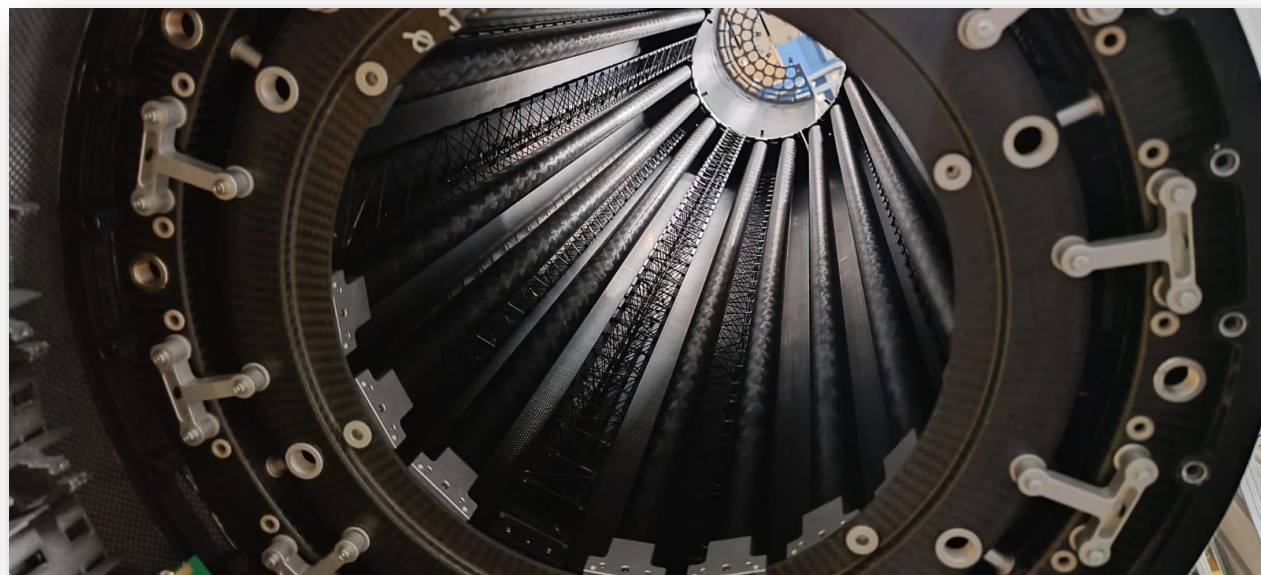


Широко-апертурные кремниевые трековые системы для базовых установок NICA: статус и перспективы



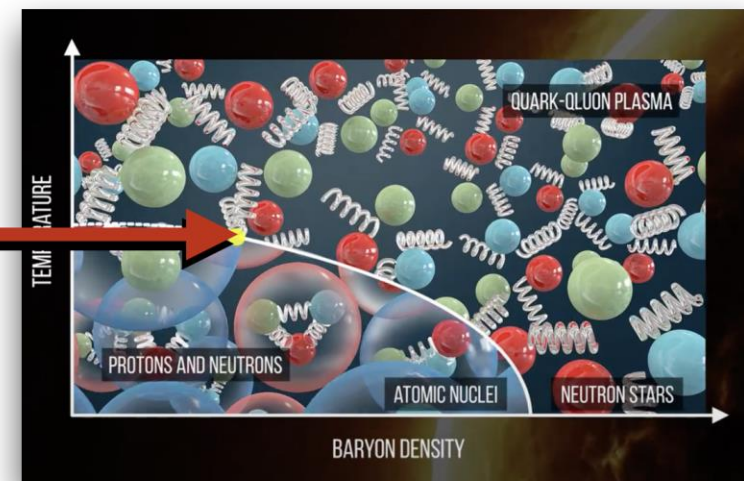
Шереметьев Алексей
ЛФВЭ ОИЯИ



Au+Au в диапазоне энергий от $\sqrt{s_{NN}} = 4 - 11$ ГэВ, $L = 1 \times 10^{27} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$

p^+ в диапазоне энергий $\sqrt{s} = 12 - 27$ ГэВ с кинетической энергией до 12,6 ГэВ.

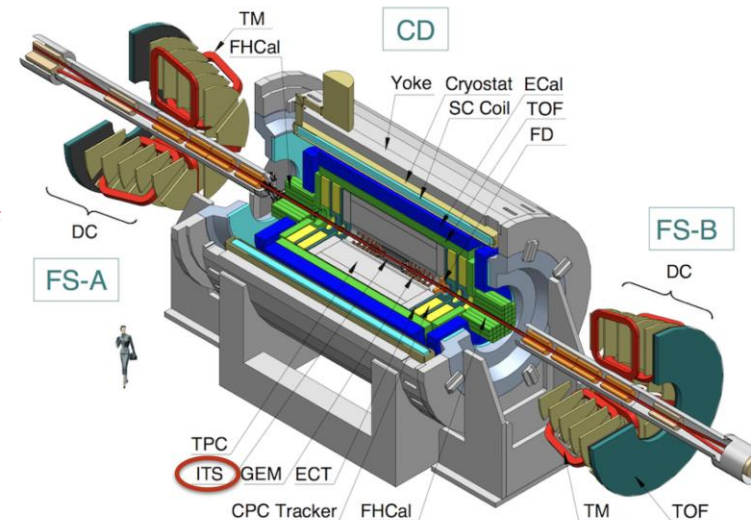
Nuclotron-based Ion Collider Facility



Требования к внутреннему трекеру MPD-ITS:

- Использование быстрых детекторов на основе CMOS технологии с высокой гранулярностью и низким уровнем шума
- Пространственное разрешение регистрации трека на уровне $\sim 5 - 10$ мкм.
- Максимальная радиационная прозрачность (X_0)

