



Отчет за 5 лет (2016-2020)

Ахмедов Гадир Саттар оглы

Старший научный сотрудник, СИНЯВ, ОЯФ, ЛНФ

Национальный Центр Ядерных Исследовании (НЦЯИ), Баку, Азербайджан Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, ОИЯИ, Дубна, Россия

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

У Исследование редких мод деления с помощью гибридных пиксельных детекторах-Тітеріх

 Измерение Т-нечетных эффектов в нейтронно-ядерных взаимодействиях

 Гейгер режим микро-пиксельные лавинные фотодиоды (МЛФД)

Докторская диссертация (с 2017 года): «Исследования редких мод процессов в делениях нестабильных ядер»

Эксперименты и сотрудничества

- 1) Эксперимент по измерению выходов и угловых корреляций легких заряженных частиц в тройном и четверном делении ²⁵²Cf и поиск гипотетических мод деления (псевдо или истинное пятерное деление)- Дубна-Прага
 - Сотрудничества с институтом экспериментальной и прикладной физики (Прага, Чехия) по направлению пиксельных детекторов Timepix (до 2015 и с 2018 года
 - Position- and Time-Correlated Detection of Fission Fragments and Light Charged Particles with Pixel Detectors Timepix
 - Study of fission fragments with Pixel Detectors Timepix 3
- 2) Эксперименты измерения Т-нечетных эффектов в нейтронно-ядерных взаимодействиях-Дубна-Мюнхен

В рамке темы 03-4-1128-2017/2022 (Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона). Лаборатория нейтронной физики имени И.М.Франка

- 3) Разработка и применение микро пиксельных лавинних фотодиодов (МЛФД)- Дубна-Баку
 - Разработа детекторных систем большой урановой мишени на основе МЛФД (с разными конверторами) для эксперимента «Энергия и Трансмутация»
 - Разработка сцинтиляционны детекторов на основе МЛФД
 - Indirect monitoring of direct currents exploiting advanced photonics detectors

В рамке темы 02-1-1107-2011/2021 (Разработка и создание прототипа комплекса для радиотерапии и прикладных исследований на пучках тяжелых ионов Нуклотрона-М). Лаборатория физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина (ЛФВЭ)

Исследование редких мод деления с помощью кремниевых

пиксельных детекторов

 Δ Е- тонкий кремниевый PIN детектор (12 µm, 15 µm, 140 µm)

Е- кремниевый пиксельный детектор - Timepix (300 µm, 600 µm)

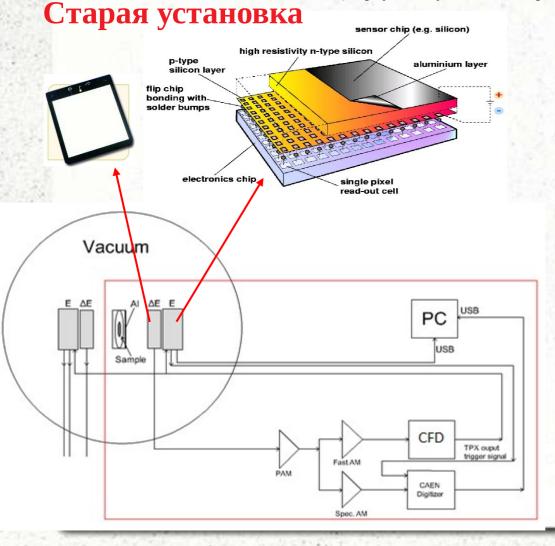
Timepix \rightarrow E, θ , t

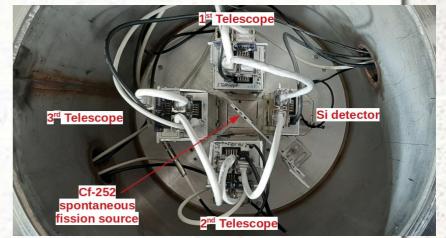
 $\Delta E \rightarrow Z$ (тип частицы)

