



RQC

Поиск оптимальных параметров оптической системы для формирования изображения ионов в ловушке

Заруцкий Семён*, Ольга Лахманская, Кирилл Лахманский

Российский квантовый центр

Группа «Квантовые вычисления на холодных ионах»

*zarutskiysy@gmail.com

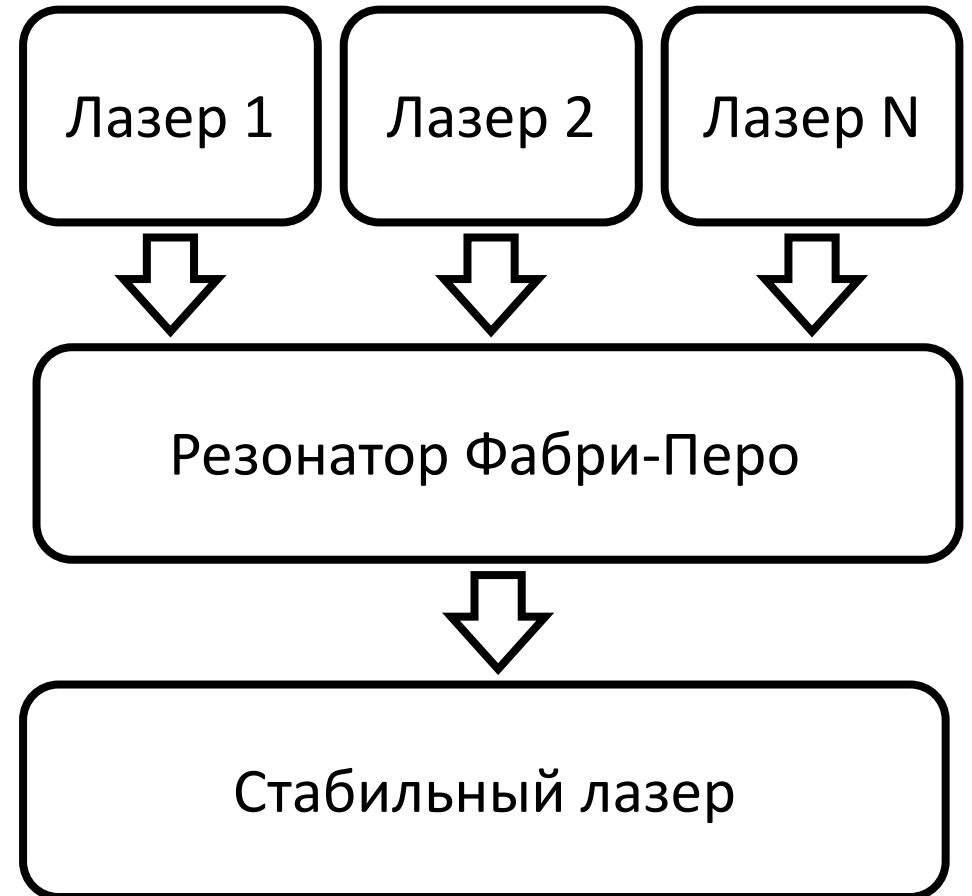
План доклада

- Разработка репера частоты
- Требования к системе регистрации ионов
- Подбор параметров системы регистрации

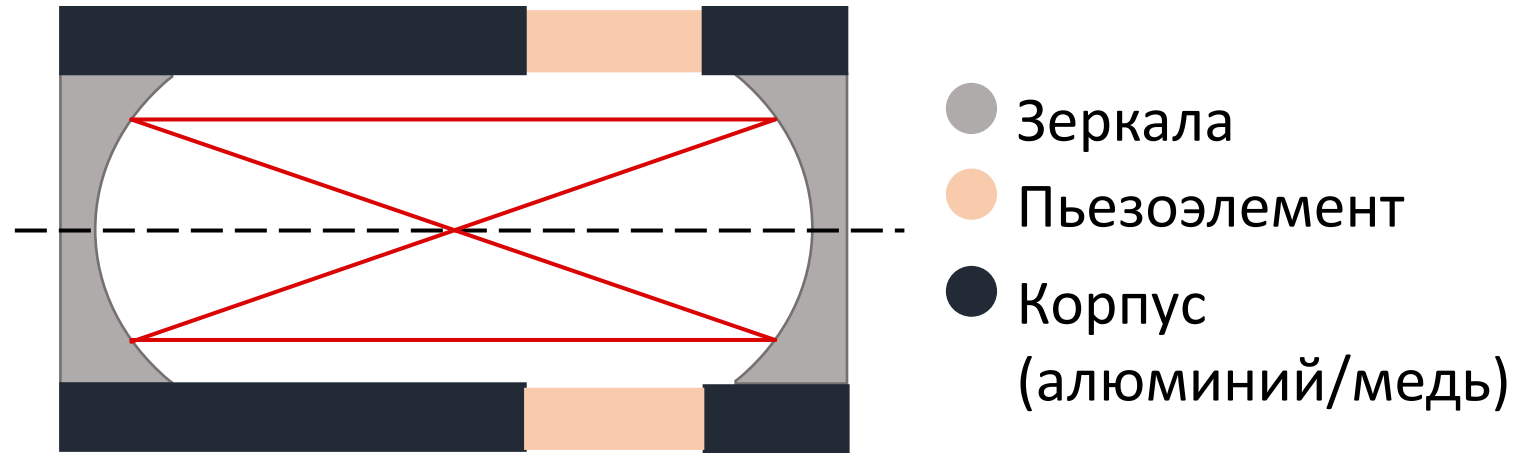
Общая предлагаемая схема стабилизации

Резонатор Фабри-Перо стабилизируется посредством привязки к лазеру с узкой стабильной спектральной линией шириной < 1 кГц.

Требующие стабилизации лазеры будут привязаны к линии пропускания резонатора.



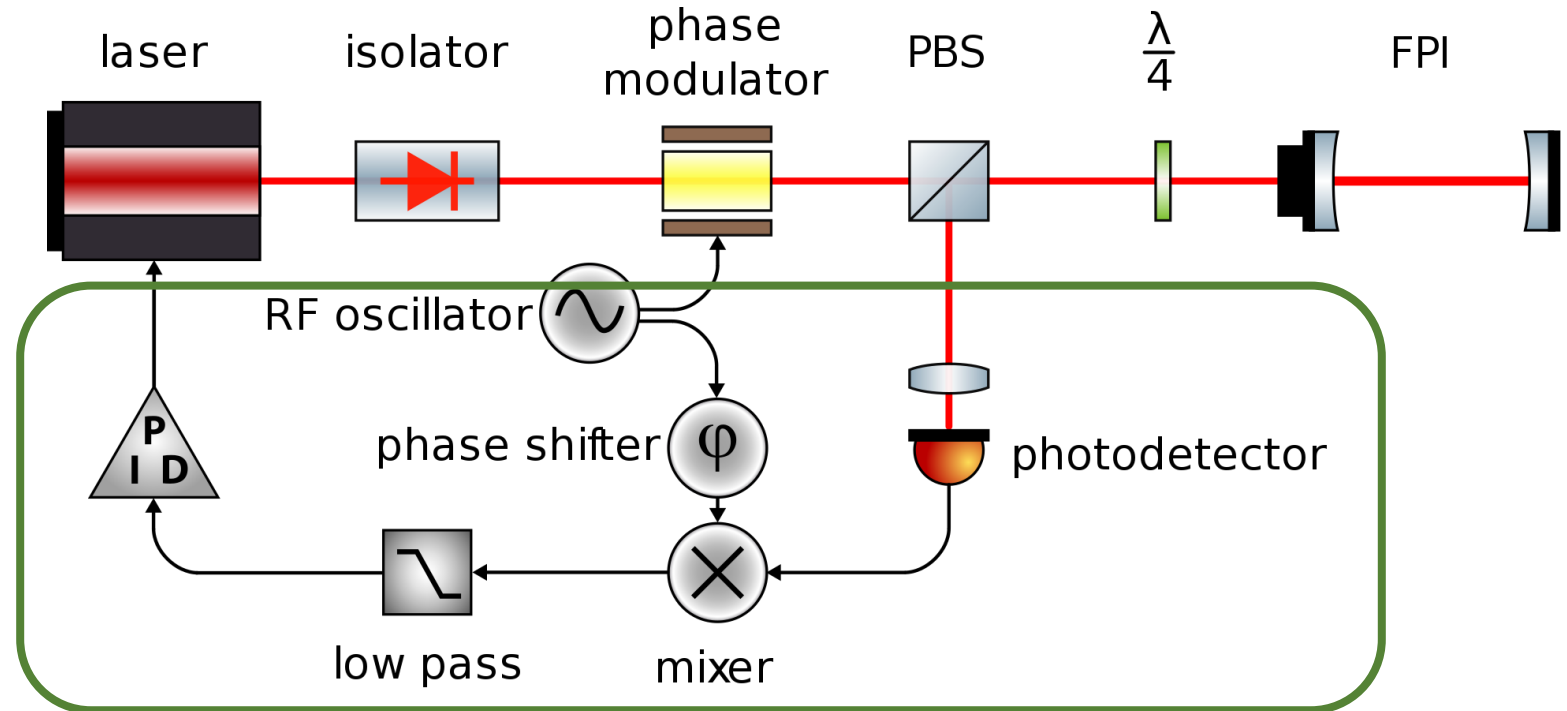
Механическая часть проекта: конфокальный резонатор Фабри-Перо



