

Оптимизация параметров мишенной плазмы на установке КОТ

Константин Колесниченко



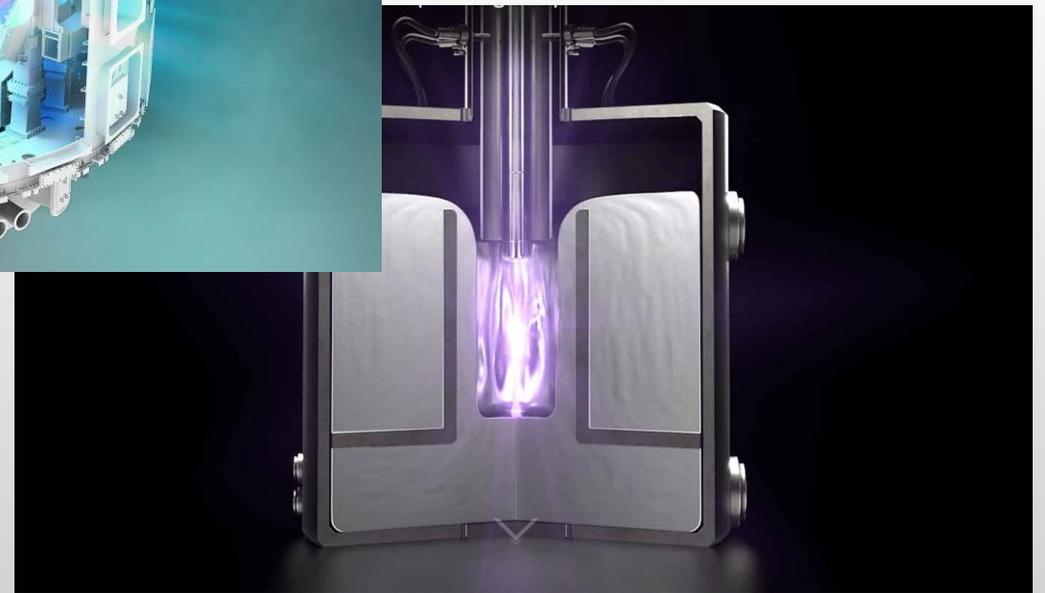
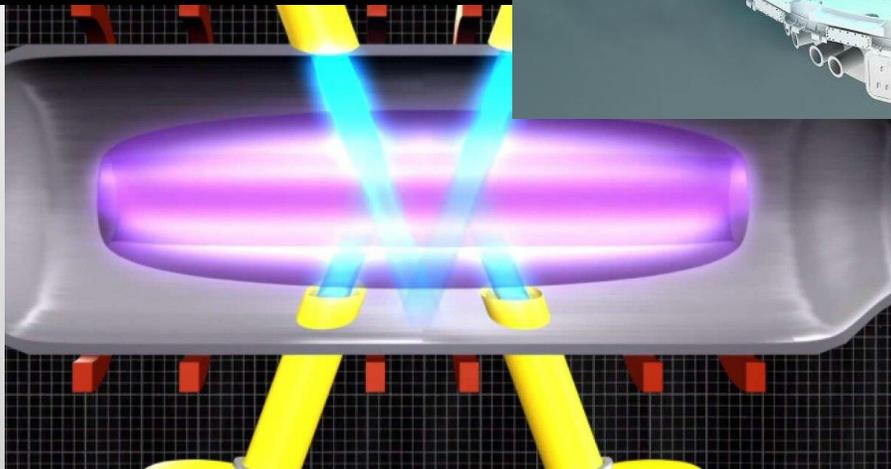
