



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**
Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»

Препринт 2022 – 2

Н.Н. Антонов, В.А. Викторов, В.Н. Гресь, А.Ф. Прудкогляд,
В.А. Романовский, А. А. Семак, И.П. Солодовников,
К.А. Сухов, В.И. Терехов, М.Н. Уханов¹

**Модернизация системы считывания измерителей
профиля пучка**

Протвино 2022

¹ email: Mikhail.Ukhanov@ihep.ru

Аннотация

Н.Н. Антонов и др. Модернизация системы считывания измерителей профиля пучка: Препринт НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ 2022–2. – Протвино, 2022. – 7 с., 7 рис., библиогр.: 5.

На высокоинтенсивных каналах транспортировки частиц используются измерители профиля пучка. Профиль измеряется с помощью камер вторичной эмиссии, сигнал с которых регистрируется с помощью интеграторов на базе микросхемы ACF2101 производства фирмы Burr-Brown Corporation. Информация с интеграторов вычитывается с помощью блока управления. В работе описана модернизированный блок управления, который позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики системы в целом.

Abstract

Antonov N.N. et al. Upgrade of the beam profile readout system NRC «Kurchatov Institute» – IHEP Preprint 2022–2. – Protvino, 2022. – p. 7, fig. 7, refs.: 5.

High intensity beam profile is measured by a secondary emission chamber (SEC). Frontend integrators based on ACF2101 from Burr-Brown Corporation are used to detect signals from SEC. Information from the integrators are read out by a dedicated custom made interface block. This article presents description of the upgraded version of the interface block allowing substantially increase performance of the system.

Введение

На высокоинтенсивных каналах транспортировки заряженных частиц используются измерители профиля пучка (профилометры) [1]. Профиль измеряется с помощью камер вторичной эмиссии, сигнал с которых регистрируется интеграторами на базе микросхемы ACF2101 [2] производства фирмы Vurt-Brown Corporation. Информация с интеграторов передаётся в систему сбора данных с помощью блока управления. В работе описана существующая система считывания и представлена конструкция модернизированного блока управления.

Измерение профилей пучка

Профили пучка измеряются с помощью камер вторичной эмиссии (КВЭ) при высокой интенсивности ($\sim 10^{11}$ протонов/цикл У-70), или с помощью ионизационных камер при меньшей интенсивности. Камеры изготовлены из лавсановой плёнки с напылёнными алюминиевыми полосками шириной 2.5 мм. Камера содержит 16 полосок, рабочая область – 40 мм. Пример такой камеры показан на фото рис. 1. Пучок заряженных частиц проходит через рабочую область камеры и вызывает эмиссию электронов с поверхности алюминиевого катода. Приложенным напряжением электроны собираются на полоски создавая ток, величина которого пропорциональна числу прошедших в этом месте заряженных частиц. Ток поступает на вход интегратора.



Рис. 1. Камера вторичной эмиссии для измерения профиля пучка.

Печатные платы с интеграторами смонтированы в каркасе, на задней панели которого есть служебная шина для управления работой интеграторов и вычитывания информации. В каждом каркасе смонтировано восемь плат интеграторов. Каждая плата имеет восемь сигнальных входов. Один каркас может принимать информацию с 64 каналов профилометра. Как правило, профилометры располагаются в местах, где радиационные нагрузки достаточно велики. Если не предпринимать никаких мер защиты, то за несколько месяцев работы на пучке это приводит к выходу из строя регистрирующей аппаратуры. Поэтому каркас располагается в нескольких метрах от профилометра для уменьшения влияния радиации.

Описание системы считывания

Схема существующей системы считывания представлена на рис. 2. Измерители профиля пучка используются в различных местах ускорительного комплекса ИФВЭ. Для синхронизации с циклом ускорителя используются внешние сигналы, которые поступают на управляющий компьютер, находящийся в пультовой. Компьютер оснащён специальной платой управления. Плата соединяется с помощью многожильного кабеля с блоком управления, расположенным в каркасе.

