



Когерентное сложение излучения волоконных лазеров

Ю.Н.Пырков, А.С.Курков,
А.И.Трикшев, И.А.Щербаков,
В.Б.Цветков

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН



Содержание

- Введение
- Методы создания лазерных систем высокой средней мощности
- Методы когерентного сложения лазерных пучков
- Цель работы
- Схема эксперимента
- Экспериментальные результаты
- Заключение



GPI RAS

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется созданию волоконных лазеров и твердотельных лазеров с диодной накачкой, работающих в непрерывном или импульсном режимах со средней мощностью излучения вплоть до десятков кВт.

Проблема создания твердотельных лазеров высокой средней мощности требует корректного выбора активной среды, формы активного элемента, схемы накачки и резонатора, оптимизации охлаждения и др., включая разработку методов сложения лазерных пучков.



Методы создания лазерных систем высокой средней мощности

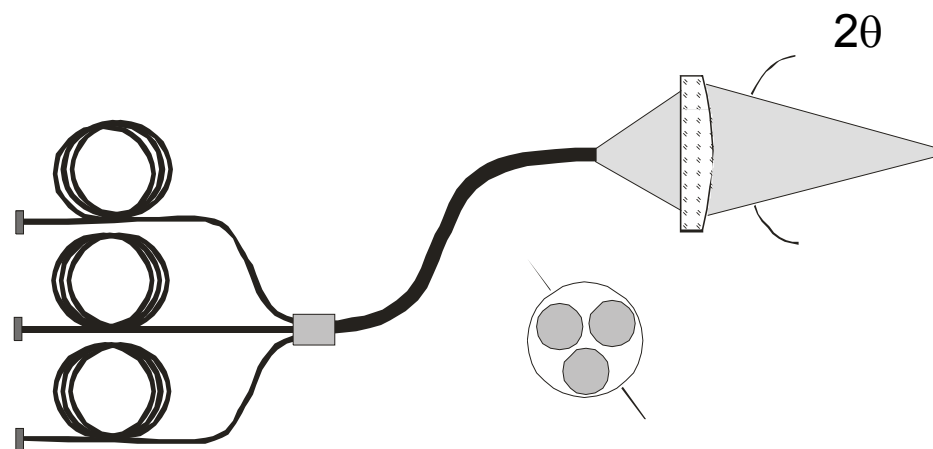
1. Создание мощной лазерной системы на базе одного резонатора (single aperture high power system)
2. Некогерентное сложение лазерных пучков
3. Спектральное сложение лазерных пучков (Spectral beam combination - SBC)
4. Когерентное сложение лазерных пучков (Coherent beam combination - CBC)



Методы создания лазерных систем высокой средней мощности

Некогерентное сложение лазерных пучков

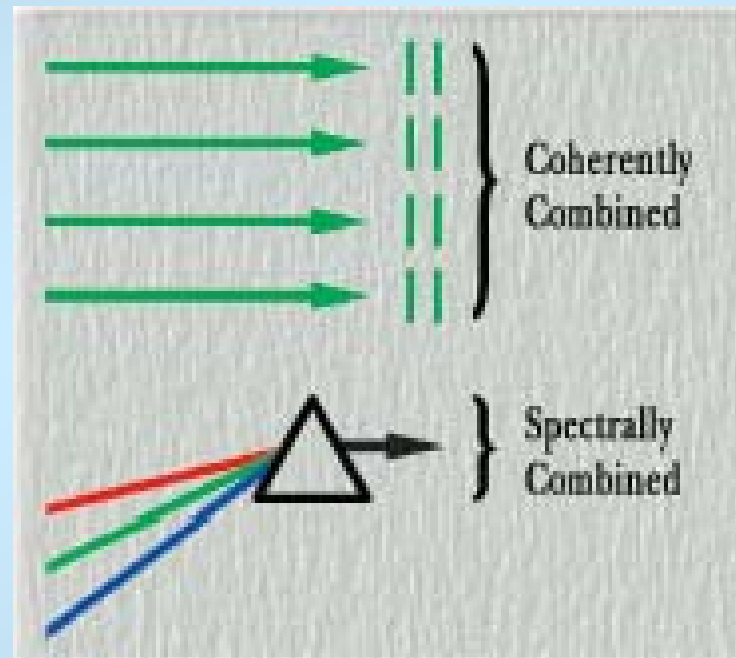
При некогерентном сложении лазерных пучков качество результирующего излучения ухудшается – если проводить сложение N пучков равной мощности, то качество излучения определяется выражением $M^2 \sim \sqrt{N * P_0}$





Методы создания лазерных систем высокой средней мощности

Когерентный (CBC) и спектральный (SBC) методы дают возможность увеличения яркости излучения путем сложения большого числа (N) лазерных пучков при небольшом ухудшении качества суммарного излучения. Оба метода увеличивают мощность излучения лазерной системы в N раз, и увеличивают интенсивность излучения в дальней зоне в \sqrt{N} раз.



Схема, использованная компанией Aculight Corp. Для спектрального сложения 1,400 диодных лазеров.

Dennis Lowenthal and Andrew Brown, Aculight Corporation, NASA Tech Briefs, Jan 2006



Методы создания лазерных систем высокой средней мощности

Оба метода (SBS и CBS) демонстрируют сравнимые показатели по эффективности при сложении относительно маломощных лазерных пучков (до неск. десятков Вт).

Ограничения SBC метода связаны с эффективностью дисперсионного элемента (обычно около 95%) и возможностью неискаженного распространения мощных лазерных пучков с дифракционной расходимостью в оптической системе SBC.

