

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-22-6-97-102>

*Giyasova Feruza Abdiazizovna,  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Senior Researcher at the Research Institute  
of Semiconductor Physics and Microelectronics  
at the National University of Uzbekistan*

*Rakhmatov Akhmad Zainetdinovich,  
Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director  
for Production of JSC "PHOTON"*

*Zakirov Ruslan Gilmulayevich,  
engineer for electronic equipment  
LLC "UzbekistanAirwaysTechnics"*

*Yedgorova Dilbar Mustafaevna,  
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the laboratory,  
Institute of Physics and Technology of the Academy  
of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

## INNOVATIVE OPTICAL POWER DEFINATION METER

**Abstract.** In the present work, an analysis of implementation options for an optical power attenuation meter is carried out. As a result of the analysis, a variant based on a microcontroller was chosen, which is based on the wide possibilities of the existing element base, compatible with the TTL logic of various types of microcontrollers. The advantages of the optical power attenuation meter include a wide measurement range, high accuracy and reliability of the device.

**Keywords:** Attenuation meter, optical tester, optical power, microcontroller, circuit diagram, optical amplifier.

*Гиясова Феруза Абдиазизовна,  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник научно-исследовательского института  
физики полупроводников и микроэлектроники  
при Национальном университете Узбекистана*

*Рахматов Ахмад Зайнитдинович,  
д.т.н., профессор, заместитель директора  
по производству АО «ФОТОН»*

*Закиров Руслан Гильмуллаевич,  
инженер по радиоэлектронному оборудованию  
ООО "UzbekistanAirwaysTechnics"*

*Ёдгорова Дилбар Мустафаевна,  
д.т.н., профессор, заведующая лабораторией,  
Физико-технический институт АН РУз*

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ЗАТУХАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ**

**Аннотация.** В настоящей работе произведен анализ вариантов реализации измерителя затухания оптической мощности. В результате анализа выбран вариант на базе микроконтроллера, который основан на широких возможностях существующей элементной базы, совместимой с ТТЛ-логикой микроконтроллеров различного типа.

К преимуществам измерителя затухания оптической мощности можно отнести широкий диапазон измерений, высокую точность и надежность прибора.

**Ключевые слова:** Измеритель затухания, оптический тестер, оптическая мощность, микроконтроллер, принципиальная электрическая схема, оптический усилитель.

### **Введение**

Измерение оптической мощности является метрологической основой волоконной оптики, а измерительный преобразователь оптической мощности в той или иной форме используется практически в каждом средстве измерения параметров световой волны [1]. Оптическая мощность обычно определяется на основе измерений электрической мощности, так как последняя может быть точно определена по току и напряжению. Большинство лабораторий национальных стандартов детально исследуют этот вопрос [2–4].

Данное исследование необходимо для определения качества оптических линий и их влияние на работу сети в целом. Зачастую имеющиеся проблемы в сети не связывают с недостаточным качеством оптических трасс [5]. Существует множество факторов, которые влияют на затухание сигнала в оптических линиях.

Измерение оптической мощности и затухания, позволяет быстро дать ответ на вопрос о годности оптической линии, ее соответствия требуемому стандарту передачи данных.

### **Проектирование измерителя затухания оптической мощности**

Измерение затухания осуществляется на всех стадиях производства оптического кабеля, строительства и эксплуатации ВОЛС. Измеряют коэффициент затухания оптического кабеля, затухание строительных длин, затухание смонтированного участка регенерации, затухание соединений ОВ.

Главной задачей параметрического проектирования измерителя затухания оптической мощности является получение основных характеристик, удовлетворяющих поставленным требованиям и наилучших с точки зрения принятого критерия оптимизации. Одной из трудностей при проектировании измерителя является выбор критерия оптимальности [6].

Обычно исходными данными при проектировании прибора является диапазон длин волн измеряемого сигнала, параметры источника питания, и другие.

Для поиска оптимальных параметров используются математические модели измерителя, приведённые при анализе статических и динамических характеристик.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что данные математические модели удовлетворяют требованиям, предъявляемым к математическим моделям, используемым для оптимального проектирования.

Наибольшее число задач проектирования измерительных приборов связано с увеличением чувствительности, повышением точности, получением линеаризованной статической характеристики и повышением быстродействия. В связи с этим рассмотрим некоторые задачи оптимального проектирования измерителя затухания оптической мощности по критериям: максимум чувствительности, линейности статической характеристики и точности и быстродействия.

#### **Разработка измерителя затухания оптической мощности**

Принципиальная схема измерителя затухания оптической мощности приведена в рис 1. Светодиоды VD2 и VD3 представляют собой полупроводниковые лазерные излучатели на длинах волн 1310 и 1550 нм соответственно. Фотодиод VD1 представляет собой разработанный Au-nGaAs: O-CdS-InP-Au широкополосный фотодиод, рассчитанный на длину волн 1310 нм и 1550 нм соответственно.