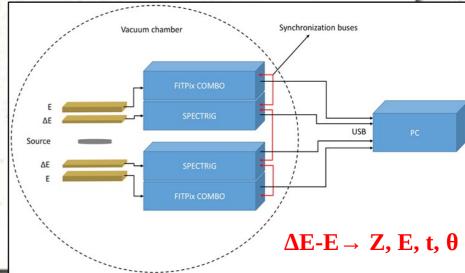
 $\Delta E - dE/dx \approx (aZ^2) \cdot ln [b\beta^2 \gamma^2)]$

(Формула для удельных потерь Бете-Блоха)

Новая установка



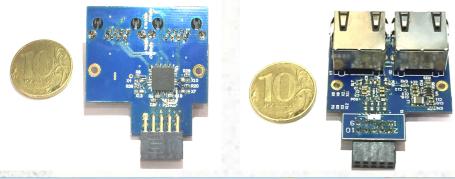


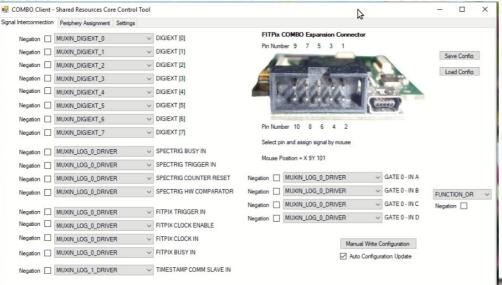


Электронные модули для управления детекторами и для совпадения

Модуль синхронизации

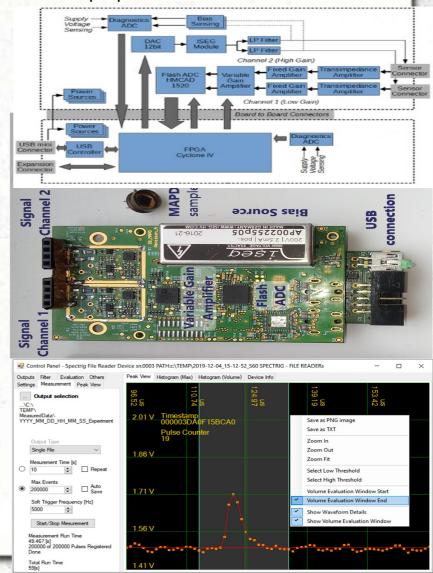
Специальная шина синхронизации была разработана и интегрирована в устройство. Шина синхронизации позволяет реализовать систему из 32 различных устройств, работающих в режиме блокировки часов, тогда как временной метки распространяется на все устройства в системе. Любая комбинация приборов Timepix или Spectrig (до 32) может быть подключена для создания окончательной настройки измерения.