В CBS методе ухудшение качества результирующего излучения связано как с деполяризацией излучения каналов, неполным заполнением результирующей апертуры излучением складываемых каналов (fill factor), так и с искажениями волнового фронта из-за ошибки в подстройке фазы разных каналов.



Методы когерентного сложения лазерных пучков

1. Пассивная фазовая синхронизация

+ Простота

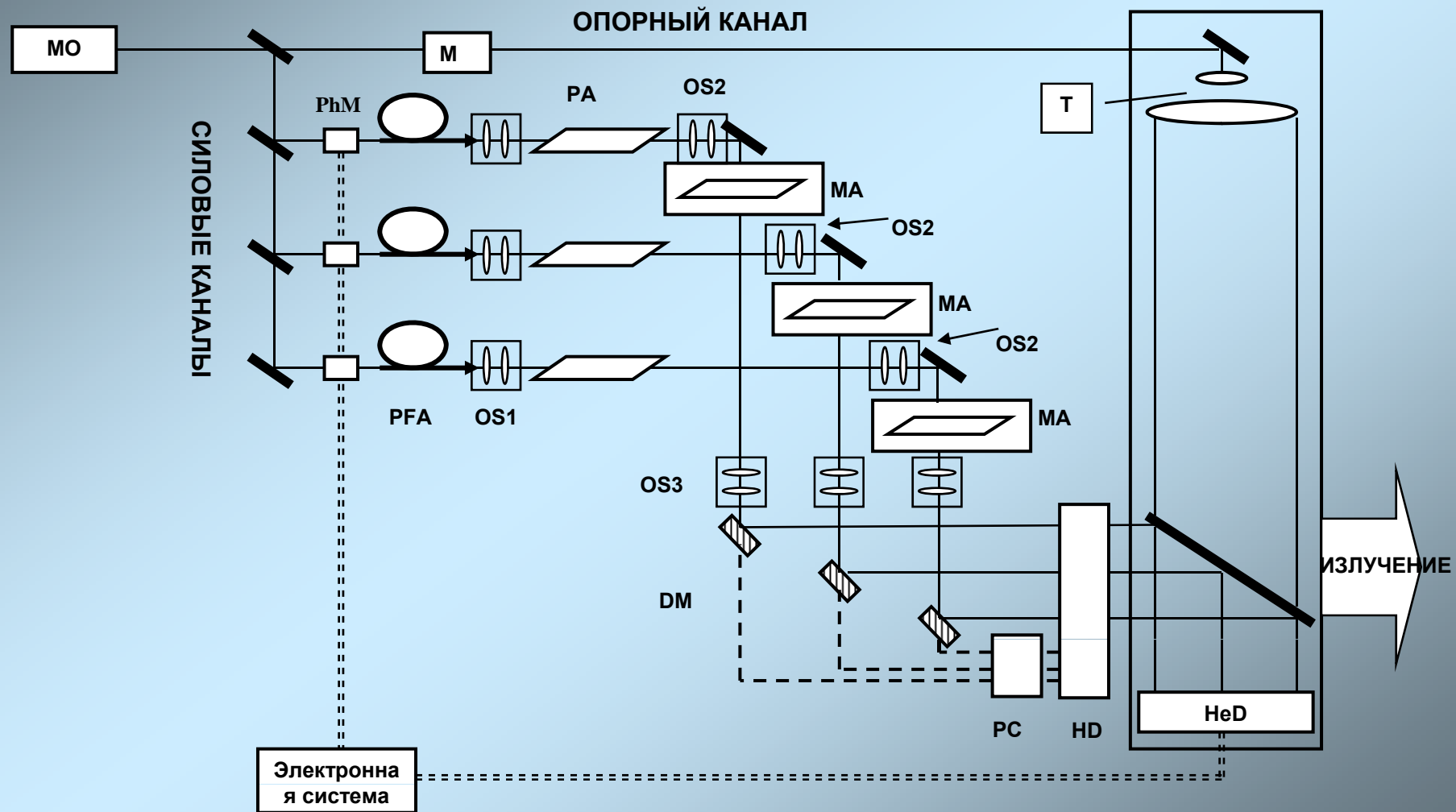
- Подверженность воздействию помех (фазовые шумы, дефекты изготовления и пр.)