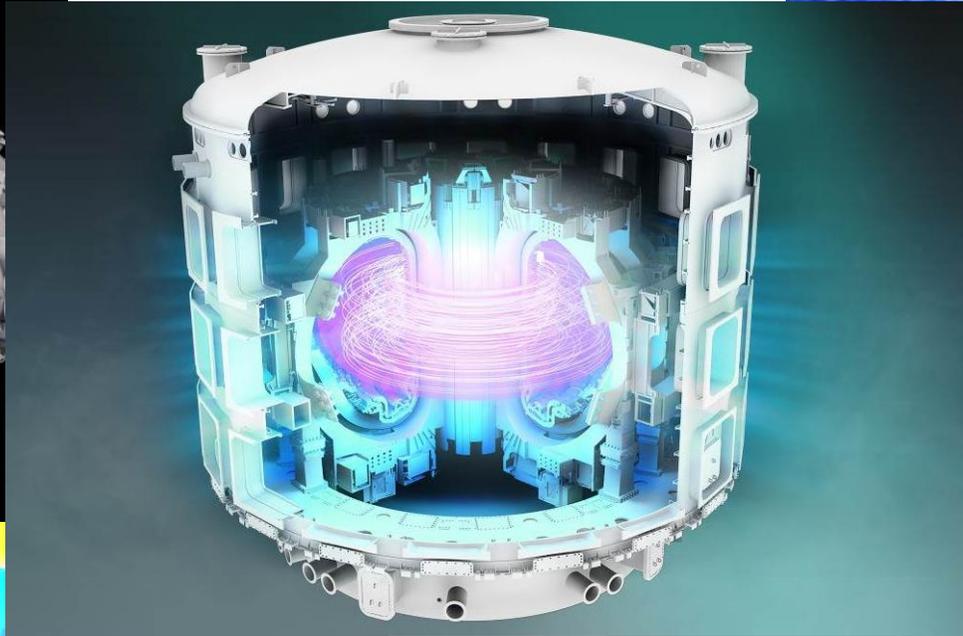
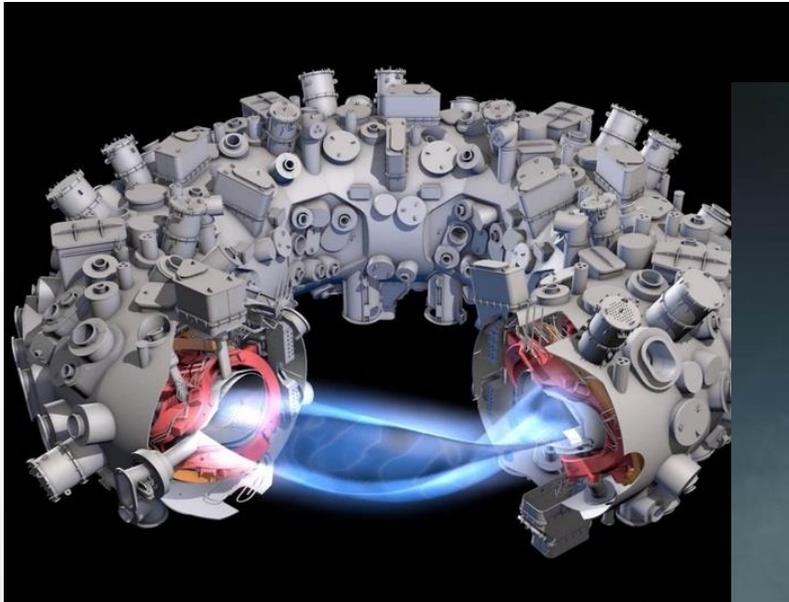
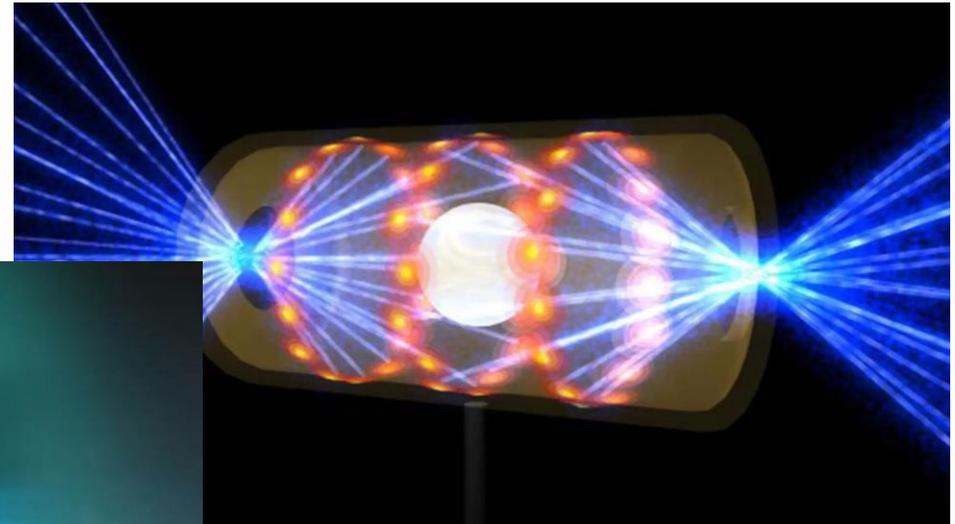
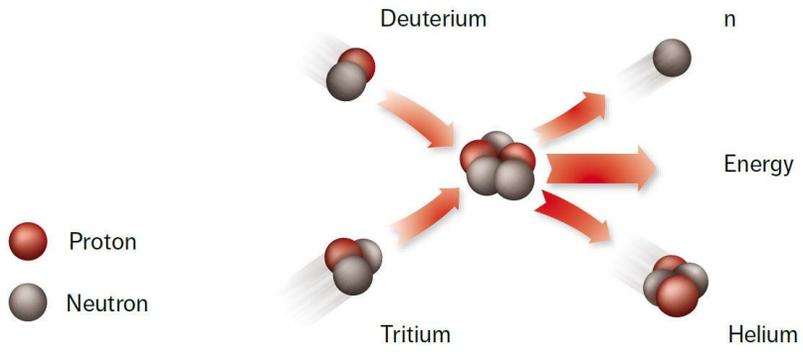
N



