© Балакин А.А., Скобелев С.А., Андрианов А.В., Анашкина Е.А., Литвак А.Г., 2019,
Океанологические исследования, 2019, Том 47, № 1, С. 18–20

УДК 535.441 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(1).5

КОГЕРЕНТНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В МАЛОРАЗМЕРНОЙ СИСТЕМЕ СЛАБОСВЯЗАННЫХ СВЕТОВОДОВ

Балакин А.А., Скобелев С.А., Андрианов А.В., Анашкина Е.А., Литвак А.Г.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, БОКС 120, ул. Ульянова, 46, 603950, Россия, e-mail: balakin@appl.sci-nnov.ru
Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

Успешное развитие волоконно-оптических технологий в последние десятилетия стимулирует исследования по замещению компонент твердотельных лазерных систем на волоконные компоненты, что может кардинальным образом изменить привлекательность соответствующих прикладных разработок. Уступая по энергетическим характеристикам твердотельным системам, волоконные лазеры и нелинейно-оптические устройства обладают такими преимуществами, как высокая эффективность преобразования энергии накачки в энергию излучения, связанная с волноводной геометрией, высокое качество пространственного профиля лазерного пучка, а также низкая стоимость, компактность, отсутствие юстировок в процессе работы. Отметим, что максимально достижимая мощность излучения в одиночном световоде ограничена, в первую очередь, процессом самофокусировки, приводящим к повреждению волокна.

Использование многосердцевинного волокна, состоящего из одинаковых эквидистантно расположенных слабо связанных световодов, позволяет реализовать изначально когерентное распространение лазерного излучения с суммарной мощностью заметно выше, чем может передаваться в одиночном световоде. Однако, как показали теоретические и экспериментальные исследования, в рассматриваемой системе существует своя собственная критическая мощность (Balakin et. al., 2016), при которой происходит самофокусировка квазиоднородного распределения волнового поля и его расслоение на набор некогерентных структур.

Поэтому нами были рассмотрены малоразмерные оптические системы из $2N$ идентичных слабосвязанных световодов, расположенных по кольцу (Balakin et. al., 2018). В таких системах удается найти устойчивые распределения интенсивных волновых пучков, позволяющие когерентную транспортировку излучения на большие расстояния. Полная мощность излучения в найденных распределениях может многократно (до $2N$ раз) превышать критическую мощность самофокусировки в непрерывной среде. Наиболее явно это проявляется для распределения $u_n \sim (-1)^n$ с противофазными полями в соседних волноводах, устойчивого при произвольной мощности волнового пучка. Прямое численное моделирование нелинейного волнового уравнения подтверждает устойчивость найденных распределений полей.

Исследования выполнены при поддержке Программы фундаментальных исследований президиума РАН «Нелинейная динамика: фундаментальные проблемы и приложения».

Ключевые слова: многосердцевинные световоды, точные нелинейные решения, когерентное распространение, критическая мощность самофокусировки

Литература

Balakin A.A., Litvak A.G., Mironov V.A., Skobelev S.A. Coherent propagation of laser beams in a small-sized system of weakly coupled optical light guides // Phys. Rev. A. 2016. Vol. 94. P. 063806.

Balakin A.A., Skobelev S.A., Anashkina E.A., Andrianov A.V., Litvak. A.G. Coherent propagation of laser beams in a small-sized system of weakly coupled optical light guides // Phys. Rev. A. 2018. Vol. 98. P. 043857.

COHERENT PROPAGATION OF LASER BEAMS IN MCF FIBERS

Balakin A.A., Skobelev S.A., Anashkina E.A., Andrianov A.V., Litvak A.G.

Institute of Applied Physics RAS, Nizhniy Novgorod, 603950, Russia
e-mail: balakin@appl.sci-nnov.ru
Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

The successful development of fiber-optic technologies in recent decades has stimulated research on the replacement of components of solid-state laser systems with fiber components, which can drastically change the attractiveness of the corresponding applied developments. Yielding on the energy characteristics of solid-state systems, fiber lasers and nonlinear optical devices have high efficiency of conversion of pump energy to radiation energy associated with waveguide geometry, high quality of the spatial profile of the laser beam, as well as low cost, compactness, lack of alignment in work process. Note that the maximum achievable radiation power in a single fiber is limited primarily by the process of self-focusing, which leads to fiber damage.

The use of a multi-core fiber (MCF), consisting of identical equidistant weakly coupled optical fibers, makes it possible to realize initially coherent propagation of laser radiation with a total power noticeably higher than it can be transmitted in a single optical fiber. However, as theoretical and experimental studies have shown, such systems have its own critical power (Balakin et al., 2016) whereby the self-focusing of the quasihomogeneous distribution of the wave field and its separation into a set of incoherent structures occurs.

Therefore, we have considered a small-sized optical system of $2N$ identical weakly coupled optical fibers arranged in a ring (Balakin et. al., 2018). In such systems, it is possible to find stable distributions of intense wave beams, which allow coherent radiation transport over long distances. The total radiation power in the found distributions can significantly (up to $2N$ times) exceed the critical self-focusing power in continuous media. This manifests itself most clearly for the distribution of $u_n \sim (-1)^n$ with antiphase fields in neighboring waveguides, which is stable at an arbitrary wave beam power. Direct numerical simulation of a nonlinear wave equation confirms the stability of the field distributions found.

The research was supported by the RAS Presidium Program «Nonlinear dynamics: fundamental problems and applications».

Keywords: multi-core fiber, exact nonlinear solution, coherent propagation, critical power of self-focusing

References

Balakin A.A., Litvak A.G., Mironov V.A., and Skobelev S.A. Coherent propagation of laser beams in a small-sized system of weakly coupled optical light guides. *Phys. Rev. A.*, 2016, Vol. 94, pp. 063806.

Balakin A.A., Skobelev S.A., Anashkina E.A., Andrianov A.V., and Litvak. A.G. Coherent propagation of laser beams in a small-sized system of weakly coupled optical light guides. *Phys. Rev. A.*, 2018, Vol. 98, pp. 043857.