

Тема проекта: Разработка МОС-гидридной технологии наногетероструктур и мощных непрерывных и импульсных полупроводниковых лазеров на их основе, излучающих в диапазоне длин волн 1400-1600 нм.

Наименование этапа №2: Изготовление и исследование макетов мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600нм).

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 25 августа 2014 г. № 14.607.21.0048 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе №2 в период с 01.01.2015 по 30.06.2015 выполнены следующие работы:

1. Субсидия:

- изготовлены макеты мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- изготовлены макеты мощных импульсных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- разработана методика экспериментальных исследований макетов мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- разработана методика экспериментальных исследований макетов мощных импульсных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- проведены экспериментальные исследования макетов мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- проведены экспериментальные исследования макетов мощных импульсных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм).

2. Внебюджет:

- разработана эскизная конструкторская документация технологической оснастки для напыления диэлектрических покрытий мощных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- изготовлена технологическая оснастка для напыления диэлектрических покрытий мощных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- разработана простростовая технология диэлектрических просветляющих и высокоотражающих покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- разработана методика исследований коэффициента отражения просветляющих и высокоотражающих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- изготовлены экспериментальные образцы просветляющих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм);

- исследованы экспериментальные образцы просветляющих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- изготовлены экспериментальные образцы высокоотражающих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- исследованы экспериментальные образцы высокоотражающих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм);
- разработаны рекомендации по корректировке проекта лабораторного технологического регламента изготовления экспериментальных образцов мощных полупроводниковых лазеров на основе анализа и обобщения экспериментальных результатов по нанесению диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм).

В ходе выполнения этапа №2 были получены следующие результаты:

1. Изготовлены макеты мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм) в количестве 5 шт. Макеты изготавливались из разных частей по площади лазерной наногетероструктуры с целью оценки однородности их характеристик.
2. Изготовлены макеты мощных импульсных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм) в количестве 5 шт. Макеты изготавливались из разных частей по площади лазерной наногетероструктуры с целью оценки однородности их характеристик.
3. Разработана методика экспериментальных исследований макетов мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм), заключающиеся в измерении таких параметров, как: длина волны излучения, пороговая плотность тока и оптическая мощность излучения.
4. Разработана методика экспериментальных исследований макетов мощных импульсных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм), заключающиеся в измерении таких параметров, как: длина волны излучения, пороговая плотность тока и оптическая мощность излучения.
5. Исследованы характеристики макетов мощных непрерывных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм). Показано, что характеристики макетов мощных непрерывных полупроводниковых лазеров имеют высокую однородность, что говорит о высокой однородности по составу и толщинам лазерной наногетероструктуры, а так же о высоком кристаллическом совершенстве слоев образующих данную лазерную наногетероструктуру.
6. Исследованы характеристики макетов мощных импульсных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм). Показано, что характеристики макетов мощных импульсных полупроводниковых лазеров имеют высокую однородность, что говорит о высокой однородности по составу и толщинам лазерной наногетероструктуры, а так же о высоком кристаллическом совершенстве слоев образующих данную лазерную наногетероструктуру.

7. Разработана эскизная конструкторская документация (ЭКД) технологической оснастки для напыления диэлектрических покрытий мощных полупроводниковых лазеров для безопасного для глаз диапазона длин волн (1400-1600 нм), представляющая собой кассету предотвращающую запыление контактов на лазерной полоске во время нанесения просветляющих и высокоотражающих покрытий зеркал.

8. Согласно разработанной ЭКД изготовлена технологическая оснастка для напыления диэлектрических покрытий мощных полупроводниковых лазеров в количестве 1 шт.

9. Разработана постростовая технология диэлектрических просветляющих и высокоотражающих покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм), которая включает в себя изготовление методом ионно-плазменного распыления просветляющих покрытий SiO_2 , Al_2O_3 и AlN и высокоотражающего покрытия SiO_2/Si . Толщины напыляемых слоев подбирались для длины волны излучения 1550 нм.

10. Разработана методика исследований коэффициента отражения просветляющих и высокоотражающих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм). В основе методики лежит метод спектрофотометрии.

11. Изготовлены экспериментальные образцы просветляющих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм), представляющие собой напыленные на подложке InP слои SiO_2 , Al_2O_3 и AlN .

