



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

Исследования коэффициента усиления и пространственных характеристик пучка в многопроходном усилителе лазерной установки «Сокол-3»

Д.С. Гаврилов, Е.С. Борисов, Д.А. Дмитров,
А.Г. Какшин, Е.А. Лобода

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина»
Отделение Экспериментальной Физики

31.05.2023

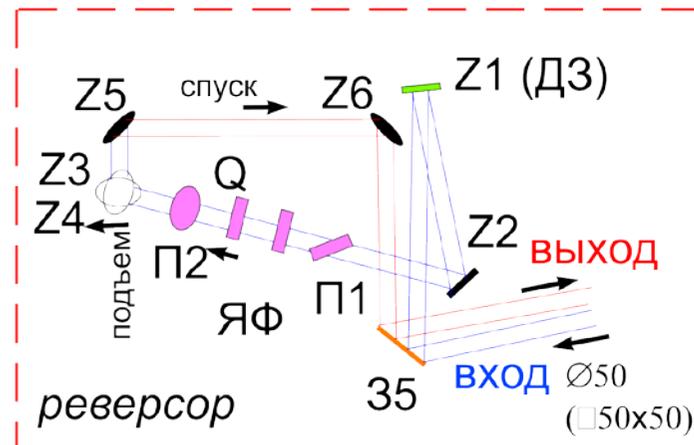
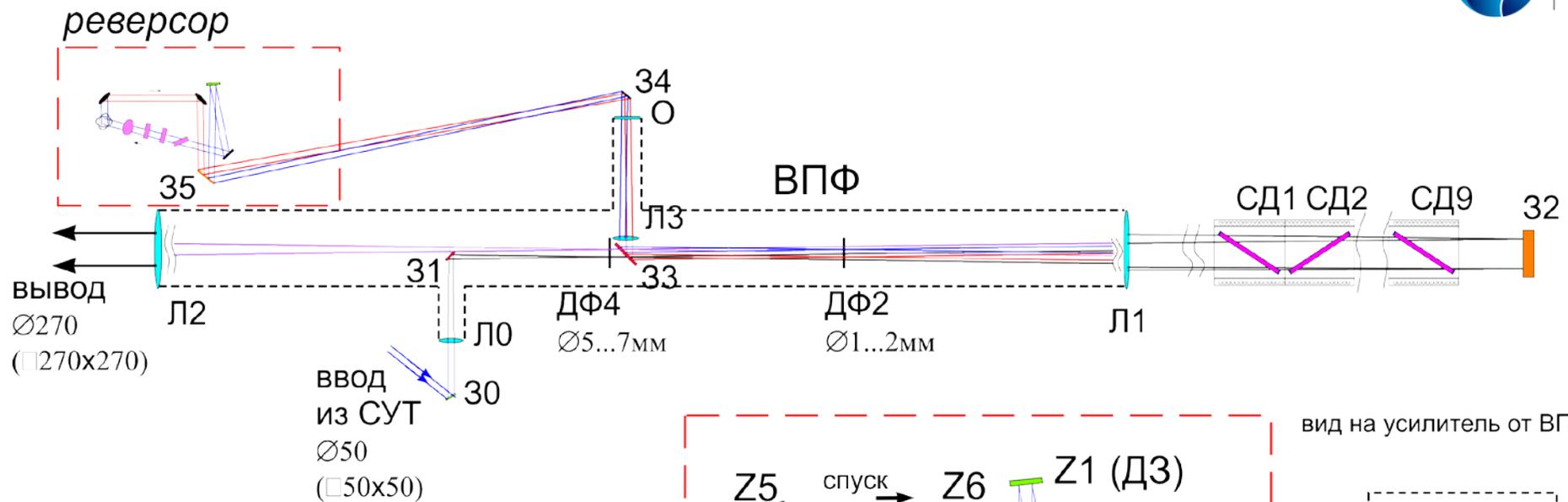
Забабахинские научные чтения 2023

Установка «Сокол-3»

