

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЫКОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ

Е. А. Королёва

Белорусский государственный университет, г. Минск;

katerina.karaliova7@gmail.com;

науч. рук. – А. В. Поляков, канд. физ.-мат. наук, доц.

Для уменьшения величины оптических потерь при вводе излучения из полупроводникового инжекционного лазера в одномодовый волоконный световод предложили использовать специальную анизотропную волоконно-оптическую вставку. Методами численного моделирования провели оптимизацию параметров оптической вставки.

Ключевые слова: инжекционный лазер, одномодовый волоконный световод, анизотропная вставка, оптические потери.

ВВЕДЕНИЕ

Уровень мощности сигнала, вводимого в волоконно-оптический световод, является одним из основных параметров, определяющих характеристики волоконно-оптических информационно-измерительных систем. Поскольку расходимость мощности излучения инжекционного лазера является достаточно существенной, потери при вводе в одномодовый волоконный световод с диаметром сердцевины 9 мкм становятся неприемлемо большими. Для их уменьшения используются специальные согласующие элементы, представленные в виде сферических микролинз. При этом потери мощности излучения на ввод составляют 2–3 дБ.

АНИЗОТРОПНАЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ ВСТАВКА

Для уменьшения потерь ввода излучения инжекционного лазера (ИЛ) в одномодовый волоконный световод (ВС) предложен стыковочный элемент в виде анизотропной волоконно-оптической вставки [1]. Анизотропная волоконно-оптическая вставка (АВОВ) – это устройство, обладающее фокусирующими и коллимирующими свойствами. В АВОВ (рис. 1) градиент показателя преломления в сердцевине 5 оптического волокна (б–оболочка) обусловлен не химическим составом стекла, а упорядочением внешним электрическим полем в процессе производства внутренней молекулярной структуры кварцевого стекла. При этом анизотропные молекулы и образующиеся микрокристаллы материала

сердцевины ориентированы так (эффект Керра-Поккельса), что их оптические оси направлены вдоль силовых линий электрического поля. Под действием светового пучка данная нелинейная среда становится оптически неоднородной: в центре пучка, где интенсивность выше, показатель преломления становится больше, чем на краю, а следовательно, фазовая скорость распространения осевых лучей уменьшается. В результате, наблюдается эффект самофокусировки света или нелинейная рефракция, когда лучи, первоначально распространявшиеся по нормали к плоскому волновому фронту, начинают искривляться к оси.

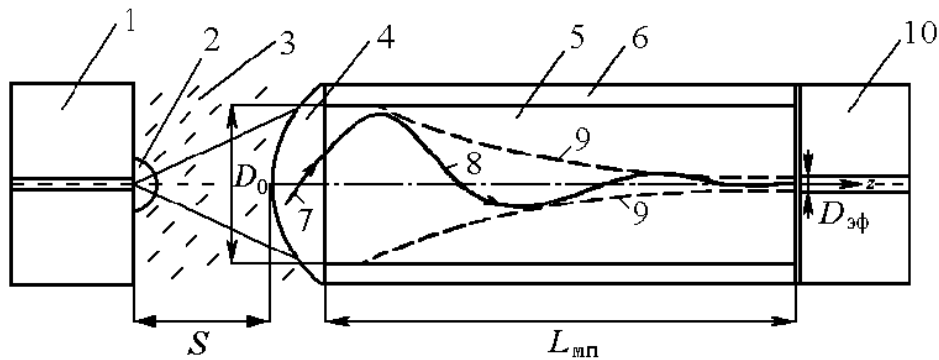


Рис. 1. 1– инжекционный лазер; 2– полусферический элемент; 3– иммерсионная жидкость;

4– сферическая полимерная микролинза; 5– световодная жила АВОВ; 6– оболочка АВОВ; 10– одномодовое оптическое волокно

Рис. 1. Устройство ввода лазерного излучения в одномодовое оптическое волокно на основе АВОВ

Траектория меридионального луча 7 любой моды, вводимого в пределах апертурного угла θ_A , представляет собой экспоненциально затухающую к оптической оси z синусоиду 8, ограниченную линиями 9. С волновой точки зрения это означает, что указанные моды будут преобразовываться по пути их распространения в моду одной линейной поляризации HE_{11} , имеющую минимальный относительно оси z угол следования луча. Благодаря значительной концентрации (коллимации) энергии излучения вдоль оси z после прохождения длины модового преобразования $L_{мп}$ обеспечивается одномодовый режим распространения световой волны. Таким образом, излучение, введенное в АВОВ диаметром D_0 , после прохождения $L_{мп}$ будет иметь эквивалентный диаметр одномодового режима распространения $D_{эф} < D_0$.

Для согласования числовых апертур ИЛ и АВОВ использовали варианты конструкции, использующие полимерный плоскосферический элемент (ПСЭ) с радиусом кривизны $r_c = 15$ мкм и показателем преломления $n_c = 2,1$ на торце кристалла ИЛ или сферическую

полимерную микролинзу (СПМЛ) на входном торце АВОВ с показателем преломления, равным показателю преломления сердцевины АВОВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С помощью модифицированной математической модели, предложенной в [2], учитывающей продольное, радиальное, угловое смещение и несовпадение модовых пятен между анизотропной вставкой и торцом волокна, продольное смещение и френелевские потери между инъекционным лазером и вставкой, проведено численное моделирование зависимости потерь от радиуса входного торца анизотропной волоконно-оптической вставки. Из графиков (рис. 2) следует, что более эффективным является применение сферической полимерной микролинзы. Кроме того, размер входного торца эффективно увеличивать до величин порядка 100 мкм. Дальнейшее увеличение R_0 не ведет к существенному уменьшению потерь.

