



Процесс устранения нечувствительных FEE-каналов в передней части трекера FSD-Si

Состояние на 26.09.2023.

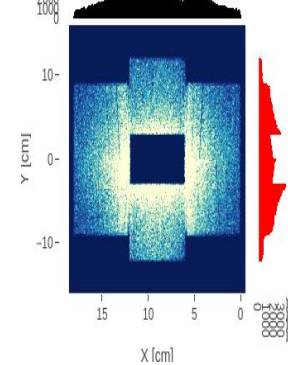
*Совещание по подсистемам БМН,
Замятин Н.И., 26.09.2023*

*Состояние плоскостей FSD-Si
после сеанса-2023*

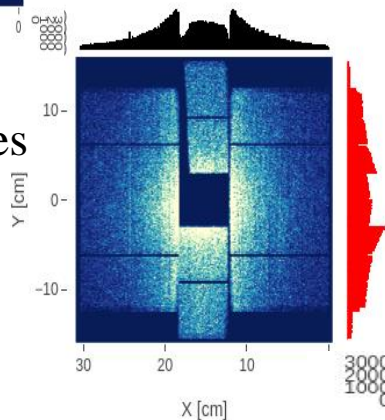
PI#1:

Id=8.9 μ A / 8.2 μ A

(100% чипов работают, не было проблем)



6 modules

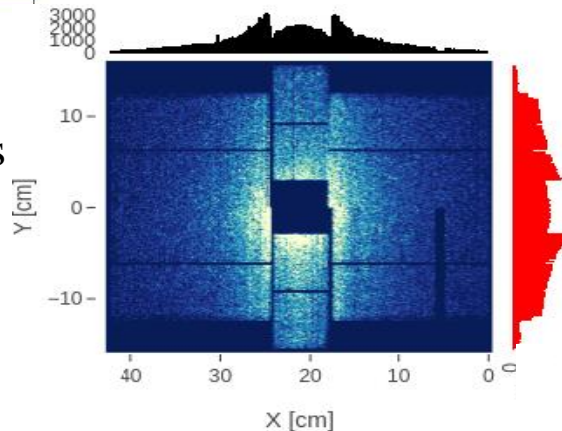


PI#2:

Id=27.6 μ A / 28.5 μ A

(1% чипов не работал =1 чип из 100 шт., на 26.09.23 все 100% работают)

10 modules



PI#3:

Id=40 μ A / 48 μ A

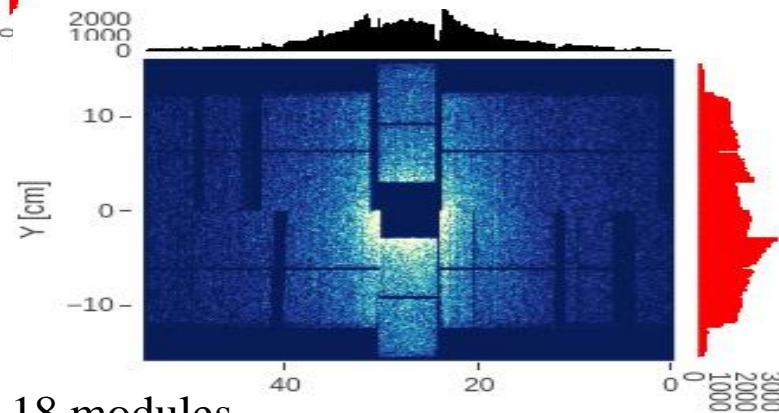
(2 чипа из 140 не работают, план готовности – октябрь-2023)

PI#4:

Id=69 μ A / 73.8 μ A

(не работают 5 чипов (из 180))/(5 плат), план готовности – декабрь-2023)

14 modules



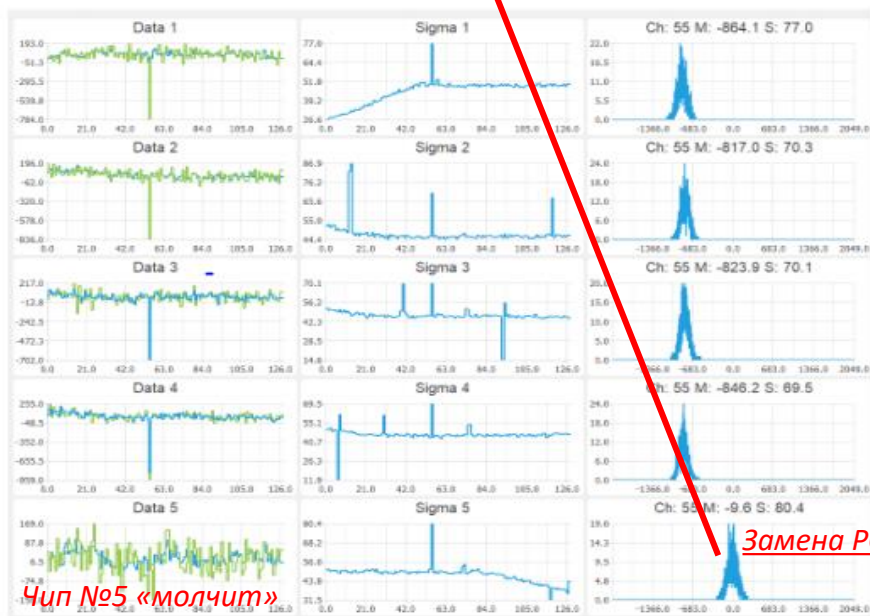
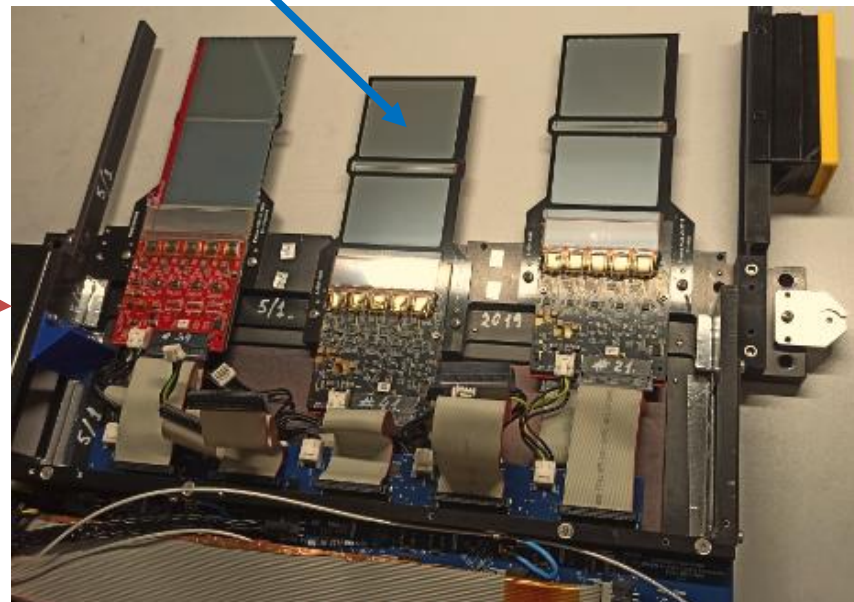
18 modules

