

Диагностика дробового шума пучка в Бустере и Нуклотроне

Konstantin Osipov, Ivan Gorelyshev, Anatoly Sidorin, Vladimir Shpakov, Yulia Tumanova, Evgeny Tihonov, Matvey Solonbekov, JINR, Dubna, Russia

В настоящее время производится настройка и проверка отдельных подсистем системы стохастического охлаждения коллайдера NICA. В частности в 4-м пуско-наладочном сеансе были проведены измерения характеристик разработанного ранее гофрированного пикапа/Кикера путём регистрации наведённого сигнала пучка. Этот сигнал, кроме того, был использован для проверки возможности регистрации дробового шума (Шоттки-шума) системой цифрового захвата СВЧ сигнала с последующей обработкой и архивированием. Продемонстрирована возможность создания такой системы на основе коммерчески доступного, простого модуля SDR-радио "LimeSDR". Полученные результаты планируются к использованию в системе мониторинга Шоттки-шума Бустера, предназначенной для контроля параметров пучка и системы электронного охлаждения Бустера. Текущее состояние разработки пикапа для Шоттки-монитора Бустера так же представлено в данном постере.

Шоттки-монитор Бустера. Технические требования.

Назначение

Шоттки-монитор предназначен для измерения поперечного и продольного Шоттки сигналов в Бустере.

Использование:

1. Контроль параметров пучка.
2. Контроль параметров системы электронного охлаждения.

Состав системы

1. Шоттки-пикап.
2. Система регистрации и обработки СВЧ-сигнала.

1. Требования к пикапу:

- Одновременная регистрация продольных и поперечных сигналов.
- Пучок с $\beta \approx 0.4$.
- Рабочая частота $F=400\text{МГц}$
- Рабочая полоса частот $\Delta F=10\text{МГц}$.
- Высокая чувствительность, низкий уровень собственных шумов, высокий уровень экранировки.

2. Требования к системе регистрации и обработки данных

- Регистрация ВЧ сигнала.
- Выделение суммарного и разностного сигналов.
- Отображение спектра Шоттки-сигнала – для поперечного и продольного сигналов
- Анализ параметров Шоттки-сигнала
- Анализ динамики изменений параметров Шоттки сигнала с наилучшим временным разрешением.
- Архивация результатов измерений.
- Интеграция системы регистрации в общую систему управления коллайдера NICA

Измерение Шоттки-шума на Нуклотроне.

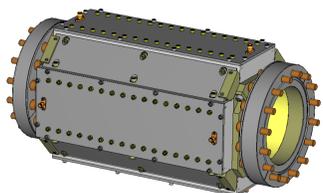


Рис.1 Модель гофрированного пикапа/кикера



Рис.2 Сборка пикапа/кикера

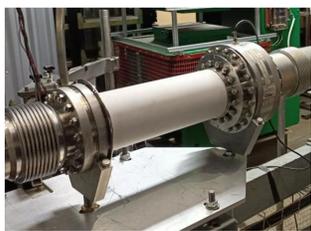


Рис.3 Сборка керамической камеры в тёплой секции Нуклотрона

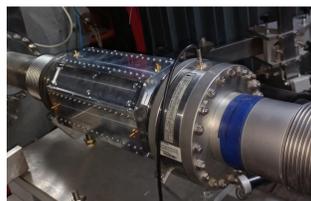


Рис.4 Установка пикапа/кикера в тёплой секции Нуклотрона

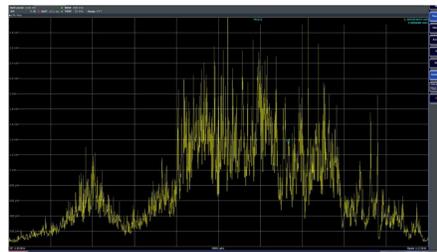


Рис.5 Измеренный Шоттки-сигнал

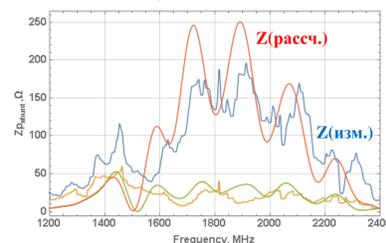


Рис.6 Продольный импеданс пикапа (расчётный и измеренный)

1. Изготовлен гофрированный пикап/кикер на основе керамической камеры для системы стохастического охлаждения Нуклотрона.
2. Пикап смонтирован в тёплой секции Нуклотрона.
3. Проведено испытание системы стохастического охлаждения с гофрированным кикером.
4. Проведены измерения Шоттки-сигнала пучка на гофрированном пикапе/кикере.
5. По результатам измерений проведены расчёты продольного импеданса.
6. Сравнение измеренных значений импеданса с расчётными показало хорошее совпадение, что может служить подтверждением корректности методики расчёта и принятых конструктивных решений.

Анализ сигналов с Шоттки-пикапа Нуклотрона.