С выхода лазеров VD2 и VD3 и фотодиода VD1, с помощью инструментальных усилителей U1 и U2, а также программируемого усилителя U3 сигнал нормализуется до необходи-

мого уровня (0...4В) для подачи на вход АЦП U4. Опорное напряжение 4,096В вырабатывается прецизионным параметрическим стабилизатором U9. Преобразованные данные с выхода АЦП в цифровой форме по шине SPI передаются микроконтроллеру U5. В целях экономии энергии аккумуляторной батареи, микроконтроллером управляется подача питающих напряжений на измерительные модули и усилители, через стабилизаторы напряжений U10-U12. Вывод информации осуществляется жидкокристаллическим 1.3 дюймовым монохромным OLED дисплеем O1 через I2C порт микроконтроллера. Для управления работой прибора служат кнопки K1-K6. При необходимости информация может быть записана на микро флеш карту (MicroSD) и передана на персональный компьютер через USB порт в виде файлов. Микросхема U7 служит для зарядки литий ионного аккумулятора, через USB порт ток около 250мА. Для нормального функционирования АЦП и инструментальных усилителей, с помощью импульсного преобразователя U13 вырабатывается +5В.

При нажатии кнопки POWER подается питающее напряжение на микроконтроллер и производится запуск программы. Вначале конфигурируются внутренние тактовые частоты, порты ввода-вывода и периферийные модули. Производится настройка дисплея, программируемого усилителя и MicroSD карты. Проверяется наличие связи с ПК через USB порт. Проверяется уровень заряда аккумулятора, если напряжение меньше 3,3В то на дисплей выводится информация о низком заряде аккумулятора и микроконтроллер переходит в спящий режим. Если заряд аккумулятора в норме, то на дисплей выводится меню пользователя и ожидается нажатие кнопок управления. Вся необходимая информация

и режимы работы выводятся на дисплей. При выборе пользователем режима измерения, то в зависимости от выбранной длины волны

и частоты модуляции включается нужный оптический модуль и производится считывание данных с АЦП.

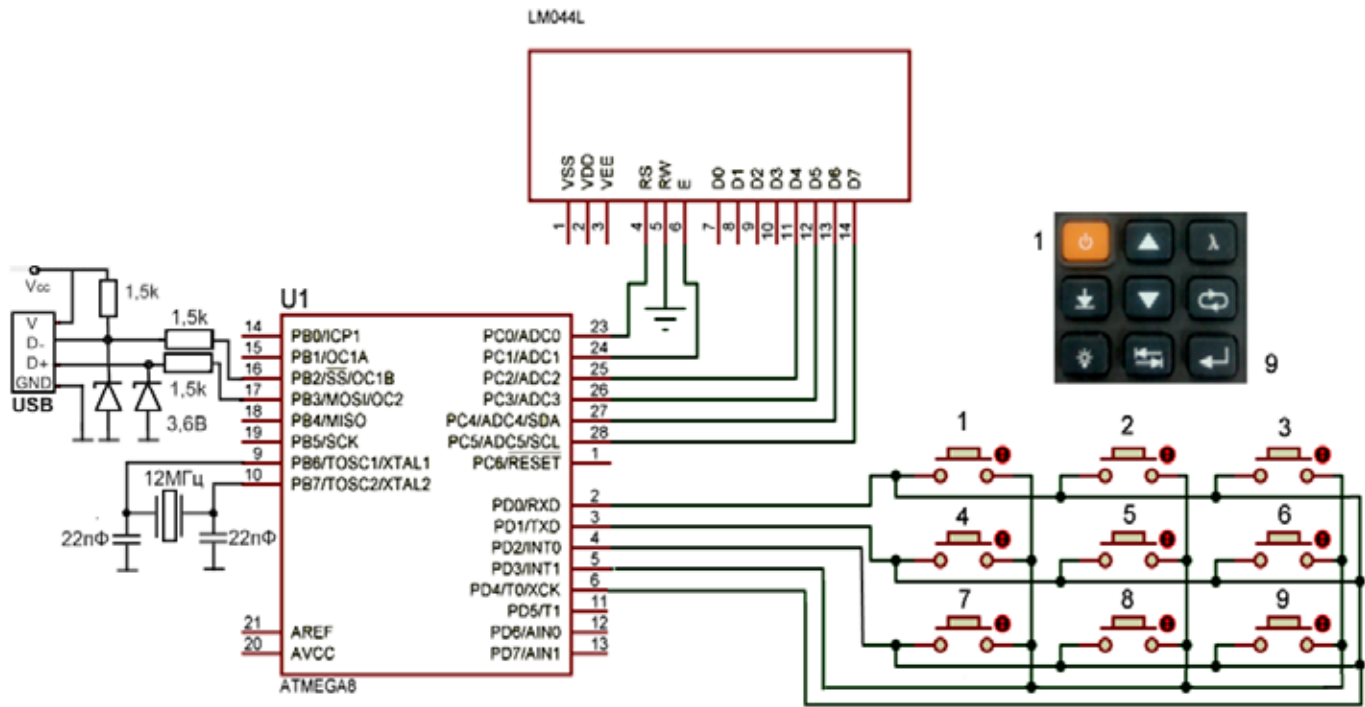


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема измерителя затухания оптической мощности