RUN 7529(11.01.2023), target №2 CsI (2%)

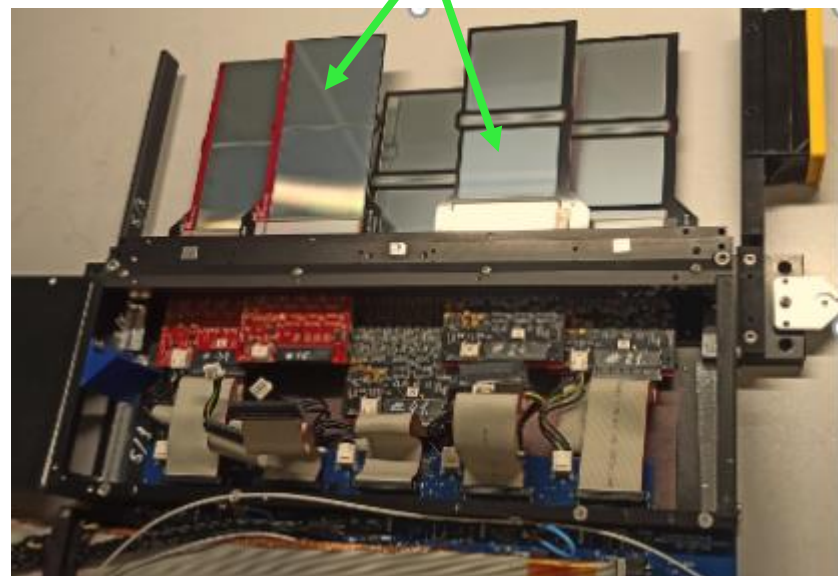
Ремонт PI#2, август-сентябрь-2023



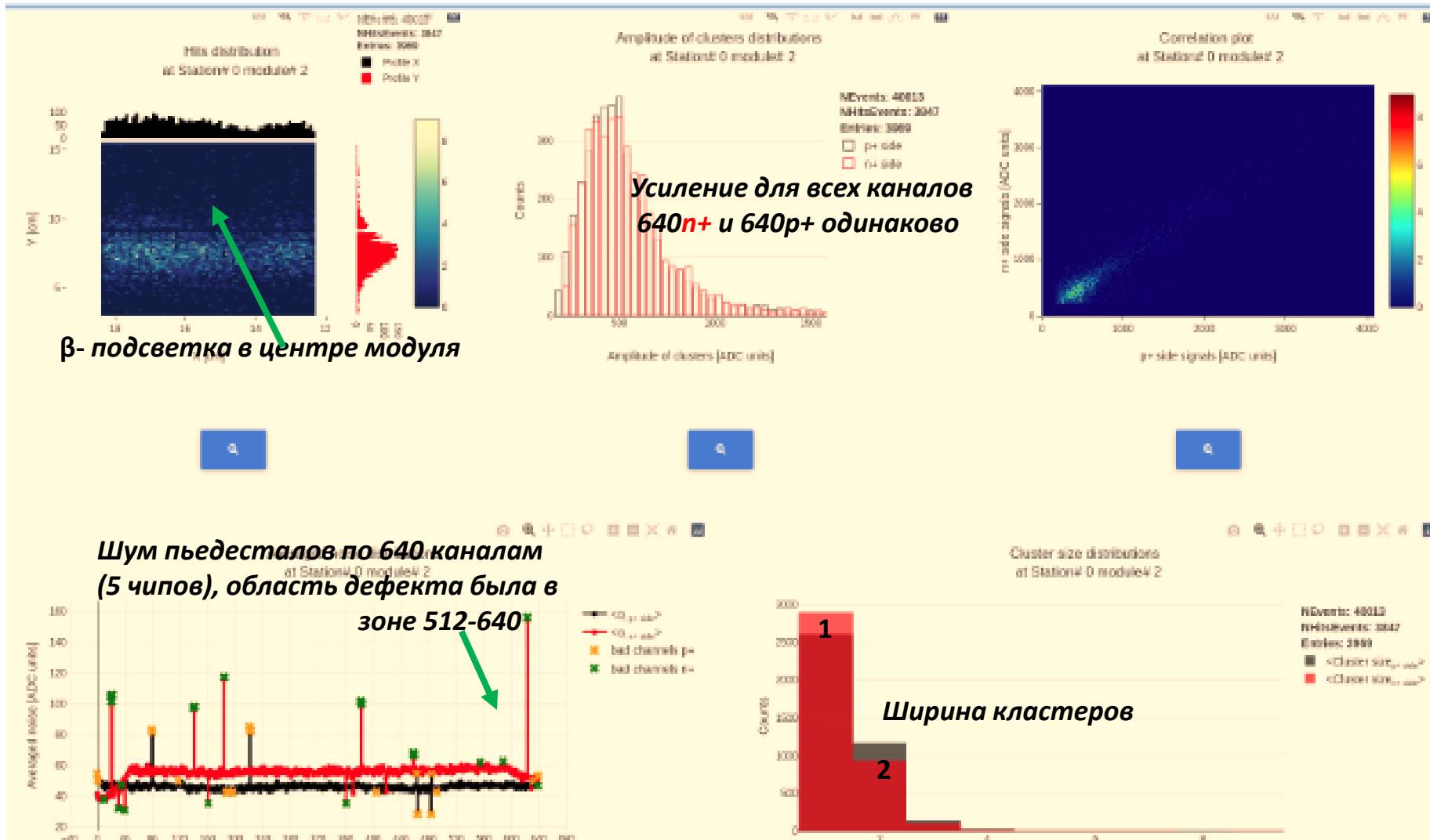
Замена PCB(n+) - монтаж на модуль - УЗС - тесты - монтаж мод.№41 на плоскость №5/1



