



Утверждаю

Проректор по НРИИТ УлГУ

д.ф.-м. наук, профессор

Голованов В. Н.

«29» 11 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу А. В. Ульянова на тему «Повышение точности двухканальных фотоэлектрических преобразователей для измерения параметров спектра оптических сигналов» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 — Приборы и методы измерения по видам измерения (электрические измерения)

Актуальность темы. Во многих современных технических системах необходим контроль параметров спектра оптического излучения в динамическом режиме, при этом требования к быстродействию и точности измерения параметров спектра постоянно возрастают. Низкое быстродействие приборов, построенных на основе спектрального метода, ограничивает возможности применения этих средств для решения таких задач.

Уровень быстродействия систем и средств измерения параметров спектра оптического излучения в динамических режимах с применением многоэлементных фотоприемников составляет в лучшем случае десятки микросекунд.

Разрабатываемые в последние годы быстродействующие методы и средства измерения параметров спектра излучения с использованием двух фотоприемников с различающимися спектральными характеристиками находят все более широкое применение и потребность в них постоянно возрастает. Однако, в известных устройствах, основанных на этом принципе, реализуется алгоритм измерения только центральной длины волны излучения. Результаты исследований влияния электрических шумов фотоприемников и отклонения их спектральных характеристик от заданной формы на точность измерения параметров спектра в литературе не приводятся. Оценки инструментальной погрешности разработанных устройств отсутствуют.

В связи с вышеизложенным тема диссертационной работы А. В. Ульянова, посвященная повышению точности быстродействующих двухканальных фотоэлектрических преобразователей для измерения параметров спектра оптического излучения в широком диапазоне длин волн, является актуальной.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, содержит 115 страниц и содержит 9 таблиц, 42 рисунка, 2 приложения. Список использованных источников включает 154 наименования.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, поставлены задачи и аргументирована научная новизна исследования, представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации рассмотрены известные методы и средства измерения параметров спектра оптических сигналов, таких как ширина спектра и центральная длина волны излучения; выявлены недостатки и определены направления развития указанных методов и средств измерения.

Показана необходимость разработки и исследования быстродействующих фотоэлектрических методов и средств одновременного измерения центральной длины волны и ширины спектра оптических сигналов.

Во второй главе представлены оригинальные методы измерения параметров спектра узкополосного оптического излучения двухканальных фотоэлектрических преобразователей со спектральными характеристиками фотоприемников одинаковой формы, смещенными относительно друг друга по оси длин волн. Приведены оценки методических погрешностей предложенных методов в приближении монохроматического излучения. Изложены и проанализированы результаты компьютерного моделирования влияния аддитивной и мультипликативной составляющих шума фотоприемников и каналов преобразования сигналов на погрешность определения параметров спектра оптического излучения. Показано, что уровень шума в наибольшей степени влияет на точность измерения ширины спектра излучения и незначительно на погрешность определения центральной длины волны излучения.

В третьей главе представлена схема и описан принцип действия экспериментальной установки для измерения параметров спектра оптического излучения, приведены оценки инструментальной погрешности и быстродействия экспериментальной установки.

В четвертой главе проведена оценка метрологических характеристик экспериментальной установки. Приведены результаты сравнительных измерений параметров спектров светодиодов в установившемся и динамическом режимах работы на разработанной экспериментальной установке с оптоволоконной оптической схемой и с помощью серийных спектрометров. Показана возможность регистрации на разработанной установке температурного сдвига спектра светодиодов при подаче ступеньки импульса греющего тока в результате саморазогрева. Приведены возможные варианты использования исследуемого метода.

Научная новизна

1. Впервые предложены и исследованы оригинальные алгоритмы измерения в едином измерительном цикле центральной длины волны и ширины

спектра оптического излучения по сигналам двух фотоприемников с различающимися гауссовыми и линейными спектральными характеристиками.

2. Проведена оценка методической погрешности измерения длины волны монохроматического оптического излучения двухканальных фотоэлектрических преобразователей с различающимися гауссовыми и линейными спектральными характеристиками фотоприемников.

3. Проведен анализ точности аппроксимации спектральных характеристик реальных оптических фильтров различными функциями. Показано, что, среднеквадратическое отклонение аппроксимации спектральных характеристик реальных светофильтров сплайнами третьего порядка в 2,2 раза меньше по сравнению с среднеквадратическим отклонением аппроксимации гауссовой функцией.

