

Оценка возможностей использования стрип-лайн мониторов в канале Нуклотрон-Коллайдер и прямолинейных промежутках коллайдера.

pros and cons

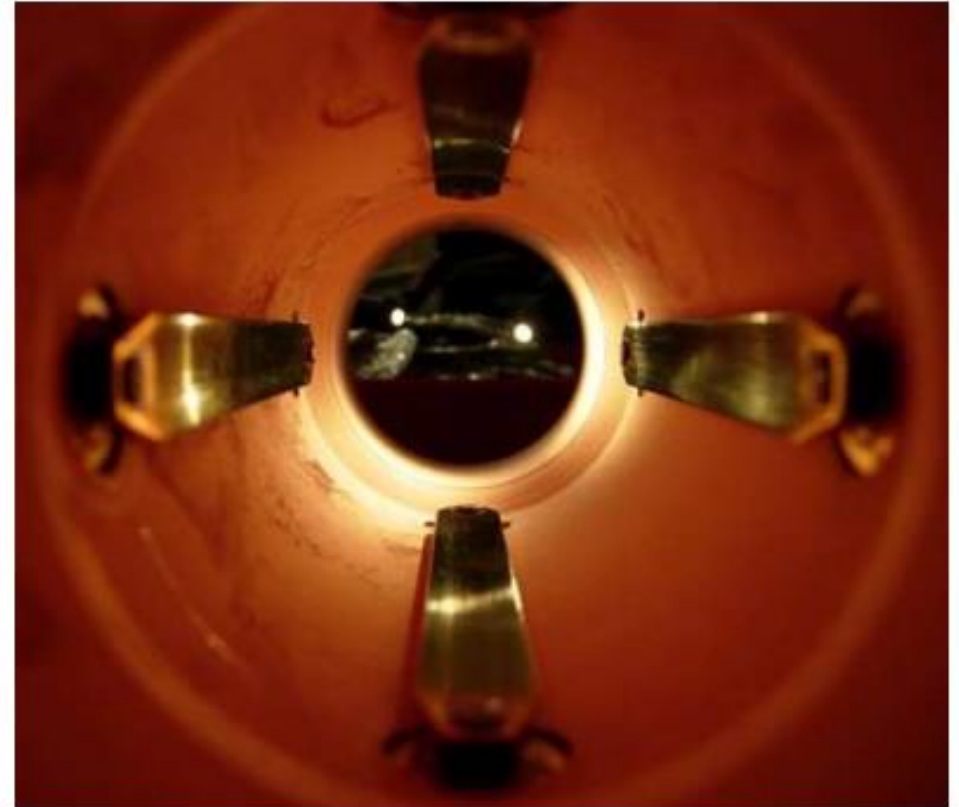
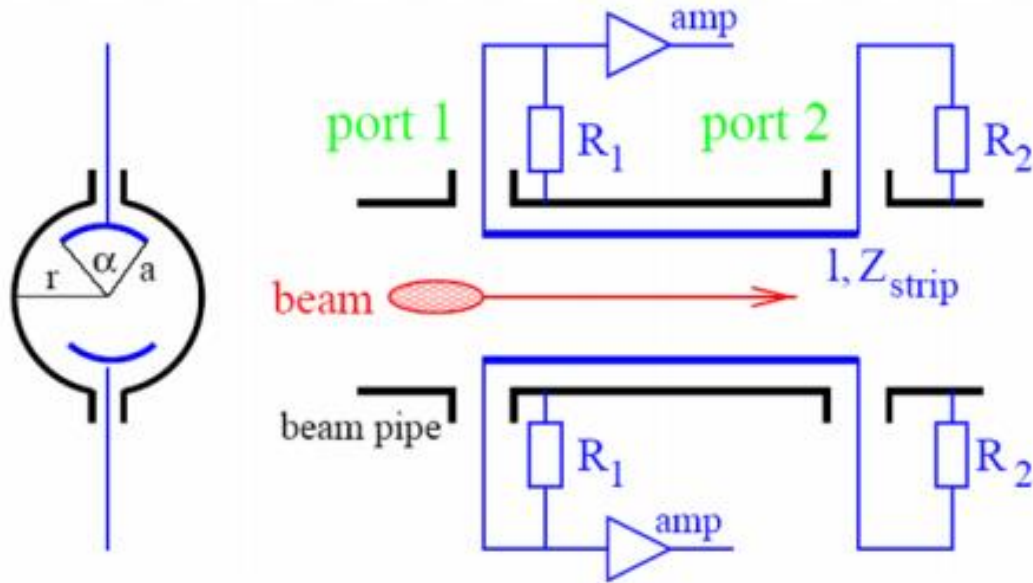
Достоинства стриплайн пикапа:

1. Простота конструкции и изготовления по сравнению с разрезными пикапами.
2. Широкая полоса.
3. Согласование на 50 Ом – не нужны согласующие преусилители.
4. Малое влияние на пучок (низкий импеданс).
5. Высокая помехозащищенность.

Недостатки:

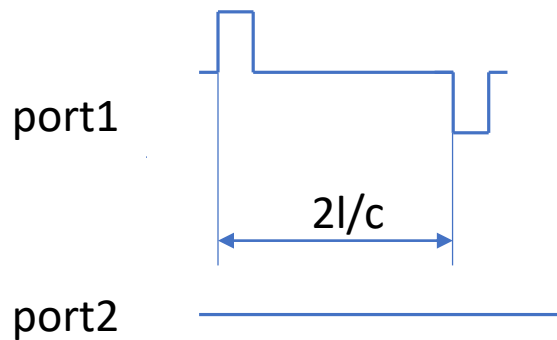
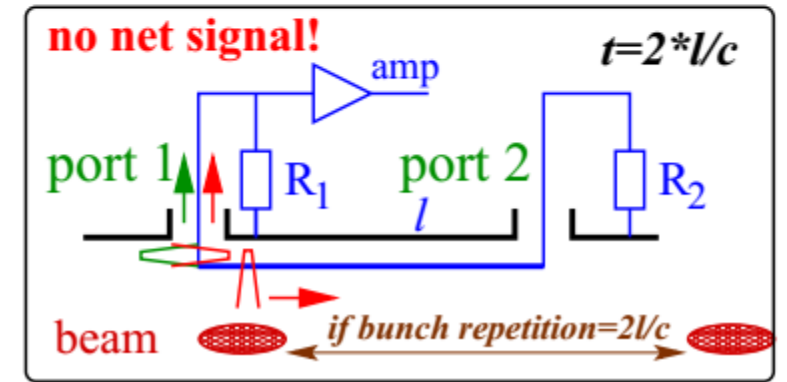
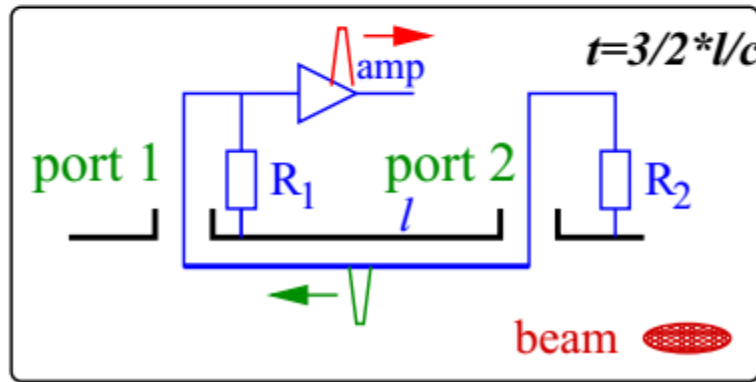
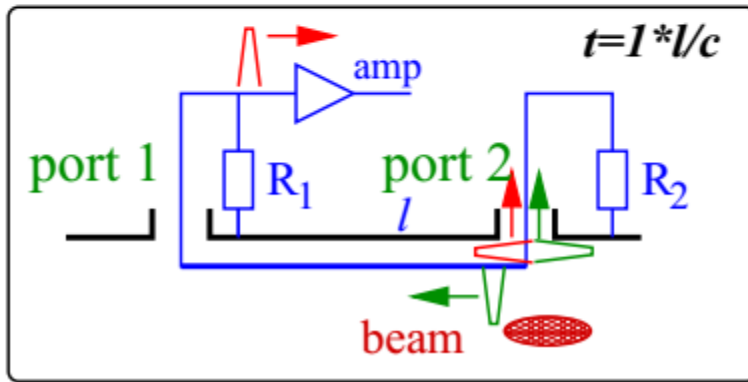
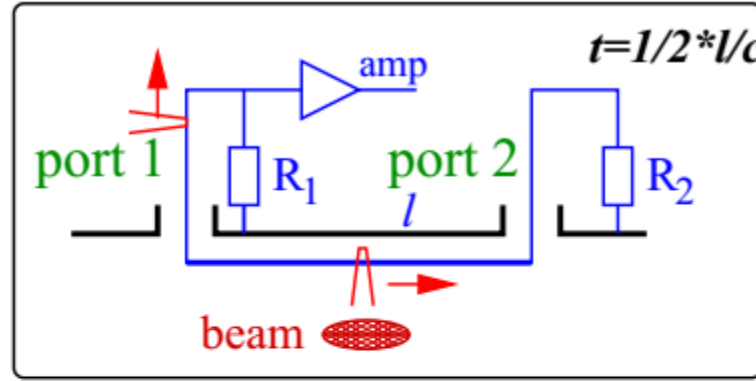
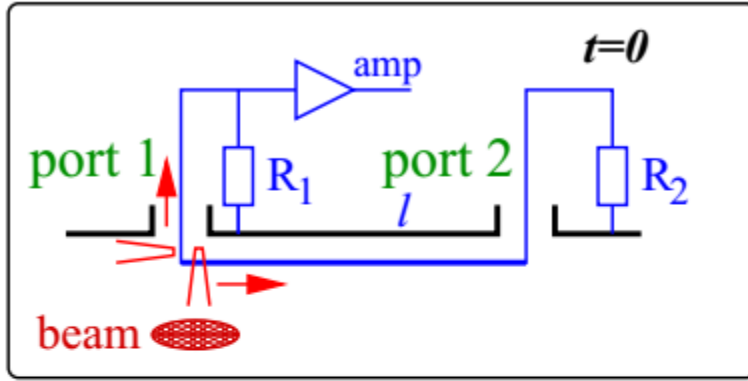
1. Более низкая чувствительность, особенно в случае длинных сгустков.
2. Предназначены для релятивистских пучков.
3. Нелинейность, необходима аппроксимация полиномами для больших отклонений.
4. Недостаток опыта.

