

Проект MATS в FAIR:
(Masses in Advanced Trap Systems)

СТАТУС 2012

Ю. НОВИКОВ

Сессия Ученого совета ОФВЭ ПИЯФ

15 января 2013 г.

MATS

(«Masses with the Advanced Trap System»)

- TDR утверждён FAIR в мае 2010 г., опубликован в журнале Euror. J. Phys. , Spec.Top. 183 (2010) 1-123
- Проект опубликован в ж. Атомная энергия, 12 (2012) 117-124.
- Участвуют 10 стран, 24 организации, 87 участников
- От России – ПИЯФ (17 человек), координатор Ю.Н. Новиков
- Запрос на финансирование - 0.41 млн. евро в ценах 2005 г (по Cost book - 0.21 млн. евро только на материалы и оборудование)

Преимущества MATS

- На 3-4 порядка большие **выходы** экзотических нуклидов (за счёт мощности комплекса *FAIR*)
- На один-два порядка большие **точности** измерений масс (за счёт использования высоко-зарядных ионов в ловушке).

Задачи проекта MATS

- Измерения полных энергий связи экзотических нуклидов, принимающих участие в астрофизических взрывных процессах (r- и rp- процессы), определение пути процессов по измеренным массам
- Высокопрецизионные измерения масс специфических нуклидов для определения физических констант и параметров Стандартной Модели элементарных частиц и для целей нейтринной физики

Production rates at FAIR

Астрофизический r-процесс (красные квадраты) проходит по «целинной» области неизвестных нейтронно-избыточных нуклидов, массы которых предполагается измерить на установке MATS

