

Опыт работы с датчиком поперечного распределения интенсивности тока пучка на линейном ускорителе Московской мезонной фабрики

С.К.Есин, А.В.Новиков, П.Н.Остроумов, В.А.Гайдаш, В.В.Кухтиев
Государственный научный центр "Институт ядерных исследований РАН"
Москва, Россия

Датчик поперечного распределения интенсивности тока пучка (ДПР) (автор и разработчик А.Н.Тронь, МИФИ) расположен на канале транспортировки протонов (750 кэВ) линейного ускорителя Московской мезонной фабрики. Ток пучка на этом участке достигает 60 мА. Дается описание результатов работы ДПР при высокоинтенсивных пучках, специфических эффектов, проблем калибровки и адекватности измерений, приводятся основные достигнутые характеристики. Излагаются проводимые и намечаемые работы по дальнейшему улучшению параметров и эксплуатационных возможностей ДПР.

Датчик поперечного распределения интенсивности тока пучка является оригинальной разработкой А.Н.Троня (МИФИ), позволяет определять плотность распределения интенсивности тока пучка заряженных частиц в поперечном сечении ускорительного тракта. Располагается на канале транспортировки H^+ с диаметром

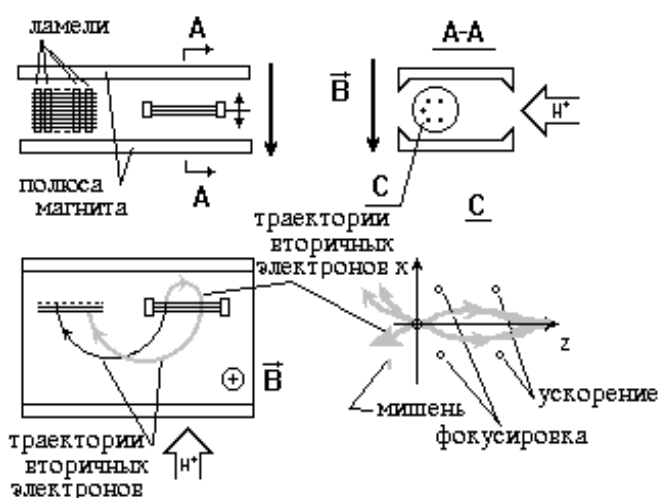


Рис.1. Принципиальная схема работы датчика поперечного распределения.

выбиваемых пучком заряженных частиц из проволочки-мишени. Вторичные электроны ускоряются системой проволочек (рис. 1), выводятся из апертуры с помощью однородного магнитного поля и регистрируются многоламельным датчиком. Ускоренные вторичные электроны, двигаясь по полуокружностям в однородном магнитном поле, самофокусируются в плоскости ламелей регистрирующего датчика, поэтому не происходит значительного ухудшения разрешающей способности прибора. В работе описываются эксперименты по определению точностных и эксплуатационных параметров ДПР, проблем калибровки.

апертуры 54 мм и энергией протонов 750 кэВ, расчетное разрешение на данной апертуре не хуже 1..2 мм. Время проведения одного измерения по всей апертуре до 1 минуты в зависимости от необходимой точности измерений. Необходимость установки ДПР на канале транспортировки обусловлена сложностью настройки канала из-за применения соленоидов, так как они приводят к связи движений частиц в двух ортогональных плоскостях.

Принцип действия ДПР [1-3] основан на регистрации вторичных электронов,

Для снятия необходимых характеристик была разработана специальная компьютерная программа “Transversal density”, предназначенная для автоматизации процесса измерения поперечной плотности тока пучка с помощью ДПР. Программа существует в двух видах: для работы в автономном режиме и в сетевой оболочке программы управления линейным ускорителем “MoonLab” (разработка ИЯИ РАН). Процесс измерения управляется через модули крейта КАМАК, соединенные с компьютером через контроллер.

Компьютерная программа “Transversal density” предназначена для работы в операционной системе Windows 3.1 и выше, требует наличия модулей ML.EXE (“MoonLab” – сетевая оболочка) и CAMAC.DLL. “Transversal density” в сетевой оболочке представляет из себя DLL, запускаемую программой ML. ML является

выполняемым модулем, который запускает DLL пользователя (процесс) и создает многооконный интерфейс для процесса. ML предоставляет процессу пользователя функцию приостановки процесса на определенное время по прерыванию, и, кроме этого, предоставляет ряд вспомогательных функций.