Nuclotron-based Ion Collider Facility

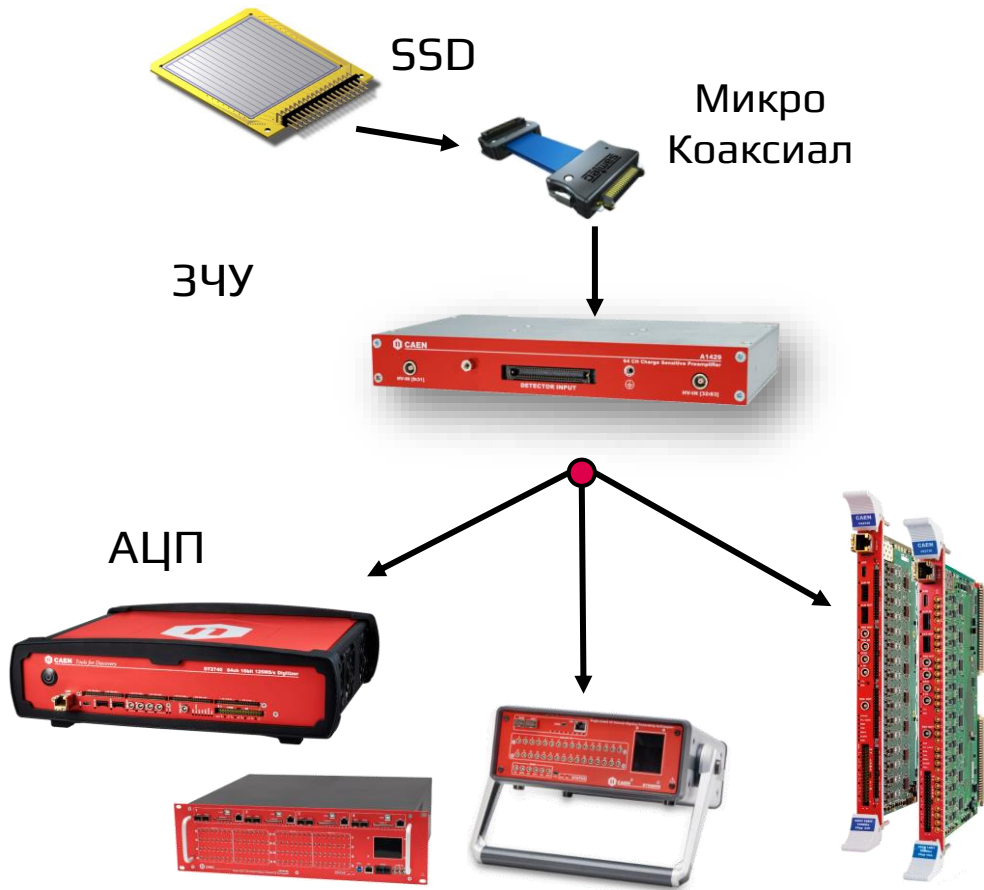


Факт: Разработка и производство соответствующих продуктов в отрасли микроэлектроники в России на протяжении нескольких десятилетий в решающей степени зависели от зарубежных технологий.

- Успех и актуальность эксперимента NICA (настоящее и будущее) зависит от того, будет ли получен стабильный доступ к несанкционированным передовым электронным компонентам, которые производятся при помощи технологического процесса UMC 180 нм.
- Масштабируемое решение окажет решающее и положительное влияние на текущие и будущие фундаментальные и биологические эксперименты в проекте NICA (и за его пределами).