2. Активная фазовая синхронизация

+ Высокая стабильность

- Структурная сложность системы

Цель





Первый шаг

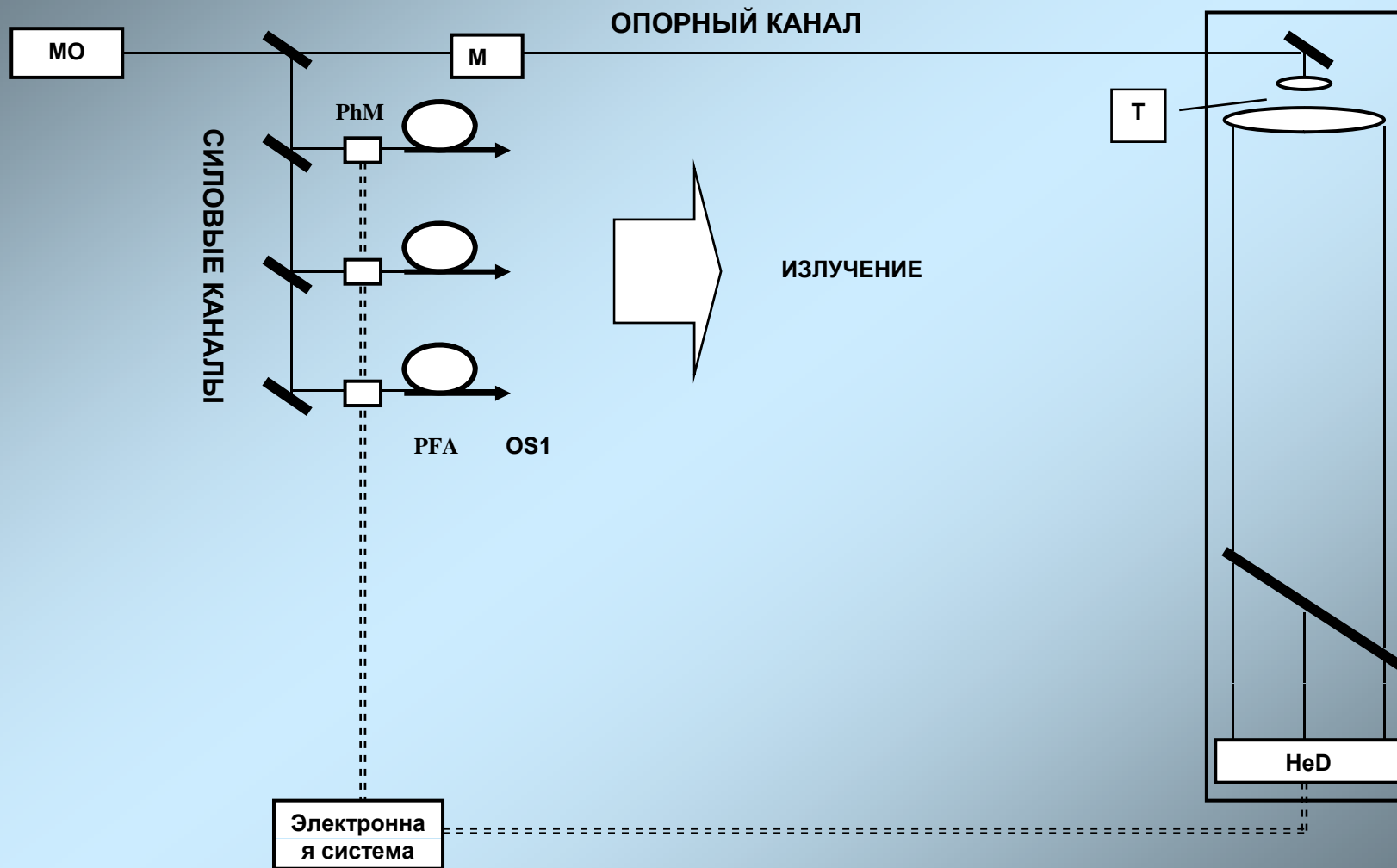


Схема эксперимента