Mod. 41, Test(int.)= 55ch.ADC, $Q_{am} = 4.75 fC$, Current Comp. "OFF",



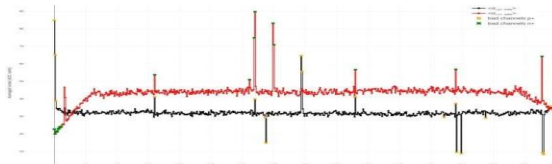
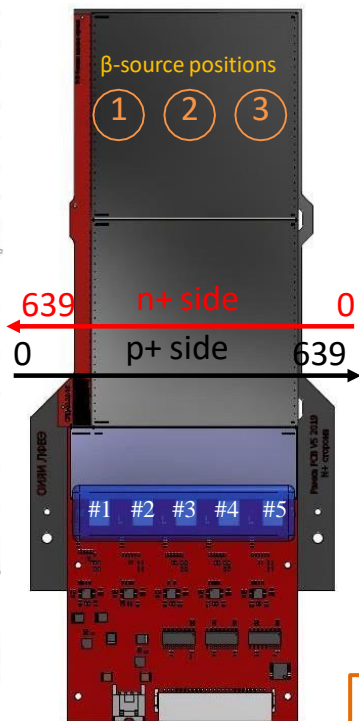
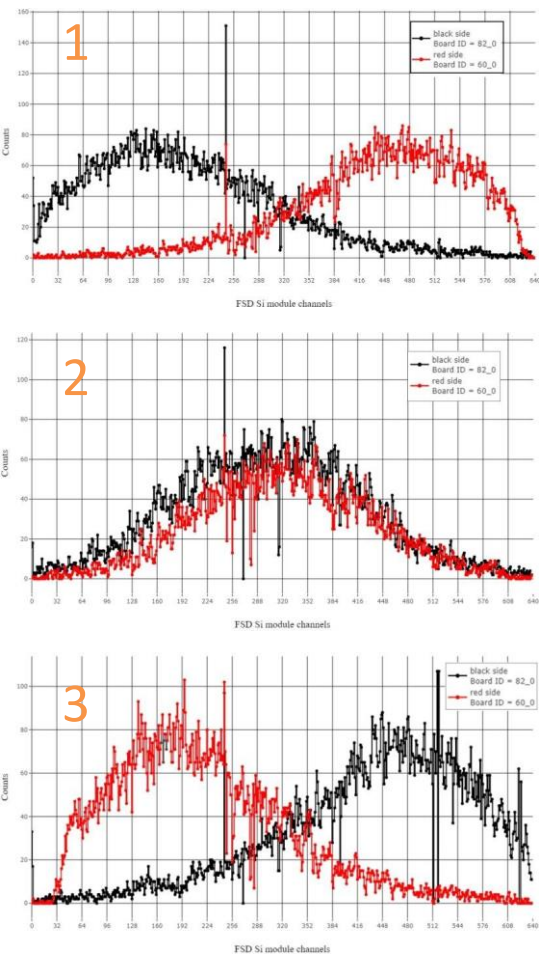
Модуль №41 после замены РСВ-640(n+) полностью работоспособен, тесты проведены с β источником, 25.09.2023.



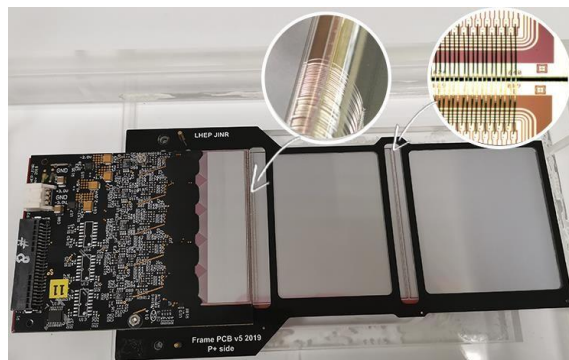
FST Si module test results

(module #41)

Occupancy distributions in FSD Si module channels after noise suppression

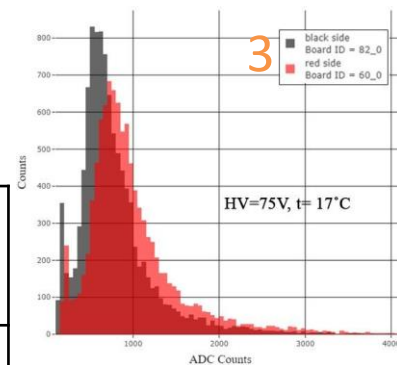
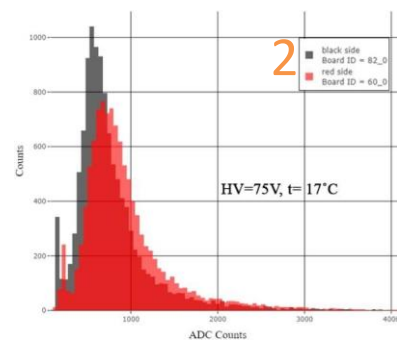
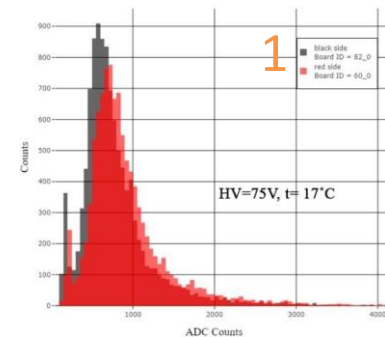


Sigma values of each FSD Si module channels at 75 V

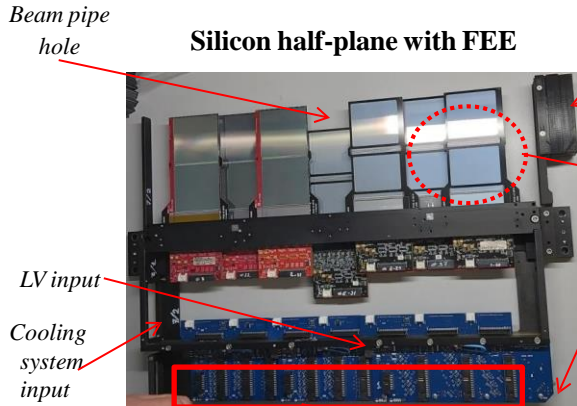


1ch.ADC_{p+} = 45 e, 1ch.ADC_{n+} = 42 e

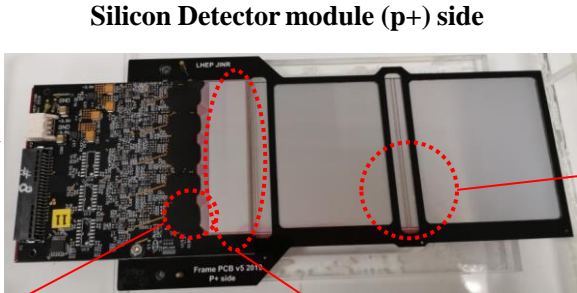
Module ID	Dark current (50V), nA	Mean noise (*p), ch.ADC	Mean noise (*n), ch.ADC	MPV (*p), ch.ADC	MPV (*n), ch.ADC	S/N p+ side	S/N n+ side	Ba d chann els ratio, %
41_0	3 584,00	36,93	50,76	536,20	578,89	14,09	13,32	0,55



