



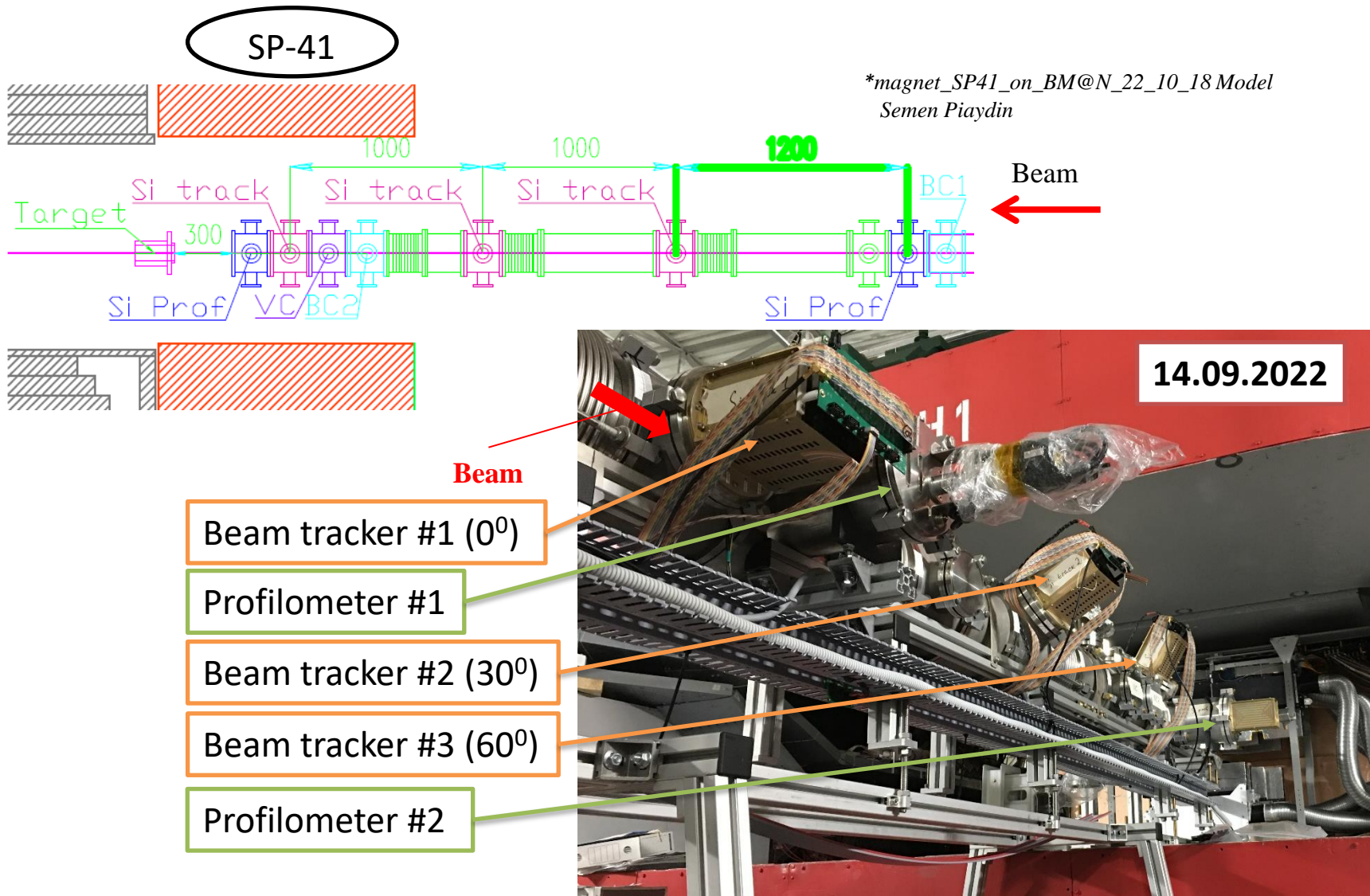
«Анализ работы систем на основе Si-детекторов (FwSD, BT1- BT3, Si-TrigM, Prof-1, Prof-2) в сеансе BM&N-(2022-2023) г.г. и планы по доработке некоторых устройств»

*Замятин Н.И. + сектор Si – детекторов, НЭО БМН,  
рабочее совещание по сеансу 2022-2023, 15.03.2023*

***В докладе должно быть раскрыто следующее:***

- Проблемы в сеансе.*
- Работы по модернизации;*
- Планы по установке или изменению конфигурации;*
- Предложения и рекомендации.*

# Расположение пучковых Si-детекторов внутри вакуумного канала БМН перед мишенью, Рис.1.



\*magnet\_SP41\_on\_BM@N\_22\_10\_18 Model  
Semen Piaydin

## 1. Профилومتر пучка (рис.2):

На рис. результаты тестов-2022 с альфа источником Si – профилометра:

- такую же картину мы хотели получить при работе с пучком, но не удалось из-за наложений при «медленной» электронике (ИС-VA163);

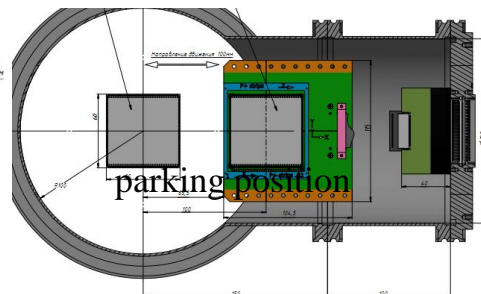
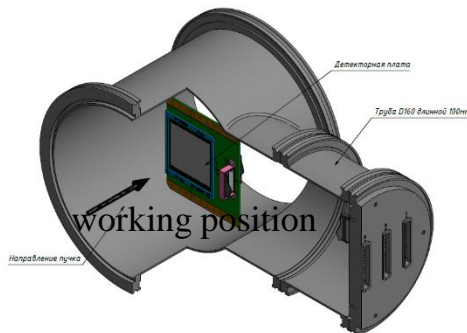
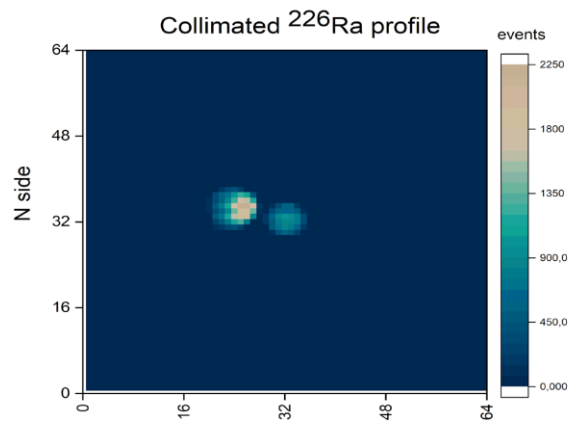
- оба профилометра были убраны в положение «парковка» и не использовались в сеансе;

- наши планы и действия – ведется новая разработка (С.Хабаров+О.Тарасов)

конструкции плоскости детектора (128x128) стрипов превращаем в (64x64) стрипа +

новая FEE на основе ИС HDR64/VA, чипы есть в наличии, детекторные платы разработаны, изготовлены и готовы к сборке детекторов, FEE-PCB в разработке

(С.Хабаров), детекторы есть и тестируются (Е.Стрелецкая+Ю.Копылов), готовность – осень\_23.