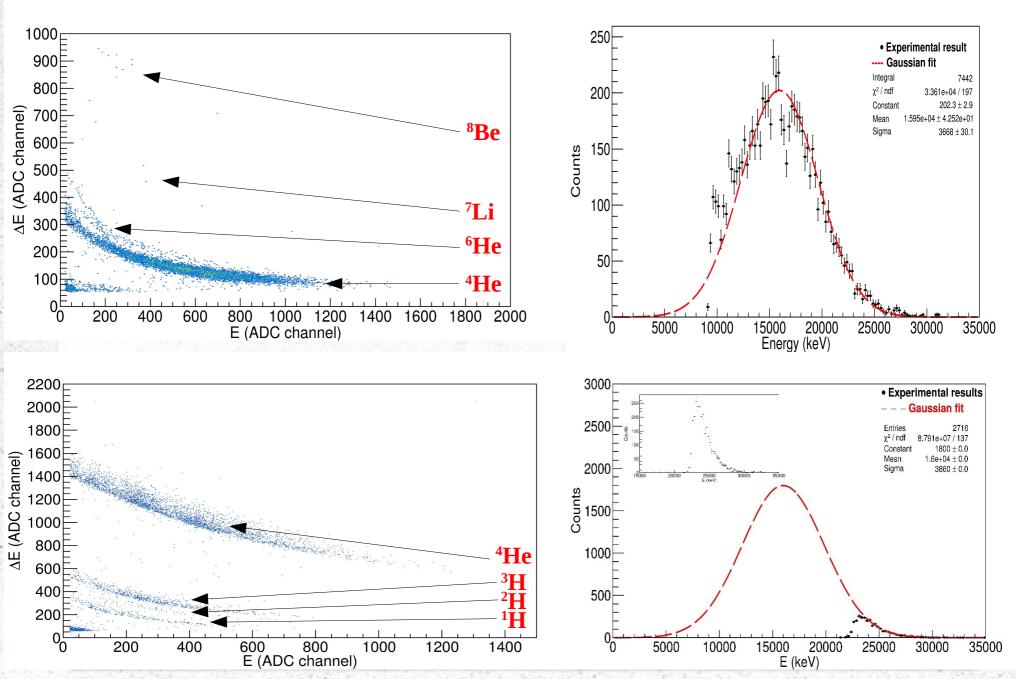


Spectrig

Электронный модуль или устройство Spectrig (модифицированная версия FITPix COMBO) используется для сбора сигнала от детектора ΔΕ. Он управляется программном обеспечением IEAP.

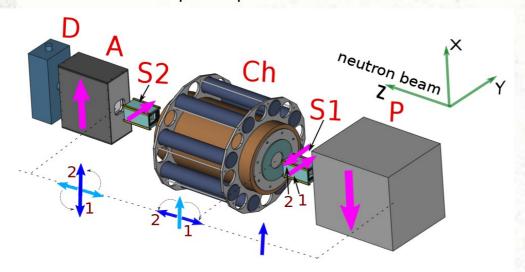


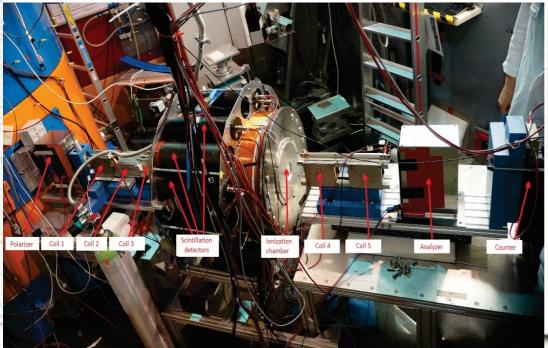
Спектр альфа частиц из тройного деления спонтанного источника ²⁵²Сf



Эксперименты измерения Т-нечетных эффектов в нейтронно-ядерных взаимодействиях

Эксперимент по поиску эффекта вращения делящегося ядра в процессе ²³⁵U(n,f), проводится на поляризованном пучке Poli Мюнхенского реактора FRM-II.



