



ТВЕРЖДАЮ

Директор по научной работе

и инновациям

Лоцилов А.Г.

«27» сентября 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)
по результатам представления диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Диссертация «Прозрачные омические контакты для изделий гетероструктурной полупроводниковой оптоэлектроники»

(название диссертации)

Выполнена на кафедре физической электроники (ФЭ) ТУСУР

(наименование учебного или научного структурного подразделения)

В период подготовки диссертации аспирант

Жидик Юрий Сергеевич

(фамилия, имя, отчество - при наличии (полностью))

Очно обучался в аспирантуре ТУСУРа по направлению

03.06.01 «Физика и астрономия»

шифр и наименование направления

направленность, соответствующая научной специальности

01.04.04 «Физическая электроника»

шифр и наименование научной специальности

Научный руководитель:

Троян Павел Ефимович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», заведующий кафедрой физической электроники.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

В диссертации Жидика Ю.С. содержится решение научной задачи, связанной с разработкой физико-химических основ технологии получения тонких низкоомных прозрачных плёнок ИТО методом магнетронного распыления при сниженном радиационно-термическом воздействии на подложку, исследование свойств плёнок ИТО и формирование прозрачных омических контактов к изделиям гетероструктурной оптоэлектроники. Решение данной задачи имеет существенное значение для развития соответствующей отрасли знаний, изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Актуальность темы и направленность исследования

Стремительное развитие электронной промышленности задает темпы создания принципиально новых устройств, реализующих свою функциональность за счёт особенностей зонной структуры, эффектов размерного квантования, явлений, возникающих на гетерограницах. Одними из таких устройств являются устройства оптоэлектроники и радиофотоники, работа которых связана с генерацией и управлением светового излучения.

Устройства оптоэлектроники и радиофотоники используются для многочисленных целей, среди которых освещение, индикация, телекоммуникации, микроволновые фотонные связи. Специфика работы таких устройств обуславливает необходимость применения не только сложных гетероструктур, содержащих многочисленные квантовые ямы, нити и точки, но и принципиально новых подходов к проектированию их конструкции и новых материалов. Так, например, формирование на поверхности гетероэпитаксиальных структур оптоэлектронных приборов различных функциональных покрытий позволяет решить проблемы, связанные с устранением эффектов полного внутреннего отражения сгенерированного излучения, защитой полупроводникового кристалла от внешних воздействий, формированием оптически прозрачных электропроводящих омических контактов к структурам, не препятствующих прохождению через них светового излучения и способствующих более равномерному распределению тока по поверхности гетероэпитаксиальной структуры, избегая его стягивания вблизи металлических контактов, что является наиболее значимой задачей из перечисленных.

Наиболее перспективным материалом для оптически прозрачных омических контактов устройств оптоэлектроники и радиофотоники сегодня является оксид индия, легированный атомами олова (indium tin oxide – ITO). Согласно отчету «Touch-Panel-Use Transparent Conductive Film Report – 2013» плёнки ITO занимают 95% рынка прозрачных электропроводящих покрытий для сенсорных экранов. Несмотря на то что современные технологии нанесения покрытий на основе оксида индия обеспечивают коэффициент пропускания более 80%, их удельное поверхностное сопротивление составляет $2 \cdot 10^{-3}$ Ом·см. Таким образом, предел использования плёнок ITO с указанными характеристиками в сенсорных панелях ограничен размером диагонали 15 дюймов, что обуславливает необходимость уменьшения удельного сопротивления этих плёнок.

Существует много методов нанесения плёнок ITO: термическое осаждение, реактивное магнетронное распыление, импульсно-лазерное осаждение, послойное атомное осаждение, золь-гель-метод, газофазное осаждение и др. Однако до сих пор остаются нерешенными некоторые проблемы их нанесения на гетероэпитаксиальные структуры при изготовлении оптоэлектронных приборов. Связано это с тем, что осаждение тонкопленочных функциональных слоев наиболее перспективно производить методом магнетронного распыления, который имеет значительные преимущества в технологичности и гибкости процесса осаждения, обеспечивает повышенную адгезию, напыление многокомпонентных материалов. Однако при нанесении покрытий вакуумными ионно-плазменными методами гетероэпитаксиальная структура существенно подвергается бомбардировке высокоэнергетичными заряженными частицами, что вызывает в ней появление радиационных дефектов и, как следствие, приводит к ее деградации.