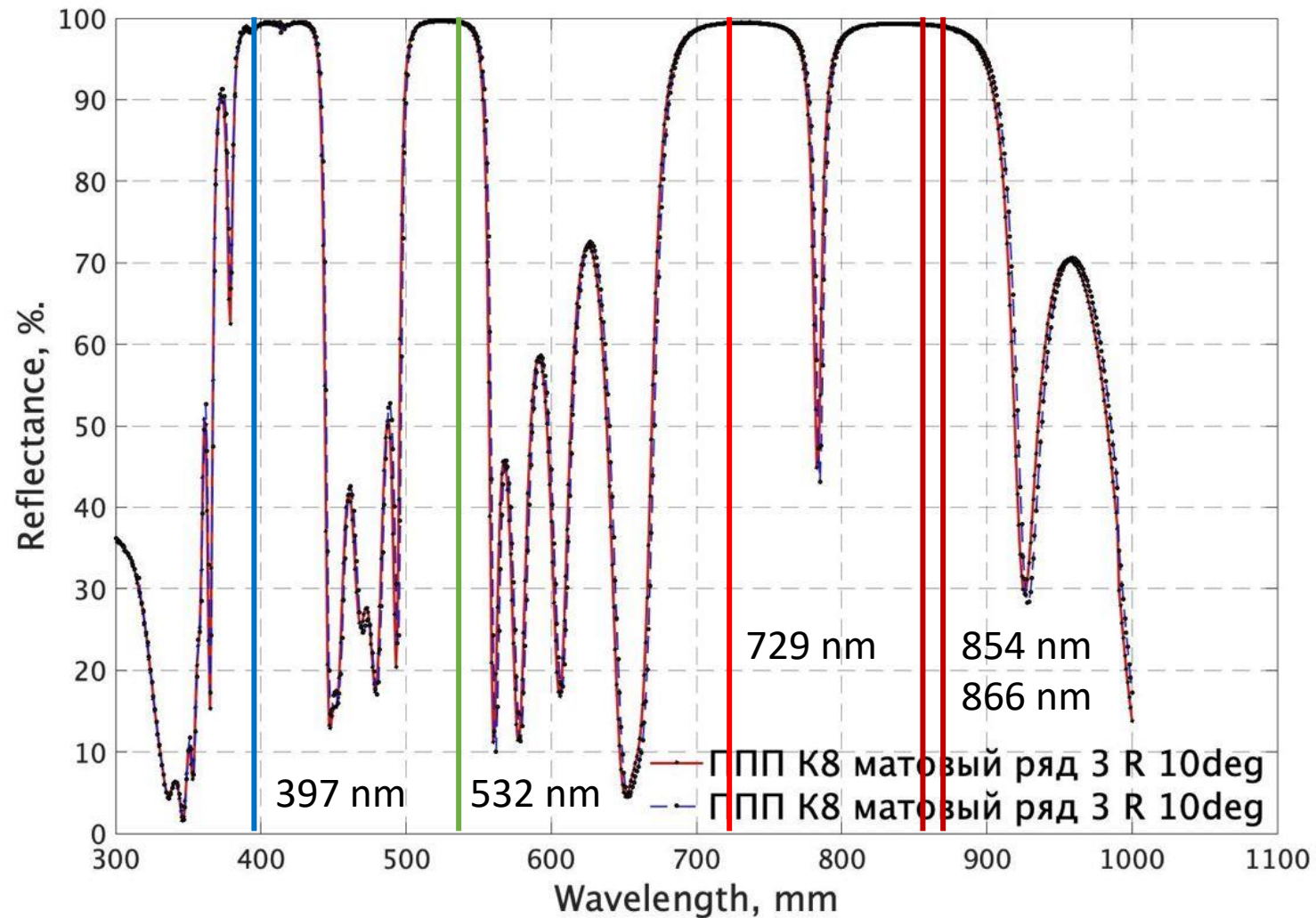
Отражающие поверхности резонатора – сферические зеркала.
Длина резонатора регулируется посредством подачи напряжения на пьезоэлементы.

Электронная часть проекта: Схема, осуществляющая метод PDH

- Прототипирование и сборка электрической схемы, осуществляющей PDH
- Настройка ПИД регулятора



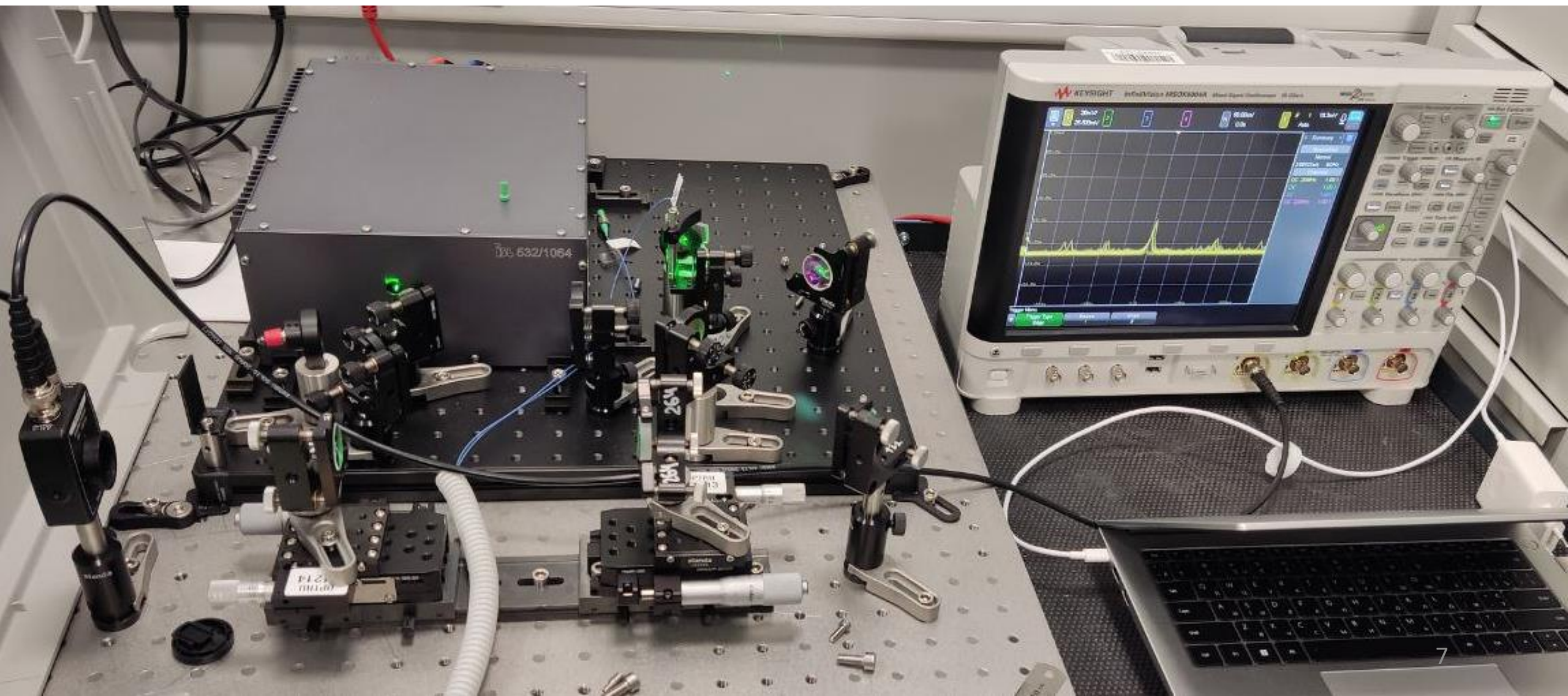
Профили использующихся зеркал



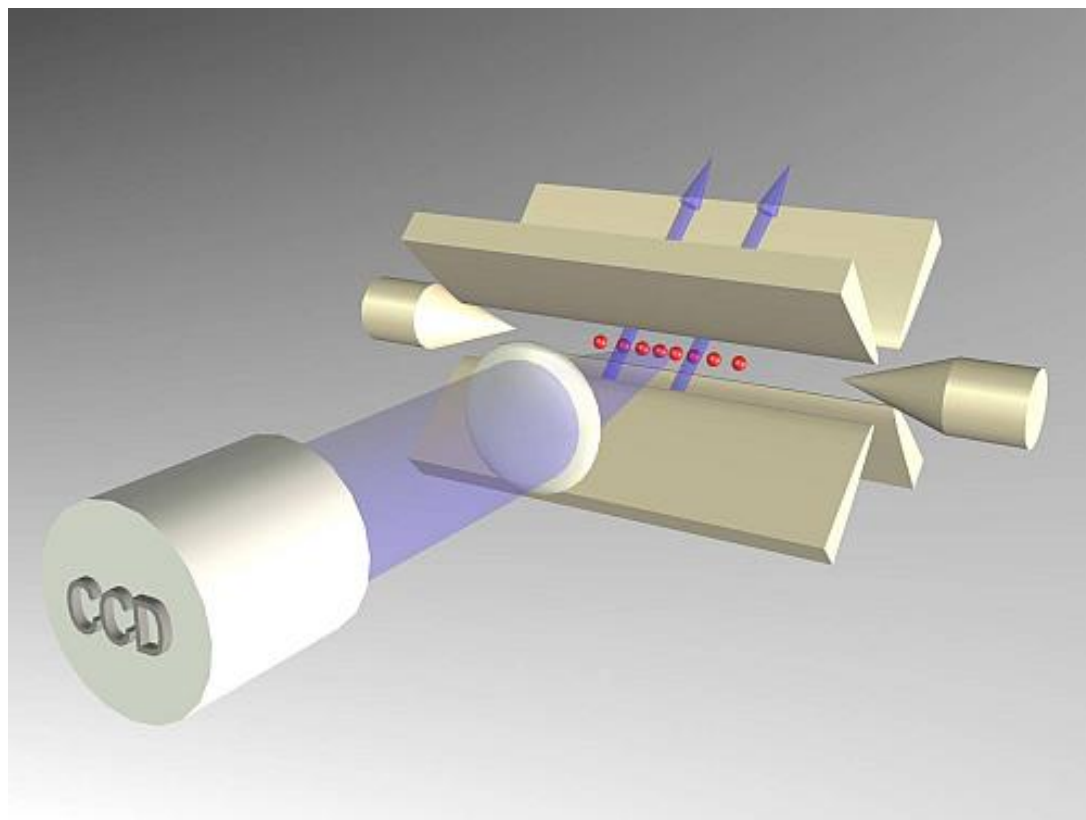
- 327 nm
- 532 nm
- 729 nm
- 854 nm
- 866 nm