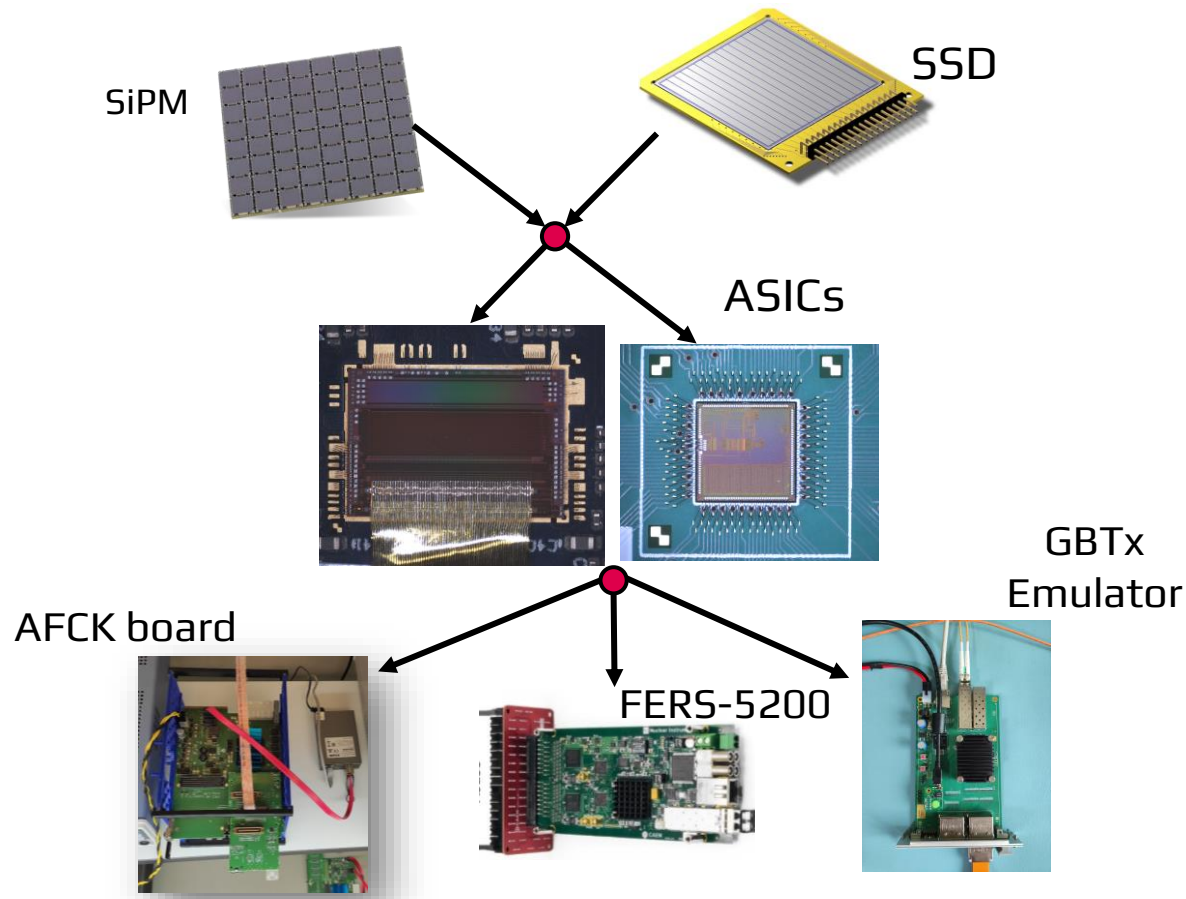
Коммерческая электроника

Лимит каналов ~300 шт.



Разработка под конечный проект

Лимит каналов ограничен конструкцией детектора

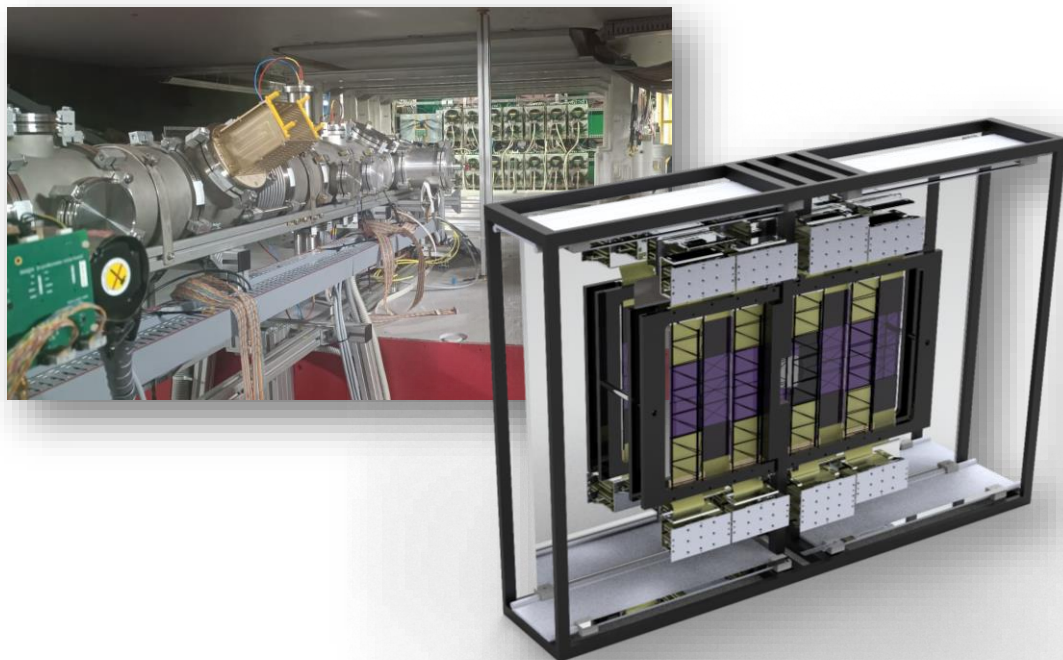


Не существует коммерчески доступной технологии считывания, которая могла бы предложить жизнеспособное решение в ускорительной физике высоких энергий

Два конструктивно разных проекта

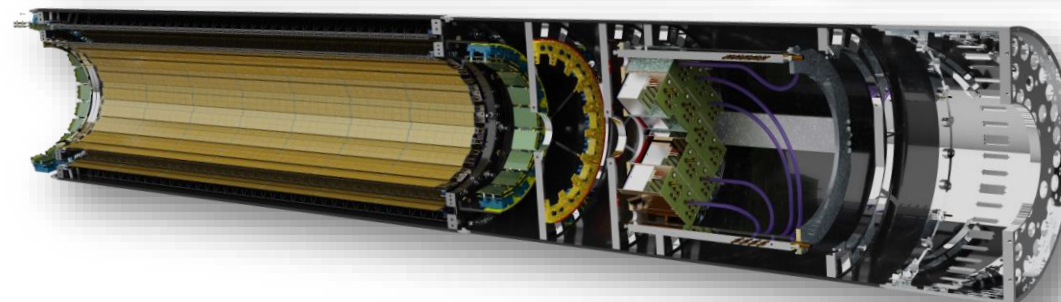
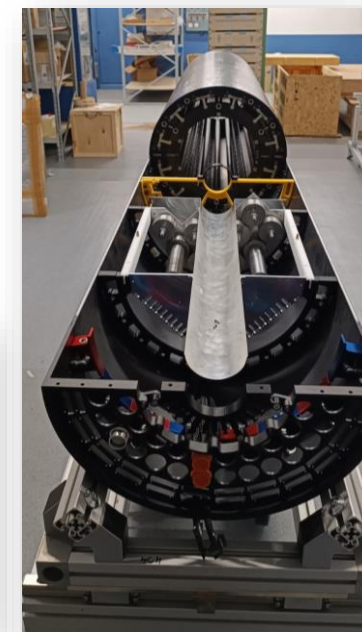
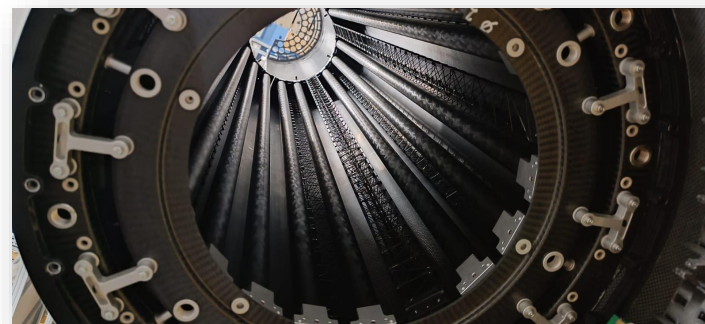
Фиксированная мишень
BM@N STS

