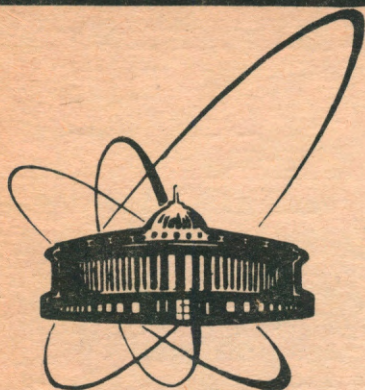


89-208



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

3 895

P13-89-208

В.П.Зрелов, Е.С.Кузьмин, С.И.Тютюнников,
В.Н.Шаляпин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ФОТОЭЛЕКТРОННОГО РЕГИСТРАТОРА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ
ЧЕРЕНКОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1989

ВВЕДЕНИЕ

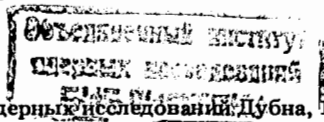
Использование эффекта Вавилова-Черенкова позволяет создать эффективные методики для измерения параметров пучков заряженных частиц^{/1-3/}. В настоящее время с их помощью удается измерять среднюю энергию пучка и углы наклона пучка к оси прибора. Вместе с тем, другие важные характеристики пучка, а именно - угловые и энергетические распределения - остаются недоступными. Последнее связано с тем обстоятельством, что ширина измеряемого в эксперименте распределения интенсивности черенковского излучения определяется, кроме эффектов замедления и многократного рассеяния частиц в радиаторе, энергетическим и угловым распределениями пучка, а также остаточной дисперсией для приборов, работающих в широком спектральном диапазоне. Формируя в эксперименте пучок с определенными угловыми распределениями и используя метод обратной задачи, принципиально возможно восстановить указанные распределения, однако при таком подходе возрастают требования к точности измерения экспериментального распределения интенсивности излучения Вавилова-Черенкова /ИВЧ/.

До настоящего времени для регистрации распределения интенсивности ИВЧ использовались либо фотоматериалы^{/1,2/}, либо сканирующий фотоумножитель со щелью^{/3/}. По ряду причин точность сенситометрических измерений при работе с фотоматериалами не может быть лучше 15-20%. Механическое перемещение умножителя по кадровому окну происходит за время ~30 с, что позволяет проводить только усредненные по времени измерения.

Целью настоящей работы является изучение возможности регистрации распределения интенсивности ИВЧ выведенного пучка установки "Ф" в одном макроимпульсе ускорителя.

2. ФОТОРЕГИСТРАТОР

В качестве фоторегистратора использовалась система /рис.1/, состоящая из электронно-оптического преобразователя /ЭОП/ с микроканальной пластиной /МКП/, сочлененного с диссектором типа ЛИ-605 с помощью волоконно-оптического контакта^{/4/}.



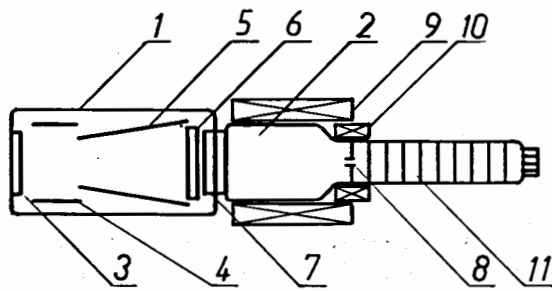


Рис.1. Сборка ЭОП - диссектор: 1 - электро-оптический преобразователь; 2 - диссектор; 3 - волоконно-оптическая шайба; 4 - фокусирующий электрод; 5 - анод; 6 - микроканальная пластина; 7 - волоконно-оптическое

соединение; 8 - щель диссектора; 9 - фокусирующая катушка; 10 - катушка строчной развертки; 11 - вторично-электронный умножитель.