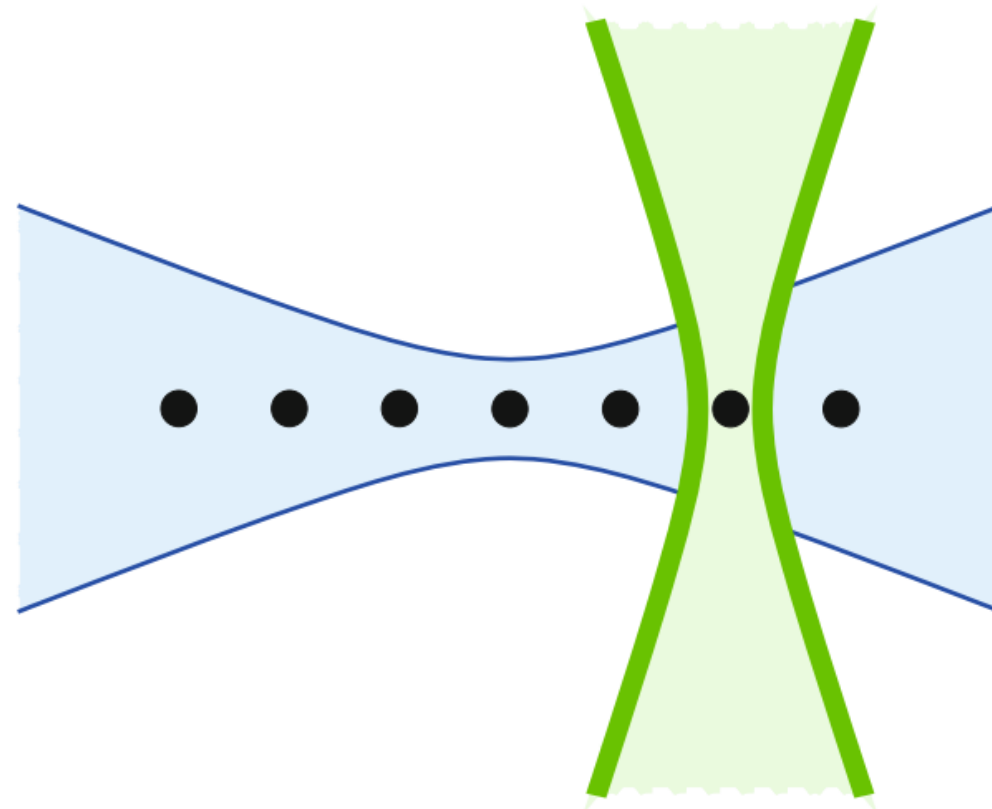
Резонатор в свободном пространстве



Ловушка Пауля в квантовых вычислениях



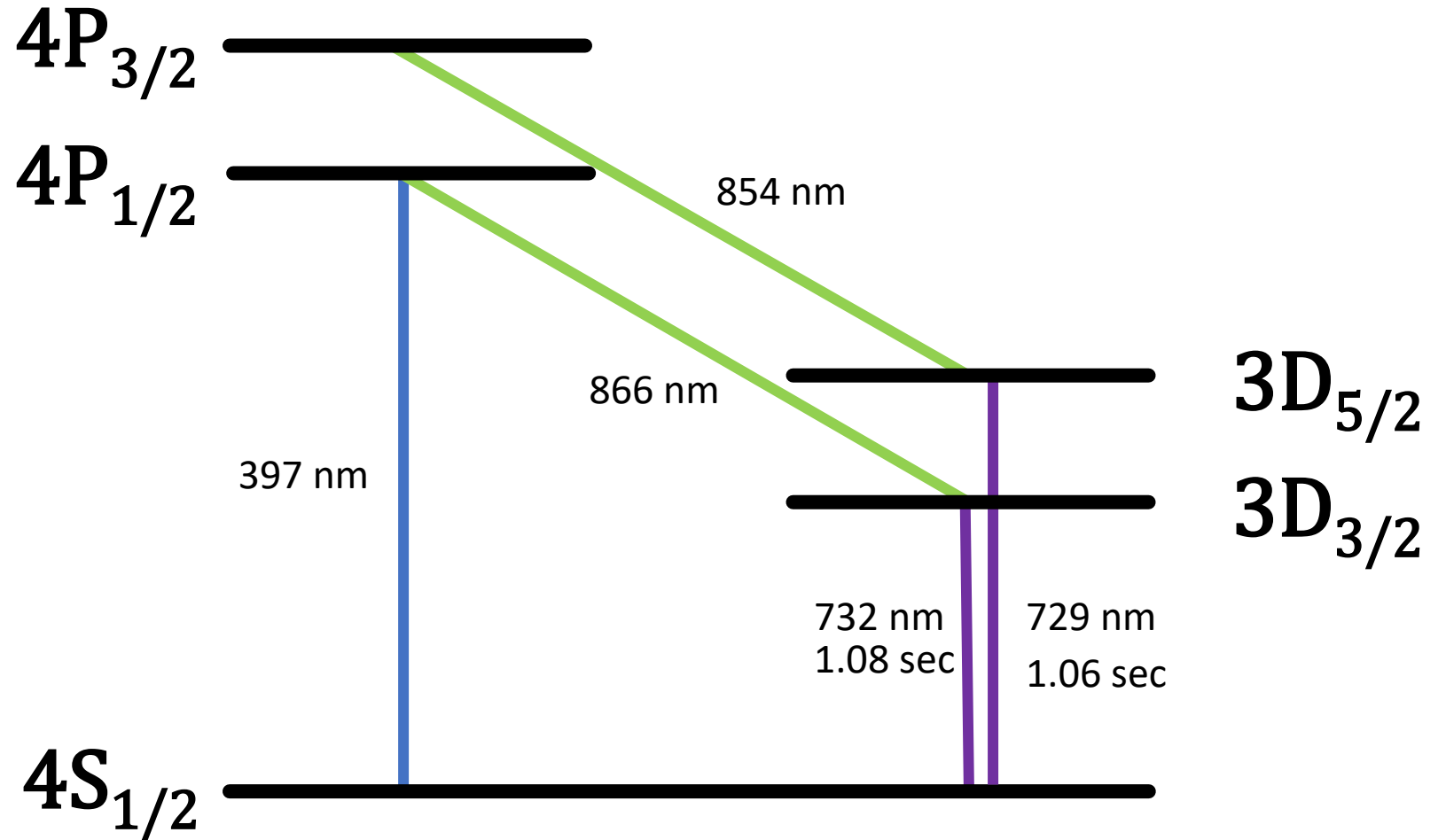
Эскиз ловушки Пауля для поимки ионов



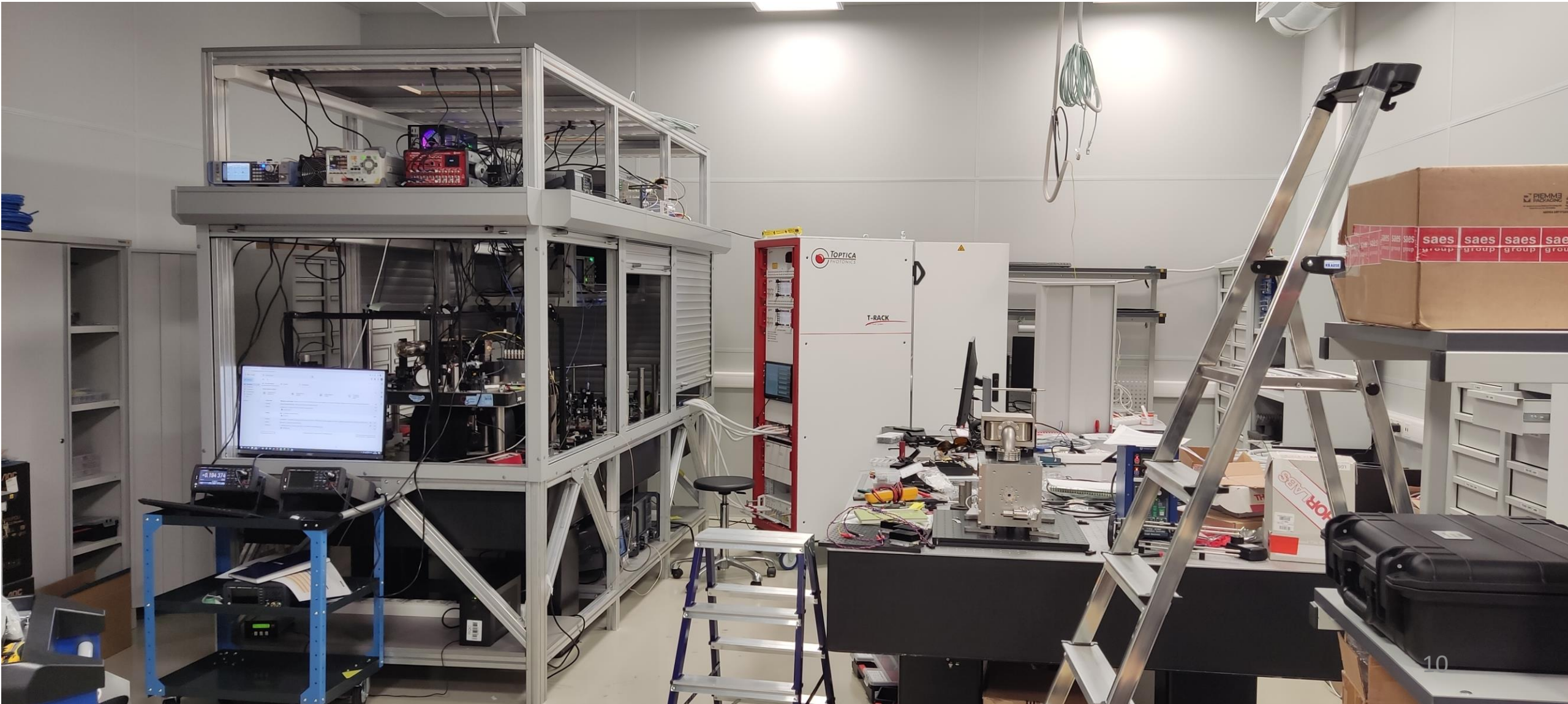
Индивидуальная и глобальная
адресация ионов в цепочке