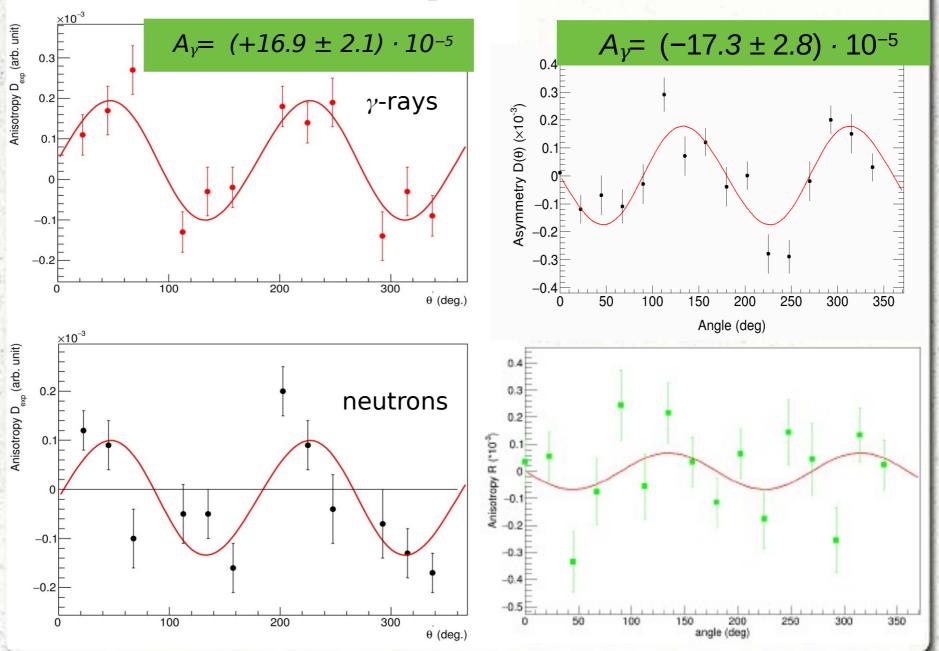


Участники

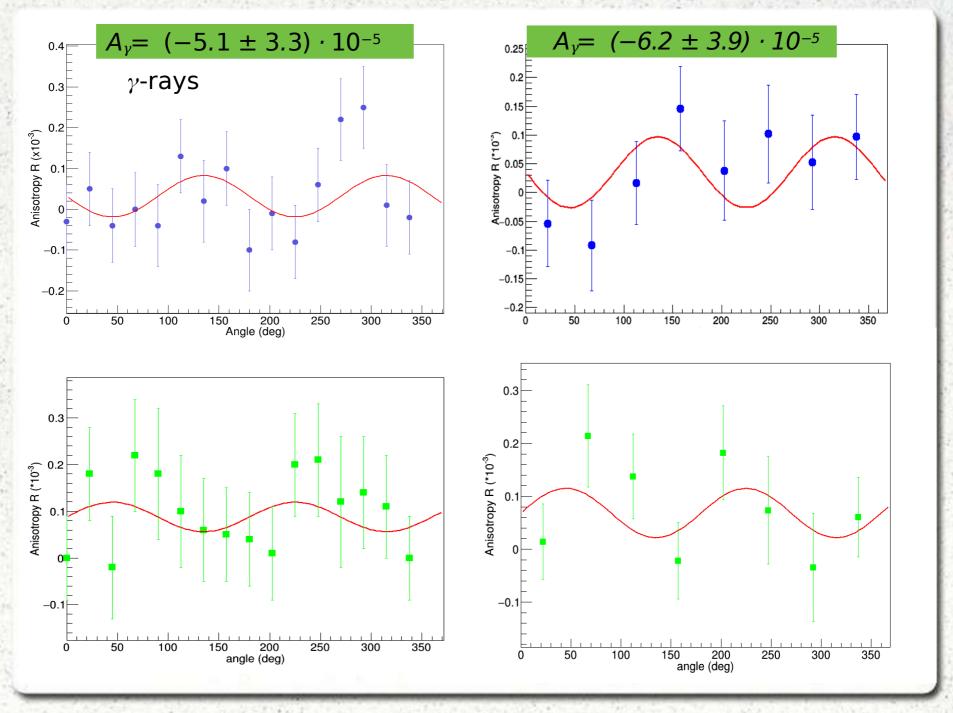
- 1) Joint Institute for Nuclear Researches, Dubna, Russia
- 2) Institute for Theoretical and Experimental Physics of National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia
- 3) Petersburg Nuclear Physics Institute of National Research Centre "Kurchatov Institute", Leningradskaya Oblast, Russia
- 4) Institute of Crystallography, RWTH Aachen University and Jülich Centre for Neutron Science at Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ), Garching, Germany
- 5) Heinz Maier-Leibniz Zentrum (MLZ), Technical University of Munich, Garching, Germany
- 6) The Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan
- 7) National Nuclear Research Center, Baku, Azerbaijan
- 8) Jülich Center for Neutron Science (JCNS) at the Heinz Maier-Leibniz Zentrum (MLZ), Garching, Germany