В научном и прикладном аспекте важны исследования по установлению влияния технологии синтеза плёнок ITO методом реактивного магнетронного распыления на их электрические и оптические свойства. Исследования свойств плёнок прозрачных проводящих оксидных материалов вызваны их востребованностью при формировании элементов тонкопленочной оксидной электроники.

Таким образом, разработка технологии получения и исследование свойств тонких плёнок ITO для создания омических контактов к полупроводниковым гетероструктурам на основе соединений группы A^3B^5 является актуальной задачей.

Данная тема является профильным направлением исследований лаборатории тонкопленочной электроники кафедры ФЭ ТУСУР. Результаты диссертационной работы использованы в ходе выполнения следующих научно-исследовательских работ:

– ПНИЭР «Создание отечественных электрооптических модуляторов на основе квантово-размерного эффекта Штарка для высокоскоростных 400 Гбит/с волоконно-оптических систем передачи информации», выполняемой при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения № 14.577.21.0281 от 23.10.2017, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57717X0281;

– проектная часть государственного задания № 8.4029.2017/ПЧ «Исследование методов построения интегрированных микроэлектронных и радиофотонных устройств на базе гетероструктурных технологий для перспективных межвидовых комплексов локации, навигации и связи с многоканальными фазированными антенными решетками»,

выполняемая при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, 2017–2019 гг.;

– научный проект № 18-32-00708 «Физические основы формирования функциональных тонкопленочных покрытий методом ионно-плазменного распыления на поверхности гетероструктур пониженной размерности без образования в них радиационных дефектов», выполняемый при финансовой поддержке РФФИ;

– научный проект № 18-29-11037 «Новые наноструктурированные функциональные материалы на основе сложных оксидов для оптически прозрачных электродов в устройствах фотовольтаики», выполняемый при финансовой поддержке РФФИ;

– проект фундаментальных исследований РАН № 0293-2019-0006 «Исследование и разработка базовых принципов построения элементов радиотонного тракта с частотами до 1 ТГц и построения систем на их основе», выполняемый при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ;

– научный проект «Теоретические и экспериментальные исследования сверхширокополосных оптоэлектронных устройств волоконно-оптических систем передачи информации и радиотоники на основе фотонных интегральных схем собственной разработки», выполняемый коллективом научной лаборатории «Лаборатория интегральной оптики и радиотоники» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ;

– ОКР «Разработка базовой технологии изготовления особо плоских ОСИД-дисплеев методом принтерной печати», выполненная при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по государственному контракту № 12411.1006899.11.055 от 05.04.2012;

– хозяйственная работа № 73/10 от 15.07.2010 «Разработка высокоэффективных и надежных полупроводниковых источников света и светотехнических устройств и организация их серийного производства», выполненная в рамках Постановления Правительства РФ № 218.

Результаты диссертационной работы использованы: в промышленном производстве электрохромных панелей открытым акционерным обществом «Гинт-ит» при отработке технологии напыления низкоомных плёнок ИТО на листовое стекло; для проведения научных исследований процессов электрополимеризации порфиринов лабораторией «Новые материалы на основе макрогетероциклических соединений» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН.

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе на факультете электронной техники ТУСУРа при чтении курса лекций и проведении лабораторных работ по дисциплине «Вакуумно-плазменные методы получения микро- и наноструктур» для подготовки специалистов по направлениям 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» и 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника».

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Все результаты, составляющие научную новизну и выносимые на защиту, получены автором лично. Цели и задачи научного исследования поставлены совместно с научным руководителем.

В работе над конструкцией магнитной отклоняющей системы принимали участие д-р техн. наук, профессор П.Е. Троян, канд. техн. наук, доцент Ю.В. Сахаров [3, 7, 18, 28].