Энергетические уровни иона $^{40}\text{Ca}^+$

- Охлаждение
- Перекачка
- Хранение информации



Статус эксперимента в лаборатории



Ионов нет

Что может быть не так:

① Проблема с ловушкой

② Непопадание по частотам лазеров

③ Проблема с регистрацией

Ионов нет

Что может быть не так:

② Проблема с ловушкой

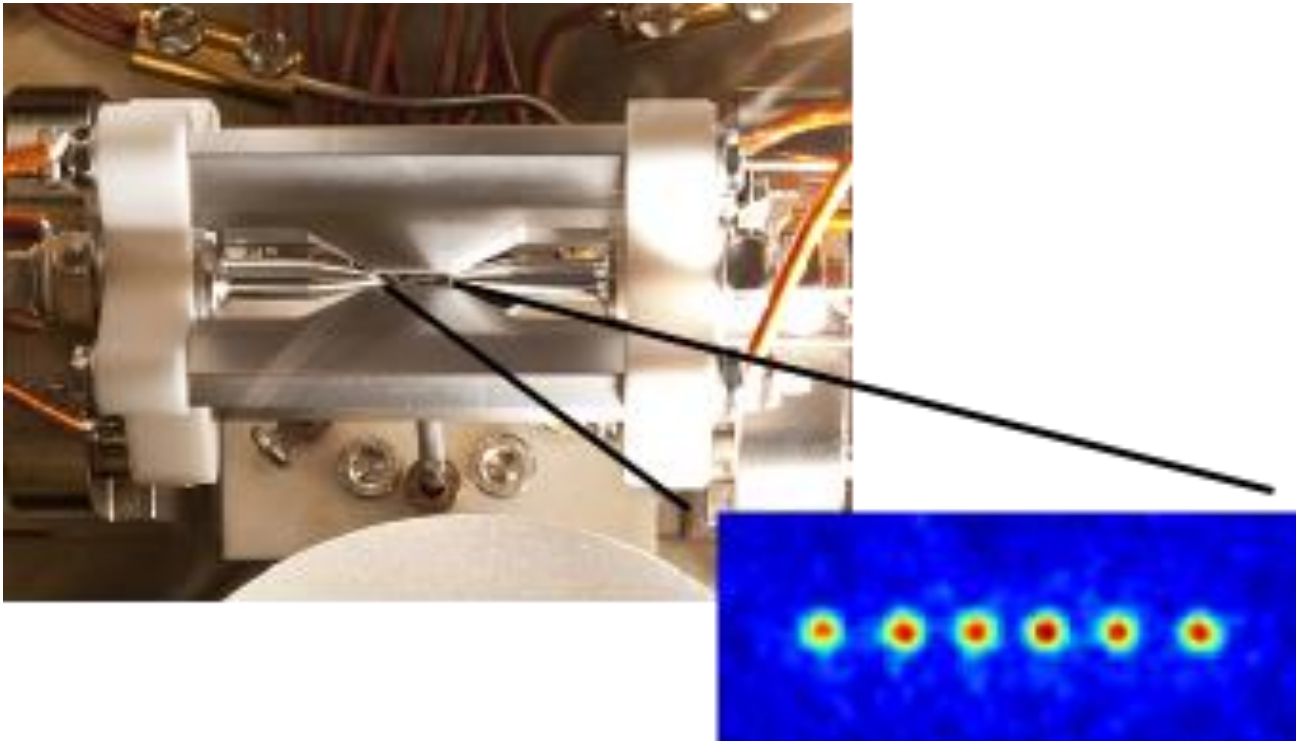
② Непопадание по частотам лазеров

② Проблема с регистрацией

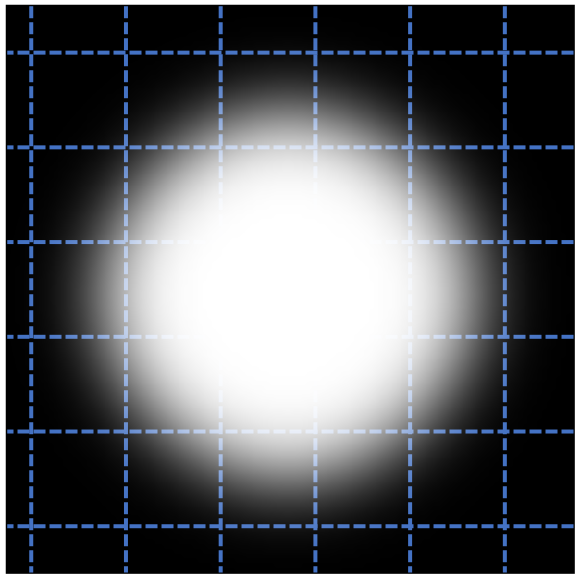
Оптическая система регистрации ионов

Требования:

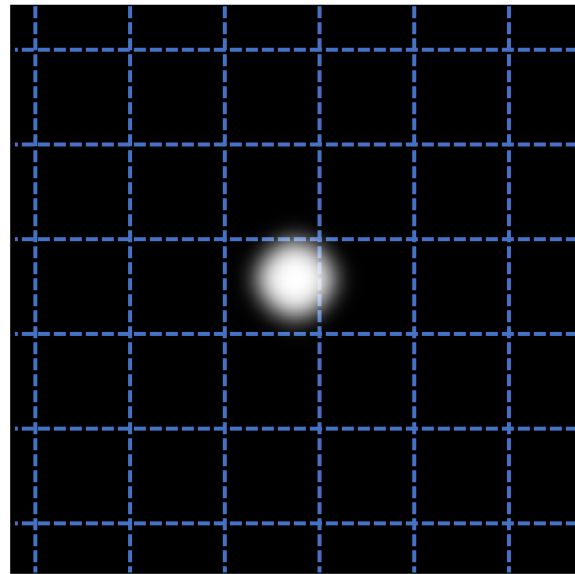
- Способность выделять ионы на фоне общей засветки
- Способность разрешать отдельные ионы