CAMAC.DLL представляет из себя драйвер контроллера КАМАК.

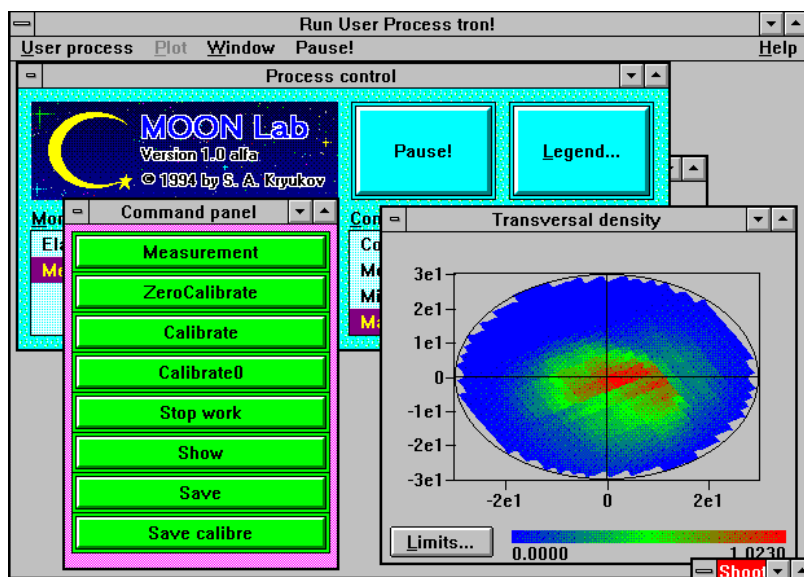


Рис.2. Вид окон при работе программы.

С помощью программы “Transversal density” выполняется весь набор необходимых для пользования ДПР процедур – калибровка нулей, калибровка каналов по току термоэмиссии для выставления магнитного поля и измерение поперечной плотности тока пучка.

Сигналы от информационных каналов в процессе измерения выводятся в окно "Collector signal" (рис. 2) в виде гистограммы и, при необходимости, сохраняются на диске. Режим сохранения важен при исследовании калибровки ДПР. Измерение поперечной плотности тока пучка проводится автоматически, сигнал снимается вдоль апертуры заданное число раз (от этого зависят скорость и точность измерений) и сохраняется на диске. После проведенного измерения результаты обрабатываются, и в окно "Transversal density" выводится двумерный график поперечной плотности тока по всей апертуре, разные значения плотности тока выделяются различным цветом.

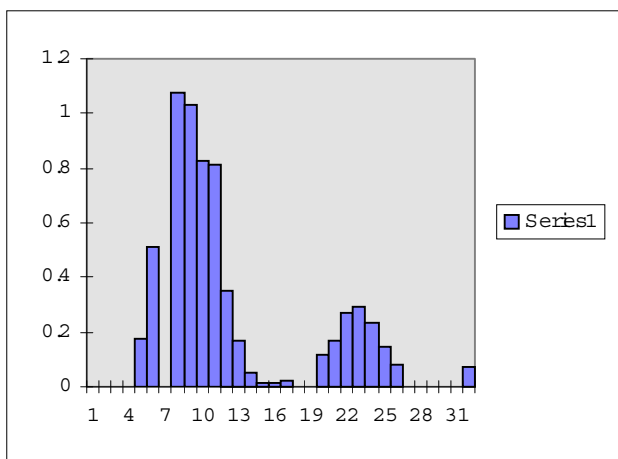


Рис.3. Сигналы калибровки по току термоэмиссии.

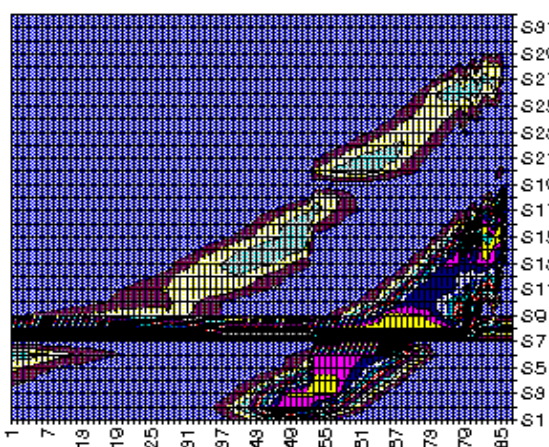


Рис.4. Смещение калибровочных кривых при изменении магнитного поля.