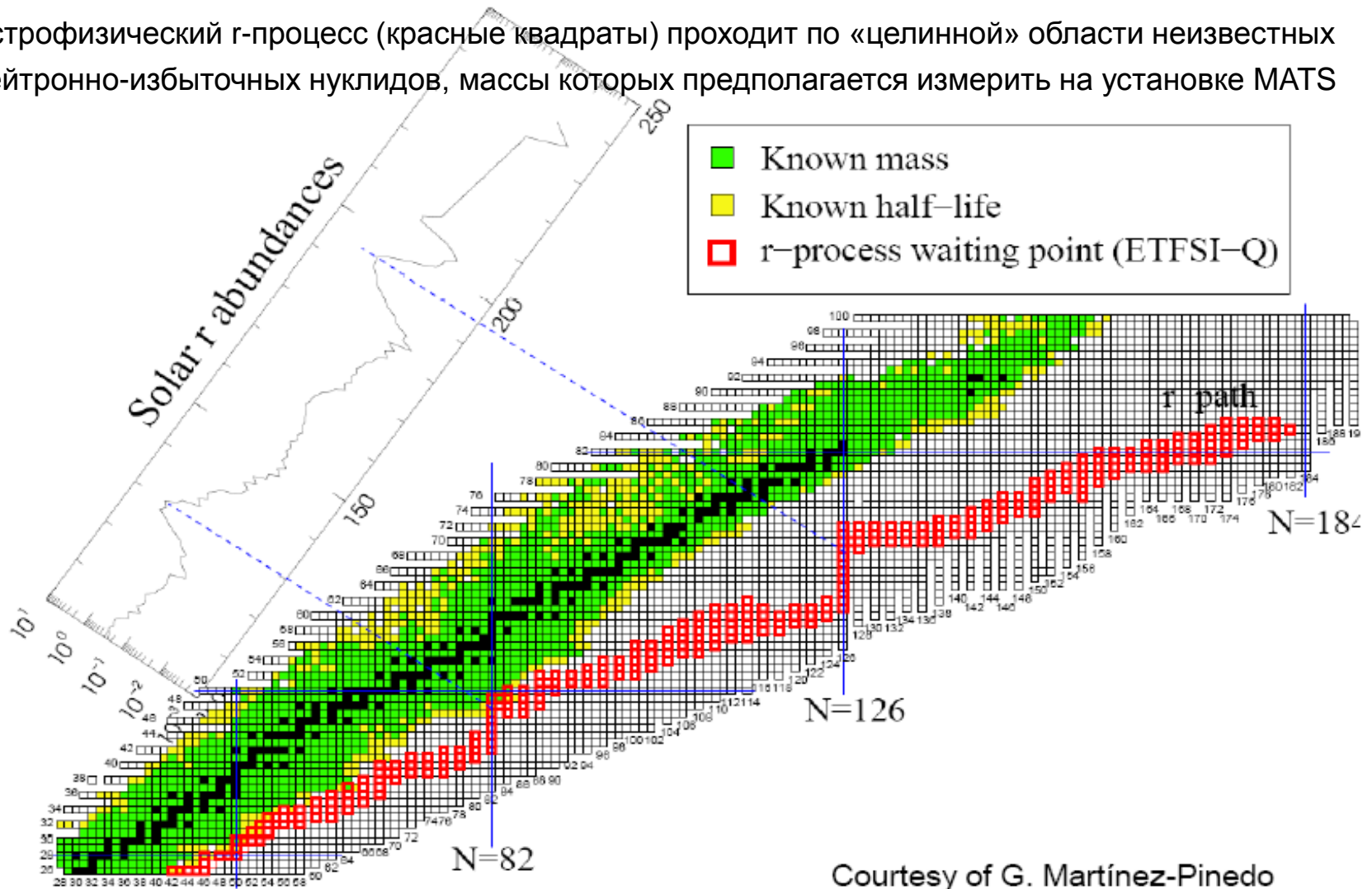
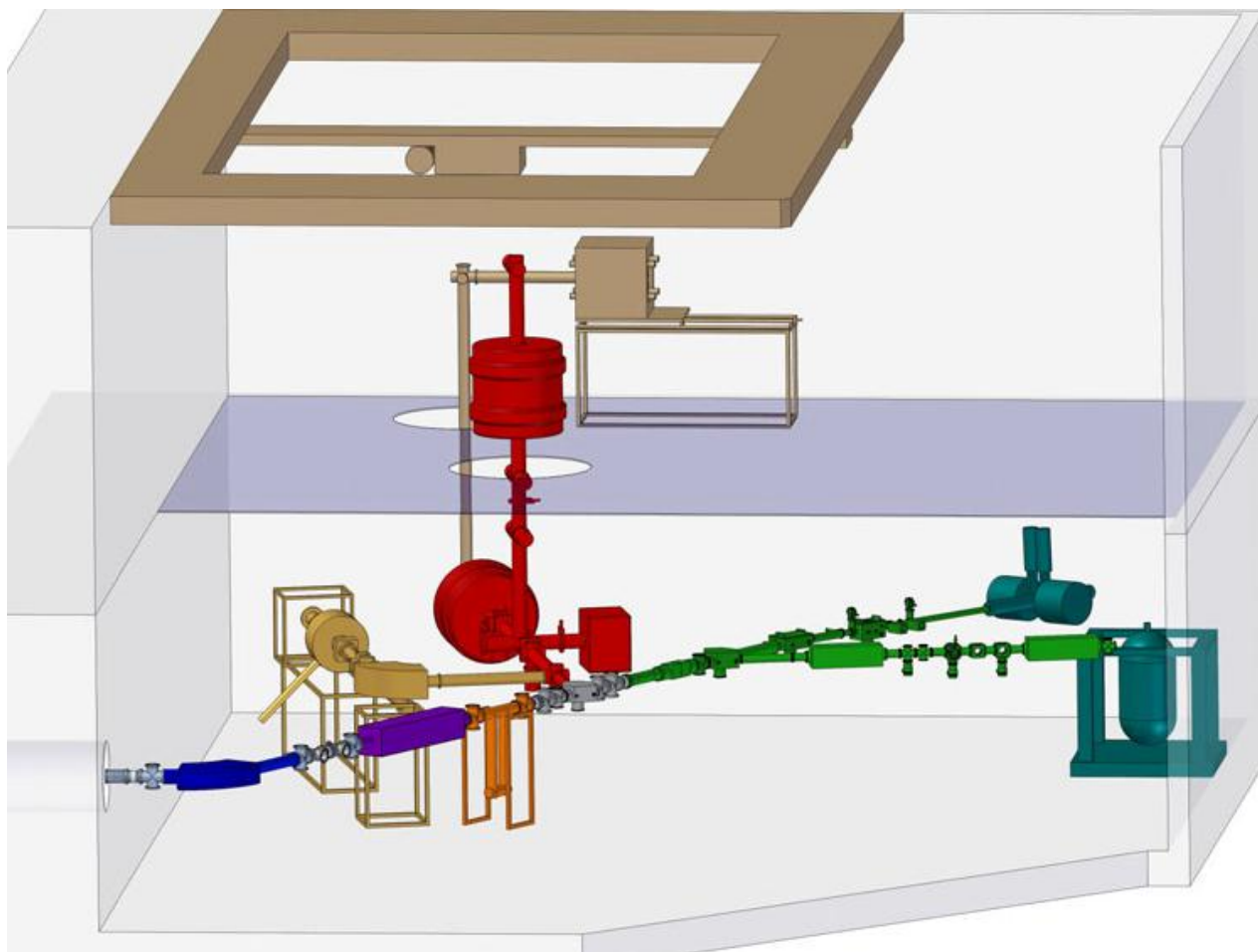


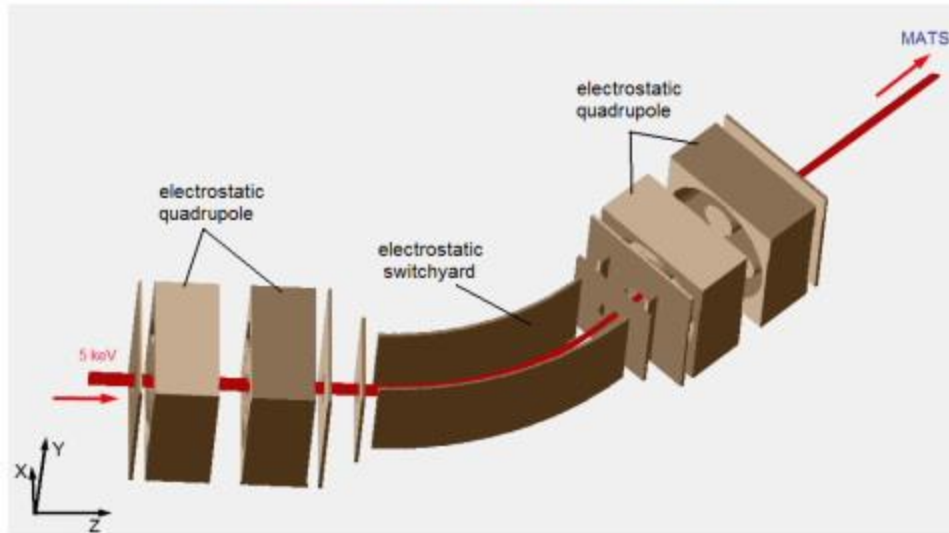
СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ УЗЛОВ МАТС