Рис.6 Модуль приём-передатчика LimeSDR

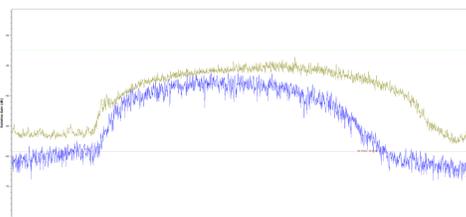


Рис.8 Шоттки-сигнал, записанный в программе GNU-радио

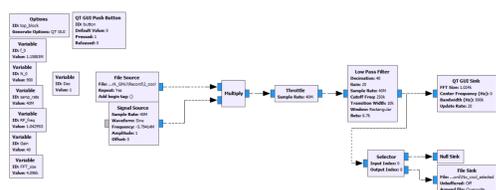


Рис.7 Схема обработки сигнала в программе GNU-радио

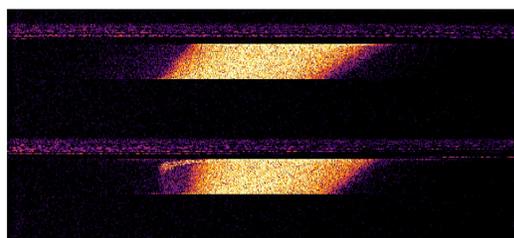


Рис.9 Водопадный график Шоттки-сигнала, записанный в программе GNU-радио

1. Проведена регистрация Шоттки – сигнала Нуклотрона с использованием SDR приём-передатчика LimeSDR
2. Проведён анализ записанного сигнала с использованием свободно распространяющегося ПО GNU-radio – проанализирован Шоттки-спектр сигнала, построен его водопадный график – зависимости шоттки-спектра от времени.
3. В дальнейшем предполагается модифицировать алгоритмы обработки сигнала и программу интерфейса для более полного соответствия требованиям к точности, разрешению и удобству работы системы регистрации Шоттки-сигнала
4. Низкая стоимость модуля и возможность архивирования/анализа сигналов делает такую систему более предпочтительной в сравнении с дорогим лабораторным анализатором спектра.

Разработка пикапа для Шоттки-монитора Бустера.

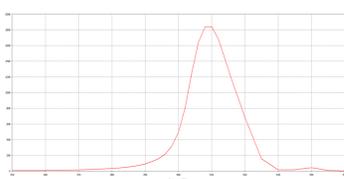
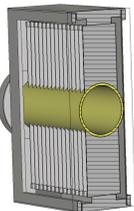


Рис.11 Продольный импеданс Шоттки-пикапа (расчёт)

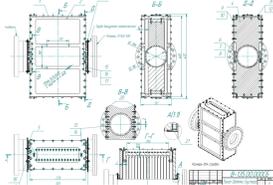


Рис.13 Сборочный чертёж Шоттки-пикапа



Рис.15 Изготовленный Шоттки-пикап в сборе

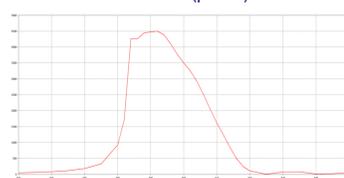
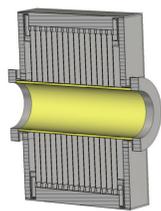


Рис.12 Поперечный импеданс Шоттки-пикапа (расчёт)

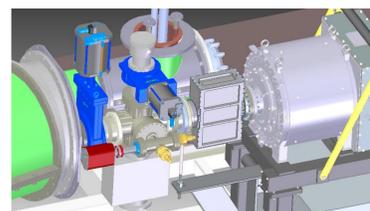


Рис.14 Установка Шоттки-пикапа на Бустере

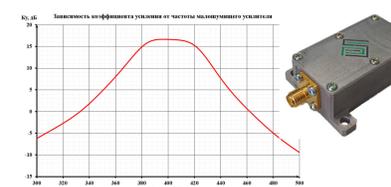


Рис.16 Изготовленный малошумящий усилитель для Шоттки-пикапа и его КУ (измеренный)

1. Разработан поперечно/продольный пикап для системы регистрации Шоттки-сигнала Нуклотрона на основе гофрированной структуры
2. Расчётные характеристики продольного и поперечного импедансов пикапа обеспечивают его высокую чувствительность.
3. Выпущена конструкторская документация на изготовление и изготовлен Шоттки-пикап.
4. Для обеспечения требуемого соотношения сигнал/шум регистрируемого сигнала разработаны и изготовлены малошумящие усилители. Измерены их характеристики

Выводы, дальнейшая работа.

- Протестированы основные элементы системы измерения Шоттки-шума Бустера:

1. Разработан и изготовлен Шоттки-пикап и малошумящий усилитель
2. Правильность расчёта и конструкторских решений пикапа подтверждена измерением Шоттки-пикапа Нуклотрона, построенного на аналогичном принципе замедляющей гофрированной структуры.
3. Продемонстрирована возможность регистрации, анализа и обработки сигнала с помощью коммерчески доступного модуля LimeSDR.

- К следующему пуско-наладочному сеансу Бустера планируется:

1. Установка Шоттки-пикапа в тёплый участок Бустера, измерение его параметров, сравнение с расчётными
2. Доработка алгоритмов математической обработки сигналов и программного интерфейса для обеспечения расчета необходимых параметров Шоттки шума с требуемым временным разрешением.
3. Отработка цифровой и аналоговой системы юстировки положения пучка (развязки продольной и поперечной составляющих сигнала).