- **detector:** DSSD, (32p<sup>+</sup>×32n<sup>+</sup>), strips pitch = 1.8 mm, thickness (Si) -175 μm, active area (60 × 60) mm<sup>2</sup>;
- **mechanical design:** the plane of the profilometer is automatically removed from the beam zone to the parking position;
- **FEE:** for light ( ${}^6\text{C} \div {}^{18}\text{Ar}$ ) ions based on **VA163 + TA32cg2 (32 ch, dynamic range (DR): -750fC ÷ +750fC) desing in progress;**
- **current status:**
  - two vacuum stations with flanges and cable connectors are ready, Silicon Detectors assembled on PCBs and tested with alpha-source (5.5 MeV), autonomus (ADC+DAQ) subsystem ready;
  - for heavy (Kr ÷ Au) ions will be developed another version of the FEE with DR = ± 20 pC.

## 2. Si – пучковый трекер:

- три двух координатные плоскости на основе ДС-детекторов (128x128)стрип, толщина кремния 175 мкм(0.0019 $X_0$ ), быстрая FEE( $t_p=50;100;150;300$ нс);
- три координатные (ортогональные стрипы) плоскости, каждая повернута на угол 30° относительно предыдущей;
- все плоскости работали в сеансе нормально, как планировалось;

**Проблемы в сеансе:** настройка режимов чипов нами была проверена перед сеансом не полностью, сейчас занимаемся данной проблемой (И.Капитонов. С.Хабаров), цель - максимально понизить эффект наложений при интенсивности пучка  $10^6$ /спил, используя самую быструю формировку сигнала (50 или 100 нс). На след. слайде (рис.4) измерены сигналы при четырех режимах ( $t_p=50;100;150;300$ нс), измеренные нами величины  $t_p$  не совпадают со спецификацией фирмы VA (реально они больше).

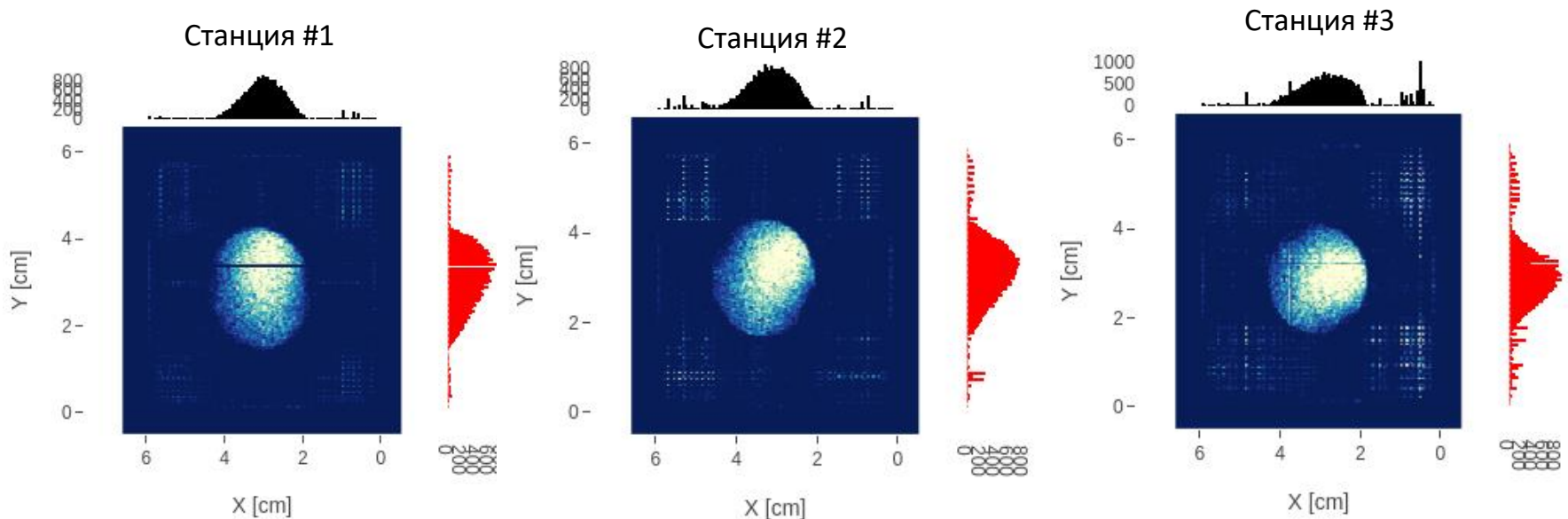


Рис.3. X, Y – профили Хе-пучка перед мишенью.

Сеанс VM@N 2022 г. – 2023 г., RUN 6705 ( 13.12.2022),  $T_{\text{канала}} = 30^\circ\text{C}$

Импульс 8 канала ADC при различных временах формирования ( $T_p$ ) (тестовый сигнал 150 мV)

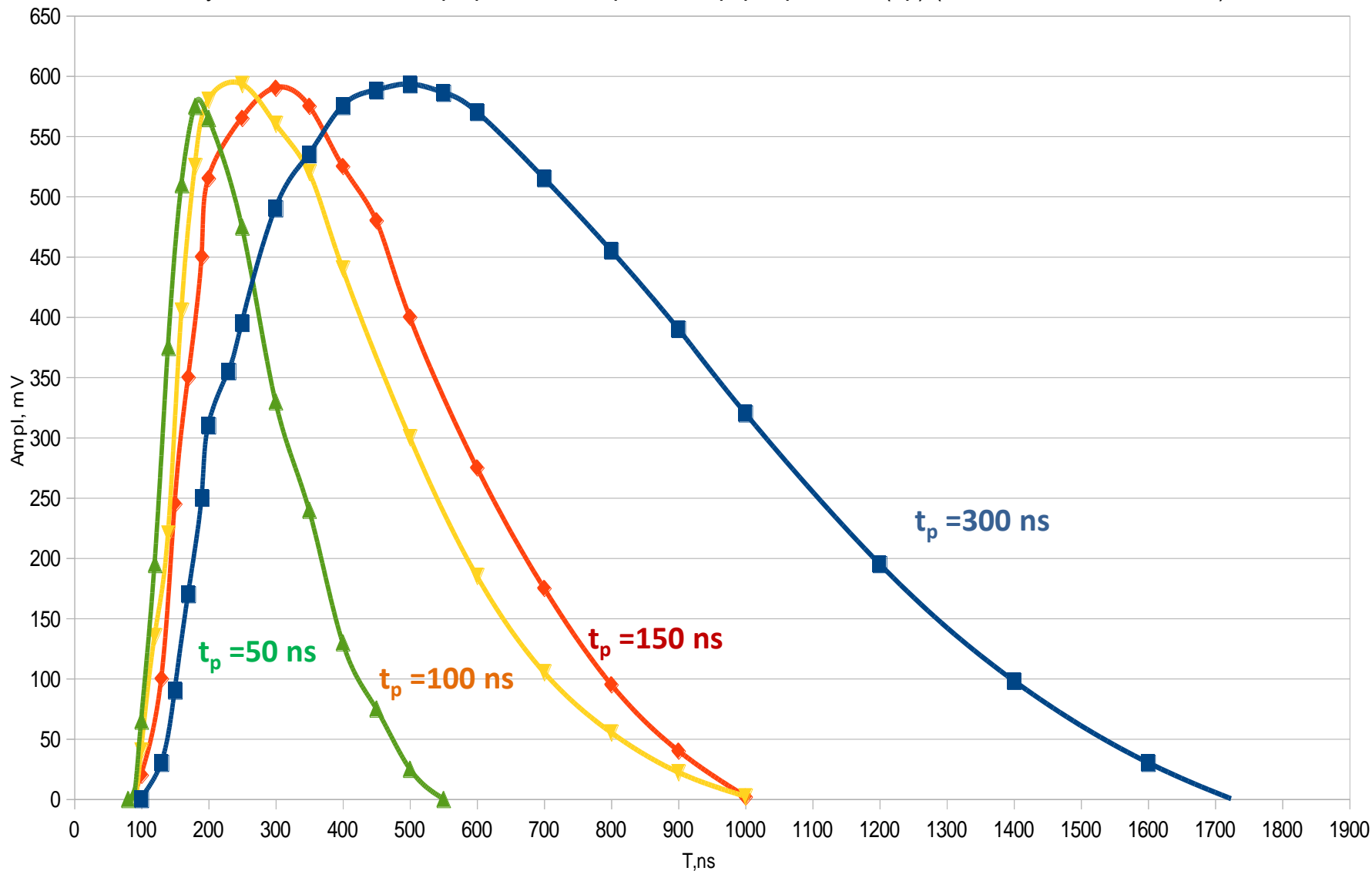
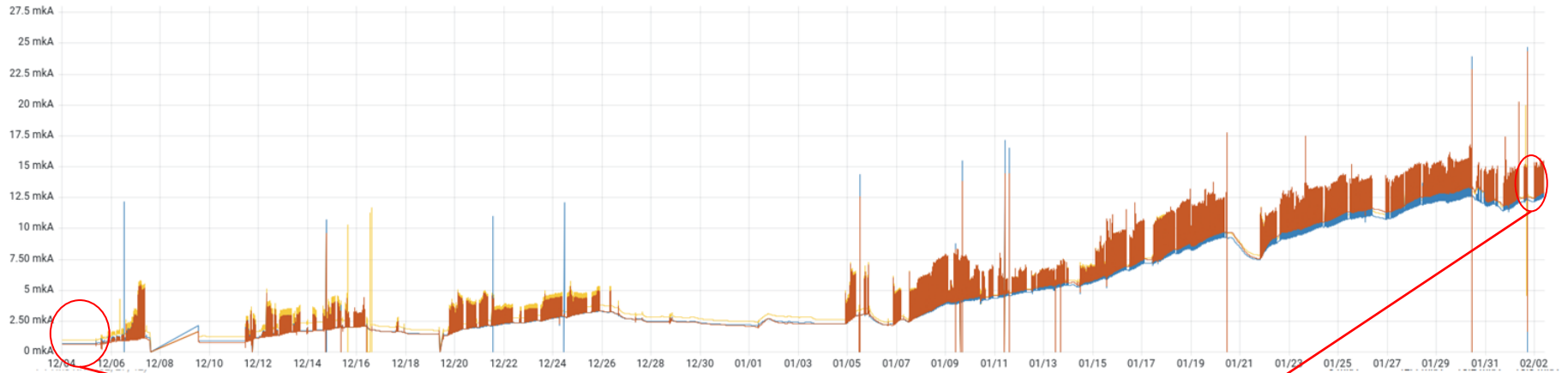