Количество каналов:
 $\sim 6 \times 10^5$
DSSD детектор



Коллайдерный эксперимент
MPD ITS

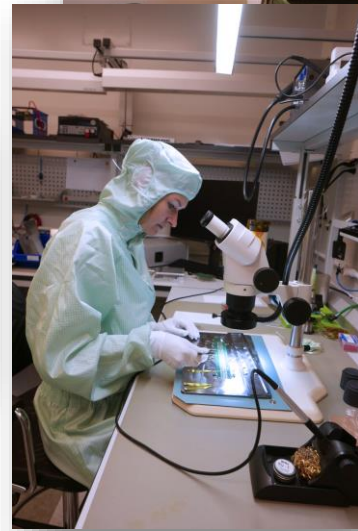
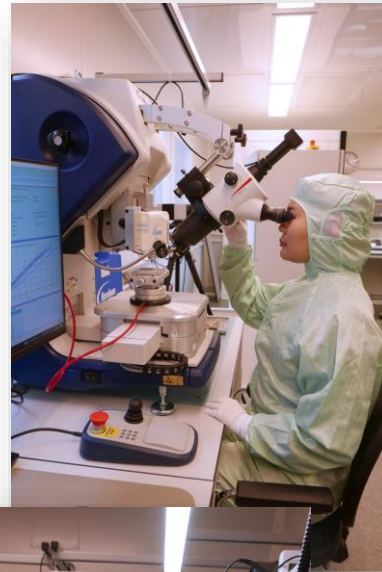
Количество каналов:
 $\sim 4,3 \times 10^9$
MAPS детектор



Лаборатории



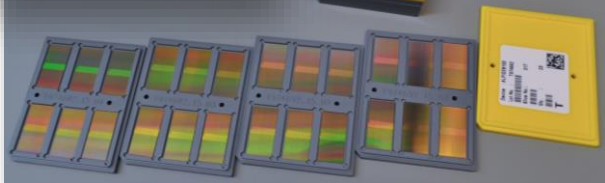
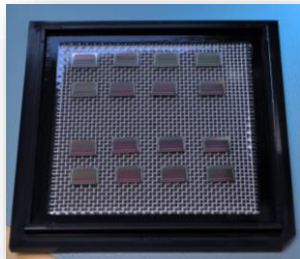
Команда



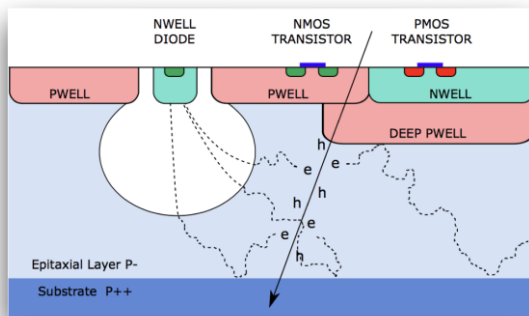
Проблемы при реализации современного детектора:

- Наличие компонентов – детекторы.
- Сборочные участки.
- Технический персонал.
- Работа с огромным объемом данных, которые необходимо передать и обработать.

Компоненты

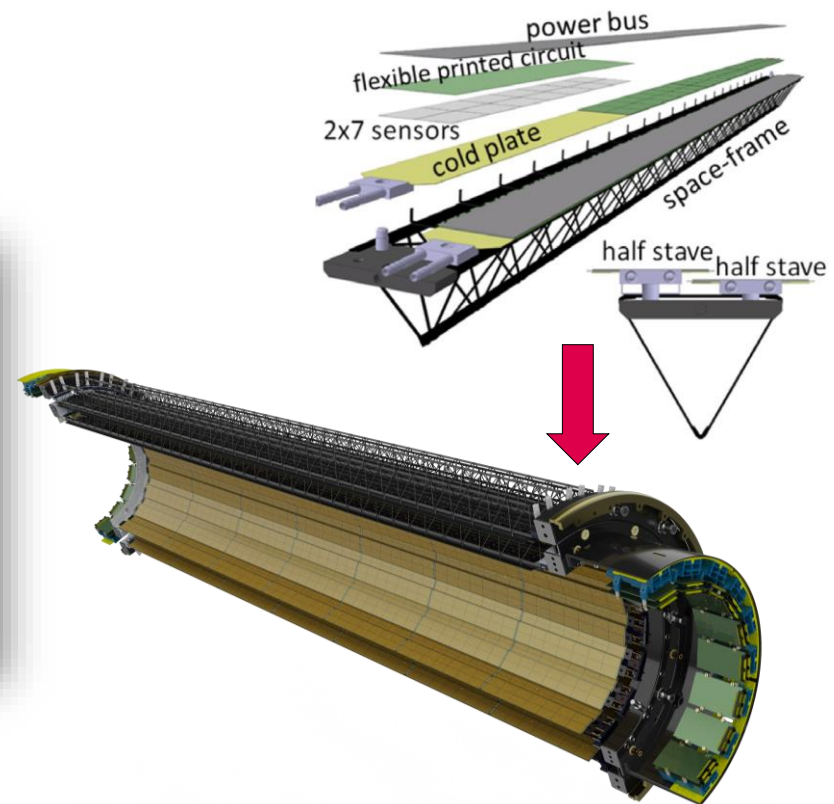
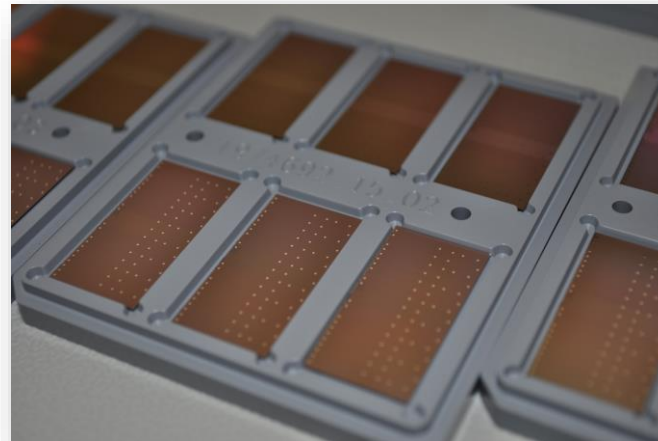