Стриплайн монитор



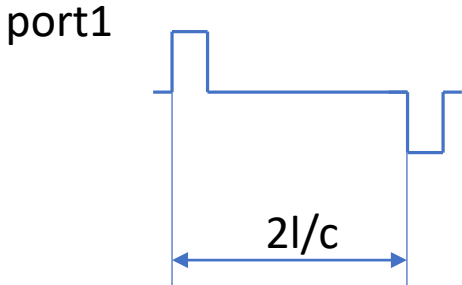
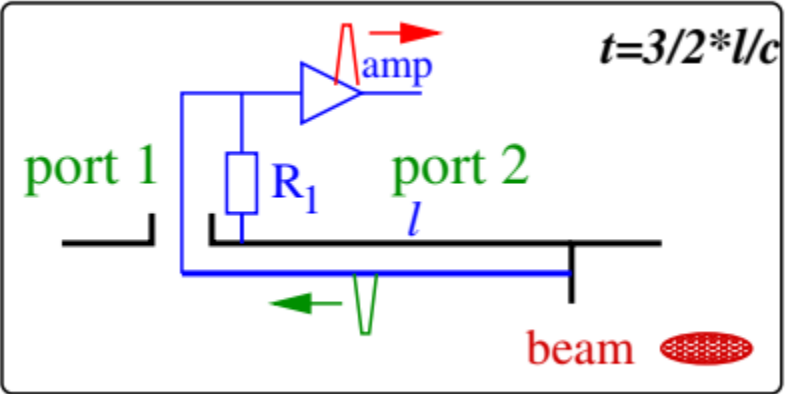
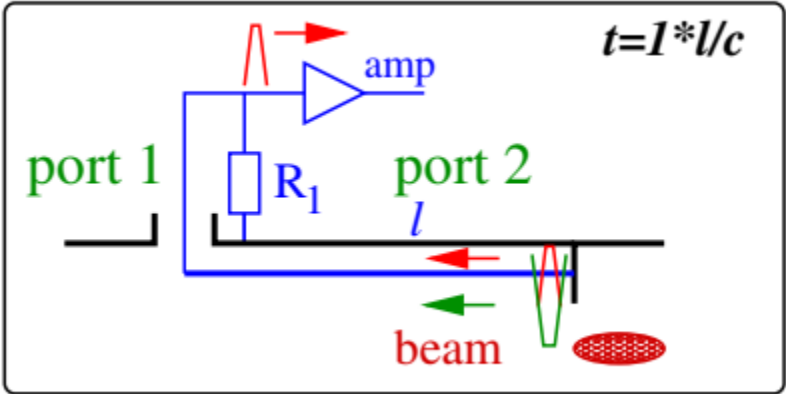
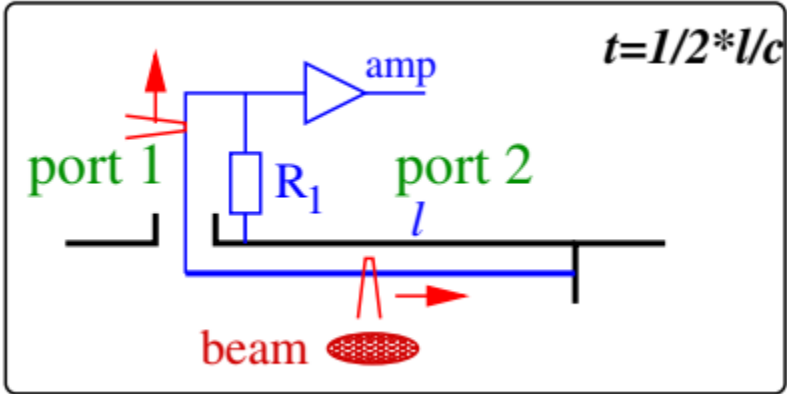
Пластины нагружены с обеих сторон на характеристическое сопротивление полосковой линии. Параметры полоска (ширина и расстояние от корпуса) подбираются так, что $Z_0=50 \text{ Ом}$.

Принцип работы стриплайн монитора



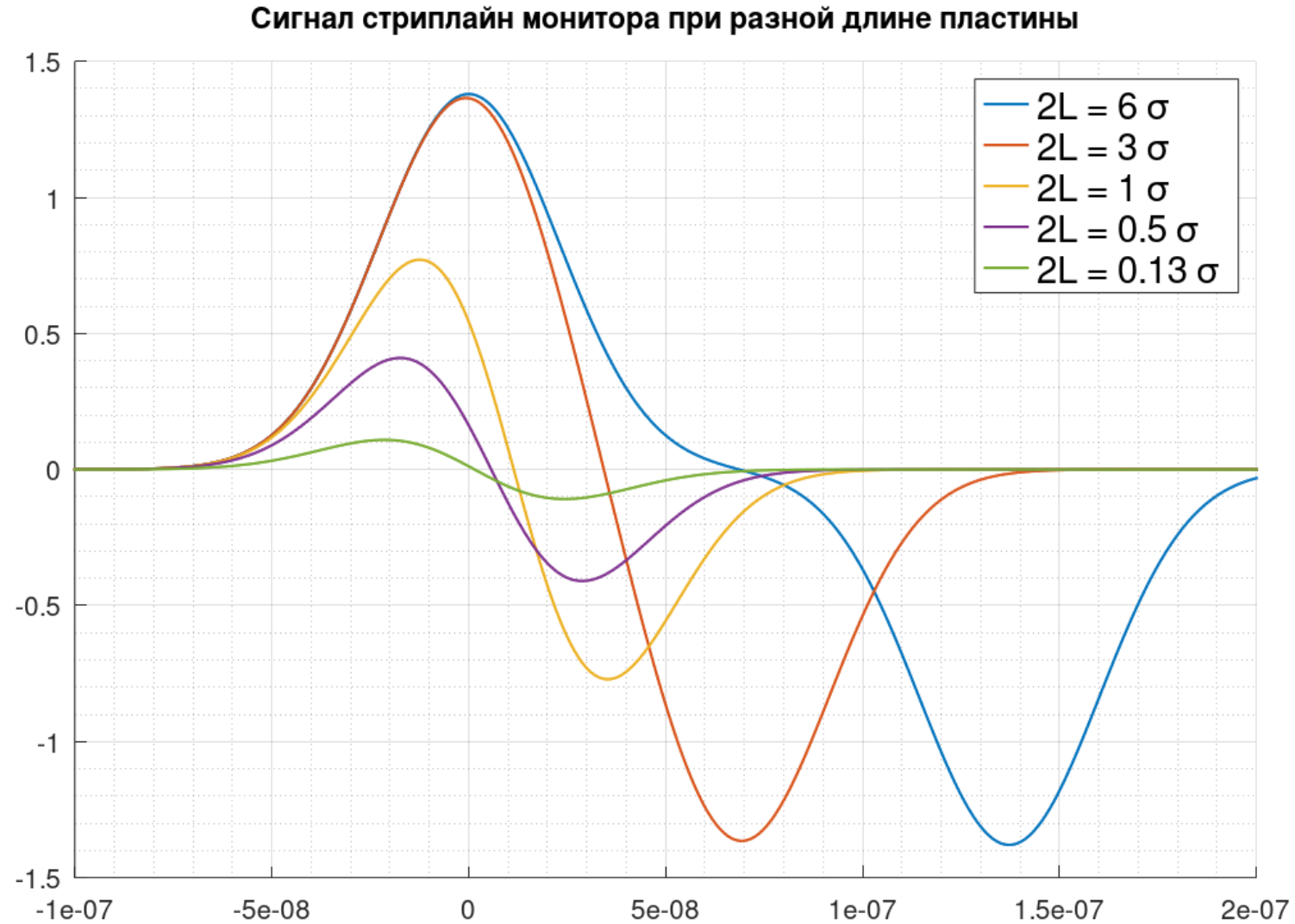
1. Сигналы не накладываются друг на друга, если длина сгустка короче двойной длины пластины.
2. Пикап обладает чувствительностью к направлению пучка.
3. В реальности сигналы не полностью компенсируются на дальнем порту из-за ошибок в согласовании и $v_{\text{beam}} < c$

Закороченный стриплайн монитор (дальний порт закорочен на землю)



Сигналы не накладываются друг на друга, если длина сгустка короче двойной длины пластины.