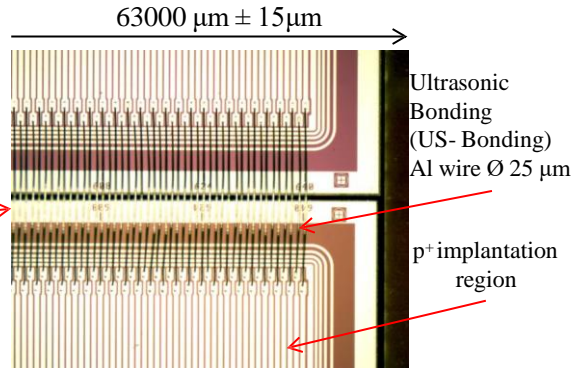
Silicon Detector Module



Silicon half-plane with FEE



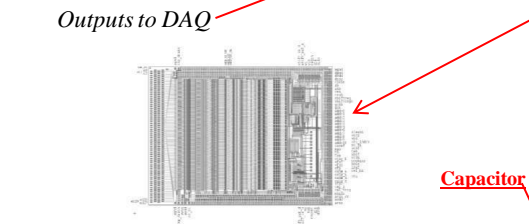
Silicon Detector module (p+) side



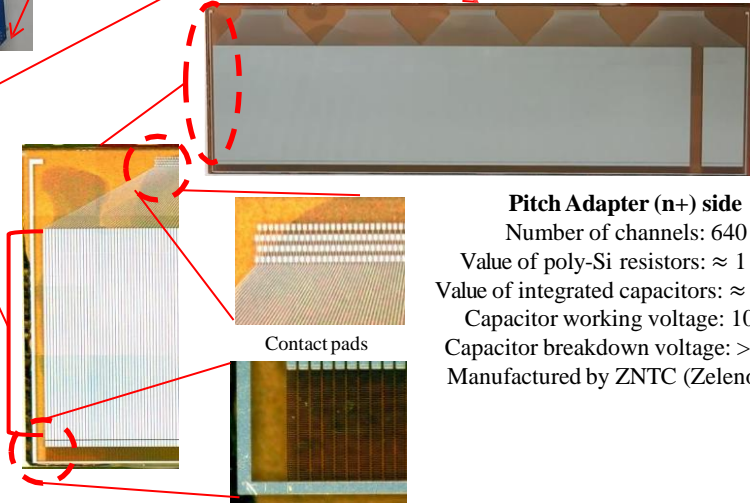
Double sided Silicon detector (p+) side
 Size: 63x63x0,3 mm³ (on 4" – FZ-Si wafers)
 Topology: double sided microstrip (DSSD) (DC coupling)

Pitch p⁺ strips: 95 μm;
 Pitch n⁺ strips 103 μm;

Stereo angle between p⁺/n⁺ strips: 2,5°
 Number of strips: 640 (p⁺) × 640 (n⁺)
 Development by JINR, RIMST (Zelenograd)
 Manufactured by RIMST (Zelenograd)



ASIC VATAGP7.2 (5 chips on each side of module)
 Number of CSA: 128 channels
 Dynamic range: ±30 fC
 Peaking time (slow/fast shaper): 500 ns/ 50ns
 Noise (ENC): 70e +12e/pF (typ.)
 Voltage supply: +1,5 V, -2,0 V
 Gain from input to output buffer: 16,5 μA/fC
 Output Serial analog multiplexer clock speed: 3,9 MHz
 Power dissipation per channel: 2,2 mW



Pitch Adapter (n+) side
 Number of channels: 640
 Value of poly-Si resistors: ≈ 1 MΩ
 Value of integrated capacitors: ≈ 120 pF
 Capacitor working voltage: 100 V
 Capacitor breakdown voltage: >150 V
 Manufactured by ZNTC (Zelenograd)

Capacitor

Contact pads

Value of poly-Si resistors

Деинкапсуляция компаунда BE-08

Цель: удалить (растворить) отвердевший черный инкапсулянт BE-08 с платы электроники для извлечения годных чипов, без повреждения алюминиевых контактных площадок для УЗС

Инкапсулянт BE-08 - черная однокомпонентная эпоксидная смола с отверждением при повышенной t°

Пробовали следующие варианты растворителей:

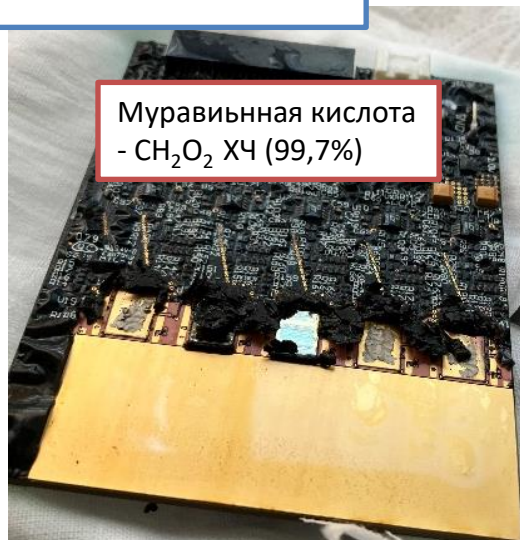
Вариант-1: диметилсульфоксид (хч) - C_2H_6SO ;

диметилформаид (хч) - C_3H_7NO ;

(Компаунд BE-08 разрушается очень медленно).

