

НЕКОГЕРЕНТНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Кобцев С.М.

*Отдел лазерной физики и инновационных технологий, Новосибирский государственный университет,
г. Новосибирск*

**E-mail: s.kobtsev@nsu.ru DOI 10.24412/2308-6920-2023-6-423-424*

Лазерное излучение традиционно характеризуется высокой степенью когерентности, свидетельствующей о способности излучения к интерференции. Скоррелированность световых колебаний может иметь негативный эффект, такой как, например, образование спекл-структур. Интерференционная картина, которая образуется при взаимной интерференции когерентных волн (например, при отражении от шероховатой поверхности), способна затруднить наблюдение изображения, образованного с помощью лазерного излучения, исказить картину взаимодействия лазерного излучения с веществом и т.д. Попытки ослабить контраст такой интерференционной картины предпринимались много раз, однако, используемые методы не отличались кардинальностью решений [1-3].

Можно разделить методы уменьшения контраста спекл-картины на внутри- и вне- резонаторные. Внутррезонаторные методы включают уширение спектра излучения [4], хаотизацию модового состава излучения [5], специальные геометрии лазерных резонаторов и альтернативные механизмы обратной связи [6], различные виды модуляции излучения и т.д. Некоторые из этих методов позволяют существенно подавить спекл-шум, однако, большинство этих методов реализовано в лазерах с объёмными оптическими элементами. Волоконные лазеры предоставляет новые возможности для получения излучения с ещё меньшей степенью когерентности. Одна из этих возможностей связана с режимом генерации шумоподобных (noise-like) импульсов [7], который реализован пока только в волоконных лазерах. Эти импульсы генерируются в режиме синхронизации мод излучения и представляют собой короткие или ультракороткие (нс, пс) цуги с хаотичным заполнением более короткими многочисленными суб-импульсами. Случайно не только временное распределение суб-импульсов, но и их амплитуда и длительность также случайны. Причём хаос имеет не детерминированный, а динамический характер. Способность излучения разных частей шумоподобного импульса интерферировать друг с другом невысока, поэтому режим генерации шумоподобных импульсов можно рассматривать в качестве основы для получения некогерентного лазерного излучения.

Следует отметить, что параметры шумоподобных импульсов варьируются в широких пределах, в частности, нестабильность мощности излучения, состоящего из шумоподобных импульсов, может достигать десятки процентов [8], что неприемлемо для многих применений. Но нестабильность мощности излучения может быть и менее 1%, и как показывает моделирование [8], этот параметр обратно пропорционален амплитуде центрального пика двухмасштабной автокорреляционной функции (АКФ) шумоподобных импульсов. С другой стороны, увеличение амплитуды этого пика ведёт к уменьшению степени когерентности шумоподобных импульсов и к одновременному увеличению нестабильности мощности излучения. Компромиссом мог бы быть выбор шумоподобных импульсов с приемлемым уровнем нестабильности мощности излучения и относительно малой степенью временной когерентности излучения.

Дополнительным механизмом уменьшения степени когерентности импульсов может служить их фазовая модуляция (“чирп”), характерная для спектрального диапазона 1000-1100 нм, где кварцевое волокно имеет нормальную дисперсию. Отсутствие в резонаторе волоконного лазера элементов с аномальной дисперсией ведёт к значительной (> 1000 фс²) фазовой модуляции импульсов. Значительная фазовая модуляция, проявляющаяся в большинстве случаев автоматически, даже бесструктурных импульсов может вести к малой степени когерентности излучения, состоящего из этих импульсов. Фазово-модулированные шумоподобные импульсы (рис. 1) представляют собой комбинацию двух механизмов существенного снижения степени когерентности излучения. Преимуществом такой комбинации является отсутствие необходимости получения шумоподобных импульсов с относительно высоким центральным пиком АКФ и возможность выбора импульсов, обеспечивающих малую нестабильность мощности излучения. Таким образом, фазово-модулированные шумоподобные импульсы с некоторой хаотизацией внутренней структуры, генерируемые в волоконных лазерах, могут быть оптимальным решением для источника излучения нового типа, обеспечивающего некогерентное лазерное излучение.

Источники лазерного излучения, способные объединить свойства лазерного излучения (высокую направленность и высокую яркость) со свойством не лазерного излучения (некогерентность),

способны занять нишу между тепловыми (лампа и т.д.) и традиционными лазерными источниками излучения. Будем называть их Н-лазеры (N-lasers: некогерентные лазеры) для того, чтобы отличать их от когерентных лазеров.

Во многих приложениях N-laser будет играть роль задающего генератора, излучение которого необходимо усилить. Преимуществом является то, что усиление фазово-модулированных шумоподобных импульсов [9] не требует специальных методов или специальных устройств. Степень когерентности излучения Н-лазера может быть на уровне 0.05 и менее.

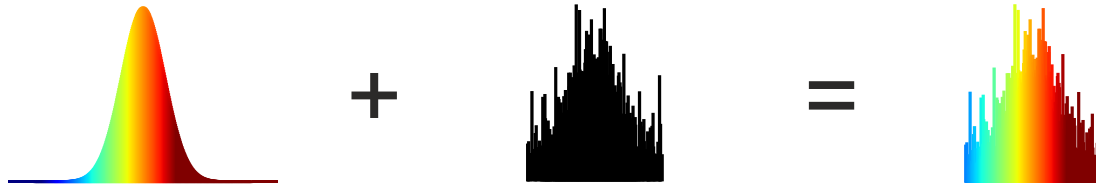


Рис. 1. Иллюстрация образования фазово-модулированных шумоподобных импульсов

Работа поддержана Российским Научным Фондом и Правительством Новосибирской области в рамках гранта 22-12-20010.

Литература

1. Iwai T., Asakura T., *Proc. IEEE* 84, 765–781 (1996)
2. Bansal E., Kaur A., *IOSR J. Comput. Eng.* 16, 74-77 (2014)
3. Kumar V., et al, *Opt. Laser Technol.* 141, 107079 (2021)
4. Mansour N., et al, *Optik* 133, 140-149 (2017)
5. Yilmazlar I., Sabuncu M., *Opt. Laser Technol.* 73, 19-22 (2015)
6. Cao H., et al, *Nat. Rev. Phys.* 1, 156–168 (2019)
7. Horowitz M., et al, *Opt. Lett.* 22, 799–801 (1997)
8. Kobtsev S., et al, *Proc. SPIE* 10902, 109021F (2019)
9. Kobtsev S., *Proc. SPIE* 11815, 118150S (2021)