Simulations for various tasks of MATS

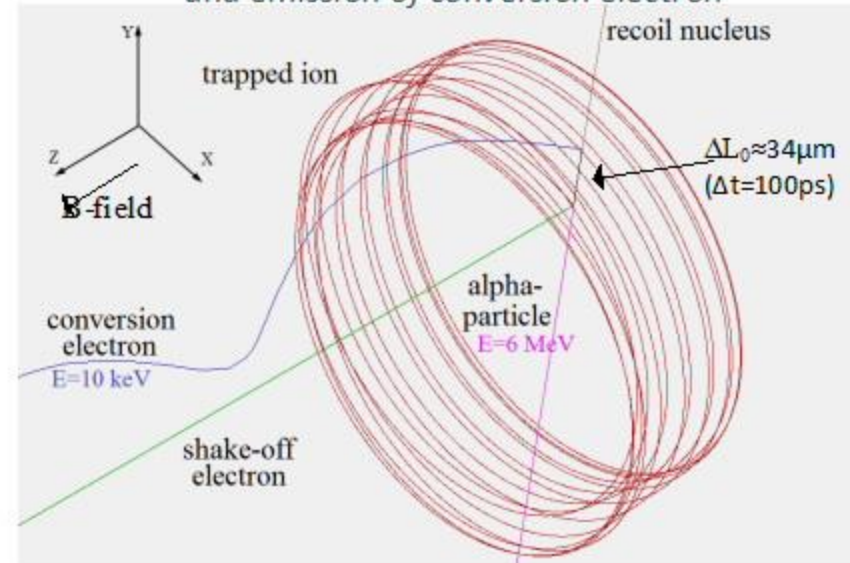
Ion optics for transportation an ion beam to the traps

System for deflecting of ion beam to the MATS

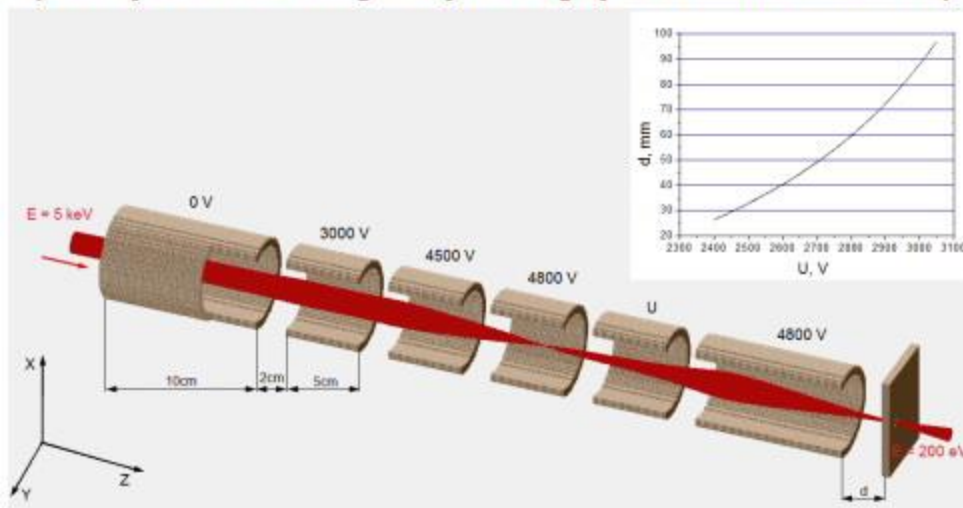


In-trap decay spectroscopy for determination of lifetimes of excited states in heavy nuclei

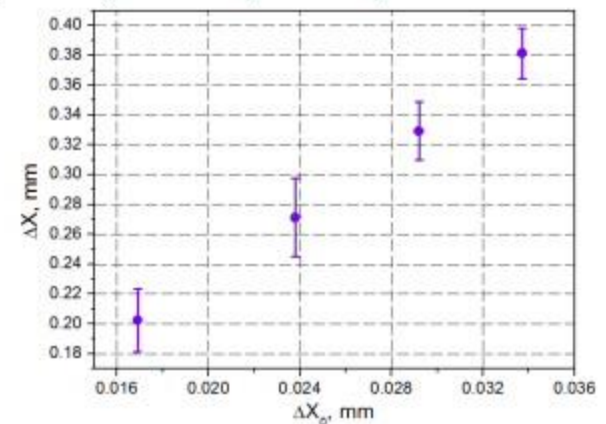
Trajectories of the particles in the trap after the α -decay and emission of conversion electron



