

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Чернова Артёма Сергеевича
«Исследование и разработка оптоволоконного микро-оптоэлектромеханического
кремниевое фотovoltaического датчика давления» представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 - «Твердотельная
электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на
квантовых эффектах»**

Актуальность темы диссертации. Диссертация посвящена проблеме разработки оптоволоконного фотovoltaического датчика давления. Датчики давления нашли свое применение практически во всех отраслях: автомобильной, медицинской, нефтегазовой, энергетике, авиации, ракетно-космической технике, научных и прикладных исследованиях, горнодобывающей, сейсмологии и др. С увеличением областей применения датчиков давления к ним предъявляются такие требования, как уменьшение массогабаритных параметров, обеспечение взрыво- и пожаробезопасности и электромагнитной устойчивости, снижение себестоимости, обеспечение высокой надежности и чувствительности.

Этим требованиям могут соответствовать оптоволоконные фотovoltaические датчики давления. Однако в настоящее время не существует обоснованной методики их проектирования. Поэтому актуальность диссертации Чернова Артёма Сергеевича, направленной на создание научно-обоснованной методики проектирования датчиков давления с указанными характеристиками, не вызывает сомнений.

Диссертационная работа А. С. Чернова состоит из введения, заключения и пяти глав.

Достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, изложенных соискателем в научных публикациях и в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа и моделирования, корректностью теоретического анализа, основанного на использовании фундаментальных уравнений, сопоставлением теоретических результатов с экспериментальными и литературными данными, применением современных средств и методик проведения экспериментальных исследований, а также успешным использованием разработанных моделей при создании опытных образцов преобразователей. Достоверность полученных результатов подтверждается также апробацией основных результатов на отечественных и зарубежных конференциях, опубликованными работами в ведущих рецензируемых научных изданиях и патентом на изобретение.

К новым научным и практическим результатам, полученным лично автором, можно отнести:

- 1) Новые конструкции датчиков, которые являются оригинальными и защищены Российскими патентами на изобретение и полезную модель. Конструкции содержат оптомеханический и фотovoltaический узлы с различными схемами нагружения оптоволоконна (одно- и двух- точечные схемы); предложенные способы повышения чувствительности датчиков.
- 2) Аналитические выражения для оценки влияния конструктивных параметров упругого элемента мембранного типа с жестким центром на характеристики оптомеханического узла датчика и отклонение светопроводящего оптоволоконна. Предложенные аналитические выражения подтверждены конечно-элементным моделированием в программном продукте ANSYS, где проверяются и рассчитываются чувствительность, запас прочности, нелинейность, отклонение оптоволоконна в зависимости от толщины мембраны, размеров оптоволоконна, положения и размеров жесткого центра. Использование двухточечной схемы нагружения позволяет увеличить чувствительность узла при одинаковой толщине мембраны. Проведен анализ результатов моделирования и сравнения с аналитическими выражениями, получен поправочный коэффициент.

3) Конструкция фотовольтаического узла, особенности преобразовательной функции, моделирование предложенной структуры фоточувствительного элемента в программном продукте Silvaco TCAD Athena. Рассмотрены вопросы особенностей модели, влияния пассивирующих покрытий и перемещения светового пучка, изменения формы светового пятна и функции преобразования фоточувствительных элементов. На основе полученных результатов сформированы технологические требования к разрабатываемой структуре.

4) Топология кристаллов оптомеханического и фотовольтаического узлов датчика, исследования полученных образцов кристаллов упругого элемента и сквозных отверстий фотовольтаического узла. основные закономерности формирования трехмерных островковых структур, алгоритм сборки образцов датчиков.

5) контрольно-измерительная схема и программное обеспечение для измерения, исследования характеристик элементов датчика, исследования характеристик датчика при различных температурах. в интервале от - 40 до + 85 °С. Показано, что образцы датчиков имеют слабую линейную зависимость температурного коэффициента чувствительности от температуры. Исследованные образцы датчиков показали хорошую сходимость результатов измерения преобразовательной характеристики с математической моделью.

Значимость работы Чернова А.С. для теории и практики заключается в том, что автору удалось комплексно рассмотреть совокупность процессов, сопровождающих работу фотовольтаических датчиков давления, и получить качественные и количественные характеристики, позволяющие реализовать новые подходы к их проектированию и оптимизировать этап предварительного проектирования датчиков с высокими технико-экономическими показателями.

Разработан технологический процесс изготовления датчика путём сочетания жидкостного анизотропного и плазмохимического травления, который применён для изготовления экспериментальных образцов датчиков.

В работе были замечены следующие недостатки:

- разработанные фотодиоды имеют избыточный размер по сравнению с размерами светового пятна, которое имеет минимальный размер 62.5 мкм, при условии, что размер пятна измеряется непосредственно на выходе из торца оптоволокна.
- применение при сборке клеевого соединения не является оптимальным, температурные характеристики применяемого клея не подходят для использования при температурах выше 80 градусов и ниже -15градусов, так как происходит разрушение/размягчение клеевого слоя, что приводит к неточности сборки конструкции и выходу из строя датчика.
- наличие в тексте орфографических ошибок (отсутствие запятых во многих предложениях).

В целом, отмеченные замечания не снижают общий высокий уровень диссертационной работы и ее практическую ценность. Результаты исследований, приведенные в диссертации, достаточно полно отражены в научных работах, обсуждались на различных конференциях и получили одобрение специалистов. Автореферат в полной мере отражает существо диссертационной работы, по объёму и содержанию соответствует требованиям, указанным в положении о порядке присуждения учёных степеней.

Заключение. Диссертация соискателя Чернова А.С. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие квалифицировать их как решение задачи, имеющей существенное значение для совершенствования и повышения функциональных и эксплуатационных характеристик, а также эффективности применения оптоволоконных

микрооптоэлектромеханических кремниевых фотovoltaических датчиков давления.

Описанные в диссертации исследования выполнены корректно, с использованием современного исследовательского оборудования. Все научные положения выносимые на защиту, можно считать доказанными и обоснованными. Результаты, выводы и экспериментальный материал диссертационной работы можно рекомендовать организациям, занимающимся разработкой и изготовлением устройств на основе датчиков давления.

Выполненная работа соответствует специальности паспорту специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах» (пункты 2, 3, 4 из паспорта специальности). Диссертация «Исследование и разработка оптоволоконного микро-оптоэлектромеханического кремниевого фотovoltaического датчика давления» соответствует всем критериям п. 9 -14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание учёной степени, а ее автор Чернов Артём Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 - «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник.

Доцент отделения электронной инженерии,
Инженерной школы неразрушающего контроля и
безопасности, Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

 Нестеренко Тамара Георгиевна

Контактная информация:

634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30, учебный корпус № 4, ауд. 206

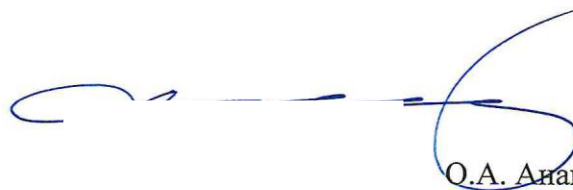
Тел: +7 (38-22) 60-63-64, +7 (38-22) 60-63-62

E-mail: ntg@tpu.ru

Подпись Т.Г. Нестеренко заверяю:

Ученый секретарь
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет»

10.06.2019 г.



О.А. Ананьева

Поступил в совет

10.06.2019



Ознакомлен Чл.сф

10.06.2019