

ВТИ-757(72)-84

индекс 3624

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

Г.Г. МАНТАШЯН, Б.В. ПЕТРОСЯН
М.Л. ПЕТРОСЯН, Л.В. ХАЧАТРЯН

СПЕКТРОМЕТР ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ НА ЭНЕРГИЮ
ДО 20 МэВ



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕРЕВАН-1984

EW-757(72)-84

G.G.MANTASHIAN, B.V.PETROSIAN, M.L.PETROSIAN,
L.V.KHACHATRIAN

ELECTRON BEAM SPECTROMETER
FOR ENERGY TO 20 MEV

A spectrometer for the energy to 20 MeV for operation on microtron beams is described. As far as the initial narrow angular spread of the beam is conserved, we have chosen a magnet with the rotation angle $\pi/2$. Its radius is 600 mm, the magnet gap is 40 mm, the maximum field is 4 kOe. The registration system allows to obtain the spectral distribution of the electron beam in every impulse of the microtron current. Measurements have shown that the energy spread of the microtron electron beam is $\leq 0.3\%$.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1984

Как известно [1], высокое разрешение могут обеспечить только спектрометры с поперечным магнитным полем. Параметры наиболее известных магнитных спектрометров в области энергии мегаэлектронвольт приведены в табл. I [2-6]. Разрешение этих спектрометров достаточно высокое, однако максимальная энергия ограничена величиной 4 МэВ.

Разрешение спектрометров определяется дисперсией и размером изображения на выходе спектрометра. Размеры источника электронов в спектрометре с полукруговой фокусировкой передаются прямо на выход [7] спектрометра и следовательно уменьшают разрешение спектрометра. Однако приходится с этим мириться, чтобы захватить больший угловой раствор излучения точечных источников.

При исследовании спектральных характеристик электронных пучков ускорителей, а также при исследовании взаимодействия электронного пучка с электромагнитным полем и во всех других экспериментах, когда начальный узкий угловой разброс пучка сохраняется, а поперечные размеры пучка значительные, наиболее выгодно работать с поворотом на угол $\pi/2$. Известно, что если монохроматичный пучок параллельный, то он после поворота на $\pi/2$ фокусируется при однородном магнитном поле в точку. Из геометрии

ческих построений можно получить размер изображения:

$$S = \tau \left[\sqrt{\tau^2 - \left(\frac{\tau\varphi}{2} - h \right)^2} - \left(\frac{\tau\varphi^2}{2} - h \right) \varphi - \tau\varphi - \tau \frac{\Delta H}{H} \right],$$

где h - горизонтальный размер пучка

φ - угловой разброс пучка по горизонтали

$\Delta H/H$ - неоднородность поля поворотного магнита.

Так как $\varphi \ll 1$ и $h \ll \tau$ то,

$$S = \frac{h^2}{2\tau} + \tau\varphi + \tau \frac{\Delta H}{H},$$

а разрешение спектрометра равно

$$P = \frac{h^2}{2\tau^2} + \varphi + \frac{\Delta H}{H}.$$

Обычно $\frac{h^2}{2\tau^2} \ll \varphi$ и

$$P = \varphi + \frac{\Delta H}{H}.$$

Схема спектрометра и общий вид приведены соответственно на рис. 1 и 2. Поворотный магнит имеет радиус 60 см, зазор магнита 4 см, максимальное поле 4 кЭ. Изображение электронного пучка на входе спектрометра формируется с помощью двух квадрупольных линз и трех корректирующих магнитов по горизонтали и вертикали. Выбор входной системы такого типа обусловлен тем, что спектрометр в основном будет работать на выведенном пучке микротрона на энергиях 7,5 и 15 МэВ.

Система регистрации позволяет получить спектральное распределение электронного пучка в каждом импульсе тока ускорителя. Изображение пучка, полученное на люминоформом экране, расположенном на выходе спектрометра, через оптическую систему передается на поверхность фотоумножителя, где имеется щель

шириной 0,4 мм. Изображение сканируется с помощью щели и подвижного зеркала. Зеркало приводится в движение с помощью электромагнитного вибратора, работающего синхронно с частотой запуска ускорителя. Время после свечения люминофора выбирается так, чтобы оно было меньше периода работы ускорителя, но больше ожидаемой временной длительности выходного изображения спектрометра.