Вариант-2: муравьиная кислота (хч) - CH_2O_2 (99,7%)

(удаляется эффективнее, но может быть травление Al контактов)



Муравьиная кислота
- CH_2O_2 хч (99,7%)



48 часов в CH_2O_2 Остатки компаунда
на контактных площадках



За 76 часов в CH_2O_2 Al-растворился
на контактных площадках

Применяли следующую схему:

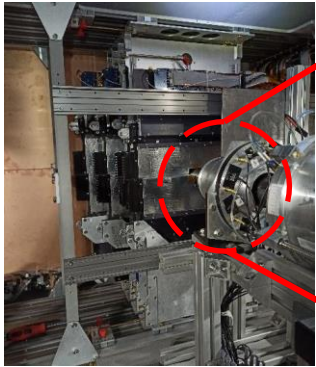
- Выдерживали 48 часов в CH_2O_2 , удаляли остатки компаунда в растворе 1:1 $C_2H_6SO + C_3H_7NO$.
- **На сегодняшний день извлекли 3 чипа из 4 нерабочих плат, цель по извлечению чипов пока не достигнута!**

Выводы:

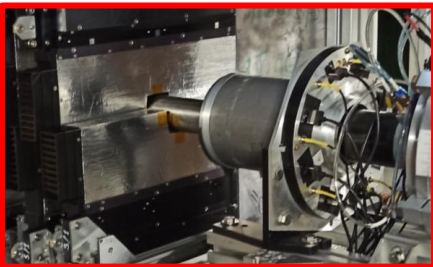
- Не удалось (пока) отработать техпроцесс по удалению компаунда с чипов бракованных плат (с целью получения запасных чипов);
- Проводится диагностика отказавших чипов (плат) по данным сеанса-2022/2023;
- Доступ к плоскостям и демонтаж модулей только при 100% уверенности причины отказа, чтобы не создать ещё более тяжелой ситуации;
- Собраны вновь (остатки чипов) 6 новых плат, за октябрь будут протестированы и будут готовы для замены дефектных плат на модулях;
- По контракту с Фотоникс-Азимут в октябре должны быть получены 30 шт. чипов (VATAGP7.2), чипы находятся в ЕАЭС (должны быть готовы ещё (5-6) новых плат);
- **План: готовность всех 4-х плоскостей – середина декабря-2023.**

Запасные слайды

Forward Silicon Detectors Configuration (BM@N 2023 – Xe run)



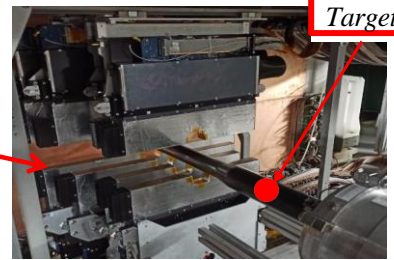
View of the FSD in the magnet SP-41 (working position)



Barrel detector and target node

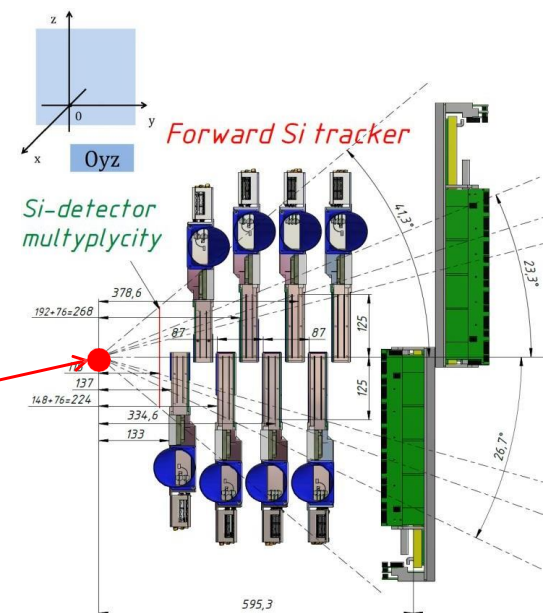


Half plane view #3

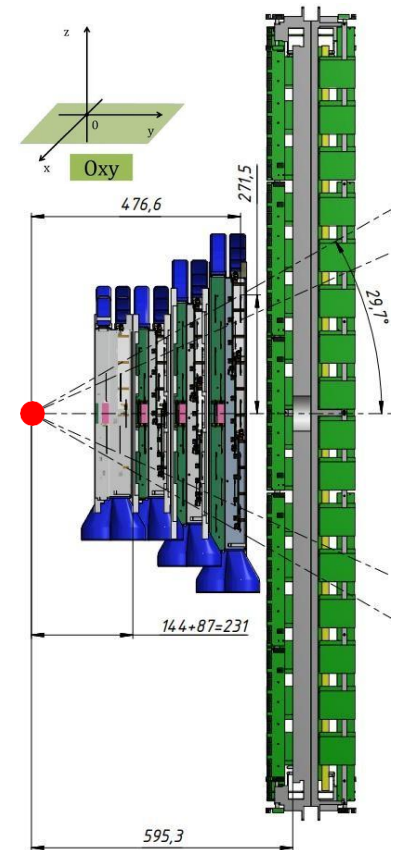


View of the FSD in the magnet SP-41

Target



Location of FSD planes in session 2023 (side OYZ)



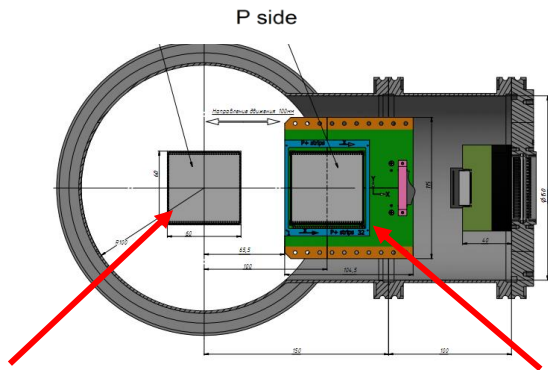
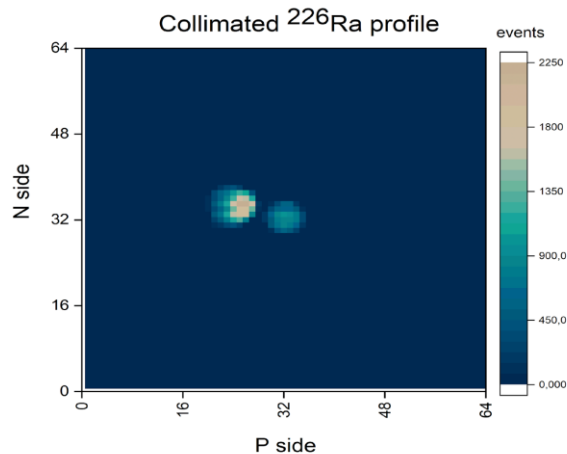
Location of FSD planes in session 2023 (side OXY)

