

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра лазерной физики и спектроскопии

ШЕСТАК
Владислав Витальевич

**Одночастотные волоконно-оптические лазерные диодные
модули для систем радиофотоники**

Реферат дипломной работы

Научные руководители:
кандидат физ.-мат. наук, За-
ведующий лабораторией ра-
диофотоники, ГНПО «Опти-
ка, оптоэлектроника и лазер-
ная техни-ка», Чиж А.Л,
кандидат физ.-мат. наук, до-
цент кафедры лазерной физи-
ки и спектроскопии БГУ,
Горбач Д.В.

Минск, 2021

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 47 страниц, 31 рисунков, 20 источников.

Одночастотные волоконно-оптические лазерные диодные модули для систем радиофотоники

Научные руководители – заведующий лабораторией радиофотоники ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук Чиж А.Л., доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии БГУ, кандидат физико-математических наук Горбач Д.В.

Ключевые слова: волоконно-оптический модуль, лазерный диод, термостабилизация, элемент Пельтье, радиофотоника.

Цель работы – исследования выходных характеристик лазерных диодных модулей с волоконно-оптическим выводом излучения в широком температурном диапазоне от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$, а также анализ эффективности применения элементов Пельтье для термостабилизации в лазерных диодных модулях для устройств и систем радиофотоники.

Объект исследования: одночастотный волоконно-оптический лазерный диодный модуль.

Основные методы исследований: сравнения основных характеристик лазерных диодов в качестве источника оптической несущей для систем радиофотоники. Разработка и настройка параметров управляющего регулятора схемы управления током Пельтье. Температурные исследования спектров и мощности генерации лазерного диодного модуля.

Полученные результаты и их новизна: был подобран лазерный диод, в качестве источника оптической несущей для систем радиофотоники. Была разработана и настроена плата управляющего регулятора схемы управления током проходящем через элемент Пельтье. Получены температурные характеристики лазерного модуля. По результатам дипломной работы опубликовано 2 статьи в сборниках трудов конференций:

1) 9-ой Международной школе-конференции «Современные проблемы физики», которая проходила в г. Минск, 4-6 ноября 2020 года Название статьи "Одночастотный лазерный диодный модуль с оптоволоконным выводом излучения на длине волны 1550 нм и с активной термостабилизацией на основе элементов Пельтье" (авторы В.В.Шестак, К.Б.Микитчук, А.Л.Чиж)

2) 10-ой Международной научной конференции "Электроника и микроэлектроника СВЧ", которая проходила в г. Санкт-Петербург 31 мая – 4 июня 2021. Название статьи "Лазерный диодный модуль с активной термостабилизацией на основе элементов Пельтье для устройств и систем радиофотоники" (авторы В.В.Шестак, К.Б.Микитчук, А.Л.Чиж).

Рекомендация по внедрению: В настоящее время существует проблема, что из-за влияния температуры окружающей среды происходит изменение как эффективной длины резонатора лазерного диода, так и коэффициента усиления в активной области лазера, причем температурный коэффициент длины волны генерации обычно составляет величину ~ 0.1 нм/°С, а температурный коэффициент мощности $\sim 0.5\%/^{\circ}\text{C}$. Это приводит к увеличению фазового шума из-за влияния хроматической дисперсии; нестабильности коэффициента передачи для СВЧ-сигналов, что приводит к нарушению функциональности волоконно-оптических систем. Использование активной термостабилизации позволяет снизить чувствительность мощности генерации лазерного модуля к изменению температуры до величины менее 0.002 дБ/°С, а температурный коэффициент длины волны генерации – до величины менее 0.003 нм/°С. Это позволяет использовать лазерные модули на основе одночастотных лазерных диодов с распределенной обратной связью и активной термостабилизацией на основе элемента Пельтье в радиофотонных устройствах и системах, работающих в широком температурном диапазоне от -50 до $+50$ С.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа 47 старонкі, 31 малюнкаў, 20 літаратурных крыніц.

