

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ КАК ЭЛЕМЕНТАХ ФИС

Курилова А.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Егоров В.И. (ИТМО)

Введение. С появлением технологии оптоволоконных сетей всё чаще звучит идея о переходе к полностью оптическим системам, то есть отказе от электронных компонентов и блоков в качестве коммутаторов, мультиплексоров и демультиплексоров, а также усилителей и модуляторов и т.д. Конечно, сейчас эта мысль несколько утратила свою категоричность, так как, например, для использования эффекта Керра и Фарадея для изменения поляризации электромагнитной волны требуются дополнительные воздействия (нагрев, сжатие, изменение внешнего поля за счёт тока в цепи и прочее) [1]. Несмотря на это, ведутся разработки микрочипов, фотонных интегральных схем (ФИС), которые значительно упрощают передачу сигналов и информации и в некоторой степени минимизируют пространство, занимаемое комплексами, обеспечивающих стабильность работы телекоммуникаций. Поиск новых конфигураций для ФИС, подбор их параметров (линейных, физических, химических) открывает широкий спектр возможностей не только для обозначенной выше отрасли, но и для медицины, сенсорики, промышленности и сельского хозяйства [2].

Основная часть. Разработка фотонной интегральной схемы трудоёмкая задача, которая включает несколько этапов расчётов с точки зрения оптической, электрической и термодинамических законов. В нашей работе мы ограничились вопросом распространения ИК излучения (~1,5 мкм) в системах типа ядро-оболочка (core-cladding) на основе кремния, его соединений и III-V полупроводников, это первый этап разработки. С помощью математического моделирования в пакете программного обеспечения Comsol Multiphysics исходная задача приобрела следующие два подтипа задач:

- 1) Задачи о распространении электромагнитных волн в средах с перепадом показателя преломления.
- 2) Задачи о поддержании резонансов в системах на основе кольцевых резонаторов, интерферометра Маха-Цендера и дифракционных решёток. При любых колебаниях, вызываемых некими начальными условиями или внешними силами, неизбежны затухания, связанные с различными явлениями, это может быть и нагрев окружающей среды, и рассеяние на кристаллической решётке, возбуждение других типов колебаний. Поддержание процесса распространения колебаний в «стационарном» состоянии задача нетривиальная. Поэтому кажется логичным выходом внести в систему локальные элементы, способные усиливать сигнал или препятствовать его полному затуханию. Здесь речь идёт о подборе геометрических параметров системы и элементов.

Задачи этих двух типов сталкиваются с одними и теми же явлениями, препятствующими точным оценкам значений пропускания, поглощения и отражения:

- 1) Учёт нелинейности распространения электромагнитной волны. То есть надо правильно с математической точки зрения задать путь, который должна теоретически проходить волна перед тем, как производятся измерения на выходе.
- 2) Рассеяние волны на гранях и внутренних элементах конструкции [3].

Отметим, что также проводился подбор материалов с целью получения на выходе наибольших значений мощности сигнала.

Выводы. Проведены анализ и систематизация ошибок при вычислениях распространения электромагнитных волн в средах заданных конфигураций и выработана общая концепция решения проблемы полного подавления распространения

электромагнитных волн в системах на основе полупроводниковых волноводов и резонаторов. Полученные графики пропускания, поглощения, отражения и мощности на выходе на данном этапе подтверждают, что системы с выбранными нами параметрами могут лечь в основу для разработки фотонных интегральных схем.

Список использованных источников:

1. Hutchings D. C. Prospects for the implementation of magneto-optic elements in optoelectronic integrated circuits: a personal perspective //Journal of Physics D: Applied Physics. – 2003. – Т. 36. – №. 18. – С. 2222.
2. Chandrasekar R. et al. Photonic integrated circuits for Department of Defense-relevant chemical and biological sensing applications: state-of-the-art and future outlooks //Optical Engineering. – 2019. – Т. 58. – №. 2. – С. 020901-020901..
3. Dorodnyu A., Smajic J., Leuthold J. Mie Scattering for Photonic Devices //Laser & Photonics Reviews. – 2023. – Т. 17. – №. 9. – С. 2300055..

Автор _____ Курилова А.В.

Научный руководитель _____ Егоров В.И.