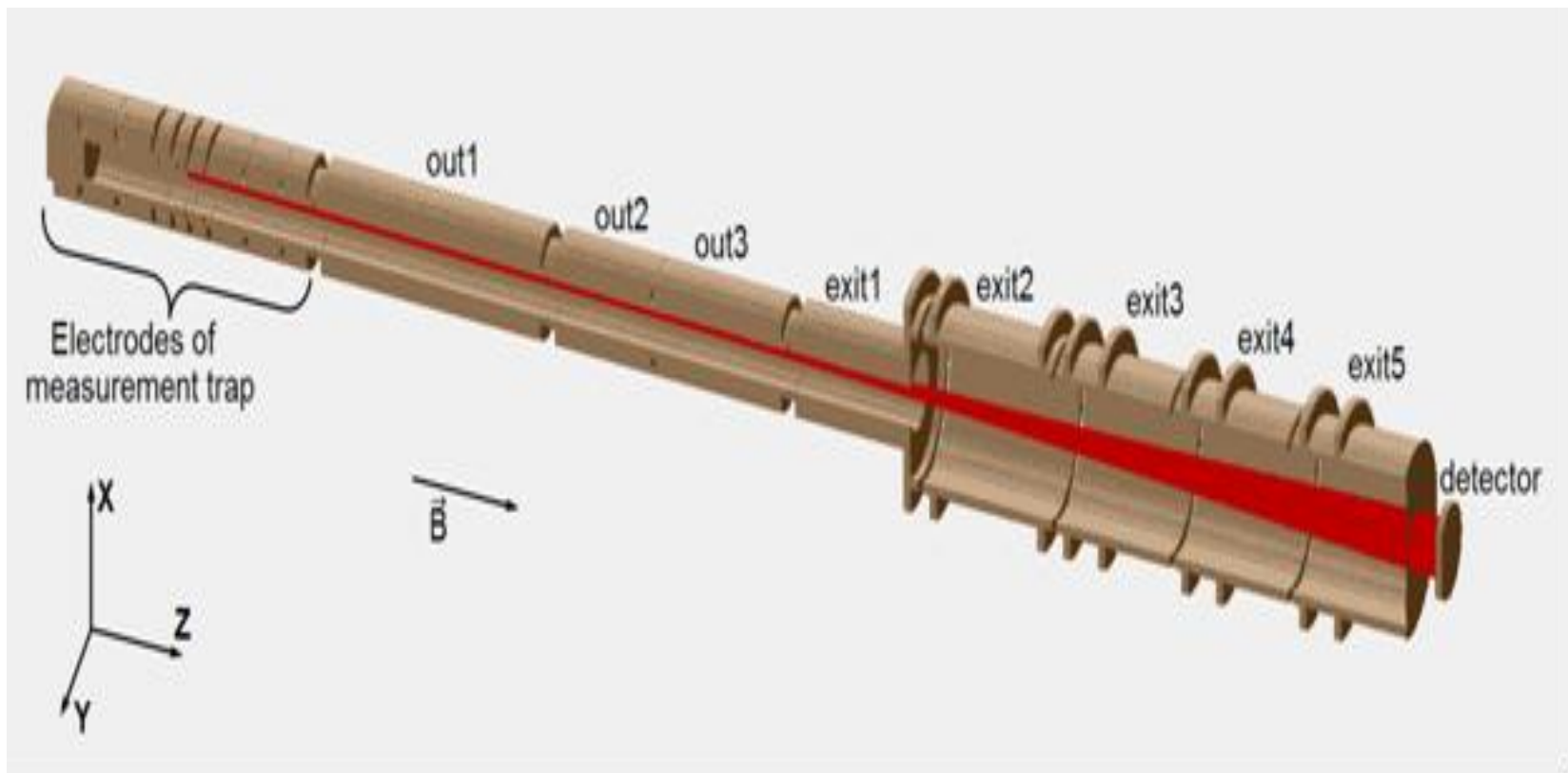
System for decelerating and focusing of ion beam into the trap

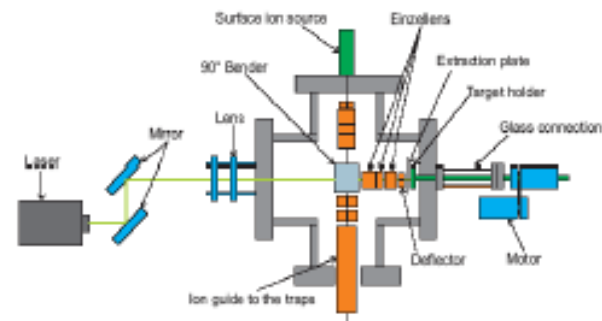
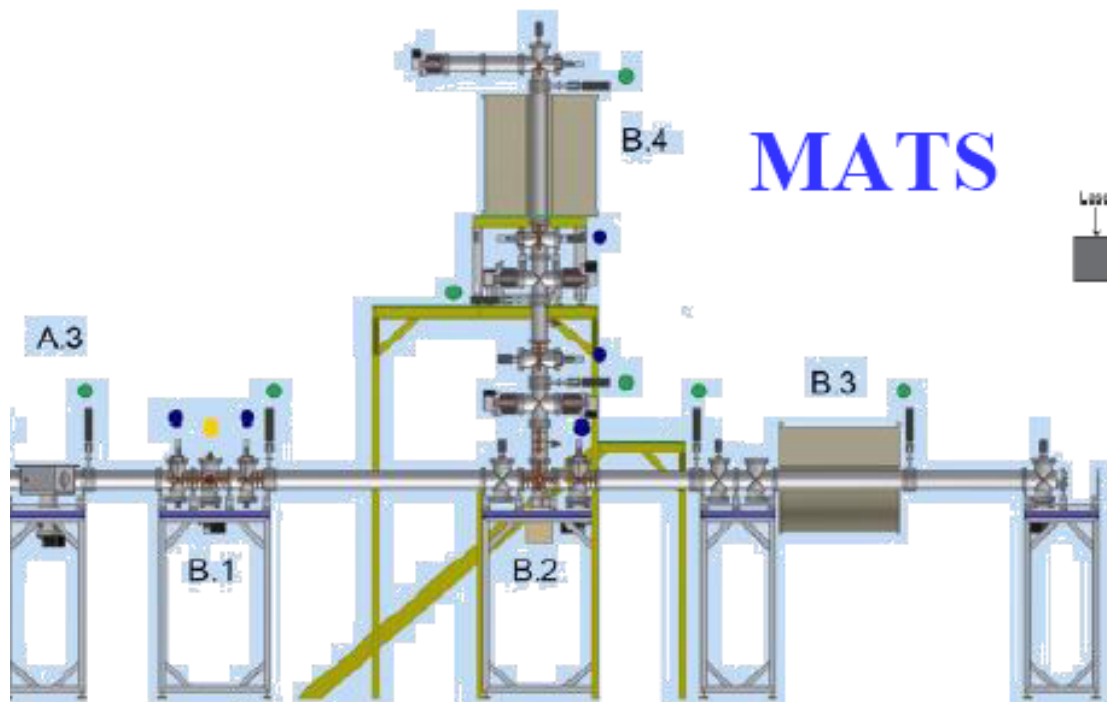