ROT-эффект при делении ²³⁵**U под действием поляризованных**

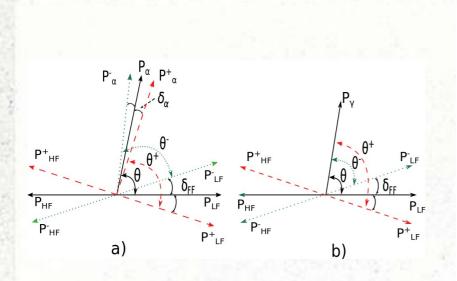


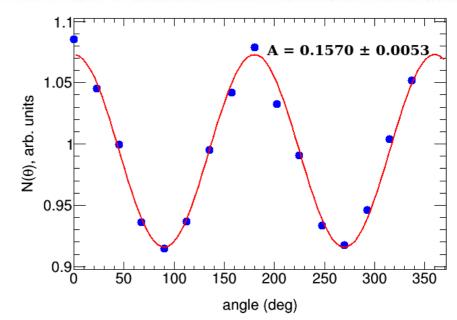


ROТ-эффект в изолированном резонансе (270 мэВ) ²³⁵U



Угол поворота делящегося ядра





$$\theta = \theta - \delta \text{ if } \sigma > 0$$

$$\theta = \theta + \delta \text{ if } \sigma < 0$$

$$N(\theta) = N(90^{\circ}) \cdot (1 + A \cdot \cos^2 \theta)$$

$$N^{+}(\theta) = N(90^{\circ}) \cdot (1 + A \cdot \cos^{2}(\theta' + \delta))$$
 if $\sigma > 0$

$$N^{-}(\theta) = N(90^{\circ}) \cdot (1 + A \cdot \cos^{2}(\theta' - \delta))$$
 if $\sigma < 0$

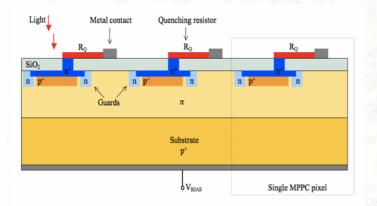
the rotation angle of $^{236}U^*$ is $\delta = 0.07(1)^{\circ}$

$$D_{\exp}(\theta') \cong -A \cdot \delta \cdot \sin(2\theta')/[1 + A \cdot \cos^2(\theta')]$$

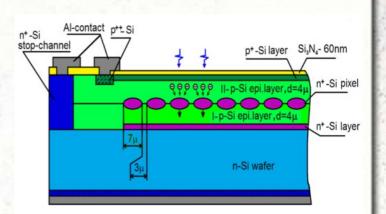
Observed angular distribution shift for γ -rays: 0.07(1) $^{\circ}$ compared to 0.215(3) $^{\circ}$ for LCP

Гейгер режим микро-пиксельные лавинные фотодиоды (МЛФД)

MPPC -S12572-010P-Hamamatsu(Япония)



MAPD-3NK

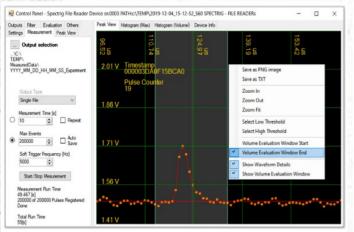


MAPD	3A	3B	3N	3N1P	K0	3NM
Плотность-ріх/mm²	15k	40k	15k	15k	10k	10k
Размер,тт ²	3x3	3x3	3x3	3x3	3.7x3.7	3.7x3.7
ЭРФ, % (450-550)	~13	~13	~30	~30	~30	~33
Усиление-10 ⁴	2	1	5	5	10	10
Рабочее напряжение	~66	~70	~90	~90	~90	~74

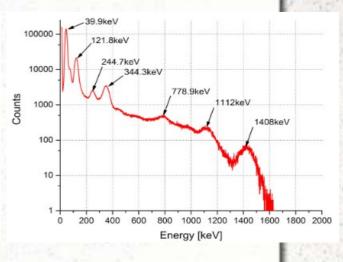
В случае того же усиления, PDE определяется 7% для MPPC-S12572-010P и 30% для MAPD-3NK. Это различие связано с низким коэффициентом заполнения (fill factor) MPPC.

