

Отчет по использованию кластера  
Чуркин Д.В., ИАиЭ СО РАН

1. Ламинарный и турбулентный режим генерации в непрерывных волоконных лазерах

2. Д. В. Чуркин, С. В. Смирнов, О.А. Горбунов

3. Чуркин Д, Churkin@iae.nsk.su

4. Научное содержание работы:

В общем понимании непрерывные лазеры являются источниками излучения с высокой степенью когерентности и существенно подавленными флуктуациями интенсивности за счет положительной обратной связи лазерного резонатора. Поэтому достаточно неожиданным является факт, что широко используемые в исследованиях и на практике непрерывные волоконные лазеры (иттербиевые, ВКР-лазеры и др.) имеют стохастическую структуру излучения на временах порядка 10 пс и низкую когерентность. Спектр таких лазеров сильно уширен. Это объясняется существенным нелинейным взаимодействием большого числа продольных мод, количество которых может достигать 100 миллионов, в очень длинном резонаторе волоконного лазера (длиной до 300 км). Такое взаимодействие оказывается возможным адекватно описать на языке слабой волновой турбулентности. Говорят о турбулентном характере генерации в непрерывных волоконных лазерах. С фундаментальной точки зрения возможность преодоления ограничений, накладываемых нелинейным турбулентным взаимодействием в волоконных системах, является безусловно актуальной. Кроме того, это открывает дорогу к практическому созданию непрерывных волоконных лазеров с узким спектром и низким уровнем шумов.

Мы изучаем свойства генерации в волоконном ВКР-лазере, длинный (порядка 1 км) резонатор которого образован волокном с большой нормальной дисперсией и волоконными брэгговскими решетками, имеющими специальные функции пропускания и низкую дисперсию. При достаточной мощности накачки, генерируется излучение с существенно подавленными флуктуациями интенсивности. Функция распределения вероятности интенсивности при этом принимает обычный лазерный вид с максимумом распределения на интенсивностях, равных средней интенсивности, в отличие от гауссова распределения флуктуаций в турбулентном режиме. Спектр генерации представляет собой узкий (порядка 0.02-0.05 нм в зависимости от параметров) конденсат, состоящий, тем не менее, из большого количества продольных мод. Удивительно, что несмотря на большую суммарную нелинейность, турбулентного уширения спектра не происходит, тем самым нивелируется влияние нелинейности.

Автокорреляционная функция такого излучения равна единице на масштабе времени 1 нс. Мы называем данный режим ламинарным режимом лазерной генерации в противовес обычно реализуемому в непрерывных волоконных лазерах турбулентному режиму. Важно, что численная схема многократно верифицирована, ламинарный режим не является переходным и стабилен (вплоть до 100 000 проходов резонатора).

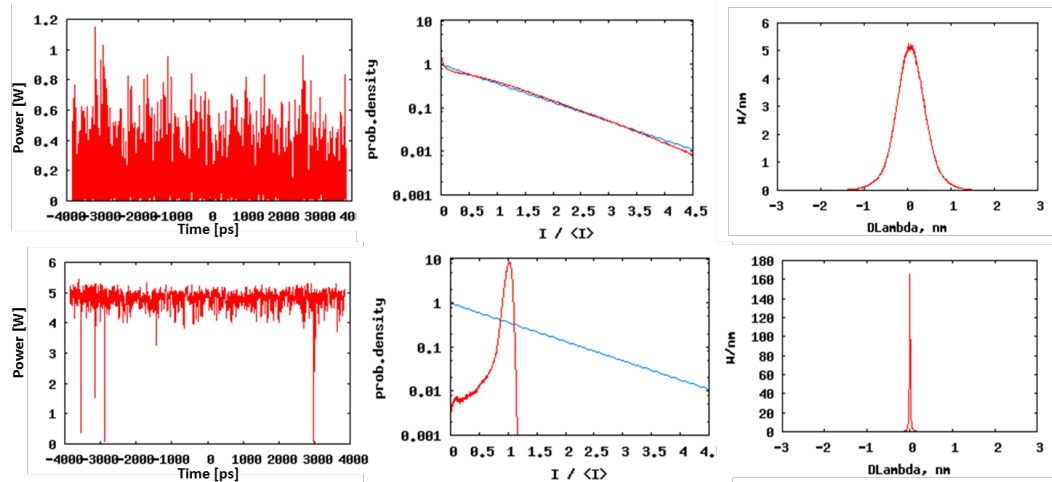


Рис. 1. Временная динамика (1-я колонка), функция распределения вероятности интенсивности (2-я колонка) и оптический спектр (3-я колонка) в турбулентном (верхняя строка) и ламинарном (нижняя строка) режимах.

Изменяя параметры системы, такие как длина резонатора, генерируемая мощность, нелинейность, дисперсия, спектральные функции отражения зеркал резонатора и их дисперсию, возможен переход из ламинарного режима генерации в турбулентный и наоборот (в том числе переход возможен при незначительном изменении параметров). Существуют промежуточные режимы, характеризующиеся сложными свойствами.

Ламинарная генерация в непрерывных волоконных лазерах возможна по причине коллективного взаимодействия большого числа различных продольных мод, которые оказываются существенным образом скоррелированы, несмотря на сильную нелинейность в длинном резонаторе. Сильные корреляции допускают возможность возникновения нелинейных когерентных структур в лазерном резонаторе. Одним из возможных, но не единственных примеров – генерация последовательностей темных и серых солитонов (см., например, Рис. 1, узкие структуры во временной динамике в ламинарном режиме). Определение свойств и физических механизмов генерации темных и серых солитонов требует существенных дополнительных исследований. Детальное изучение физических механизмов ламинарной генерации в волоконных лазерах также требует отдельного исследования.

Использование кластера является определяющим в получении приведенных данных

## 5. Перечень публикаций, содержащих результаты работы

1. Чуркин Д.В. и др., Ламинарный и турбулентный режим генерации в непрерывных волоконных лазерах, Российский семинар по волоконным лазерам, 27-30 марта 2012 г, Новосибирск