При поступлении внешнего сигнала синхронизации управляющий компьютер по многожильному кабелю выставляет код для выборки одного из 64 каналов интеграторов. Блок управления транслирует этот запрос по управляющей шине каркаса. На лицевой панели блока управления появляется аналоговый сигнал с требуемого канала. Этот сигнал по отдельному коаксиальному кабелю подаётся в плату управления и там оцифровывается. Далее цикл повторяется для следующего канала.

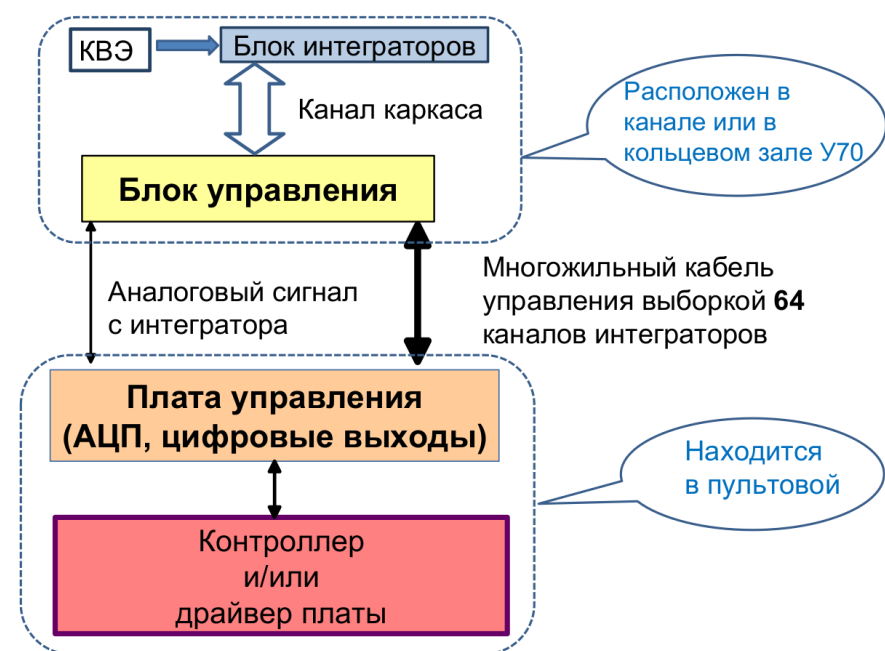


Рис. 2. Существующая система считывания информации профилометров.

Недостатки существующей системы:

- На каждый профилометр требуется полный комплект кабелей (многожильный + сигнальный).
- На каждый детектор нужна плата управления. Либо плата должна уметь работать с несколькими детекторами, но в любом случае речь идёт о двух-трёх детекторах. Решение плохо масштабируется.
- Большое расстояние, на которое последовательно надо передавать каждый из 64 аналоговых сигналов. Отсюда плохая помехозащищённость.

Помимо перечисленных недостатков присущих всей системе в целом в ряде случаев возникают дополнительные неудобства и серьёзные лицензионные ограничения. Например, на установке СПИН

- используется плата управления производства National Instruments. Она в единственном экземпляре.
- Для работы с платой управления требуется драйвер производства National Instruments.
- Работает это всё только под ОС Windows - требуется лицензия.

- Программное обеспечение написано на LabView производства National Instruments - требуется лицензия.

Решение указанных проблем

Чтобы избавиться от перечисленных недостатков предлагается разместить в корпусе модернизированный блок управления, который возьмёт на себя все функции по управлению и обработке сигналов с интеграторов.

Пилотный вариант такого блока показан на рис. 3. Основой этого блока является микроконтроллер ATmega2560 [3] производства фирмы ATMEL. Аналоговое-цифровое преобразование производится с помощью микросхемы MAX11045 [4] производства фирмы Maxim Integrated. Микросхема позволяет оцифровывать одновременно 8 аналоговых сигналов с разрядностью 16 бит.