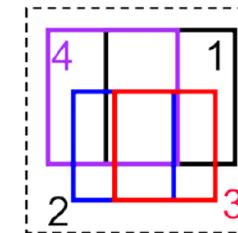


- Активная среда.....Nd:фосфатное стекло (N31, КНФС-3)
- Активные элементы.....600x300x40, \varnothing 10,20,30 x300
- Источник накачки.....Xe-лампы L300 (Зенит \varnothing 16, СИОМ \varnothing 15)
- Длина волны на мишени.....526,5 нм (2-я гарм.)
- Длительность импульса..... 0,7÷3 нс
- Энергия на мишени..... 1 кДж
- \varnothing пятна на мишени.....> 20 мкм

Схема 4-проходного усилителя

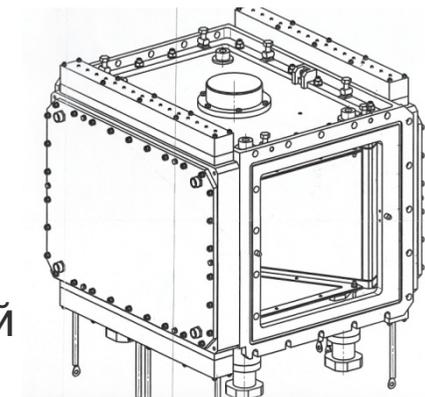


вид на усилитель от ВПФ



- Усилитель 9-сегментный с апертурой 300x300 мм
- Разнесённые диафрагменные узлы
- Ревёрсор с поворотом пучка на 90° и ячейкой Фарадея

Сегмент
Дисковый
(СД 1-9)