- CMOS пиксельный детектор, основанный на технологии 180нм (TowerJazz);
- Эпитаксиальный слой р-типа с высоким сопротивлением $> 1 \text{ кОм} \times \text{см}$ (толщиной 20–40 мкм) на подложке р-типа.
- Структура р-п перехода с п-колодцем (диаметр 2–3 мкм).
- Глубокий колодец р-типа, экранирующий п-колодец для PMOS-транзисторов, позволяющий разместить полную схему CMOS в активной области.

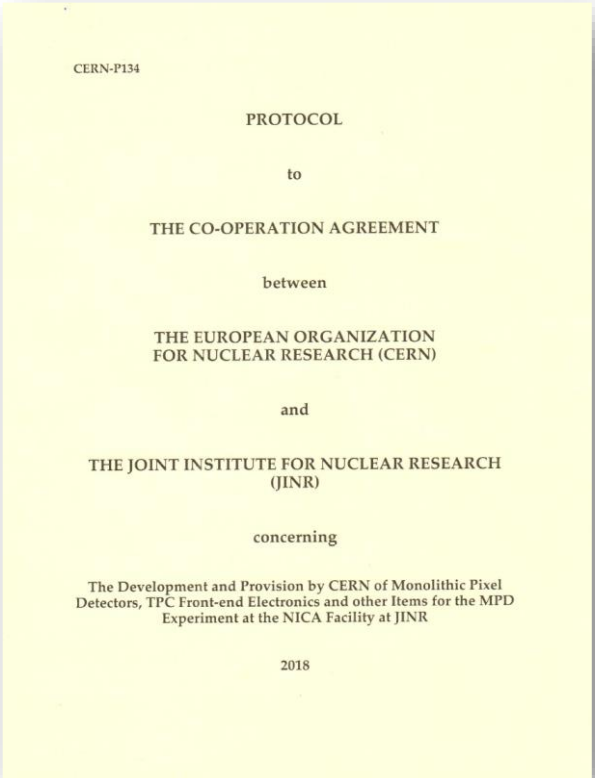


Sensor architecture

Size: 15mm x 30mm
 Pixel pitch: $28\mu\text{m} \times 28\mu\text{m}$
 Event time resolution: $< 2\mu\text{s}$
 Power consumption: $39\text{mW}/\text{cm}^2$
 Dead area 1.1mm x 30mm



2018



2020



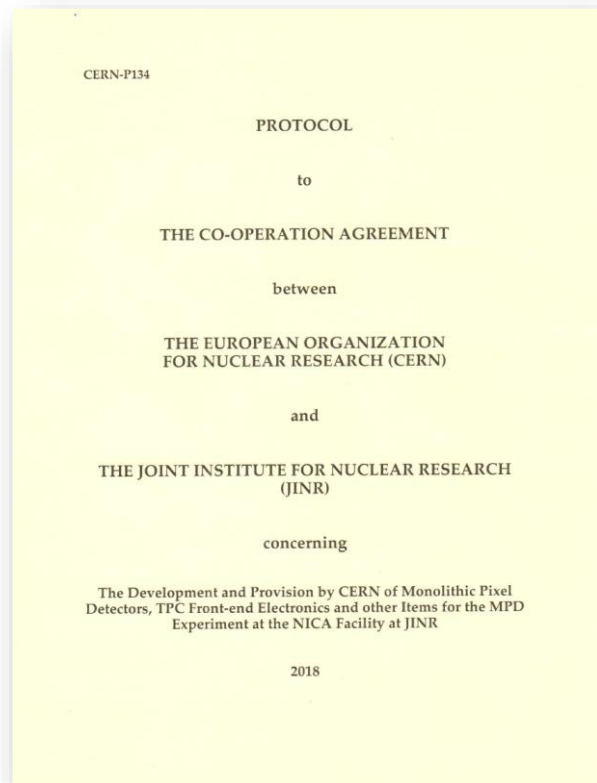
ALPIDE

2022



ALTAI

2018



2019



Возможность разработки эквивалентных чипов в Китае.