Spatial separation of electrons on the detector ΔX depending on the spatial separation in the trap ΔX_0



Ионно-оптический тракт внутри ловушки (симуляции Д. Нестеренко)





ионно-оптический тракт,
калибратор масс, детекторы
медленных частиц
490 К€
ПНДФ

Схема расположения основных узлов установки MATS.

A1 – электростатическая система, отклоняющая ионный пучок по направлению к ионной ловушке, B1 – электронный бридер, B2 – узел калибровки масс, поступающих в подготовительную ловушку B3 и измерительную ловушку B4 (на втором этаже).

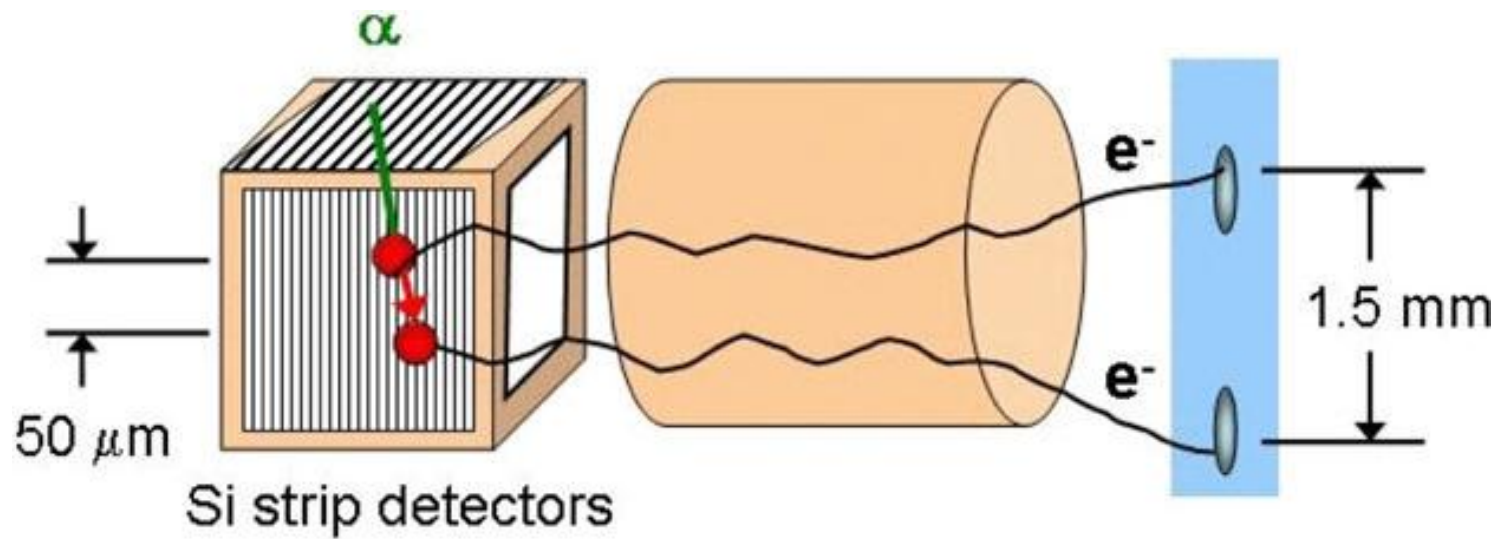
Рис.2 Принципиальная схема предлагаемого узла прецизионной калибровки масс.

Лазерный пучок от Nd-лазера фокусируется на вращающуюся мишень и ионизирует вещество мишени (например, углеродный кластер C_n). Ионы вытягиваются пластинкой и электростатически направляются к устройству, отклоняющему пучок на 90° и выводящему его за пределы калибратора по направлению к ионным ловушкам