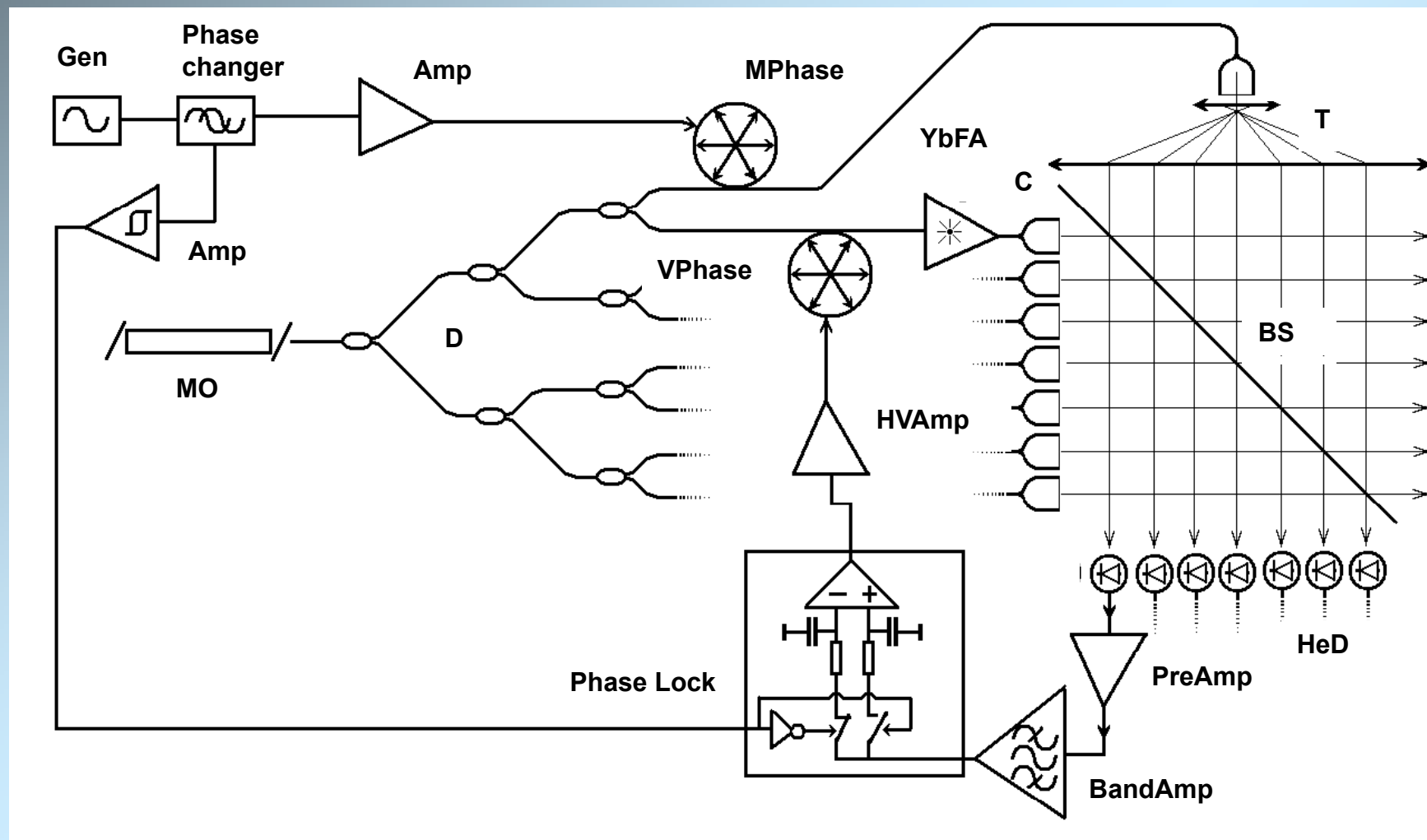
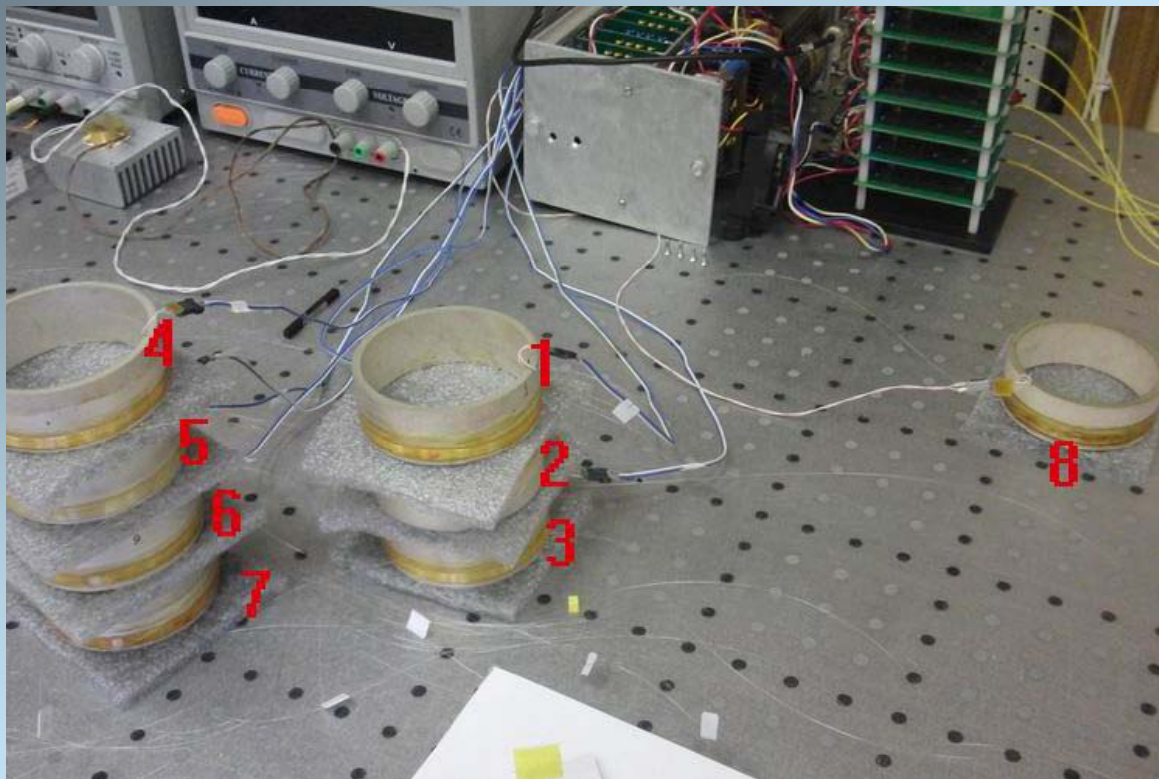
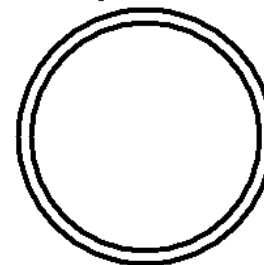


Схема эксперимента



1-7 – управляющие элементы (вариатор фазы), 8 – модулятор фазы.