Planes	#0	#1	#2	#3	Total
Modules	6	10	14	18	48
Channels	7680	12800	17920	23040	53760
Area, m ²	0,035	0,073	0,102	0,132	0,307

2. Beam profilometer (two station):

- We expected beam profiles for Xe to be approximately the same shape as profiles in the tests with alpha-source ^{226}Ra , but it did not happen due to signals overlap with usage "slow" electronics (VA163) and with large area of strips (pitch = 1.87 mm);

- **both profilometers were put in the "park" position and were not used in the session;**
 - our plans and actions: we are making a new development based on DSSD with 128x128 strips (pitch = 450 μm) and turn it to 64x64 strips (pitch=900 μm) + new FEE based on fast chip VAHDR64



working position

parking position

- **detector:** DSSD, (32p⁺×32n⁺), strips pitch = 1.8 mm, thickness (Si) -175 μm , active area (60 × 60) mm²;
- **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.

3. Two planes of Si-multiplicity trigger, 64 strips ϕ , pitch=5.63, detector thickness – 525 μm ($0.0056X_0$):

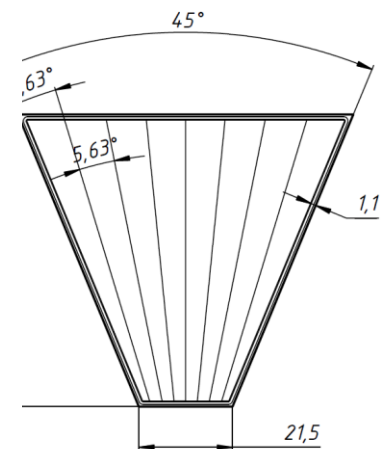
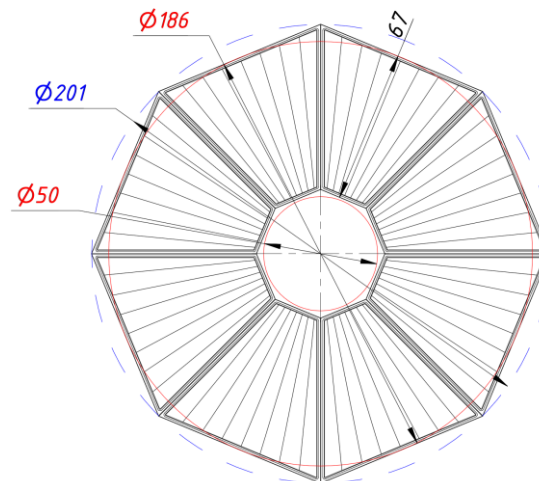
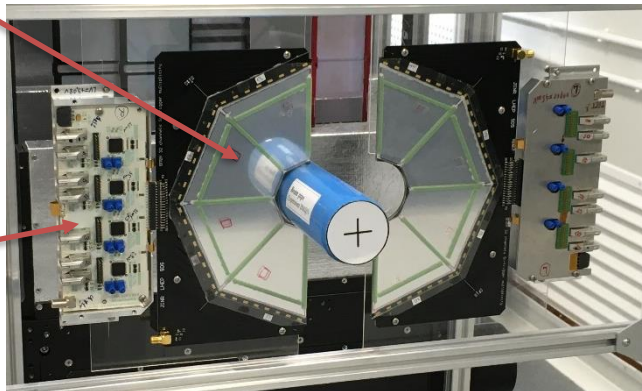
- Almost did not work in session, 16.12.2023 planes were moved away from beam pipe and were outside the beam zone;
- In the last two days of session, the detector was installed in the working position and data was recorded (did not participate in the trigger) with a beam Xe=3.0 A*GeV;
- To make a decision on further application, an analysis of the recorded data is required (there are two data streams: - a monitor with a display of noise counting and multiplicity (the indicator of equipment operation is OK!); – branching to TDC with recording measurements in DAQ, these data are in doubt

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

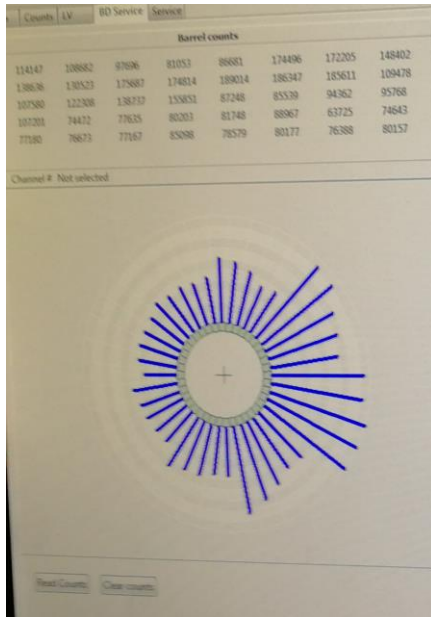
- Total 64 radial strips with 5.630 angle
- Diameter of inner hole for ion guide $\varnothing 50$ mm (dead zone $\varnothing 55$ mm)
- External diameter of the sensitive zone 186mm
- Max diameter 201mm
- Detector thickness 500 μm
- $S_{\text{strip}} - 3.55 \text{ cm}^2$

Half plane
32
channels,

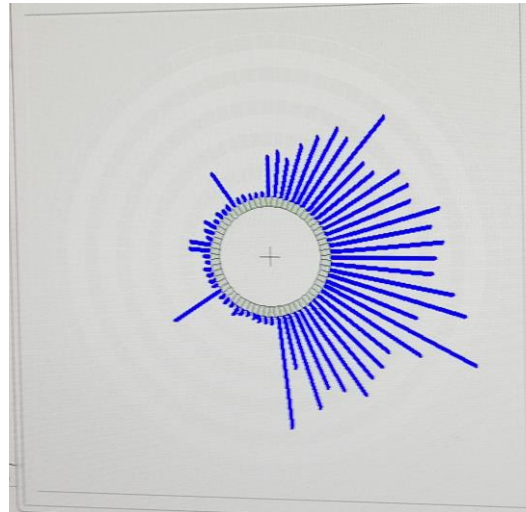
FEE



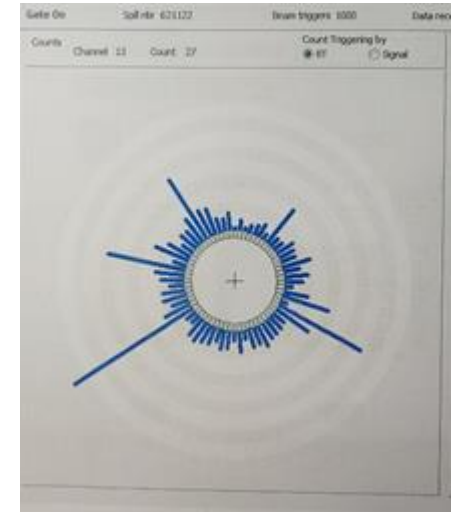
Trigger data with beam of Xe ($3.0 \text{ A} \cdot \text{GeV}$),



