

УДК 53.01

ИНЕРЦИОННОСТЬ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ГИГАНТСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ В ТЕРАГЕРЦОВОМ СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ

Гусельников М.С. (Университет ИТМО), **Жукова М.О.** (Университет ИТМО)

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

Показано, что времена инерционности гигантской нелинейности жидкостей колебательной природы в поле терагерцового излучения при нерезонансном его взаимодействии с жидкостью не превышает десятка фемтосекунд, а при двухфотонном резонансном взаимодействии может возрастать до нескольких сотен фемтосекунд, но при этом на порядок возрастает и коэффициент малоинерционного нелинейного показателя преломления жидкости.

Введение.

В ряде недавних отечественных и зарубежных научных работ было теоретически предсказано и экспериментально подтверждено, что малоинерционный коэффициент нелинейного показателя преломления жидкой воды и ряда других жидкостей в терагерцовом (ТГц) спектральном диапазоне оказался в миллион раз большим, чем в видимом и ближнем ИК диапазонах. Обнаруженная очень высокая нелинейность ряда диэлектрических материалов в ТГц диапазоне спектра определяет широкие перспективы развития сверхбыстрой ТГц фотоники, основанной на эффектах самовоздействия волн. Создание подобных устройств управления параметрами ТГц излучения, учитывая, что импульсное ТГц излучение представляет собой обычно волны из малого числа колебаний поля, требует исчерпывающего прояснения вопроса об инерционности колебательного механизма гигантской нелинейности сред и временных параметрах, ее характеризующих.

Основная часть.

В работе показано, что при рассмотрении поляризационного отклика изотропной среды колебательной природы модель ангармонических колебаний атомов каждой ее отдельной молекулы, широко распространенная в теплофизике, в виде осциллятора, в общем случае, как с квадратичной, так и с кубической нелинейностями приводит для макроскопической оптической характеристики среды – нелинейной части ее поляризованности – к модели в виде системы параметрически связанных уравнений с только кубическими нелинейностями. Данная система уравнений динамики нелинейной части поляризованности изотропного вещества позволяет получить выражения для времен релаксации кубических восприимчивостей оптических сред с нелинейностью колебательной природы. В настоящей работе указанные выражения выведены для случаев двух- и однофотонных резонансных взаимодействий с квазимонохроматическими ТГц импульсами, а также для случая нерезонансного взаимодействия с широкополосным ТГц импульсным излучением. Приведены численные оценки для сред с особо высокой колебательной нелинейностью показателя преломления альфа-пинена и воды, а также для диоксида кремния. Показано, что для этих материалов времена инерционности нерезонансного колебательного механизма их нелинейности для излучения ТГц диапазона спектра не превышают десятка фемтосекунд, а при резонансном взаимодействии может возрастать до нескольких сотен фемтосекунд.

Выводы.

Дан анализ инерционности колебательного механизма нелинейности изотропных диэлектрических сред в поле линейно-поляризованного излучения ТГц диапазона частот на основе простой модели ангармонического осциллятора и получена скалярная система уравнений, которая позволяет описывать динамику поляризованности изотропных диэлектрических сред колебательной природы при воздействии на них полей линейно –

поляризованных ТГц волн как квазимонохроматических, так и содержащих малое число колебаний поля с учетом дисперсии излучения и инерционности отклика вещества. Показано, что обоснованная в работе система материальных уравнений качественно совпадает с уравнениями, получаемых на основе квантово-механического подхода, что говорит о ее достоверности. Но в отличие от имеющихся квантово-механических моделей, коэффициенты полученной в работе системы определяются через известные в литературе параметры вещества, такие как его коэффициент теплового расширения и др.

Основным результатом данной работы стало получение численных оценок времен инерционности нелинейных восприимчивостей изотропных сред колебательной природы. Для случая нерезонансного взаимодействия ТГц излучения с веществом эти оценки показали, что времена релаксации нелинейности колебательной природы в рассмотренных жидких диэлектрических средах в поле ТГц излучения не превышают десятка фемтосекунд, а при резонансном взаимодействии могут возрастать до нескольких сотен фемтосекунд. Это означает, что гигантскую нелинейность ряда материалов в дальнем ИК диапазоне спектра можно использовать при разработке сверхбыстрых устройств ТГц фотоники.

Гусельников М.С. (автор)

Козлов С.А. (научный руководитель)