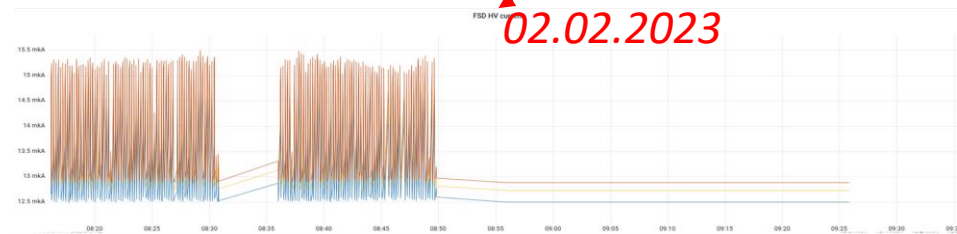
Рис.4. Форма импульсов тестового сигнала=1.8 пКл при разной величине  $t_p$ , чип HDR64(VA)

FSD HV current



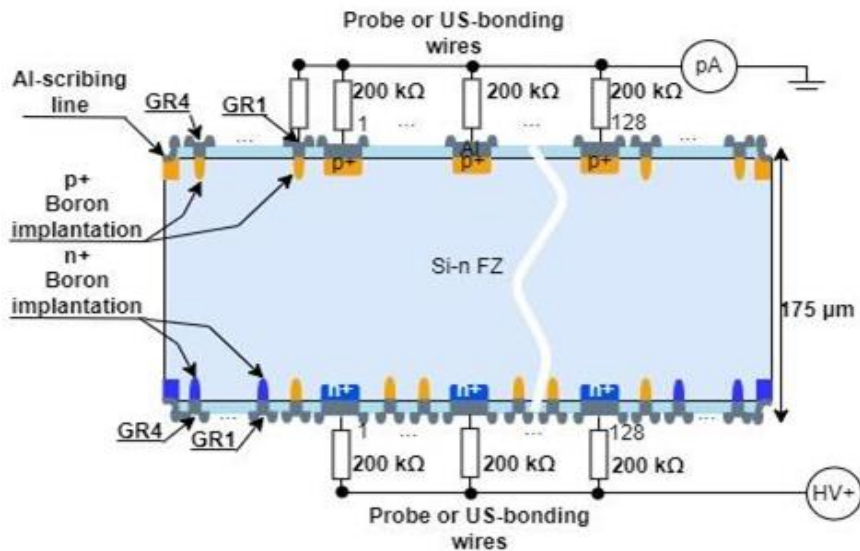
Начало сеанса- 06.12.2022

02.02.2023

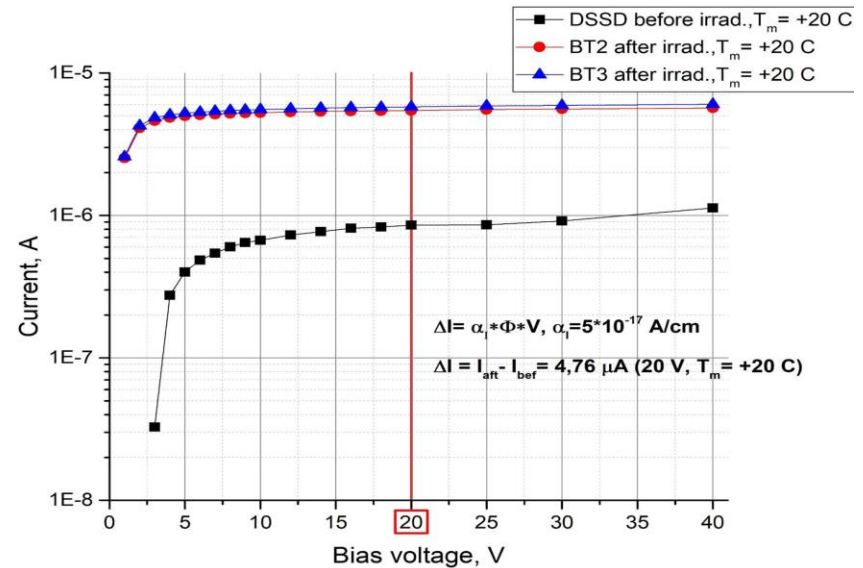


**Токи детекторов ВТ(1÷3) в начале сеанса и по окончании сеанса:**

- «подложка» это темновой ток, создаваемый радиационными дефектами ионов Хе;
- быстрая импульсная компонента это ток ионизации в течение спиллов.



(a)



(б)

Рис.5. Схема измерений (а) темнового тока двухстороннего стрипового Si-детектора и ВАХ (б) до и после сеанса.

