



19 марта 2019 г.

Пресс-релиз

## Учёные объяснили нелинейный эффект пространственной самоорганизации лазера

Учёные новосибирского Академгородка — Евгений Подивиллов, Денис Харенко, Сергей Бабин, Сергей Турицын ([ИАиЭ СО РАН](#), [НГУ](#)); Олег Сидельников, Михаил Федорук ([ИВТ СО РАН](#), [НГУ](#)), Влад Гонга ([НГУ](#)) и их коллега из Италии Катаржина Крупа под руководством заведующего лабораторией нелинейной оптики волновых систем [НГУ Стефана Вабница](#) опубликовали в одном из самых престижных журналов в области [физики](#) *Physical Review Letters* (импакт-фактор 8.8) статью [Hydrodynamic 2D Turbulence and Spatial Beam Condensation in Multimode Optical Fibers](#).

В статье объяснён нелинейный эффект пространственной самоочистки лазерного пучка, об открытии которого сообщалось [ранее](#).

Эффект наблюдается при распространении мощного оптического импульса в многомодовом световоде и имеет большой потенциал применений в различных областях: от лазерной резки материалов до кратного увеличения пропускной способности современных линий связи. Суть эффекта состоит в существенном увеличении качества излучения на выходе световода при превышении определённого порога по пиковой мощности импульса.

Исходный пучок, сначала естественным образом распадаясь при распространении на сотни отдельных мод (спеклов), внезапно собирается обратно. Здесь можно провести аналогию с разрушенным морскими волнами замком из песка на пляже, который смог бы снова восстановиться. Однако такой процесс невозможно представить, ведь распад в природе обычно необратим. Тем не менее эффект с обратной самоорганизацией лазерного пучка был подтверждён независимыми экспериментами нескольких групп в Европе, США и России, но до сих пор не получил полного экспериментального и теоретического объяснения.

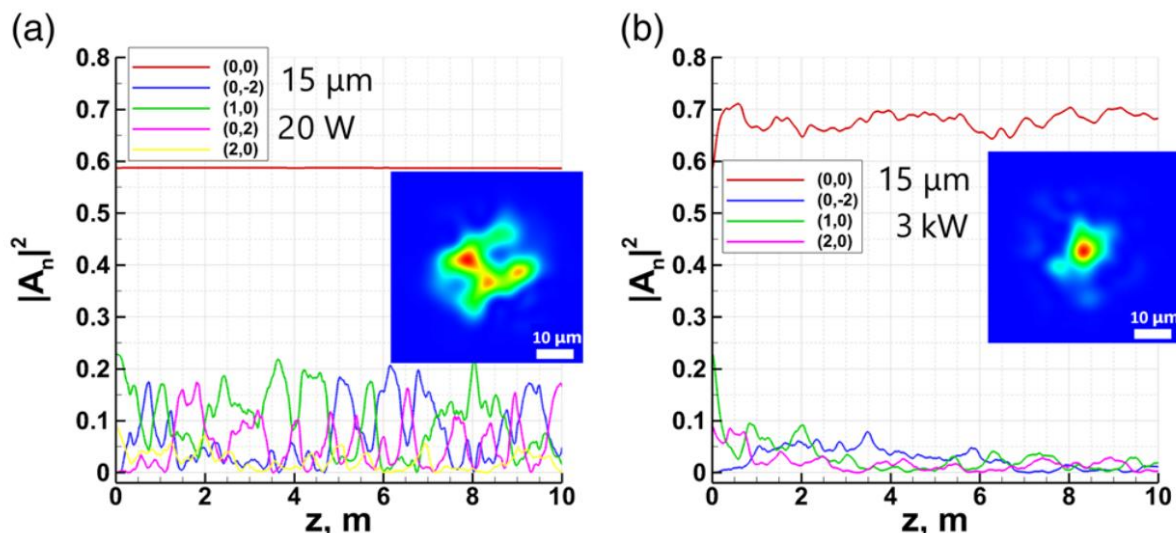


Рис. 1. Численное моделирование эволюции интенсивностей различных мод оптического волокна при низкой (слева) и высокой (справа) пиковой мощности импульса. На вставке — соответствующий профиль пучка на выходе.

Подсказка к объяснению явления пришла из области гидродинамики и уже устоявшейся аналогии между явлением турбулентности в жидких средах и турбулентностью в оптике,



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт автоматизации и электрометрии  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИАиЭ СО РАН)**

возникающей в процессе четырёхволнового смешения различных мод. Основная идея состоит в том, что в процессе нелинейного взаимодействия большого количества мод передача энергии между модами происходит в двух направлениях — прямом и обратном. Обратный каскад турбулентности направлен от средних мод к низшим и в пределе — к фундаментальной моде (конденсату), и именно этот процесс увидели в первых экспериментах. Прямой же каскад направлен в более чем сотню высших мод, куда попадает крошечная часть энергии, которую уже не так просто зафиксировать экспериментально. Чтобы подтвердить эту гипотезу, потребовалось разработать аналитическую модель, в которой явление описывалось бы строго математически на примере заданного числа мод, а в произвольном случае — провести численный расчёт при параметрах, наиболее близких к экспериментальным (рис. 1), и поставить эксперимент для проверки предсказываемых теоретической моделью зависимостей величины эффекта от параметров входного пучка.

Проведённое сравнение теории и эксперимента продемонстрировало их хорошее согласие и показало наличие некоего инварианта — эффективного числа мод, которое не меняется при изменении мощности, в том числе при переходе от пучка, распавшегося на спеклы (рис. 1а), к нелинейному режиму самоочистки с доминированием основной моды (рис. 1б). Если возвратиться к пляжной аналогии, можно сказать, что замок на песке, конечно, возникнет, но не полностью (только его центральная башня), и одновременно с этим вокруг него останутся руины, разбросанные на значительные расстояния. Такая модель уже не противоречит основным физическим законам.

*Текст к.ф.-м.н. Д.С. Харенко*

Пресс-релиз на сайте ИАиЭ СО РАН:

[https://www.iae.nsk.su/images/stories/0\\_News/2019/190319-Statya-lazer.pdf](https://www.iae.nsk.su/images/stories/0_News/2019/190319-Statya-lazer.pdf)