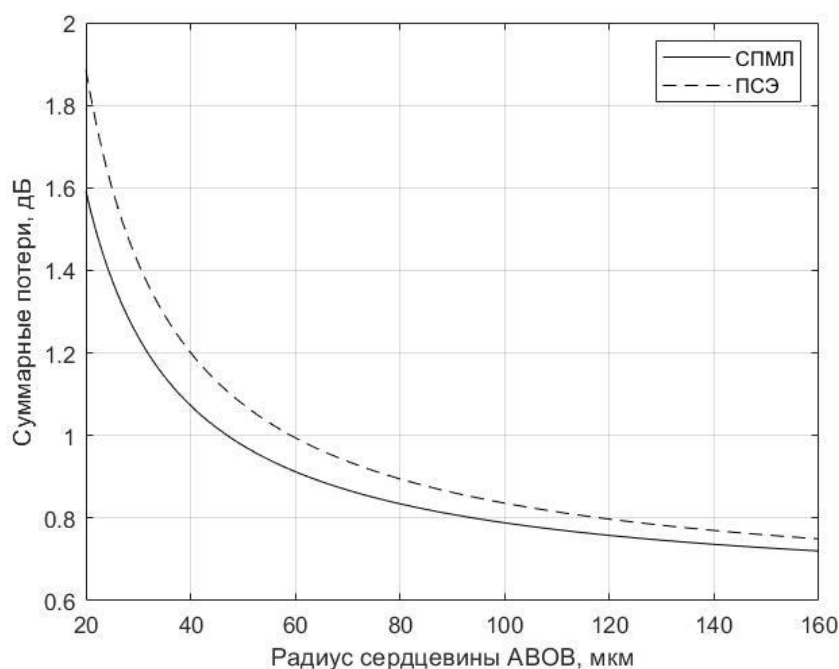


Рис. 2. Зависимость суммарных потерь на соединении от радиуса сердцевины АВОВ

На рисунке 3 представлены зависимости суммарных потерь от показателя преломления иммерсионной жидкости между ИЛ и АВОВ при фиксированном значении $R_0=100$ мкм. Из полученных графиков следует, что величина потерь на френелевское отражение и продольное смещение минимальны при условии, что показатель преломления иммерсионной жидкости будет составлять величину $n_{ж2}=2,3-2,4$, и при использовании сферической полимерной микролинзы потери на

стыковку между инжекционным лазером и одномодовым оптическим волокном достигают величины менее 0,8 дБ. Предложенное устройство стыковки увеличивает эффективность ввода лазерного излучения в ВС в 3–3,5 раза по сравнению с использованием только согласующих линз различной конструкции.

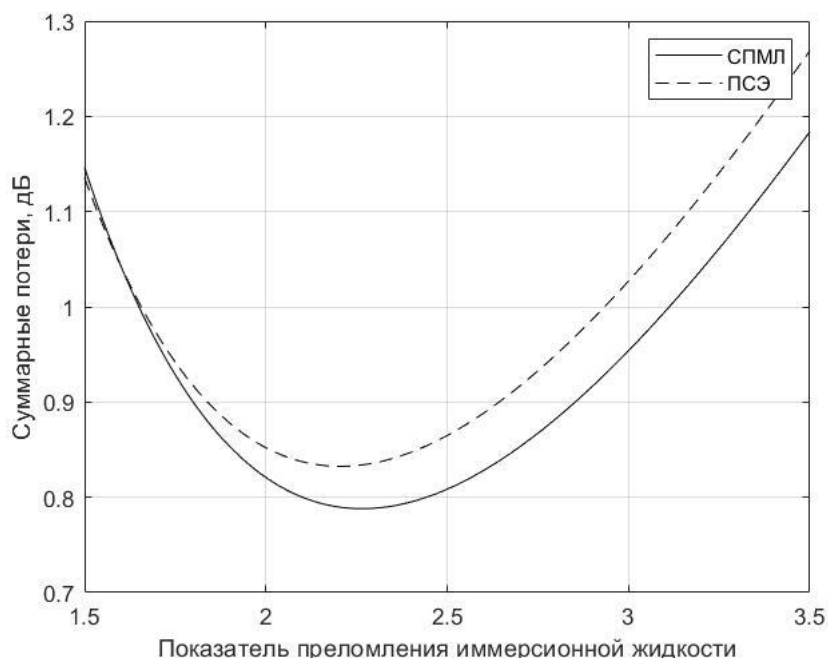


Рис. 3. Зависимость суммарных потерь на соединении от показателя преломления иммерсионной жидкости

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование АВОВ для повышения эффективности соединения ИЛ с одномодовым ВС может найти широкое применение в различных областях волоконной оптики, включая волоконно-оптические системы связи, волоконно-оптические датчики, оптоэлектронные динамические запоминающие устройства с оптоволоконной линией задержки, а также в оптических рефлектометрах и измерителях мощности.

Библиографические ссылки

1. Макаров Т. В. Ввод лазерного излучения в одномодовые оптические волокна // Электросвязь. 1995. № 11. С. 19–21.
2. Ксенофонтов М. А., Поляков А. В. Повышение эффективности ввода лазерного излучения в световоды волоконно-оптических информационно-измерительных систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 8. С. 22–26.