

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Пауткина Валерия Евгеньевича «Разработка технологии формирования кремниевых пьезорезистивных чувствительных элементов микромеханических акселерометров», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

1. Актуальность темы диссертации

Тема диссертационной работы автора соответствует одному из важных направлений области приборостроения – исследование, проектирование и производство перспективной датчиковой аппаратуры на основе новых материалов и технологий.

Микроэлектронные технологии стали неотъемлемой частью жизни и деятельности современного социума. Особенно это заметно в информационной и промышленной сферах деятельности. Самыми массовыми и востребованными стали такие изделия, как мобильные телефоны, персональные компьютеры различного поколения, автомобильная электроника, игрушки и проч. атрибуты современного общества, созданные с использованием микроэлектронных технологий и кремния.

Дальнейшим развитием традиционных твердотельных планарных технологий стали технологии формирования объемных полупроводниковых структур, в которых, наряду с кремнием, используются и другие функциональные и конструкционные материалы, в том числе аморфные и поликристаллические пленки.

В микроэлектронных датчиках (МЭД) использование поликремниевых пленок (ПКП) в качестве функционального материала, позволяет повысить рабочий диапазон температур за счет исключения изолирующих *p-n* переходов, являющихся элементом нестабильности. Кроме того, для акселерометров, являющихся МЭМС – структурами, сформированная на поверхности легированная ПКП, одновременно пассивирует поверхность чувствительного элемента (ЧЭ), повышая, тем самым, его стойкость к влиянию влаги.

Диссертационная работа Пауткина В.Е. направлена на разработку конструктивно-технологических решений формирования ЧЭ акселерометров на основе поликремниевой технологии. В работе решаются многие вопросы, связанные с повышением точности и стабильности ЧЭ интегральных акселерометров.

Таким образом, диссертационная работа Пауткина В.Е., ориентированная на создание конструкций и технологий ЧЭ с использованием легированных ПКП в качестве пьезорезисторного материала, является актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные в диссертационной работе теоретические, практические результаты и выводы обоснованы с позиций методологии исследования,

основаны на корректных исследованиях существующих и создания новых технологий, теории планирования эксперимента и проч.

Материалы диссертации соответствуют основным научно-техническим положениям разработки и оптимизации конструктивных и технологических решений при создании современной датчиковой аппаратуры, что подтверждено публикациями автора в различных научно-технических изданиях.

3 Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научную новизну диссертационных исследований составляют:

1. Разработанная оригинальная технология формирования пьезорезисторных ЧЭ (ПРЧЭ) микромеханических акселерометров на основе легированной ПКП, осажденной на двуокись кремния.

2. Разработанная оригинальная аналитическая модель управления электрическими параметрами кремниевых ПРЧЭ на этапах технологического процесса за счет выбора технологических режимов формирования.

3. С использованием разработанной аналитической модели управления установлены закономерности между технологическими режимами формирования и выходными параметрами кремниевых ПРЧЭ микромеханических акселерометров.

4. Разработана технологическая модель кремниевых ПРЧЭ микромеханических акселерометров, учитывающая влияние температуры на параметры ЧЭ.

Полученные автором новые научные результаты позволили повысить точность ЧЭ микромеханических акселерометров и оптимизировать технологию их изготовления.

4. Практическая значимость работы

Наиболее значимыми практическими результатами диссертационной работы Пауткина В.Е являются:

1. Разработка оригинальной технологии формирования и изготовление экспериментальных образцов поликремниевых ПРЧЭ микромеханических акселерометров с расширенным диапазоном рабочих температур и улучшенными по сравнению с аналогами техническими характеристиками (повышена рабочая температура свыше 100°C , снижен начальный уровень более чем в 3 раза, снижен температурный уход чувствительности в 3 раза).

2. Создание оригинальной топология поликремниевых ПРЧЭ микромеханических акселерометров, работоспособных при температурах более 100°C , обеспечивающая увеличение чувствительности на 10% по сравнению с существующими аналогами.