Конструктивно оптический тестер выполнен в пластмассовом корпусе и содержит следующие узлы [9]: адаптер, три фотодиода, источник излучения (лазерный диод), печатную плату, ЖК – индикатор, кнопки управления, элементы питания, измерительный щуп.

Подводя итоги, и сформировав требования к измерительному прибору перейдем непосредственно к описанию измерителя затухания оптической мощности на примере трех канального устройства. (На рис. 2) показана структурная схема прибора для измерения затухания оптической мощности.

Прибор состоит из трех независимых каналов измерения и сравнения оптической мощности, принятой из оптоволоконна, с заданной.

В каждый канал измерителя включен фотодиод. Фотодиоды на схеме условно обозначены как: VD1– фотодиод n-n<sup>+</sup>Si-Ag, с максимумом спектральной характеристики 850 нм., ширина характеристики 0,4–1,2 мкм; VD2– фотодиод Au-nCdS-nSi-pCdTe-Au, с максимумом спектральной характеристики 1310 нм, ширина характеристики 1,0–1,4 мкм; VD3 фотодиод – Au-nGaAs: O-nCdS-nInP-Au с максимумом и шириной спектральной характеристики 0,5–1,8 мкм.

Применение в схеме трех фотодиодов с приведенными характеристиками позволяет как выполнять функции автоматического определения длины волны принятого по оптоволокну сигнала, так и производить встроенный контроль измерителя.

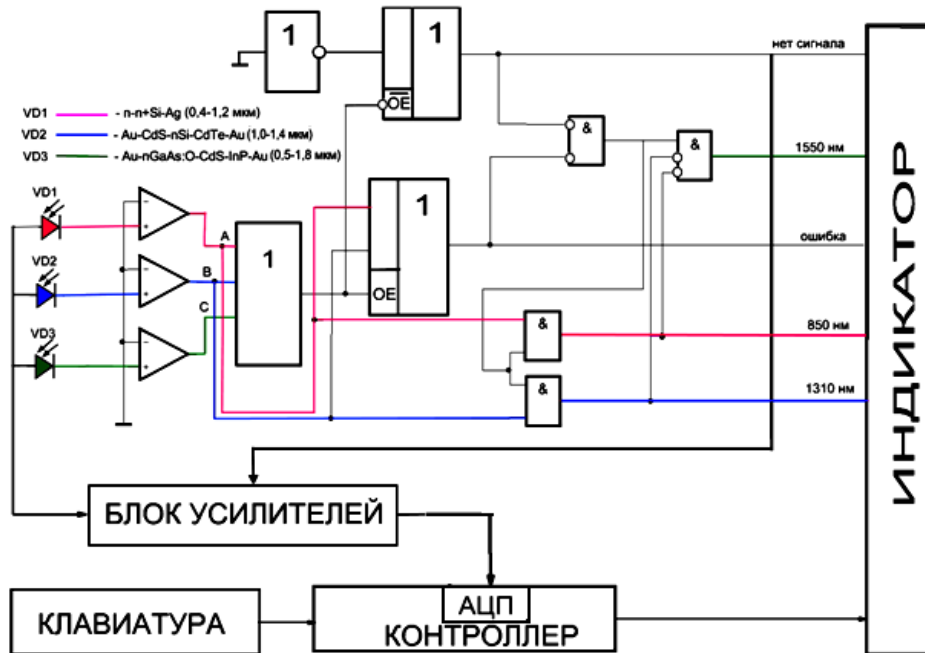


Рисунок 2. Структурная схема измерителя затухания оптической мощности

Применение в схеме трех фотодиодов с приведенными характеристиками позволяет как выполнять функции автоматического

определения длины волны принятого по оптоволокну сигнала, так и производить встроенный контроль измерителя.