1-ый резонанс



2-ой резонанс

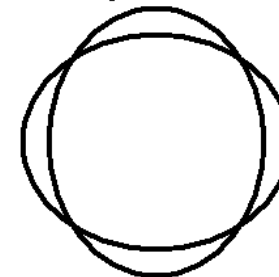
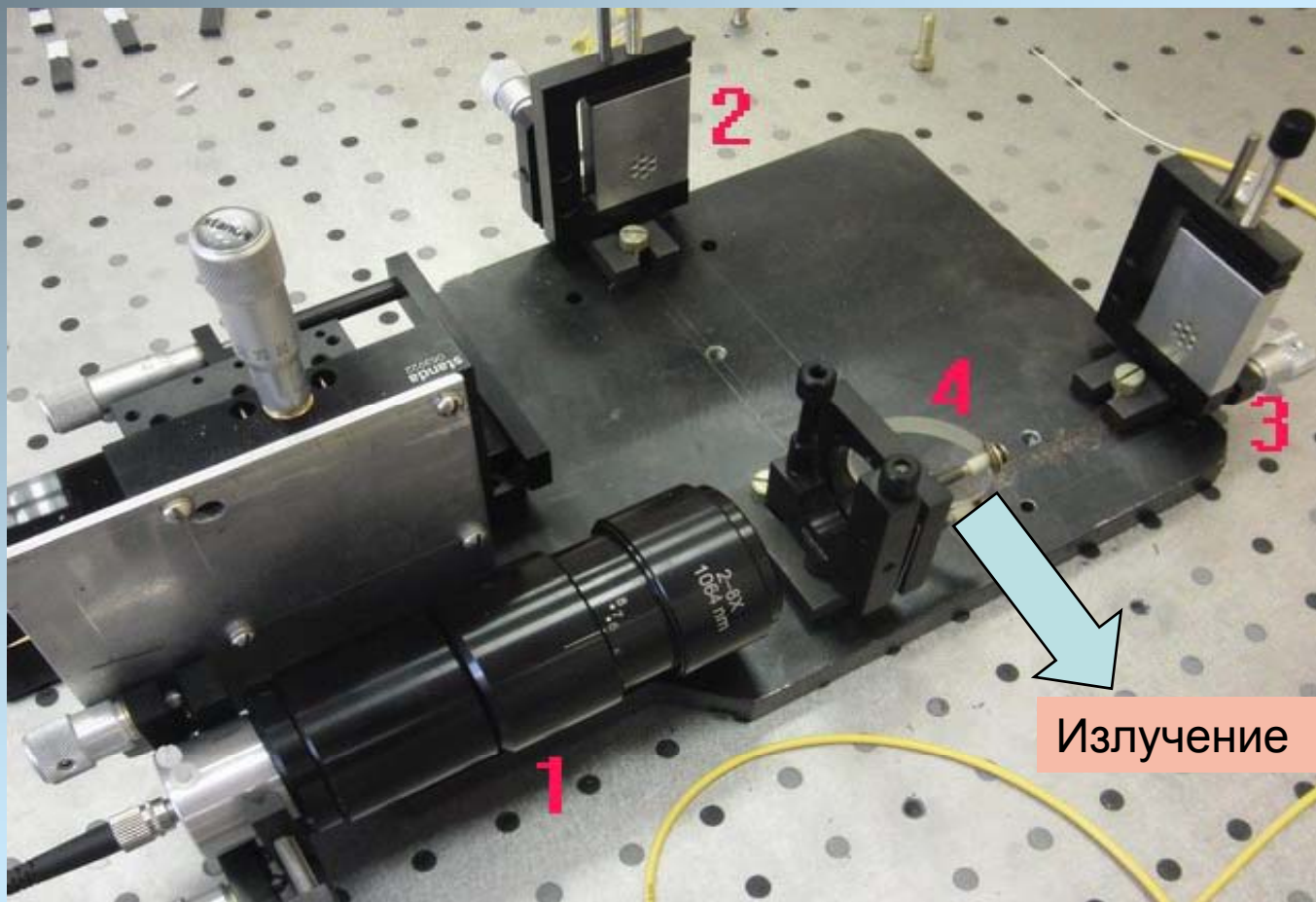
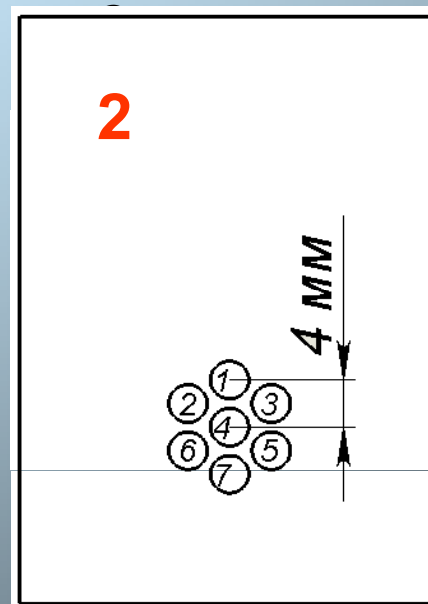


Схема эксперимента



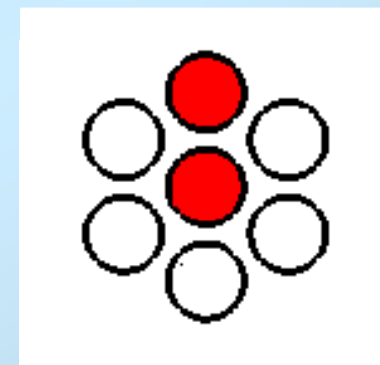
- 1 – объектив опорного канала
- 2 – держатель Yb-волоконных усилителей
- 3 – Держатель матрицы фотоприемников



