

УДК 535.14

**ФОРМА ПОЛЯ ВОЛНЫ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ ОПТИЧЕСКОМ ВЫПРЯМЛЕНИИ  
ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА В СРЕДЕ С КВАДРАТИЧНОЙ  
НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ.**

**Турбина Е.В. (ИТМО)**

**Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Козлов С.А.  
(ИТМО)**

**Введение.** Развитие лазерной техники сверхкоротких световых импульсов привело к созданию лазерных систем, генерирующих импульсы длительностью всего в несколько периодов колебаний светового поля [1]. Такие импульсы могут генерироваться в терагерцовом (ТГц) спектральном диапазоне [2]. В том числе возможна генерация ТГц-импульсов, которые представляют собой лишь одно полное колебание поля. Такие импульсы называются однопериодными. В данной работе представлены результаты теоретического анализа поля волн, возникающих при оптическом выпрямлении фемтосекундных лазерных импульсов в оптических средах с квадратичной нелинейностью. Дан анализ модификаций профиля поля выпрямленной волны в зависимости от вида огибающей и фазовой модуляции фемтосекундного излучения. Рассмотрены также особенности явления оптического выпрямления в поле интенсивных волн из малого числа колебаний.

**Основная часть.** Рассматривается модель распространения лазерного фемтосекундного излучения в среде с квадратичной нелинейностью. Для теоретического анализа полевого уравнения динамики непосредственно поля фемтосекундной волны (а не ее огибающей), учитывающего дифракцию и дисперсию света, а также нелинейный квадратичный по полю поляризационный отклик среды, и нахождения решений этого уравнения используются следующие математические методики:

- 1) Нормировка уравнения с использованием таких безразмерных переменных, что значения производных в нормированном уравнении имеют порядок единицы. Тогда доминирование явлений дифракции, дисперсии или нелинейных эффектов определяется коэффициентами при слагаемых, описывающих эти явления [3]. В работе показано, что существуют условия, когда нелинейные эффекты доминируют над дифракцией и дисперсией. С учётом этих условий обосновано упрощение полевого уравнения.
- 2) Использование метода малого параметра в теории нелинейных дифференциальных уравнений. Решение полевого уравнения представлено в виде разложения в ряд по малому параметру, характеризующему квадратичную нелинейность среды. В результате применения метода малого параметра вместо одного, но нелинейного уравнения, получили систему, состоящую из двух, но решаемых в квадратурах линейных уравнений.
- 3) Нахождение общего решения системы линейных уравнений, полученной в результате использования метода малого параметра. С помощью математических преобразований и интегрирования нашли общие решения уравнений для произвольной формы фемтосекундного импульса на входе в нелинейную среду.
- 4) Нахождение частных решений задачи с учётом различных граничных условий.

**Выводы.** Проведён анализ волнового уравнения и найдены его решения для поля волны, возникающей при оптическом выпрямлении фемтосекундного лазерного импульса в среде с квадратичной нелинейностью. Показано, что выпрямление фемтосекундных импульсов с колоколообразной огибающей и высокочастотным заполнением приводит к появлению однопериодной волны, профиль которой определяется формой огибающей фемтосекундного импульса. При малом числе колебаний в исходном лазерном импульсе профиль поля выпрямленного излучения может стать не однопериодным.

**Список использованных источников:**

1. Козлов С.А., Самарцев В.В. Основы фемтосекундной оптики. // М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2009. – С. 292.
2. Крюков П.Г. Фемтосекундные импульсы. // М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008. – С. 208.
3. Artser I., Melnik M., Ismagilov A., Guseynov M., Tsyupkin A., Kozlov S. Radiation shift from triple to quadruple frequency caused by the interaction of terahertz pulses with a nonlinear kerr medium. // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – No. 1. – pp. 9019.