4. Методами компьютерного моделирования исследовано влияние мультипликативных и аддитивных составляющих шума фотоприемников и измерительных каналов двухканальных фотоэлектрических преобразователей на погрешность измерения центральной длины волны и ширины спектра. Установлено, что погрешность измерения параметров спектра излучения, обусловленная аддитивными шумами, минимальна при центральной длине волны излучения, лежащей в середине между максимумами спектральных характеристик фотоприемников.

5. Показано, что спектр излучения светодиодов более точно описывается суперпозицией двух гауссовых функций; такая аппроксимация позволяет уменьшить погрешность измерения параметров спектра светодиодов ДФЭП в 3 раза по сравнению с аппроксимацией спектра светодиодов одной гауссианой.

6. Предложен способ измерения теплового импеданса светодиодов по изменению его спектра излучения при широтно-импульсной модуляции рабочего тока.

Теоретическая и практическая значимость. Проведенные исследования позволили повысить точность измерения центральной длины волны и ширины спектра узкополосного оптического излучения.

Разработана экспериментальная установка для измерения параметров спектра оптического излучения в динамическом режиме.

Получены переходные тепловые характеристики и определены тепловые параметры светодиодов по сдвигу их спектра в импульсном режиме работы.

Предложен способ и устройство измерения теплового импеданса светодиода по изменению его спектра излучения при широтно-импульсной модуляции рабочего тока.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при разработке оптоэлектронных средств оперативного контроля параметров спектра узкополосного излучения (например, при контроле качества светодиодов).

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов подтверждается методически правильным применением алгоритмов обработки

измерительной информации, совпадением результатов сравнительных испытаний, совпадением экспериментальных результатов с теоретическими расчетами и результатами моделирования, практической реализацией измерительных устройств. Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на международных и республиканских конференциях.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 26 работ, включая 10 научных статей (в том числе 6 статей в изданиях из перечня ВАК), 16 тезисов докладов на научно-технических конференциях и семинарах.

Реализация и внедрение результатов работы. Разработанные алгоритмы и средства измерения использованы при выполнении проектов государственного задания в части научной деятельности Ульяновского государственного технического университета, а также в Ульяновском филиале института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН при выполнении прикладных научных исследований по тематическому плану НИР.

По диссертации и автореферату имеются следующие замечания.

1. Во 2 главе диссертации при определении погрешности АЦП не учтены ошибки смещения, усиления и нелинейности АЦП. В результате суммарная погрешность установки может быть занижена.
2. Не приведено описание метода компьютерного моделирования влияния шума на результат измерения параметров спектра оптического излучения двухканальным фотоэлектрическим преобразователем. Не приведены погрешности самого метода компьютерного моделирования.
3. При определении центральной длины волны и ширины спектра в методе измерения спектра узкополосного оптического излучения двухканального фотоэлектрического преобразователя с линейными спектральными характеристиками фотоприемников используется третий фотоприемник. Данный метод не является двухканальным.
4. На странице 34 диссертации приведен рисунок 2.1 с названием «Измерение светового потока двумя фоточувствительными элементами» хотя на рисунке изображены спектральные характеристики двух фотоприемников и измеряемого сигнала.
5. В тексте присутствуют стилистические и грамматические ошибки, например, заголовок 2.4 «Измерение параметров спектра узкополосного оптического излучения двухканального фотоэлектрического преобразователя с линейными спектральными характеристиками фотоприемника», вместо «Измерение параметров спектра узкополосного оптического излучения двухканальными фотоэлектрическими преобразователями с линейными спектральными характеристиками фотоприемника» и др.

Указанные недостатки не затрагивают основных научных результатов работы и положений, выносимых на защиту.

Учитывая вышеизложенное, считаем, что диссертация А. В. Ульянова является самостоятельной законченной научной работой, в которой решена важная научно-техническая задача повышения точности и расширения функциональных возможностей двухканальных фотоэлектрических преобразователей для измерения параметров спектра узкополосного оптического излучения. Диссертация отвечает требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 — Приборы и методы измерения по видам измерения (электрические изменения).

Директор НИТИ им. С.П. Капицы
УлГУ, к. т. н.



А.Н. Фомин

Начальник лаборатории ТЭ
НИТИ им. С.П. Капицы УлГУ, к. т. н.



С.Г. Новиков

Инженер-исследователь лаборатории ТЭ
НИТИ им. С.П. Капицы УлГУ, к. т. н.



А.В. Беринцев

Инженер первой категории лаборатории ТЭ
НИТИ им. С.П. Капицы УлГУ,



А.А.Штанько

Инженер-электронщик лаборатории ТЭ
НИТИ им. С.П. Капицы УлГУ,



В.А. Родионов