Зависимость сигнала от длины пластин



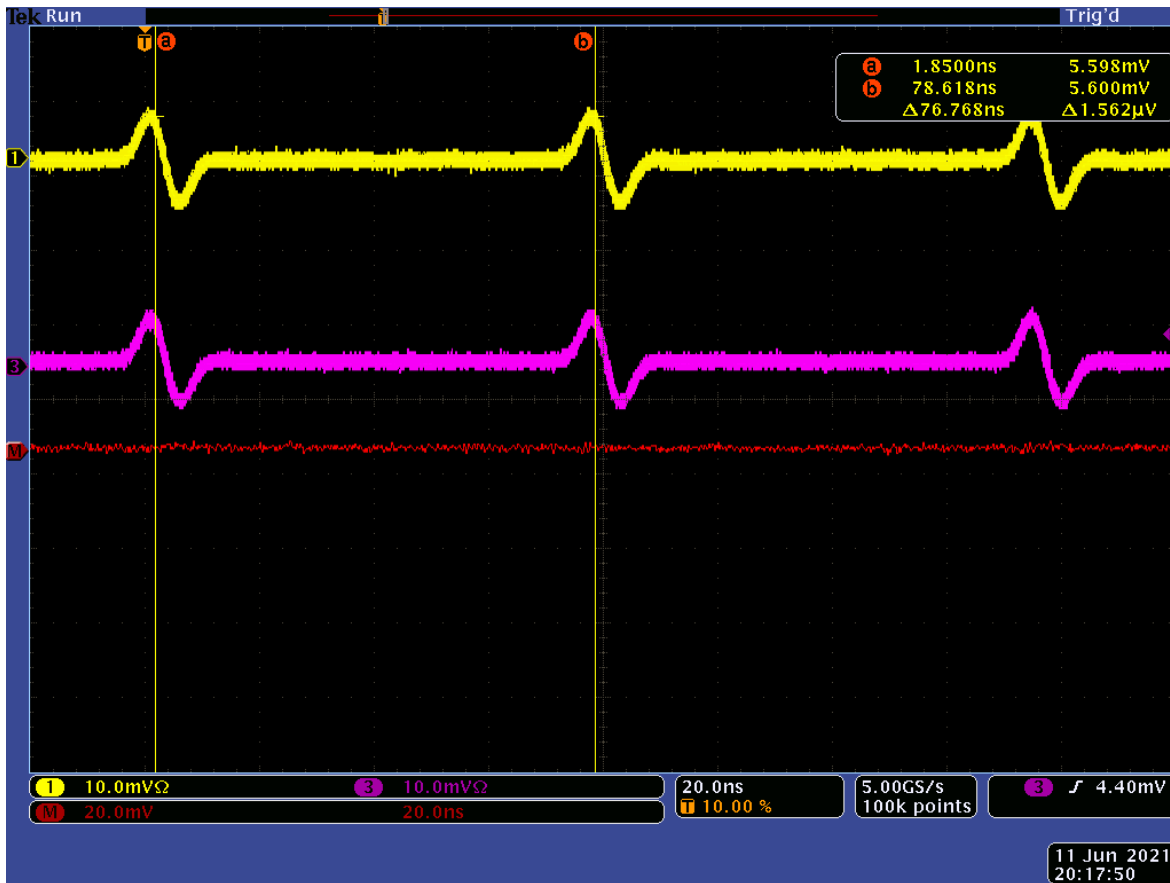
Уменьшение амплитуды сигнала в 15 раз и укорочение в 2 раза

Измерения со струной (пруток $d=2\text{мм}$)

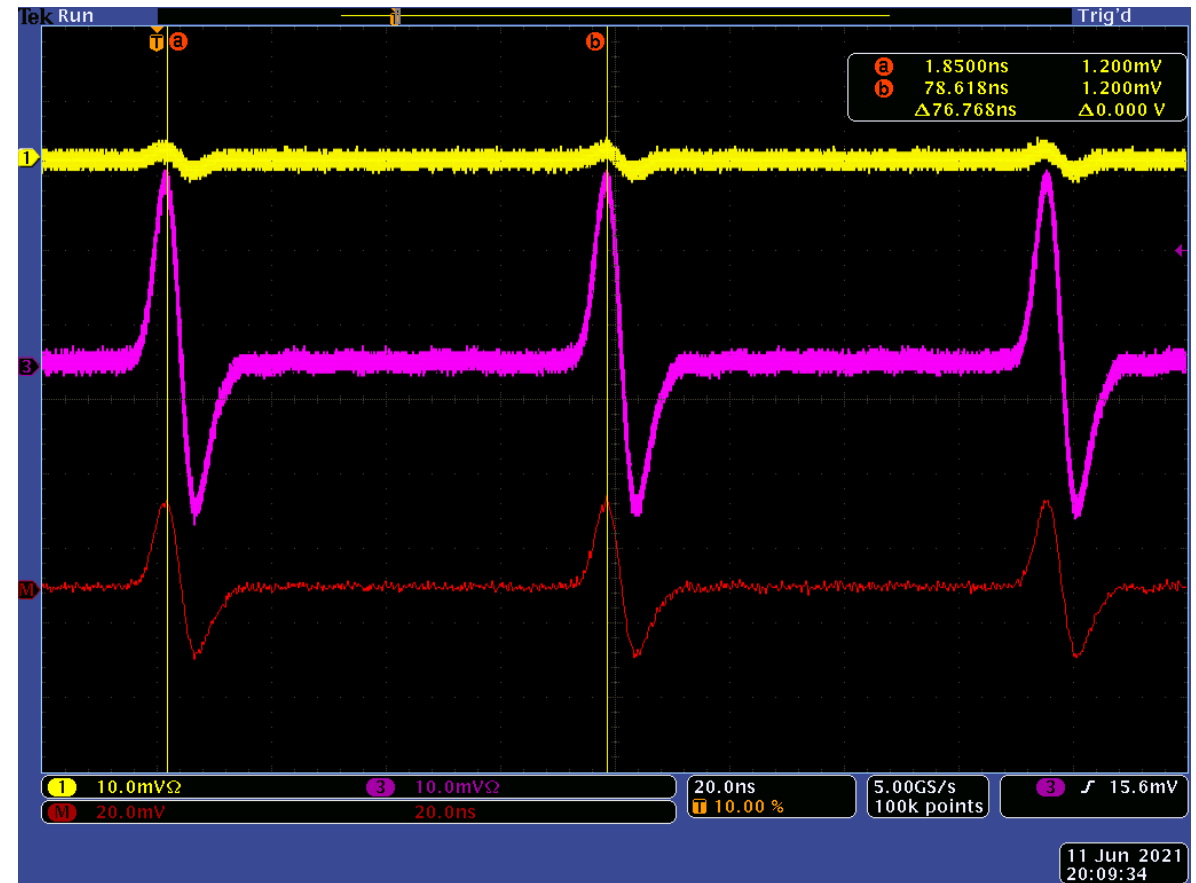
Если пучок летит по центру монитора, то изображения тока на пластинах равны друг другу и равны: $\frac{\varphi}{2\pi} I_0$

Эмуляция режима столкновения сгустков на прототипе SLM линз финального фокуса:

$$\sigma_t = 2 \text{ нс}, \sigma_l = 0.6 \text{ м}, 2L=3\sigma_l$$

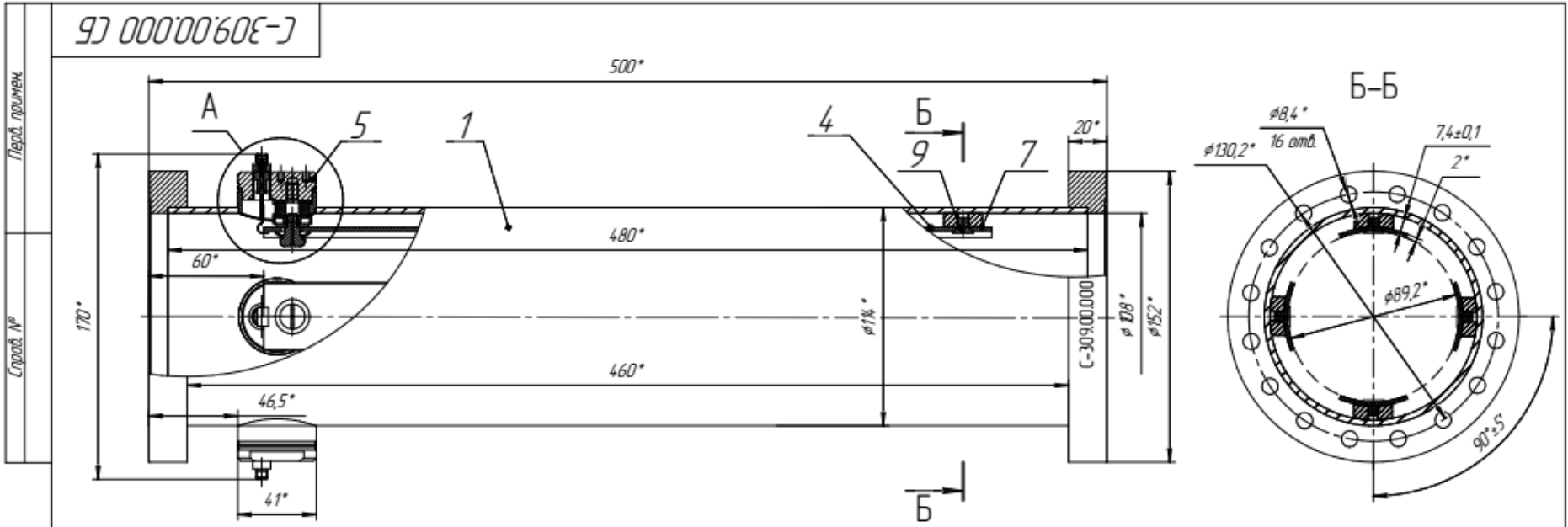


Струна по центру



Струна смещена на край апертуры

Конструкция пикапа для канала и прямолинейных промежутков

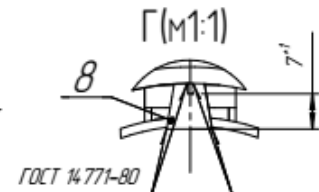
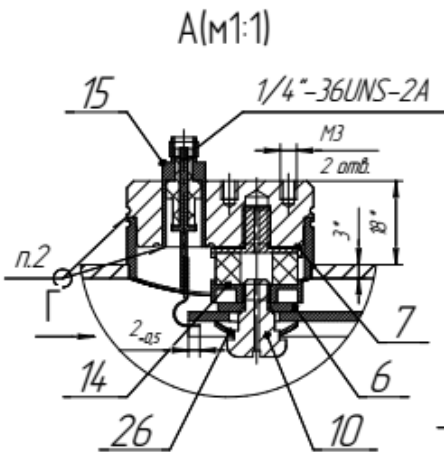


Длина пикапа: 500мм
 Длина пластины: 380 мм
 Выходы: SMA 50 Ohm

Согласован:

Ходжибагян Г.Г.
 Галимов А.Р.
 Кузнецов Г.Л.
 Гусаков Ю.В.