Формула определения эквивалентного 1МэВ флюенса нейтронов по повреждениям кремния  $\Delta I = \alpha_1 \cdot \Phi \cdot V$

где:  $\alpha_1$  – токовая константа повреждений кремния равняется  $5 \times 10^{-17}$  А/см, при  $+20^\circ\text{C}$  для нейтронов с энергией 1 МэВ и физически означает приращение тока в кремниевом детекторе объемом  $1\text{см}^3$  от прохождения одного нейтрона (1 МэВ),  $\Phi, \text{см}^{-2}$  – флюенс нейтронов,  $V, \text{см}^{-3}$  – объем детектора.

	$I_{d0}$ , мкА/+20 В/+22.5°C (04.12.2022 начало сеанса)	$I_{d(\phi)}$ , мкА/+20 В/+26.8°C (2.02.2023 окончание сеанса)	$\Delta I = I_{d(\phi)} - I_{d0} = \alpha_1 \cdot \Phi \cdot V$ , мкА (приведённое к +20 °C)
BT1	0.965	12.7	4.76
BT2	0.692	12.5	4.6
BT3	0.626	12.9	4.93

	Эквивалентный флюенс нейтронов 1 МэВ, см <sup>-2</sup> (измерен по радиационным повреждениям Si)	Флюенс <sup>128</sup> Xe, см <sup>-2</sup> расчет через NIEL, $K(128Xe/нейтрон\ 1MэВ)=276$	Число ядер <sup>128</sup> Xe, прошедших за сеанс через Si-детекторы BT(1÷3), $S_a=37\text{ см}^2$
BT1	5.117e+12	1.854e+10	6.899e+11
BT2	4.945e+12	1.792e+10	6.667e+11
BT3	5.300e+12	1.920e+10	7.145e+11
Среднее	5.117e+12	1.854e+10	6.899e+11



### 3. Две Si-плоскости триггера множественности, всего 64 стрипа-φ, шаг=5.63°, толщина детектора – 525 мкм(0.0056X<sub>0</sub>):

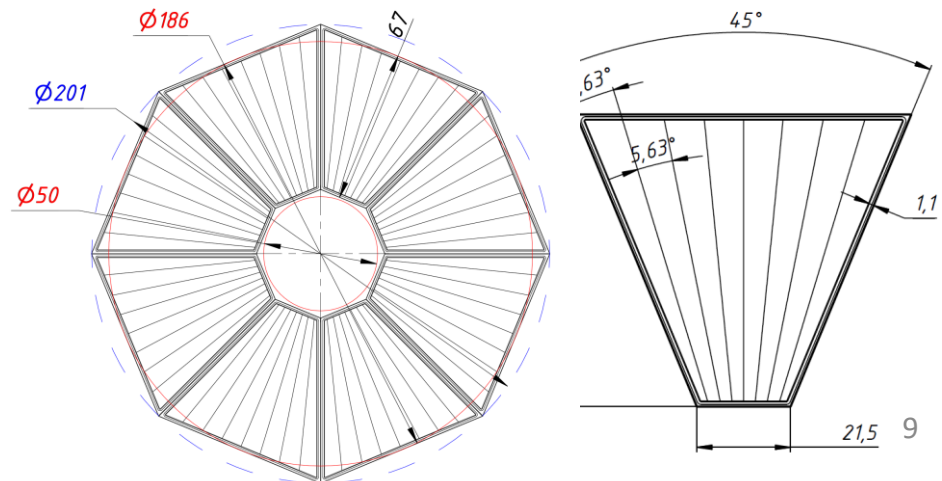
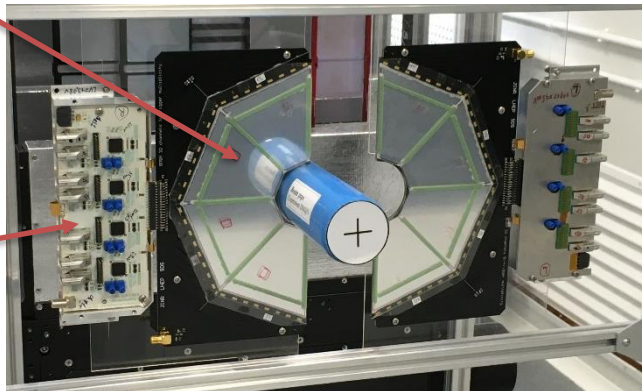
- Практически не работал во время сеанса, 16.12.2023 плоскости были отодвинуты от пучковой трубы и находились вне рабочей зоны;
- В два последних дня детектор был установлен в рабочее положение и записаны данные (в триггере не участвовал) с пучком Xe=3.0 ГэВ/н;
- Для принятия решения по дальнейшему применению требуется анализ записанных данных (есть два потока данных: - монитор с отображением счета шумов и множественности (индикатор работы аппаратуры – на нем ОК!); - разветвление на TDC с записью измерений в DAQ, эти данные вызывают сомнения???)

The detecting plane of the silicon trigger is assembled from 8 trapezoidal one-sided detectors:

- Total 64 radial strips with 5.630 angle
- Diameter of inner hole for ion guide  $\varnothing 50$  mm (dead zone  $\varnothing 55$  mm)
- External diameter of the sensitive zone 186mm
- Max diameter 201mm
- Detector thickness 500  $\mu\text{m}$
- $S_{\text{strip}} - 3.55 \text{ cm}^2$