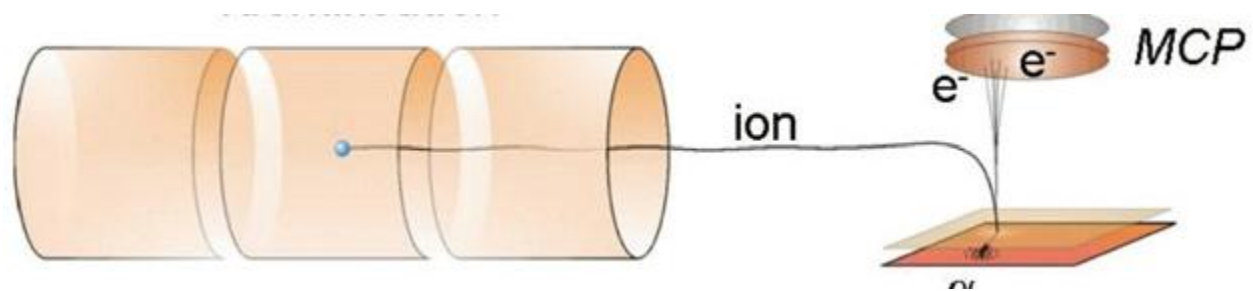
Оценочная стоимость узла калибровки масс (А.А. Васильев)

	MATS: БЛОК КАЛИБРОВКИ		Лист №1	
I. МАТЕРИАЛЫ/ОБОРУДОВАНИЕ				
Наименование	Фирма	Номер Каталога	Тип	Цена,Ев
Турбо-молекулярный насос	Pfeiffer)	PM P02 981	TMH 071 P	8000
Источник питания	Pfeiffer	PM C01 694	DCU 100	1100
Насос	Pfeiffer	PK T05 064	MVP 015-4	1300
Соединительный кабель	Pfeiffer	PM 051 421-T		100
Полномасштабный измеритель	Pfeiffer	PT R26 252	PKR 261	2100
Сенсорный кабель	Pfeiffer	PT 448 250-T		90
Вращательное соединение CF	Pfeiffer	PF 620 010-T	UD 016	1400
Стеклопанель	Pfeiffer	PF 610 010-X		190
Вакуумные компоненты	Pfeiffer			3000
Высоковольтное соединение	Hositrاد	8630-02-W	SHV 5 kV	1800
Штепсельное соединение	Hositrاد	18896-01-CF 1	MIL-C-26482	362
Высоковольтное питание	FUG electronics		HCE 7-3500	12000
Channeltron	ПИЯФ			4000
Вакуумная камера	ПИЯФ			3000
Изолятор CF 16	ПИЯФ			400
Ионный источник	ПИЯФ			6000
Электростатическая система	ПИЯФ			1000
квадрупольный дефлектор 1	ПИЯФ			300
квадрупольный дефлектор 2	ПИЯФ			300
квадрупольный дефлектор 3	ПИЯФ			300
квадрупольный дефлектор 4	ПИЯФ			300
квадрупольный дефлектор 5	ПИЯФ			300
квадрупольный дефлектор 6	ПИЯФ			300
электростатический отклонитель	ПИЯФ			500
Цилиндрические линзы 1	ПИЯФ			200
Цилиндрические линзы 2	ПИЯФ			200
Цилиндрические линзы 3	ПИЯФ			200
Цилиндрические линзы 4	ПИЯФ			200
Nd-лазер	Continuum		Minilite 2	15000
Инфракрасная оптическая система	PNPI			9000
Hard- и software	PNPI			10000
Инфраструктура (криогеника, тест элементы и т.п.)				8000
		Сумма по материал/оборуд.		90942
II. ТРУДОВЫЕ ЗАТРАТЫ				
Зарплата на создание и тестирование				165000
Транспортировка оборудования и командировки в FAIR				45000
		Полная сумма:		300942

Внутри-ловушечная спектрометрия



Вне-ловушечная спектроскопия



Спецификация детекторов MATS (А.Х. Хусаинов)

MATS detectors Specification

Detector Specification for single-sided silicon strip detectors:

Material: single-crystal silicon, n-type, > 5kOhm cm

Diode structure: p+ strips - n - n+

diode area: 30x30 mm²

diode thickness: 270 - 300 micron

Strip length: 29000 micron

Strip width: 980 micron

Strip pitch: 1000 micron

Chip size: 33000x33000 micron²

Strip quantity: 30

strip metallization: homogeneous over the p+ implant

Guard ring: YES

Bias voltage on n+ side (back)

N+ side metalized by: Al

Coupling with front-end: DC

Passivation: - NO

Parameters:

Operational voltage: >= -100V

Strip current: < 3 nA

strip energy resolution (FWHM, 20^oC): < 20 keV (for 5 MeV alphas)

Bakability at UHV: yes

Baking temp: < 150 C

Bonding pad description:

Size: 150 x 300 micron

Metallization: Al

Mechanical insulation from the implanted strip: YES

The quantity of detector modules would be ca. 10 pieces.

Сравнительные характеристики подложек под детекторы MATS (А.Х. Хусаинов)

Параметр	AlN	BeO	Al ₂ O ₃
Теплопроводность, Вт/м·К	200–240	220–240	18–24
Прочность на изгиб, МПа	250–300	170–230	300–350
Электрическая прочность, кВ/мм	14–18	10	14–18
Удельное электросопротивление (при 25 °С), Ом·м	>1012	>1011	>1012
Диэлектрическая постоянная (при 1 МГц)	9	8	9–10
Тангенс угла диэлектрических потерь: при 1 МГц	1·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁴	1·10 ⁻⁴
при 10 МГц	5·10 ⁻³	1·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁴
Коэффициент температурного линейного расширения (25 °С), 10 ⁻⁶ /°С	> 4,6	7,8	8,0
Плотность, г/см ³	3,26	2,9	3,9

Выпускаемая в настоящее время керамика **из нитрида алюминия** уступает керамике из оксида бериллия и оксида алюминия по значениям диэлектрических потерь, однако обладает высокими теплофизическими и электротехническими характеристиками, экологически чистая и относительно недорогая (ее удельная стоимость в 5–7 раз ниже удельной стоимости керамики из оксида бериллия).