Одночастотные волоконно-оптические лазерные дыёдныя модулі для сістэм радиофотоники

Навуковыя кіраўнікі – загадчык лабараторыі радиофотоники ДНВА «Оптыка, оптаэлектроніка і лазерная тэхніка» НАН Беларусі, кандыдат фізіка-матэматычных навук Чыж А. Л, дацэнт кафедры лазернай фізікі і спектраскапіі БДУ, кандыдат фізіка-матэматычных навук Д. В. Горбач.

Ключавыя словы: валаконна-аптычны модуль, лазерны дыёд, тэрмастабілізацыя, элемент Пельтье, радиофотоніка.

Мэта працы - даследаванні выходных характарыстык лазерных дыёдных модуляў з валаконна-аптычным высновай выпраменьвання ў шырокім тэмпературным дыяпазоне ад -50 да $+50^{\circ}\text{C}$, а таксама аналіз эфектыўнасці прымянення элементаў Пельтье ў лазерных дыёдных модулях для прылад і сістэм радиофотоники.

Аб'ект даследавання: одночастотный валаконна-аптычны лазерны дыёдны модуль.

Асноўныя метады даследаванняў: параўнанні асноўных характарыстык лазерных дыёдаў у якасці крыніцы аптычнай апорнай для сістэм радиофотоники. Распрацоўка і налада параметраў кіраўніка рэгулятара схемы кіравання токам Пельтье. Тэмпературныя даследаванні спектраў і магутнасці генерацыі лазернага дыёднага модуля.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: быў падабраны лазерны дыёд, у якасці крыніцы аптычнай апорнай для сістэм радыёфатоники. Была распрацавана і настроена плата кіраўніка рэгулятара схемы кіравання токам які праходзіць праз элемент Пельтье. Атрыманы тэмпературныя характарыстыкі лазернага модуля. Па выніках дыпломнай працы апублікавана 2 артыкулы ў зборніках прац канферэнцый:

1) 9-ай Міжнароднай школе-канферэнцыі «Сучасныя праблемы фізікі», якая праходзіла ў г. Мінск, 4-6 лістапада 2020 года назва артыкула "Одночастотный лазерны дыёдны модуль з оптавалакновым высновай выпраменьвання на даўжыні хвалі 1550 нм і з актыўнай тэрмастабілізацыяй на аснове элементаў Пельтье" (Аўтары В. В. Шастак, К. Б. Микитчук, А. Л. Чыж)

2) 10-ай Міжнароднай навуковай канферэнцыі "Электроніка і мікраэлектроніка ЗВЧ", якая праходзіла ў г. Санкт-Пецяярбург 31 мая – 4 чэрвеня 2021.

Назва артыкула " лазерны дыёдни модуль з актыўнай тэрмастабілізацыяй на аснове элементаў Пельтье для прылад і сістэм радыёфотоники "(Аўтары В. В. Шастак, К. Б. Микитчук, А. Л. Чыж).

Рэкамендацыя па ўкараненні: У цяперашні час існуе праблема, што з-за ўплыву тэмпературы навакольнага асяроддзя адбываецца змена як эфектыўнай даўжыні рэзанатара лазернага дыёда, так і каэфіцыента ўзмацнення ў актыўнай вобласці лазера, прычым тэмпературны каэфіцыент даўжыні хвалі генерацыі звычайна складае велічыню $\sim 0.1 \text{ нм}/^\circ\text{C}$, а тэмпературны каэфіцыент магнутнасці $\sim 0.5\%/^\circ\text{C}$. Гэта прыводзіць да павелічэння фазовага шуму з-за ўплыву храматычнай дысперсіі; нестабільнасці каэфіцыента перадачы для ЗВЧ-сігналаў, што прыводзіць да парушэння функцыянальнасці валаконна-аптычных сістэм. Выкарыстанне актыўнай тэрмастабілізацыі дазваляе знізіць адчувальнік-насць магнутнасці генерацыі лазернага модуля да змены тэмпературы да велічыні менш $0.002 \text{ дБ}/^\circ\text{C}$, а тэмпературны каэфіцыент даўжыні хвалі генерацыі - да велічыні менш $0.003 \text{ нм}/^\circ\text{C}$. гэта дазваляе выкарыстоўваць лазерныя модулі на аснове адно-частотных лазерных дыёдаў з размеркаванай зваротнай сувяззю і актыўнай тэрмастабілізацыяй на аснове элемента Пельтье ў радыёфотонных устатках і сістэмах, якія працуюць у шырокім тэмпературным дыяпазоне ад -50 да $+50^\circ\text{C}$.