3. Внедрение результатов, полученных в диссертационной работе в опытное производство ОАО "НИИФИ" (г. Пенза) в виде экспериментальных образцов пьезорезистивных чувствительных элементов микромеханических акселерометров, что подтверждается соответствующими документами.

4. Использование конструктивно-технологических решений в НИОКР, проводимых по заказам Роскосмоса.

5 Оформление материалов диссертации

Материалы диссертации и автореферата изложены квалифицированно, логично, грамотным литературно-техническим языком. Диссертация сопровождается достаточным количеством хорошо оформленного иллюстрированного материала. Следует отметить, как положительную сторону использования автором при оформлении диссертации современных графических редакторов.

6.Замечания к диссертационной работе.

Наряду с отмеченными достоинствами, в оппонируемой диссертационной работе присутствуют и недостатки:

1. Слишком большой объем 1 раздела (44 стр. из 176).
2. Рис. 34, 35 – в структурной схеме профиль кристалла не может быть звеном измерительной цепи.
3. Не пояснен гибрид структурной модели датчика и технологических блоков на одной схеме.
4. С. 75, 76 подсчет суммарных погрешностей не соответствует существующим нормативным документам.
5. С. 79 при анализе способов уменьшения теплового сопротивления не рассматривался способ увеличения площади контактных площадок и самих пьезорезисторов.
6. В тексте диссертации отсутствует рис. 54.
7. На рис. 63 и 64 нет блока формирования терморезистора, имеющего на порядок большее значение поверхностного сопротивления, чем у пьезорезисторов.
8. По тексту диссертации не пояснен принцип выбора удельного сопротивления поликристаллической пленки и номиналов пьезо - и терморезисторов.
9. В тексте диссертации и автореферата присутствуют отдельные стилистические и орфографические неточности, например, с. 91 «...инерционная масса соединена с помощью профиля», с. 103, не схемы компенсации фотошаблона, а элементы компенсации, пьезорезисторные а не пьезорезистивные датчики и проч.

Заключение по диссертации.

Отмеченные недостатки не снижают научной ценности и общей положительной оценки оппонируемой диссертации.

Положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достоверны и отличаются новизной.

Диссертация Пауткина В.Е. является законченной научно-исследовательской работой, а результаты научно-технических решений и

экспериментальных исследований вносят значительный вклад в развитие проектирования и производство датчиков для ракетно-космической отрасли.

По результатам проведенных научных исследований опубликовано 28 работ, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, получено 8 патентов и авторских свидетельств на устройства и топологии. Разработанные модели, конструкции ПЧЭ и методики исследований внедрены в опытное производство ОАО «НИИФИ».

Автореферат не противоречит диссертации и в достаточной мере отражает ее содержание и суть.

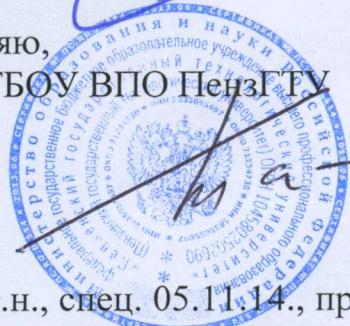
На основании изложенного считаю, что диссертация Пауткина В.Е. по актуальности, научно-техническому уровню и практическому значению соответствует «Положению о порядке присуждения ученой степени» утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.14 – «Технология приборостроения».

Официальный оппонент:

Профессор, доктор технических наук

П.Г. Михайлов

Подпись проф. Михайлова заверяю,
проректор по научной работе ФГБОУ ВПО ПензГТУ
профессор, д.т.н.



К.Р. Таранцева

Сведения об оппоненте:

Михайлов Петр Григорьевич, д.т.н., спец. 05.11.14., профессор кафедры «Информационные технологии и системы» (ИТС), ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет» (ПензГТУ), (440039 г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, тел. (8412)49-54-41.