

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Чернова Артёма Сергеевича

«Исследование и разработка оптоволоконного микро-оптоэлектромеханического кремниевого фотовольтаического датчика давления»
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. Диссертационная работа Чернова А.С. посвящена исследованию и разработке кремниевого фотовольтаического датчика давления. При разработке датчиков давления приходится решать задачи поиска новых конструктивных решений для удовлетворения таких специфических требований, как взрыво- и пожаробезопасность, а также решение традиционных задач: повышения чувствительности, уменьшение массогабаритных параметров, снижения себестоимости. Существенной новизной данной диссертационной работы является объединение оптических и МЭМС технологий. Предложенная в работе оригинальная конструкция кремниевого фотовольтаического датчика давления является перспективной для измерения низкочастотных колебаний и квазистатических давлений в сейсмологии, сейсморазведке и мониторинге промышленных объектов: ГЭС, угольные и рудные разрезы, шахты. Используемые в работе технологии и новые подходы позволяют снизить стоимость конечного датчика, в сравнении с датчиками рефлекторного типа с использованием решеток Брэгга, и качественно улучшить характеристики датчиков на фотовольтаическом эффекте. В связи с этим, диссертационная работа является актуальной, а результаты, полученные в ходе ее выполнения, могут быть положены в основу конструирования и дальнейшего улучшения характеристик фотовольтаических датчиков.

Целью диссертационной работы является исследование и разработка конструктивно-технологических основ создания оптоволоконного МОЭМС кремниевого фотовольтаического датчика давления (КФДД).

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Научные положения в достаточной степени обоснованы и напрямую следуют из результатов работы. Выводы и рекомендации по использованию результатов (практической значимости) являются

обоснованными. Они вытекают из результатов анализа литературных данных, технологических экспериментов, численного моделирования и измерений.

В диссертационной работе проведен анализ научно-технической литературы (список литературы содержит 128 наименований), посвященной конструктивным решениям датчиков давления, технологическим и топологическим аспектам формирования элементов фотовольтаического датчика давления. Автором, совместно с коллегами, разработаны и реализованы маршруты изготовления кристаллов чувствительного элемента, применена оригинальная конструкция сборки и юстировки элементов датчика. В работе описаны основные этапы разработки, изготовления и исследования, как элементов датчика, так и лабораторных образцов оптоволоконных кремниевых датчиков давления. Характеристики элементов и образцов датчиков измерены на аттестованном современном оборудовании. Проведены температурные исследования преобразовательных характеристик датчика в интервале температур от -40 до $+85$ °С. Расчеты математического моделирования выполнены при помощи широко известного программного обеспечения, в котором заложены корректные математические модели исследуемых физических процессов (ANSYS, SilvacoTCAD).

Оценка новизны и достоверности. Диссертационная работа Чернова А.С. обладает научной новизной и вносит заметный вклад в развитие современных датчиков давления. Научные результаты, полученные в ходе выполнения работы, являются оригинальными. Достоверность результатов моделирования, аналитических выражений и экспериментальных исследований подтверждается выбором известных методов расчета, заложенных в использованном программном обеспечении, методов измерений, использованием современного аттестованного оборудования и измерительных приборов. Изготовление экспериментальных образцов разработанных кремниевых кристаллов КФДД осуществлялось по проектным нормам отечественной КМОП технологии.

В целом диссертация оставляет хорошее впечатление системным построением, охватывая вопросы от конструкций и функционирования современных датчиков давления, до моделирования, разработки, проектирования, изготовления и экспериментального исследования характеристик. Проведена практическая работа, подтверждающая эффективность и реализуемость принципов нагружения оптоволокна в чувствительном элементе датчика. В связи с этим обоснованность научных положений и выводов, сформулированных автором, сомнений не вызывает. Диссертация прошла достаточную апробацию на 6-ти международных и российских научно-технических конференциях, по теме

работы опубликованы 5 статей в журналах перечня ВАК. По результатам исследования получены 2 патента на изобретение и 1 патент на полезную модель, что является дополнительным подтверждением практической значимости и новизны полученных технических решений.

К наиболее существенным научным результатам, полученным Черновым А.С., могу отнести следующие:

- Разработана оригинальная конструкция оптоволоконного КФДД, реализующая двухточечную схему нагружения оптоволоконной конструкции чувствительного элемента, которая обеспечивает высокую чувствительность к измеряемому давлению, и перпендикулярно расположенный кристалл с парой планарных фотодиодов в дифференциальном включении, обеспечивающих линейную форму выходного сигнала.

- Разработаны конечно-элементные модели кристаллов оптомеханического узла и проведено математическое моделирование, по результатам которого спроектированы и изготовлены кристаллы упругого элемента датчика а также показано, что использование двухточечной схемы нагружения позволяет увеличить чувствительность при одинаковой толщине упругого элемента и использовании стандартного промышленного оптоволоконного кабеля.

- Использование режима короткого замыкания обеспечивает положительный знак температурного коэффициента чувствительности, без применения специальных мер термокомпенсации в интервале температур от -40 до $+85$ °С.

Замечания по диссертационной работе:

1. Абстрактно-общая формулировка положений, выносимых на защиту (варианты конструкций, модели, результаты исследований), не общепринятые сокращения (КФДД, ОМУ, ФВУ, УЭ) и термины (приближение сопромата) в формулировке защищаемых положений.
2. В модели не рассмотрено влияние условий крепления оптоволоконной конструкции и свойства клеевого соединения кристаллов, что может отразиться на гистерезисе передаточных характеристик датчика.
3. Равномерность интенсивности светового пучка в пределах области засветки (стр. 96) представляется неоправданным приближением для расчета характеристик при малых перемещениях пучка.
4. Разработанная оригинальная технология сборки сложна, содержит много ручных операций с применением клеевого соединения микрокомпонентов, что отрицательно скажется на воспроизводимости характеристик и себестоимости датчиков.

Заключение. В целом, диссертация Чернова А.С. написана грамотно, оформлена в соответствии со стандартами. Графические материалы наглядны и дополняют восприятие информации. Выявленные недостатки не ставят под сомнение достоверность полученных автором результатов, правильность выводов и ценность исследования. Автореферат отражает содержание диссертации в полной мере, все основные результаты освещены должным образом.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям, указанным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям и содержит новые научно-технические решения, направленные на разработку и совершенствование оптоволоконных датчиков давления. На основании вышеизложенного считаю, что автор диссертационной работы Чернов Артём Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Официальный оппонент,
доктор технических наук
Директор научно-образовательного центра
«Нанотехнологии» федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования Санкт-Петербургский
государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
197376, г. Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова, дом 5
тел. +7 9213030902, avkorliakov@etu.ru,
akorl@yandex.ru



Корляков
Андрей Владимирович

Подпись Корлякова Андрея Владимировича
Начальник ОДС СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
7 июня 2019 года

Т.Л. Русяева

Поступил в совет 10.06.2019



Ознакомлен
10.06.2019