2020



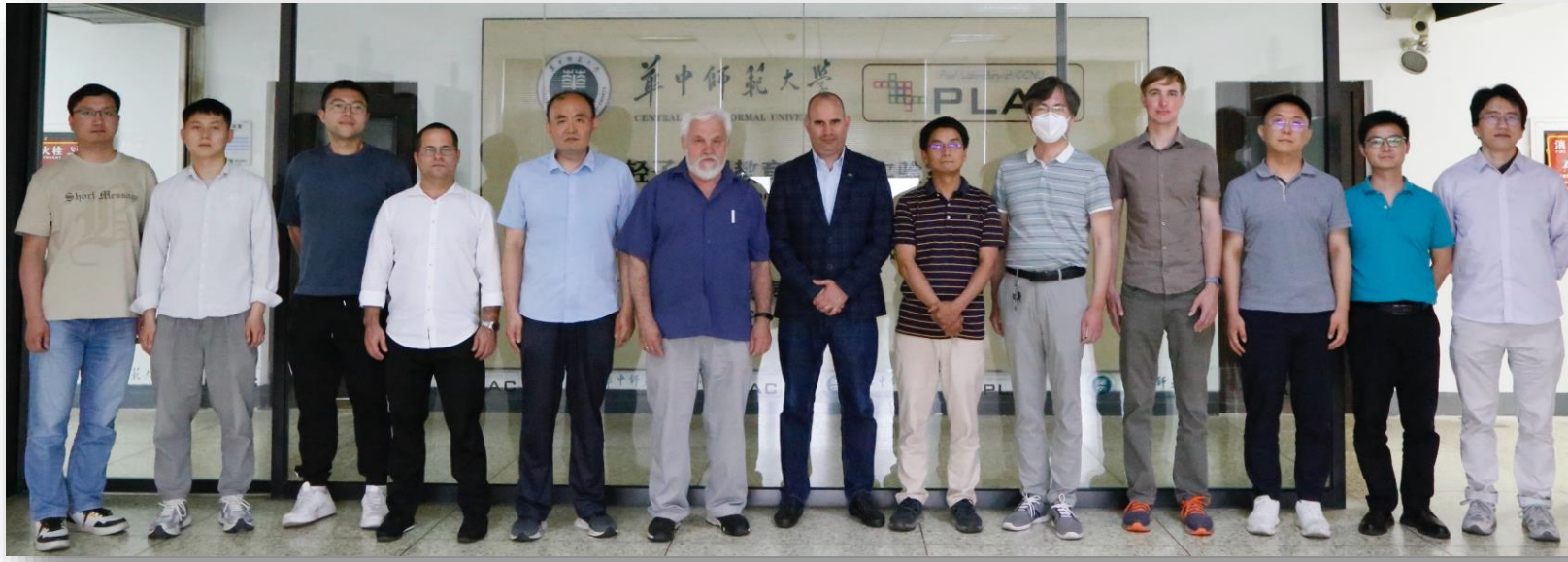
ALPIDE

2022



ALTAI

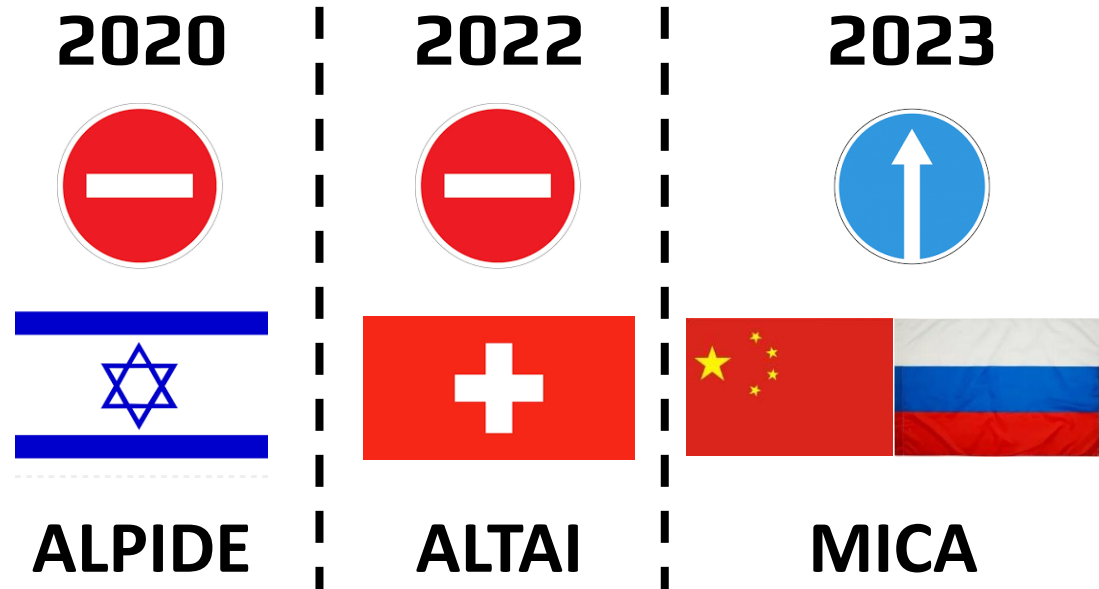
NICA-MPD/ITS Seminar on China-Russia Cooperation, Wuhan, 2023.06.15-16



Участники: JINR, CCNU, USTC, IHEP and IMP.

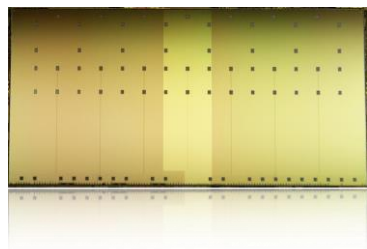
Наше предложение: Совместная разработка и создание монолитных активных пиксельных детекторов (MAPS) для фундаментальных и прикладных научных экспериментов, включая входную электронику, чтобы сделать эту технологию доступной для Китая и России.

- Заказаны 12 пластин (~500 чипов) первого прототипа MICA MAPS.
- Прототип чипа MICA в конце февраля запущен в производство.
- Первая партия из 300 чипов должна быть получена в ОИЯИ осенью 2024 года.