- 1* Размер для справок.
2. Сварка аргоно-дуговая ГОСТ 14771-80 шов вакуумноплотный.
3. Механическую, химическую и тепловую обработки внутренней поверхности вакуумной камеры и заглушек из комплектов выполнить так, чтобы обеспечить суммарный поток натекания и газодыделения при комнатной температуре не выше $5 \cdot 10^{-10}$ Па \cdot м 3 /м 2 ·с.
4. При проведении сборочных и испытательных работ руководствоваться общими правилами вакуумной гигиены.
5. Провести испытания герметичности изделия масс-спектрометрическим методом, способом гелиевого мешка по ГОСТ 28517-90 с выдержкой под гелием в течении 10 мин. Чувствительность течеискателя не хуже $5 \cdot 10^{-9}$ Па \cdot м 3 /с. Уровень фона гелиевого течеискателя до начала испытания не хуже $1 \cdot 10^{-9}$ Па \cdot м 3 /с. Суммарный уровень течи по гелию - не выше $3 \cdot 10^{-12}$ Па \cdot м 3 /с.
6. Относительная магнитная проницаемость не более 1.1.
7. На образующей одного фланца поз. 1 нанести гравировкой или несмываемой краской надпись номера чертежа С-309.00.000, шрифт 10мм.
8. Винт поз. 10 закрутить до упора.



| С-309.00.000 СБ | | | | Лит. | Масса | Масштаб |
|-----------------|---------------|-------|------|----------------|--------|---------|
| Изм./Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | Гусев С.А. | | | | 11,67 | 1:2 |
| Пров. | Гопилин Н.Д. | | | Лист | Листов | 1 |
| Т.контр. | | | | НТОП ЛФВЗ ОИЯИ | | |
| Н.контр. | | | | | | |
| Чтв. | Гарбачев Е.В. | | | | | |

Копировал

Формат А3

Перв. эскиз

Справ. №

Дата и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Дата и дата

Изм. №

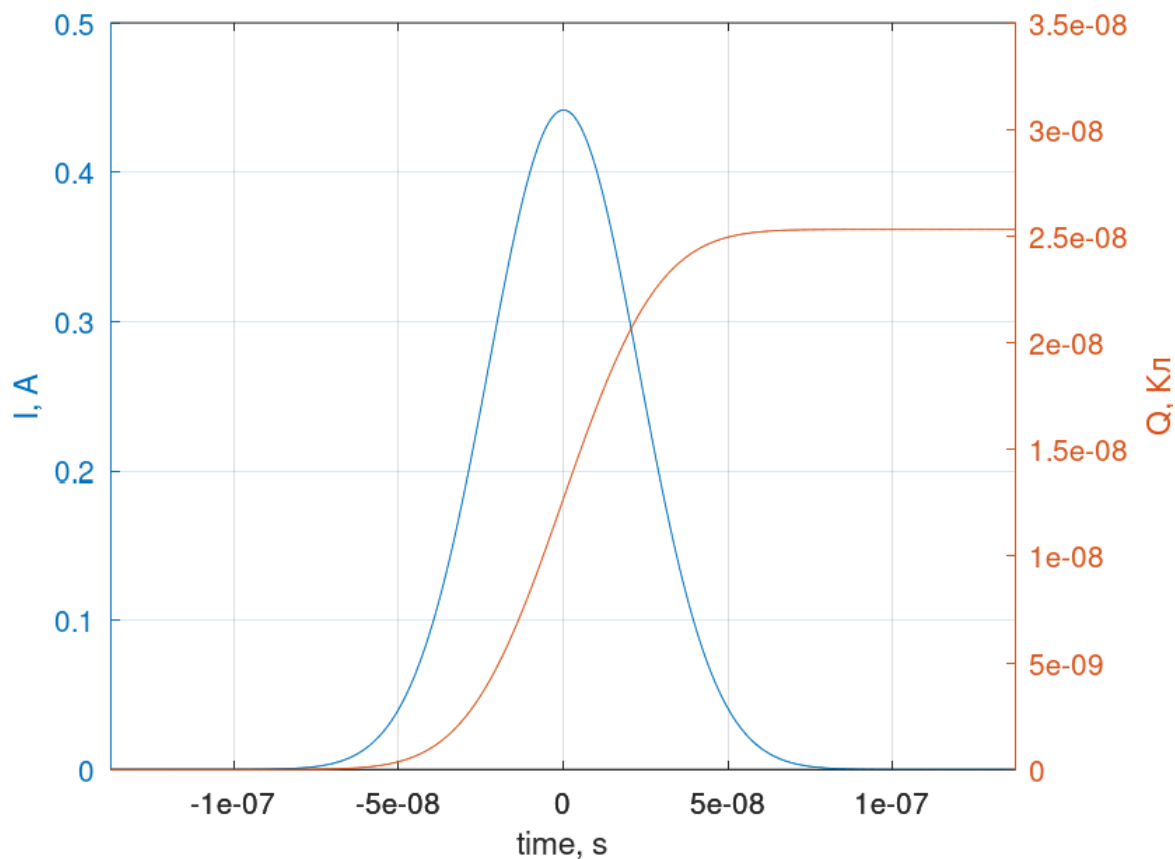
подл.

Стриплайн мониторы для прямолинейных промежутков коллайдера

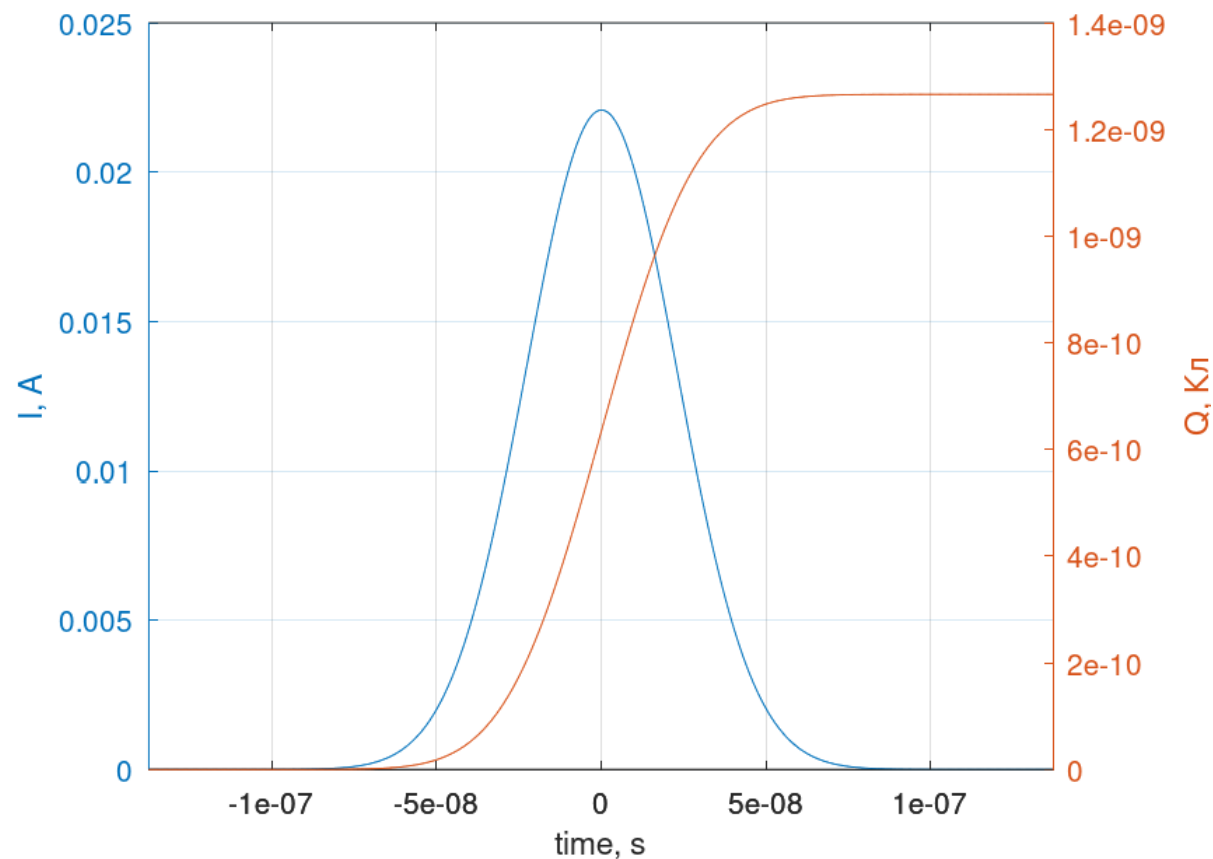
Параметры пучка в канале:

- 1) Энергия частиц $E=1\text{ГэВ/н}$, скорость частиц $\beta = 0.875$.
- 2) Плато выводного кикера – 200нс. Оценка по полной длине $\pm 3\sigma$:
 $\sigma_t = 33 \text{ нс}$, $\sigma_l = \beta c \sigma_t = 8.6 \text{ м}$
- 3) Оценка В.А. Лебедева по размеру сгустка из Нуклотрона (250м при $h=4$): $\sigma_l=6\text{м}$.
- 4) Количество частиц в сгустке: $2e9$ (проект), $1e8$ (ожидание в 1м сеансе)
- 5) Заряд частиц: 79 (Au), 1 (p)

Расчет заряда и тока пучка в канале



Au^{79} , $N=2e9$, $E = 1$ ГэВ/н,
 $\sigma_t = 22.9$ нс, $\sigma_L = 6$ м
 $\Rightarrow Q=25$ нКл, $I_{peak}=0.44$ А



Au^{79} , $N=1e8$, $E = 1$ ГэВ/н,
 $\sigma_t = 22.9$ нс, $\sigma_L = 6$ м
 $\Rightarrow Q=1.26$ нКл, $I_{peak}=0.022$ А

Расчет выходного напряжения монитора

Напряжение на нагрузке:

$$U_1(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot R \cdot (I_{beam}(t) - I_{beam}(t - 2l/c))$$

Для релятивистского гауссова пучка:

$$I_{beam}(t) = I_0 \cdot e^{-t^2/2\sigma_t^2}$$

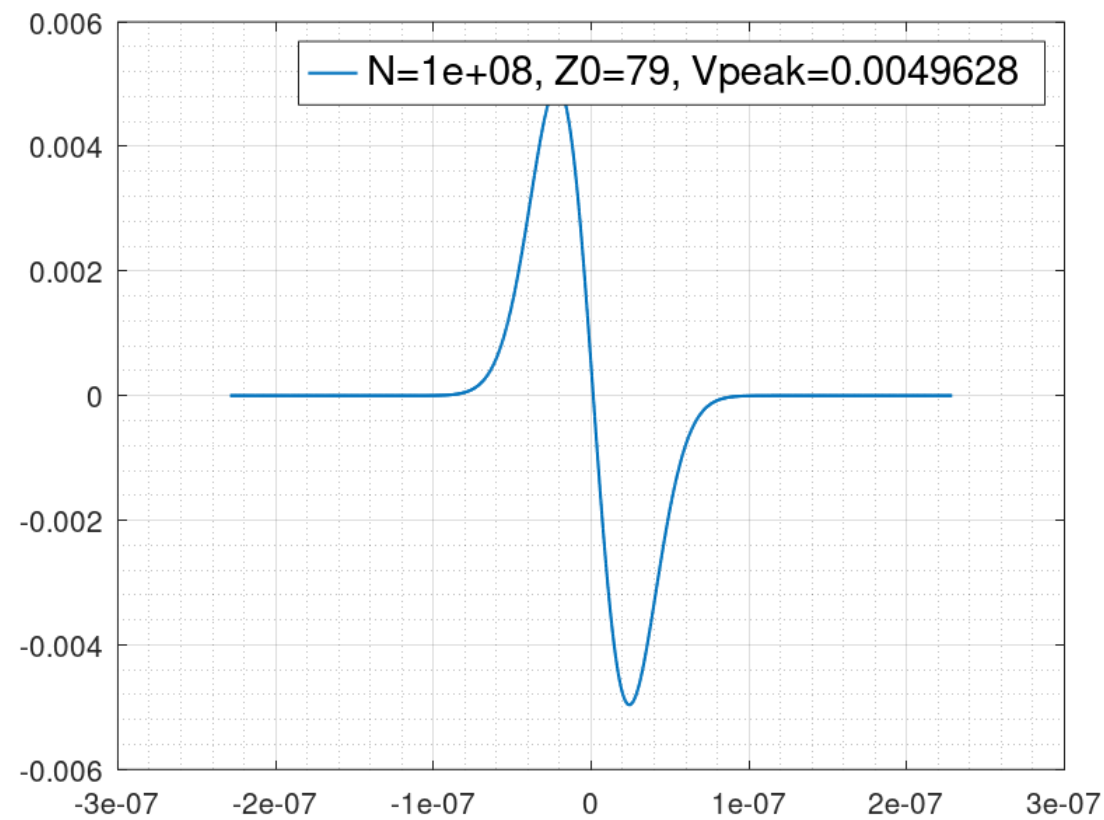
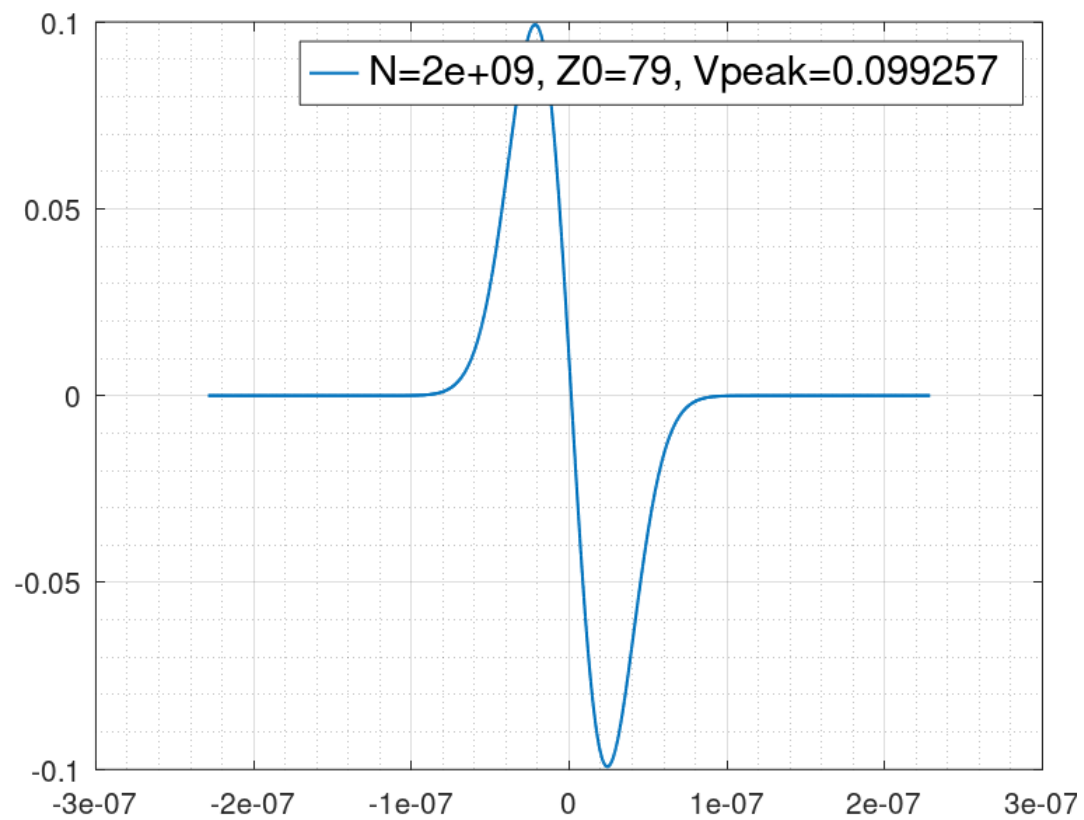
$$U_1(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot R \cdot (e^{-t^2/2\sigma_t^2} - e^{-(t-2l/c)^2/2\sigma_t^2}) \cdot I_0$$

Для нерелятивистского пучка:

$$U_1(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot R \cdot (e^{-t^2/2\sigma_t^2} - e^{-(t-\tau)^2/2\sigma_t^2}) \quad \tau = l \cdot \left(\frac{1}{v} + \frac{1}{c} \right), \text{ где } v - \text{ скорость пучка}$$

