

УДК 621.373.826

## БИФУРКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЖИМА СКОЛЬЗЯЩЕЙ СИНХРОНИЗАЦИИ МОД ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА

Григоренко К.М. (Университет ИТМО), Ковалев А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., профессор Викторов Е.А.  
(Университет ИТМО)

Рассмотрен режим скользящей синхронизации мод в свипируемом по частоте полупроводниковом лазере с внешней обратной связью. Исследованный метод синхронизации мод позволит улучшить характеристики оптической когерентной томографии.

**Введение.** В настоящей работе исследуется одночастотный свипируемый по частоте полупроводниковый лазер с внешним зеркалом, формирующим внешний резонатор. Внешний резонатор позволяет осуществлять генерацию нескольких оптических мод, что представляет интерес с точки зрения оптической томографии, в которой осуществляется изменение частоты генерации (свипирование) в пределах широкого спектра излучения.

При этом существует проблема скачков мод: при свипировании спектра излучения происходит скачок с одной моды внешнего резонатора на другую, в результате чего в системе теряется когерентность. Предложенное нами решение заключается в использовании излучения предыдущей моды для затравки следующей. При определенных параметрах системы возникает режим скользящей синхронизации мод, проявляющийся в появлении коротких импульсов лазерного излучения с частотой повторения, кратной частоте обхода внешнего резонатора.

Эффект возникновения синхронизации мод в полупроводниковом лазере с оптической задержкой и свипированием частоты был описан ранее, однако механизм возникновения эффекта не был раскрыт. Для объяснения возникновения данного режима в рамках рассматриваемой модели на основе дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом и свипированием по частоте существует техническая проблема, связанная с отсутствием разработанных математических методов анализа неавтономных систем. В связи с этим для решения данной задачи необходимо комбинировать различные методы анализа.

**Основная часть.** Моды внешнего резонатора появляются парами из предельной точки, при этом одна мода из пары является всегда неустойчивой, в то время как вторая мода может быть как устойчивой, так и терять устойчивость посредством бифуркаций.

В оптической томографии интерес представляет генерация только синхронизованных устойчивых мод, однако оказалось, что потерявшие устойчивость моды также играют важную роль.

В пространстве параметров устойчивые и неустойчивые моды могут быть связаны так называемым мостом периодических решений, который рождается из точки бифуркации Андронова-Хопфа, принадлежащей одной моде, и заканчивается также точкой бифуркации, но уже принадлежащей другой моде.

В рассматриваемом случае бифуркационный анализ показал, что расстояние между устойчивой и неустойчивой модами составляет  $4\pi$  в пространстве параметра сдвига фазы сигнала, отраженного от внешнего зеркала. Непрерывное изменение данного параметра во времени приводит к свипированию частоты. При правильном подборе скорости свипирования происходит быстрое движение по мосту периодических решений, в результате чего наблюдается периодическая последовательность импульсов. Каждый импульс соответствует переходу между устойчивой и неустойчивой модами, после которого, благодаря частотному сдвигу при свипировании, динамика повторяется вновь с иной парой устойчивых и неустойчивых мод.

Это объясняет как возникновение импульсного режима, так и перенос когерентности между модами, так как они всегда связаны неким фазовым соотношением. Также можно отметить,

что при изменении направления свипирования подобный эффект не наблюдается, поскольку движение по мосту необходимо начинать с устойчивой ветви периодических решений.

**Выводы.** Описан эффект скользящей синхронизации мод в свипируемом по частоте полупроводниковом лазере с внешним резонатором. Полученный результат послужит основой для создания устройства с улучшенными характеристиками для применения в области оптической когерентной томографии.

Григоренко К.М. (автор)

Подпись

Викторов Е.А. (научный руководитель)

Подпись