

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Светикова Владимира Васильевича «Селекция мод и управление спектром излучения полупроводниковых лазеров методами планарной волноводной оптики», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Диссертационная работа Светикова В.В. посвящена разработке новых методов селекции поперечных мод и управления спектром излучения мощных широкоапертурных и низкоомных одномодовых полупроводниковых лазеров, в основе которых лежат принципы планарной волноводной оптики. В работе решены следующие задачи: сужение и стабилизация спектра излучения, управление спектром излучения и селекция поперечных мод в широкополосковых, широкоапертурных секционированных и узкополосковых лазерных диодах.

Актуальность данной работы связана с востребованностью малогабаритных лазерных источников высокой яркости для мобильных устройств позиционирования, оптической локации, высокоскоростной помехозащищённой проводной и беспроводной передачи данных, в том числе для перспективных моделей малых летательных аппаратов воздушного и орбитального базирования.

Исследованные в работе режимы лазерной генерации в условиях различного согласования пучка обратной связи с филаментной структурой и определение оптимального режима, близкого к возбуждению бездифракционных пучков в филаментированной активной области лазерного диода, дают основания для новых конструкторских решений внешних резонаторов. Исследованные в работе новые конструкции резонаторов, основанные на использовании волноводных эффектов, представляют научный и практический интерес в задачах повышения яркости излучения полупроводниковых лазеров, решаемых как в геометриях внешнего резонатора, так и в новых монолитных конструкциях, являющихся развитием конструкций DBR лазеров. Исследования внешнего резонатора для многочастотного лазерного источника и демонстрация генерации в двух порядках интерференции позволяют не только использовать новые подходы для оптимизации конструкции внешнего спектрально-селективного зеркала, например, уменьшать свободный спектральный диапазон без потери функциональности, но и внедрять исследованную конструкцию в разработку прототипов микросхем нового поколения с оптической шиной передачи данных.

Диссертация Светикова В.В. состоит из введения, литературного обзора, пяти глав с изложением проведённых исследований, заключения и списка литературы. Во введении изложены цель работы, актуальность проводившихся исследований, практическая значимость результатов, методы решения поставленных задач и приведены краткие итоги работы.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме диссертационной работы, в которой дан обзор проблем широкоапертурных лазерных диодов и пути их решения, также рассмотрены задачи создания многочастотных лазерных источников. Завершается глава мотивационной частью написания диссертации.

Вторая глава посвящена исследованию резонансного согласования пучка обратной связи с филаментами в условиях отсутствия спектральной селекции пучка обратной связи. В геометрии асимметричного двухплечевого резонатора были исследованы параметры лазерных пучков для различного фазового распределения пучка обратной связи вдоль выходного торца лазерного диода. Было показано, что брэгговское согласование пучка обратной связи с филаментной структурой не является оптимальным. Оптимальный режим согласования соответствует поперечным модам с большим периодом, чем мода брэгговского типа. Были определены параметры накачки, в пределах которых наблюдалась селекция поперечных мод.

В третьей главе представлены исследования лазерной генерации секционированного лазерного диода в условиях резонансного взаимодействия в одном случае одного пучка и в другом случае двух пучков обратной связи с периодической секционированной структурой лазерного диода. Для этого использовались соответственно асимметричный и симметричный двухплечевой резонатор. В главе на основе выводов теории связанных волн Г. Когельника представлен анализ селективных свойств периодической структуры для асимметричного резонатора, приведены оценки угловой расходимости пучка обратной связи для достижения спектральной селективности, проведена оценка периодичности изменения дифракционной эффективности секционированной структуры. В экспериментальной части главы приведены результаты исследований угловых и спектральных параметров лазерного излучения для асимметричного и симметричного резонаторов. Получены подробные зависимости угла наклона выходящего лазерного пучка относительно оси лазерного диода в зависимости от угла возврата пучка обратной связи. Также в главе приведены результаты

использования спектрально селективного элемента в цепи обратной связи асимметричного резонатора.

В четвертой главе приведены результаты исследований лазерной генерации в асимметричном резонаторе V-типа со спектрально селективным элементом ОС на основе волноводно-решётчного зеркала (ВРЗ). Приведены экспериментальные исследования зеркал для случаев ТЕ и ТМ поляризаций при коллинеарном и неколлинеарном падениях излучения на ВРЗ. Приведены результаты исследований лазерной генерации для случаев коллинеарного взаимодействия ТМ излучения с ВРЗ и неколлинеарного взаимодействия ТЕ излучения с ВРЗ. Было показано, что наибольшее уменьшение угловой расходимости, уменьшение спектральной ширины и максимальный диапазон перестроения длины волны соответствуют случаю внутрирезонаторного коллинеарного падения ТМ излучения на волноводно-решётчное зеркало под углом Брюстера.