Экспериментальные результаты



Без
подстройки
фазы



С фазовой
подстройкой

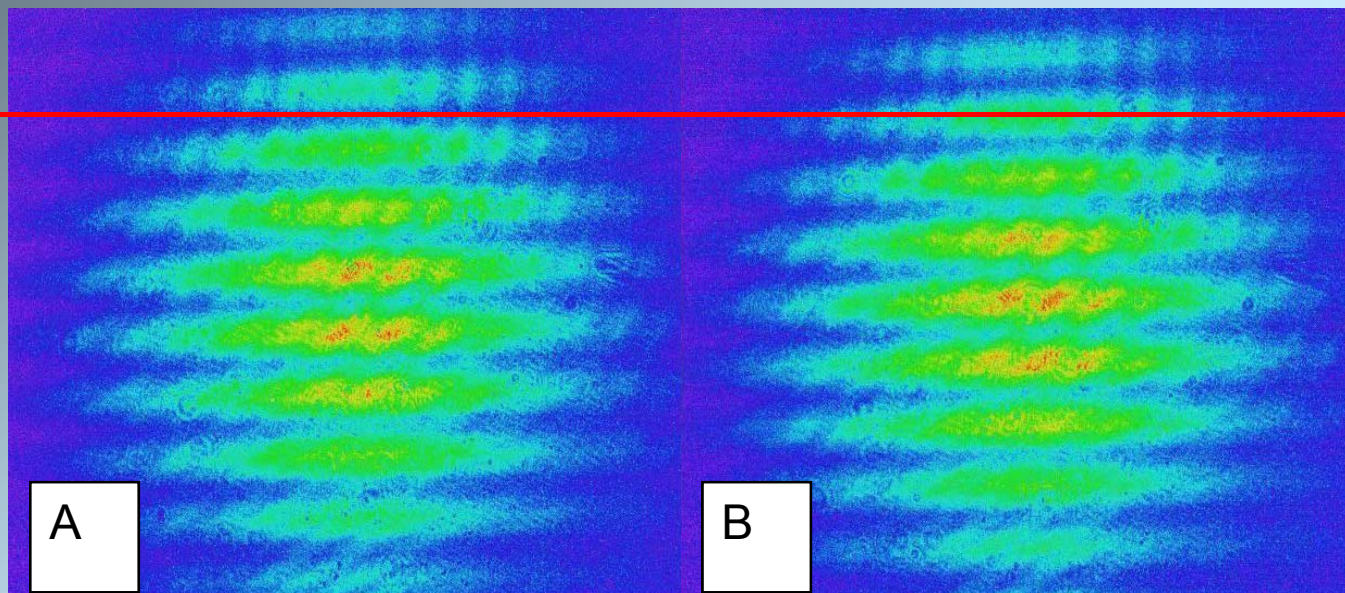


Сильное
фазовое
возмущение



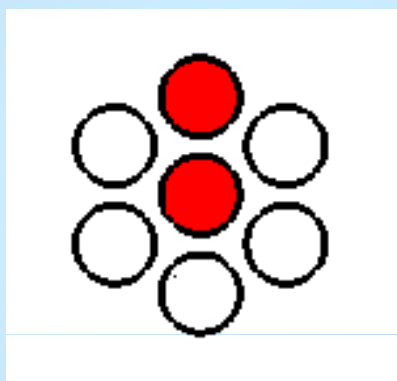
Через 0.1 с

Экспериментальные результаты

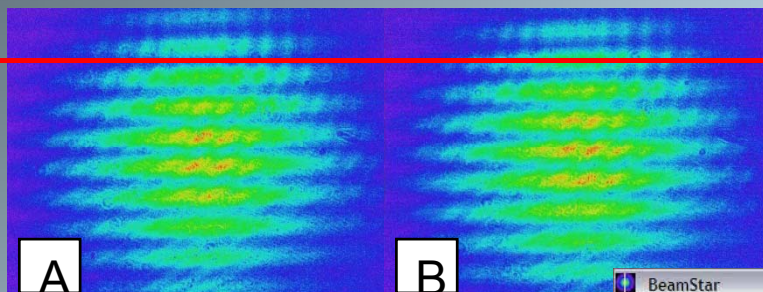


$$A - \Delta\varphi = 0$$

$$B - \Delta\varphi = \pi$$

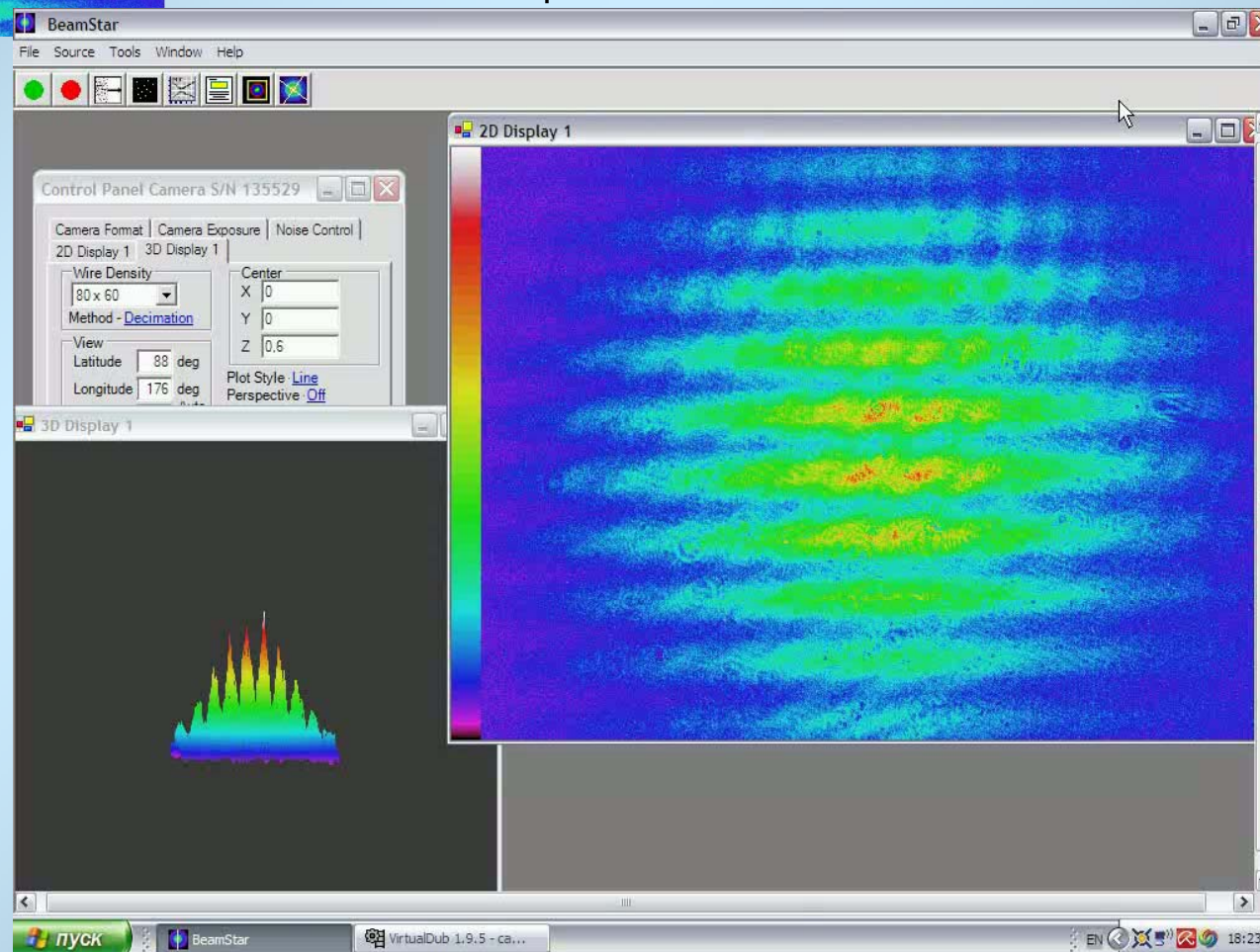
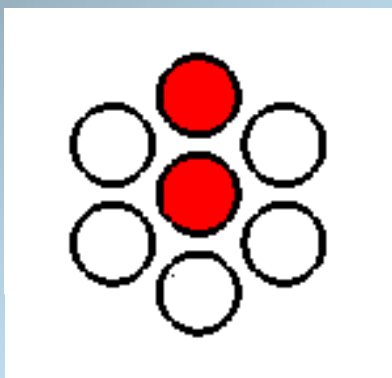