Half plane  
32  
channels,

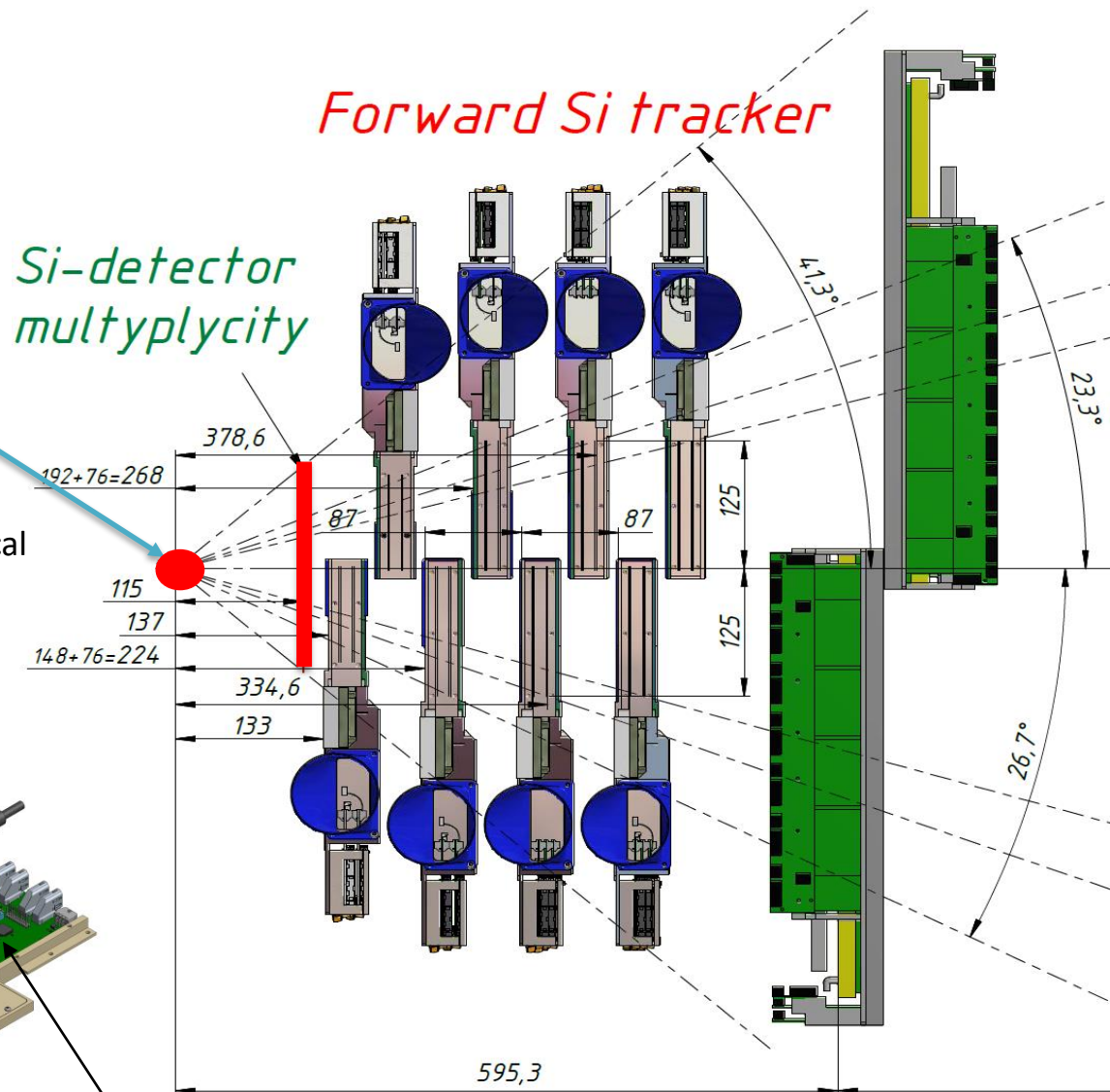
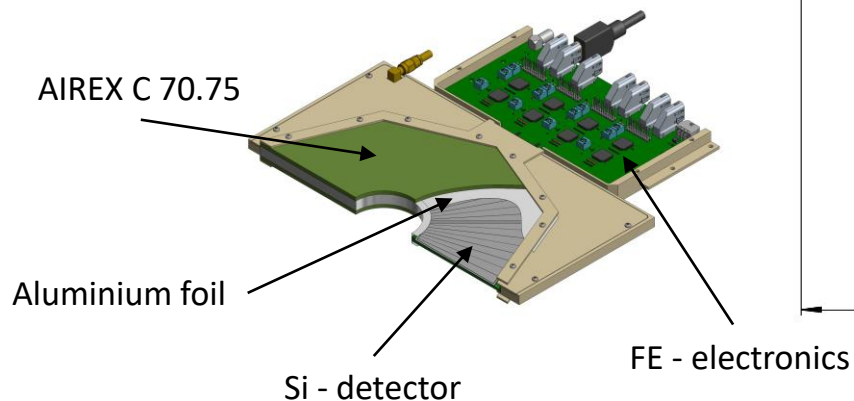
FEE



## 4. Передняя часть Si-трекера

Si trigger is located at a distance of **115 mm** from the target. The light-shielding housing Si of the trigger and the ion guide are not shown.

Al foil (20  $\mu\text{m}$ ) + foam wall as a mechanical support (AIREX C 70.75, 3mm thickness, Density 80  $\text{kg}/\text{m}^3$ ).  
Per unit area (one wall of shielding):  
0.010  $\text{g}/\text{cm}^2$  (Al) + 0.024  $\text{g}/\text{cm}^2$  (foam)

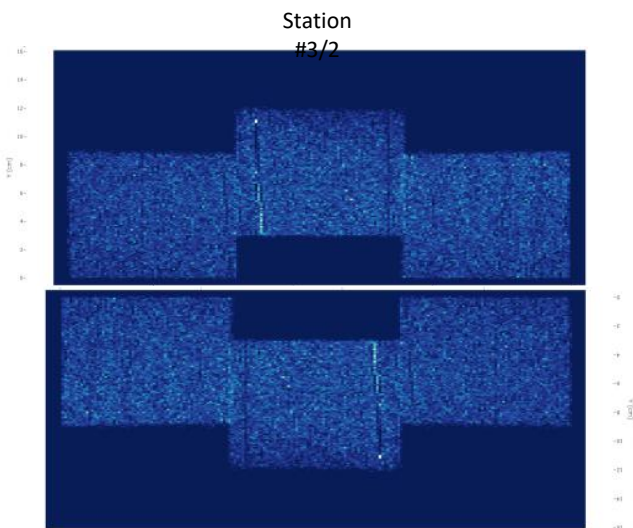


## **Анализ работы FSD в сеансе:**

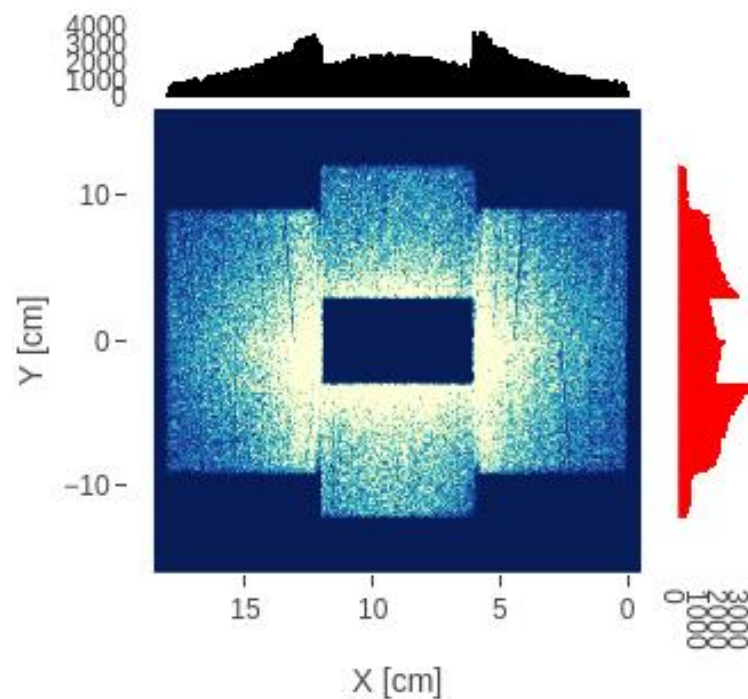
- все четыре плоскости трекера работали стабильно;
- возникли в плоскостях: 5-2, 7-2, 9-2, 9-1 «мертвые» по 128 каналов (чип или контакты в patch panel? Разбираемся);
- ниже на 4-х слайдах показаны типы и позиции дефектов, надо заметить, что теряется одна координата, вторая координата должна быть измерена;
- план: ещё раз протестировать (Ю.Копылов, Д.Чемезов) FEE-PCB, которые были забракованы при входном контроле, успехом можно будет считать, если отберем (найдем) 5-8 плат по 640 каналов, при наличии годных можно устранить «дыры»

