

УДК 544.032.65

ФЕМТОСЕКУНДНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ВСКРЫТИЕ СЕРДЦЕВИНЫ ВОЛОКНА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Чеботарев А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., Сергеев М.М. (Университет ИТМО)

Введение. Мощные ультрабыстрые лазерные системы ближнего инфракрасного диапазона зарекомендовали себя как эффективные инструменты для обработки оптических волокон в сенсорных системах. Излучение сверхвысокой интенсивности, которое могут генерировать эти лазерные источники, эффективно изменяет диэлектрические материалы либо за счёт абляции поверхности, либо за счёт индуцирования значительных изменений показателя преломления в объёме. За последние два десятилетия фемтосекундные лазерные системы широко использовались для производства датчиков температуры, деформации на основе волоконных брэгговских решёток и других.

Датчики поверхностного плазмонного резонанса на основе оптического волокна стали объектом исследований из-за их превосходных сенсорных и физических характеристик. Одной из наиболее популярной формой сенсора является оптическое волокно D-образной формы, используемое для тестирования параметров окружающей среды. Как правило используется один из двух методов изготовления D-образного волокна — это механическая полировка и химическое травление. Метод полировки заключался в фиксации изогнутого оптического волокна в V-образной канавке и использовании шлифовального круга для полировки выпуклой части. Недостатки этого метода заключаются в том, что образуются дефекты и микротрещины. Метод химического травления использует химическую реакцию раствора плавиковой кислоты (HF) и кремния для удаления оболочки волокна. Продукты химической реакции, такие как пузырьки и золи могут прилипнуть к поверхности волокна, замедляя дальнейшую реакцию волокна с раствором плавиковой кислоты, поэтому скорость коррозии трудно точно контролировать. Кроме того, волокно становится хрупким после травления кислотой HF. Также есть исследования по использованию CO₂ лазера для изготовления D-образного волокна, к недостаткам этого метода можно отнести низкое качество поверхности при высокой скорости сканирования, а также неимения возможности создания периодических микроструктур на поверхности.

Было предположено, что использование ультракоротких лазерных импульсов может решить перечисленные недостатки, так как практически полностью отсутствуют повреждения, связанных с ударными волнами, тепловыми эффектами и расплавом в окрестности пятна фокусировки лазерного луча.

Основная часть. Целью настоящей работы являлась разработка метода изготовления D-образного волокна с использованием ультракоротких лазерных импульсов.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

1. Сборка системы позволяющая контролируемо изготавливать D-образного волокно
2. Выявление рабочих режимов лазерного воздействия для изготовления D-образного волокна

Для проведения экспериментов и оценки результатов использовалось следующее оборудование:

1. Иттербиевый фемтосекундный волоконный лазер Avesta NTAUS ($\lambda=1.03/0.515/0.343$ нм, $P_{\max}=40$ Вт, $f_{\max}=1$ МГц, $\tau=220$ фс – 3 пс)
2. Оптический микроскоп Zeiss Axio Imager A1.m

В качестве материалов исследования использовалось многомодовое волокно с сердцевиной из плавленого кварца, диаметр оболочки 125 мкм.

Была собрана установка, использующая две камеры с микрообъективами, что позволило провести юстировку системы и наблюдать за процессом обработки не только в горизонтальной плоскости, но и в вертикальной. Проведены эксперименты с разным направлением лазерного сканирования, а также с разными параметрами лазерного воздействия такими как мощность и скорость сканирования. Для проведения анализа качества полученной поверхности были сделаны микрофотографии в оптический микроскоп Zeiss Axio Imager A1.

Выводы. В результате проведенных экспериментов была получена карта рабочих режимов изготовления D-образного волокна и выбран оптимальный из них. Собранная система позволила наблюдать в реальном времени процесс лазерной абляции волокна. Полученные микрофотографии обработанной поверхности продемонстрировали оптическое качество обработки ультракороткими импульсами.

Чеботарев А.А.

Подпись

Сергеев М.М.

Подпись