Основные характеристики прибора:

- | | |
|--|--|
| 1. Пороговая освещенность в токовом режиме | $\phi_n = 10^{-12}$ Вт/см ² |
| 2. Разрешение в центре фотокатода | $R = 10$ линий/мм |
| 3. Фотокатод ЭОПа - | сурьяно-цезиевый |
| 4. Постоянная времени высвечивания люминофора ЭОПа | $\tau = 20$ мкс |
| 5. Коэффициент увеличения - | 1 |
| 6. Рабочий размер фотокатода | $d_1 = 25$ мм |
| 7. Фотокатод диссектора - | мультищелочной |
| 8. Размер фотокатода диссектора | $d_2 = 25$ мм |
| 9. Размеры щели диссектора | $S = 0,1 \times 3$ мм ² |
| 10. Число каскадов усиления диссектора | - 14 |
| 11. Сопротивление анодной нагрузки | $R_H = 1$ кОм |

Фоторегистратор стыковался с черенковским прибором, устройство которого изложено в работе [1]. Оценим мощность ИВЧ на входе фоторегистратора при интенсивности потока протонов $J = 5 \cdot 10^7$ прот/с. Число фотонов, излучаемых одной частицей в диапазоне длин волн 350 ÷ 650 нм и эффективной толщине радиатора $\lambda = 0,4$ см, определяется выражением:

$$N_{\phi} = 605 \cdot \sin^2 \theta \cdot \lambda (\text{см}) \approx 70 \text{ фот},$$

где θ - угол испускания ИВЧ в призме-радиаторе из плавленного кварца при $\beta = 0,808$ / $\theta \approx 32^\circ$. При длительности макроимпульса ускорителя $T = 43$ мкс и частоте $\nu = 233$ Гц имеем мгновенную мощность ИВЧ:

$$P = \frac{N_{\phi} \cdot J}{\nu \cdot T} \approx 3,4 \cdot 10^{11} \text{ фот/с.}$$

С учетом потерь в оптических элементах черенковского прибора, фоторегистратора /коэффициент пропускания $\alpha = 0,1/$ и телесного угла наблюдения $\Delta\omega \approx 3 \cdot 10^{-2}$ рад, получим освещенность на фотокатоде регистратора

$$E = P \cdot \Delta\omega \cdot \alpha \cdot S_1^{-1} \approx 10^{10} \text{ фот/с} \cdot \text{см}^2 \sim 5 \cdot 10^{-9} \text{ Вт/см}^2,$$

где S_1 - площадь изображения ИВЧ на фотокатоде ЭОПа / $S_1 = 0,1$ см²/.

Таким образом, освещенность от ИВЧ превышает пороговую фоторегистратора более, чем на 3 порядка, что позволяет рассчитывать на значительное превышение точности измерения интенсивности по сравнению с регистрацией ИВЧ на фотопленку.

3. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Фоторегистратор устанавливается на черенковский прибор [1], разработанный для измерения средней энергии пучка протонов установки "Ф". Схема прибора с фоторегистратором приведена на рис.2. Пучок протонов [1], отколлимированный до размера $\phi 1$ см, падает на призму-радиатор [2], изготовленную из плавленного кварца с толщиной по пучку ~ 4 мм и углами у основания $\alpha_1 = 26^\circ 00' 38''$, $\alpha_2 = 26^\circ 00' 04''$. Измерение энергии в приборе производится путем измерения разности углов между прямым [8/ и дважды отраженным [7/ ИВЧ в призме-радиаторе, что позволяет обойтись без дополнительных реперных меток, как, например, это необходимо в методе [2]. Для увеличения интенсивности света в приборе используется ИВЧ в широком диапазоне длин волн $\Delta\lambda = 350 \div 650$ нм. Чтобы компенсировать дисперсию, излучение, выходящее из радиатора /прямое [8/ и дважды отраженное [7//, пропускается через призму-компенсатор [3/.

Призма-компенсатор изготовлена из стекла марки ТФ-5 и имеет углы у основания $A_1 = 28^\circ 18' 07''$, $A_2 = 20^\circ 18' 31''$. Излучение,

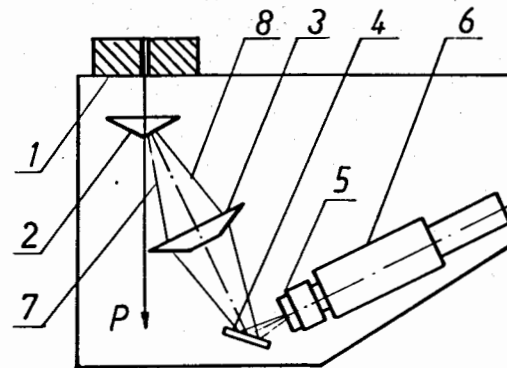


Рис.2. Черенковский прибор с фоторегистратором: 1 - коллиматор; 2 - призма-радиатор; 3 - призма-компенсатор; 4 - зеркало; 5 - объектив "Гелиос-40"; 6 - фоторегистратор; 7 - дважды отраженный луч; 8 - прямой луч.

