

НАДЕЖНОСТЬ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ В ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Джалилов Бахромжон Одилжонович

Доцент кафедры Телекоммуникационный инжиниринг Ферганского филиала Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми Фергана, Узбекистан

E-mail: bahrom3909@mail.ru

Аннотация

В статье проведены экспериментальные испытания по прогнозированию срока службы лазерных РОС-диодов, используемых в оптических системах связи. Экспериментально полученные результаты были использованы для оценки времени работы лазерных диодов типа РОС. В данной работе метод автоматического управления мощностью оптического излучения лазерного диода используется для исследования процесса деградации лазерных диодов. Для этого ток лазерного диода регулярно регулируют, чтобы обеспечить стабильность оптического излучения лазерного диода. Когда лазерные диоды РОС используются в модуле оптического передатчика в качестве передатчика, оптическая мощность постоянно контролируется. Поэтому использование метода автоматического управления мощностью излучения при исследовании процесса отказа лазерного диода обеспечивает высокую совместимость экспериментального процесса с реальным процессом работы лазерного диода.

Ключевые слова: оптическая связь, лазерный диод, автоматическое регулирование оптической мощности, надежность оптической сети, мощность оптического излучения.

Введение

Пандемия, длящаяся уже почти два года, привела к резкому увеличению потребности населения в услугах связи. Многие отрасли промышленности используют в своей деятельности услуги телекоммуникационных сетей. Примеры включают все, от образования до медицинской системы [1-4]. Это, в свою очередь, приводит к повышению требований к параметрам и характеристикам телекоммуникационных сетей.

Основная часть

На сегодняшний день не существует технологии, способной конкурировать с технологией DWDM в организации оптических транспортных сетей большой

пропускной способности. Конечно с точки зрения применения в работе. Для увеличения количества каналов в DWDM-сетях необходимо дополнительно уменьшить защитную полосу между каналами в ней, например, до 12,5 ГГц. К ширине спектра и излучательному сопротивлению лазерных диодов, используемых при изготовлении таких оптических каналов, предъявляются очень высокие требования [5-9]. Примерами РОС-лазеров являются лазерные диоды, отвечающие этим требованиям. Обеспечивая надежность лазерных диодов, можно гарантировать надежность всей сети DWDM. Процесс ресурсных испытаний лазерных диодов, используемых в оптических сетях связи, проводится с целью сбора экспериментальных данных для прогнозирования их срока службы в нормальных условиях эксплуатации [10-12]. На основе экспериментальных данных, полученных в результате испытаний, разработана математическая модель процесса деградации ЛД (лазерного диода). С помощью разработанной математической модели можно будет прогнозировать наработку отказов ЛД, работающих в нормальных условиях эксплуатации. Для разработки математической модели процесса деградации конкретного типа лазерного диода испытываются несколько десятков вариантов этого типа лазерного диода. То есть, поскольку срок службы лазерных диодов обычно составляет 10⁵ часов, во время испытаний они подвергались воздействию агрессивных сред для ускорения их разрушения. Например, в высокотемпературных термopарах, которые значительно отклоняются от нормальных рабочих температур. В период тестирования их параметры измеряются через равные промежутки времени. Время испытаний может составлять от нескольких тысяч часов. При проверке длительных характеристик ЛД в высокотемпературной термopаре периодически изменяются их параметры, такие как рабочий ток, выходная оптическая мощность, пороговый ток и постоянное напряжение. Помимо высокотемпературного эффекта ускоренного старения ЛД можно также добиться большого тока инжекции или оптического эффекта. Однако широко распространен способ организации ускоренного старения под воздействием высоких температур.

Ускоренное старение ЛД в высокотемпературных термopарах можно исследовать несколькими способами [13,14]:

- Режим периодических испытаний образцов. В этом случае ЛД хранят при температуре выше 100 °С, а для проведения измерений температуру периодически снижают до низкого уровня измерения. В этом типе испытаний ЛД находится в режиме постоянного тока во время высокотемпературного старения. При длительном тестировании интервал между выборами может меняться на протяжении всего процесса тестирования. Это сделано для того, чтобы уменьшить количество собираемых данных. Образцы для измерения следует делить каждый час на начальном этапе тестирования, а образцы можно брать каждые несколько дней для измерения в течение нескольких месяцев после тестирования.

- Режим автоматического контроля тока. В этом режиме величина тока, подаваемого на ЛД, остается неизменной в процессе испытаний, и исследуется изменение параметров его оптического излучения при подаче этого установившегося тока на лазер.
- Автоматический режим регулировки оптической мощности. В этом режиме выходная оптическая мощность лазера достигается за счет непрерывной регулировки тока лазера для постоянного хранения. Поэтому в данном методе исследуется процесс изменения тока питания лазерного диода. Метод автоматического регулирования оптической мощности сравнительно широко используется при ускоренных испытаниях ЛД на длительную эксплуатацию. Потому что этот режим такой же, как и нормальные условия работы LD. В сетях оптической связи ток питания регулируется автоматически, чтобы лазерный диод, содержащийся в модуле оптической передачи, излучал постоянную мощность.