В пятой главе изложены результаты исследований лазерной генерации в условиях формирования на излучающем торце лазерного диода различных амплитудно-фазовых распределений спектрально селективного сигнала обратной связи. А именно распределение с постоянной амплитудой и фазой и распределение с амплитудой и фазой, соответствующей моде высокого порядка с периодом 1 мкм . Также исследовалась генерация в резонаторе с планарным волноводным брэгговским отражателем, обеспечивавшем спектрально селективное отражение без коррекции амплитуды и фазы. Эксперименты проводились в геометрии планарных волноводных резонаторов без преобразования планарных мод в объёмные. Для получения заданного амплитудно-фазового распределения использовались планарные волноводные голограммы. Существенным результатом исследований является демонстрация выходных пучков, соответствующих основной поперечной моде ЛД и моде высокого порядка, период которой равен периоду расположения филаментов в лазерной структуре. Также существенным результатом является демонстрация конкуренции волноводной моды и моды утечки внешнего волноводного зеркала в формировании спектра лазерного излучения. Данный результат важен для задач практической реализации одно- и двух-частотных планарных волноводных резонаторов и для задач разработки планарных резонаторов с функцией плавной перестройки длины волны излучения.

В шестой главе работы изложены результаты исследования многочастотного лазерного источника с резонатором на основе планарного волноводного эшелона Майкельсона. В главе представлены исследования лазерной генерации в двух вариантах резонаторов: в резонаторе с тыльным расположением спектрального

элемента и в резонаторе с расположением спектрального элемента непосредственно за выходным торцом лазерного диода. Важным результатом представленных исследований является демонстрация реализуемости внешнего резонатора на низконтрастных волноводах и демонстрация генерации в двух соседних интерференционных порядках эшелона Майкельсона. Указанные результаты важны для задач проектирования гибридных электронно-оптических интегральных схем на основе кремния и элементов группы АЗВ5.

Представленная работа отличается большим объемом экспериментального материала. Охвачен широкий круг вопросов по рассматриваемой проблематике, представлен анализ различных подходов к стабилизации излучения широкополосковых лазерных диодов. Следует отдельно отметить принципиально новый подход в этом вопросе с применением так называемых, числовых планарных голограмм. Полученные новые экспериментальные данные, которые могут позволить повысить качество излучения и эффективность генерации изготавливаемых мощных полупроводниковых лазеров на основе широкополосковых структур.

Тем не менее работа не лишена недостатков, среди которых можно отметить следующие:

1. В первой главе недостаточно внимания уделено обзору существующих методов стабилизации излучения и управления спектром лазерных диодов.
2. В главе V, рассматриваются планарные волноводные структуры как с использованием верхнего буферного слоя (кладдинга), так и без него. Однако не уделяется должного внимания возможному влиянию данного слоя на поведение структуры. Очевидно, что одна и та же голограмма, записанная в разных структурах, будет по-разному влиять на параметры выходного излучения лазера.
3. Недостаточное внимание уделено обсуждению некоторых экспериментальных данных. Так, например, остается без обсуждения асимметричность углового распределения излучения лазерных диодов, используемых в эксперименте. Кроме того, в главе 3 рассматривается V-резонатор в секционированной структуре лазерного диода, в котором не совпадает угол установки зеркала обратной связи и угол выходного излучения. Данный факт также остается без обсуждения.

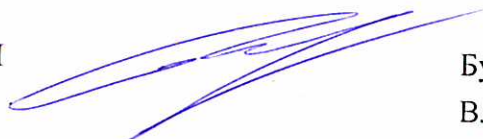
4. В работе недостаточно внимания уделено схемам и методике измерений, а также оценке погрешностей, вносимых используемыми методами измерения.
5. Структура текста диссертационной работы следовало бы оптимизировать. Кроме этого в работе встречаются стилистические и орфографические погрешности.

Тем не менее, указанные недостатки не умаляют значимости полученных автором результатов и не влияют на общую высокую оценку представленной работы.

По теме диссертации опубликовано 8 работ в ведущих рецензируемых журналах, 2 работы в сборниках SPIE.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Светикова В.В. «Селекция мод и управление спектром излучения полупроводниковых лазеров методами планарной волноводной оптики» отвечает всем требованиям ВАК РФ, а ее автор Светиков Владимир Васильевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 «Лазерная физика».

Ведущий научный сотрудник,
зав. лабораторией волоконно-
оптических технологий,
ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
к.ф.-м.н.



Бутов Олег
Владиславович

Подпись Бутова О.В. удостоверяю

Ученый секретарь ФГУБ Института радиотехники и
электроники им. В.А.Котельникова РАН,
к.ф.-м.н.



И.И. Чусов

ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН
125009, Москва, ул. Моховая 11, корп.7., тел.: +7 (495) 629 3574, Факс: +7 (495)
629 3678, e-mail: ire@cplire.ru
e-mail: obutov@mail.ru