



IQE Inc. 119 Technology Drive, Bethlehem, PA 18015 Tel: 610-861-6930 Web site: www.iqep.com

Dmitri Lubyshev, Ph.D.
Principal Scientist
dloubychev@iqep.com

June 6, 2021

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

(1.3.11 – Физика полупроводников, в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 № 118)

Светоизлучающие и фотоприемные приборы среднего инфракрасного диапазона (ИК) нашли широкое применение в промышленности при оптимизации тепловых потерь, в экологическом мониторинге, медицине, сенсорах широкого спектра применения и оборонном комплексе. Существенным препятствием в совершенствовании таких приборов и улучшении их характеристик является ограниченный выбор по параметру кристаллической решетки полупроводниковых подложек. Исследования, направленные на создание структурно-совершенных метаморфных слоев на основе соединений A^3B^5 , оптимизированных под конкретные виды гетероструктур, которым в основном посвящена диссертация М. Ю. Чернова, полностью вписываются в современные тенденции и являются актуальными.

Диссертация представляет собой всестороннее исследование процессов пластической деформации в напряженных буферных слоях с пространственным ограничением структурных дефектов и их сопряжения с W-образной активной областью InSb/InAs/InGaAs, обладающей высокой квантовой эффективностью в достаточно широком ИК диапазоне. Основные результаты диссертации были опубликованы, а также представлены на национальных и международных конференциях.

Особо хотелось бы отметить следующие моменты:

Предложенный автором метаморфный буферный слой InAlAs с корневым профилем изменения состава в сочетании с напряженно-сжатым слоем GaAs позволил уменьшить втрое уровень протяженных дефектов в активных слоях по сравнению с традиционным линейным профилем изменения состава.

Предложенный в работе дизайн активной области светоизлучающих структур на основе квантовых ям первого типа InAs/InGaAs/InAlAs со вставкой упруго-напряженного слоя InSb позволяет перекрыть широкий диапазон длин волн ИК диапазона в сочетании с эффективным электронным и дырочным ограничением тока в активной области прибора. Преимущества выбранного автором подхода подтверждены реализацией светодиодов с высокой квантовой эффективностью и с максимальной рабочей температурой вплоть до комнатной.

Выбор в качестве подложечного материала GaAs вместо InP, InAs, или GaSb представляет большой практический интерес в связи с относительно низкой стоимостью и наличием подложек большого диаметра.

Наряду с достоинствами, следует отметить следующие недостатки автореферата.

1. Список цитируемой литературы в автореферате короткий, недостаточно полно отражает историю вопроса и современное состояние проблемы как по метаморфным буферным слоям, так и по лазерам среднего ИК диапазона.
2. Поверхность метаморфного буферного слоя не является идеально плоской, характеризуется эшелонами ступеней или террас, а значит слой InSb будет модулирован по толщине вплоть до перехода из 2D в 0-мерную область. Если это правда, то и зонная структура на рисунке 6 тоже будет другой.
3. Получение особо гладких поверхностей GaAs путем отжига в парах галлия интуитивно понятно, но не ясно как автор избегает накопление галлия на поверхности в виде микро капель, так как к коэффициент прилипания галлия при 450 °C есть единица, а пар галлия на поверхность поступает непрерывно.

Указанные замечания не являются принципиальными и не меняют общую высокую оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа М. Ю. Чернова является завершенной научно-технической работой. Она имеет внутреннее единство. В ней решена важная научно-техническая задача – создана платформа для излучающих приборов среднего инфракрасного диапазона на подложках арсенида галлия. По объёму, качеству и практической значимости выполненных исследований диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук от 19.08.2019, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников (1.3.11 – Физика полупроводников, в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 № 118).

06.06.2021

Principal Scientist, IQE Inc.

(Главный специалист фирмы IQE)

Bethlehem, PA, USA

Dmitri Lubyshev, Ph.D.

(к.ф.-м.н. Дмитрий Иванович Лубышев)

Почтовый адрес: 119 Technology Drive,
Bethlehem, PA, 18015, USA

Телефон: +1 610 861 6930

E-mail: dloubychev@iqep.com

Я, Лубышев Дмитрий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 34.01.02 при ФТИ им. А.Ф. Иоффе, и их дальнейшую обработку.

Подпись Лубышева Д.И. удостоверяю

Signature of D. Lubyshev is confirmed

Technology Manager, IQE Inc

Bethlehem, PA, USA

Joel Fastenau, Ph.D.