

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО РЕФРАКТОМЕТРА НА ОСНОВЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ-ПЕРО

Веремеенко И.А. (ИТМО), Коннов Д.А. (ИТМО), Казачкова И.Д. (ИТМО), Савин В.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, зав. лаб. НИЦ СФ Коннов К.А. (ИТМО)

Введение. Показатель преломления является одним из основных параметров среды, он тесно связан с концентрацией растворов, химическим составом, влажностью и значением pH. Поэтому его точное измерение требуется в медицинских и биохимических исследованиях, а также пищевой промышленности [1]. Волоконно-оптические рефрактометры позволяют проводить измерения с более высокой точностью, не восприимчивы к электромагнитным помехам, имеют малые габариты и способны работать в суровых условиях. Интерферометрические датчики являются наиболее перспективными для такой задачи, поскольку обладают наибольшей чувствительностью в сравнении с остальными типами сенсоров на основе оптического волокна. Существующие волоконно-оптические датчики на основе интерферометров имеют ряд проблем: ненадежная конструкция, которая подходит только для лабораторных исследований, малый рабочий диапазон и многие из них предназначены лишь для измерения показателя преломления газов [2-3]. Исходя из этого целью работы является разработка волоконно-оптического рефрактометра на основе интерферометра Фабри-Перо.

Основная часть. Была разработана концепция волоконно-оптического рефрактометра. Принцип работы разрабатываемого датчика основан на зависимости свободного спектрального диапазона интерференционной картины интерферометра Фабри-Перо от показателя преломления среды в резонаторе. Интерферометр Фабри-Перо состоит из двух волоконных линз, соосно расположенных в керамической втулке. Волоконные линзы изготовлены из одномодового оптического волокна и градиентного многомодового оптического волокна с использованием метода электродуговой сварки, и вклеены в керамические ферулы. Длина градиентного волокна равна 875 мкм и подобрана таким образом, чтобы на выходе формировался параллельный световой пучок. Конструкция обеспечивает свободное попадание жидкости в резонатор интерферометра.

Проведено математическое моделирование в ПО COMSOL Multiphysics для исследования влияния тонких пленок TiO_2 на торце градиентного волокна на величину коэффициента отражения излучения от торца для различных показателей преломления среды. Основываясь на моделировании, для увеличения коэффициента отражения на торцы ферул были напылены тонкие пленки TiO_2 толщиной 150 нм.

В рамках работы было проведено экспериментальное исследование с воздухом, водой и растворами глицерина различной концентрации с показателями преломления от 1 до 1,46. Измерения проводились с помощью интеррогатора на основе вертикально-излучающего лазера. По результатам экспериментальных исследований вычислялся свободный спектральный диапазон для каждого показателя преломления путем усреднения трех измерений. Также были проведены испытания для определения температурной чувствительности рефрактометра.

Выводы. В данной работе была предложена концепция волоконно-оптического рефрактометра на основе интерферометра Фабри-Перо с волоконными линзами и тонкими зеркальными пленками TiO_2 . Проведенное экспериментальное исследование позволило установить, что при увеличении показателя преломления среды уменьшается свободный спектральный диапазон интерференционной картины, что соответствует теоретическому исследованию.

Список использованных источников:

1. Xie N., Zhang H., Liu B., et al. Highly sensitive in-line microfluidic sensor based on microfiber-assisted Mach–Zehnder interferometer for glucose sensing // J. Opt. 2017. V. 19. № 11. P. 115803.
2. Zhao F.P., Xu B., Wang D.N., et al. Highly sensitive refractive index sensor with fiber in-line Fabry-Perot interferometers based on vernier effect // 18th Int. Conf. Opt. Commun. Netw. (ICOON). Huangshan, China. August 5–8, 2019. P. 1–3.
3. Yu X., Zuo S., Zhang Y., et al. A Mach–Zehnder interferometer based on peanut structure for temperature and refractive index measurement // Opt. Rev. 2022. V. 29. P. 492–497.