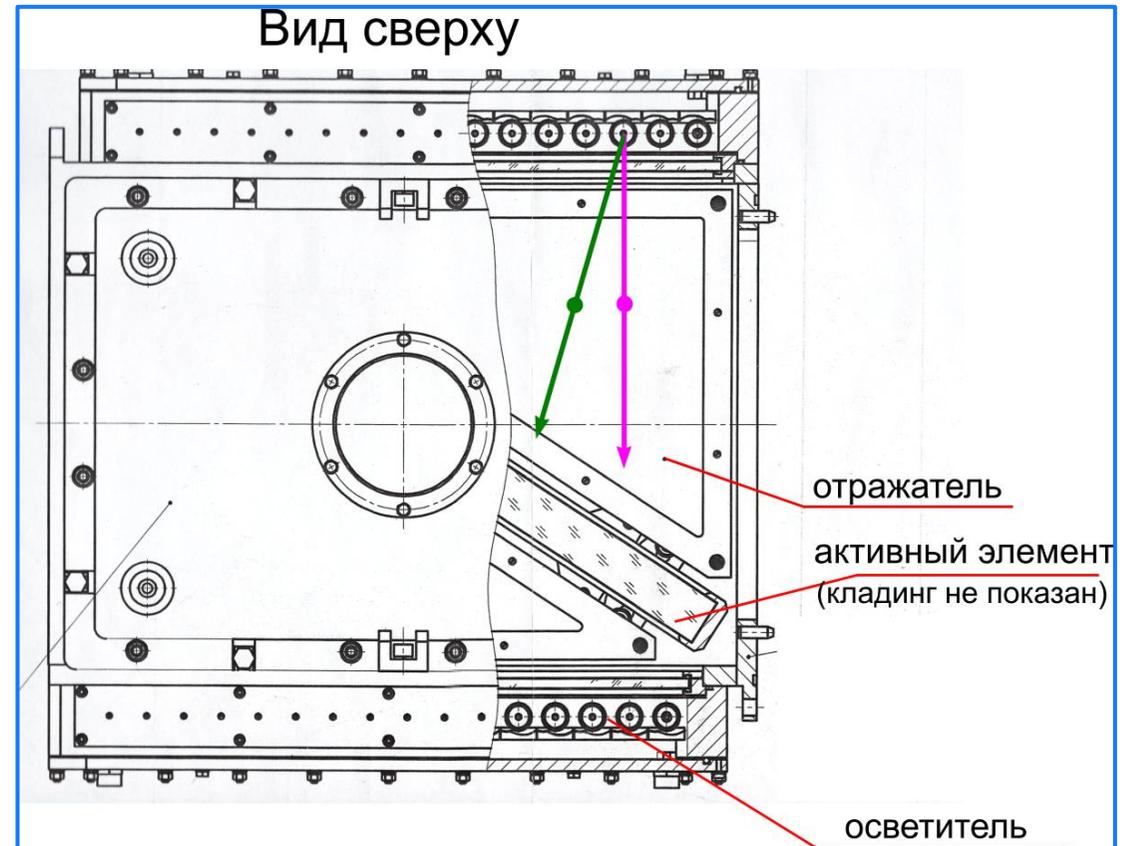
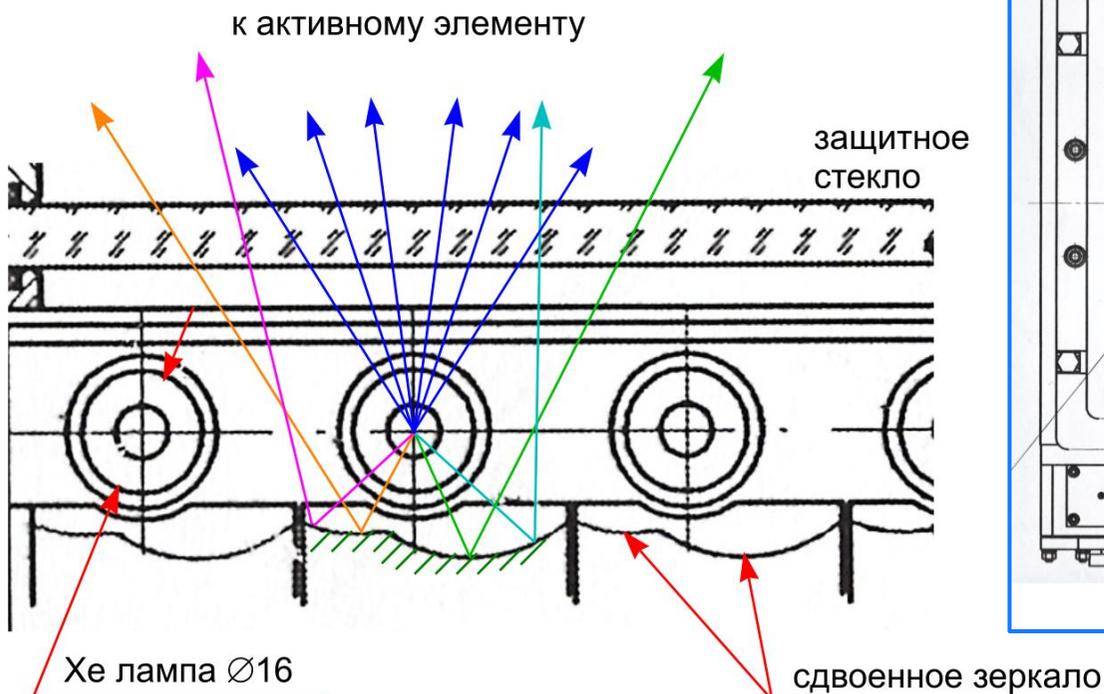


Совершенствование системы накачки



РФЯЦ-ВНИИТФ
РОСАТОМ

- Оптимизация разрядного контура.
Эффективный спектр излучения ламп обеспечен длительностью импульса тока.
- Разработка осветителя – НИИ ОЭП (Сосновый Бор).
- Отражатели из MIRO



Исследование коэффициента усиления

- 2022 г. – измерен α в различных сочетаниях стекол и ламп
(на пучке \varnothing 30 мм)

A: N31+Зенит0,065 см⁻¹ **B:** N31+SIOM0,057 см⁻¹

Б: КНФС+Зенит0,057 см⁻¹ **Г:** КНФС+SIOM0,050 см⁻¹

- 2022 декабрь - технологические пуски «Сокол-3».

Сборок А – 4 шт, сборок Б – 3 шт, сборок В – 2 шт.