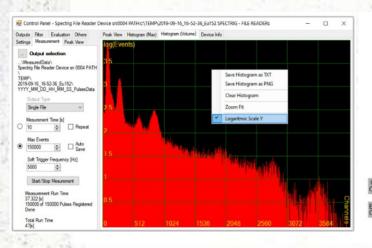
Электронный модуль- Spectrig MAPD

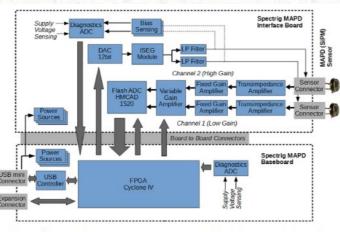
Этот электронный модуль модифицированная версия Spectrig называется Spectrig MAPD, предназначенное для кремниевых фотоумножителей (SiPM). Несмотря на то, что оно было разработано как миниатюрное устройство с низким энергопотреблением, оно обеспечивает широкий спектр функций, необходимых для проведения измерений с кремниевыми и сцинтилляционными детекторами на основе кремниевых фотоумножителей. Сбор сигнала может выполняться с частотой дискретизации 400 Мвыб/с при разрешении 12 бит или 600 Мвыб/с при разрешении 8 бит при достижении полной скорости захвата и загрузки формы сигнала около 25000 событий в секунду.

