМС могла перемещаться на базе до 40 мм, а сцинтилляционные счетчики ПМС оставались неподвижными. Необходимо было изучить влияние асимметрии расположения мишени спектрометра относительно сцинтилляционных счетчиков ПМС на эффективность регистрации пар e^+e^- при фиксированной энергии γ - квантов в широком диапазоне энергий. Измерения эффективности удобно было выполнять при фиксированном положении мишени при перемещениях первой пары сцинтилляционных счетчиков ПМС C_1 , C_4 , регистрирующих e^+e^- . Размеры счетчиков в плоскости разлета пары составляют 1 см, они обычно располагаются симметрично относительно направления движения γ -пучка на расстоянии 3,3 м от мишени ПМС. Выполненные измерения показали, что в пределах экспериментальных ошибок эффективность регистрации пары не изменяется при перемещениях указанных счетчиков на расстояния 0, ± 1 , ± 2 см, т.е. влево и вправо от

γ - пучка при неизменном расстоянии между ними.

Энергия γ - квантов при измерениях от угловых распределений измерялась только первой парой счетчиков C_1, C_4 .

В заключение авторы выражают благодарность Г.А.Вартапетяну за поддержку работы, Р.О.Авакяну за конструктивное сотрудничество, Р.М.Мирзояну и Р.Ц.Саркисяну за обеспечение удовлетворительных условий работы гониометрической системы.

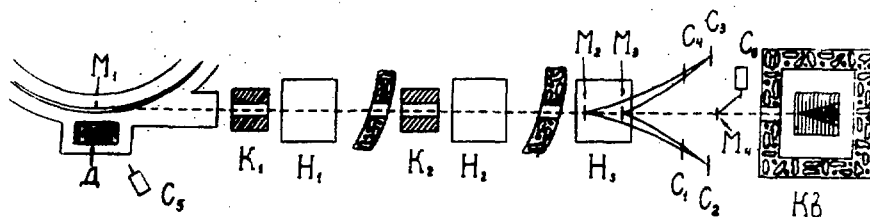


Рис. Схематическое изображение установки: $M_1 \div M_4$ - мишени,

K_1, K_2 - коллиматоры, $H_1 \div H_3$ - магниты, $C_1 \div C_6$ - сцинтилляционные счетчики, \mathcal{D} - детектор СИ, $KВ$ - квантометр Вильсона

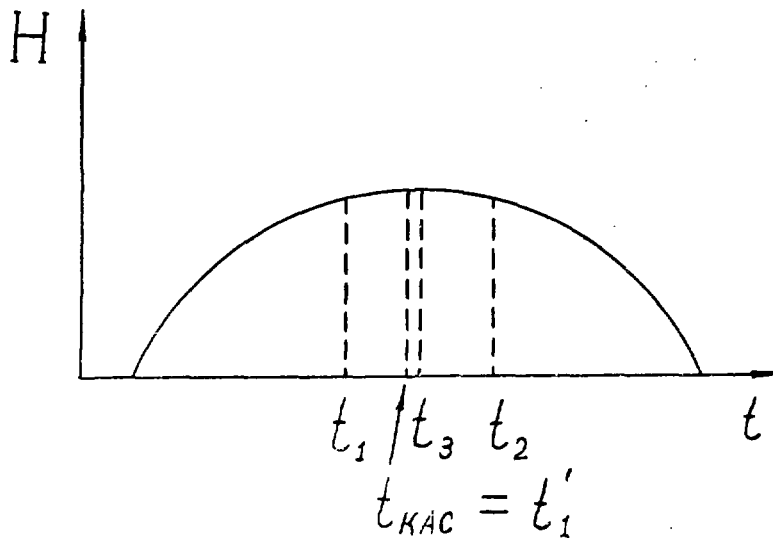


Рис.2 Временная зависимость процесса сброса пучка электронов на исследуемую мишень.

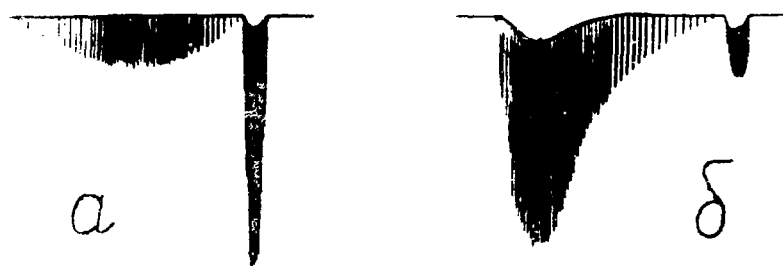


Рис.3 Осциллографическая картина сброса электронного пучка на исследуемую мишень:

а - разориентированный кристалл,

б - кристалл ориентирован плоскостью (011) параллельно направлению движения электронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аганьянц А.О., Акопов Н.З., Вартанов Ю.А., Вартапетян Г.А.
Потери энергии ультрарелятивистских электронов в кристалле алмаза. Препринт ЕФИ-312(37)-78, Ереван, 1978.
2. Аганьянц А.О., Вартанов Ю.А., Вартапетян Г.А. и др. Излучение каналированных электронов с энергией 4,7 ГэВ в алмазе. Письма в ЖЭТФ, 1979, т.29, вып.9, с.554-556.
3. Воробьев С.А., Забаев В.Н., Калинин Б.Н. и др. Наблюдение интенсивного χ - излучения электронов с энергией $E = 900$ МэВ при каналировании в алмазе. Письма в ЖЭТФ, 1979, т.29, вып.7 с.414-418.
4. Мирошниченко И.И., Мерри Д.Д., Авакян Р.О., Фигут Т.Х. Экспериментальное исследование радиации релятивистских каналированных позитронов. Письма в ЖЭТФ, 1979, т.29, вып.12, с.786-790.
5. Бочек Г.Л., Витько В.И., Горбенко В.И. и др. Излучение релятивистских электронов в монокристалле алмаза. ВАНТ ХФТИ. Серия: Техника физического эксперимента, 1979, вып.2, с.44-47.
6. Filatova N.A., Golovatyuk V.M., Ishahov A.N. et al. Radiation from the Channelling of 10 GeV Positrons by Silicon Single Crystals. Fermilab - Pub.-81/34-Exp 7850.507-11.
7. Atkinson M.A., Bak J.F., Bussey P.J. et al. Radiation from Planar Channelled 5-55 GeV/c Positrons. CERN-EP/82-03.

8. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Армагян А.А. и др. Экспериментальное оборудование и методика для создания и исследования параметров квазимонохроматических и поляризованных пучков фотонов Ереванского синхротрона. Препринт ЕФИ-523(10)-82, Ереван, 1982.
9. Abrahamyan L.O., Adamyan F.V. et al. Single Photoproduction from Complex Nuclei at 2 and 3 GeV. Phys. Lett. 1972, 38B, p.544-547.
10. Аганьянц А.О., Бартанов М.А., Вартапетян Г.А., Марукян Г.О., Ориентационные зависимости тормозного излучения в кристаллах алмаза. Препринт ЕФИ-468(10)-81, Ереван, 1981.
11. Яралов В.Я. Расчет характеристик парного магнитного спектрометра ρ в интервале энергий 20-200 МэВ. Препринт ЕФИ-470(13)-81, Ереван, 1981.
12. Ахизезер А.И., Шульга Н.Ф. Излучение релятивистских частиц в монокристаллах. УФН, 1982, т.137, выд.4, с.561-604.
13. Есин С.К., Коваленко В.И., Маркарьян А.А. Модернизация системы локального возмущения орбиты для равномерного вывода частиц. ПТЭ, 1973, № 4, с.20-22.
14. Tautfest G.W., Fechter H.R. A Nonsaturable High-Energy Beam Monitor. The Review of Scientific Instruments, 1955, vol.26, N.2, p.229-231.
15. Luckey D., Schwetters R.F. Methods of Crystal Alignment for the Production of Coherent Bremsstrahlung. Nucl.Instr. and Methods, 1970, vol.80, p.164-172.

16. Аганьянц А.О., Вартанов М.А., Карибян В.Б., Яралов В.Я. Наблюдение аномалий в угловых распределениях излучения каналированных электронов. Письма в ЖЭТФ, 1988, т.48, вып.7, с.364-366.

Рукопись поступила 20 декабря 1989 г.

А. О. АГАНЬЯНЦ, М. А. ВАРТАНОВ, В. Б. КАРИБЯН, А. Н. ЛЕБЕДЕВ

УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ИЗЛУЧЕНИЯ
КАНАЛИРОВАННЫХ В МОНОКРИСТАЛЛАХ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИХ
ЭЛЕКТРОНОВ

Редактор Л. П. Мукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

Подписано в печать 8/У-90г. ВФ-01350 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 1.0 Тираж 299 экз. Ц. 15 к.

Зак. тип. № 178

Индекс 3649

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван, 36, ул. Братьев Алиханян, 2

The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Alikhanian Brothers 2,
Yerevan, 375036
Armenia, USSR

ИНДЕКС 3649



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