Блок оснащён оптоизолированным выходом на шину RS485. Для синхронизации с циклом работы ускорителя на лицевой панели есть два разъёма для приёма синхроимпульса. Разъёмы включены параллельно. Второй разъём служит для удобства в случае, если необходимо обслуживать несколько блоков. Тогда и синхроимпульсы и RS485 включаются шлейфом.

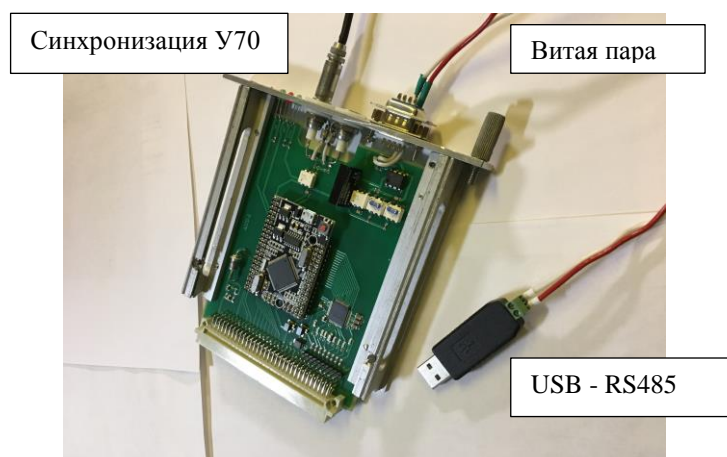


Рис. 3. Пилотный вариант блока управления считыванием информации с интеграторов.

Внутренние ресурсы данного блока позволяют производить до двадцати измерений за один цикл. Полное время одного измерения всех 64 каналов составляет 900 мксек, минимальный интервал между измерениями - 100 мксек.

Достоинства нового блока управления

- Вся обработка аналоговых сигналов происходит внутри блока управления.
- Максимальная помехозащищённость.
- Связь с внешним миром происходит по протоколу RS485, который является стандартом де-факто в промышленных сетях управления и сбора данных.
- Набор данных происходит по заранее заданным правилам через канал связи.
- Кабель связи один. Проходит шлейфом через все каркасы. Это решение легко масштабируется.
- Для связи с управляющим компьютером используется очень простой и очень дешёвый адаптер USB-RS485.
- Драйвера для таких адаптеров есть в любой операционной системе и, как правило, “из коробки”.
- Дальность связи проверена на аналогичных устройствах и аналогичных условиях с точки зрения электро-магнитных помех и составляет не менее 500 метров без дополнительных повторителей сигнала RS485.

Конструктив нового блока управления не требует каких-либо переделок в каркасе с интеграторами и полностью совместим по контактам на шине управления со старым вариантом.

Результаты испытаний на пучке

В конце апреля 2021 года на канале № 25 ускорительного комплекса У-70 были проведены испытания новой системы считывания. В канал выводился пучок ионов углерода с интенсивностью 3×10^9 частиц за цикл У-70. В качестве детектора использовалась двух-координатная ионизационная камера [5].

