

ПОТЕРИ НА ПОГЛОЩЕНИИ СВЕТА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ АЛЮМИНИЯ ИЛИ МЕДИ

Волошин В.В., Воробьев И.Л., Иванов Г.А., Исаев В.А.,
Колосовский А.О., Ленардич Б.¹, Попов С.М.* Чаморовский Ю.К.

Фрязинский Институт Радиотехники и Электроники им. В.А. Котельникова РАН

¹Optacore, Любляна, Словения

*E-mail: popov@fryazino.net

Интерес к металлизированным волокнам вызван ограниченностью использования телекоммуникационных световодов в ряде специальных применений [1-2]:

- Волокна с покрытием из металла позволяют достичь более высоких рабочих температур (до 500°C), чем обычные волокна (до 85°C), что необходимо для построения соединительных линий для волоконно-оптических датчиков температуры;
- Волокна с покрытием из металла обладают большей герметичностью, чем обычные волокна с полимерным покрытием, что позволяет достичь теоретической прочности кварцевого стекла (до 13 ГПа) и позволяет использовать волокна в средах с агрессивными газами;
- Передача большой мощности излучения (для волоконных лазеров), которая часто приводит к нагреву волокна.

Цель работы: изучение изменения оптических потерь световодов покрытых металлом при их нагреве. Согласно литературным источникам, основные механизмы увеличения потерь у волокон с покрытием из металла следующие:

- Рост оптических потерь волокна за счёт загрязнения ОН группами (на длинах волн 0.95, 1.24, 1.39 мкм) при производстве волоконных заготовок [2] и соответственно загрязнение световедущей сердцевины при последующем нагреве волокон [5].
- Увеличение потерь металлизированных волокон за счёт возникновения микроизгибов, вследствие неравенства температурных коэффициентов линейного термического расширения металлического покрытия и кварцевого стекла [3-5].

Необходимость работы вызвана отсутствием подробной информации о величине оптических потерь у волокон с покрытием из алюминия, при высоких температурах (более 250°C), а так же отсутствием какой-либо информации об увеличении оптических потерь у волокон с покрытием из меди. Было известно, что при температурах 300-1000°C имеет место необратимый рост оптических потерь. Но причины этого не были исследованы полностью [5]. Нами проводились исследования зависимости величины оптических потерь в металлизированных световодах с покрытием из различного металла (меди или алюминий) при температурах 300-700°C. Оптические потери измерялись во время нагрева волокна в диапазоне длин волн 800-1600 нм

Оптические свойства в волокнах с покрытием из металла при высоких температурах зависят от многих параметров:

- Типа сердцевины волокна (легированная сердцевина или из чистого кварца)
- Типа волокна (одномодовое или многомодовое и его апертура)
- Типа кварцевого стекла опорой трубки и технологии его изготовления
- Металла покрытия волокна (в нашем случае медь или алюминий)
- Диаметра волокна (125, 200 мкм или больше).
- Среды, в которой производится отжиг (инертная или окислительная – воздух).

Поэтому, при исследованиях производилось сравнение оптических потерь различных световодов, которые различались лишь по одному параметру.

В результате исследований были получены следующие результаты:

- Впервые обнаружено, что у волокна с покрытием из алюминия имеет место значительно больший рост оптических потерь на ОН группах (1.24 и 1.39 мкм) в сердцевине световода, чем у волокна с покрытием из меди [6-7];

- Обнаружено, что у волокна с покрытием из алюминия имеет место значительный рост оптических потерь, обусловленных поглощением на молекулярном водороде (1.24 мкм) в сердцевине световода [6-7];
- У волокна с покрытием из алюминия имеет место рост оптических потерь в коротковолновой области (от 800 до 1100 нм), который отсутствует у волокон с покрытием из меди. Данное явление не объясняется ростом Рэлеевского рассеяния. Предполагается, что это вызвано образованием электронных переходов в сердцевине световода из-за наличия молекулярного водорода;
- Характер роста потерь обусловлены гидроксильными группами, у световодов с покрытием из алюминия, сильно зависит от среды, в которой производится отжиг (в инертной среде рост оптических потерь значительно выше, чем при отжиге в воздушной среде);
- Величина оптических потерь на гидроксильных группах у световодов с покрытием из алюминия зависит от типа легирующей примеси сердцевины (у сердцевины легированной P_2O_5 , она больше чем у сердцевины легированной GeO_2);
- Предполагается, что источником молекулярного водорода в волокнах, покрытых алюминием, является химическая реакция взаимодействия паров воды содержащихся в окружающей среде с алюминиевым покрытием металлизированного световода;
- При температурах более 600°C у световодов с покрытием из меди имеет место значительный рост потерь на OH группах. Предполагается, что причиной этого явления является диффузия OH группа из светоотражающей оболочки, поскольку у подобного световода, но с низким содержанием гидроксильных групп в светоотражающей оболочке (исходная заготовка была изготовленной с применением опорной трубы с низким содержанием гидроксильных групп) такой рост потерь отсутствует.

Таким образом, полученные данные о зависимости потерь от внешних условий и конструкции волокна позволяют оптимизировать последнюю конструкцию для конкретных условий применения при высоких температурах.

Литература

- [1] Filas R, Materials Research Society Symposium Proceedings **531**, 263-272 (1998)
- [2] Plotmichenko V. G., Ivanov G. A., et al, Lightwave Technology **23**, (2005)
- [3] Bogatyrev V. A., Semjonov S.L., Chapter 15 in Specialty Optical Fibres Handbook, 491-512 (2007)
- [4] Nayoya Uchida, Naoshi Uesugi, Lightwave Technology **4**, (1986)
- [5] Takao Shiota, Hiroshi Hidaka et al., Lightwave Technology **4**, (1986)
- [6] Волошин В.В. и др., Письма в ЖТФ **35**, 41-47 (2009)
- [7] Попов С.М., Нелинейный мир **7**, 184-185 (2009)