Экспериментальные результаты

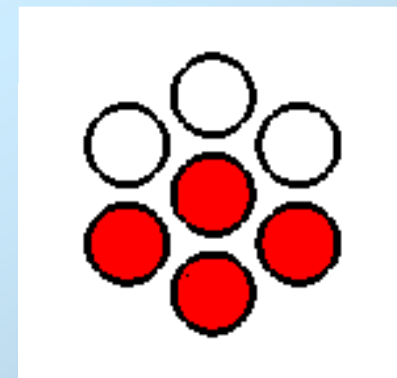
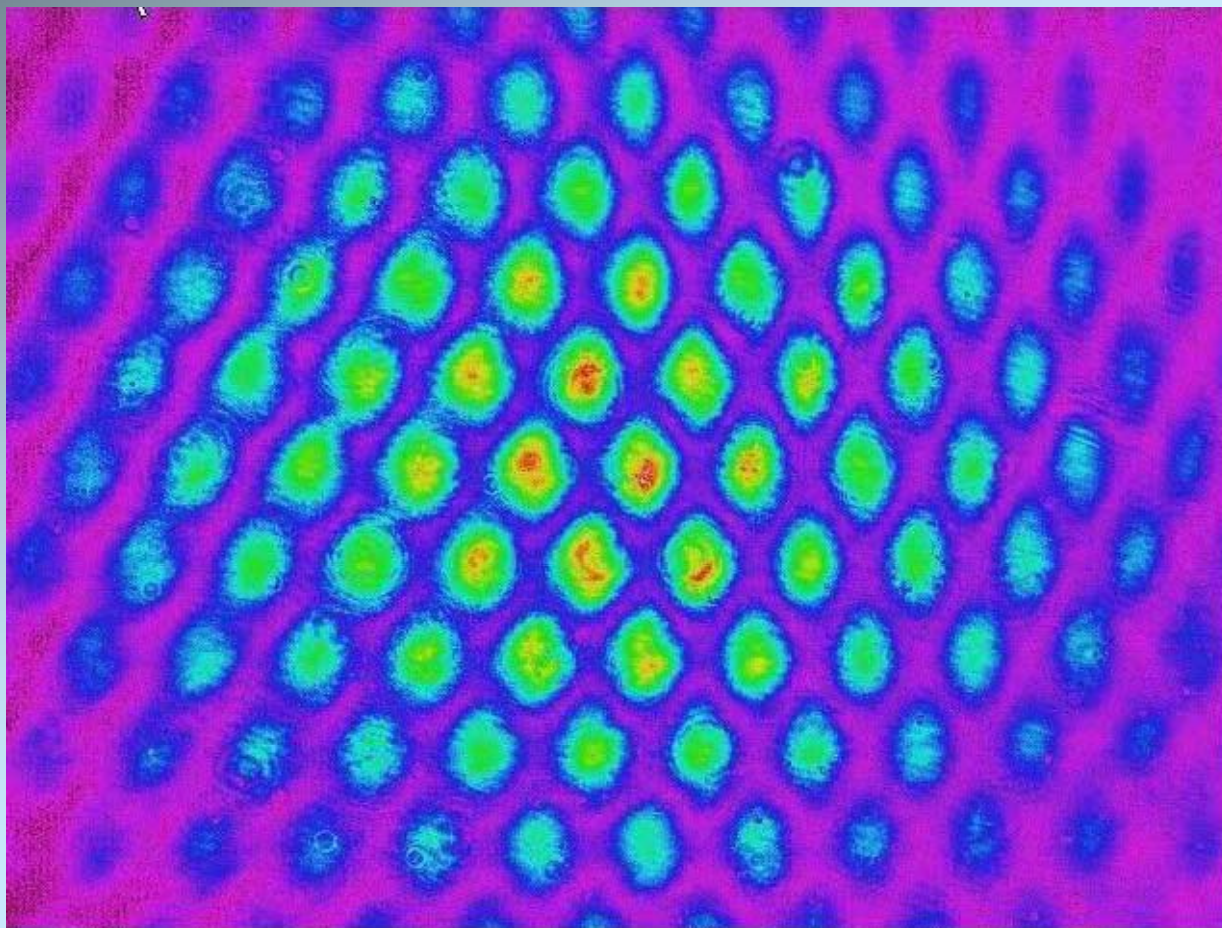