Оценочная стоимость детекторов (А.Х. Хусаинов)

			MATS: Тонкие Si-детекторы			Лист №.2
I. МАТЕРИАЛЫ/ОБОРУДОВАНИЕ						
Наименование			Фирма		Цена(Euro)	
1	Химические компоненты и другие материалы для технолог. процесса		ЗАО «Прореасинтез»		10000	
2	Плата для HP Si , 20 x 1400 mm ²		Хим.фабрика, Подольск		12000	
3	Компоненты считывающей электроники		ООО»ПОЛИГОН», СПб.		12000	
4	Оборудование тестирования в	ПИЯФ	ЗАО «ИЗСТОП»		10000	
II. ТРУДОВЫЕ ЗАТРАТЫ						
Зарплата на создание и тестирование					110000	
Транспортировка оборудования и командировочные в FAIR					36000	
					Сумма:	
					190000	

Вклад России –ПИЯФ (2012 – 2016 гг.)

- Создание и установка узла прецизионной калибровки по массам с использованием углеродных матриц (полностью ПИЯФ)
- Создание спектрометров с различными конфигурациями тонких кремниевых детекторов для внутри-ловушечной спектроскопии (Унив. Мюнхена и ПИЯФ с использованием базы Хим.завода в г. Подольск, ЗАО «Прореасинтез» (С.Петербург), ООО «Полигон» (С.Петербург), ЗАО «Изотоп») (30% -вклада России)
- Создание программ ионно-оптических симуляций пучков в MATS (Полностью ПИЯФ, выполняется в рамках FRRC)

План-график работ по проекту MATS и размещение финансирования по годам в ценах 2005 г (cost book).
 Стоимость работы по симулированию ионно-оптического тракта установки (примерно 0.005 млн. Евро) включена в графу НИОКР задачи 1).

Вид работ	Разбивка объемов работ по годам (млн. Евро)				Итог	
	2012-2013	2014	2015	2016		
1) Создание блока абсолютной калибровки масс в системе детектирования одиночных ионов в ловушке	НИОКР	0.01			0,01	
	Изготовление и отладка В ПИЯФ	0.02	0.04	0,08	0,14	
	Монтаж на месте MATS; испытания			0,04	0,03	0,07
	Закупка доп. оборудования	0.06	0.01			0,07
2) Создание спектрометров из сверхтонких кремниевых детекторов для пост-ловушечной спектроскопии заряженных частиц (10 экземпляров различной конфигурации)	НИОКР	0.005			0,005	
	Изготовление и отладка В ПИЯФ	0.01	0.05	0,01	0,07	
	Монтаж на месте; испытания		0.01	0.005		0,015
	Доп.оборудование	0.03				0,03
Общий итог:		0.135	0,11	0,135	0,03	0,41

- 1) По первой позиции ПИЯФ полностью отвечает за выполнение работ.
 По второй позиции вклад ПИЯФ (и др. Российских организаций) составляет 30%.
- 2) ПИЯФ полностью готов участвовать в конкурсе по «упрощённой схеме».

СТАТУС ПИЯФ в MATS на сегодня

- чётко определены задачи,
- имеется полное взаимопонимание с другими участниками коллаборации,
- созданы в ПИЯФ группы реализации, (лаб. А. Васильева, Д. Селиверстова и А. Хусаинова)
- выполнены ионооптические расчёты,
- дирекция FAIR готовит письмо в ПИЯФ с предложением подписать договор на производство работ (210 кЕвро на оборудование и материалы),
- остаётся неясным, кто будет оплачивать саму работу и поездки (200 кЕвро) ???