На рис. 3 дано изображение импульса фотоумножителя при пропускании через спектрометр пучка электронов микротрона на энергию 7,5 МэВ. Первый пик обусловлен радиационным фоном микротрона. С помощью фазовращателя в цепи питания электромагнитного вибратора изображение пучка сдвинуто по фазе для улучшения отношения сигнал - шум (второй пик). Длительность второго сигнала с учетом параметров системы соответствует размеру изображения пучка на выходе спектрометра 2 мм, при размере на входе спектрометра диаметром 3 мм. Размер выходного изображения складывается из следующих членов:

$$S_{\text{в.}} = S + \frac{\Delta E}{E} \tau = \varphi \tau + \frac{\Delta H}{H} \cdot \tau + \frac{\Delta E}{E} \tau.$$

Чтобы оценить вклад первых двух членов, был сделан ряд измерений при коллимации входного пучка с диаметрами коллиматоров 6, 3 и 1 мм. Уменьшение входного изображения приводит к уменьшению первых двух членов, так как, во-первых, уменьшается угловой разброс пучка, во-вторых, из-за уменьшения ширины магнитной дорожки, уменьшается $\frac{\Delta H}{H}$ (см. рис. 4). Были получены значения S : 2,5; 2 и 2 мм, соответственно. Из этих результатов видно, что уже при коллимации входного пучка диаметром 2 мм

ВЛИЯНИЕ ДВУХ ПЕРВЫХ ЧЛЕНОВ СТАНОВИТСЯ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫМ. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ШИРИНА СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУЧКА $\ll 0,3\%$.

Таблица I.

Основные параметры некоторых магнитных спектрометров

№	Спектрометр, автор	Ширина источника, мм	Длина источника, мм	Радиус равновесной окружности, мм	Светосила, %	Относительная полуширина линии, %	Светимость спектрометра, мм	Максимальная энергия анализируемых электронов, МэВ
1.	Поперечный с неоднородным полем (кетрон) (А.А.Бамнилов, Б.С.Джелепов)	0,5	15	80	0,5	0,5	$3,7 \cdot 10^{-2}$	3
2.	Канадский безжелезный с двойной фокусировкой на угол 2° с полем I (Грехем Р. и др.)	0,2 0,8	12 12,5	1000	0,07 0,20	0,013 0,05	$1,8 \cdot 10^{-3}$ $2,0 \cdot 10^{-2}$	4
3.	Швейцарский железный с двойной фокусировкой, с трохоидальными траекториями (Бальцер Р. и др.)	0,1	30	-	0,68	0,05	$2,0 \cdot 10^{-2}$	0,66
4.	Призмный с двойной фокусировкой (В.М.Кельман, Б.П.Перегуд, Е.П.Мазец и др.)	0,3 1	15 15	-	0,03 0,04	0,015 0,036	$1,3 \cdot 10^{-3}$ $6,0 \cdot 10^{-3}$	2
5.	Тороидальный с двойной фокусировкой (Е.Ф.Третьяков)	0,5 3	10 15	2300 213	0,30 1	0,028 0,1	$1,5 \cdot 10^{-3}$ $0,45 \times 2$	1,5

