

УДК 535.14

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕЛИНЕЙНОМ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ ФАБРИ-ПЕРО

Казаков И.И. (ИТМО)

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

Введение. Ещё в 70-е годы прошлого века исследовалась возможность применения интерферометров с нелинейной рабочей средой для создания оптических устройств, позволяющих управлять излучением при помощи излучения [1]. Однако из-за отсутствия тогда материалов, обладающих необходимыми параметрами – большой по величине и вместе с тем малоинерционной нелинейностью показателя преломления – реализовать многие идеи так и не удалось. В недавних исследованиях было экспериментально обнаружено наличие в ряде материалов гигантской по величине малоинерционной нелинейности показателя преломления колебательной природы в ТГц спектральном диапазоне, в миллионы раз превосходящей таковую в видимом и ближнем ИК диапазонах частот [2,3].

Данные открытия возрождают интерес к изучению нелинейных интерферометров в качестве основы для устройств сверхбыстрой фотоники, но уже не в оптическом, а в ТГц диапазоне. В настоящей работе исследуется эффект дифференциального усиления ТГц излучения в нелинейном интерферометре Фабри-Перо, который можно использовать для создания оптического транзистора и других оптических логических устройств.

Основная часть. В работе исследовалось нелинейное пропускание интерферометром Фабри-Перо со средой с кубической нелинейностью ТГц монохроматического излучения. Рассматривался беззеркальный интерферометр, рабочей средой которого является плоскопараллельная пластина ниобата лития и коэффициент отражения в котором определяется формулами Френеля. Аналитически были получены условия, связывающие толщину среды и интенсивность входного излучения, необходимые для наблюдения в нелинейном интерферометре Фабри-Перо максимального дифференциального усиления. Показано, что такие толщины и интенсивности принимают дискретные значения, определяемые оптическими параметрами вещества и длиной волны излучения.

С помощью полученных выражений было показано, что беззеркальные интерферометры обладают большей устойчивостью режима максимального усиления к вариации толщины среды. Так, например, в зеркальном интерферометре изменение толщины среды на десятую долю процента может радикально изменить режим пропускания интерферометра, вследствие чего дифференциальное усиление наблюдаться не будет. В беззеркальном интерферометре такая вариация толщины приведёт к гораздо менее существенным изменениям.

Рассмотрено изменение временного профиля квазимонохроматического ТГц импульса при его дифференциальном усилении в поле волны накачки в интерферометре из пластины ниобата лития. Показано, что оптимальный подбор амплитуды импульса и интенсивности накачки позволяет добиться увеличения амплитуды импульса более чем в 10 раз.

Выводы. Выведены формулы, позволяющие рассчитать толщину среды нелинейного интерферометра Фабри-Перо и интенсивность падающего излучения, необходимые для наблюдения эффекта дифференциального усиления. Показано, что в беззеркальном интерферометре на основе ниобата лития данный эффект может наблюдаться при интенсивностях порядка 10^8 Вт/см² и толщинах среды менее 1 мм. Показано, что беззеркальные интерферометры обладают большей устойчивостью к вариации толщины среды, что делает их более удобными для создания оптических устройств. Проведено моделирование усиления квазимонохроматических импульсов в нелинейном интерферометре.

Список использованных источников:

1. H. Gibbs. Optical bistability: controlling light with light // Elsevier. – 2012.
2. A. N. Teypkin et al. High Kerr nonlinearity of water in THz spectral range // Optics express. – 2019. – № 27(8). – P. 10419–10425.
3. A. Nabilkova et al. Sensitivity Enhancement of Cubic Nonlinearity Measurement in THz Frequency Range // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology. – 2024. – № 14(5). – P. 718–724.