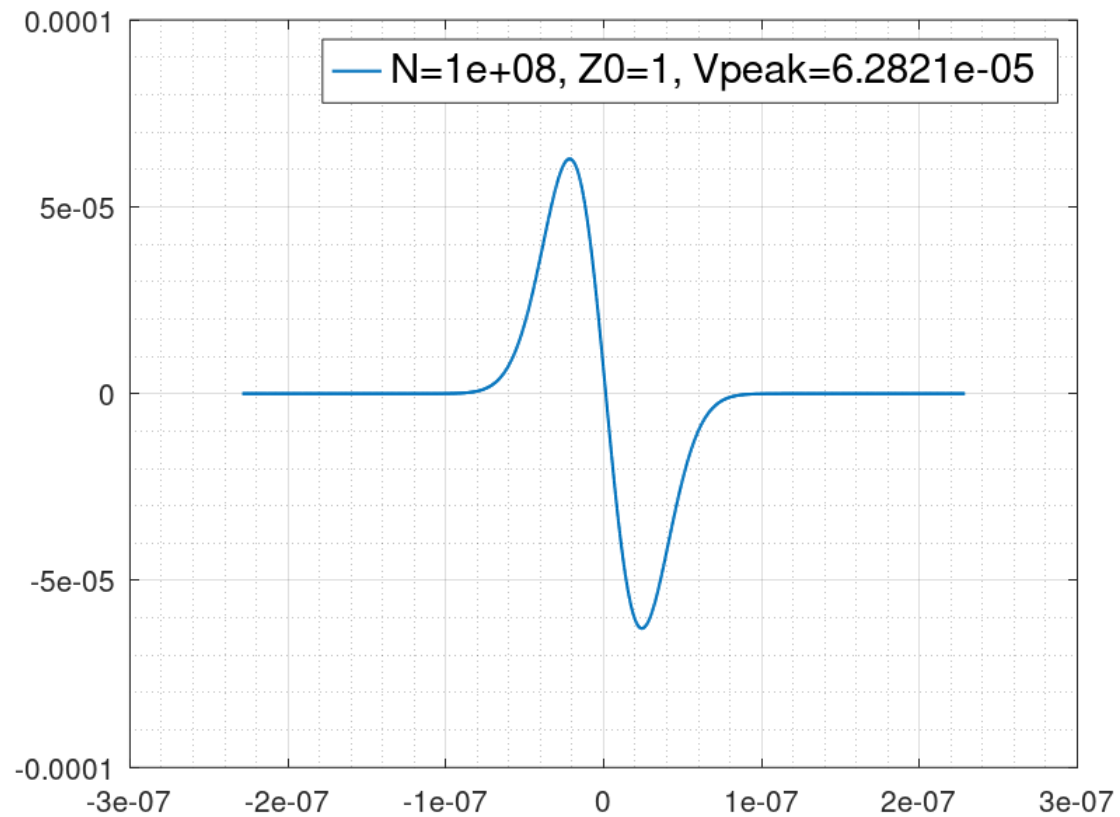
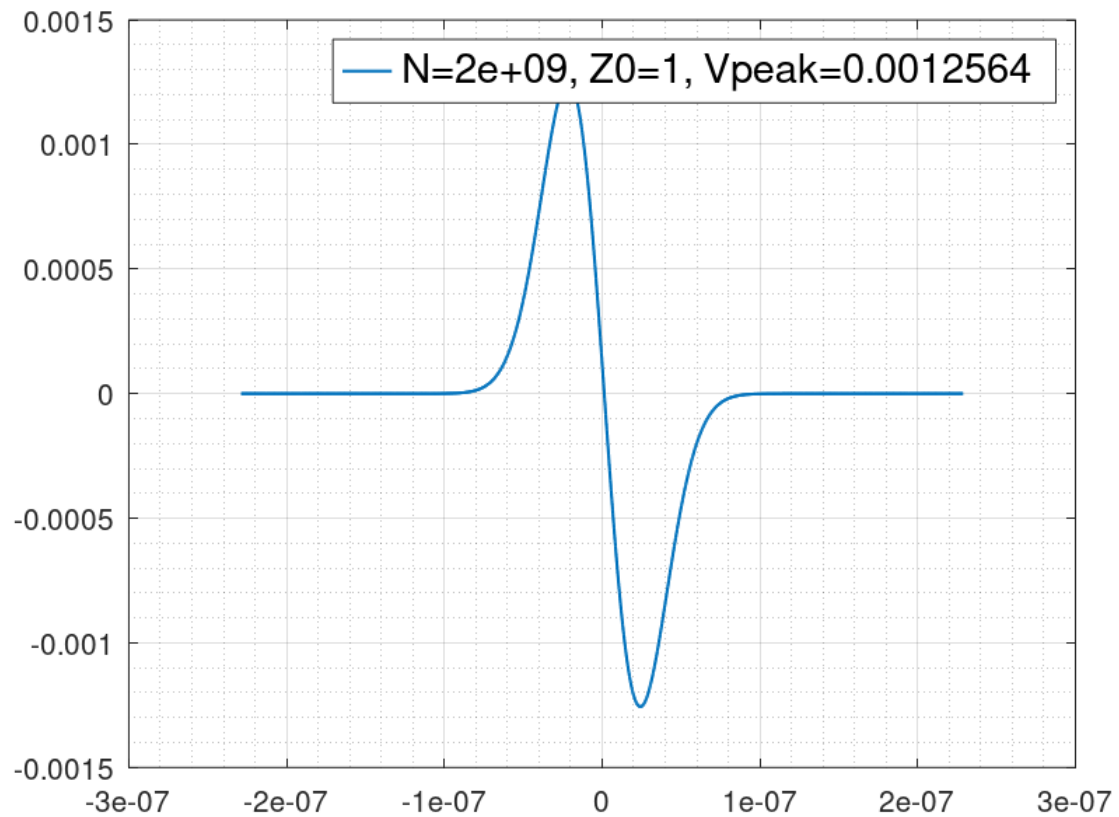
Расчет выходного напряжения монитора для пучка в канале

Au79+



Расчет выходного напряжения монитора для пучка в канале

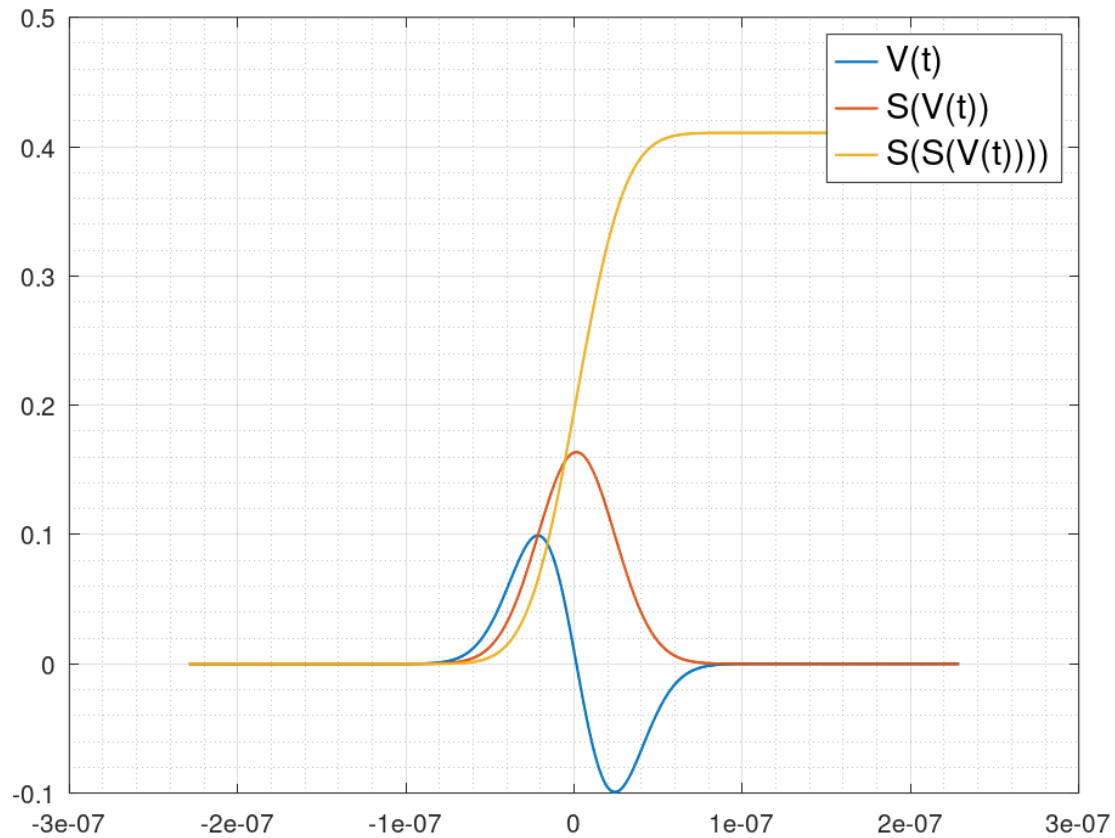
protons



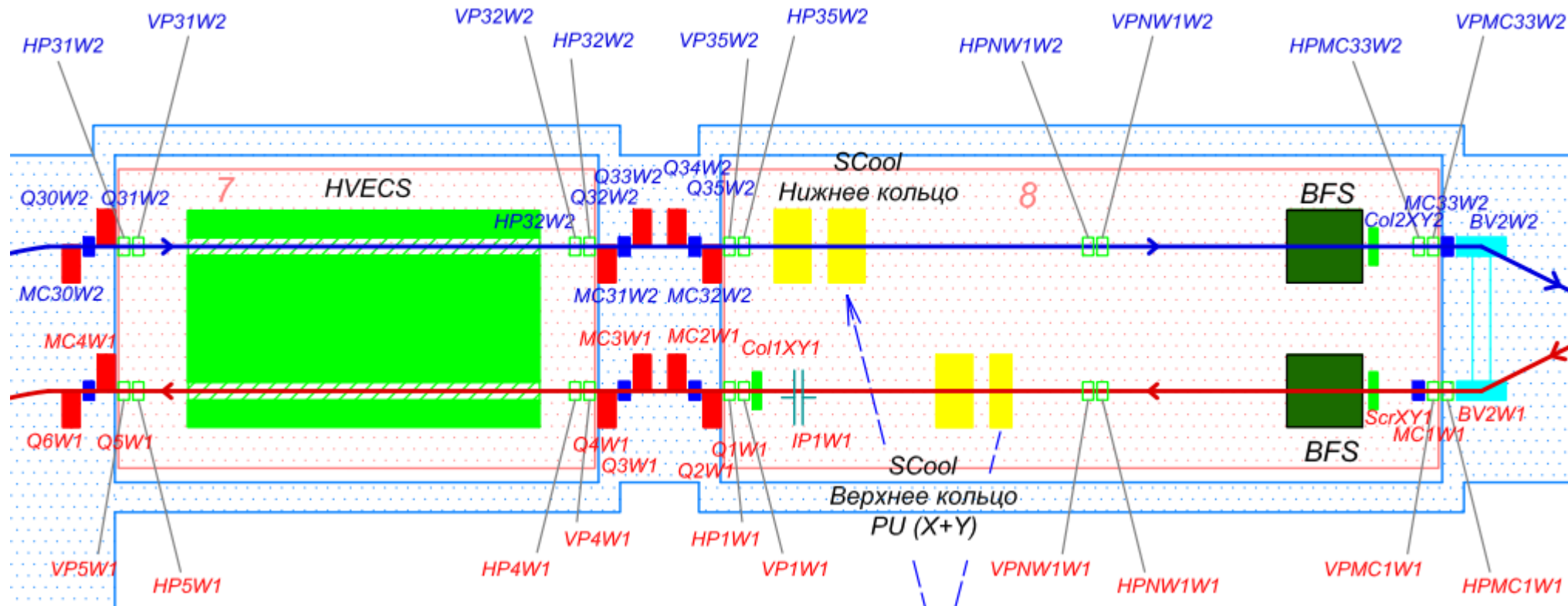
Детектирование и обработка сигнала

Двойное интегрирование или пиковый детектор со сбросом.
Расположение либо рядом с пикапом, либо в стойке.