Автором самостоятельно спланировано и проведено большинство экспериментов по исследованию электрических и оптических свойств плёнок ИТО (приготовление экспериментальных образцов плёнок ИТО, выполнение основной части измерений и обработки полученных экспериментальных результатов); проведен анализ, интерпретация и обобщение полученных экспериментальных результатов, сформулированы расширенные научные выводы по каждой главе диссертации, а также обобщенный вывод по диссертационной работе [4, 5, 8, 9, 13 – 15, 21 – 27, 29, 31 – 37].

Совместно с автором в обсуждении экспериментальных результатов принимали участие д-р техн. наук, профессор П.Е. Троян, д-р техн. наук, профессор С.В. Смирнов, канд. техн. наук, доцент Ю.В. Сахаров, канд. техн. наук С.В. Ишуткин, канд. техн. наук И.В.

Юнусов, начальник лаборатории световых модулей (ЛСМ) НИИПП г. Томск Д.Д. Каримбаев [1, 2, 6, 10-12, 16, 17, 19, 20, 30, 38, 39].

Автором проведен значительный литературный обзор по строению, свойствам и существующим технологиям синтеза тонких плёнок ИТО.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность полученных в ходе исследований результатов подтверждается: корреляцией с данными известных работ других авторов по аналогичным и смежным тематикам; применением современного аналитического и измерительного оборудования; корреляцией между собой экспериментальных результатов, полученных на различном оборудовании; корреляцией результатов проведенного моделирования с полученными экспериментальными данными; апробацией полученных теоретических и экспериментальных результатов на конференциях и семинарах различного уровня; публикацией статей, содержащих полученные результаты, в рецензируемых журналах; наличием результатов интеллектуальной деятельности; внедрением результатов исследований в промышленное производство.

Основные результаты исследований докладывались и обсуждались: на всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР» (г. Томск, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017); 50-й международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, 2012); международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии», (г. Томск, 2012, 2013, 2014); XI международной конференции «Пленки и покрытия – 2013» (Санкт-Петербург, 2013); всероссийской научной конференции с международным участием «Полифункциональные химические материалы и технологии» (г. Томск, 2013, 2019); международной конференции молодых специалистов по микронанотехнологиям и электронным приборам «EDM» (г. Новосибирск, 2014, 2019); 5-й международной научно-практической конференции «Технология микро- и нанoeлектроники в наносистемной технике» (г. Москва, 2016); международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (г. Томск, 2016, 2017, 2018); IV международной научной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы» (г. Томск, 2017); XII всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (г. Новосибирск, 2018); International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2019 (Томск, 2019); 14-й международной конференции «Газоразрядные плазмы и их применение» (Томск, 2019).

Научная новизна диссертации.

1. Установлено, что при нанесении оптически прозрачных пленок ИТО на слой p-InGaAs гетероструктуры формируется омический контакт.
2. Предложена новая методика нанесения оптически прозрачных плёнок ИТО методом магнетронного распыления с устранением электронно-ионной бомбардировки подложки.
3. Доказано, что отжиг плёнок ИТО при температуре более 300 °С приводит к образованию вырожденного полупроводника n-типа. При этом уровень Ферми занимает положение выше дна зона проводимости на 0,09 эВ.

Практическая значимость работы

1. Разработаны физико-химические основы синтеза электропроводящих оптически прозрачных плёнок ИТО методом реактивного магнетронного распыления с возможностью их нанесения на гетероэпитаксиальные полупроводниковые структуры.
2. Разработан способ уменьшения радиационно-термического воздействия плазмы магнетронного разряда на подложку при нанесении тонкопленочных покрытий методом магнетронного распыления.

3. Показана перспектива применения плёнок ИТО в качестве слоя растекания в приборах оптоэлектроники. Методом моделирования показано, что введение слоя растекания тока позволяет увеличить КПД прибора более чем на 50 %.

Полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах, опубликованных автором.