# FSD Silicon Modules Plane #3

Тесты на космических  
мюонах



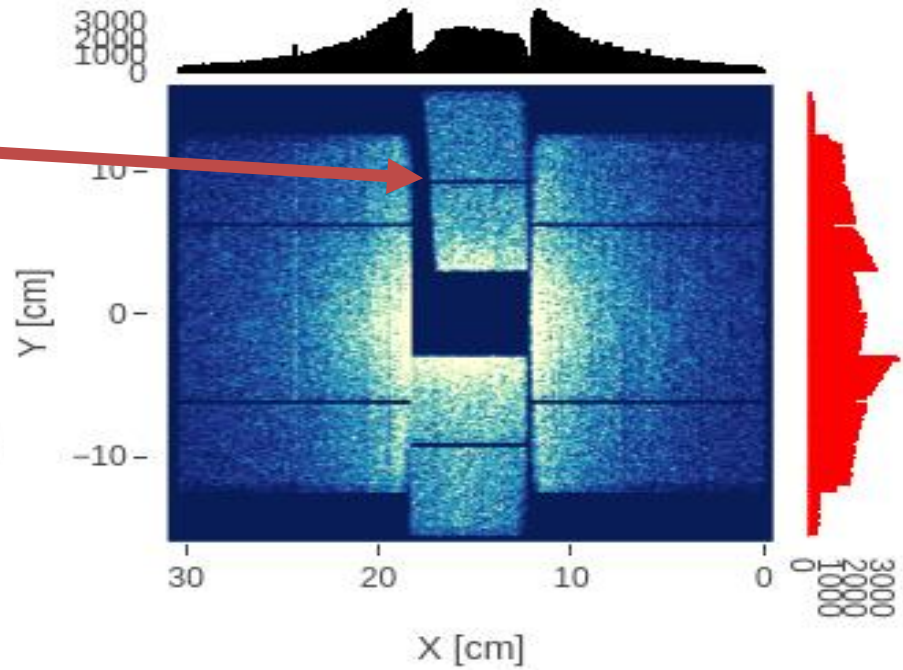
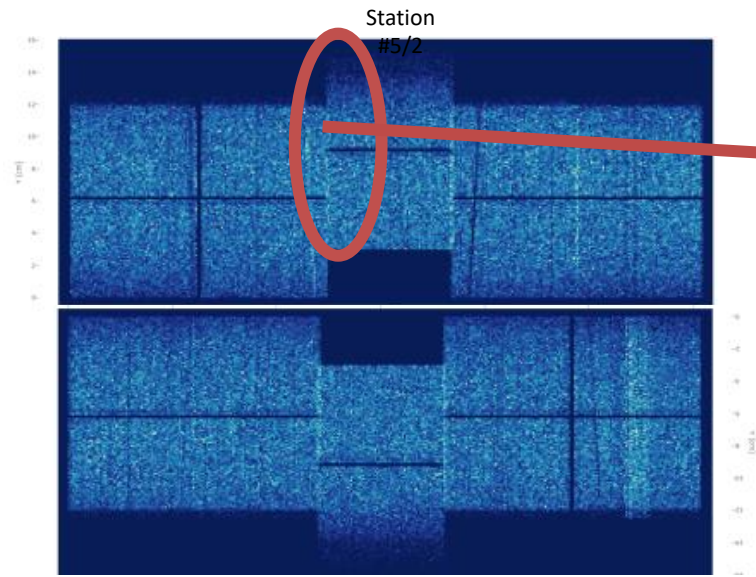
Сеанс BM@N 2022 г. – 2023 г.  
RUN 7529 ( 11.01.2023),  $T_{\text{канала}} = 25,2^{\circ}\text{C}$   
Мишень №2 Csl (2%)



# FSD Silicon Modules Plane #5

Тесты на космических  
мюонах

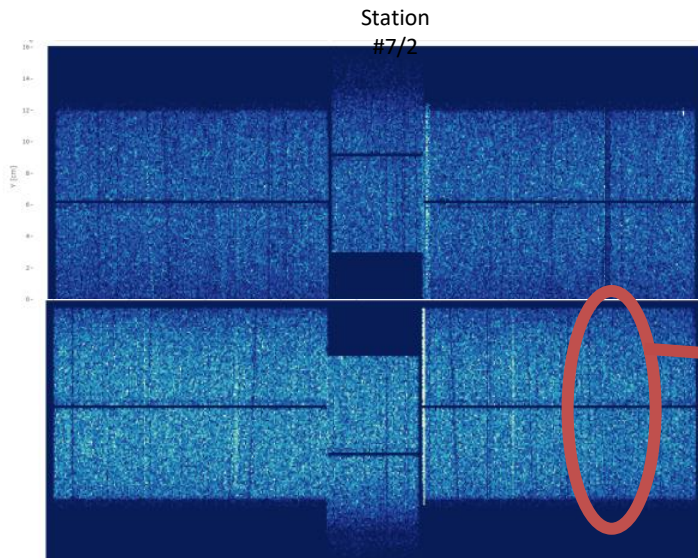
Сеанс BM@N 2022 г. – 2023 г.  
RUN 7529 ( 11.01.2023),  $T_{\text{канала}} = 25,2^{\circ}\text{C}$   
Мишень №2 Csl (2%)



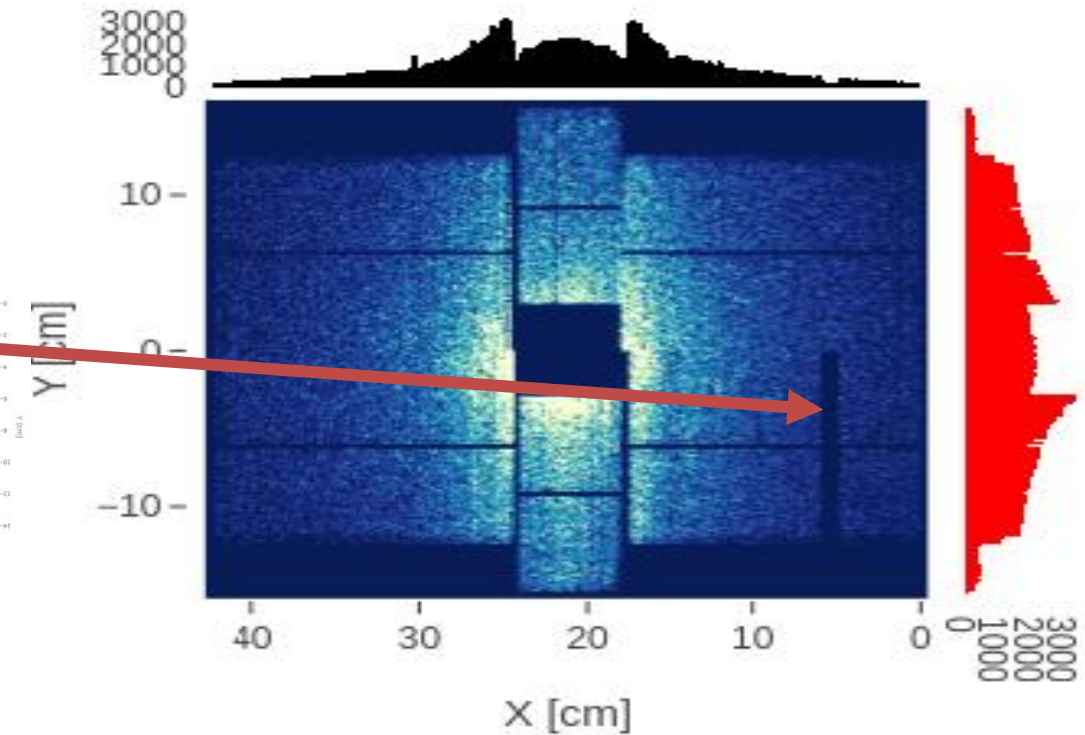
# FSD Silicon Modules Plane #7

Тесты на космических  
мюонах

Сеанс BM@N 2022 г. – 2023 г.  
RUN 7529 ( 11.01.2023),  $T_{\text{канала}} = 25,2^{\circ}\text{C}$   
Мишень №2 CSI (2%)