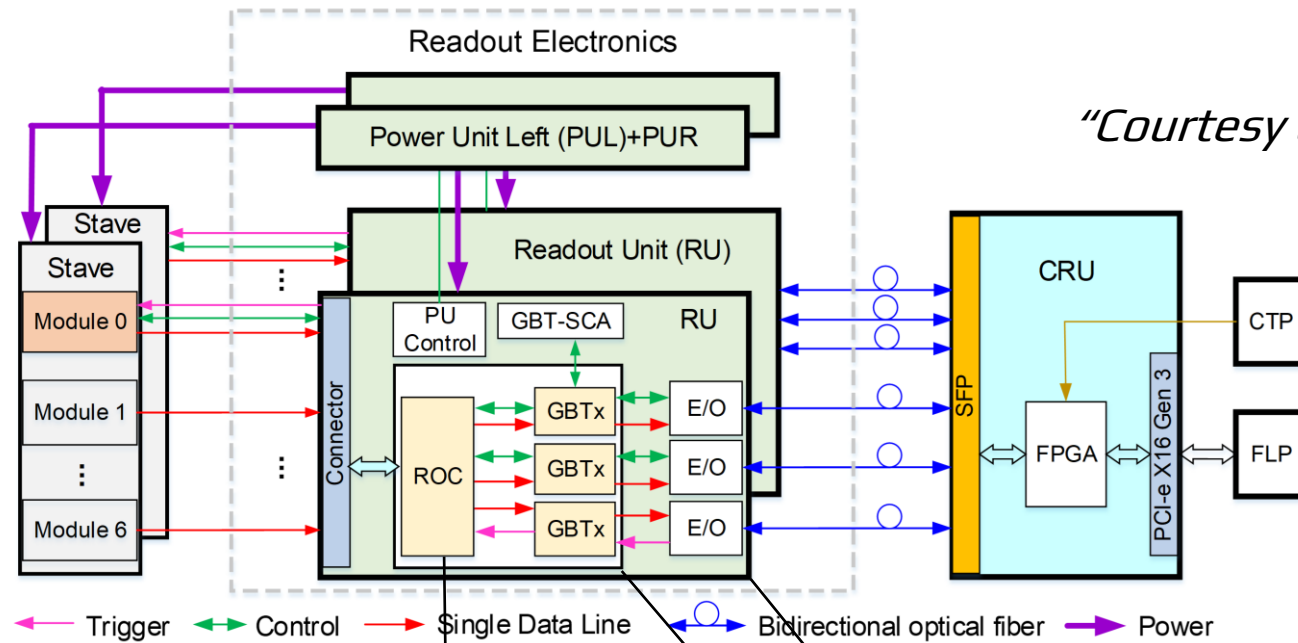
MICA MAPS пиксельный детектор

- Изготовление на внутреннем заводе КНР
- Размер пикселя: $27 \times 31 \mu\text{m}^2$ • ENC < 10e^-
- Матрица: 512x980 • Питание < $40 \text{mW}/\text{cm}^2$
- Пиковое время считывающей электроники: < $2 \mu\text{s}$
- Время дискриминации импульсов : 5-10 μs





"Courtesy of Di Guo (CCNU)"



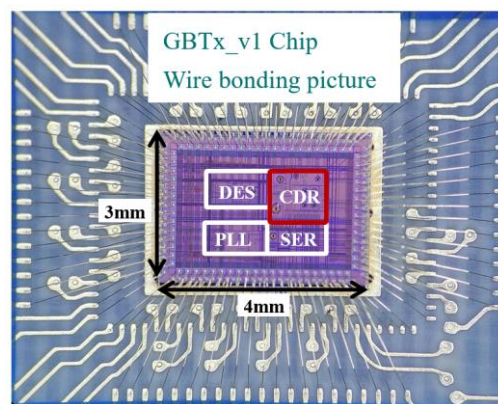
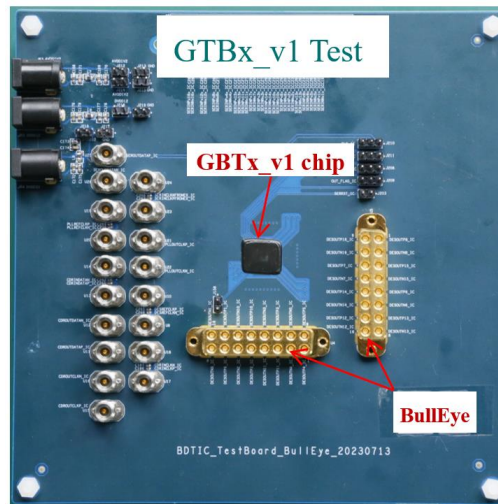
Monolithic Active Sensor (MAPS) ASIC Pixel

NICA_ROC:
Data collection and control distribution ASIC

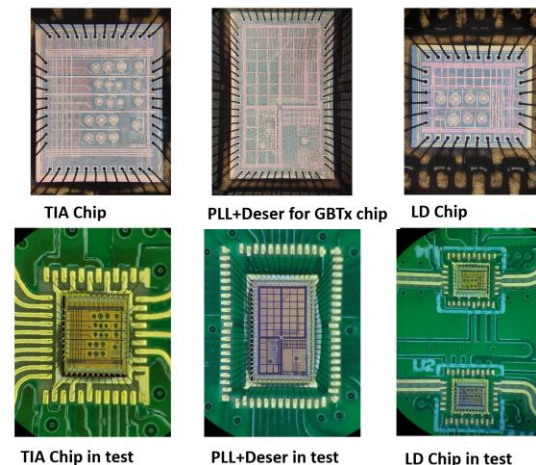
NICA_GBT family (3 chips + optical module)
NICA_LD: Laser Driver ASIC
NICA_TIA: Transimpedance Amplifier ASIC (Receiver)
NICA_GBTx: Bi-directional data interface ASIC
 Note: NICA_LD and NICA_TIA are inside the optical module

GBTx Series Chips

- Аналоговая часть GBTx ASIC спроектирована и протестирована:
 - 5.12 GHz PLL ✓
RMS Jitter: 474.70fs
-113db@1MHz
 - 2.56 Gbps CDR ✓
 - 2.56 Gbps 1:16 Deserializer ✓
 - 10.24 Gbps 16:1 Serializer ✓
- Первая версия LD (Lase Driver) и TIA (Transimpedance Amplifier) ASICs спроектированы и протестированы. ✓
- Результаты работы опубликованы JINST.