Способность выделять ионы на фоне общей засветки



Пучок радиусом $\approx 12\text{мкм}$
 ≈ 20 пикселей камеры

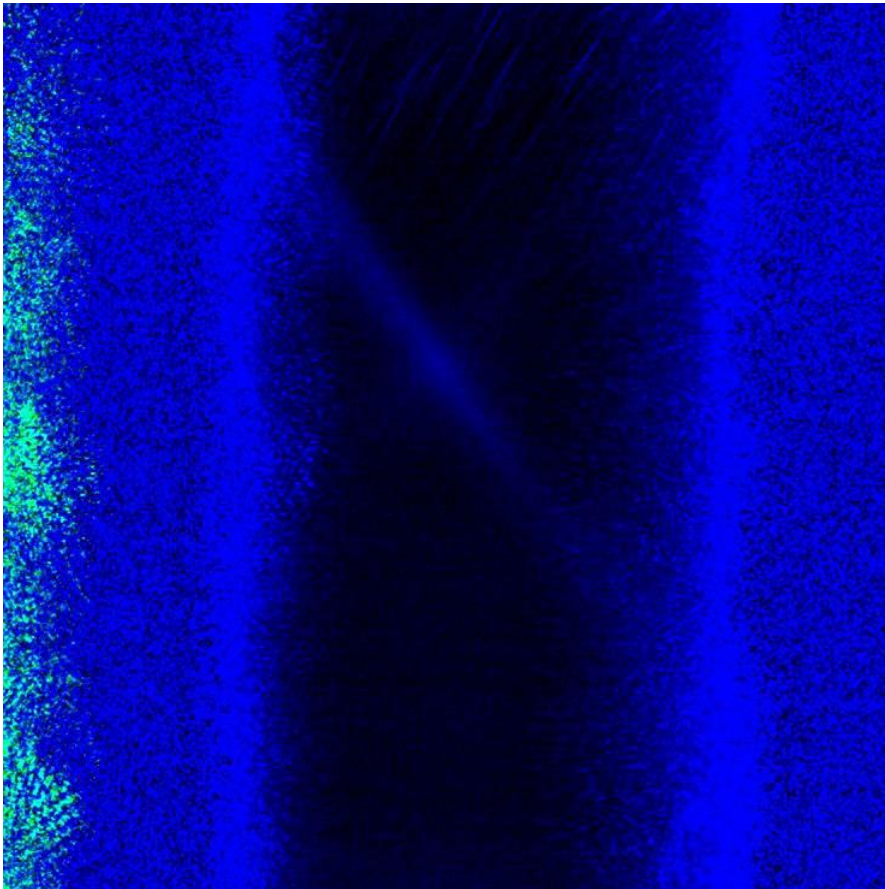


Пучок радиусом $\approx 3\text{мкм}$
 ≈ 5 пикселей камеры

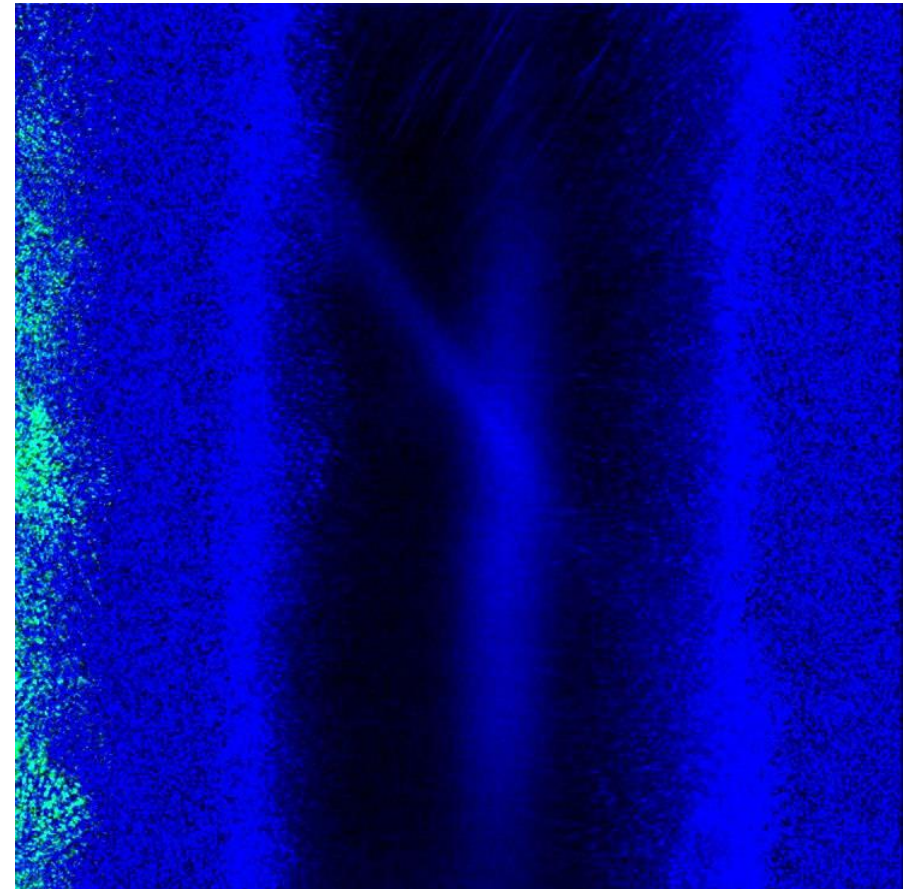


CMOS камера
Размер пикселя $6.5\text{ мкм} \times 6.5\text{ мкм}$

Способность выделять ионы на фоне общей засветки



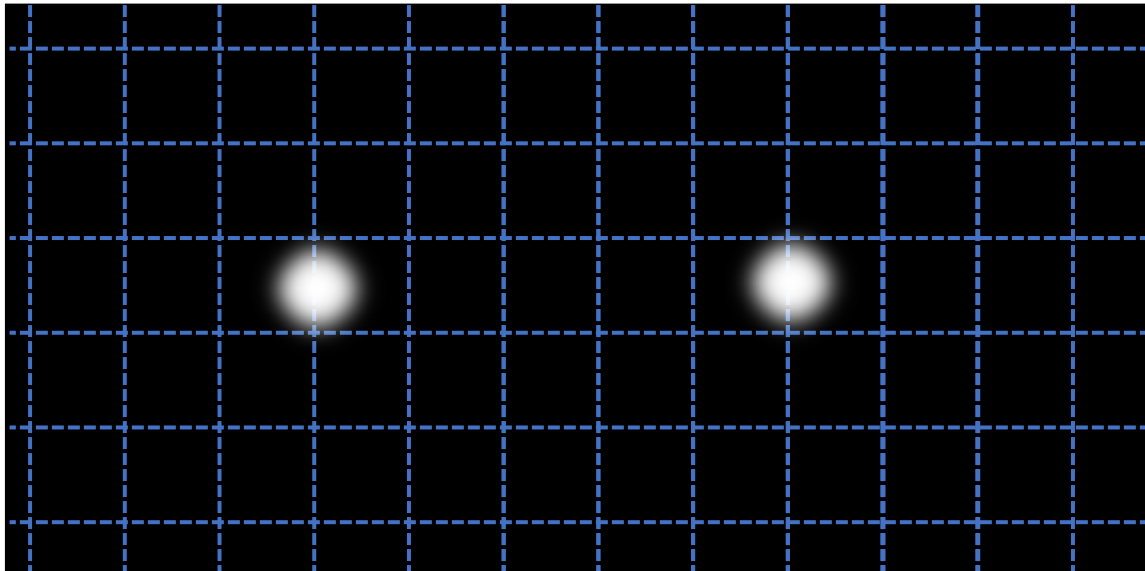
Излучение, отражённое от
электродов ловушки



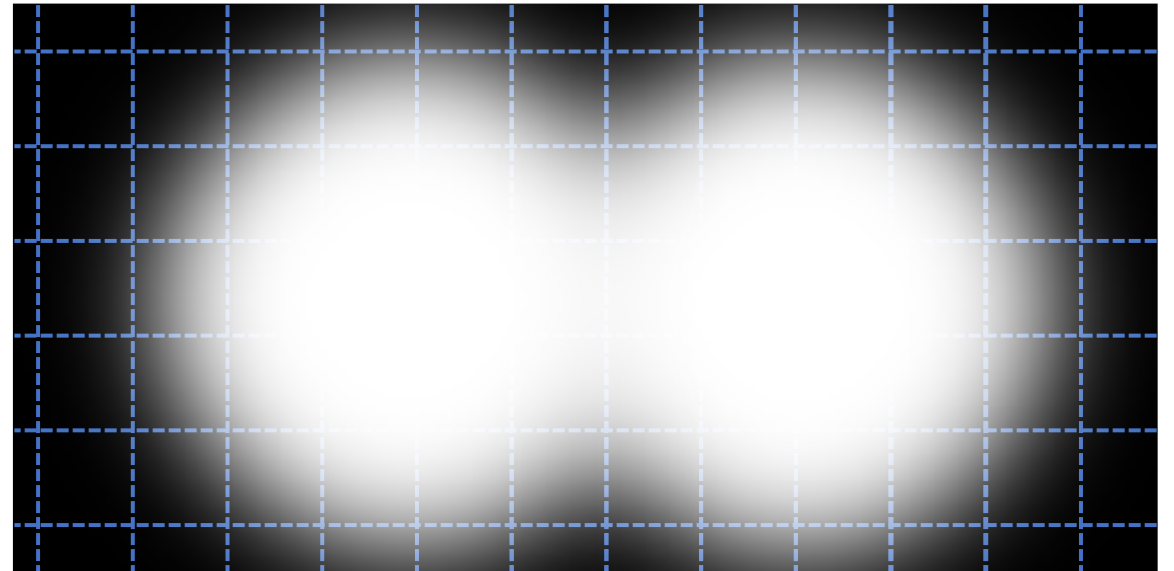
Облако ионов между
электродами ловушки

Способность разрешать различные ионы

Изображения ионов на матрице камеры:

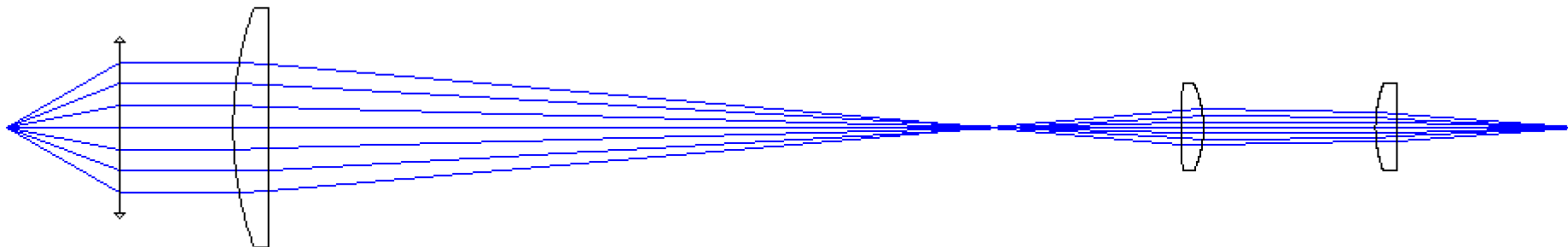


Ионы легко различимы

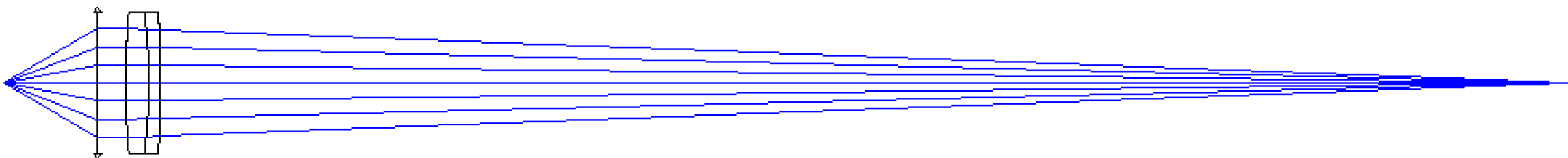


Разрешение ионов затруднено

Сравнение 2 систем

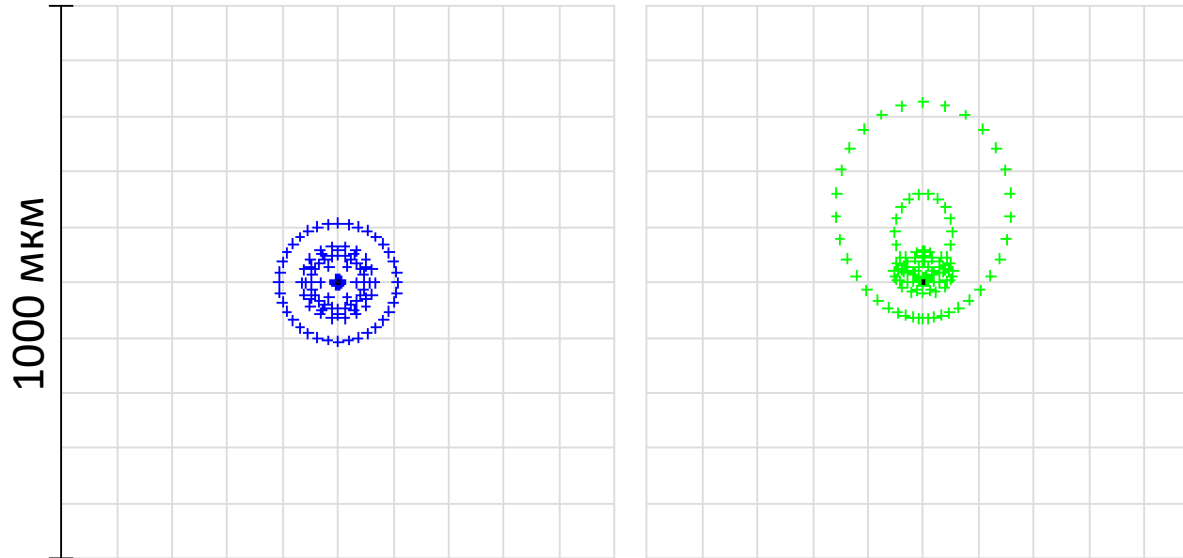


4f система

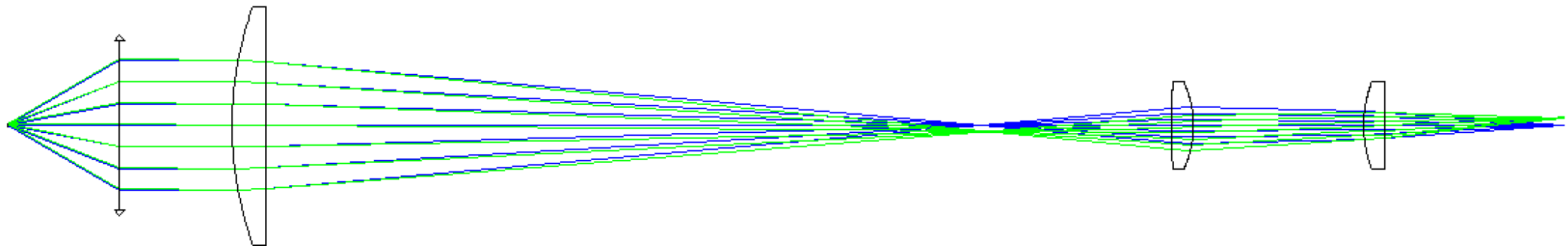


2f система

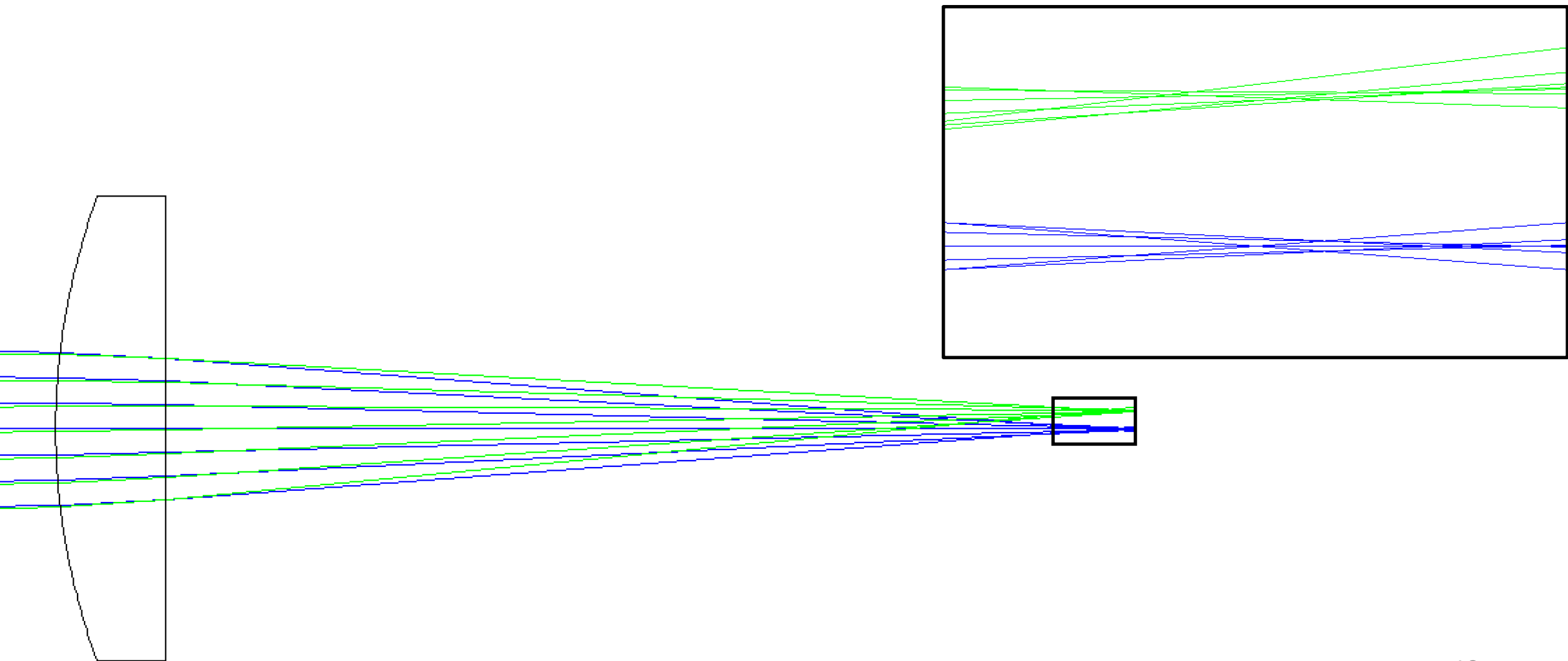
4f система линз



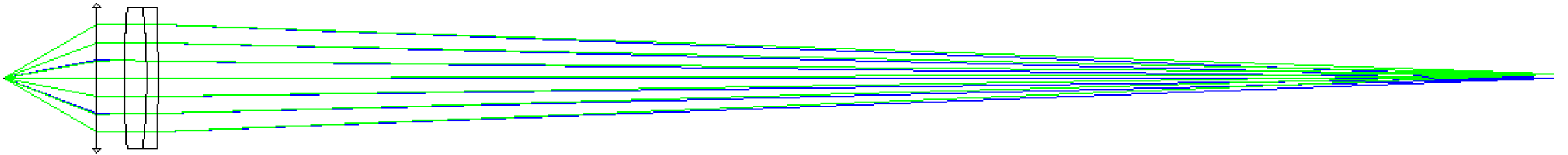
Длина оптической системы 465 мм	Источник на опт. оси	Источник смещён от оси на 100 мкм
Среднеквадратичный радиус, мкм	68	115
Радиус диска Эйри, мкм	3	



