

УДК 535.016

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСШИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ГАРМОНИК В ПАССИВНОМ ВОЛОКОННОМ КОЛЬЦЕВОМ РЕЗОНАТОРЕ С ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИМ ФАЗОВЫМ МОДУЛЯТОРОМ

Герасименко В.С. (Университет ИТМО), **Герасименко Н.Д.** (Университет ИТМО)
Научный руководитель – г.н.с., д.ф.-м.н., д.ф.-м.н. Петров В.М.
(Университет ИТМО)

Аннотация. В данной работе проводилось исследование получения высших спектральных гармоник в пассивном кольцевом резонаторе с электрооптическим фазовым модулятором. Предложена разновидность фазового модулятора с внесением дополнительной задержки, позволяющая осуществлять тонкую подстройку оптической длины пути и благодаря этому получать более стабильные во времени спектры с эффективным перераспределением энергии.

Введение. Возможности применения высших спектральных гармоник весьма велики. В частности, они широко применяются в современных системах связи, в том числе квантовых. Наиболее распространены следующие способы их генерации: на собственных модах пассивного кольцевого микрорезонатора с керровской нелинейностью и работа со спектрами импульсных лазеров, излучающих в режиме синхронизации мод. Однако оба этих метода имеют значительные ограничения в возможной подстройке параметров выходного спектра. Еще один метод, о котором и пойдет речь в данной работе – использование электрооптических модуляторов. Здесь параметры получаемого спектра могут быть изменены за счет настройки параметров управляющего СВЧ-источника.

Первые работы, в которых описывается применение электрооптических модуляторов для генерации высших спектральных гармоник, были опубликованы в середине 90-х, и являлись теоретическими. В них рассматривались кольцевые волоконные резонаторы и резонаторы Фабри-Перо с использованием брегговских зеркал. Оба типа схем обладали значительными потерями и потому предполагали использование эрбиевых усилителей. Более позднее экспериментальное подтверждение и развитие этих исследований позволило значительно улучшить получаемые результаты, однако по-прежнему использовало усилители, вносящие значительные шумы на собственных частотах резонатора. Дальнейшие исследования позволили отказаться от усилителей благодаря использованию каскадов модуляторов (в схемах применялись и фазовые, и амплитудные модуляторы), однако такие схемы требовали использования сложных систем подачи и синхронизации управляющих сигналов.

В последние несколько лет появилась перспективная технология создания кристаллических волноводов из ниобата лития на подложке из оксида кремния, при использовании в модуляторах позволяющая получить большее число высших гармоник в спектре при той же электрической мощности, однако пока эта технология еще далека от массового применения.

В прошлом году при участии Университета ИТМО были выпущены первые образцы Отечественных электрооптических интегральных модуляторов на подложках ниобата лития. Эксперименты по получению высших спектральных гармоник с этими модуляторами продемонстрировали их большую перспективность в данном направлении. Однако в проведенной работе использовались стандартные фазовые модуляторы, из-за чего не было возможности тонкой подстройки оптической длины пути. Из-за этого в эксперименте невозможно было достичь оптического и СВЧ резонанса одновременно, что приводило к нестабильности выходного спектра во времени.

Основная часть. В данной работе было предложено и изготовлено несколько образцов электрооптических фазовых модуляторов с возможностью внесения дополнительной задержки, управляемой емкостными электродами. Это реализовывалось с помощью

использования дополнительной переходной платы, через которую и будет осуществляться необходимая подстройка.

Схема эксперимента осталась прежней: излучение от лазера проходит через модулятор, после чего делится, и часть идет на детектор, а вторая часть снова подается на вход модулятора.

Результаты эксперимента подтверждают проведенные ранее исследования. Также вид выходного спектра, полученного от фазового модулятора, соответствовал результатам, полученным ранее для амплитудного модулятора, и демонстрировал сравнимую эффективность перекачки энергии: гармоники высших порядков были сравнимы по амплитуде и даже превышали нулевой максимум, соответствующий основной длине волны. Также наблюдалось уширение спектральных линий.

Выводы. Полученные результаты уже показывают, что выходной спектр, полученный с помощью такого электрооптического фазового модулятора с дополнительной задержкой, стабильнее и эффективнее, чем полученный с помощью обычного фазового модулятора, но эксперименты в этой области еще ведутся.