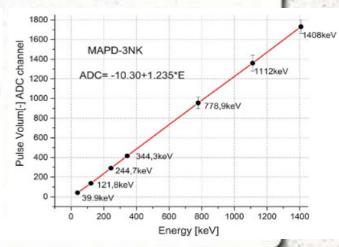




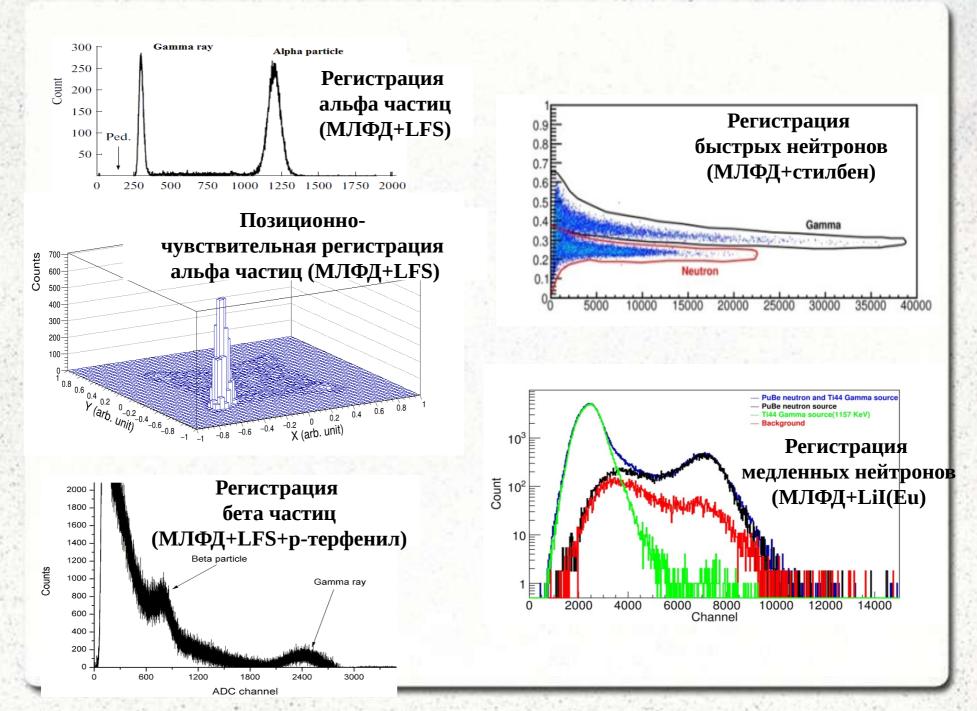








Разработка детекторов заряженных частиц на основе МЛФД



Будущие планы

- До сих пор были сделаны эксперименты по Т-нечетные эксперименты в деление ²³⁵U с поляризованными нейтронами энергиями 4 мэВ, 60 мэВ, 100 мэВ, 270 мэВ. Для изотопа ²³³U только в 4 мэВ. Планируются эксперименты для изотопа ²³⁵U с резонансом энергии 1 еВ, где только одна спиновое состояние (J=4). А также планируются эксперименты в выше обозначенных энергиях для изотопов ²³³U, ²³⁹Pu, ²⁴¹Pu.
- В настоящее время на установке, состоящей из гибридных пиксельных детекторов Тітеріх, идут эксперименты для изучения редких мод деления (тройное, четверное, пятерное) из спонтанного источника ²⁵²Cf. Основной целью эксперимента является поиск гипотетических мод деления (псевдо или истинное пятерное деление) как в нейтронно-индуцированном, так и в спонтанном делении. Кроме того планируются эксперименты по изучению редких мод деления из нейтронно-индуцированного деления изотопов ²³³U, ²³⁵U, ²³⁹Pu и ²⁴¹Pu.
- ▶ При моем участии были разработаны МЛФД с разными параметрами. Некоторые проблемы, такие как темновой ток (DC), эффективность регистрация фотонов (PDE), время восстановления (t) пока остается не решёнными. Планируется разработка новых МЛФД с улучшенными параметрами, такими как низкий ток, высокой PDE, быстрым t. Наряду с этим, планируется участие в разработке детекторных систем большой урановой мишени на основе МЛФД (с разными конверторами) для эксперимента «Энергия и Трансмутация».

ОПУБЛИКОВАННЫЕ СТАТЬИ

- 1. A. Sadigov, F. Ahmadov, G. Ahmadov, A. Ariffin, S. Khorev, Z. Sadygov, S. Suleymanov, F. Zerrouk, R. Madatov, A new detector concept for silicon photomultipliers, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment Volume 824, 11 July 2016, Pages 135-136
- 2. A. Sadigov, S. Suleymanov, F. Ahmadov, **G. Ahmadov**, K. Abdullayev, R. Akberov, N. Heydarov, R. Madatov, R. Mukhtarov, M. Nazarov, R. Valiyev, A micropixel avalanche phototransistor for time of flight measurements, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A., volume 845, **2017**, pp. 621-622
- 3. F. Ahmadov, **G. Ahmadov**, E. Guliyev, R. Madatov, A. Sadigov, Z. Sadygov, S. Suleymanov, R. Akberov, S. Nuriyev, F. Zerrouk, New gamma detector modules based on micropixel avalanche photodiode, Journal of Instrumentation, volume 12, **2017**, JINST 12 C01003
- 4. Ahmadov F., **Ahmadov G.**, Sadigov A., Sadygov Z., Madatov R., Suleymanov S., Akberov R., Zerrouk F., New phoswich detector based on MAPD and LFS & p-terphenyl scintillator, Functional materials, Vol.24, No.3, **2017**
- 5. Ahmadov F., Abdullayev F., Akberov R., **Ahmadov G.**, Khorev S., Nuriyev S., Sadygov Z., Sadigov A., Suleymanov S., On Iterative Model of Performance of Micropixel Avalanche Photodiodes, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A., Volume 912, 21 December **2018**, Pages 287-289
- 6. Nuriyev S., Ahmadov F., Sadygov Z., Akberov R., **Ahmadov G.**, Abbasov I., Performance of a New Generation of Micropixel Avalanche Photodiodes with High Pixel Density and Photon Detection Efficiency, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A., Volume 912, 21 December **2018**, Pages 320-322
- 7. Kopatch Yuri, Novitsky Vadim, **Ahmadov Gadir**, Gagarsky Alexei, Berikov Daniyar, Danilyan Gevorg, Hutanu Vladimir, Klenke Jens, Masalovich Sergey, 2018, Measurement of the TRI effect in the neutron induced fission of 235U in the 0.3 eV resonance at a hot source of polarized neutrons, EPJ Web of Conferences 169, 00010 (2018)
- 8. Holik M., **Ahmadov G.**, Berikov D., Ahmadov F., Kopatch Yu., Nuruyev S., Akbarov R., Abbaszada N., Telezhnikov S., Broulim J., Siroky J., Mora Y., 2018, A synchronization and data acquisition system for silicon detectors, **2018** JINST 13 C11019