прошедшее через призму, отражается от зеркала /4/ и попадает на вход объектива /5/ "Гелиос-40", в фокальной плоскости которого образуются два изображения ИВЧ в виде двух "дуг". Расстояние между изображениями пропорционально разности углов прямого и дважды отраженного излучения, а следовательно, энергии частиц пучка. Входная поверхность /3/ оптоволоконной шайбы ЭОПа располагалась в фокальной плоскости объектива /5/. Диссектор /6/ работал в однострочном режиме, сканирование экрана осуществлялось за время 40 мкс. Режим работы ЭОПа - статический. Запуск генератора развертки диссектора осуществлялся от синхроимпульса ускорителя. Для запуска генератора развертки диссектора с частотой ~1 Гц синхроимпульсы ускорителя прерывались элементом с большим мертвым временем. Для синхронизации с реальным пучком и контроля запуска генератора развертки использовался телескоп из трех сцинтилляционных счетчиков. Анодный сигнал с диссектора выводился на запоминающий осциллограф и фотографировался. Типичные осциллограммы приведены на рис.3. В связи с тем, что размер рабочей области фотокатода ЭОПа значительно меньше размера кадра на фотопленке, прямое и дважды отраженное изображение ИВЧ наблюдалось отдельно. Для исследования влияния радиационного фона оптический канал черенковского прибора искусственно перекрывался и наблюдалась реакция фоторегистратора на включение ускорителя. При этом не было замечено сколько-нибудь значительного изменения сигнала диссектора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В экспериментах на выведенном пучке фазотрона ЛЯП ОИЯИ выяснено, что фоторегистрирующая система, составленная из ЭОПа на МКП и диссектора ЛИ-605, позволяет в течение одного макроимпульса ускорителя /~40 мкс/ проводить измерения распределения интенсивности черенковского излучения для пучка протонов со средней интенсивностью $J = 10^7 \div 10^9$ прот/с. При этом разрешение в фокальной плоскости объектива $R = 0,1$ мм /определяется шириной щели диссектора/, точность измерений определяется статистикой фотонов $/N_{\Phi} \sim 10^6/$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зрелов В.П. и др. - Препринт ОИЯИ, 13-87-835, Дубна, 1987.
2. Будяшова С.Ю., Зрелов В.П., Кузьмин Е.С. - Препринт ОИЯИ, P13-88-485, Дубна, 1988.
3. Зрелов В.П. и др. - Препринт ОИЯИ, P13-9380, Дубна, 1975.
4. Тетюников С.И., Шаляпин В.Н. - В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 10-85, Дубна, 1985, с.62.

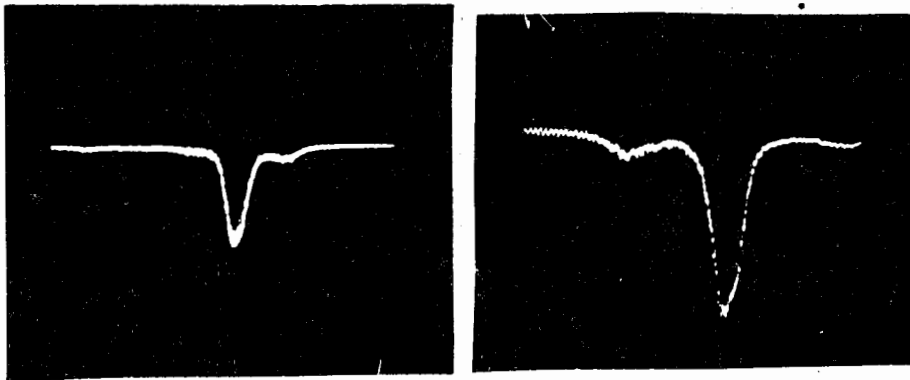


Рис.3. Осциллограммы анодного сигнала диссектора, соответствующие изображениям прямого /б/ и дважды отраженного /а/ излучений. Развертка - 2 мкс/клетку, чувствительность - 20 мВ/клетку.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 марта 1989 года.