В данной работе метод автоматического управления мощностью оптического излучения на выходе ЛД используется для исследования ресурса лазерных диодов типа РОС, которые широко используются в качестве источников света в оптических транспортных сетях. Как уже отмечалось, этот метод исследует изменение величины тока накачки, чтобы обеспечить постоянство выходной мощности лазерного диода.

Результаты и обсуждение

Для эксперимента было получено 5 лазерных РОС-диодов, из которых был сформирован 1 образец из 5 РОС-лазеров. Ускоренные испытания проводились в термокамере при температуре первого образца 80 °С в течение 1500 ч при токе накачки $I_p = 60$ мА, соответствующем току накачки и излучения 4 мВт при температуре $T = 60$ °С. Каждые 25 часов температура в камере снижалась до $T = (60 \pm 1)$ °С и фиксировались значения токов накачки, соответствующие мощности излучения $P = 4$ мВт. После этого температура в камере поднимается до прежнего значения и испытания продолжают при этом токе накачки.

Во время испытаний ток накачки лазерных диодов увеличивается, чтобы обеспечить постоянную выходную мощность лазерных диодов. Это приводит к тому, что значение тока накачки лазера через определенный промежуток времени превышает критическое значение.

Увеличение значений тока накачки, необходимого ЛД для создания указанной мощности излучения, приведет к тому, что блок питания ЛД не сможет со временем подавать достаточный ток в ЛД. В результате уменьшается величина излучаемой мощности ЛД и ЛД выходит из строя.

В целом, для сегодняшней исследовательской работы мы можем определить 20%-ное увеличение значения тока накачки ЛД как критерий выхода из строя ЛД, при обеспечении выходной мощности лазерного диода 3 мВт.

Как было сказано выше, всего для испытаний было получено 5 ЛД типа РОС, которые испытываются при высоких температурах в термокамере. Результаты измерений регистрировались каждые 24 часа. В результате для каждого ЛД было получено 60 результатов измерений. На рис. 1 представлена зависимость тока накачки ЛД от времени в термокамере с температурой 80 °С. Сюда включены результаты измерений каждые 25 часов по оси времени.

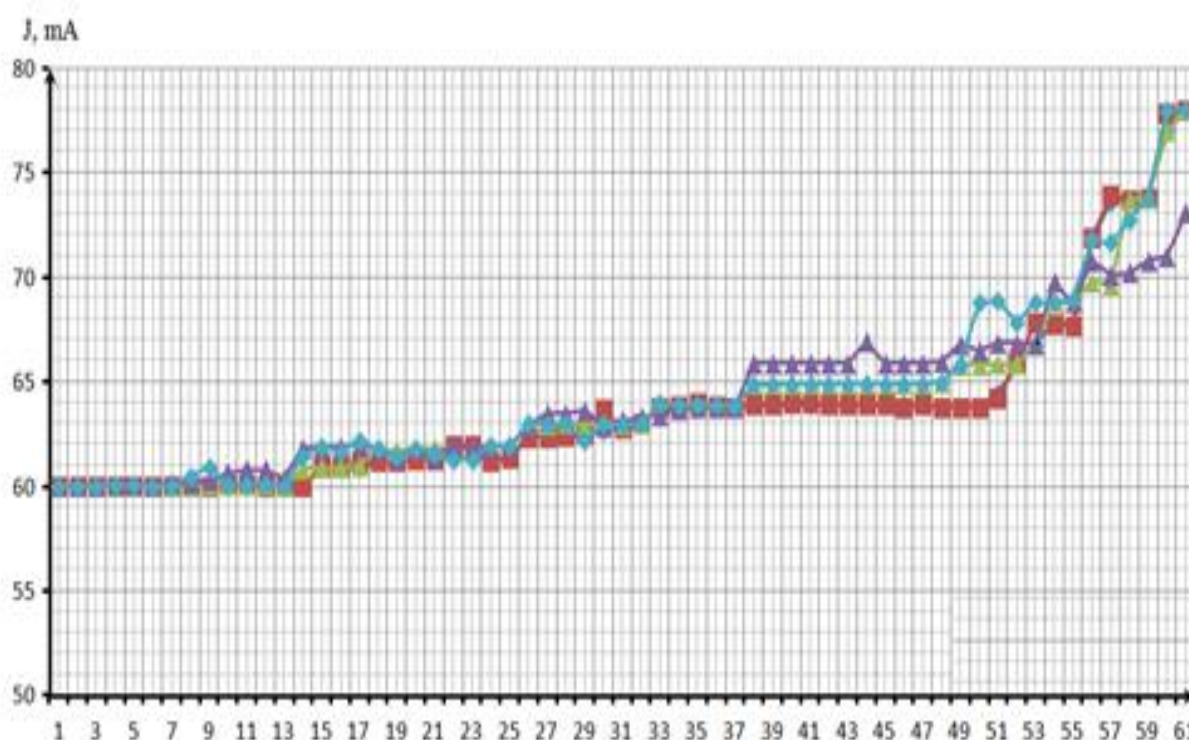


Рис. 1. Зависимости мощности излучения лазерных диодов от времени

На рисунке 1 выше показаны эмпирические графики, полученные в результате экспериментальных испытаний для каждого LD. Для каждого из этих графиков можно создать приближения для различных функций.