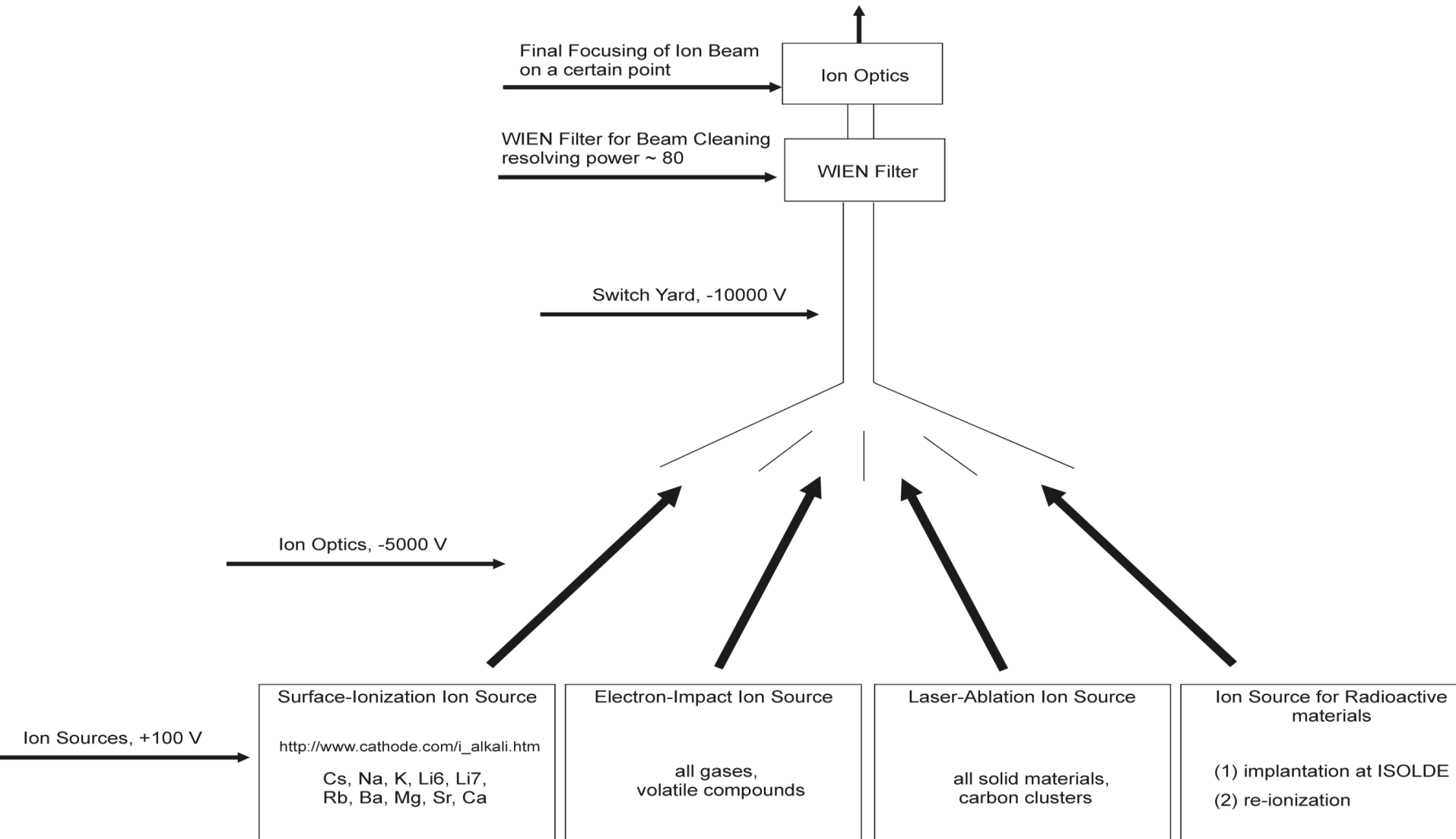
Участники ПИЯФ в МАТС

N/N	Фамилия Имя Отчество	Год рожд.	Должность	Уч.степень
1.	Васильев Александр Васильевич	1961	Зав.лаб.	Канд. ф-м. н
2.	Взнуздаев Марат Евгеньевич	1974	Ст. н.с.	Канд. ф-м. н
3.	Воробьёв Глеб Константинович	1975	Н. с.	Канд. ф-м. н
4.	Гусев Юрий Иванович	1950	Ст. н.с.	-
5.	Елисеев Сергей Александрович	1975	Н. с.	Канд. ф-м. н
6.	Кравцов Пётр Андреевич	1974	Ст. н.с.	Канд. ф-м. н
7.	Смирнов Михаил Владимирович	1989	Ст. Лаб.	-
8.	Нестеренко Дмитрий Александрович	1985	Лаб.-иссл.	-
9.	Никаноров Анатолий Григорьевич	1935	Вед. Инж.	-
10.	Новиков Юрий Николаевич	1937	Вед. н.с.	Докт. ф-м. н
11.	Попов Андрей Вальтерович	1960	Ст. н.с.	Канд. ф-м. н
12.	Пустовойт Александр Карпович	1937	Ст. н.с.	Канд. ф-м. н
13.	Селиверстов Дмитрий Михайлович	1932	Гл. Н.С.я	Докт. ф-м. н
14.	Селиверстов Максим Дмитриевич	1968	Ст. н.с.	Канд. ф-м. н
15.	Трофимов Виктор Алексеевич	1949	Ст. н.с.	Канд. ф-м. н
16.	Хусаинов Абдурахман Хусаинович	1938	Вед. н.с.	Канд. ф-м. н
17.	Чмель Екатерина Анатольевна	1971	Инж- технолог	-

Спасибо !

BACK-up

Universal MATS mass calibrant unit



Метод измерения масс в ионных ловушках - самый прецизионный из существующих методов масс-спектрометрии

В ионной ловушке ион «заточается» в системе полей: высокооднородном магнитном поле и скрещенных электрических полях. Циклотронная частота иона в ловушке возбуждается внешним радиочастотным полем, а её величина, зависящая от массы иона, определяется резонансом в кривой времени пролёта выводимого иона до детектора. Точность определения масс определяется в первую очередь прецизионностью калибровки. Поэтому создание надёжного калибратора (ответственность ПИЯФ) играет весьма важную роль в реализации проекта MATS.

Заключение

- ПИЯФ обладает большим опытом создания небольших вакуумных камер и полупроводниковых детекторов.
- Предполагается закупить основные элементы (насосы, Nd-лазер и др.) в Германии, разместить заказ на изготовление камеры ионизатора в Гейдельберге и/или Дармштадте.
- Изготовление узлов MATS, за которые ответственен ПИЯФ, может быть выполнено в 2012-2016 гг.

Примечание: Программа ПИЯФ не зависит от места расположения MATS («в линию» с RЗВ или в «низко-энергетическом» корпусе). Изготовленные узлы могут быть опробованы в рабочих условиях на действующих ионных ловушках SHIPTRAP, TRIGATRAP и др.