Новосибирский государственный университет
Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера

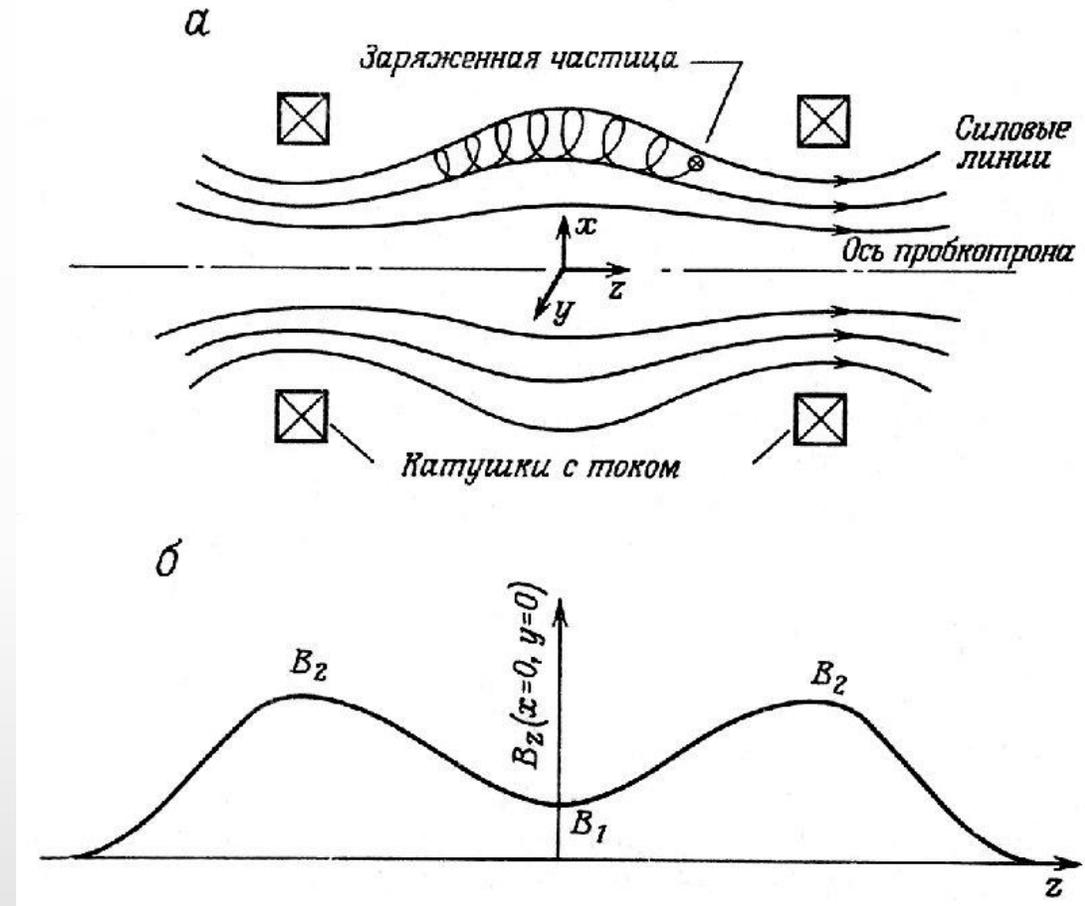
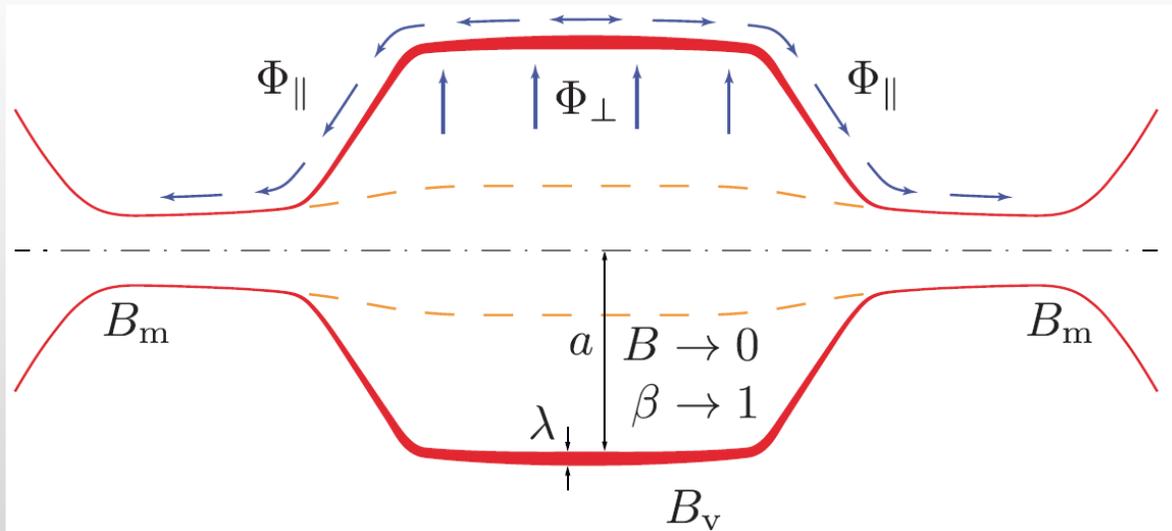
Новосибирск, 2022

Термоядерный реактор



Диамагнитное удержание

- Одним из перспективных путей создания термоядерного реактора является **открытые ловушки**
- Основная проблема – большие продольные потери
- Решение - **диамагнитное удержание (или FRC)**



Установка КОТ

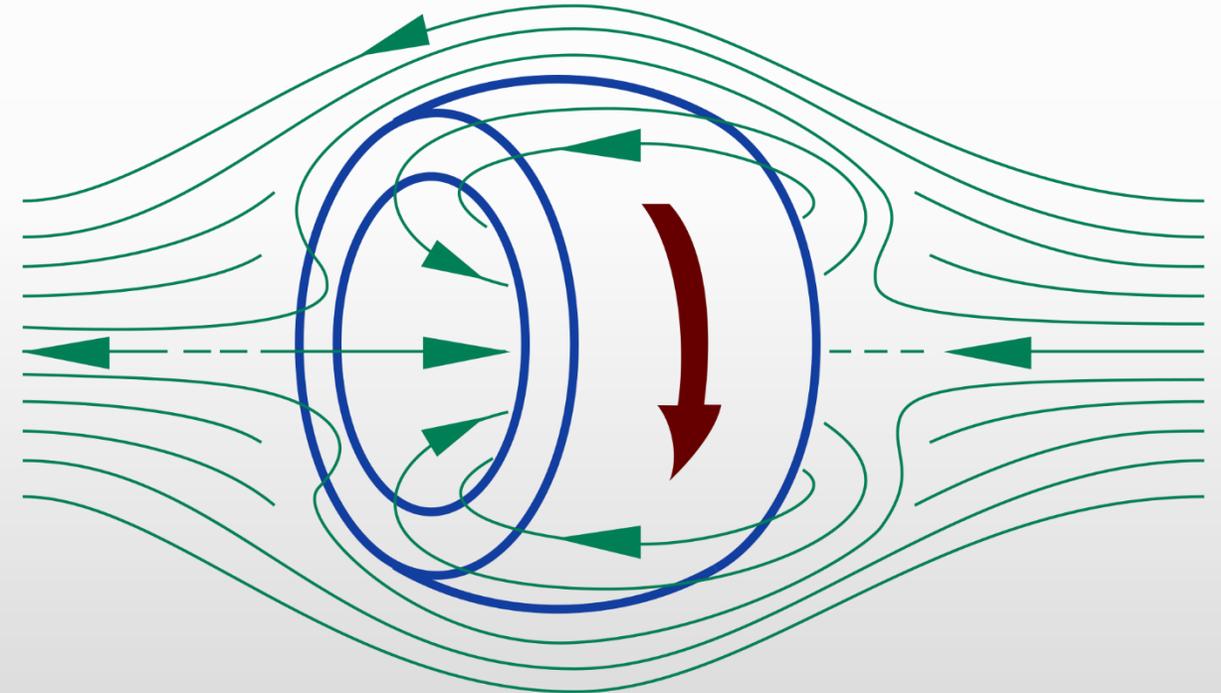
Конец 2021 года – пуск в ИЯФ новой экспериментальной установки КОТ (компактный осесимметричный тороид или CAT - Compact Axisymmetric Toroid)

Цели исследований:

- изучение удержания плазмы с $\beta=8\pi r B^{-2} \sim 1$;
- демонстрация диамагнитного удержания;
- демонстрация возможного обращения поля.

