

УДК 621.373.826

СИНХРОНИЗАЦИЯ МОД В СВИПИРУЕМОМ ПО ЧАСТОТЕ АКИНЕТИЧЕСКОМ ЛАЗЕРЕ С ОБРАТНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ

Григоренко К.М. (Университет ИТМО)

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

В работе рассматривается динамика свипируемого по частоте полупроводникового акинетического лазера с обратной оптической связью. Демонстрируется возможность синхронизации мод в таком лазере и анализируется влияние параметров лазера на свойства режима синхронизации мод.

Введение. Изобретенная в конце XX века оптическая когерентная томография в настоящее время используется не только в качестве средства медицинской диагностики, но также и в метрологии, исследовании материалов и фармакологических исследованиях. Эффективная реализация системы ОКТ требует качественного свипируемого источника, к которому предъявляются требования по параметрам длины волны генерации, ширины частотного спектра, частоте, выходной мощности и длине когерентности, которая определяет глубину визуализации и обратно пропорциональна мгновенной ширине линии. В качестве такого источника возможно использование полупроводникового лазера с профилированным брэгговским отражателем (SG-DBR). Преимуществом данного лазера является отсутствие подвижных механических частей. Тем не менее, при перестройке мод уменьшается значение коэффициента подавления боковой моды, что ведет к эффекту перескока мод и негативно сказывается на параметрах когерентности системы. Это, в свою очередь, приводит к заметному снижению качества ОКТ изображения. В качестве метода сохранения когерентности при перестройке длины волны излучения предлагается использование схемы с обратной оптической связью.

Основная часть. Схема установки с обратной оптической связью состоит из свипируемого по частоте акинетического SG-DBR лазера, используемого в качестве источника излучения, делителя пучка, оптического модулятора и зеркала внешнего резонатора. Последовательные одиночные моды в акинетическом лазере при перескоке мод зарождаются из спонтанного излучения. В случае обратной оптической связи возвращаемая часть излучения предыдущей моды используется для затравки следующей.

Длина оптического пути внешнего резонатора определяет время задержки между генерируемой модой и возвращаемым излучением. В случае, если лазер свипируется по частоте, эта задержка будет приводить к возникновению относительного частотного сдвига между генерируемой модой и обратной оптической связью. Динамику такого лазера можно описать системой скоростных уравнений с запаздывающим аргументом, причем при нулевом значении скорости свипирования система сводится к системе уравнений Ланга-Кобаяши.

Для исследования демонстрируемых системой динамических режимов проведено численное интегрирование системы и бифуркационный анализ по параметру скорости перестройки частоты при различных значениях силы обратной связи (от 0 до 0,1). Расчет продемонстрировал четыре возможных режима работы лазера. При больших положительных и отрицательных значениях частоты перестройки система работает в режиме генерации биения двух мод, при котором интенсивность лазерного излучения во времени демонстрирует периодические колебания с частотой, соответствующей разнице частоты между генерируемой модой и обратной оптической связью.

С увеличением отрицательного значения скорости перестройки система демонстрирует генерацию периодических импульсов, свидетельствующих о перестраиваемой по частоте синхронизации мод. В остальных случаях (при больших отрицательных и малых положительных значениях) система демонстрирует хаотическую динамику. В рассматриваемых граничных условиях система демонстрировала режим синхронизации при

значениях силы обратной связи от 0,056 до 0,099 только при отрицательной частоте перестройки. Анализ также продемонстрировал появление двух дополнительных областей синхронизации для положительного и отрицательного сдвига частоты при малых значениях силы обратной связи. Дополнительно проводился анализ влияния параметров генерации лазера на сохранение режима синхронизации мод. Увеличение параметров силы обратной связи γ , коэффициента времени жизни носителей γ_N и параметра накачки g_0 приводит к уменьшению ширины по полувысоте и длительности переднего фронта импульса, при этом оказывая незначительное влияние на задний фронт. Увеличение γ также приводит к линейному уменьшению плотности носителей заряда, в то время как увеличение γ_N , g_0 и скорости свипирования a приводит к увеличению плотности носителей заряда с небольшим спадом при малых значениях.

Выводы. Представленная система свипируемого полупроводникового лазера с обратной оптической связью позволит улучшить параметры когерентности системы благодаря сохранению постоянных фазовых соотношений между перестраиваемыми модами. Наблюдаемые режимы работы представляют большой интерес для применения в нелинейной оптике и диагностике, таких как гиперспектральная визуализация или свипируемая по частоте оптическая когерентная томография.

Григоренко К.М. (автор)

Подпись

Викторов Е.А. (научный руководитель)

Подпись