

*Дроздовский А.В., Новиков А.И., Зарецкая Г.А.
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»*

Проверка пригодности пакета Ansys HFSS для моделирования планарных оптических элементов

Представлены результаты численного моделирования кремниевого планарного оптического волновода в оболочке из диоксида кремния. Особенностью является использование программного пакета ANSYS ELECTROMAGNETIC SUITE для моделирования структуры в оптическом диапазоне.

Ключевые слова: моделирование, планарный, волновод, оптический, HFSS, программный, коэффициент передачи, анализ, потери на распространение

Разработка новых приборов интегральной оптики связано с рядом трудностей и ограничений, таких как сложность и дороговизна прототипирования, сильная зависимость параметров структуры от геометрических размеров её элементов, необходимость тонкой настройки и оптимизации структуры для достижения максимально возможных характеристик. Использование систем автоматического проектирования и моделирование электрофизических параметров позволяет избежать большинство проблем при разработке устройств, а отсутствие необходимости изготавливать реальные прототипы существенно удешевляет процесс разработки.

Выбор программного пакета для моделирования является задачей, которая стоит перед каждым разработчиком устройств и их элементов. Современные системы автоматизированного проектирования предлагают разработчикам обширный функционал, позволяющий решать самые разнообразные задачи, однако освоение всех доступных на рынке программных пакетов представляется задачей трудоёмкой и необоснованной. Остановив свой выбор на каком-либо пакете и освоив его функционал, разработчик будет иметь возможность использовать его для решения всех задач, касающихся моделирования.

Интерес представляет также и проверка возможности применения программного пакета, которым владеет разработчик, на предмет возможности применения пакета для решения задач из смежных областей, например, применение пакета Ansys Electromagnetic Suite для моделирования интегральных оптических элементов и устройств на их основе. Для осуществления такой проверки необходимо промоделировать структуру с известными характеристиками и сравнить полученные в результате моделирования значения с уже известными. В работе [1] анализируются потери в волноводах типа кремний-на-изоляторе, результаты сведены в таблицу 1, содержащую размеры волновода в поперечном сечении, потери на распространение, длина волны и метод их измерения.

Таблица 1

Высота, нм	Ширина, нм	Длина, мм	Потери, дБ/см	Длина волны, нм	Метод
220	445	21	3.6±0.1	1500	Редуцирование
220	465	4	3.5±2	1500	ИК-захват
270	470	13	5±2	1550	Фабри-Перо
220	400	1	33.8±1.7	1550	Фабри-Перо
220	450		7.4±0.9	1550	
220	500		2.4±1.6	1550	
300	300	16	6	1550	Редуцирование
300	300		13		
320	400	0,18	25±10	1550	Фабри-Перо
200	500		32	1540	Редуцирование

Из приведённой таблицы видно, что разброс значений достаточно велик, от 2.4 до 32 дБ/см. Принимая во внимание значения потерь на распространение в реальных волноводах, построим модель кремниевого волновода, окружённого оболочкой из диоксида кремния и проанализируем потери в такой структуре. Размеры поперечного сечения волновода следующие: ширина волновода 1500 нм, высота волновода 600 нм. С целью оптимизации времени моделирования и в силу ограниченности вычислительных ресурсов длину структуры примем равно 10 мкм.

Поскольку в работе рассматривается диэлектрический волновод, имеет место проникновение поля в окружающую оболочку через границу раздела. Вследствие этого поле распространяется не только внутри волновода, но и вокруг него, в идеальном случае амплитуда поля убывает экспоненциально и распространяется на бесконечное расстояние. Учитывая этот факт, необходимо задать порты таких размеров, чтобы учитывалась не только энергия, прошедшая через волновод, но и энергия, прошедшая через оболочку. Исходя из всего вышесказанного, можно отметить, что размеры порта и оболочки должны выбираться таким образом, чтобы вышедшее из волновода поле полностью находилось внутри оболочки и полностью проходило через порт, то есть не «чувствовало» границ структуры, только в таком случае результаты будут достоверными.

Для решения задачи анализа пригодности программного пакета Ansys HFSS было решено промоделировать планарный оптический волновод и проанализировать влияние размеров оболочки на коэффициент передачи волновода. На рисунке 1 представлена получившаяся модель волноводящей структуры, окружённой оболочкой из диоксида кремния.

