

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВФИ-714(29)-84

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО АТОМНОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Р.О.АВАКЯН, А.Э.АВETИСЯН, Г.А.АВДАЛЯН,
А.В.АГАРОНЯН, А.А.АРМАГАНЯН, С.С.ДАНАГУЛЯН,
С.П.ТАРОЯН, Г.М.ЭЛБАКЯН, Ю.З.СУКИАСЯН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ КРИСТАЛЛОВ $\text{NaI}(\text{Te})$ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
СПЕКТРА ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ЕРЕВАН-1984

При изучении взаимодействия электронов высоких энергий ($E_e \sim 4,5$ ГэВ) с кристаллической мишенью возникает необходимость регистрации гамма-квантов тормозного излучения с широким спектром энергий.

Энергетические спектры тормозного излучения электронов высоких энергий обычно измеряют посредством парного магнитного спектрометра. Используемый для этой цели в ЕрФИ парный спектрометр [1] позволяет регистрировать гамма-кванты тормозного излучения в широкой энергетической области ($E_\gamma = 20 - 4500$ МэВ) с достаточно хорошим энергетическим разрешением: $\frac{\Delta P}{P} = \pm 2,4\%$ для энергий больше 300 МэВ и $\pm 7\%$ в области энергий 20 - 100 МэВ.

Существенным недостатком, ограничивающим возможности его применения, является его малая эффективность регистрации, в особенности, в области низких энергий (< 100 МэВ), что связано с уменьшением сечения образования электрон-позитронной пары и увеличением их углов многократного рассеяния в этой области энергий. Это приводит к резкому возрастанию пучкового времени, требуемого для набора достоверной статистики.



При работе на выведенном электронном пучке, для регистрации гамма-квантов тормозного излучения был применен спектрометр полного поглощения (СПП) на основе большого кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$. Используемый в СПП кристалл имел размеры $130 \times 130 \times 300$ мм и осматривался с торца одним спектрометрическим фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) типа ФЭУ-110 [2,3].

Калибровка СПП была проведена на вторичном электронном пучке Ереванского ускорителя. Блок-схема электроники приведена на рис.1. Триггерный сигнал, запускающий генератор ворот, получался при совпадении "быстрых" сигналов от двух счетчиков парного спектрометра, апертурного счетчика, сделанных на основе пластического сцинтиллятора, и "медленного" сигнала от кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$. Средняя величина задержки триггерного сигнала сильно зависит от амплитуды выходного импульса кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$, т.е. от энергии регистрируемой им частицы, в то время как амплитуды импульсов остальных счетчиков практически не зависят от энергии. В данном эксперименте необходимо было регистрировать гамма-кванты различной энергии (10 - 2000 МэВ). Поэтому требовалось обеспечить такие условия, чтобы уход средней задержки триггерного сигнала в зависимости от энергии регистрируемой частицы был бы минимальным, для улучшения временного разрешения применяемой электроники. Это достигалось тем, что сигнал от кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$ поступал на усилитель, имеющий два аналогичных выхода. Сигнал с одного выхода подавался через линию задержки (ЛЗ) на линейные ворота амплитудного анализатора (АИ), а с другого еще раз усиливался до такой величины, чтобы при любой регистрируемой энергии амплитуда выходного сигнала

второго усилителя была больше порога дискриминации.

При этом уход средней задержки триггерного сигнала в зависимости от энергии регистрируемой частицы оказался практически равным нулю.

Как уже отмечалось, область энергий регистрируемых частиц в эксперименте равнялась 10 - 2000 МэВ. Калибровочные измерения, однако, показали, что невозможно было подобрать такое напряжение питания на ФЭУ СПП, чтобы получить линейную зависимость между амплитудой выходного импульса СПП и энергией регистрируемого электрона во всей интересующей нас области энергий. Были подобраны два напряжения питания на ФЭУ: при одном ($U_{\text{ФЭУ}} = 1300$ В) проведена калибровка в области малых энергий (10 - 200 МэВ), а при другом ($U_{\text{ФЭУ}} = 1000$ В) - в диапазоне энергий (60 - 2000 МэВ). Средняя эффективность регистрации оказалась равной 92 - 95% в данном диапазоне энергий.