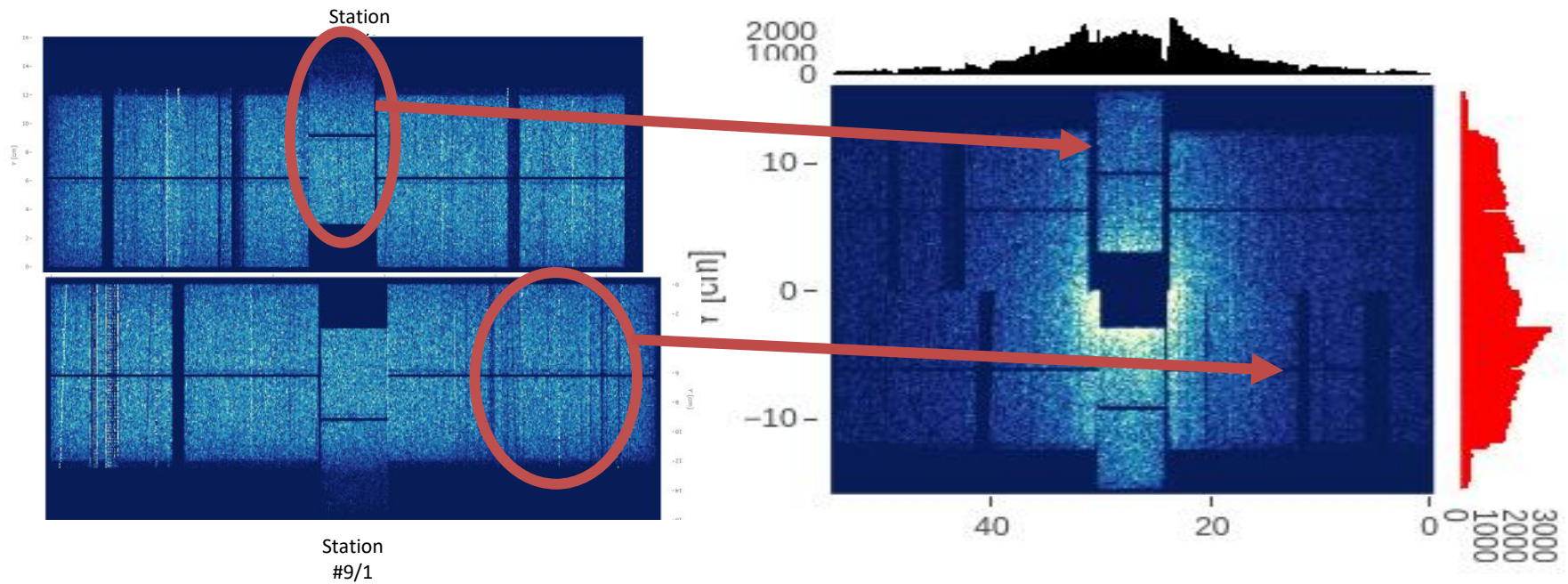
Station #7/1



# FSD Silicon Modules Plane #9

Тесты на космических мюонах

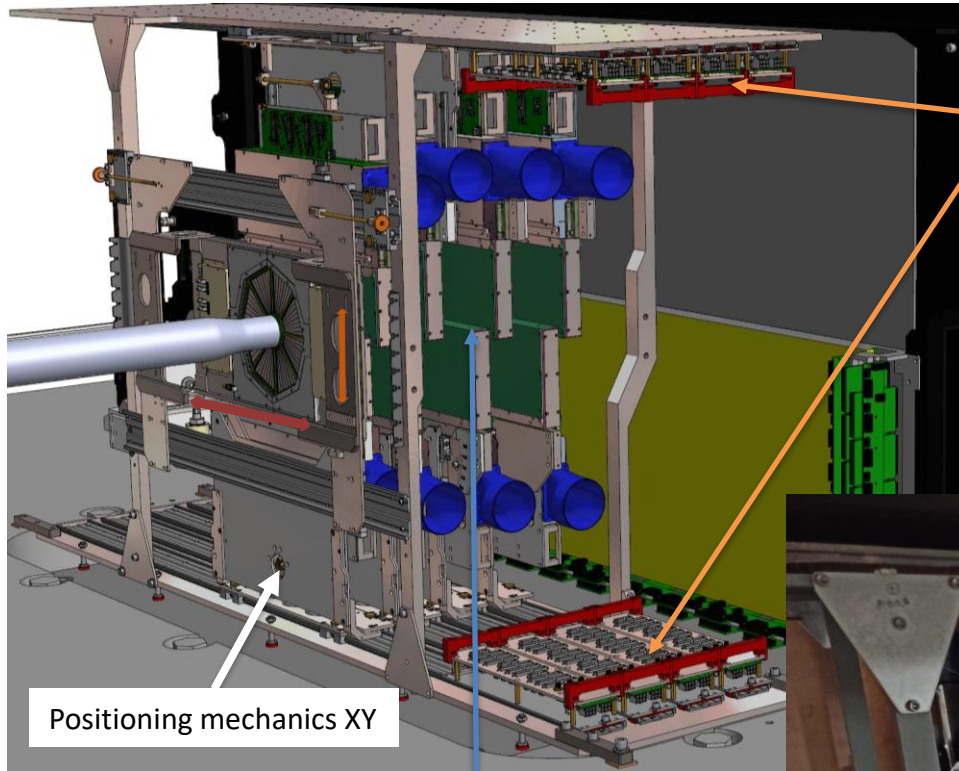
Сеанс BM@N 2022 г. – 2023 г.  
RUN 7529 ( 11.01.2023),  $T_{\text{канала}} = 25,2^{\circ}\text{C}$   
Мишень №2 CsI (2%)



Приложение-1:  
(три следующих слайда)



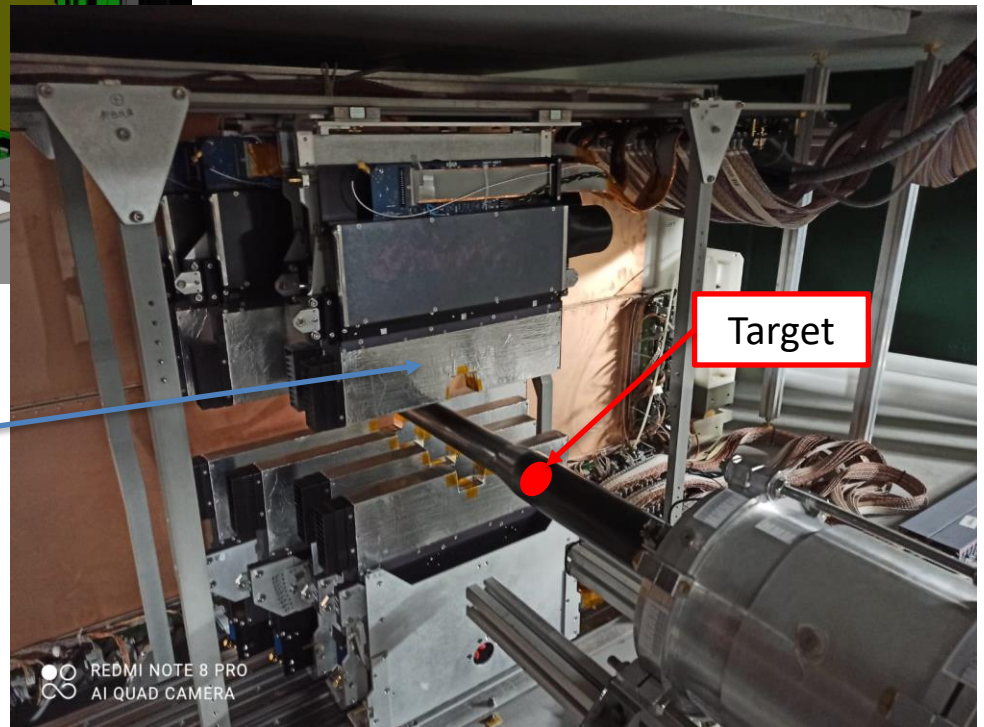
# View Si-trigger multiplicity and Si-FW tracker



