

УДК 53.089.2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ С РАСШИРЕННЫМ ПУЧКОМ НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТНЫХ МИКРОЛИНЗ

Веремеенко И.А.¹, Коннов Д.А.¹, Савин В.В.¹, Косагова М.Д.¹

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Коннов К.А.¹

¹Университет ИТМО

iaveremeenko@itmo.ru

Введение

Качество оптического сигнала, передаваемого в волоконно-оптической измерительной системе, определяется совокупностью факторов, в том числе соединениями между элементами системы, которые оказывают существенное влияние на потери оптического излучения. Стандартные оптические коннекторы с физическим контактом торцов оптических волокон, несмотря на распространенность, имеют ряд недостатков, среди которых следует отметить существенное увеличение потерь при загрязнении или повреждении торцов оптических волокон [1, 2], а также влияние внешних механических воздействий (вибраций, ударов и др.) из-за использования пружинных прижимных механизмов, обеспечивающих физический контакт ферул. Другим типом волоконно-оптических коннекторов являются коннекторы с расширенным пучком, реализуемые на основе сферических или объемных градиентных линз [3]. В таком соединении торцы ферул находятся на расстоянии, поэтому торцы волокон не повреждаются от стыковки торцов. Также коннекторы с расширенным пучком не требуют использования в конструкции пружин, поэтому они менее чувствительны к механическим воздействиям. Однако, из-за использования объемных элементов оптики, такие коннекторы сложны в изготовлении, как следствие более дорогостоящие, и прямые потери в них могут достигать 2 дБ.

Исходя из этого целью работы является разработка и исследование волоконно-оптического соединителя, устойчивого к механическим воздействиям и обеспечивающих стабильную передачу сигнала с минимальными потерями.

Основная часть

Разрабатываемый волоконно-оптический коннектор с расширенным пучком содержит коллимирующие волоконные микролинзы, выполненные из сегмента градиентного многомодового оптического волокна, сваренного с одномодовым волокном. Согласно математическим расчетам, для обеспечения коллимации оптического излучения длина градиентного волокна должна составлять 875 мкм.

Проведено компьютерное моделирование волоконно-оптического соединителя с расширенным пучком в ПО COMSOL Multiphysics для исследования зависимости прямых и обратных потерь в коннекторе от расстояния между торцами оптических волокон. При физическом контакте ферул прямые потери составили 0,029 дБ, а обратные потери менее -50 дБ. При увеличении расстояния прямые потери увеличились до 0,315 дБ, обратные потери увеличились до -11,902 дБ. Уменьшение обратных потерь в волоконно-оптическом коннекторе возможно при введении угловой полировки торцов ферул. По результатам моделирования оптимальным углом является 1° относительно оси оптического волокна.

В рамках работы было проведено экспериментальное исследование волоконно-оптического коннектора с расширенным пучком, была исследована зависимость прямых и обратных потерь волоконно-оптического соединителя от расстояния между торцами ферул. Получены профили пучка оптического излучения на выходе с градиентной волоконной линзы, рассчитана расходямость пучка.

Выводы

Предложенный волоконно-оптический коннектор с расширенным пучком позволяет исключить физический контакт торцов ферул внутри соединения, что снижает риск повреждения оптического волокна из-за многократных стыковок ферул. Также, благодаря формированию расширенного пучка на выходе из оптического волокна, снижается влияние механических повреждений или загрязнений торцов волокна на потери излучения в коннекторе. Кроме того, увеличение площади модового поля на выходе из оптического волокна позволяет увеличить мощность оптического излучения, передаваемую через коннектор и, соответственно, во всей измерительной системе.

Литература

1. Fukai C., Kihara M., Koyama R. et al. Investigation of Connector Performance and Damage to Optical Fiber Connectors with Dust During High-Power Transmission // *Journal of Lightwave Technology*. 2018. Vol. 36, no. 17. P. 3586–3593. <https://doi.org/10.1109/JLT.2018.2842062>.
2. Mullany B., Savio E., Haitjema H. et al. The implication and evaluation of geometrical imperfections on manufactured surfaces // *CIRP Annals*. 2022. Vol. 71, no. 2. P. 717–739. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.05.004>.
3. Song W., Xie Y., Hao W. et al. Spatial coupling efficiency of collimators based on gradient-index lens with an angle polish // *Optics & Laser Technology*. 2023. Vol. 162. P. 109245. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109245>.