Полученные зависимости амплитуды импульсов от энергии регистрируемой частицы приведены на рис.2. На рис.3 приведена зависимость энергетического разрешения СПП (ΔE) от энергии. При определении величины разрешения $\rho = \frac{\Delta E}{E}$ учитывалась соответствующая кривая зависимости амплитуда-энергия и энергетический разброс калибровочного пучка.

Откалибровочный СПП был установлен на тракте выведенного электронного пучка (рис.4). Электроны после взаимодействия с кристаллической мишенью (в качестве мишени использовалась алмазная пластинка толщиной 1 мм) отклонялись магнитом и детектировались телескопом сцинтилляционных счетчиков S_1, S_2, S_3 , а возникшее тормозное излучение регистрировалось СПП. Ток магнита

был установлен таким образом, чтобы энергетический интервал, охватываемый телескопом счетчиков $S_1 - S_3$, имел величину $\Delta E = 2 - 4$ ГэВ.

Блок-схема электроники аналогична приведенной на рис.1, а триггерный сигнал, запускающий генератор ворот, получался при совпадении сигналов от СШ и счетчиков S_1, S_2, S_3 .

Перед СШ был установлен антисчетчик $[\bar{A}]$ для обрезания от фона заряженных частиц, идущих по тракту.

Информация от СШ подавалась на амплитудный анализатор и одновременно снималась его счетная характеристика, определяющая общее число зарегистрированных фотонов. Отношение последней величины к числу тройных совпадений $S_1 S_2 S_3 \left[\frac{N_{S_1, S_2, S_3} NaI}{N_{S_1, S_2, S_3}} \right]$ служило контролем эффективности СШ.

Накопленная информация в дальнейшем была обработана на ЭВМ ЕС-1022, используя калибровочные кривые зависимости амплитуды и разрешения от энергии.

На рис.5 приведены измеренные спектры тормозного излучения. При этом среднее время набора одного статистически обеспеченного спектра составило 3 - 5 мин при интенсивности 10^5 электрон/с.

Использование СШ на основе большого кристалла $NaI(Tl)$ для регистрации и измерения энергии гамма-квантов тормозного излучения позволило получить ощутимый выигрыш во времени, по сравнению с ранее применяемой методикой парного магнитного спектрометра, а также появилась возможность использовать СШ как монитор полного числа фотонов или же фотонов с определенной энергией, что особенно важно в экспериментах по изучению

взаимодействия электронов высоких энергий с кристаллической мишенью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Авакян Р.О., Аветисян А.Э., Бартапетян Г.А. и др. Аппаратура для регистрации электронов и гамма-квантов (АРЭГК) на основе кристаллов $NaI(Tl)$. Изв.АН АрмССР, Физика, 1979, т.14, с.50-53.
3. Данагулян С.С., Элбакян Г.М., Адипев Ю.Н., Курков А.А. Использование больших кристаллов $NaI(Tl)$ и $CsI(Tl)$ для измерения энергии электронов в широкой энергетической области. Препринт ЕФИ-620(10)-83, Ереван, 1983.

Рукопись поступила 16 февраля 1984 г.

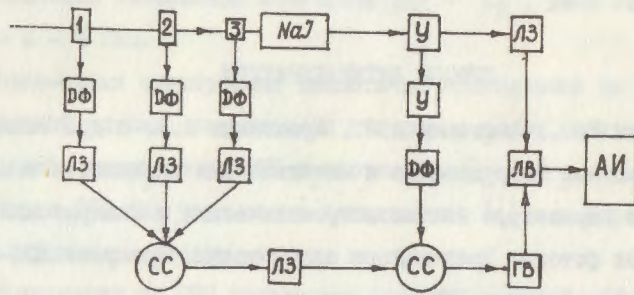


Рис.1 Блок-схема электроники: 1,2 - счетчики парного спектрометра, 3 - апертурный счетчик; ДФ - дискриминатор-формирователь; ЛЗ - линия задержки; У - усилитель; ЛВ - линейные ворота; ГВ - генератор ворот; АИ - амплитудный анализатор; СС - схема совпадений.