Positioning mechanics XY

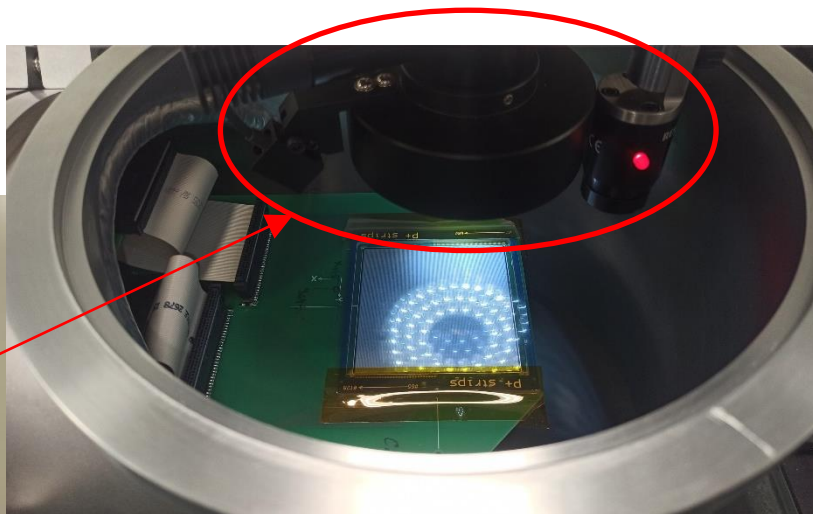
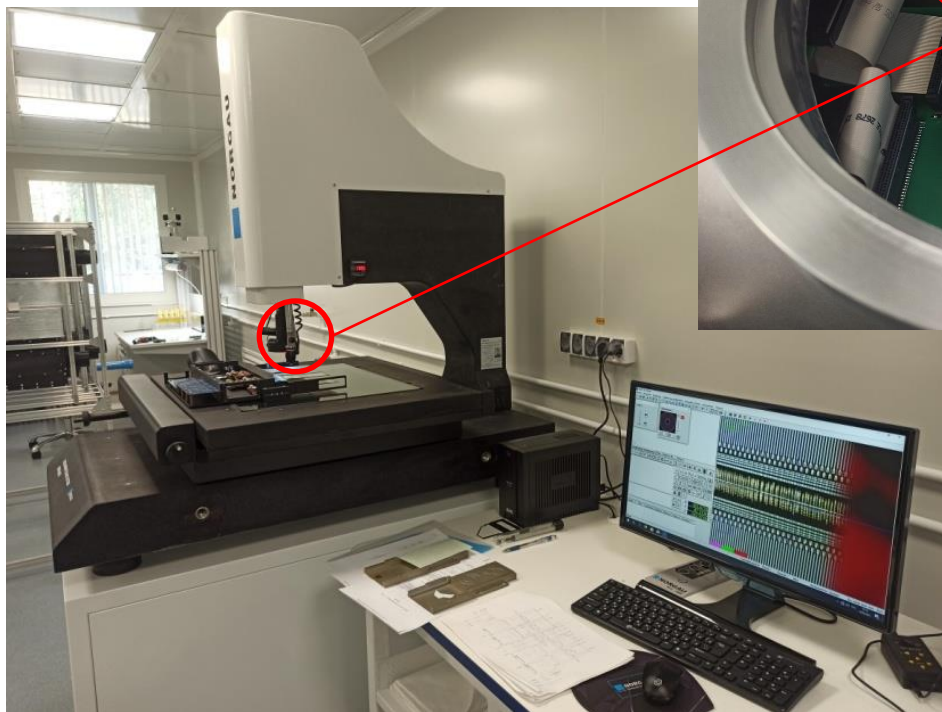
Patch panels

Si-FW tracker four planes



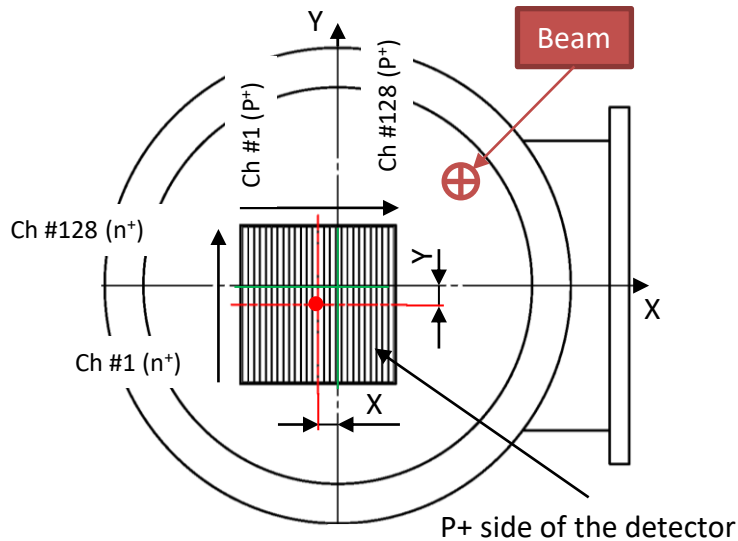
Target

# Measurement of the position of Si-detectors relative to the axis of the beam pipe on a video-measuring microscope "NORGAU" NVM II-5040D.

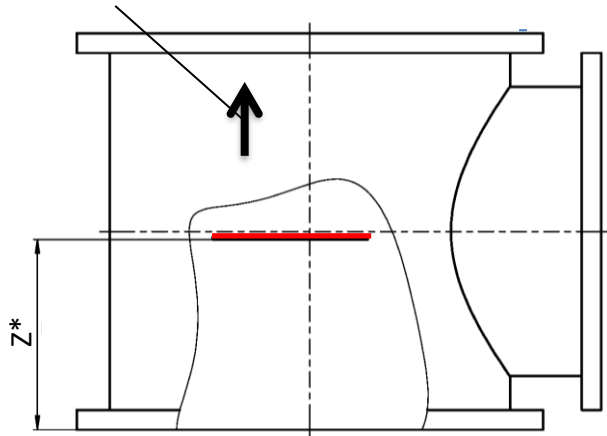


«NORGAU» NVM II-5040D	
Range of movement along the axes X and Y (mm)	500 x 400
Axis travel range Z (mm)	250
Permissible absolute error of linear measurements along the axes X and Y ( $\mu\text{m}$ )*	$\pm(2.5+L/200)$
Permissible absolute error of linear measurements along the axis Z ( $\mu\text{m}$ )*	$\pm(2.5+L/100)$
* L –measured length in mm	

# Position of double-coordinate Si-detectors relative to the axis of the ion guide



Beam directions



\*Distance between the flange surface and the detector surface.  
Detector rotation in the coordinate plane no more than  $0.5^\circ$

Beam tracker detector center coordinates relative to the ion guide axis (mm)

#	X	Y	Z*
#1	0.0	0.9	94.7
#2	2.7	-0.3	96.9
#3 (Al)	0.4	0.1	94.9

Strip pitch in the detector: 0.45 mm

Number of strips: 128x128

Thickness: 175  $\mu\text{m}$

Size: 63 x 63 mm<sup>2</sup>

Beam profilometer detector center coordinates relative to the ion guide axis (mm)

#	X	Y	Z*
#1 (electric)	$-1.3 \pm 0.1$	$0.7 \pm 0.1$	99.7
#2 (pneumatic)	$-2.7 \pm 0.5$	$1.4 \pm 0.2$	100.7

Strip pitch in the detector: 1.87 mm

Number of strips : 32x32

Thickness: 175  $\mu\text{m}$

Size: 60 x 60 mm<sup>2</sup>