Основные положения диссертационного исследования полностью отражены в опубликованных соискателем работах. Всего по результатам исследований опубликовано 39 работ, из них 10 в рецензируемых изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, 8 докладов на российских конференциях, 16 доклада на международных конференциях (из них 5 индексируется базами данных Scopus), 3 патента, 2 топологии интегральных схем.

Работы, входящие в перечень ВАК или индексируемые в базе данных Scopus:

1. Плазмохимическое травление InP/InGaAs гетероструктуры в индуктивно-связанной плазме Cl₂/Ar/N₂ для формирования оптических волноводных структур / С.В. Ишуткин, В.С. Арыков, Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // Доклады ТУСУР. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 28–32. (Входит в перечень ВАК)
2. Исследование влияния бомбардировки полупроводниковых подложек заряженными частицами на изменение их параметров / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, А.А. Чистоедова, Ю.В. Сахаров, А.В. Ильиных // Журнал Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век. – 2018. – №4. – С. 3–8. (Входит в перечень ВАК)
3. Ионно-плазменные методы получения наноструктур / Т. И. Данилина, П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров, Ю.С. Жидик // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», №3, Т. 20, Томск (октябрь 2017), ISSN 1818-0442, С. 40–45. (Входит в перечень ВАК)
4. Жидик Ю.С. Исследование неорганических электрохромных материалов для их использования в иллюминаторах с динамическим затемнением / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, Е.Е. Воронюк // журнал «Вестник МАИ», Москва, 2016 г., Т. 23 № 2. С. 160–166. (Входит в перечень ВАК)
5. Сахаров Ю.В. Исследование механизмов электропроводности пленок оксида индия, легированного оловом / Ю.В. Сахаров, П.Е. Троян, Ю.С. Жидик // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 3(37), Томск (сентябрь 2015), ISSN 1818-0442, С. 85–88. (Входит в перечень ВАК)
6. Сахаров Ю.В. Технология синтеза и свойства пористых оксидных пленок / Ю.В. Сахаров, П.Е. Троян, Ю.С. Жидик // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 4(38), Томск (декабрь 2015), ISSN 1818-0442, С. 72–75. (Входит в перечень ВАК)
7. Жидик Ю.С. Технология формирования покрытий на светодиодных гетероструктурах методом магнетронного распыления на примере нанесения пленок ИТО / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 4(34), Томск (декабрь 2014), ISSN 1818-0442, С. 52–55. (Входит в перечень ВАК)
8. Жидик Ю.С. Прозрачные электропроводящие покрытия с контролируемыми значениями коэффициента пропускания и поверхностного сопротивления / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, Ю.С. Сахаров // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 1(31), Томск (март 2014), ISSN 1818-0442, С. 99–102. (Входит в перечень ВАК)
9. Жидик Ю.С. Технология получения электропроводящих пленок ИТО высокой оптической прозрачности с низким значением величины удельного поверхностного сопротивления / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 2(26), часть 2, Томск (декабрь 2012), ISSN 1818-0442, С. 169–171. (Входит в перечень ВАК)
10. Жидик Ю.С. Расчет теплоотводящего и несущего покрытия при изготовлении светодиодов / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, Д.Д. Каримбаев // журнал «Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», 2(24), часть 2, Томск (декабрь 2011), ISSN 1818-0442, С. 73–76. (Входит в перечень ВАК)

11. Study and production of thin-film memristors based on $\text{TiO}_2 - \text{TiO}_x$ layers / E.V. Zhidik, P.E. Troyan, Y.V. Sakharov, Y.S. Zhidik, D.V. Korzhenko // Journal «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering» V.498, № 1, – 2019. (Индексируется в БД Scopus)
12. Sakharov Y.S. Energy efficient sensors based on carbon-modified silica films / Y.S. Sakharov, P.E. Troyan, Y.S. Zhidik // 2019 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2019 – Proceedings, – 2019. (Индексируется в БД Scopus)
13. Troyan P.E. Investigation of Temperature Stability of ITO Films Characteristics / P.E. Troyan, Y.S. Zhidik, E.V. Zhidik // Journal Matec Web of Conference. – 2018. – V.143. (Индексируется в БД Scopus)
14. Deposition of the low resistive ITO-films by means of reactive magnetron sputtering of the In/Sn target on the cold substrate / Y.S. Zhidik, P.E. Troyan, E.V. Baturina, D.V. Korzhenko, Y.N. Yurjev // Journal «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», V.135, № 1. – 2016, P. 1–5. (Индексируется в БД Scopus)
15. Troyan P.E. Synthesis of conducting films $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ with the method of magnetron sputtering and their electrophysical properties / P.E. Troyan, Y.S. Zhidik, Y.V. Sakharov // 15th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Novosibirsk. June 30 - July 4, 2014. – P. 98–104. (Индексируется в БД Scopus)

