

Пространственный контроль и структурирование света в нелинейной фотонике

А. М. Вьюнышев^{1,2}, В. Г. Архипкин^{1,2}, А. С. Чиркин^{1,5}

¹ Институт физики им. Л. В. Киренского, ФИЦ КНИЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Развита теория генерации второй гармоники фемтосекундных лазерных импульсов в 3D периодических нелинейных фотонных кристаллах. Получено выражение для спектральной интенсивности второй гармоники для спектрально-ограниченных и chirпированных фемтосекундных лазерных импульсов. Показана возможность нелинейного мультиплексирования генерируемого излучения и формирования дискретного углового спектра генерируемого излучения. Продемонстрирована роль дисперсии групповых скоростей в формировании частотно-углового спектра генерируемого излучения.

Ключевые слова: Нелинейные фотонные кристаллы, Генерация второй гармоники, Фемтосекундные лазерные импульсы.

Цитирование: Вьюнышев, А. М. Пространственный контроль и структурирование света в нелинейной фотонике / А. М. Вьюнышев, В. Г. Архипкин, А. С. Чиркин // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 113–114.

Благодаря возможности пространственной модуляции знака квадратичной нелинейной восприимчивости $\chi^{(2)}$, нелинейные среды представляют собой идеальный объект для развития голографических (дифракционных) методов управления светом на частотах, отличных от частоты падающего лазерного излучения. Такие среды часто называют нелинейными фотонными кристаллами (НФК). Развитие в последние годы методов структурирования на основе непосредственной лазерной записи (англ. – direct laser writing) с помощью сверхкоротких лазерных импульсов позволило преодолеть ограничения, характерные для стандартного метода переполаризации внешним электрическим полем (англ. – electric field poling) и освоить третье пространственное измерение для получения трехмерных (3D) НФК. 3D НФК дают возможность управления пространственным спектром генерируемого излучения [1] и получения 2D структурированного света [2] за счет многообразия возможных нелинейно-оптических взаимодействий в них. Актуальной задачей является рассмотрение процесса удвоения частоты фемтосекундных лазерных импульсов, которые весьма востребованы в области ультрабыстрой фотоники и оптических коммуникациях.

В настоящем докладе приводятся результаты теоретического рассмотрения процесса генерации второй гармоники (ГВГ) фемтосекундных лазерных импульсов в периодических 3D НФК. Показана возможность нелинейного мультиплексирования генерируемого излучения, то есть получения ГВГ в режиме нелинейной дифракции Брэгга для набора порядков нелинейной дифракции. Продемонстрирована роль дисперсии групповых

скоростей в формировании частотно-углового спектра генерируемого излучения. Получено выражение для спектральной ширины генерируемого излучения с учетом расстройки обратных групповых скоростей.

3D НФК открывают новые возможности для нелинейно-оптического преобразования частоты света и нелинейного структурирования света и могут быть востребованы при реализации нелинейных параметрических взаимодействий.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-12-00203.

Список источников

- [1] **Xu, T.** Three-dimensional nonlinear photonic crystal in ferroelectric barium calcium titanate / T. Xu, K. Switkowski, X. Chen, S. Liu, K. Koynov, H. Yu, H. Zhang, J. Wang, Y. Sheng, W. Krolikowski // *Nature Photonics*. — 2018. — Vol 12. — P. 591–595.
- [2] **Liu, S.** Nonlinear wavefront shaping with optically induced three-dimensional nonlinear photonic crystals / S. Liu, K. Switkowski, C. Xu, J. Tian, B. Wang, P. Lu, W. Krolikowski, Y. Sheng // *Nature Communications*. — 2019. — Vol 10. — P. 3208.

Spatial control and structuring light in nonlinear photonics

A. M. Vyunishev^{1,2}, V. G. Arkhipkin^{1,2}, A. S. Chirkin^{1,3}

¹ Kirensky Institute of Physics, FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³ M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The theory of second harmonic generation of femtosecond laser pulses in three-dimensional periodic nonlinear photonic crystals is developed. The expression for spectral intensity of the second harmonic for transform-limited and chirped femtosecond laser pulses is obtained. Possibility of nonlinear multiplexing and discrete angular spectrum formation has been demonstrated. The role of group velocity mismatch in formation of frequency-angular spectra of generated radiation is shown.

Keywords: Nonlinear photonic crystals, Second harmonic generation, Femtosecond laser pulses.