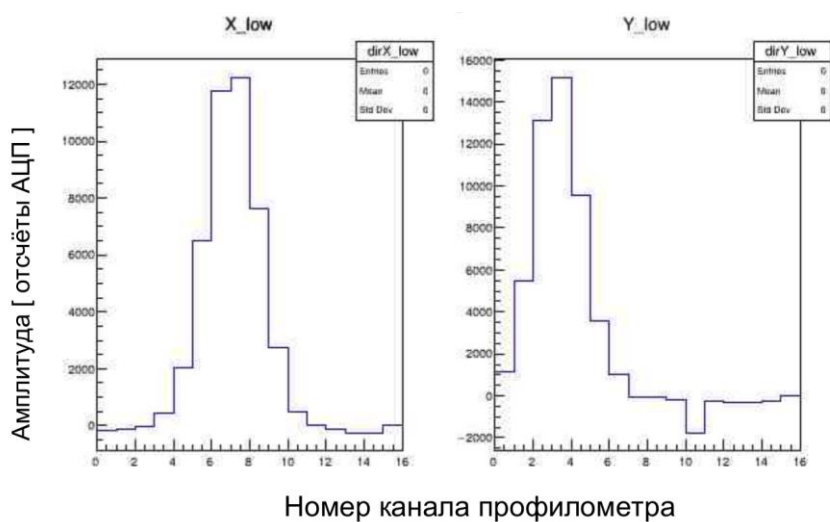


Рис. 4. Профили пучка ионов углерода, полученные с помощью модернизированной системы считывания.

Профили пучка ионов углерода, полученные с помощью модернизированной системы считывания показаны на рис. 4.

Измеренные характеристики пучка совпадают с результатами измерений, проведённых с помощью плёнки ЕВТ-3 [6], которая специально предназначена для регистрации ионизирующих излучений. Изображение с плёнки показано на рис. 5.

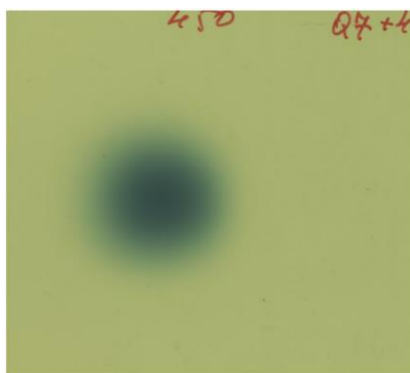


Рис. 5. Изображение профиля пучка на плёнке ЕВТ-3.

Заключение

На высокоинтенсивных каналах транспортировки пучка заряженных частиц используются измерители профиля пучка. Профиль измеряется с помощью камер вторичной эмиссии. Информация с интеграторов вычитывается с помощью блока управления. В работе описана конструкция модернизированного блока управления, который позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики системы в целом. В частности, существенно улучшается масштабируемость системы. Использование блока не предполагает никаких лицензионных ограничений. Блок позволяет производить до двадцати измерений за один цикл с минимальным интервалом 1 мсек, что даёт возможность регистрировать временную структуру сброса пучка.

Модернизированный блок управления протестирован на пучке и показал свою работоспособность.

Благодарности

Авторы благодарят руководство НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ за внимание и поддержку этой работы. Мы выражаем признательность А.Г. Денисову и его сотрудникам на установке НЕЙТРОН за доброжелательное отношение на начальном этапе тестирования этой системы. Особо хочется отметить неоценимую помощь со стороны коллег из лаборатории ионно-лучевой терапии В.А. Пикалова и А.В. Кошелева за возможность провести заключительные тесты аппаратуры на пучке ионов.

Список литературы

1. New beam profile monitoring system at extraction from U-70
A.G. Afonin(Serpukhov, IHEP), G.M. Antonichev(Serpukhov, IHEP), V.N. Gorlov(Serpukhov, IHEP), V.N. Gres(Serpukhov, IHEP), S.V. Sokolov(Serpukhov, IHEP) et al. (Oct, 2004) Published in: Contribution to: 19th Russian Accelerator Conferences (RuPAC 2004), 383-385
2. <https://www.ti.com/product/ACF2101>
3. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560>
4. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX11044-MAX11056.pdf>
5. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/ion.htm>
6. http://gafchromic.com/documents/EBT3_Specifications.pdf

Рукопись поступила 21 января 2022 г.

Н.Н. Антонов и др.

Модернизация системы считывания измерителей профиля пучка.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати	24.01.2022	Формат 60 × 84/16.	Цифровая печать.	
Печ.л. 0,75.	Уч.– изд.л. 0,96.	Тираж 60.	Заказ 2.	Индекс 3649.

НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ
142281, Московская область, г. Протвино, пл. Науки, 1

www.ihep.ru; библиотека <http://web.ihep.su/library/pubs/all-w.htm>

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2022–2,
НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ, 2022