12. Исследованы экспериментальные образцы просветляющих диэлектрических покрытий зеркал, представляющие собой напыленные на подложке InP слои SiO_2 , Al_2O_3 и AlN . Показано, что минимальным коэффициентом отражения на длине волны 1550 нм обладает просветляющее покрытие из AlN .

13. Изготовлены экспериментальные образцы высокоотражающих диэлектрических покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм), представляющие собой напыленные на подложке InP комбинацию слоев SiO_2/Si в количестве 2, 3 и 4 пары.

14. Исследования данных образцов показали, что максимальный коэффициент отражения на длине волны 1550 нм имеет высокоотражающее покрытие состоящее из 4 пар SiO_2/Si , однако суммарная толщина диэлектрического покрытия из 4 пар приближается к критической для начала оптической катастрофической деградации зеркал в мощных полупроводниковых лазерах.

15. На основе проведенных исследований были сформулированы рекомендации по использованию диэлектрических просветляющих и высокоотражающих покрытий зеркал мощных полупроводниковых лазеров для диапазона длин волн (1400-1600 нм). Данные рекомендации заключаются в применении в качестве просветляющего покрытия AlN с наименьшим коэффициентом отражения позволяющим варьировать его в широких пределах за счет изменения толщины напыляемого слоя, а в качестве высокоотражающего покрытия использовать 3 пары SiO_2/Si , которые обеспечивают коэффициент отражения около 98% и высокую прочность диэлектрического покрытия, не допускающего катастрофической оптической деградации зеркал.

На основании результатов работ проведенных на 2 этапе проекта были сделаны следующие выводы:

- полученная высокая однородность характеристик макетов полупроводниковых лазеров, говорит о высоком качестве лазерных наногетероструктур, из которых изготовлены макеты;
- изготовленные макеты полупроводниковых лазеров имеют оптическую мощность излучения несколько ниже, чем заявленные в ТЗ параметры для экспериментальных образцов из чего следует необходимость внесения в конструкцию лазерных наногетероструктур корректировок позволяющих снизить внутренние оптические потери;
- из проведенных исследований коэффициентов отражения просветляющих покрытий рекомендовано использовать в качестве просветляющего покрытия AlN с наименьшим коэффициентом отражения и позволяющим варьировать его в широких пределах за счет изменения толщины напыляемого слоя.
- исследования коэффициентов отражения высокоотражающих покрытий позволило рекомендовать использовать в качестве высокоотражающего покрытия 3 пары SiO₂/Si, которые обеспечивали коэффициент отражения около 98% и высокую прочность диэлектрического покрытия, не допускающего катастрофической оптической деградации зеркал.

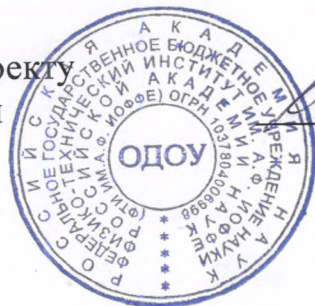
Новизна результатов состоит в использовании для создания лазерных наногетероструктур комплексного подхода, включающего в себя математическое моделирование, методики создания и исследования лазерных наногетероструктур. В основе примененного подхода лежит концепция мощных полупроводниковых лазеров, с малыми внутренними оптическими потерями впервые используемая для создания мощных полупроводниковых лазеров в системе твердых растворов AlGaInAsP/InP. Кроме того, впервые была применена постростовая технология диэлектрических просветляющих покрытий AlN (нитрида алюминия) методом ионно-плазменного травления для данного спектрального диапазона длин волн (1400-1600 нм).

На данном этапе была подана патентная заявка: изобретение заявка № 2015121783 от 08.06.2015 «Способ оценки качества гетероструктуры полупроводникового лазера», РФ.

Полученные на 2 этапе результаты свидетельствуют о правильности выбора направления исследований и возможности достижения заданных в ТЗ параметров после соответствующей коррекции конструкции лазерной наногетероструктуры.

Проведенные в рамках этапа №2 работы согласно План-графику выполнены в полном объеме и их результаты являются базой для проведения исследовательских работ на последующих этапах проекта для достижения показателей согласно ТЗ.

Руководитель работ по проекту
Заведующий лабораторией



 И.С. Тарасов