Преимущества конструкции:

- Сравнительная простота
- Высокое значение β
- Наличие естественного канала удаления примесей и продуктов термоядерных реакций



Принципиальная схема конфигурации с обращенным полем

Установка КОТ



Габариты установки

Длина	6 м
Высота	5 м
Диаметр камеры	1 м
Межпробочное расстояние	0,6 м
Пробочное отношение	2

Мишенная плазма

Радиус	10 см
Плотность	$3 \times 10^{13} \text{ см}^{-3}$
Электронная температура	30-50 эВ

Система атомарной инжекции

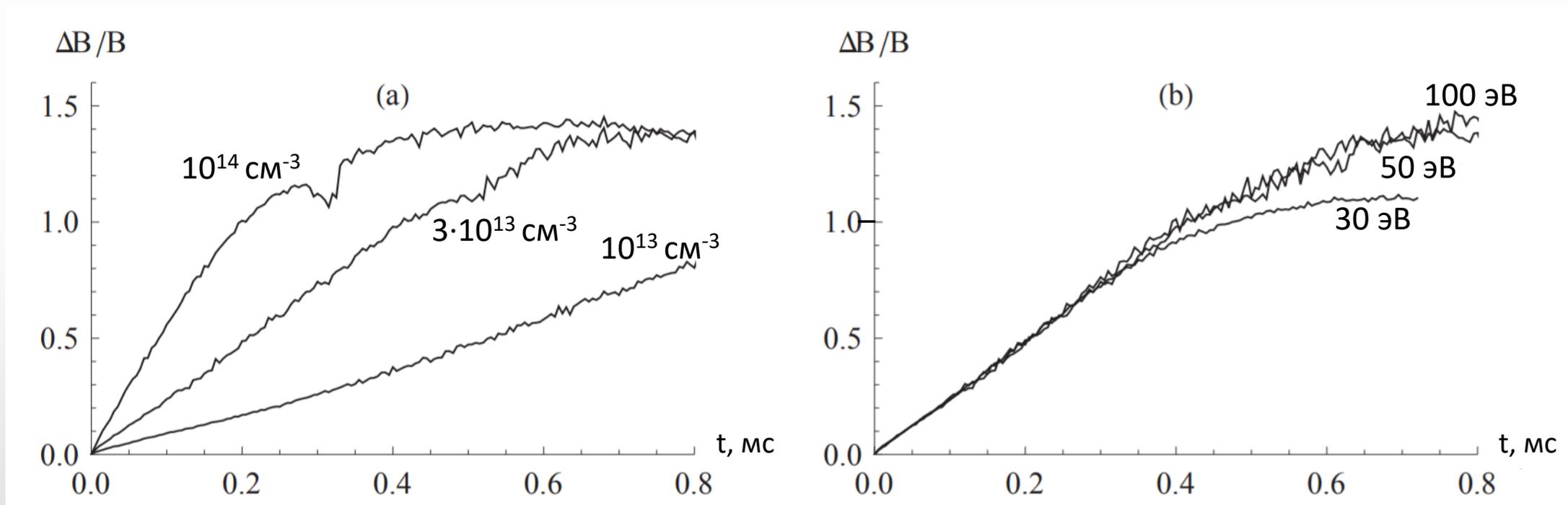
2 инжектора на энергию 15 кэВ	
Мощность	2x2 МВт
Ток	2x160 экв. А
Плотность тока в плазме (2XIIВ)	3,5 (1,6) экв. А/см ²

Температура начальной плазмы

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{E_i}{\tau_{ie}}, \quad \tau_{ei} = \frac{3MT^{\frac{3}{2}}}{8\sqrt{2}\pi e^4 \lambda \sqrt{mn}}$$