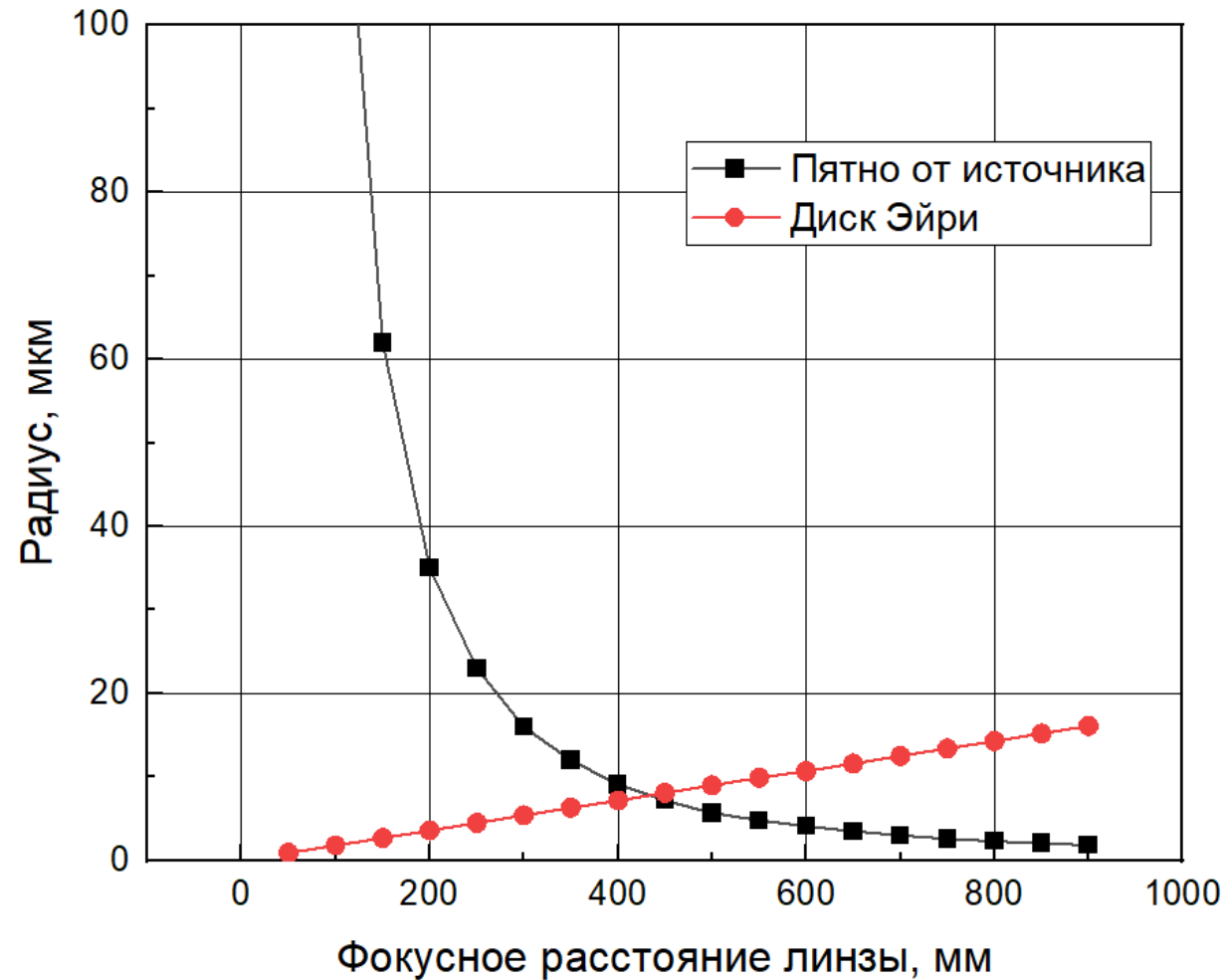
Аберрации в рассматриваемой 4f системе



Хотим попробовать:
Система из объектива и линзы



Выбор фокусного расстояния линзы

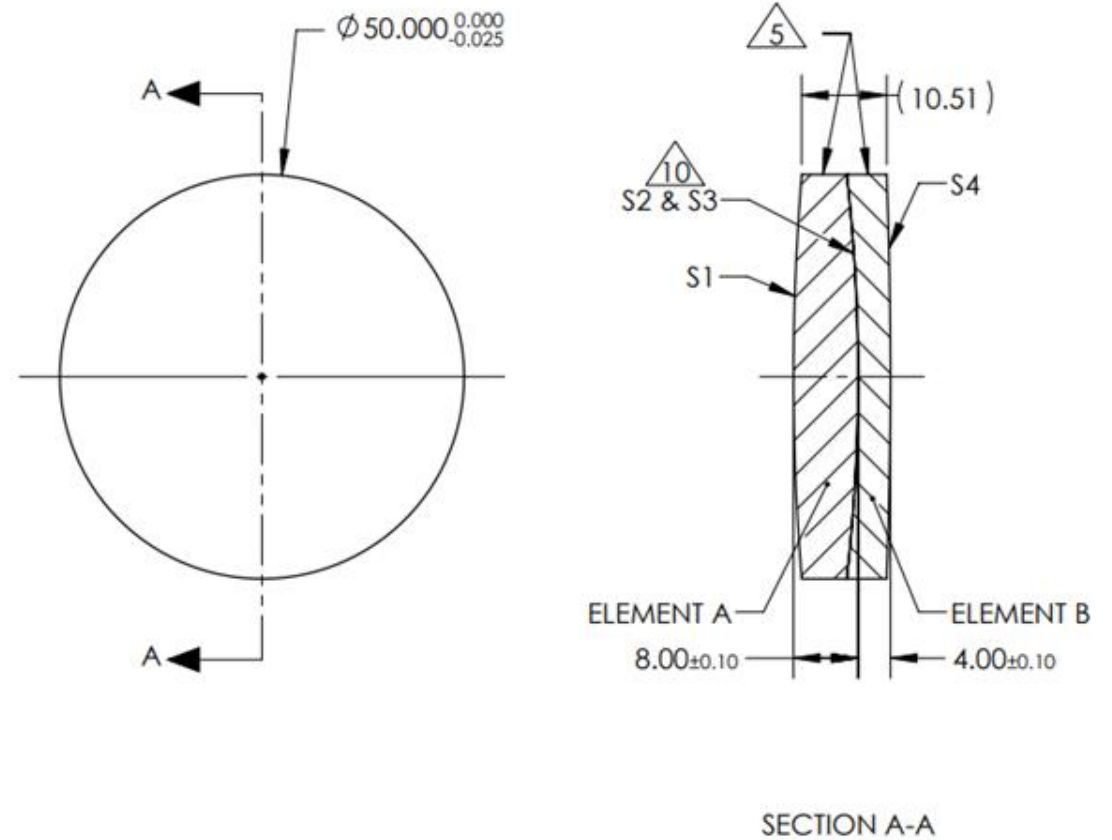
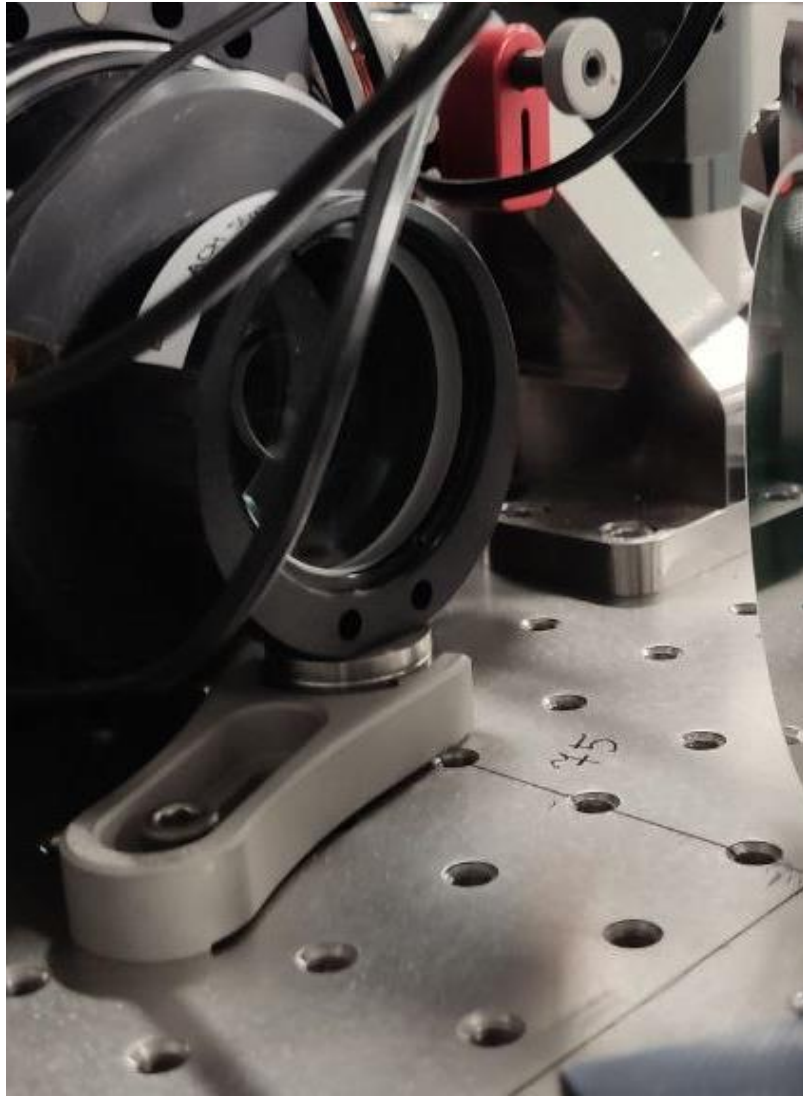


$$R_A \sim \lambda \frac{F}{R_{\text{lens}}}$$

Радиус диска Эйри

Зависимость радиусов пятен от фокусного расстояния линзы при фиксированном радиусе линзы

Использовавшаяся линза

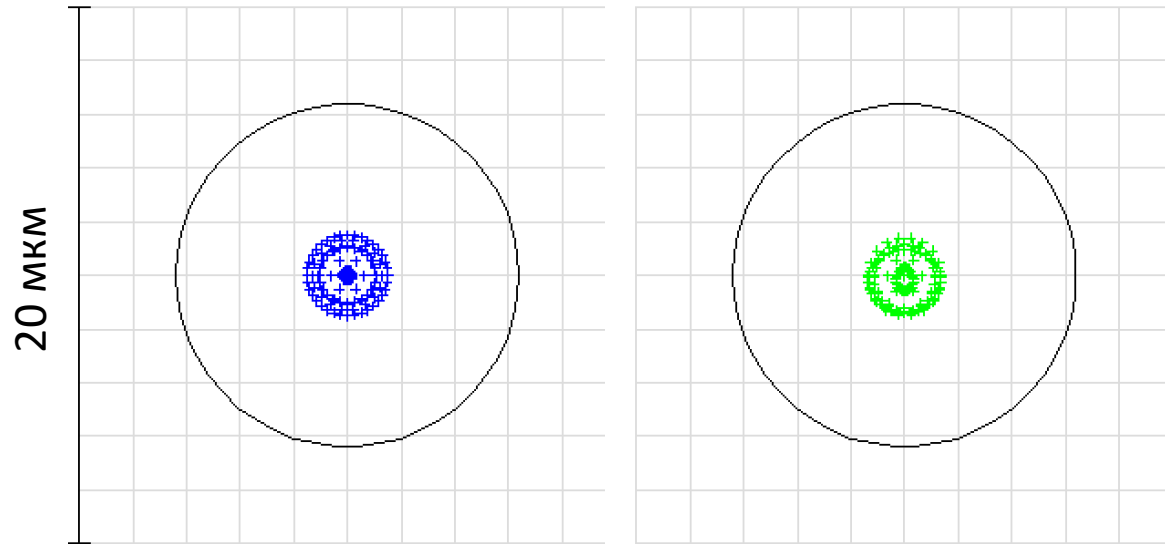


SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE
DIMENSIONS ARE FOR REFERENCE ONLY

