

Система управления и контроля выведенного электронного пучка на ускорителе “Пахра”

В.И. Алексеев, В.А. Карпов, В.В. Ким, С.В. Мишин, В.И. Сергиенко, В.А. Хабло
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

Система медленного вывода электронного пучка из синхротрона “Пахра” и магнитооптический канал пучка были созданы в начале 90-х годов [1]. Схема канала приведена на рис. 1. Пучок с интенсивностью до $\sim 10^{10}$ e^- /сек при частоте повторения 50 Гц выводится из кольца ускорителя с помощью двух септум-магнитов и попадает в вакуумированный канал диаметром 40 мм. В канале пучок отклоняется магнитом М1 по горизонтали на 30° и направляется из зала ускорителя в экспериментальный зал. Второй магнит отклоняет пучок в ту же сторону еще на 4° и направляет его в экспериментальные установки, предназначенные для исследований процессов по физике средних энергий и процессов взаимодействия электронов и фотонов с периодическими структурами.

В результате работы стало очевидным, что необходима аппаратура, которая позволила бы достаточно точно контролировать положение пучка и другие его характеристики в нескольких точках канала в любой момент времени. При этом детекторы контролирующей аппаратуры должны оказывать минимальное воздействие на пучок.

В качестве детектора, удовлетворяющего этим требованиям, была выбрана пучковая пропорциональная камера (ПК) [2]. Камера имеет внешние размеры $80 \times 80 \times 45$ мм³ и рабочую область 32×32 мм². Две сигнальные плоскости намотаны горизонтально и вертикально золоченой вольфрамовой проволокой диаметром 20 мкм с шагом намотки 2 мм. Четыре высоковольтные плоскости намотаны проволокой из бериллиевой бронзы диаметром 80 мкм с шагом 1 мм. Расстояние между плоскостями по 3 мм. Для работы в вакууме окна ПК изготовлены из майлара толщиной 100 мкм. Рабочий газ — смесь аргона с углекислым газом в соотношении 3 : 2. Рабочее напряжение при этом составляет $\sim 1,5$ кВт. Камера способна работать, используя в качестве рабочего газа воздух при атмосферном давлении. Напряжение в таком случае повышается до $\sim 2,2$ кВт. Содержание вещества в ПК на пути пучка около 0.002 радиационных единиц. Каждая ПК помещена в вакуумированный бокс. С помощью дистанционного управления она может вводиться в пучок и выводиться из него.

Для обработки данных с камер, отображения на мониторе компьютера и принтером характеристик пучка, сохранения данных для последующих обработок был организован программно-аппаратный комплекс. Он позволяет вычислять и отображать профили пучка в каждой из камер. Для каждого профиля рассчитаны центр тяжести и интенсивность пучка в относительных единицах. Программа позволяет контролировать изменение этих величин во времени. Пучковые камеры дали возможность откорректировать положение квадрупольных линз по оси канала с точностью до долей миллиметра. Изменение тока поочередно в каждой линзе, начиная с Л1, приводило к фокусировке или дефокусировке пучка. Если линза расположена не по оси канала, вдоль которой шел пучок, то при изменении тока профили смещались

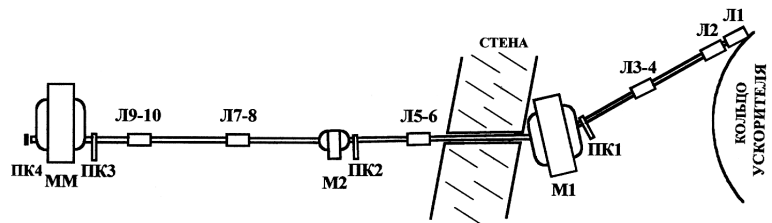


Рис. 1: Схема магнитооптического канала: Л1-Л10 — квадрупольные линзы; М1; М2; ММ — поворотные магниты и магнит системы мечения; ПК1-ПК4 — пучковые камеры.

одновременно с изменением формы. С увеличением тока смещение происходило в ту же сторону, куда сдвинута линза. Четыре таких ПК позволяют достаточно быстро устанавливать режимы элементов канала для разных энергий электронов в пределах от ~ 300 МэВ до ~ 1 ГэВ и выводить пучок с минимальным фоном к установкам.

Ток с плоскости ПК пропорционален интенсивности пучка. Зависимость тока с каждой плоскости у всех ПК от интенсивности пучка была измерена при помощи квантометра. На рис. 2 показаны результаты калибровки одной из плоскостей, осуществленные при наполнении ПК воздухом и напряжении 2 кВт. Зависимость близка к линейной. Меняя чувствительность ПК путем изменения напряжения, а также переключая чувствительность электронной аппаратуры, можно значительно расширить область измеряемой интенсивности пучка. Например, камеры измеряли характеристика электронного пучка с интенсивностью 10^{11} e^- /сек при очень низком напряжении. При напряжении 3 кВт камера, наполненная смесью газа, измеряла пучок с интенсивностью порядка 10^4 e^- /сек.

Интенсивность, измеренная ПК (отн. ед.)

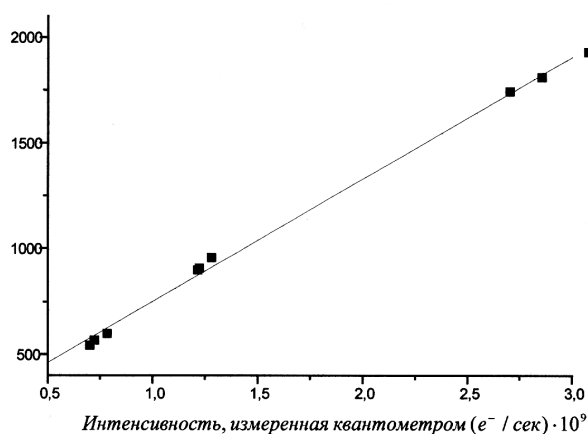


Рис. 2: Калибровка по интенсивности плоскости пучковой камеры.

ее величину, используя данные с камер о положении пучка и с пермалловых датчиков, расположенных в кольцевом магните ускорителя. Компьютер также управляет источниками питания магнитов М1 и М2, корректируя положение пучка в канале.

С помощью компьютера организована установка оптимального режима резонансной раскочки амплитуд радиальных бетатронных колебаний электронного пучка в кольце ускорителя. Это позволяет управлять длительностью вывода электронов (растяжкой).

Для улучшения характеристик электронного пучка запланированы следующие первоочередные работы, которые находятся на разных стадиях выполнения. Компенсация либо шиммирование рассеянного магнитного поля кольца ускорителя, через которое проходит электронный пучок. Организация хорошего качества “плоской вершины” переменного магнитного поля ускорителя в момент вывода пучка. Все это даст возможность стабилизировать энергию выводимых электронов, увеличить интенсивность и уменьшить поперечные размеры пучка.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований, проект 99-02-18183.

Список литературы

1. Башмаков Ю.А., Беловинцев К.А., Карпов В.А. Препринт ФИАН № 231, Москва, 1991.
2. В.И.Алексеев, В.А.Карпов, В.В.Ким и др. Препринт ФИАН № 13, Москва, 2000.