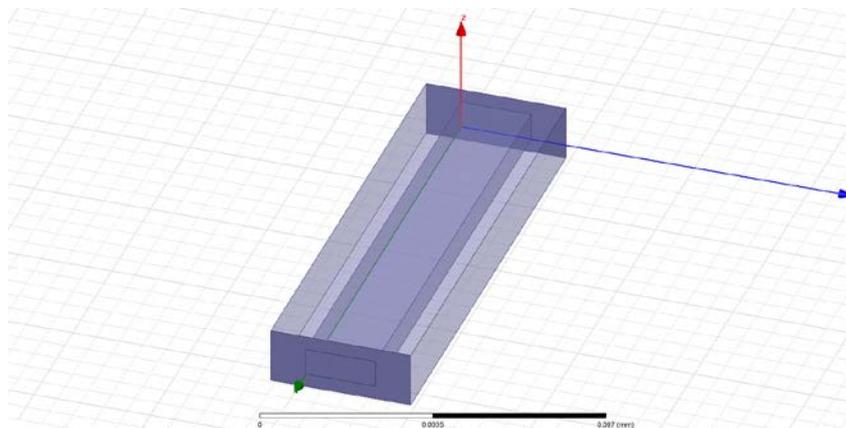


Рис.1. Кремниевый волновод в оболочке из диоксида кремния

Анализ данной структуры выполнен с использованием типа решения Driven Modal, являющимся наиболее оптимальным с точки зрения анализа являющимся наиболее оптимальным с точки зрения анализа параметров ненагруженных линий передачи. Поиск оптимальных размеров окружающей оболочки и портов и оценку их влияния на результат моделирования будем осуществлять в несколько шагов, постепенно уменьшая размеры оболочки и портов пропорционально размерам волновода.

