

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Скворцова Павла Аркадьевича на тему «Разработка методики расчета и проектирования упругого элемента тензодатчика на структуре «кремний на сапфире»», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

В современном приборостроении большое количество датчиков давления изготавливаются на основе чувствительных элементов структуры кремний-на сапфире (КНС). Принципом работы таких структур является измерение деформации тензорезисторов, сформированных в эпитаксиальной пленке кремния, выращенного на сапфировой подложке. Такие структуры демонстрируют высокую чувствительность, радиационную стойкость и широкий диапазон рабочих температур. Вместе с тем, существуют и проблемы при проектировании таких приборов, связанные, в частности, с гистерезисными эффектами при изменении давления и температуры. Они обусловлены неоднородностью конструкции и жесткой связью мембраны с конструктивными элементами датчика. Поэтому поставленная задача, связанная с разработкой методики многокритериального проектирования упругого элемента полупроводникового тензодатчика, работающего на основе структуры КНС и учитывающая ее особенности, является актуальной.

В автореферате кратко приводится сравнительный анализ современных полупроводниковых датчиков давления, как российского, так и зарубежного производства, в том числе упомянута модель двухмембранного упругого элемента датчика давления на КНС. Далее рассматривается распределение деформаций по поверхности плоской мембраны с жестким центром, а также приводятся характеристики мембран, полученные по разным теориям.

В третьем разделе автореферата приведены результаты экспериментальных исследований структуры КНС методом сканирующей электронной микроскопии, а также исследование прочностных свойств сплава, состоящего из 72 % серебра и 28 % меди, используемого в структурах в качестве припоя. В ходе исследования с высокой точностью измерена толщина слоя кремния (0,8 мкм) и толщина сапфировой подложки (68,69 мкм). На основе полученных данных автором определены значения средних термоупругих напряжений, возникающих в слое кремния и сапфира после эпитаксиального выращивания.

Далее (разделы 4 и 5) автором описывается методика многокритериального проектирования упругого элемента полупроводникового тензодатчика на структуре «кремний на сапфире». В работе автором получены новые варианты конструкций, превосходящие исходный вариант по всем параметрам качества.

Соискателем отмечается, что результаты работы были внедрены в расчетную практику предприятия ЭПО «Сигнал» (г. Энгельс) – производителя приборов на основе КНС. Это, несомненно, относится к достоинствам данной работы.

В качестве замечания по работе следует отметить следующее: на стр. 13 автореферата автор пишет: «...определены значения средних термических напряжений, возникающих в слое кремния и в слое сапфира при эпитаксии». Хотя речь идет об остаточных напряжениях в структуре после эпитаксиального выращивания.

Считаю, что представленная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры и всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Скворцов П.А., заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 - Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Головин Юрий Иванович  
Директор Научно-исследовательского  
института «Нанотехнологии и наноматериалы»  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
университет имени Г.Р. Державина»,  
Ведущий научный сотрудник химического  
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова  
Заслуженный деятель науки РФ  
Д.ф.-м.н. (01.04.07 - физика конденсированного  
состояния), профессор

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования «Тамбовский государственный  
университет имени Г.Р. Державина»

Адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33

Тел: 8 (4752) 53-26-80

e-mail: nano@tsutmb.ru