Adlink PXI-2205 (64 канала/32 дифф.
канала, 16 бит)



Стриплайн мониторы для прямолинейных промежутков коллайдера



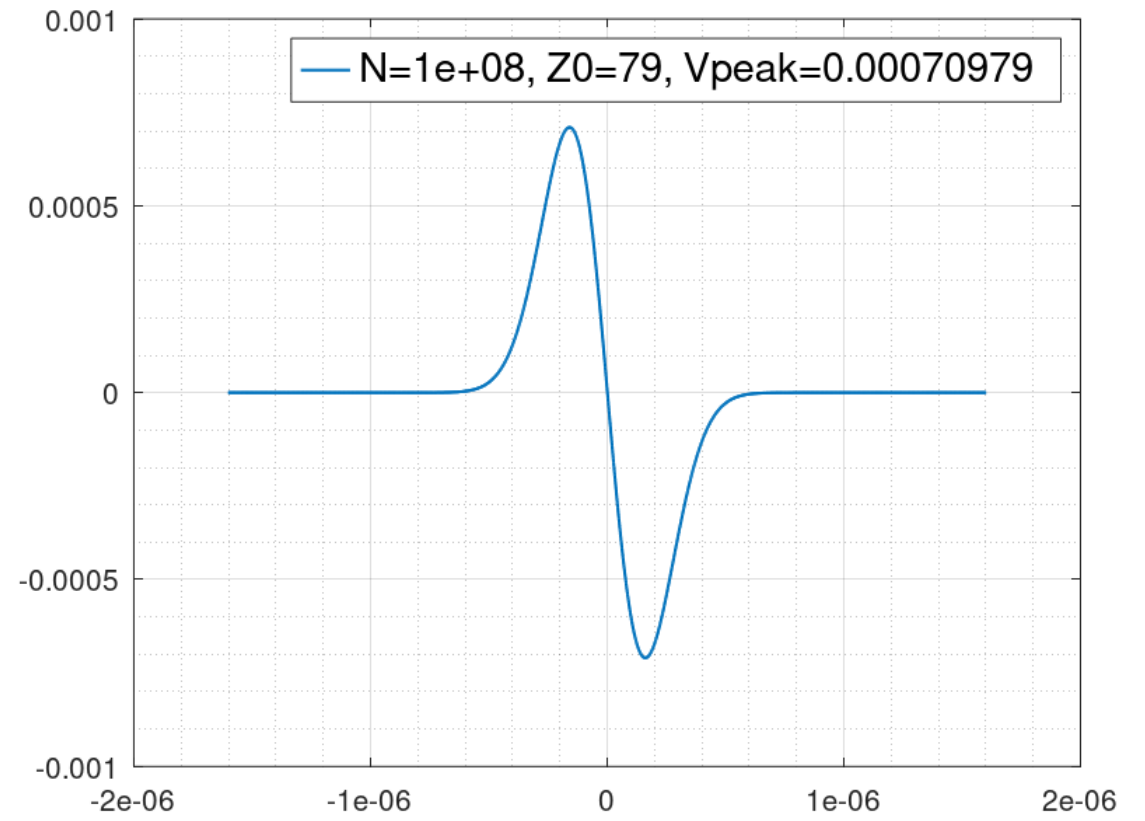
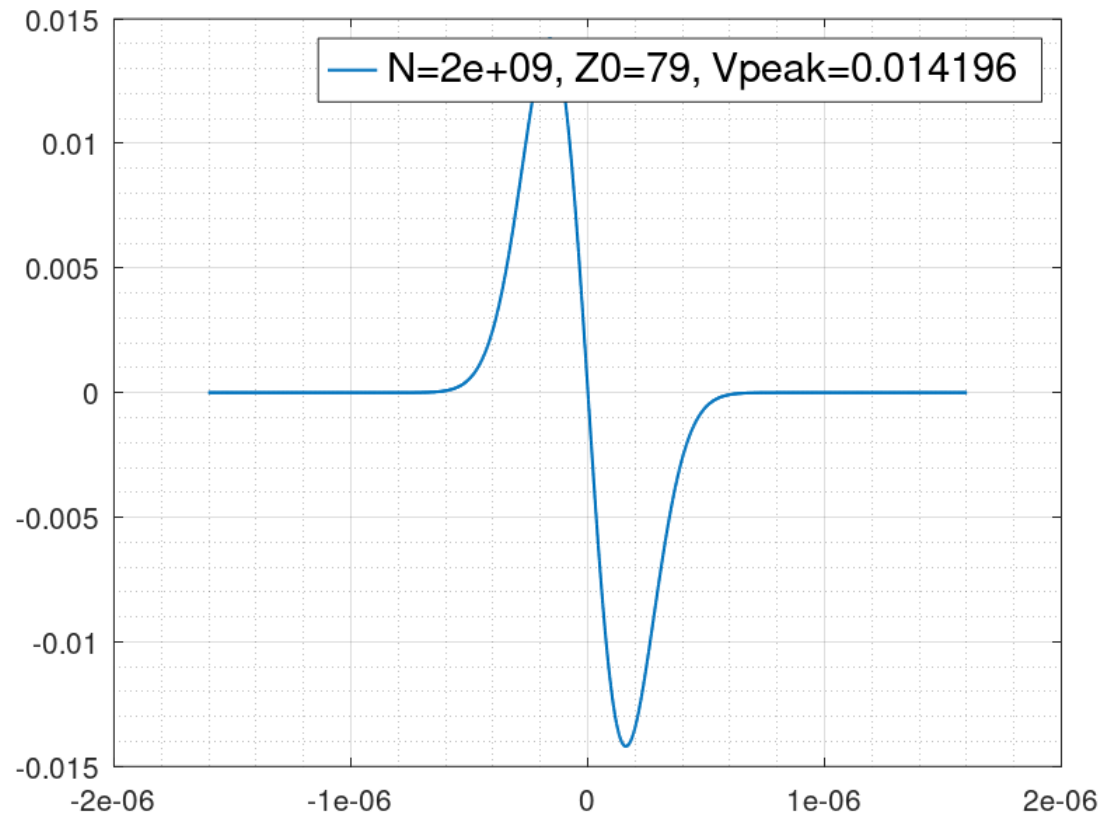
- Полное количество двухкоординатных пикапов (всего) — 40 шт.
- Все пикапы прямолинейных секций «тёплые»