Результаты интеллектуальной деятельности:

16. Патент на изобретение: «Способ изготовления органического светоизлучающего диода»; зарегистрирован в государственном реестре изобретений Российской Федерации 16 июля 2014 г. под номером № 2528128.
17. Патент на полезную модель: «Тонкопленочный нагревательный элемент», зарегистрирован в государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 31 июля 2014 г. под №144827.
18. Патент на изобретение: «Способ напыления тонкопленочных покрытий на поверхность полупроводниковых гетероэпитаксиальных структур методом магнетронного распыления»; зарегистрирован в государственном реестре изобретений Российской Федерации 17 октября 2016 г. под номером № 2601903.
19. Электрооптический модулятор MZM-01: свидетельство о регистрации ТИМС № 2018630135; заявл. 2018630114 опублик. 06.07.18 г.
20. Электрооптический модулятор MZM-02: свидетельство о регистрации ТИМС № 2018630134; заявл. 2018630115 опублик. 06.07.18 г.

Статьи в журналах, сборниках научных трудов и материалов научных и научно-практических конференций:

21. Жидик Ю.С. Особенности технологии синтеза прозрачных проводящих оксидных пленок / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, В.В. Козик // Сборник материалов Международной научной конференции «Полифункциональные химические материалы и технологии», 22 – 25 мая 2019 г. – Томск: «Офсет Центр». – Том 1 – С. 54–56.
22. Свето пропускающие проводящие покрытия ИТО / А.А. Чистоедова, А.Е. Петрюк, Ю.С. Жидик, С.В. Смирнов // Сборник научных трудов XII Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации», 03 - 07 декабря 2018 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Часть 3. – С. 285–289.
23. Измерение поверхностного сопротивления GaN при напылении тонкопленочных слоев методом магнетронного распыления / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, А.В. Ильиных, Ю.В. Сахаров // сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (ЭССУ-2018), Томск, 28 – 30 ноября 2018 г. – Томск: В-Спектр, 2018 – Ч. 1. С. 68–70.
24. Арыков В.С. Технология формирования катодной части электрооптического модулятора на основе эффекта Штарка / В.С. Арыков, П.Е. Троян, Ю.С. Жидик // сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции

- «Электронные средства и системы управления» (ЭССУ-2017), Томск, 29 ноября – 1 декабря 2017 г.
25. Троян П.Е. Исследование температурной стабильности характеристик пленок ITO для их применения в качестве тонкопленочного прозрачного нагревательного элемента / П.Е. Троян, Е. В. Жидик, Ю.С. Жидик // сборник трудов IV Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы» (МНТ-2017), Томск, 25 – 27 октября 2017 г.
 26. Чистоедова А.А. Исследование рельефа и химического состава ITO до и после отжига / А.А. Чистоедова, Ю.С. Жидик // материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа, Томск, 10-12 мая 2017 г.: в 8 частях. – Томск: В-Спектр, 2017 – Ч. 2. С. 155–157.
 27. Исследование диэлектрических и электропроводящих свойств аморфных пленок ITO / М.И. Воротников, Н.И. Зудова, Ю.С. Жидик, Е.В. Жидик // Материалы X международной научно-практической конференции «электронные средства и системы управления», Томск (16 – 18 ноября 2016).
 28. Жидик Ю.С. Разработка технологии напыления пленок ITO методом магнетронного распыления и ее адаптация в условиях промышленного производства / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров // Сборник трудов 5-й международной научно-практической конференции «Технология микро и нанoeлектроники в наносистемной технике», Москва, ИНМЭ, 13-15 апреля 2016 г. С. 87–87.
 29. Воротников М.И. Изучение диэлектрических свойств аморфных пленок ITO / М.И. Воротников, Н.И. Зудова, Ю.С. Жидик // материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2016», Томск (25 – 27 мая 2016)
 30. Жидик Ю.С. Особенности технологии нанесения токопроводящих слоев оксида индия и олова вакуумно-плазменными методами / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // сборник материалов всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2014», Томск, 14 – 16 мая 2014 г. С. 146–149.
 31. Исследование влияния режима магнетронного распыления мишени In(90%)/Sn(10%) на параметры пленок ITO / Ю.С. Жидик, А.А. Ватюк, Е.Е. Воронюк, П.Е. Троян // сборник материалов XX международной научной конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» СТТ – 2014, Томск. 14 – 18 апреля 2014 г.
 32. Способ формирования прозрачного проводящего покрытия на основе оксида цинка / Ю.С. Жидик, А.А. Ватюк, Е.Е. Воронюк, П.Е. Троян // сборник материалов всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2014», Томск, 14 – 16 мая 2014 г. С. 143–146.
 33. Жидик Ю.С. Технология синтеза полифункциональных прозрачных электропроводящих пленок ITO / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян, Ю.С. Сахаров // сборник материалов всероссийской научной конференции с международным участием «Полифункциональные химические материалы и технологии», Томск. 21 – 23 ноября 2013 г. С. 32–33.
 34. Жидик Ю.С. Получение низкоомных пленок оксида индия, легированных оловом и измерение их основных параметров / Ю.С. Жидик, Ю.В. Сахаров, П.Е. Троян // сборник материалов 18-ого международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Харьков. 14 – 16 апреля 2014 г. С. 41–42.
 35. Жидик Ю.С. Разработка технологий формирования низкоомных омических контактов вертикального светодиода / Ю.С. Жидик, А.А. Ватюк, П.Е. Троян // XIX Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» СТТ- 2013, Томск, апрель 2013 г. С. 156–157.
 36. Жидик Ю.С. Моделирование вертикального светодиода в рабочем режиме и оценка влияния изменения элементов его конструкции на электрические и оптические

характеристики / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2013», Томск, май 2013 г. С. 156–159.

37. Жидик Ю. С. Расчет теплоотводящего и несущего покрытия мощного светодиода / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // XVIII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» СТТ – 2012, Томск, апрель 2012 г. С. 53–54.
38. Жидик Ю.С. Расчет и анализ распределения температурного поля и механических напряжений в матрице светодиода / Ю.С. Жидик, Н.В. Кайбагоров, П.Е. Троян // материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2012», Томск, май 2012 г. С. 162–164.
39. Жидик Ю.С. Проблема создания теплоотводящего и несущего покрытия при изготовлении светодиодов / Ю.С. Жидик, П.Е. Троян // материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2011», Томск (4-6 мая 2011). С. 81–83.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности.

Диссертация «Прозрачные омические контакты для изделий гетероструктурной полупроводниковой оптоэлектроники»

Жидика Юрия Сергеевича

(фамилия, имя, отчество - при наличии (полностью))

рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», специальность 01.04.04 «Физическая электроника»

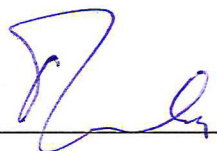
Заключение принято на научно-техническом семинаре
кафедры физической электроники ТУСУР

(наименование структурного подразделения организации)

Присутствовало на заседании 10 чел. Результаты голосования: «за» - 10 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 28 от «26» сентября 2019 г.

Председатель семинара:

Зав. кафедрой ФЭ, д.т.н.,
профессор



Троян П.Е.

Секретарь семинара:

Ст. преподаватель каф. ФЭ



Каранский В.В.

Верно:

Ученый секретарь ТУСУР



Прокопчук Е. В.