$$A - \Delta\varphi = 0$$

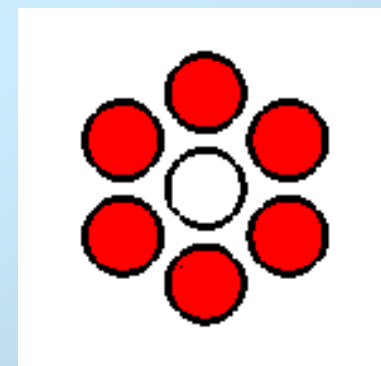
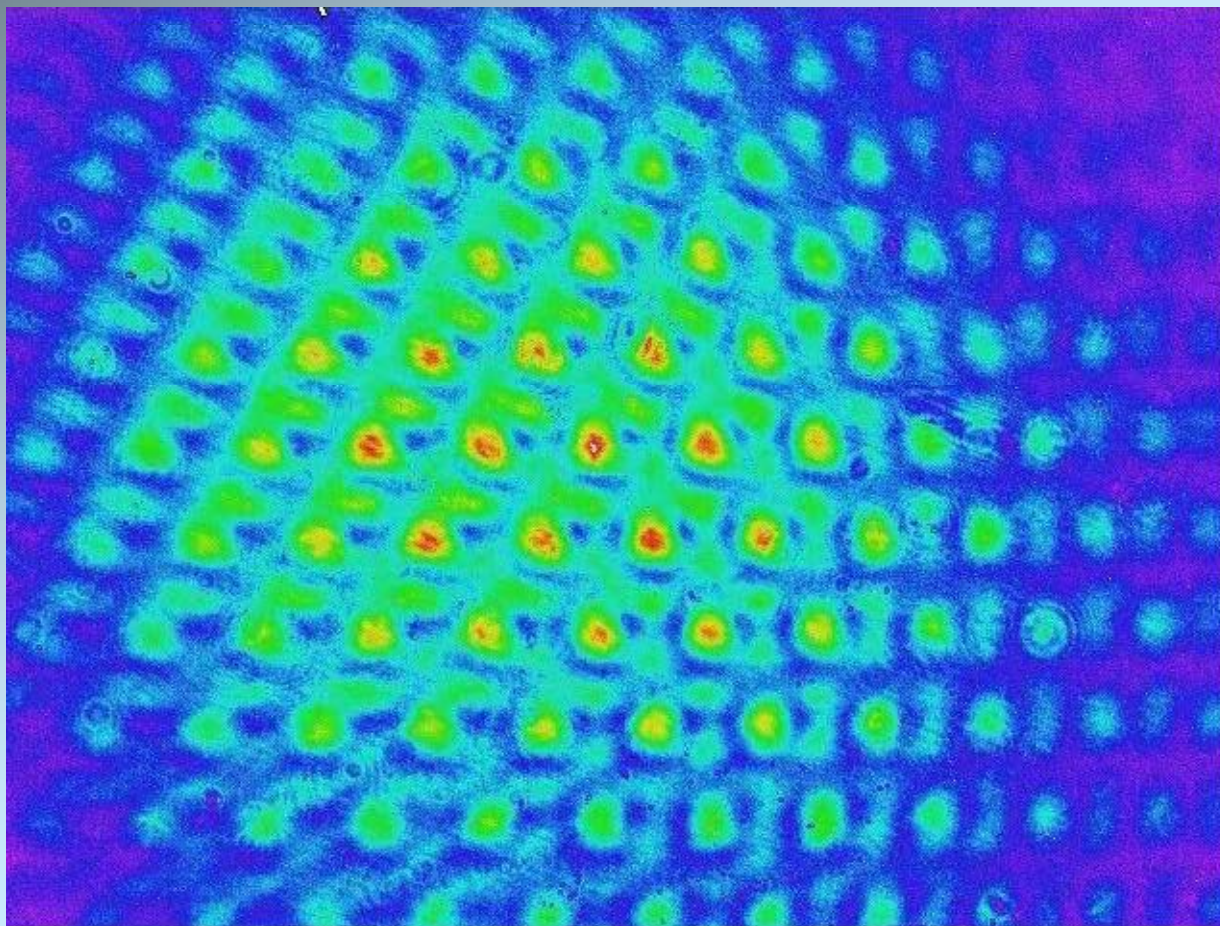
$$B - \Delta\varphi = \pi$$



Экспериментальные результаты



Экспериментальные результаты





Заключение

- Разработана система контроля и управления фазой излучения нескольких лазерных каналов
- Продемонстрирована семиканальная лазерная система с когерентным сложением каналов, работоспособная при сильных фазовых возмущениях
- Разработаны и экспериментально опробованы алгоритмы работы и приборное обеспечение для многоканальной лазерной системы с когерентным сложением каналов

*Спасибо за
внимание!*