

УДК 621.375.8

## **ОБЗОР СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ ШУМ-ФАКТОРА ЭРБИЕВЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ**

**Куничкин Д.П.** (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»),

**Кикилич Н.Е.** (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

**Научный руководитель – к.т.н. Кикилич Н.Е.**

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

### **Аннотация.**

Представлен обзор способов повышения эффективности и снижения шум-фактора эрбиевых волоконно-оптических усилителей для подводных применений. Рассматриваются различные параметры легированного эрбием волокна, такие как длина волокна, длина волны накачки, числовая апертура, длина волны отсечки, концентрация легирующих элементов, распределение легирующих элементов. Рассмотрено влияние лазерных диодов и длины волны накачки на коэффициент усиления. Так же рассматривается интегрирование оптических элементов в сборки. Делаются выводы о рассмотренных методах повышения эффективности и снижения шум-фактора эрбиевых волоконно-оптических усилителей для подводных применений.

### **Введение.**

В магистральных волоконно-оптических линиях связи неизбежно возникает затухание сигнала в ходе его распространения в волокне. Затухание может быть компенсировано путем введения в линию связи оптических усилителей. Сегодня большая часть волоконно-оптических систем связи использует эрбиевые волоконно-оптические усилители из-за их преимуществ с точки зрения полосы пропускания, высокой выходной мощности и шумовых характеристик. Волоконный усилитель, легированный эрбием, представляет собой оптический усилитель, который усиливает слабые входные оптические сигналы напрямую без каких-либо преобразований, благодаря дополнительной накачке лазерным диодом легированного волокна, через который проходит сигнал. Для повышения доступности связи требуется уменьшать стоимость волоконно-оптических линий связи. Для этого необходимо снижать энергопотребление, так как участки усиления находятся далеко от источника энергии, так же необходимо уменьшать шум-фактор для увеличения пролета между усилителями. Применение усилителей в условиях подводных применений требует высокой их надежности, увеличение срока их работоспособности напрямую влияет на стоимость линий связи.

### **Основная часть.**

Различные параметры, такие как длина легированного эрбием волокна, длина волны накачки, числовая апертура, длина волны отсечки, концентрация легирующих элементов, распределение легирующих элементов и конфигурация усилителя, определяют производительность волоконного усилителя. Так же по мимо самого легированного волокна на производительность усилителя и его шум-фактор влияют другие компоненты эрбиевого усилителя, такие как лазерный диод накачки или мультиплексор с изолятором, которые вносят потери. В ходе литературного обзора были выделены основные направления снижения шум-фактора и увеличения производительности усилителей:

1. Выбор оптимальных параметров легированного волокна (длины волокна, радиуса легирования). После определенной длины волокна, при других заданных его параметрах, коэффициент усиления перестает расти, также при определенном радиусе легирования волокно имеет максимум коэффициента накачки, изменение

радиуса в большую или меньшую сторону приводит к уменьшению коэффициента усиления.

2. Выбор источника накачки с наилучшим попаданием в область поглощения волокна и производительностью. У лазерных диодов на длине волны 980 нм узкая характеристика излучения. Из-за нагревания диода может произойти смещение линии излучения и часть накачки не будет попадать в полосу поглощения волокна, что приведет к понижению преобразования накачки в сигнал. В следствие этого может произойти понижение коэффициента поглощения в эрбиевом волокне, что приведет к снижению эффективности усилителя.
3. Интегрирование волоконно-оптических элементов в сборки. Дополнительные потери на входе и на выходе в усилитель вносят и его компоненты. Важно минимизировать потери сигнала на входе в легированное волокно до его усиления, так как при внесении дополнительных потерь до попадания сигнала в активную область, итоговый шум-фактор эрбиевого усилителя повышается. Если на входе в усилитель заменить изолятор и мультиплексор, на сборку из этих элементов, то будут уменьшены вносимые ими потери, а также потери на местах возможных сварок.

Для оценки возможности повышения эффективности и снижения шум-фактора эрбиевого волоконно-оптического усилителя для подводных применений был рассмотрен рынок предлагаемой элементной базы, затронутой выше.

#### **Выводы.**

В ходе литературного обзора был проведен поиск способов повышения эффективности и снижения шум-фактора эрбиевых волоконно-оптических усилителей для подводных применений для увеличения эффективности работы усилителя стоимость подводных волоконно-оптических линий связи была меньше.

Было определено четыре важных направления снижения шум-фактора и увеличения эффективности усилителей, путем оптимизации длины легированного волокна, его радиуса легирования, выбора источника накачки и интегрирования волоконно-оптических компонентов в сборки.

Куничкин Д.П. (автор)

Подпись

Кикилич Н.Е. (научный руководитель)

Подпись