

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ОПТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. С. Логгинов, К. И. Плисов

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва

Прогресс, достигнутый за последние годы в технологии создания полупроводниковых лазеров, впечатляет. Методами зонной инженерии удается получать структуры, обладающие практически любым профилем энергетических зон на расстояниях в несколько нанометров. Это позволяет создавать лазерные диоды, активная область которых сформирована многими квантовыми ямами. Благодаря использованию множественных неоднородных квантовых ям, можно существенно увеличить ширину кривой усиления активной области лазерного диода.

С 1994 года активно исследуются лазеры на квантовых точках. В настоящее время квантовые точки для этих структур выращивают путем искусственного создания в подложке механических напряжений, что позволяет в процессе роста получить плотность квантовых точек на квадратный сантиметр $\sim 2 \cdot 10^{10}$. Пороговая плотность тока для таких лазеров составляет 5-19 А/см², а полный пороговый ток ~ 400 мкА.

Помимо проблемы снижения пороговой плотности тока, не менее важными являются проблемы динамического отклика лазера на внешнее воздействие и селекции спектрального состава его излучения. Для оптической передачи информации лазерное излучение необходимо модулировать. При непосредственной модуляции тока накачки из-за изменения оптических параметров активной области спектральный состав выходного излучения будет непрерывно меняться - возникают так называемые чирпы. Проблема спектральной селекции успешно решается путем использования в качестве селективного элемента распределенных брэгговских отражателей.

Существенно улучшить качество модулированного излучения можно не только путем использования распределенных брэгговских структур, но и путем пространственного разнесения источника излучения и модулятора. Так, для получения амплитудной модуляции можно использовать интерферометр Маха-Цандера, в одном из пле-

чей которого свет испытывает фазовую модуляцию благодаря электрооптическому взаимодействию с модулирующим сигналом. Здесь проблема чирпа заменяется классической проблемой конечности отклика системы на внешнее воздействие из-за наличия в ней реактивных элементов.

На современном этапе идея использования распределенных брэгговских отражателей получила новое развитие. Так, изменяя показатель преломления области, которая содержит периодическую структуру, за счет электрического воздействия, мы меняем оптический период брэгговских отражателей и, следовательно, настраиваем селективный элемент на новую частоту. Таким образом, появляется возможность создания плавно перестраиваемых лазеров. Перестраивая брэгговскую решетку, удавалось получать устойчивую генерацию на 51 фиксированной длине волны. При этом соседние частоты отстояли друг от друга на 100 ГГц, покрывая спектральный интервал в 40 нм.

Для оптической передачи информации предпочтительны не слишком мощные лазеры ($P \sim 1$ мВт), излучение которых обладает аксиальной симметрией, обеспечивающей эффективный ввод излучения в оптическое волокно. Идеальными претендентами на эту роль являются лазеры с вертикальным резонатором и излучающей поверхностью. Благодаря технологичности таких лазеров, их можно объединить в матрицу, где каждый лазер излучает на своей длине волны. Сводя излучение от матрицы лазеров в магистральное волокно, мы автоматически реализуем схему спектрального уплотнения информации.

Наступает время полностью оптических информационных систем. Для получения компактных высококогерентных источников света целесообразно использовать связку лазер-микрорезонатор, где микрорезонатором является, например, кварцевая сфера. Подобные схемы являются классическими для радиодиапазона. Использование дополнительного высокодобротного резонатора накладывает и дополнительные условия на частоту генерируемой моды. Наиболее добротными будут моды, частоты которых совпадают с частотами мод шепчущей галереи сферического резонатора. На этом пути удалось достичь ширины спектра излучения лазера в 20 кГц.

Кольцевые (тороидальные) резонаторы нашли свое применение для ответвления сигналов заданной частоты из одного волокна в дру-

гое и, соответственно, для фильтрации оптических сигналов в мультиплексорах и демультиплексорах.

На основе интерферометра Маха-Цандера созданы полностью оптические конверторы и переключатели. Для управления такими схемами требуются довольно мощные управляющие импульсы ($P \sim 1$ Вт). Генерирование такой мощности инжекционным лазером сопряжено с катастрофической деградацией зеркал, поэтому представляется целесообразным усиливать излучение лазера в полупроводниковом оптическом усилителе (ПОУ). Однако необходимо иметь в виду, что в ПОУ, как в нелинейной среде, из-за явления самофокусировки возможно каналирование излучения, так что профиль поля на выходе из ПОУ может существенно отличаться от профиля поля на входе.

В последние годы произошел качественный переворот в характере использования ПОУ. ПОУ стали рассматривать не просто как усилитель мощности излучения, но и как нелинейный элемент, обладающий рядом классических свойств, востребованных на современном этапе развития информационных систем. Так, благодаря нелинейности активной среды ПОУ, можно выполнять операции умножения частоты, переноса информации с одной несущей частоты на другую. Поместив ПОУ в плечо интерферометра Маха-Цандера, можно, воздействуя на усилитель управляющим электрическим или оптическим сигналами, осуществить пространственную адресацию информации. В связи с этим появляется реальная возможность создания полностью оптических волоконных информационных сетей.

В качестве задающего генератора для набора интерферометров Маха-Цандера, осуществляющих пространственную коммутацию информации, можно использовать известное явление сканирования диаграммы направленности лазера при синхронизации поперечных мод. Создать лазерный диод, обладающий мультистабильностью пространственного положения диаграммы направленности, оказывается возможным при использовании структур с заданным профилем диэлектрической проницаемости.

Предельная длительность оптических импульсов составляет в настоящее время ~ 5 фс. В связи с этим возникает естественное желание использовать сверхкороткие оптические импульсы для генерирования электрических импульсов с длительностями в единицы пикосекунд, недоступными для современной электроники. Такая задача ре-

шается с использованием световых импульсов, управляющих полупроводниковыми электрическими ключами, подобно классическим радиотехническим формирующим устройствам.

Одним из последних достижений в области оптической обработки информации является создание терагерцовых оптических асимметричных демультиплексоров (ТООД). Данное устройство состоит из оптоволоконной петли, оптического ответвителя и полупроводникового оптического усилителя. Оптический ответвитель управляет распределением входящего светового импульса по каналам петли; ПОУ, помещенный на некотором расстоянии от точки половинной длины петли, представляет собой нелинейный элемент, посредством которого можно управлять фазовыми набегам волн, бегущих во встречных направлениях по участкам петли. Дополнительный фазовый набег возникает у световой волны, распространяющейся по ПОУ, за счет подачи на него управляющего светового импульса, который, выжигая инверсию, изменяет показатель преломления активной среды ПОУ.

Одним из возможных применений ТООД является создание на его основе оптического генератора стробирующих импульсов, благодаря которому можно осуществлять регистрацию неповторяющихся оптических сигналов длительностью в единицы пикосекунд.

Большое внимание, уделяемое в настоящее время фоторефрактивным материалам, заставляет задуматься над созданием репрограммируемых оптических интегральных информационных систем.

МОДЕЛИ ЧИСЕЛ ЗАПОЛНЕНИЯ И КВАНТОВАНИЯ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ СИГНАЛА ДЛЯ ФЕРМИОННОГО КОММУНИКАЦИОННОГО КАНАЛА

Г. В. Сеницын, М. А. Ходасевич, А. С. Ясюкевич

Отдел оптических проблем информатики НАН Беларуси, г. Минск

В настоящей работе сравниваются предельные характеристики фермионных коммуникационных каналов в двух различных моделях, учитывающих квантовую статистику носителей информации.

Для одномерных бозонных коммуникационных каналов, для которых была вначале развита модель чисел заполнения [1], в силу