Вывод

Испытание при высоких температурах с целью прогнозирования ресурса ЛД является одним из важных процессов при проектировании и производстве лазерных диодов. Хотя этот процесс тестирования относительно прост, фактический процесс тестирования представляет собой сложный процесс, зависящий от типа LD, таких требований, как высокая стабильность и длительные измерения. В частности, из-за хранения ЛД при высоких температурах возникают трудности измерения их рабочих параметров. Также необходимо обеспечить постоянную температуру измерительных приборов при сохранении их стабильности.

Из графика, показанного на рис. 1 выше, видно, что каждый лазерный диод имеет разные механизмы деградации при одинаковом воздействии высокой температуры. Получая различные аппроксимации графиков, представляющих эти механизмы деградации, можно получить математическое выражение для каждого из них, что позволяет заранее предсказать, как будет изменяться значение тока накачки во времени. Приведенные выше эксперименты показывают, что регрессия, полученная с использованием полиномиальной аппроксимации, более точно представляет временную зависимость значения тока накачки, чем регрессия, полученная с использованием других экспоненциальных и линейных аппроксимаций. Математическое выражение, полученное в результате полиномиальной аппроксимации, позволяет прогнозировать время отказа лазерных диодов.

Используя полученные экспериментальные результаты, математическая закономерность температурной зависимости процесса старения РОС-лазеров позволяет делать прогнозы о последующей активности аналогичного ЛД. Это, в свою очередь, способствует повышению надежности систем, использующих РОС-лазеры.

Литературы

1. Тургунов, Б. А., & Халилов, М. М. (2018). Современные способы защиты информационного сигнала от несанкционированного доступа в оптических сетях. In *САИР и моделирование в современной электронике* (pp. 195-197).
2. Jurayev, N. M., Xomidova, N. Y., & Yuldasheva, X. X. (2020). Security analysis of urban railway systems: the need for a cyber-physical perspective. *CUTTING EDGE-SCIENCE*, 206.
3. Комилов, А. О., & Эргашев, С. С. (2022). Современное состояние и перспективы развития геотермальной энергетики. *Central Asian Academic Journal of Scientific Research*, 2(2), 123-129.
4. Jurayev, N. M., & Xomidova, N. Y. (2020). Safety evaluation of cryptography modules within safety related control systems for railway applications. *CUTTING EDGE-SCIENCE*, 197.
5. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching Of The Degradation Process Of Laser Diodes Used In Optical Transport Networks. In *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)* (pp. 1-4). IEEE.
6. Тургунов, Б. А., Эргашев, Ш., & Орифжонова, Д. В. (2019). Основные проблемы. In *Коммуникативные стратегии информационного общества* (pp. 179-181).
7. Rayimjonova, O. S., Yuldashev, K. T., Ergashev, U. S., & Jurayeva, G. F. (2020). LR Dalibekov Photo Converter for Research of Characteristics Laser IR Radiation. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(2), 12788-12791.

8. Jurayev, N. M., & Turgunov, B. A. (2020). Requirements for telecommunication systems in the development of telemedicine in Uzbekistan. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, 2(1), 138-144.
9. Rayimjonova, O. S. (2022). Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors. *American Journal of Applied Science and Technology*, 2(06), 94-97.
10. Юсупов, Ш. А. (2009). Диагностическая значимость ультразвуковой сонографии при аппендикулярных перитонитах у детей. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*, 86(3), 138-141.
11. Райимжонова, О. С., Тажибаев, И. Б., & Тошпулатов, Ш. М. (2021). Телевизион тасвир сигналлари спектрини зичлаш (сиқиш) усуллари тахлили. *Scientific progress*, 2(6), 235-244.
12. Григорьев, А. Д., & Джалилов, Б. О. (2016). Сравнение методов электрической перестройки антенн для сотовых телефонов. *Электроника и микроэлектроника СВЧ*, 1, 288-291.
13. Grigoriev, A. D., & Djalilov, B. O. (2017, February). Electrically tuned antenna for 4G mobile communication. In *2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)* (pp. 151-154). IEEE.
14. Джалилов, Б. О. (2017). Исследование и разработка электрически перестраиваемой антенны для мобильных устройств.