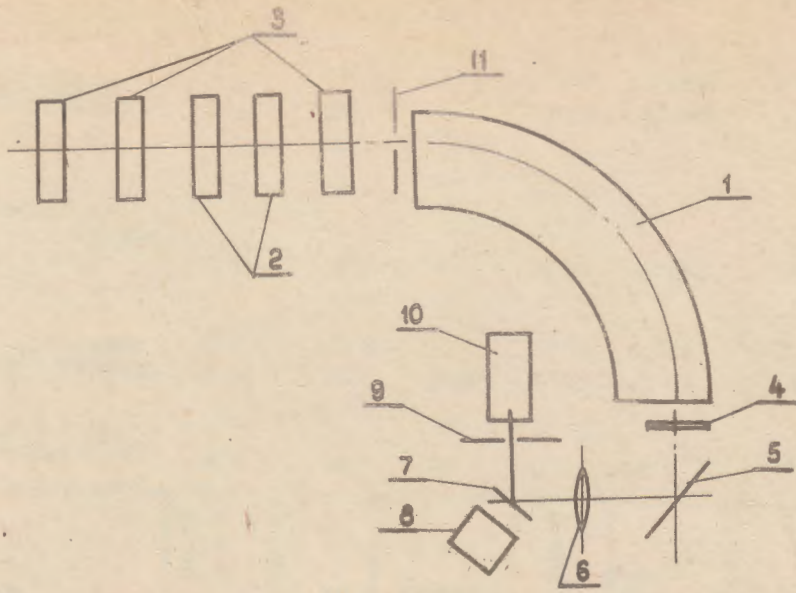


FIG. 1

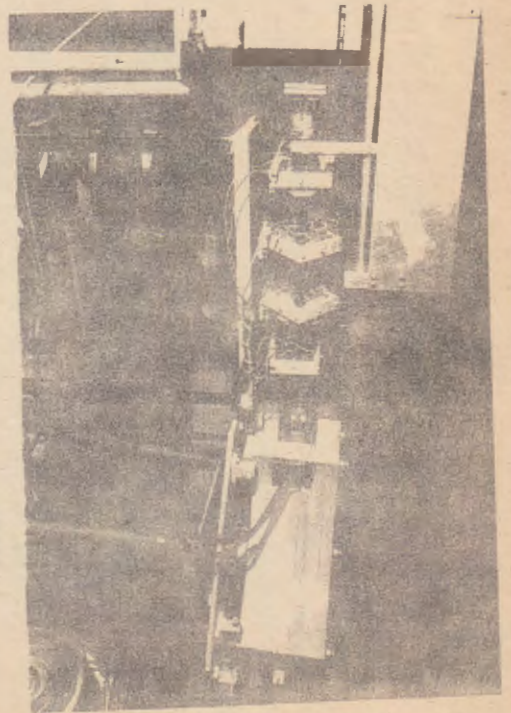


FIG. 2



FIG. 3

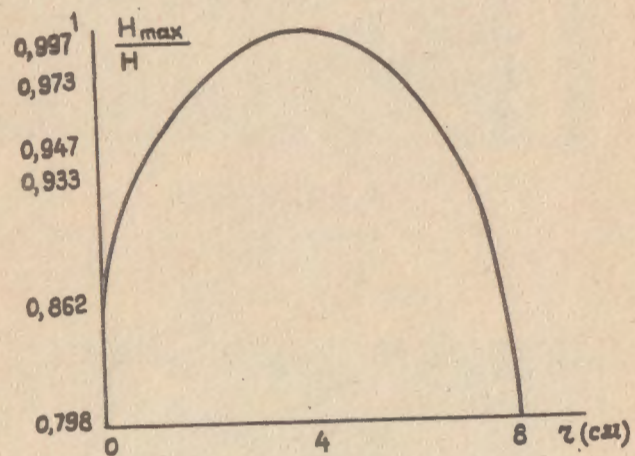


Рис. 4

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. I I -анализирующий магнит, 2 -квадрупольные линзы, 3 -корректирующие магниты, 4 -люминофорный экран, 5 -зеркало, 6 -объектив, 7 -подвижное зеркало, 8 -электромагнитный вибратор, 9 -диафрагма, 10 -фотоумножитель, II -коллиматор пучка.

Рис. 2 Общий вид спектрометра

Рис. 3 Импульсное спектральное распределение на выходе спектрометра.

Рис. 4 Радиальное распределение магнитного поля в спектрометре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов И.Г. Современные проблемы электронной спектроскопии
М.: Атомиздат; 1978
2. Джелепов Б.С., Башилов А.А. Катрон-магнитный спектрометр с
улучшенной фокусировкой. Изв.АН СССР. Сер. физ., 1959. т. 14,
№3, с. 263.
3. Graham R.L., Ewan G.T. A one-meter-radius iron-free double
focusing spectrometer for β -ray spectroscopy with a pre-
cision of $1:10^5$.- Nucl. Instrum. and Meth. 1960, vol. 9, N. 3,
p. 245.
4. Balzer R., Bharucha D.S., Heinrich F., Hofmann A. A highly
focusing beta spectrometer.- Nucl. Instr. and Meth. 1967,
vol. 57, p. 277.
5. Перегуд Б.П. Магнитные призмные бета-спектрометры.
ЖТФ, 1972, вып. 3, с. 457.
6. Третьяков Е.Ф., Торидальный β - спектрометр. Изв. АН СССР,
Сер. физ. 1975, т. 39, №3, с. 583.
7. Герасимов А.И., Дубинов Е.Г., Кудасов Б.Г. Спектрометр
импульсного пучка электронов ПТЭ, 1971, №3, с. 31.

Рукопись поступила 20 июля 1984 г.

Г.Г. МАНТАШЯН, Б.В. ПЕТРОСЯН, М.Л. ПЕТРОСЯН, Л.В. ХАЧАТРЯН
СПЕКТРОМЕТР ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ НА ЭНЕРГИЮ ДО 20 МэВ

Редактор Л.П. Мукаян

Технический редактор А.С. Абрамян

Подписано в печать 23/Х-84 ВФ-11935 Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч. изд. л. 0.8 Тираж 299 экз. Ц. 10 к.
Зак. тип. № 798 Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркаряна 2