

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чернова Михаила Юрьевича  
«Метаморфные гетероструктуры InSb/InAs/In(Ga,Al)As на подложках GaAs  
для оптоэлектроники среднего инфракрасного диапазона 2.0–4.5 мкм»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

Диссертационная работа М.Ю. Чернова посвящена разработке конструкции и технологии получения полупроводниковых гетероструктур для создания эффективных и недорогих источников излучения среднего ИК диапазона (2.0–4.5 мкм), проведению комплексного исследования их структурных, электронных и люминесцентных свойств, выявлению связи между этими свойствами и условиями формирования гетероструктур методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Источники излучения среднего ИК диапазона находят широкое применение в медицине, в средствах контроля окружающей среды, в аппаратуре специального применения – этим определяется актуальность проведенного исследования.

Следует отметить, что поставленная цель исследования была достигнута. При этом М.Ю. Черновым был решен ряд сложных научных и технологических задач, в результате решения которых получены новые научные и практические результаты, среди которых следует отметить следующие:

- обнаружено, что релаксация упругих механических напряжений в метаморфных гетероструктурах In(Ga,Al)As/GaAs(001), содержащих МБС с корневым профилем изменения состава, осуществляется посредством двух механизмов: формирования сетки дислокаций несоответствия и разориентации кристаллической решетки эпитаксиальных слоёв относительно подложки с существенным вкладом второго механизма.

- показано, что для гетероструктур InSb/InAs/In(Ga,Al)As/GaAs(001) использование одиночного упруго растянутого слоя GaAs толщиной 5 нм, вставленного внутрь буферного слоя  $In_xAl_{1-x}As$  с корневым профилем изменения состава при достижении определенного значения  $x$ , приводит к дополнительному снижению плотности протяжённых дефектов ( $< 10^7 \text{ см}^{-2}$ ) и повышению интенсивности ФЛ.

- на подложках GaAs(001) методом МПЭ получены высокоэффективные ( $5\pm0.05\%$ ) светодиодные гетероструктуры InSb/InAs/In(Ga,Al)As, излучающие в диапазоне 3.1–3.8 мкм, а также лазерные гетероструктуры, демонстрирующие стимулированное излучение на длине волны 2.86 мкм с пороговой плотностью мощности накачки 5 кВт/см<sup>2</sup> при температуре до 60 К.

Достоверность полученных в работе результатов, сформулированных положений и выводов подтверждена результатами измерений, проведенных на большом числе изготовленных образцов с использованием общепризнанных методик. Результаты работы опубликованы в российских журналах, входящих в перечень ВАК и прошли апробацию на

многочисленных международных и российских конференциях.

При выполнении работы был проведен большой объем исследований и, несмотря на ограниченный объем автореферата, М.Ю. Чернову удалось ясно и достаточно подробно изложить методическую и содержательную часть работы.

Следует признать, что автореферат позволяет судить о диссертационной работе М.Ю. Чернова как о завершенном научно-технологическом исследовании. Содержание работы полностью соответствует заявленной специальности. По объёму, качеству и практической значимости выполненных работ диссертация отвечает требованиям п.9 «О порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением №842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями от 30 июля 2014 г., 21.04.2016 г., 02.08.2016 г., 28 августа 2017 г., 1 октября 2018 г., 20 марта 2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Заведующий лабораторией физических основ  
эпитаксии полупроводниковых гетероструктур ИФП СО РАН,  
к.ф.-м.н., с.н.с.

— В.В. Преображенский  
pvv@isp.nsc.ru, (383)333 1967

Зав. отделом роста и структуры  
полупроводниковых кристаллов и пленок  
ИФП СО РАН,  
Профессор, лауреат Государственной премии  
д.ф.-м.н.

О.П. Пчеляков  
рph@isp.nsu.ru, (383)330 7745

3 июня 2021 года

Преображенский Валерий Владимирович - кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.07- физика твердого тела

Пчеляков Олег Петрович – доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07- физика твердого тела

Подписи В.В. Преображенского и О.П. Пчелякова улостоверяю

Ученый секретарь ИФП СО РАН,  
к.ф.-м.н.



С.А. Аржанникова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН).

630090, Новосибирск, пр. Ак.Лаврентьева 13