ОПУБЛИКОВАННЫЕ СТАТЬИ

- 9. F.Ahmadov, F.Abdullayev, R.Akberov, **G.Ahmadov**, S.Khorev, S.Nuriyev, Z.Sadygov, A.Sadigov, S.Suleymanov, On iterative model of performance of micropixel avalanche photodiodes, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 912, 21 December **2018**, Pages 287-289
- 10.R.A.Akbarov, **G.S.Ahmadov**, F.I.Ahmadov, D.Berikov, M.Holik, R.Mammadov, S.M.Nuruyev, A.Z.Sadigov, Z.Y.Sadygov, S.I.Tyutyunnikov, Fast neutron detectors with silicon photomultiplier readouts, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 936, 21 August **2019**, Pages 549-551
- 11.R.A. Akbarov, **G.S. Ahmadov**, F.I. Ahmadov, D. Berikov, M. Holik, R. Mammadov, S.M. Nuruyev, A.Z. Sadigov, Z.Y. Sadygov, S.I. Tyutyunnikov, Fast neutron detectors with silicon photomultiplier readouts, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 936, 21 August **2019**, Pages 549-551
- 12.M. Holik, **G. Ahmadov**, J. Broulim, J. Zich, D. Berikov, Y. Mora, Yu. Kopatch, S. Nuruyev, N. Abbaszada and K. Zhumadilov, Alpha calibration of the Timepix pixel detector exploiting energy information gained from a common electrode signal, **2019** JINST 14 C06022
- 13.S. Nuruyev, **G. Ahmadov**, A. Sadigov, R. Akberov, F. Ahmadov, M. Holik, Yu. Kopatch, Performance of silicon photomultipliers at low temperature, **2020** JINST 15 C03003
- 14.D. Berikov, V. Hutanu, Yu. Kopatch, **G. Ahmadov**, A. Gagarski, V. Novitsky, G. Danilyan, S. Masalovich, J. Klenke, H. Deng, An instrument for measuring T-odd asymmetries in the fission of heavy nuclei, **2020** JINST 15 P01014
- 15.F. Ahmadov, F. Abdullayev, **G. Ahmadov**, R. Akbarov, R. Mukhtarov, S. Nuriyev, A. Sadigov, Z. Sadygov, S. Suleymanov, A new physical model of Geiger-mode avalanche photodiodes, **2020** JINST 15 C01009
- 16.R.A. Akbarov, S.M. Nuruyev, **G.S. Ahmadov**, F.I. Ahmadov, S.I. Tyutyunnikov, A.Z. Sadigov, R. Mammadov, M. Holik, D. Berikov, Yu. Kopatch, Scintillation readout with MAPD array for gamma spectrometer, **2020** JINST 15 C01001
- 17.M. Holik, F. Ahmadov, G. Ahmadov, R. Akbarov, D. Berikov, Y. Mora, S. Nuruyev, P. Pridal, A. Sadigov, Z. Sadygov, J. Zich, Miniaturized read-out interface "Spectrig MAPD" dedicated for silicon photomultipliers, // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Available online 18 July 2020, 164440

G.S. Ahmadov - Report for 2016-2020 04/14/21 16

Спасибо за внимание!