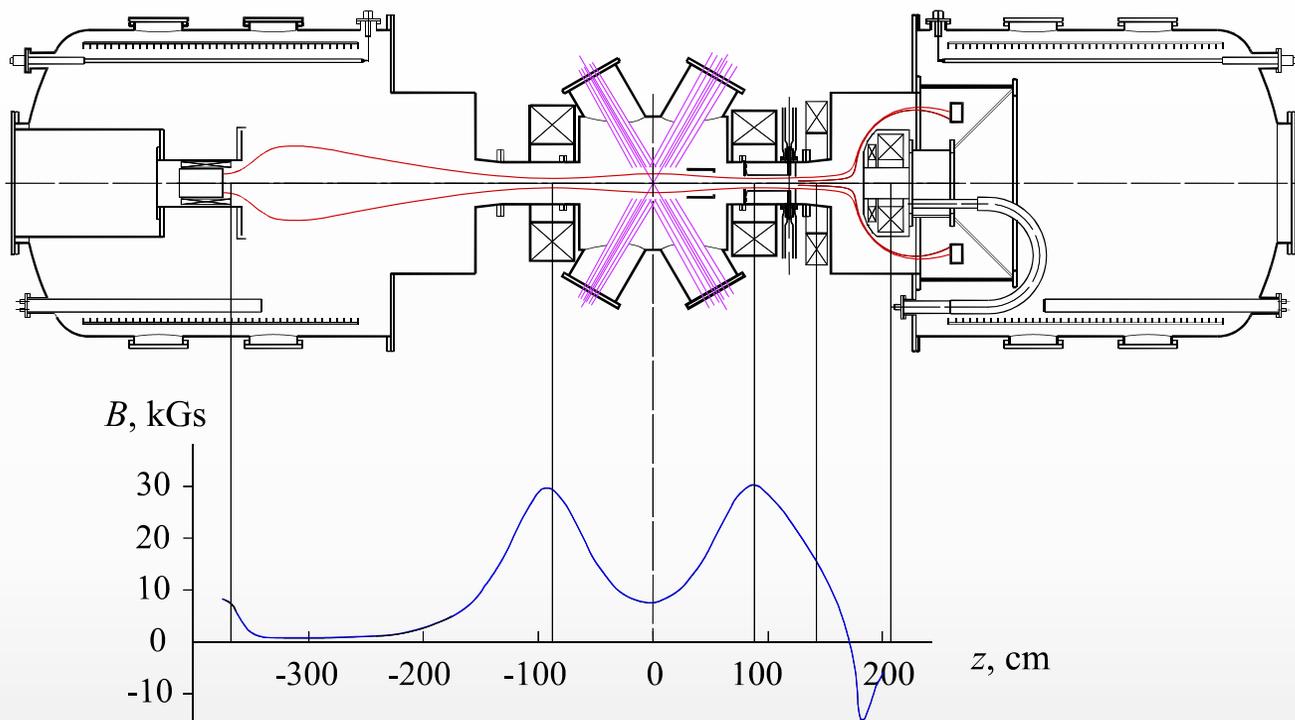


Необходимо создание предварительной плазмы с высокой температурой



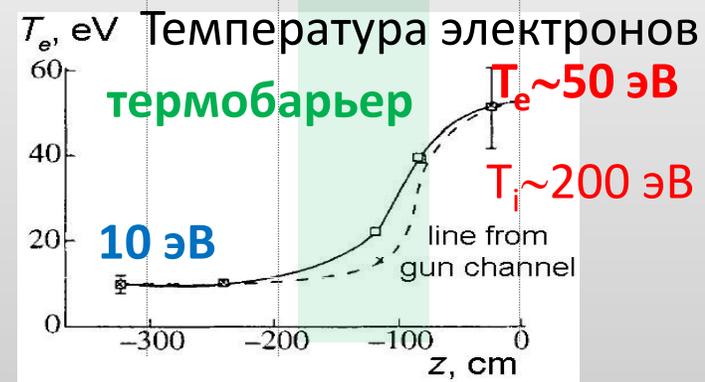
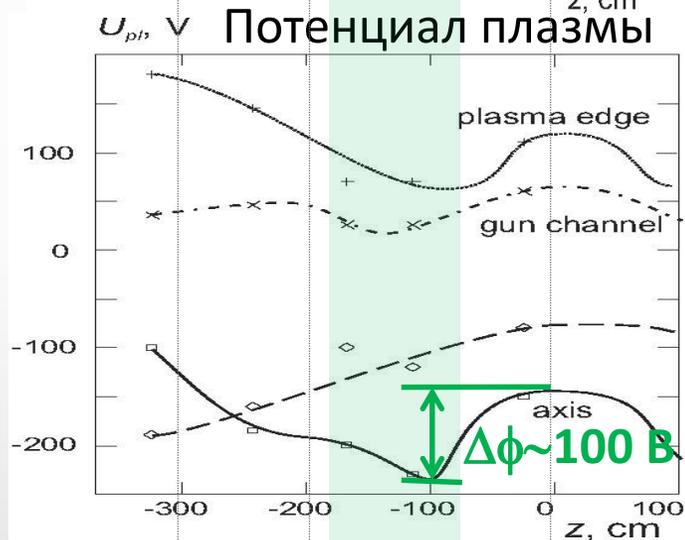
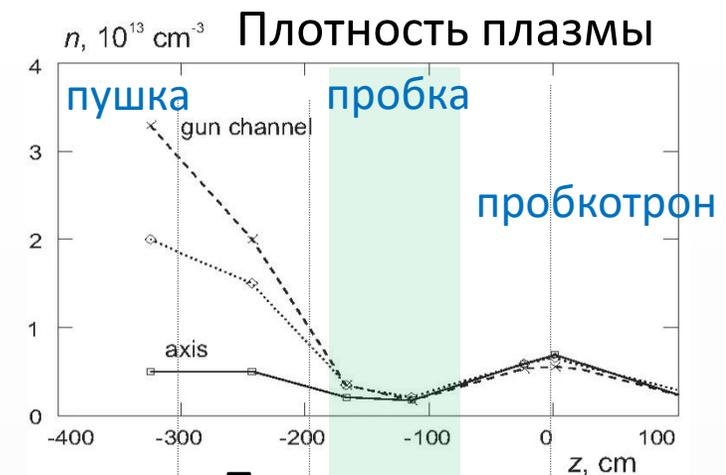
Временная зависимость вытесненного магнитного поля в зависимости от (а) плотности и (б) температуры

Результаты АМБАЛ-М



- Отражение ионов от пробки приводит к сильному уменьшению плотности в пробке.
- Возникающая потенциальная яма ослабляет теплообмен между холодными $T_e=10$ эВ электронами вблизи пушки и теплыми $T_e=50$ эВ электронами в ловушке, которые получают энергию от $T_i=200$ эВ ионов.

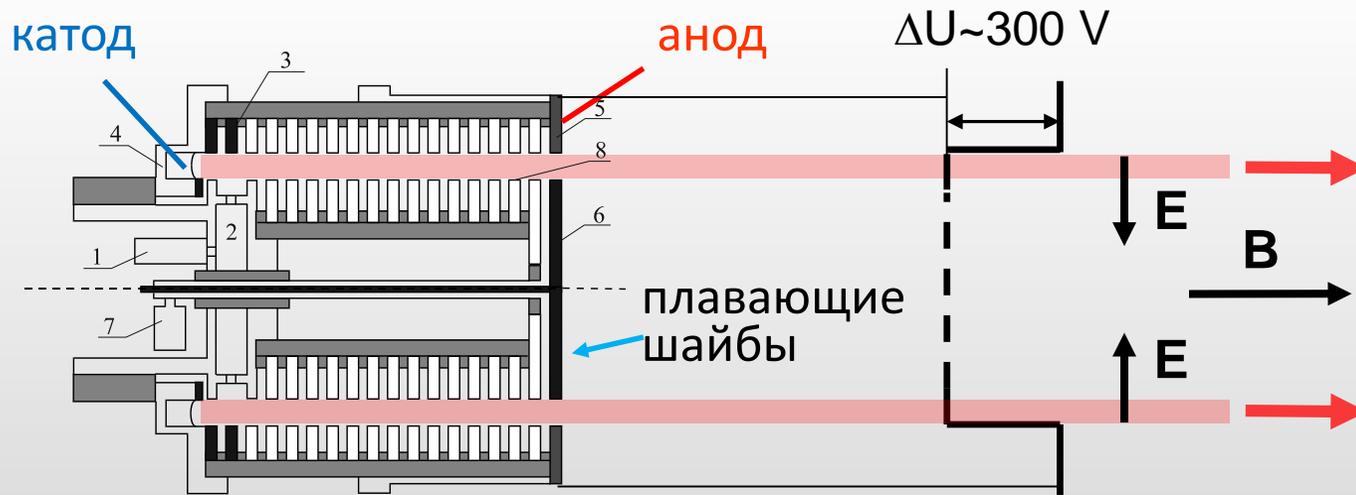
Ахметов Т. Д. и др. Создание горячей стартовой плазмы в концевой системе АМБАЛ-М //Физика плазмы. – 1997. – Т. 23. – №. 11. – С. 988-1001.



