

УДК 535.326

**МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ТГЦ
ИМПУЛЬСОВ ПРИ УЧЁТЕ ДИСПЕРСИИ НЕЛИНЕЙНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ
ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ЖИДКОСТЯХ**

Набилкова А.О. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., доцент Цыпкин А.Н. Е.И.
(Университет ИТМО)

В данной работе показаны результаты моделирования одно- и многопериодных импульсов при их коллимации в воздухе и распространении в таких жидких средах, как вода, этанол и изопропанол, с учетом дисперсии нелинейного показателя преломления. Также представлены результаты расчета нерезонансного колебательного вклада в дисперсию нелинейный показатель преломления в рассматриваемых жидких средах.

Введение.

Математические модели распространения терагерцовых (ТГц) импульсов в нелинейных средах основаны на пренебрежимо малой дисперсии нелинейного показателя преломления (нпп) в данном частотном диапазоне. Данное приближение используется вдали от частоты двухфотонного резонанса молекул с основной колебательной модой. Но на точность расчетов моделирования влияет не только расположение относительно частоты колебательной моды, но и вклад дисперсии нпп. Определение дисперсии нпп в средах важно не только с фундаментальной точки зрения, но и для практических приложений, например, найденные нелинейности уже находят применения в прототипах нелинейных устройств для широкополосного ТГц диапазона частот. Также стоит отметить растущую популярность источников ТГц излучения на основе жидкостей вследствие сильного индуцированного двойного лучепреломления под воздействием интенсивном ТГц излучения и отсутствия разрушения среды при больших интенсивностях.

В настоящее время ведутся работы по моделированию распространения интенсивного излучения через твердые среды с нелинейностью, расчету нелинейного показателя преломления в некоторых приближениях в жидких и газообразных средах, однако необходима экспериментальная верификация возникающих нелинейных явлений. Подробное изучение нелинейных свойств материалов в ТГц диапазоне частот с помощью доработанной математической модели позволит обнаружить новые особенности нелинейных сред, для их последующих применений в устройствах ТГц оптики.

Основная часть.

Отчасти из-за новизны оптики ТГц диапазона работы в направлении изучения нелинейных свойств материалов опираются на математическую модель, подразумевающую аппроксимацию отсутствия дисперсии нелинейного показателя преломления (нпп). Первые результаты, полученные авторами проекта, показывают, что данный подход не всегда оправдан и предполагается, что некоторые нелинейные явления могут видоизменяться при учете этой дисперсии. Поэтому необходима новая математическая модель описания динамики распространения высокоинтенсивных ТГц импульсов из малого числа колебаний с учетом дисперсии нпп. Первым этапом являлось моделирование распространения и коллимации рассматриваемых одно- и многопериодных импульсов в воздухе. Получено пространственно-временное распределение поля однопериодного импульса, типичное для ТГц излучения, которое сравнивалось с распределением поля многопериодного импульса при тех же условиях моделирования. Для однопериодного импульса наблюдался пространственный чирп – осевой спектр коллимированного однопериодного импульса сдвинут в синюю сторону спектра по сравнению с исходным спектром используемого для коллимации квазиточечного источника, тогда как внеосевой спектр более узкий и сдвинут в красную область. Разработанный программный код в дальнейшем был применен для моделирования динамики распространения

высокоинтенсивных ТГц импульсов в нелинейных средах с кубической нелинейностью с учетом дисперсии нелинейного показателя преломления. Сравнение спектров при распространении в воздухе и в нелинейной среде показывает значительное влияние наличия дисперсии нелинейного показателя преломления даже на оси.

Для рассмотрения влияния нпп на распространение импульсов в средах с нелинейностью был произведен теоретический расчет нерезонансного колебательного вклада в нелинейный показатель преломления таких жидкостей, как вода, этанол и изопропанол с помощью аналитической модели, основанной на различных параметрах среды. Полученные значения хорошо согласуются со значениями экспериментов, проведенными другими научными группами, однако импульсное излучение, используемое при оценке, может оказывать собственные эффекты на измерение, поэтому существует необходимость получения экспериментальных точек в данном диапазоне с использованием узкополосного непрерывного излучения. На основе проведенного обзора источников узкополосного непрерывного ТГц излучения с возможностью изменения частоты генерации для выбора наиболее подходящих по частоте, интенсивности и поперечному размеру пучка было определено, что самым подходящим по параметрам источником будет являться гиротрон. Экспериментальная оценка нелинейного показателя преломления (нпп) будет проводиться с помощью узкополосного ТГц излучения с перестраиваемой частотой. Такие установки имеются в Российской Федерации, поэтому в рамках выполнения данной заявки предполагается коллаборация с ИПФ РАН. Методом оценки нпп выбранных сред был выбран метод z-сканирования.

Выводы.

Область терагерцовых (ТГц) технологий развивается очень быстро, требуя для различных применений и устройств новые материалы, линейные и нелинейные свойства которых необходимо изучать. Использование высокоинтенсивного терагерцового (ТГц) излучения находит широкое применение от спектроскопических исследований до систем связи, для некоторых из них требуются более высокие средние мощности ТГц излучения. Однако увеличение интенсивности излучения неразрывно связано с нелинейным откликом материала, поэтому важно учитывать возникающие эффекты в широкополосном ТГц диапазоне. Кроме того, в последнее время растет интерес к использованию нелинейных свойств материалов для управления света светом в ТГц диапазоне, поэтому характеристика нелинейностей в этом диапазоне частот является важной задачей.

Исследование было выполнено при финансовой поддержке гранта НИРМА ФТ МФ Университета ИТМО.

Набилкова А.О. (автор)

Подпись

Цыпкин А.Н. (научный руководитель)

Подпись