"Courtesy of Di Guo (CCNU)"



<p>Jinst PUBLISHED BY IOP PUBLISHING FOR SISSA MEDIALAB RECEIVED: November 26, 2021 ACCEPTED: July 19, 2022 PUBLISHED: August 23, 2022</p> <p>12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON POSITION SENSITIVE DETECTORS 12-17 SEPTEMBER, 2021 BIRMINGHAM, U.K.</p> <p>NICA_LD_v1 JINST 2022</p> <p>A 14 Gbps VCSEL driving ASIC in 55 nm for NICA multi purpose detector project</p> <p>C. Zhao,¹ D. Guo,^{2,3} Q. Chen,⁴ Z. Guo,⁵ R. Artech,⁶ C. Ceballos,⁷ N. Fang,⁸ Y. Gan,⁹ Y. Murin,¹⁰ L. Yi,¹¹ D. Guo¹² and X. Sun¹³ for the MPD ITS collaboration ¹PLAC, Key Laboratory of Quark and Lepton Physics (MOE), Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China ²Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia ³Center for Technological Applications and Nuclear Development, Havana, Cuba</p>	<p>Jinst PUBLISHED BY IOP PUBLISHING FOR SISSA MEDIALAB RECEIVED: November 26, 2021 ACCEPTED: July 19, 2022 PUBLISHED: August 23, 2022</p> <p>12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON POSITION SENSITIVE DETECTORS 12-17 SEPTEMBER, 2021 BIRMINGHAM, U.K.</p> <p>Deser in NICA_GBTx JINST 2022</p> <p>A 13 Gbps 1:16 deserializer ASIC for NICA multi purpose detector project</p> <p>Z. Chen,¹ D. Guo,^{2,3} C. Zhao,⁴ Z. Guo,⁵ R. Artech,⁶ C. Ceballos,⁷ N. Fang,⁸ Y. Gan,⁹ Y. Murin,¹⁰ L. Yi¹¹ and X. Sun¹³ for the MPD ITS collaboration ¹PLAC, Key Laboratory of Quark and Lepton Physics (MOE), Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China ²Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia ³Center for Technological Applications and Nuclear Development, Havana, Cuba</p>	<p>Jinst PUBLISHED BY IOP PUBLISHING FOR SISSA MEDIALAB RECEIVED: November 26, 2021 ACCEPTED: July 19, 2022 PUBLISHED: August 23, 2022</p> <p>22th INTERNATIONAL WORKSHOP ON RADIATION IMAGING DETECTORS JUNE 27-JULY 1, 2021 GHENT, BELGIUM</p> <p>NICA_LD-TIA_v1 JINST 2022</p> <p>LDLA14: a 14 Gbps optical transceiver ASIC in 55 nm for NICA multi purpose detector project</p> <p>O. Chen,¹ D. Guo,^{2,3} C. Zhao,⁴ R. Artech,⁵ C. Ceballos,⁶ N. Fang,⁷ Y. Gan,⁸ Z. Guo,⁹ Y. Murin,¹⁰ X. Sun¹¹ and L. Yi¹² for the MPD ITS collaboration ¹PLAC, Key Laboratory of Quark and Lepton Physics (MOE), Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China ²Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia ³Center for Technological Applications and Nuclear Development, Havana, Cuba</p>	<p>Jinst PUBLISHED BY IOP PUBLISHING FOR SISSA MEDIALAB RECEIVED: November 26, 2021 ACCEPTED: July 19, 2022 PUBLISHED: August 23, 2022</p> <p>12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON POSITION SENSITIVE DETECTORS 12-17 SEPTEMBER, 2021 BIRMINGHAM, U.K.</p> <p>PLL in NICA_GBTx JINST 2022</p> <p>A low noise 5.12 GHz PLL ASIC in 55 nm for NICA multi purpose detector project</p> <p>C. Zhao,¹ D. Guo,^{2,3} Q. Chen,⁴ Z. Guo,⁵ R. Artech,⁶ C. Ceballos,⁷ N. Fang,⁸ Y. Gan,⁹ Y. Murin,¹⁰ L. Yi¹¹ and X. Sun¹³ for the MPD ITS collaboration ¹PLAC, Key Laboratory of Quark and Lepton Physics (MOE), Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079, China ²Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia ³Center for Technological Applications and Nuclear Development, Havana, Cuba</p>
---	---	--	---

MAPS консорциум (Россия - Китай)

Участники: ОИЯИ, СПбГУ, ССНУ, USTC, IMP

МІСА чип

Прототипирование

Серийное производство

~2-3 года

Испытания на BM@N

Фундаментальные исследования

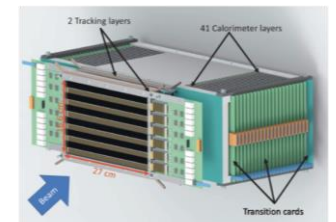
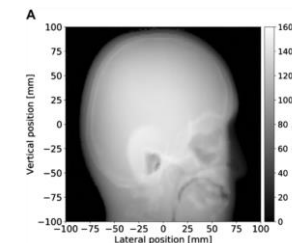
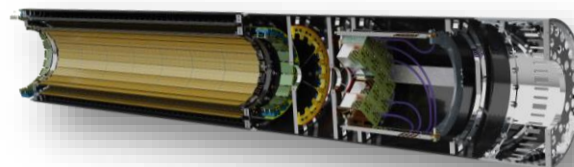
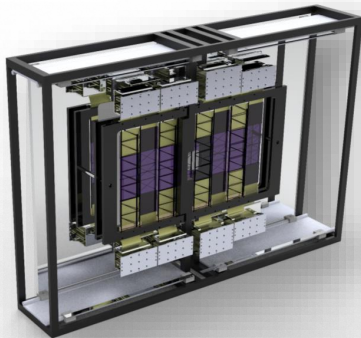
Прикладные исследования

5 лет

5-7 лет

MPD - ITS

pCT клинический томограф



"A High-Granularity Digital Tracking Calorimeter Optimized for Proton CT",
Frontiers in Physics | 1 October 2020 | Volume 8 | Article 568243 |
www.frontiersin.org

- Проблемы с доступом к современной микроэлектронике на основе ASIC, детекторов и систем считывания могут серьезно угрожать достижению результатов мирового уровня в любом эксперименте, связанном со столкновением релятивистских ионов.
- Найден вариант, гарантирующий стабильный доступ к технологии и производству электроники, он основан на тесном сотрудничестве с китайскими научными учреждениями, которые обладают опытом и технологической инфраструктурой для разработки и производства электроники.