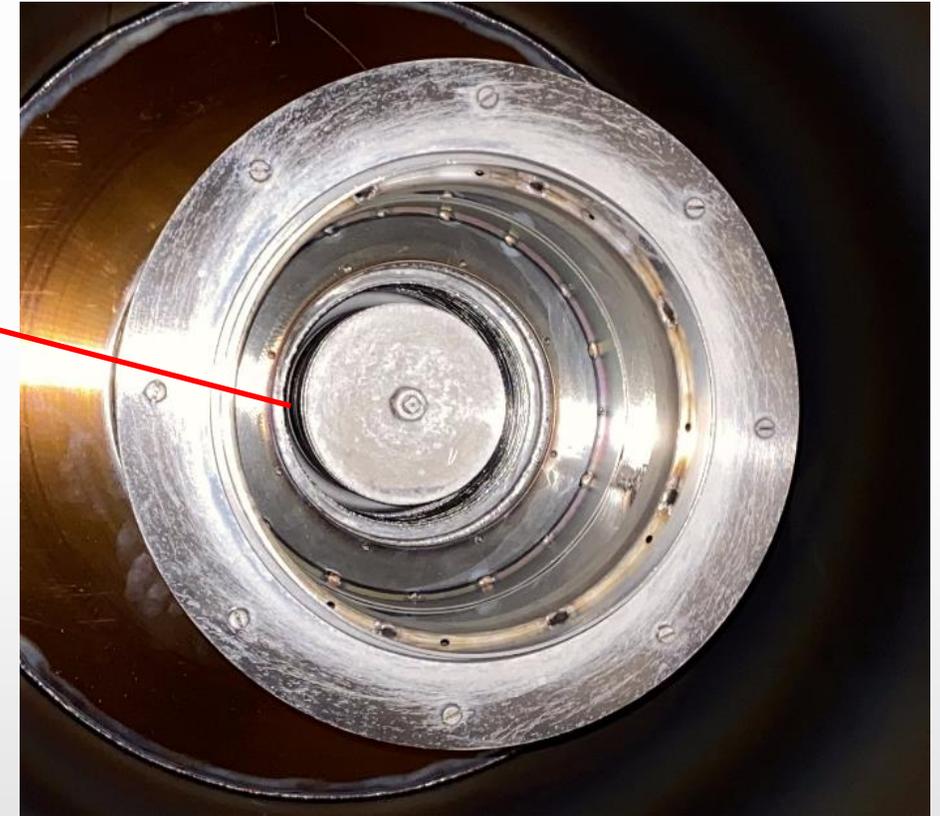
Создание предварительной плазмы

На установке КОТ мишенная плазма создается при помощи газоразрядного источника, который имеет разрядный канал с кольцевой конфигурацией