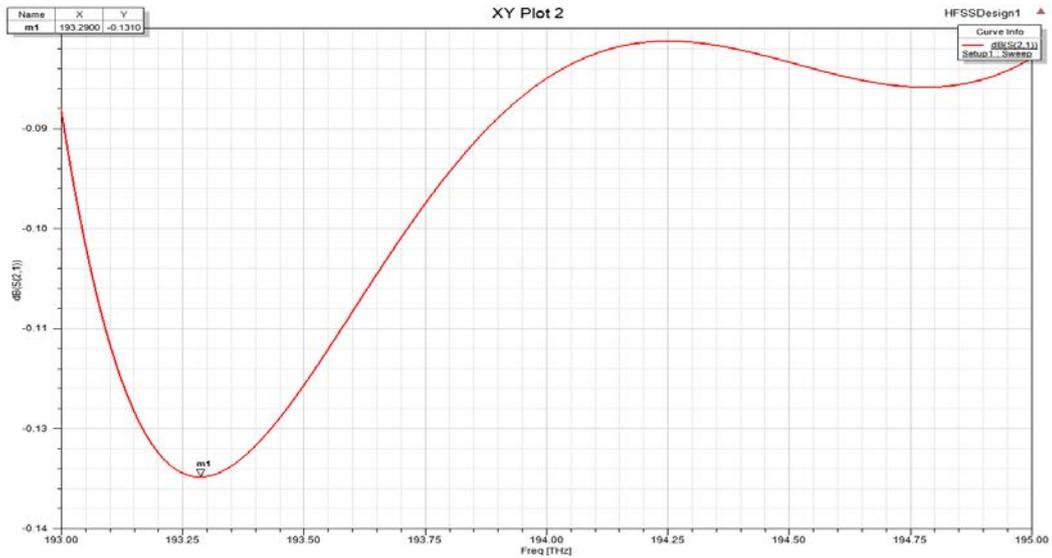


Рис.2. Коэффициент передачи волновода

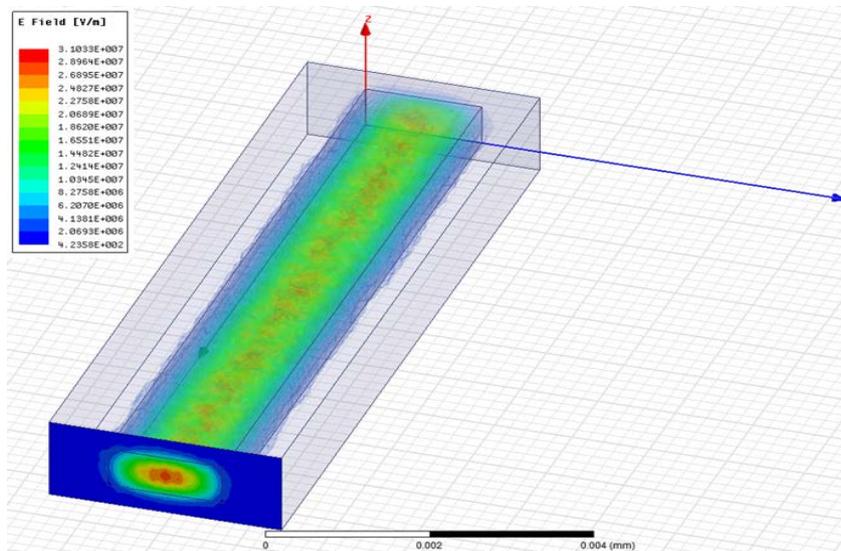


Рис.3. Распределение интенсивности поля внутри волновода

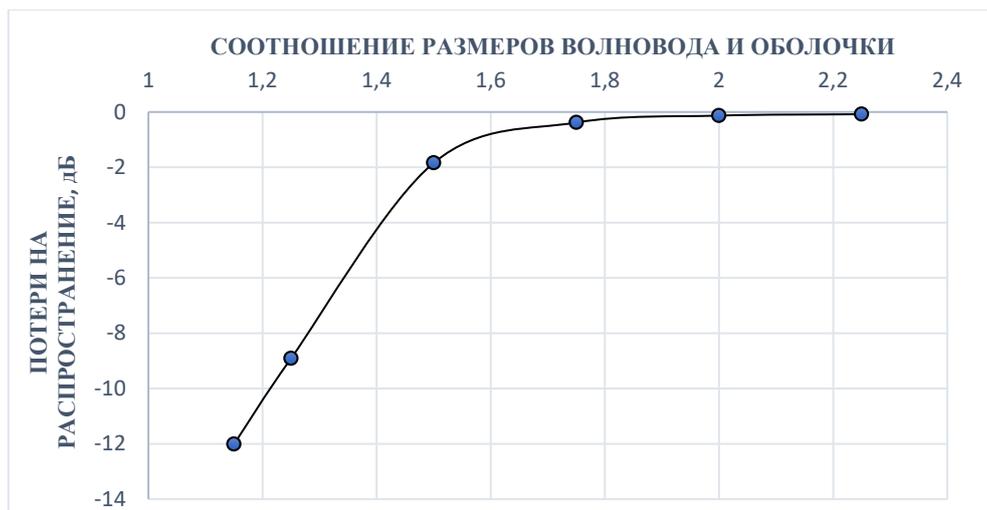


Рис.4. Зависимость потерь на распространение от соотношения размеров оболочки и волновода

Из полученных результатов, представленных на рисунке 4, можно сделать вывод, что размеры окружающей оболочки в два раза превышающие размеры волновода являются оптимальными для моделирования подобных структур. Резкое уменьшение потерь на распространение показывает то, что поле проникает в оболочку на небольшое расстояние, но при этом составляет значительную часть от суммарной интенсивности поля, распространяющегося в структуре.

Результаты моделирования находятся в хорошем соответствии с теоретическим описанием [2,3,4] подобных волноводов, из чего можно сделать вывод о том, что пакет программного обеспечения Ansys HFSS является пригодным для моделирования планарных оптических элементов.

Работа выполнена в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" (соглашение 14.575.21.0157).

Библиографический список

1. Yurii A. Vlasov and Sharee J. McNab. Losses in single-mode silicon-on-insulator strip waveguides and bends. IBM T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY 10536, OPTICS EXPRESS, Vol. 12, No. 8, p.1622-1631
2. Никоноров Н.В., Шандаров С.М. Волноводная фотоника: учеб. пособие. СПб: Изд. СПбГУ ИТМО, 2008. 143 стр.
3. Интегральная оптика / под редакцией Т. Тамира. М.: Мир, 1978. 344 с.
4. Y. Hibino, "Silica-Based Planar Lightwave Circuits and Their Applications," MRS Bulletin May 2003, p.365 (2003)