Параметры пучка в коллайдере

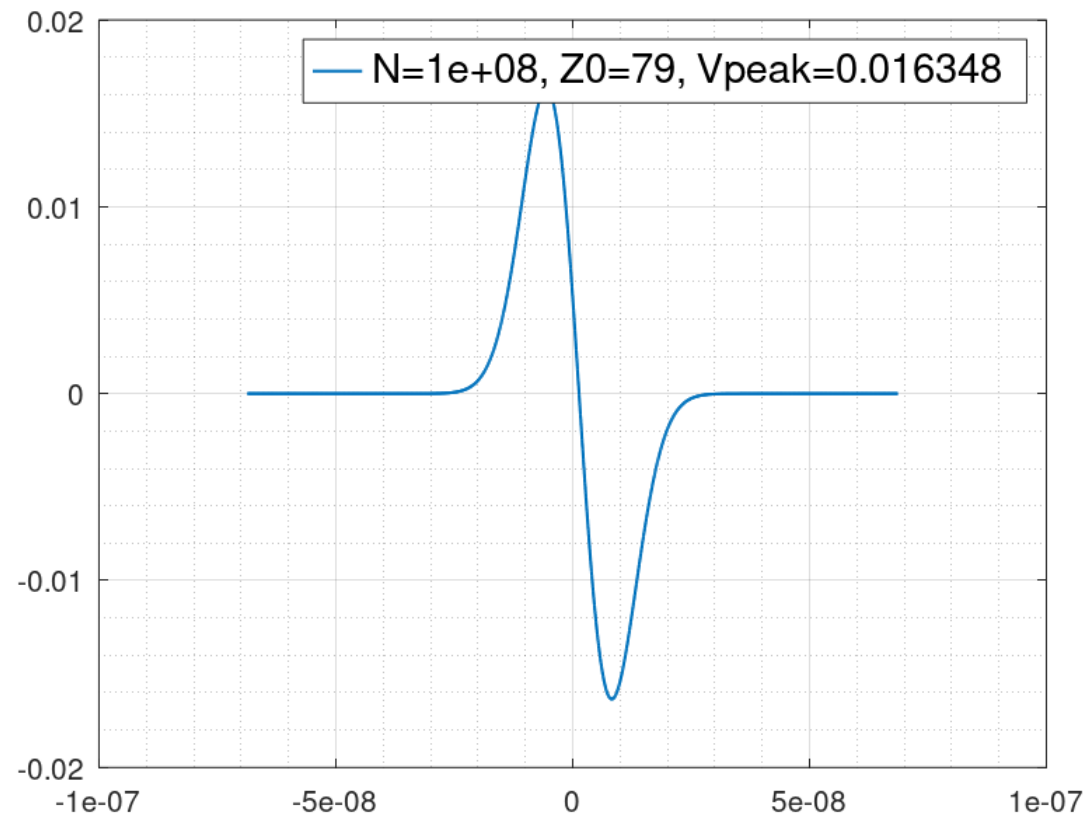
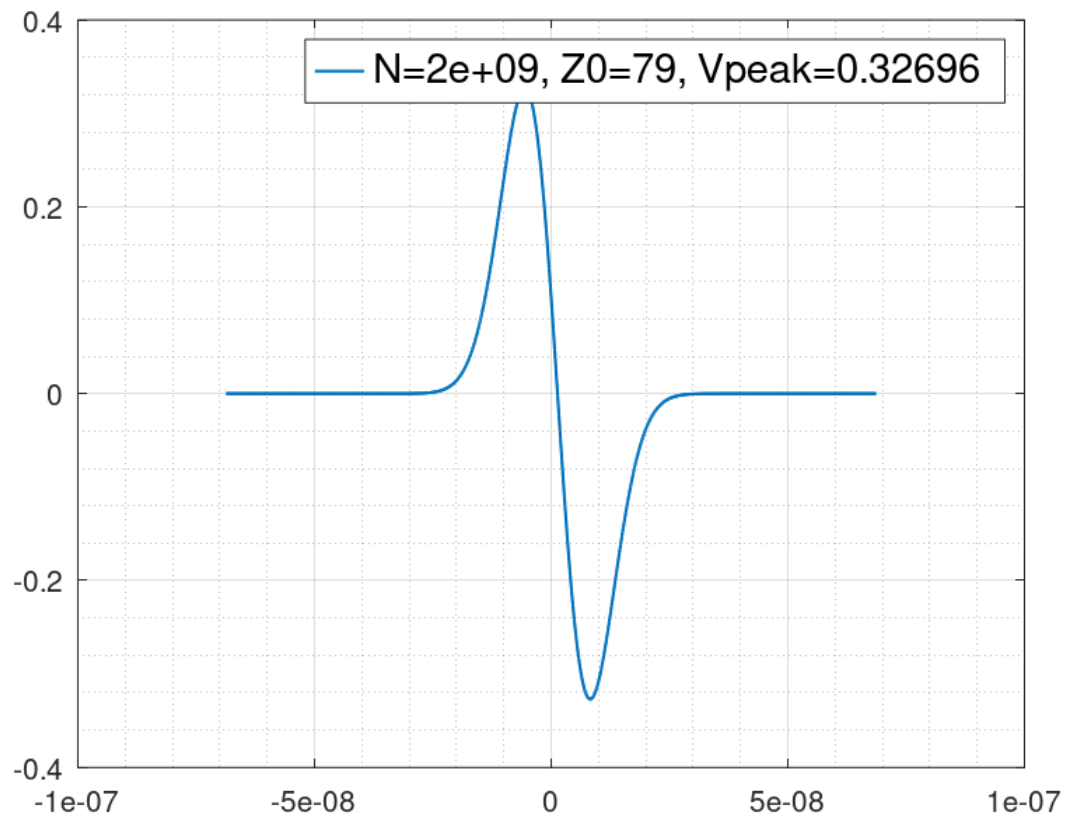
Различные режимы работы:

- 1) Накопление в RF1, $f=0.522-0.587$, $\sigma_t=160\text{ns}$, $\sigma_l=42\text{м}$
 - а) Вариант начального запуска: адиабатический захват на частоте ВЧ2 (В.А. Лебедев)
- 2) Ускорение на частоте RF2, $f=11.484 - 12.914$, $h=22$, $\sigma_t=6\text{ns}$, $\sigma_l=1.8\text{м}$
- 3) Режим столкновения на частоте RF3, $f=34.452 - 38.742$, $h=66$, $\sigma_t=2\text{ns}$, $\sigma_l=0.6\text{м}$

Накопление в RF1, $f=0.522-0.587$, $\sigma_t=160\text{ns}$, $\sigma_l=42\text{м}$



Ускорение на частоте RF2, $f=11.484 - 12.914$, $h=22$, $\sigma_t=6\text{ns}$, $\sigma_l=1.8\text{M}$



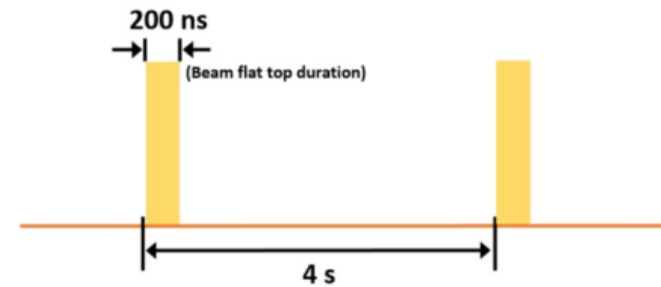
Заключение

Стриплайн мониторы в канале Нуклотрон-Коллайдер и прямолинейных промежутках обеспечивают достаточную амплитуду выходного при интенсивности Au79+ больше, чем $1e8$.
Для протонов интенсивность должна быть больше, чем $2e9$.

BPM pickups

Beam specification

| | | Beam property | | Note |
|------------------|-----|-------------------|----------------|-------------------|
| Particle species | | Au ⁷⁹⁺ | D ⁺ | |
| Particle number | Max | 2,00E+09 | | Each bunch |
| | Min | 1,00E+07 | | |
| Energy | Max | 4,5 GeV/amu | 6 GeV/amu | (amu_Au = 196,96) |
| | Min | 1 GeV/amu | 1 GeV/amu | (amu_D = 2,01) |
| Beam size | V | ±25 mm | | |
| | H | ±17 mm | | |
| Average current | Max | 6,3 nA | 0,08 nA | |
| | Min | 0,03 nA | 0,0004 nA | |
| Peak current | Max | 126 mA | 1,6 mA | flat top part |
| | Min | 0,6 mA | 0,008 mA | |



Detector requirements

- Measurement range: ±25 mm (X/Y)
- Beam current range: 0.008 mA ~ 126 mA
- Single beam duration: 150 – 200 ns @ 4 Hz
- Position spacial resolution: 20 μm
- Accuracy: ±1%
- Cut-off frequency: 1.8 GHz
- Quantity: 15

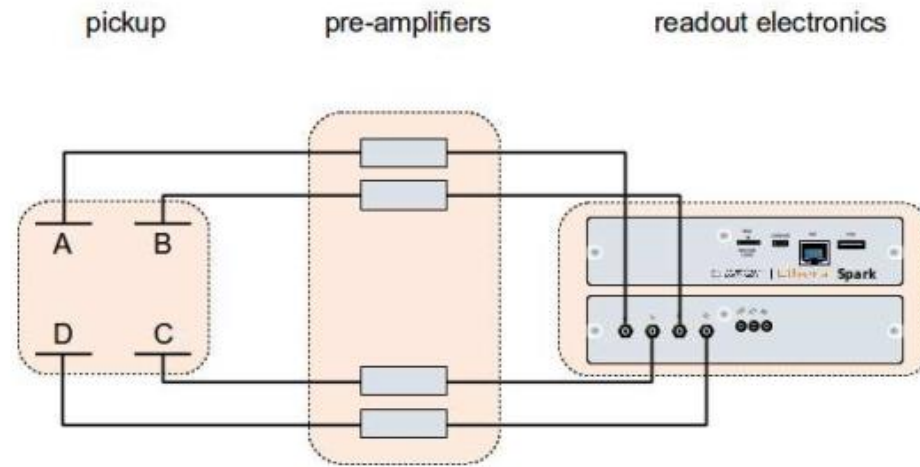


Figure 1: Beam position monitoring system overview.

Beam is injected every 4 seconds. Bunch length is 200 ns (see Figure 2). The amplitude of the beam depends on:

- Type of particles: Au 79+ or Deuteron D+
- Number of particles

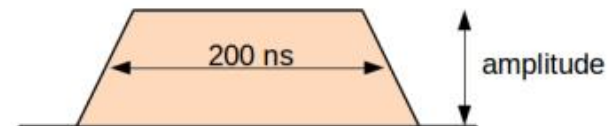


Figure 2: Beam pulse.

Rough estimation of signal amplitudes on the pickup electrodes shows the levels are in the μV to mV (shoebox pickup type) and nV to μV (button pickup type) region. A low-noise high gain pre-amplifiers must be used to increase the amplitudes to mV to V region. Preferred pickup type is **shoebox**.

BPM pickups

- Pickups will be provided by NTG company (Germany)
- 2 options:
 - Buttons : cheaper but less sensitive
 - Shoebox : expensive but more sensitive
- Will need at least +50 dB pre-amplifiers; what is cable lengths?
- Deuteron D+ beam **very difficult** to detect, see table below (value in brackets are AFTER amplification):

| | buttons | shoebox |
|-----------|---|--|
| Particles | Au 79+ | |
| Umax | 395 μV (125 mV) | 7.9 mV (2500 mV) |
| Umin | 1.975 μV (0.62 mV) | 39.5 μV (12.4 mV) |
| Particles | Deuteron D+ | |
| Umax | 4.99 μV (1.6 mV) | 99.8 μV (32 mV) |
| Umin | 24.9 nV (0.0078 mV) | 498 nV (0.156 mV) |