Trigger barrel detector (BD) counting distribution



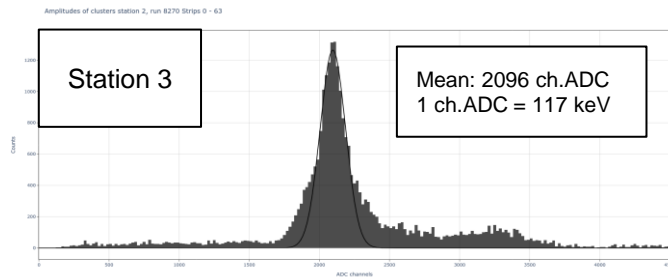
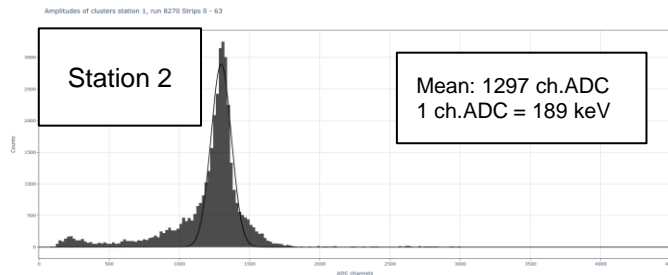
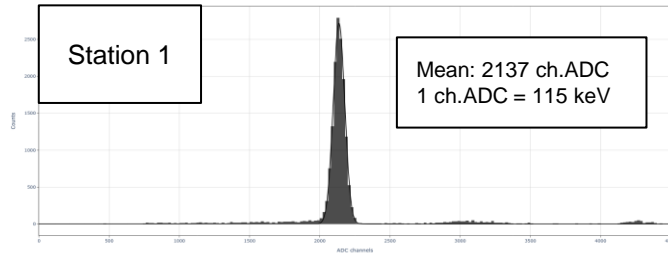
Forward part of Si-MD counting distribution



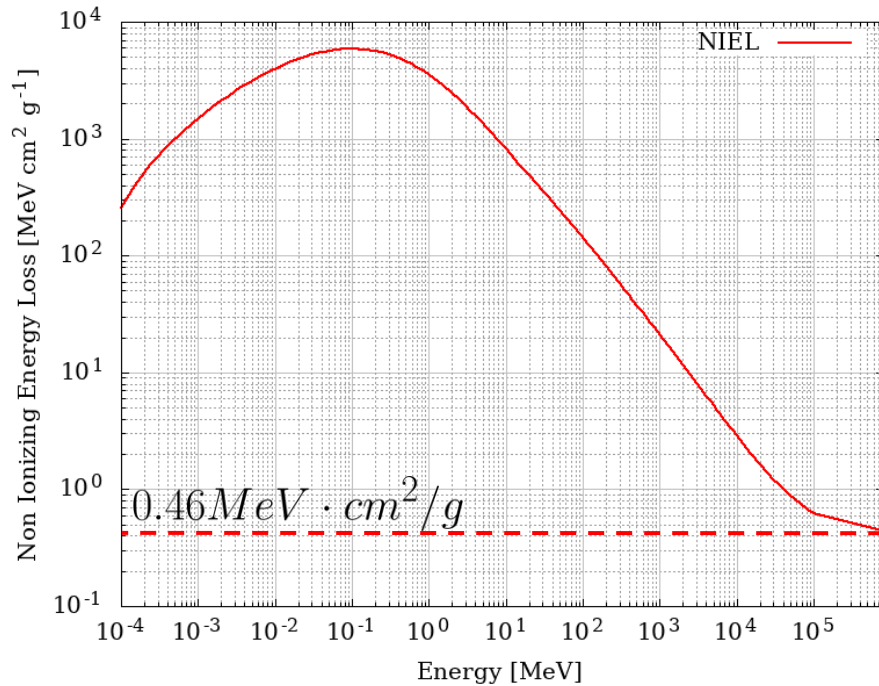
Noise distribution of Si-MD (without beam)

Energy deposition of Xe in 175 μm silicon

P+ side cluster amplitude distributions, run 8270



NIEL simulation of ^{124}Xe in 175 μm silicon



NIEL of Xe in 175 μm Si

BT Si detectors were installed in the most severe radiation conditions - in a direct beam of heavy xenon ions. Non-ionizing energy losses (NIEL) are used as a measure of the degree of radiation damage.

Using GEANT4 with the SR-NIEL library, NIEL of Xe in 175 μm Si values were obtained.

NIEL from 1 MeV neutron in Si (ASTM Standard E722-19):

$$NIEL_n = 0.0016 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$$

NIEL from 4 A*GeV Xe:

$$NIEL_{Xe} = 0.458 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$$

Hardness factor of 4A*GeV Xe:

$$NIEL_{Xe}/NIEL_n \approx 276 \Rightarrow \Phi_n = \Phi_{Xe} \cdot 276$$

ADC channel pulse with different formation time (T_p) (test signal 150 mV)