1й выстрел без накачки, 2й с накачкой, опорный датчик СУТ (V)

$$K_{yc} = E_2/E_1 (V_1/V_2) = (44 \pm 6) \cdot 10^3 \qquad K_{yc} = \exp(\alpha L)$$

$E_2 = 40 \pm 2$ Дж, фон ASE: 4 мДж *проектная – 500 Дж*

WR $\langle \alpha \rangle = 0,063 \pm 0,001$ ($L = 4,7$ см $\cdot 9 \cdot 4 = 169,2$ см)

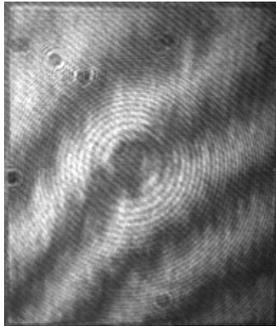
Искажения пучка одним активным элементом (стенд)



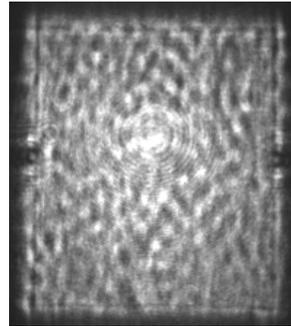
КНФС-3

2 прохода, $\lambda=1,06\text{мкм}$

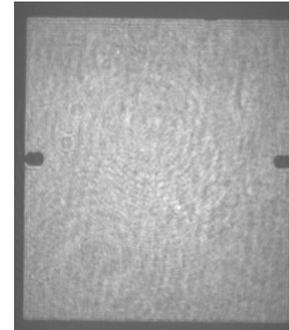
1 шт.



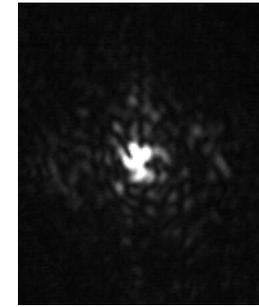
Интерферо-
грамма



Смещенная
плоскость



Изображение
ДАЭ



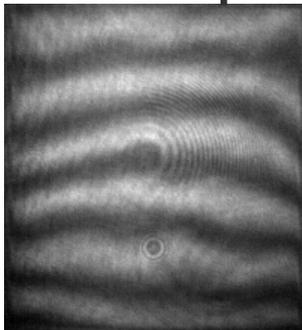
Дальняя зона,
6 проходов

Ближняя зона

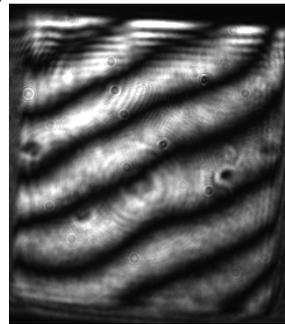
N31

2 прохода

1 шт.



$\lambda=1,06\text{мкм}$



$\lambda=0,63\text{ мкм}$



Дальняя зона,
6 проходов

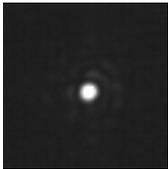
- ДАЭ из КНФС-3 вносят мелкомасштабные искажения (ММИ)

Искажения пучка сборкой ДАЭ (стенд)



- Критерий искажений в дальней зоне – доля энергии в кружке \varnothing Дифракционного Предела (\varnothing ДП)

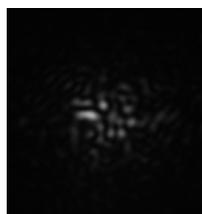
- \varnothing ДП принят равным \varnothing кольца

1 минимума при отсутствии ДАЭ :  4 прохода, $\eta \approx 65\%$

- При отсутствии ММИ основная aberrация – астигматизм

- Сборка 2 КНФС + 4 N31:

4 прохода, $\eta \approx 9\%$



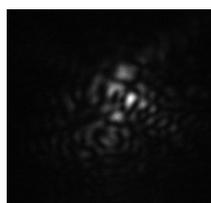
С поворотом пучка:

4 прохода, $\eta \approx 23\%$



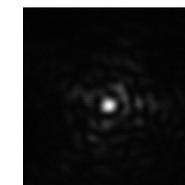
- Сборка 3 КНФС + 6 N31:

4 прохода, $\eta \approx 7\%$



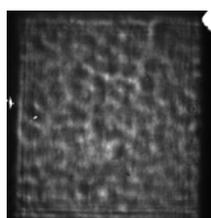
С поворотом пучка:

4 прохода, $\eta \approx 18\%$



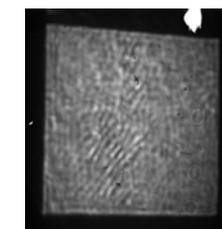
(Без поворота пучка)

Ближняя зона



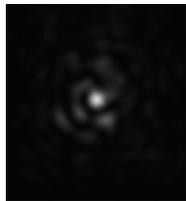
Ревёрсор L=1,5м

пучок $\varnothing 25\text{мм}$

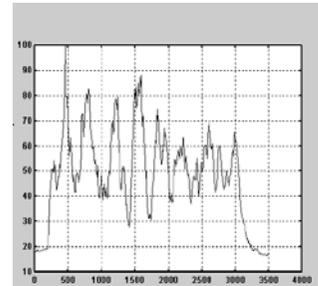
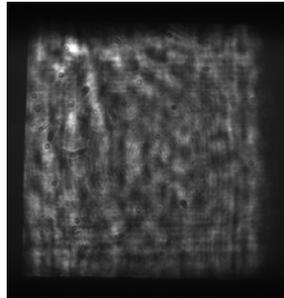


Искажения пучка в усилителе «Сокол-3» (статика)

- Собран реверсор с поворотом пучка и ячейкой Фарадея
 $L = 15 \text{ м}$, $\varnothing 50 \text{ мм}$ ($\square 50 \times 50$)
- При отсутствии диафрагмы ДУ2 :

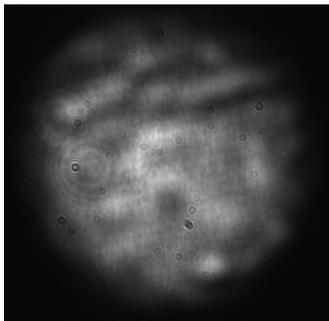
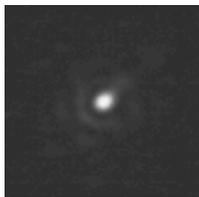


$\eta \approx 17\%$



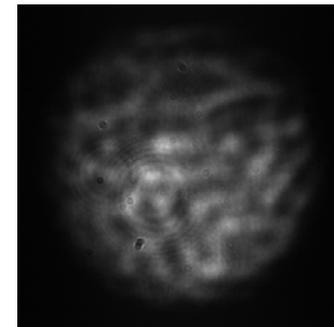
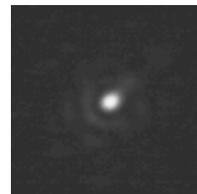
- ДУ2 $\varnothing 750 \text{ мкм}$:

$\eta \approx 20\%$



- ДУ2 $\varnothing 1000 \text{ мкм}$:

$\eta \approx 20\%$



- Неравномерность пучка из-за большого пробега в реверсоре

Заключение



- Собраны: 4-проходный усилитель, вакуумный пространственный фильтр и реверсор установки «Сокол-3»
- Оптимизирована система накачки: разрядный контур и осветитель ДАЭ
- Измерен интегральный коэффициент усиления $K_{yC} \approx 44000$ и рассчитан погонный $\alpha \approx 0,063$ (рекордный)
- Возможно увеличение α путем замены 3 АЭ из стекла КНФС на N31 и ламп SIOM на Зенит в 2 сегментах
- Исследованы искажения пучка, вносимые ДАЭ. ДАЭ из стекла КНФС вносят мелкомасштабные искажения. Все ДАЭ вносят астигматизм.
- Поворот пучка на 90° в реверсоре исправляет астигматизм и частично ММИ
- Получен пучок с дифракционной структурой в дальней зоне

Спасибо за внимание

Д.С. Гаврилов

31.05.2023

