

УДК 535-14

СДВИГ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ С УТРОЕННЫХ ЧАСТОТ НА УЧЕТВЕРЁННЫЕ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ИМПУЛЬСНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КУБИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ

Арцер И.Р.

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

Университет ИТМО

Распространение высокоинтенсивного оптического излучения в прозрачных диэлектрических средах приводит к возникновению эффекта самовоздействия излучения и генерации излучения на утроенных частотах из-за нелинейности третьего порядка таких сред. В случае анизотропных сред их квадратичная нелинейность оказывает обычно более значимое воздействие на характер распространения излучения, чем кубичная. В данной работе показано, при распространении импульса, состоящего из всего одного полного колебания поля, с частотой максимума спектра 1 ТГц и интенсивностью 10^8 Вт в кристалле $MgO:LiNbO_3$ происходит исчезновение генерации излучения на утроенных частотах относительно частоты максимума модуля спектра импульса, при этом возникает излучение на учетверённых частотах. Показано, что этот нелинейный эффект обусловлен кубичной нелинейностью кристалла, при этом вклад квадратичной нелинейности в динамику излучения в терагерцовом (ТГц) спектральном диапазоне оказывается значительно меньшим, чем кубичной. Сдвиг генерации излучения с утроенных частот на учетверенные в поле однопериодной ТГц волны объясняется сильной асимметричностью модуля спектра импульса.

Введение. Недавно было теоретически предсказано и экспериментально подтверждено, что нелинейный показатель преломления в ТГц диапазоне для одних и тех же веществ может быть на несколько порядков больше, чем для оптического диапазона. Развивающаяся нелинейная оптика импульсного ТГц излучения демонстрирует много неожиданностей. Например, для ТГц волн с малым числом колебаний классическое явление самофокусировки может не наблюдаться даже в случае многократного превышения критической мощности самофокусировки. Такие классические явления нелинейной оптики, как генерация второй и третьей гармоники также могут значительно видоизменяться в импульсном ТГц излучении. В данной работе экспериментально показано, что при взаимодействии предельно короткого по числу колебаний ТГц импульса, содержащего всего одно полное колебание оптического поля, со средой с кубичной по полю нелинейностью происходит генерация излучения на учетверенных частотах относительно частоты максимума спектральной плотности излучения, в то время как ожидаемое излучение на утроенной частоте отсутствует.

Основная часть.

Для экспериментального наблюдения явления генерации излучения новых частот при взаимодействии высокоинтенсивного ТГц импульса с нелинейной средой использовали схему генерации ТГц импульса с наклонным волновым фронтом с фазовым синхронизмом в кристалле $MgO:LiNbO_3$. Входное излучение, подаваемое на кристалл толщиной 5 мм, генерировалось фемтосекундной лазерной системой на основе регенеративного усилителя (длительность 30 фс, энергия импульса 2 мДж, частота повторения 1 кГц).

Генерация ТГц излучения в методе оптического выпрямления происходила во всей области взаимодействия наклонного волнового фронта с кристаллом. Тем самым, ТГц излучение генерировалось во всем объеме распространения излучения накачки и проходило через среду как с квадратичной нелинейностью, за счет которой и Труды школы-семинара «Волны-2021». Когерентная и нелинейная оптика 11 происходил процесс генерации ТГц излучения, так и кубической нелинейностью, за счет которой ожидалась генерация излучения на утроенных частотах по отношению к уже возникшему ТГц излучению. В результате

формировался расходящийся пучок ТГц излучения с гауссовым профилем, направленный перпендикулярно срезу кристалла. Далее осуществлялась коллимация ТГц-излучения с использованием параболического зеркала с фокусным расстоянием 25 мм. Амплитуда ТГц поля измерялась с помощью стандартной электрооптической схемы детектирования в кристалле ZnTe толщиной 1 мм.

Было обнаружено, что при взаимодействии генерируемого ТГц поля с кристаллом, который имеет также и кубическую нелинейность, в спектре импульсного ТГц излучения на выходе из среды не наблюдается генерация излучения на утроенных частотах. Более того, в спектре ТГц излучения на месте утроенной частоты, по сравнению с частотой максимума его спектральной плотности, наблюдается ярко выраженный провал. При этом генерируется значительное по энергии излучение на учетверенной частоте, чего не наблюдается для подобных экспериментов в видимом и ближнем ИК диапазонах частот. Для объяснения данного феномена было проведено обширное теоретическое исследование.

Динамику поля ТГц излучения в прозрачной диэлектрической среде с безынерционной кубической нелинейностью анализировали с помощью полевого уравнения с учетом дисперсии излучения, квадратичной и кубической нелинейностей кристалла, а также усиления и поглощения импульса средой. Показано, что дисперсия слабо влияет на форму импульса, а вклад квадратичной нелинейности среды в изменение спектра импульса оказывается слабее вклада кубической нелинейности на порядок.

Выводы. В данной работе показано, что интенсивное ТГц излучение из одного полного колебания поля при распространении в среде с преобладающей кубической нелинейностью испытывает сдвиг генерируемой полосы частот с утроенных на учетверенные. Данный эффект был использован для измерения нелинейного показателя преломления кристалла MgO:LiNbO₃ в ТГц спектральном диапазоне.

Арцер И.Р. (автор)

Подпись

Козлов С.А. (научный руководитель)

Подпись