

Метод связанных волн и нелинейное распространение полихроматических оптических импульсов в нелинейных фотонных кристаллах

В.В. Матюхин¹, Я.С. Фионов¹, И.В. Мельников¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

В настоящем докладе представлены результаты численного моделирования процессов оптического переключения в нелинейном фотонном кристалле[1]. Результаты были получены в рамках системы связанных нелинейных волн[2], распространяющихся в противоположных направлениях. В данном докладе наблюдаемая динамика света оказывается многообразной. Можно наблюдать как случаи прохождения, так и непрохождения сигналов. Также можно наблюдать формирование уединенных волн - солитонов, которые взаимодействуют друг с другом. Оптическое переключение происходило путем переизлучения моды большей частоты в моду меньшей частоты. Если параметры системы принадлежат одному из выявленных диапазонов, можно наблюдать образование локализованного состояния, которое не меняет своего направления в процессе распространения.

В работе была поставлена математическая модель, решение которой было произведено численно. Для дальнейшего исследования из двух реализованных численных схем была выбрана неявная схема второго порядка[3] или так называемая модифицированная схема Трофимова-Пескова[4]. Выбор был обусловлен наличием нетривиальных случаев, нуждающихся в наибольшей точности результатов. Схема первого порядка подходит для случаев, требующих грубый счет.

Результатом численного исследования стало выявление режимов формирования устойчивых состояний при взаимодействии солитонов с различными несущими частотами. Образование устойчивого динамического состояния системы наблюдалось в случаях наличия отрицательной обратной связи, возникающей вследствие четырехволного смещения[5]. Представляемые результаты показывают, что для получения сигналов, локализованных в пределах одного периода фотонного кристалла, требуются большие значения амплитуд и углов падения входных пучков, а также оптимально подобранные коэффициенты нелинейности. Волны, распространяющиеся с разными частотами под разными углами в противоположных направлениях, также могут влиять друг на друга.

Выявленные механизмы можно использовать в оптической логике, когда при столкновении импульсов с разными частотами может происходить преобразование переносимой информации, представленной в виде двоичного кода[6]. Также перекачка

энергии может быть использована для управления частотой распространения оптических импульсов. Механизм оптического переключения также может быть полезен для оптических систем связи или даже может использоваться в оптическом компьютере. Уменьшение несущей частоты импульсов как следствие оптического переключения может быть использовано в лазерных системах, когда необходимо уменьшить частоту излучения.

Литература

1. A. V. Andreev, A. V. Balakin, I. A. Ozheredov, A. P. Shkurinov, P. Maselin, G. Mouret, and D. Boucher, “Compression of femtosecond laser pulses in thin one dimensional photonic crystals,” *Phys. Rev. E* 63, 016602 (2001).
2. M. Scalora, R. J. Flynn, S. B. Reinhardt, R. L. Fork, M. D. Tocci, M. J. Bloemer, C. M. Bowden, H. S. Ledbetter, J. M. Bendickson, J. P. Dowling, and R. P. Leavitt, “Ultrashort pulse propagation at the photonic band edge: large tunable group delay with minimal distortion and loss,” *Phys. Rev. E* 54, R1078–R1081 (1996).
3. A. V. Balakin, V. A. Bushuev, N. I. Koroteev, B. I. Mantsyzov, I. A. Ozheredov, A. P. Shkurinov, D. Boucher, and P. Maselin, “Enhancement of second-harmonic generation with femtosecond laser pulses near the photonic band edge for different polarizations of incident light,” *Opt. Lett.* 24, 793–795 (1999).
4. О новом подходе к моделированию нелинейного распространения сверхкоротких лазерных импульсов // *Ж. вычисл. матем. и матем. физ.*, 1998, т. 38, № 5, с. 835–839
5. L. Brzozowski and E. H. Sargent, “Nonlinear distributed feedback structures as passive optical limiters,” *J. Opt. Soc. Am. B* 17, 1360–1365 (2000).
6. M. Scalora, J. P. Dowling, C. M. Bowden, and M. J. Bloemer, “Optical limiting and switching of ultrashort pulses in nonlinear photonic band gap materials,” *Phys. Rev. Lett.* 73, 1368–1371 (1994).