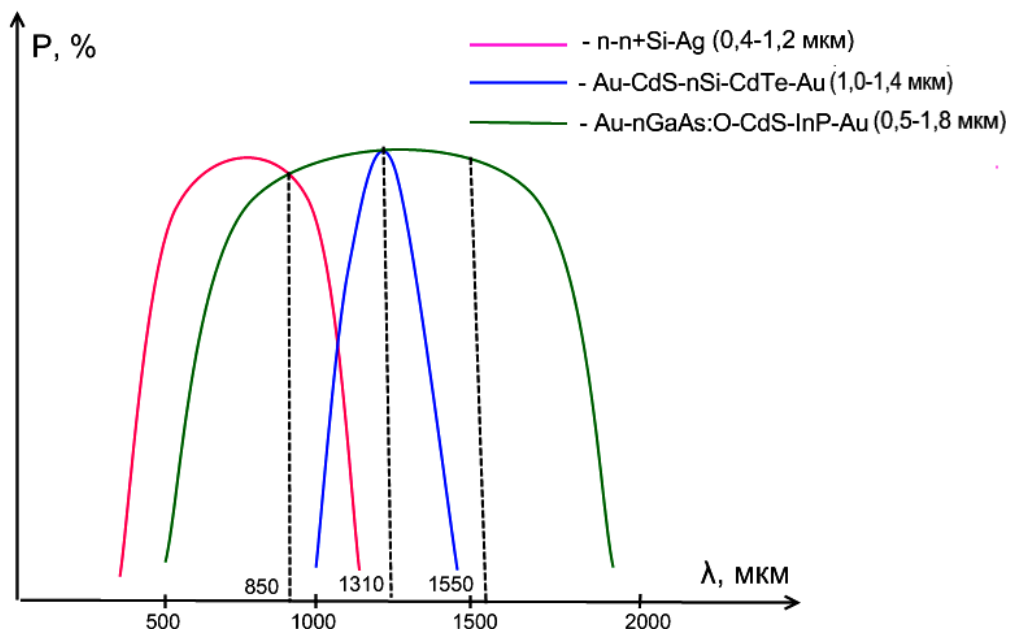


Рисунок 3. Спектральные характеристики фотодиодов, применяемых в измерителе затухания оптической мощности

Принцип работы предложенного измерителя затухания оптической мощности по-

ясняется спектральными характеристиками фотодиодов, приведенными на (рис. 3).

Используя такую комбинацию спектральных характеристик, можно реализовать измеритель затухания оптической мощности с функцией автоматического определения длины волны измеряемого сигнала, а также с функцией встроенного контроля.

### **Заключение**

Произведен анализ вариантов реализации измерителя затухания оптической мощности, выбран вариант на базе микроконтроллера. Выбор данного варианта основан на широких возможностях существующей элементной

базы, совместимой с TTL-логикой микроконтроллеров различного типа.

На основании выбранной схемы реализации, разработаны на уровне принципиальных схем, а также предложено конструктивное исполнение измерителей затухания оптической мощности.

Для измерения затухания оптической мощности был разработан и изготовлен прибор с тремя каналами регистрации мощности оптического излучения.

### **Список литературы:**

1. Loh W., Yegnanarayanan S., O'Donnell F., et al. "Ultra-narrow linewidth Brillouin laser with nanokelvin temperature self-referencing". *Optica*, – Vol. 6. 2019. – P. 152–159. Doi:10.1364/OP-TICA.6.000152.
2. Pyrlík C., Lewoczko-Adamczyk W., Schwertfeger S., et al. "Ultra-Narrow Linewidth, Micro-Integrated Semiconductor External Cavity Diode Laser Module for Quantum Optical Sensors in Space," in 2015 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), 1–2, 2015. Doi:10.1364/CLEO AT.2015.JTh2A.79.
3. Kessler T., Hagemann C., Grebing C., et al. "A sub-40-mHz-linewidth laser based on a silicon single-crystal optical cavity". *Nature Photonics*, – Vol. 6. – No. 10. 2012. – P. 687–692. Doi: 10.1038/NPHOTON.2012.217.
4. Al-Taiy H., Wenzel N., Preussler S., et al. "Ultra-narrow linewidth, stable and tunable laser source for optical communication systems and spectroscopy". *Optics Letters*, – Vol. 39. – No. 20. 2014. – P. 5826–5829. Doi: 10.1364/OL.39.005826.
5. Kamikawachi R. C., Abe I., Kalinowski H. J., Fabris J. L., Pinto J. F. "Nonlinear temperature dependence of etched fiber Bragg gratings". *IEEE Sensors Journal*, – Vol. 7. – No. 8. 2007. – P. 1358–1359. Doi: 10.1109/JSEN.2007.905032.
6. Данченко Д. Г. Использование отладочной платы STM32F4 Discovery для макетирования микропроцессорных устройств // Молодой ученый. – Казань. – № 51. 2017. – С. 37–42.
7. Полезная модель. FAP 01546 от 29.09.2020 «Фотоприемное устройство» / Гиясова Ф. А., Каримов А. В., Ёдгорова Д. М., Абдулхаев О. А., Юлдашев Б. Ш.