Разрядный канал шириной 1 см, внутренний диаметр 11 см

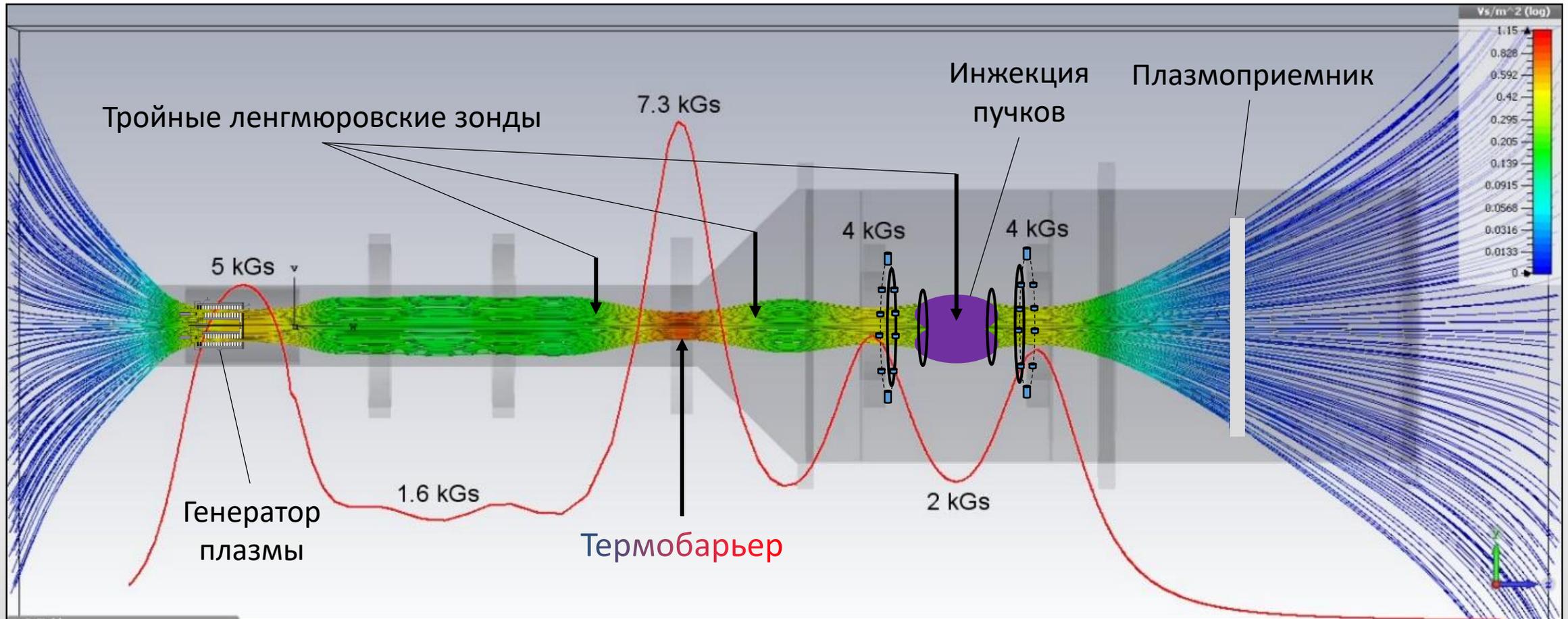


Принципиальная схема газоразрядного источника

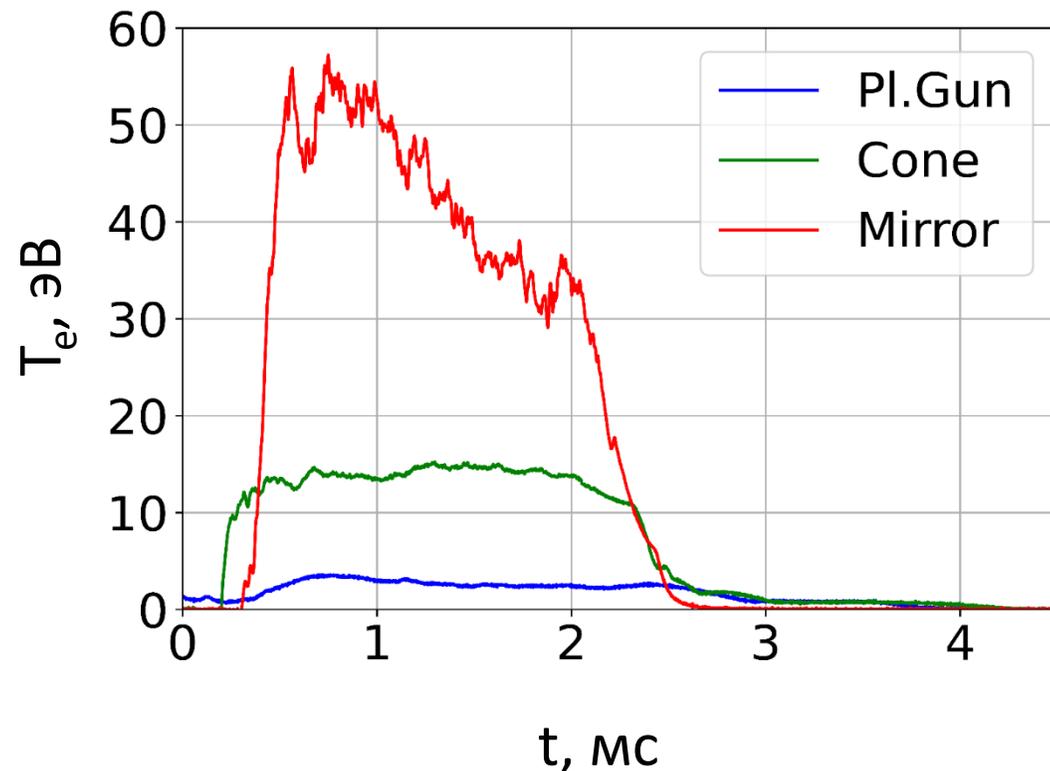


Фотография газоразрядного источника на установке КОТ

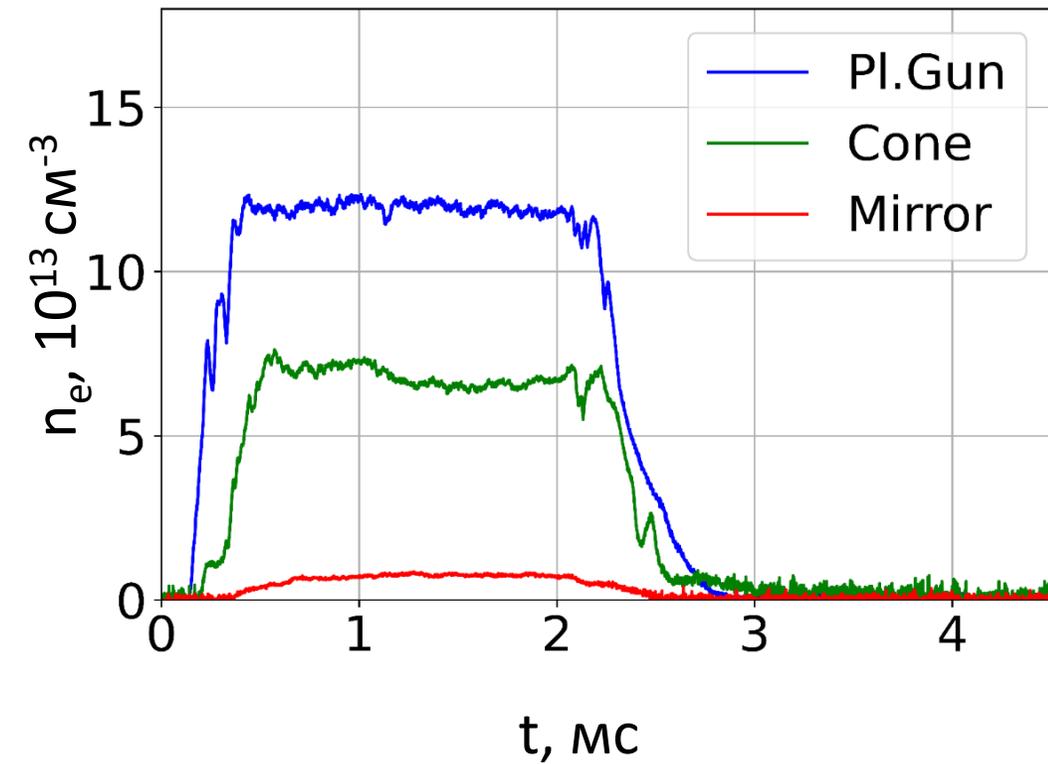
Магнитная система установки



Результаты: электронная температура и плотность



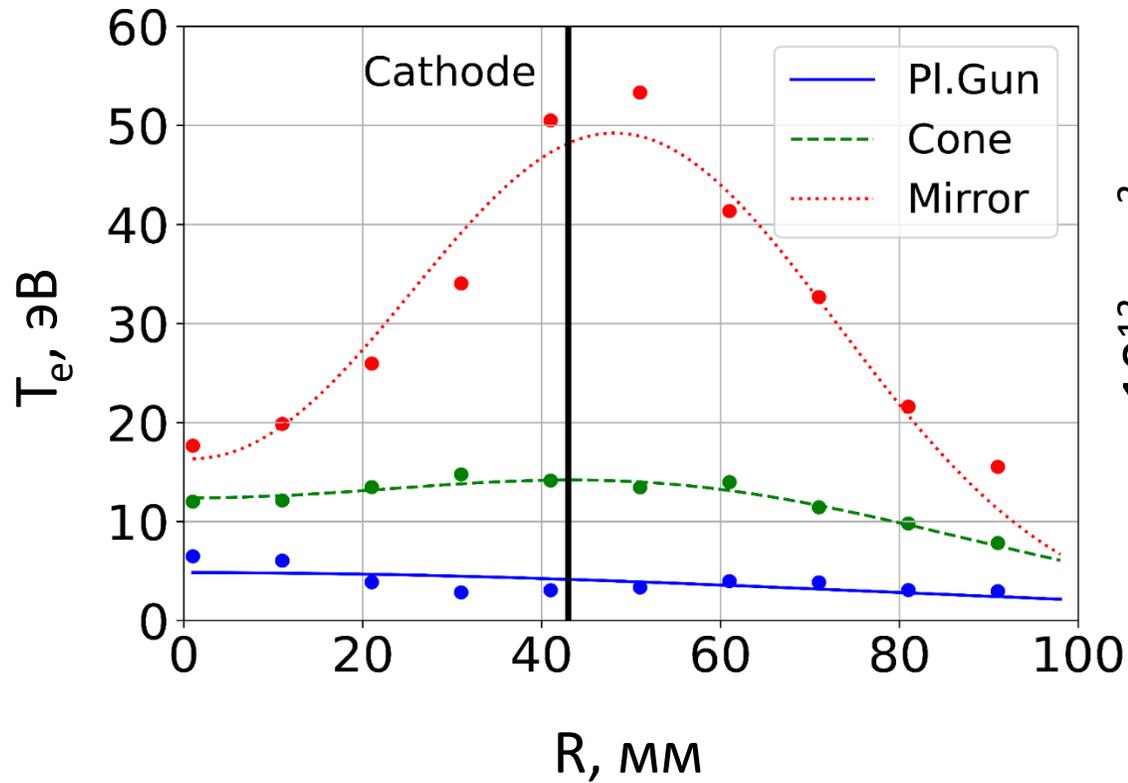
а



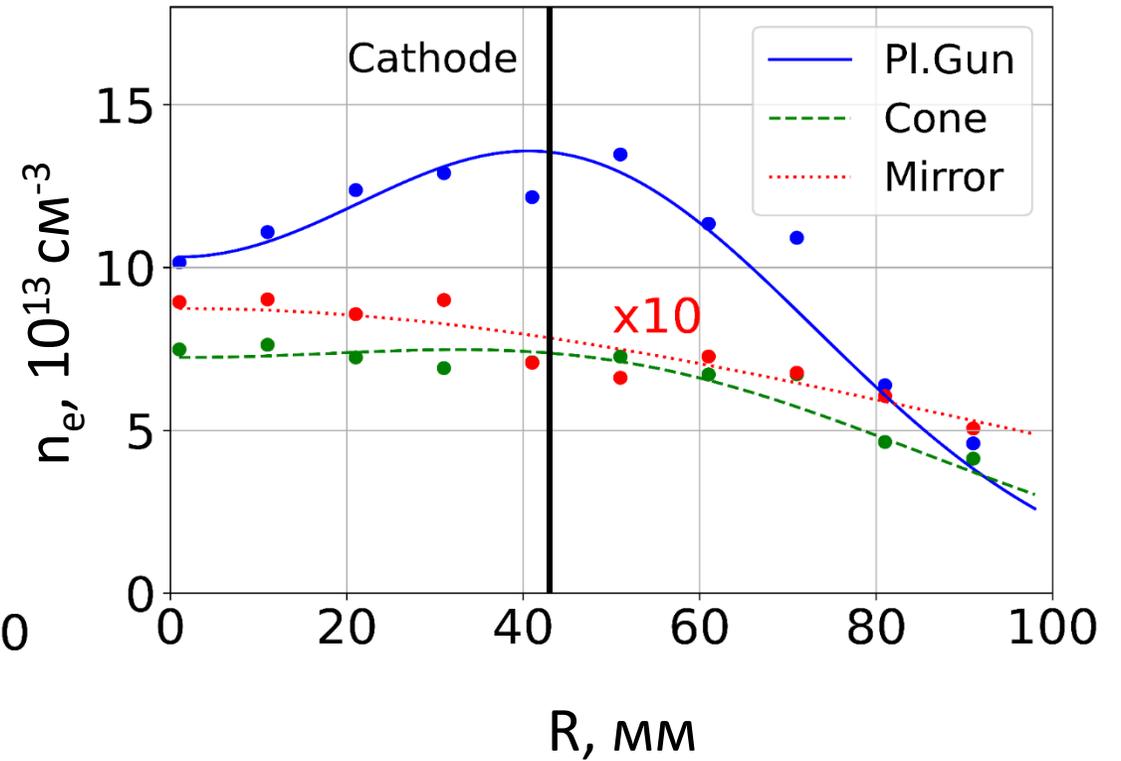
б

Зависимость электронной температуры (а) и плотности (б) от времени

Профиль электронной температуры



а



б

Радиальный профиль электронной температуры плазмы при разных продольных (а) и временных координатах(б).

Заключение

В конце 2021 года произведен физический пуск установки КОТ и получена мишенная плазма.

При помощи тройных ленгмюровских зондов были измерены радиальные профили электронной температуры и плотности мишенной плазмы, полученной при помощи газоразрядного источника. Параметры плазмы удовлетворяет условиям требуемым для эффективного захвата и удержания быстрых атомов ($T_e > 30$ эВ, $n_e \approx 10^{13}$ см⁻³);

В ближайшее время планируется включение системы атомарной инжекции и проведение экспериментов по накоплению азимутального тока.