роль теплоотводов). Однако типичная картина сигналов при термоэмиссионной калибровке содержала два пика интенсивности (рис.3). На рис.3 представлены амплитуды сигналов на 32 ламелях датчика. Причем оба эти пика одинаково сместились при изменении отклоняющего магнитного поля. Соответствующие графики сигналов представлены на рис.4.

Величина магнитного поля, при котором пучок находится в центре апертуры (рис.2) соответствует центральному положению меньшего по амплитуде пика тока термоэмиссии (справа на рис.3). Левый пик на этом рисунке смещен в сторону уменьшения магнитного поля. Возникновение столь странных кривых термокалибровки можно объяснить следующим процессом. При нагреве электроны термоэмиссии вылетают со всей поверхности проволочки–мишени, как в сторону ускоряюще-фокусирующей системы, так и в противоположную сторону (см. рис.1). Электроны, вылетающие в противоположную сторону, двигаются в однородном магнитном поле и в первое время отклоняются в сторону, противоположную расположению реги-

При выборе в меню пункта “Save” происходит сохранение на диске результатов измерения в файл с задаваемым именем. Эти результаты могут быть прочитаны и показаны при выборе пункта меню “Show”. Все параметры измерения пользователь может видеть и менять в процессе работы программы. Стартовые параметры задаются в файле “camac.ini”. Пользователь имеет возможность в любой момент прервать измерения. При прерывании прибор автоматически устанавливается в положение готовности для проведения нового измерения. По окончании работы программы ДПР устанавливается в исходное состояние.

Разработанная программа позволила провести тщательные экспериментальные исследования параметров датчика, его точностные и калибровочные характеристики. Калибровка ДПР может проводиться двумя способами: с помощью измерения токов термоэмиссии при нагреве проволочками-мишени и с помощью пучка, калиброванного другим датчиком.

Калибровка с помощью тока термоэмиссии основывается на том, что максимум электронов термоэмиссии будет находиться в месте наибольшего разогрева проволочки – в центре (так как держатели по краям выполняют

стрирующих ламелей. Это приводит к возникновению двугорбой калибровочной картинки, как на рис.3.

В случае расположения ДПР на канале транспортировки ММФ не происходит заметного искажения результатов измерений на пучке, так как глубина поглощения протонов в металле с энергией 750 кэВ составляет 3-5 мкм, и доля паразитных электронов пренебрежимо мала. Необходимо, однако, учитывать возникновение образов- “призраков” с помощью описанного выше механизма при увеличении энергии ускоряемых частиц выше ~10 МэВ, так как глубина поглощения в этом случае будет превышать диаметр проволочки–мишени.

Применение ДПР для диагностики высокоэнергетичных пучков возможно только с применением методов, устраняющих подобный механизм. Возможно применение специальных дополнительных проволочек или фольг за ускоряюще-фокусирующей системой проволочек (рис.1), “шунтирующих” паразитные электроны.

Другой возможный путь состоит в отказе от применения магнитного поля для вывода вторичных электронов за апертуру, как это сделано, например в 3–мерном фазовом анализаторе [4]. Обычно поперечные размеры высокоэнергетичных пучков невелики (порядка 1 см), и это дает возможность получить достаточно хорошее разрешение без применения самофокусировки в однородном магнитном поле.

Список литературы

1. А.М.Тронь. Вторично–электронный метод контроля распределения тока по сечению ускоренного пучка. XIV Совещание по ускорителям заряженных частиц, т.2, с.87, Протвино, 1994.
2. Автоматизированная система измерения двумерного распределения тока пучка протонов в канале транспортировки ЛУ ММФ. МИФИ: Итоговый отчет по теме № 91-3-859, Москва 1993.
3. А.М.Трон. Rapid Measurements of Two-Dimensional Ion Beam Current Distribution for Pulsed Neutron Source. Proc. of the Particle Accelerator Conf., vol.3, p.2403, Washington, 1993.
4. Есин С.К. и др. Измерение трехмерного распределения частиц в сгустке на линейном ускорителе ЦЕРН. XV Совещание по ускорителям заряженных частиц, Протвино, октябрь, 1996 (Наст. сборник).