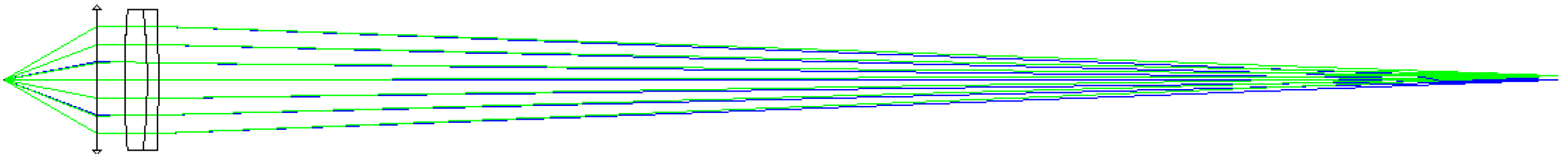
EO® Edmund Optics®

TITLE	50mm Dia. x 500mm FL, VIS-NIR Coated, Achromatic Lens	22
DWG NO	49396	SHEET 1 OF 1

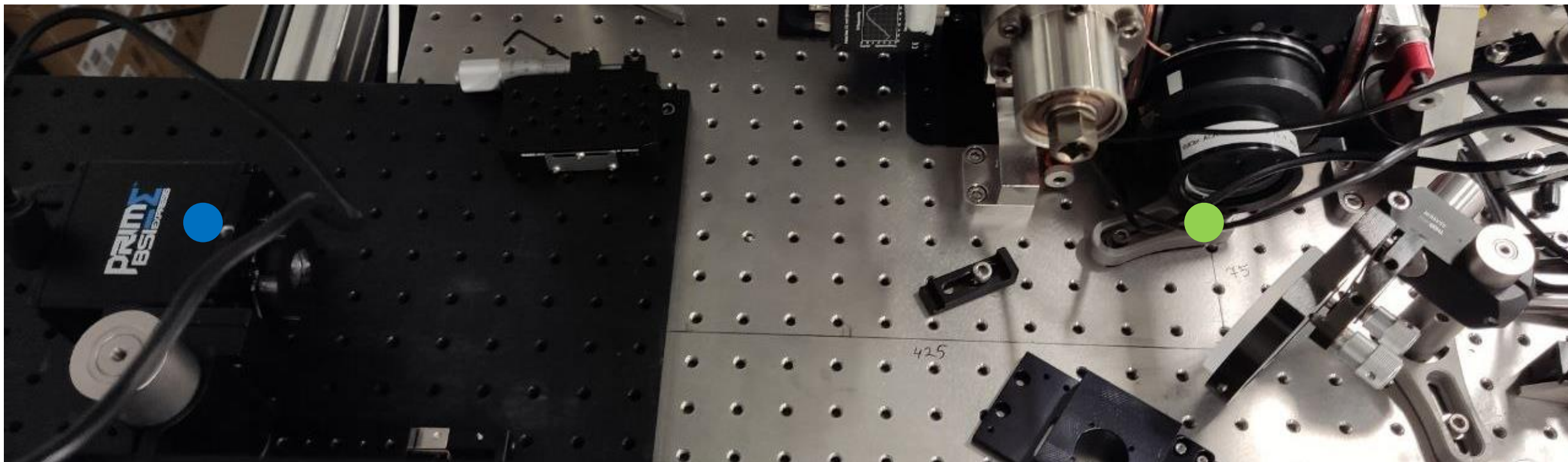
Система из объектива и линзы



Длина оптической системы 552 мм	Источник на опт. оси	Источник смещён от оси на 100 мкм
Среднеквадратичный радиус, мкм	1.1	1.1
Радиус диска Эйри, мкм	6	



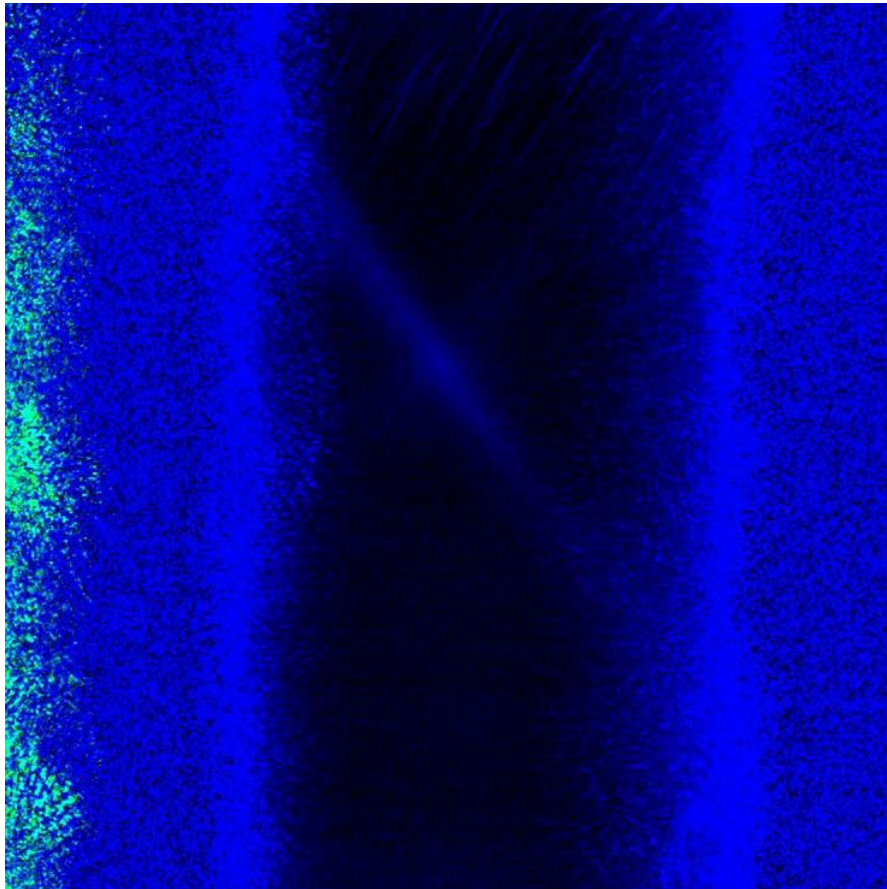
Применение линзы в лаборатории



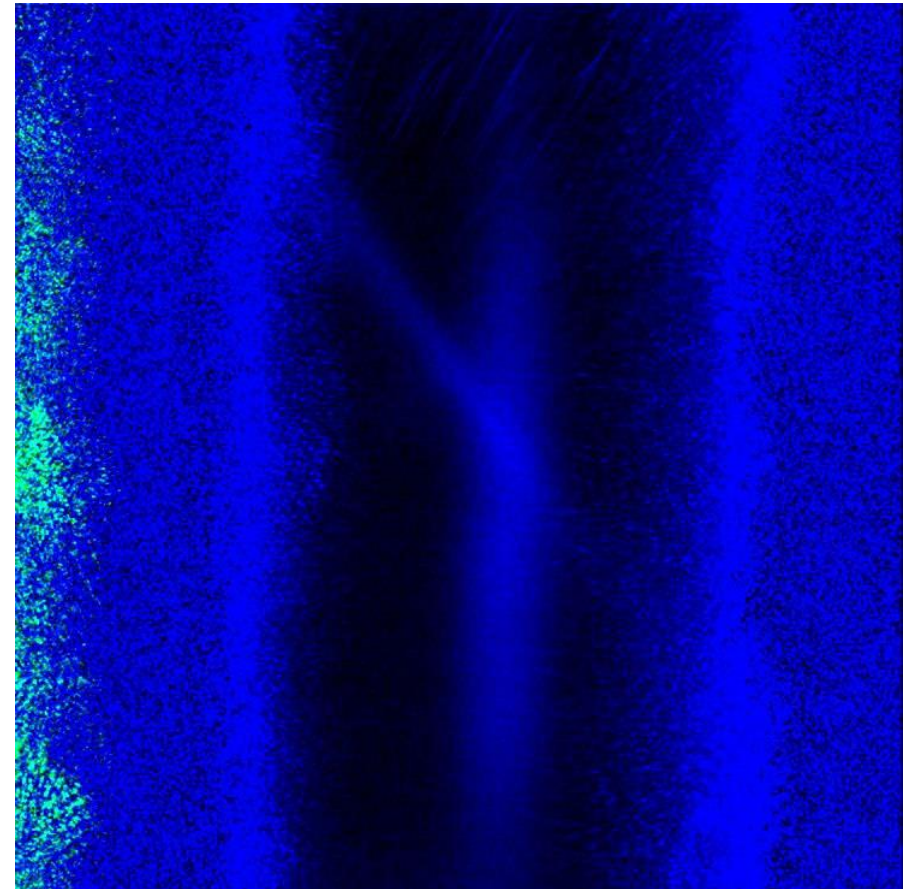
● Камера

● Линза

«Горячее» облако ионов



Излучение, отражённое от
электродов ловушки



Облако ионов между
электродами ловушки

Выводы

- Подобрана подходящая линза, позволившая увидеть облако холодных ионов

Результаты

Моделирование оптической системы позволило обнаружить и ликвидировать одну из имеющихся проблем с экспериментальной установкой.

Проделанная работа поспособствовала успешной поимке ионов кальция.

Ионы после первой ступени
охлаждения