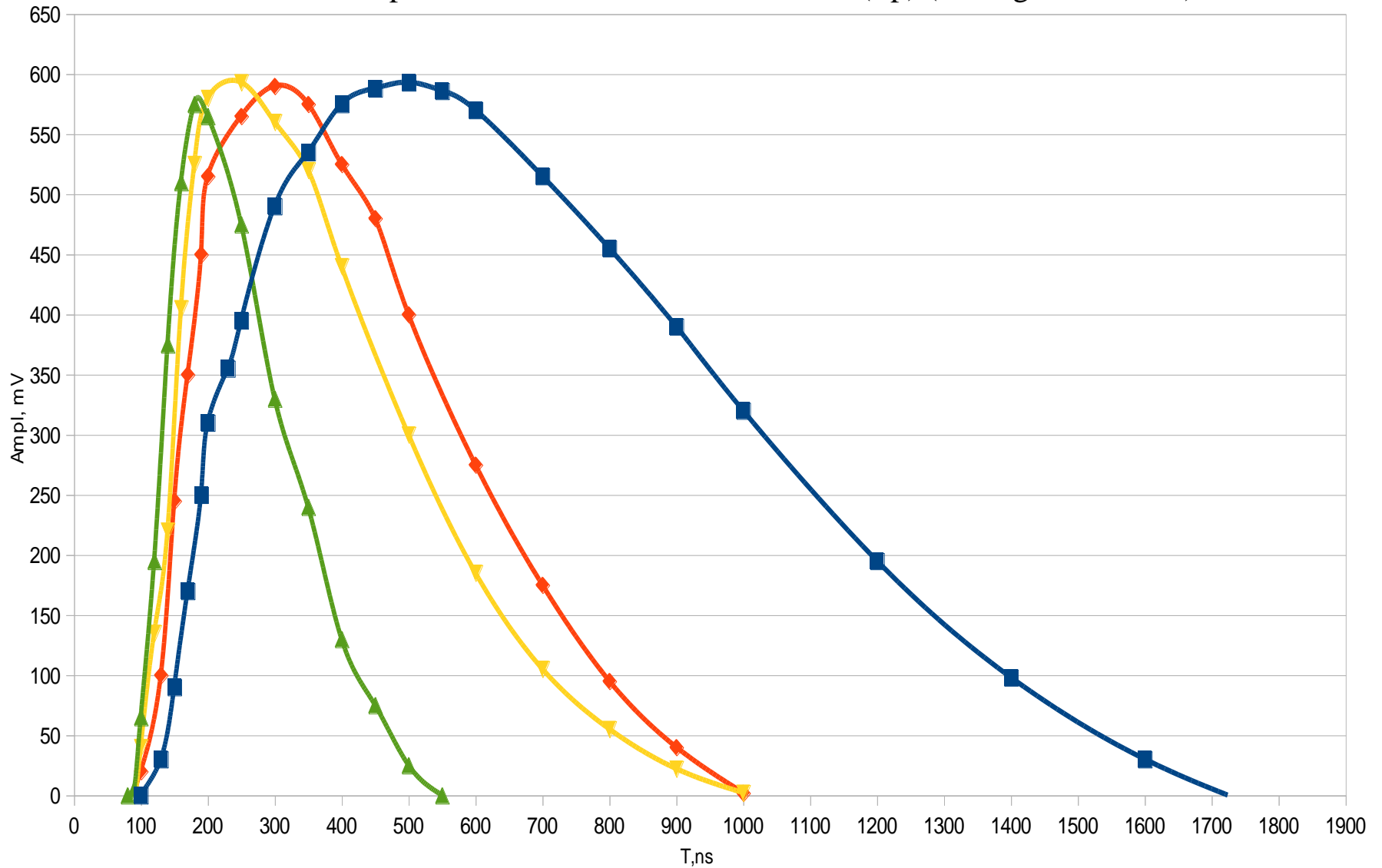
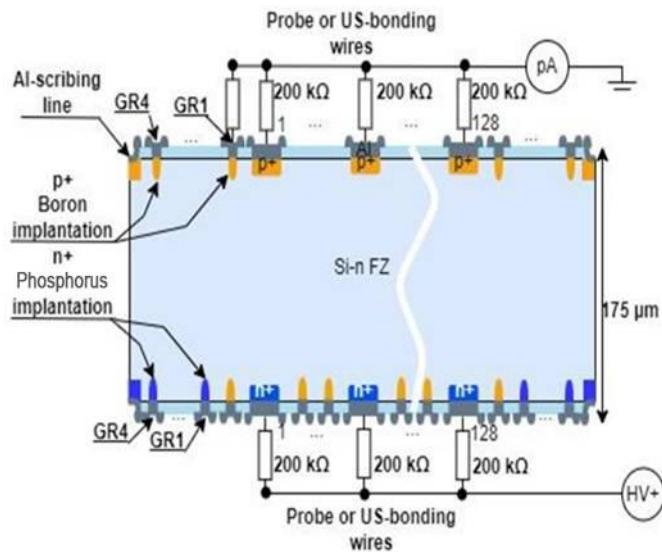
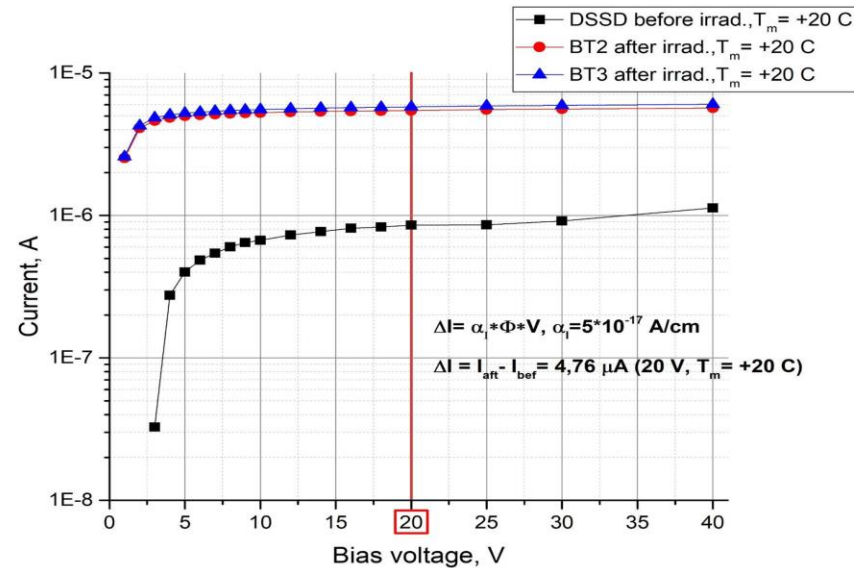


Fig.4. Pulse shape of the test signal=1.8 pCl at different t_p values, HDR 64 chip(VA)



(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: α_1 – токовая константа повреждений кремния равняется 5×10^{-17} А/см, при $+20^\circ\text{C}$ для нейтронов с энергией 1 МэВ и физически означает приращение тока в кремниевом детекторе объемом 1см^3 от прохождения одного нейтрона (1 МэВ), $\Phi, \text{см}^{-2}$ – флюенс нейтронов, $V, \text{см}^{-3}$ – объем детектора.