

УДК 535-14

СОГЛАСОВАННОСТЬ ЯВЛЕНИЙ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ УТРОЕННЫХ ЧАСТОТ И ФАЗОВОЙ САМОМОДУЛЯЦИИ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ МАЛОПЕРИОДНЫХ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ИМПУЛЬСОВ В СРЕДАХ С КУБИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Арцвер И.Р.(Университет ИТМО)

Научный руководитель –доктор ф.-м.н., профессор Козлов С.А.

(Университет ИТМО)

Введение. К настоящему времени показано, что при взаимодействии высокоинтенсивного импульсного ТГц излучения с веществом возникающие нелинейные явления обладают рядом особенностей. Например, для волн из малого числа колебаний явление самофокусировки может не наблюдаться даже в том случае, когда интенсивность излучения превышает пороговое значение самофокусировки во много раз [1]. Могут значительно изменяться в поле малопериодных ТГц импульсов такие классические явления нелинейной оптики как генерация второй и третьей гармоник [2, 3]. В работе [3] теоретически было показано, что в случае ТГц импульса, который состоит только из одного полного колебания электрического поля, возникающая в нелинейной среде единая сверхуширенная спектральная структура формируется за счёт перекрытия спектра излучения, генерируемого на утроенных частотах, и спектра на основных частотах импульса, уширяемого из-за фазовой самомодуляции излучения. Интерференционный минимум этой структуры может оказаться на третьей гармонике по отношению к центральной частоте входного импульса, а максимум – на её четвертой гармонике. В работе [4] указанный эффект был продемонстрирован экспериментально.

В данной работе теоретически исследуется согласованность двух процессов - генерации излучения на утроенных частотах и фазовой самомодуляции - основного импульса в зависимости от числа колебаний ТГц поля в нем на входе в среду с кубической нелинейностью. Показано, что степень перекрытия спектра излучения на утроенных частотах и уширения спектра из-за фазовой самомодуляции предельно короткого по числу колебаний - однопериодного - импульса составляет 0.9 и быстро уменьшается при увеличении числа колебаний в импульсе.

Основная часть. Параксиальное распространение линейно поляризованного импульсного ТГц излучения в изотропной нелинейной среде описано с помощью полевого уравнения. Показано, что при интенсивностях, достижимых в лабораторных условиях, нелинейная рефракция может доминировать над дифракцией и дисперсией. Для этого случая приведено аналитическое решение уравнения (см. [5]). Полевое уравнение решено итерационным методом. Подробно рассмотрены особенности спектра импульса, выражение для которого получено в первой итерации. Во второй итерации получены два слагаемых, отвечающих за генерацию излучения на утроенных частотах и излучение, вызванное фазовой самомодуляцией. При анализе их спектров обнаружено, что для нечетных форм импульсов фаза спектра излучения, генерируемого на утроенных частотах, обгоняет фазу спектра излучения, возбуждаемого из-за фазовой самомодуляции на 180 градусов. Поэтому эти нелинейные эффекты ослабляют друг друга, причем неоднородно по частоте. Суммарная спектральная плотность излучения на утроенной относительно максимума спектра исходного излучения равна нулю. При анализе их спектров обнаружено, что для нечетных форм импульсов спектр излучения, генерируемого на утроенных частотах, обгоняет спектр излучения из-за фазовой самомодуляции на 180 градусов, и их сумма на утроенной относительно максимума спектра исходного излучения равна нулю. В случае четных форм импульсов эти спектры синфазны. Показано, что для малопериодных ТГц импульсов спектры излучения утроенных частот и обусловленные фазовой самомодуляцией перекрываются и интерферируют. Следовательно, для нечетных по форме импульсов наблюдается интерференционное взаимное подавление нелинейных эффектов, в то время как

для чётных по форме импульсов – усиление. Определена степень перекрытия для однопериодного импульса -0.9, и для полупериодного – 0.4.

Показано, что при увеличении числа колебаний в ТГц импульсе коэффициент перекрытия быстро снижается от 0.9 до 0. Так, для однопериодного импульса он равен 0.9, для полупериодного – 0.4, двухпериодного – 0.02, а для трехпериодного импульса - практически равен 0.

Выводы. В настоящей работе изучены особенности интерференции вкладов в спектр однопериодного ТГц импульса, распространяющегося в среде с кубической нелинейностью, явлений ГУЧ и ФСМ. Показано, что степень перекрытия уширений спектра однопериодного импульса из-за ГУЧ и ФСМ составляет 0.85. Отрицательное значение этой величины означает, что нелинейные эффекты взаимно ослабляют друг друга. Общий коэффициент ослабления ГУЧ составляет 7.7. Неоднородность ослабления по частоте приводит к сдвигу максимума спектра генерируемого в нелинейной среде высокочастотного излучения на учетверённые частоты.

Список использованных источников:

1. Kozlov S. A., Drozdov A.A., Choudhary S., Kniazev M. A., Boyd R. W. Suppression of self-focusing for few-cycle pulses //JOSA B. – 2019. – Т. 36. – №. 10. – С. G68-G77.
2. Sazonov S. V. Optical rectification and generation of harmonics under condition of propagation of few-cycle pulses in the birefringent medium with asymmetric molecules //Journal of Russian Laser Research. – 2018. – Т. 39. – №. 3. – С. 252-262.
3. Drozdov A. A. Kozlov S. A, Sukhorukov A. A.,Kivshar Y. S. Self-phase modulation and frequency generation with few-cycle optical pulses in nonlinear dispersive media //Physical Review A. – 2012. – Т. 86. – №. 5. – С. 053822.
4. Artser I.R., Melnik M.V., Ismagilov A.O., Guselnikov M.S., Тсупкин A.N., Kozlov S.A. Radiation shift from triple to quadruple frequency caused by the interaction of terahertz pulses with a nonlinear Kerr medium //Scientific Reports. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 1-8.
5. Арцер И.Р. Сдвиг генерации излучения с утроенных частот на учетверённые при распространении импульсного терагерцового излучения в кубически нелинейной среде. - Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2022], 2 стр.

Арцер И.Р. (автор)

Подпись

Козлов С.А. (научный руководитель)

Подпись