ABSTRACT

Thesis work 47 pages, 31 figures, 20 sources.

Single-frequency fiber-optic laser diode modules for radiophotonics Systems

Scientific supervisors – Head of the Laboratory of Radiophotonics of the State Research Institute "Optics, Optoelectronics and Laser Technology" of the National Academy of Sciences of Belarus, Candidate of Physical and Mathematical Sciences Chizh A. L, Associate Professor of the Department of Laser Physics and Spectroscopy of the BSU, Candidate of Physical and Mathematical Sciences Gorbach D. V.

Keywords: fiber-optic module, laser diode, thermal stabilization, Peltier element, microwave photonics.

The aim of the work is to study the output characteristics of laser diode modules with fiber-optic radiation output in a wide temperature range from -50 to $+50^{\circ}\text{C}$, as well as to analyze the efficiency of using Peltier elements in laser diode modules for microwave photonics devices and systems.

Object of study: single-frequency fiber-optic laser diode module.

Main research methods: comparison of the main characteristics of laser diodes as an optical carrier source for microwave photonics systems. Development and adjustment of parameters of the control controller of the Peltier current control circuit. Temperature studies of the laser diode module generation spectrum and power.

The results obtained and their novelty: a laser diode was selected as an optical carrier source for radiophotonics systems. The board of the control controller of the current control circuit passing through the Peltier element was developed and configured. The temperature characteristics of the laser module are obtained. Based on the results of the thesis, 2 articles were published in the conference proceedings:

1) The 9th International School-Conference "Modern Problems of Physics", which was held in Minsk, November 4-6, 2020, The title of the article "Single-frequency laser diode module with fiber-optic radiation output at a wavelength of 1550 nm and with active thermal stabilization based on Peltier elements" (authors V. V. Shestak, K. B. Mikitchuk, A. L. Chizh)

2) The 10th International Scientific Conference "Electronics and Micro-Electronics of Microwave", which was held in St. Petersburg on May 31 – June 4, 2021. Title of the article "Laser diode module with active thermal stabilization based on Peltier elements for microwave photonics devices and systems" (authors V. V. Shestak, K. B. Mikitchuk, A. L. Chizh).

Implementation recommendation: Currently, there is a problem that due to the influence of the ambient temperature, both the effective resonator length of the

laser diode and the gain in the active region of the laser change, and the temperature coefficient of the lasing wavelength is usually $\sim 0.1 \text{ nm} / ^\circ\text{C}$, and the temperature power factor $\sim 0.5\%/^\circ\text{C}$. This leads to an increase in phase noise due to the influence of chromatic dispersion; instability of the transmission coefficient for microwave signals, which leads to a violation of the functionality of fiber-optic systems. The use of active thermal stabilization makes it possible to reduce the sensitivity of the lasing power of the laser module to temperature changes to less than $0.002 \text{ dB} / ^\circ\text{C}$, and the temperature coefficient of the lasing wavelength to less than $0.003 \text{ nm}/^\circ\text{C}$. This makes it possible to use laser modules based on single-frequency laser diodes with distributed feedback and active thermal stabilization based on the Peltier element in microwave photonics devices and systems operating in a wide temperature range from -50 to $+50 \text{ C}$.