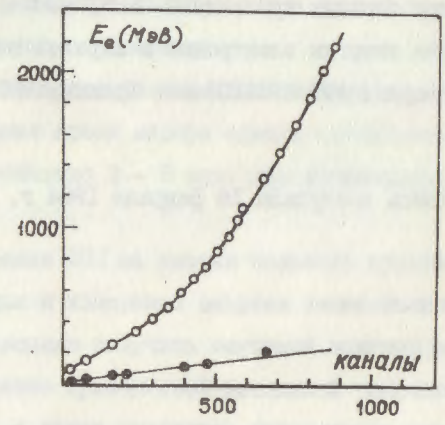


Рис.2 Зависимость амплитуды импульса СПШ от энергии регистрируемого электрона: ○ - при напряжении питания ФЭУ СПШ $U_{фэу} = 1000$ В; ● - при напряжении питания ФЭУ СПШ $U_{фэу} = 1300$ В.

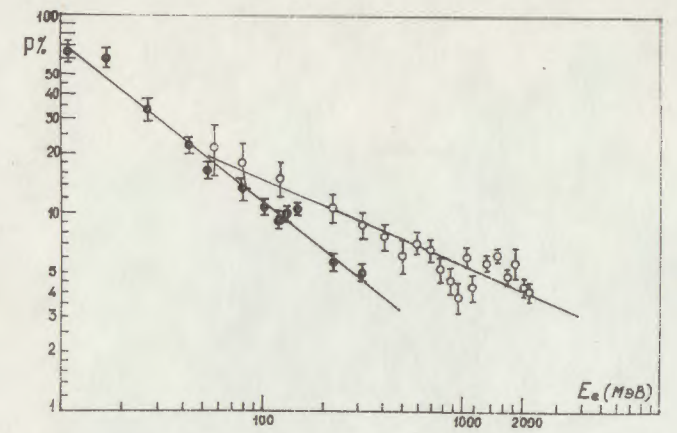


Рис.3 Зависимость полученного энергетического разрешения от энергии электронов: ○ - при напряжении питания ФЭУ СПШ $U_{фэу} = 1000$ В; ● - при напряжении питания ФЭУ СПШ $U_{фэу} = 1300$ В. Прямые на графиках проведены по методу наименьших квадратов.

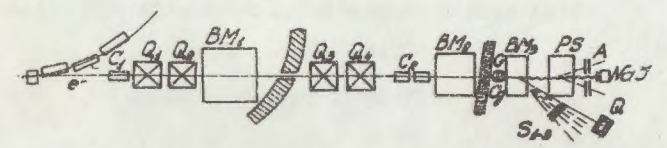


Рис.4 Блок-схема оборудования на выведенном электронном пучке. ВМ1, ВМ2 - отклоняющие магниты; G - гониометр; S₁₋₃ - мониторный телескоп; C₁, C₂ - коллиматоры, Q₁₋₄ - квадрупольные линзы, NaI - СПШ на основе кристалла NaI(Tl); Q - квантометр.

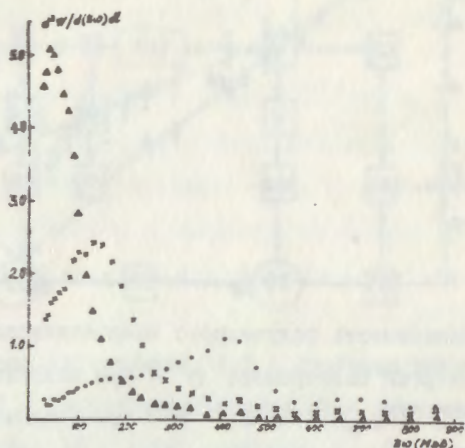
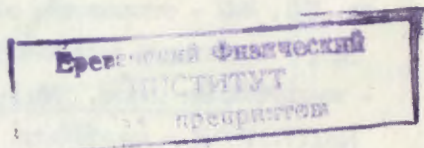


Рис.5 Спектры излучения электронов энергии 4,5 ГэВ от кристалла алмаза толщиной 0,1 мм при разных углах влета:

- ▲ - $\theta_\Gamma = 55$ мр ; $\theta_\beta = 0$;
- Х - $\theta_\Gamma = 55$ мр ; $\theta_\beta = 0,22$ мр ;
- - $\theta_\Gamma = 55$ мр ; $\theta_\beta = 0,65$ мр ,

где θ_Γ ; θ_β - углы вращения вокруг горизонтальной и вертикальной осей гониометра, соответственно.



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

Заказ 655

ВФ-04270

Тираж 299

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 25/У-84г.0,5 уч.изд.л. Ц. 8 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркарян 2