

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Вороновой Натальи Владимировны «Акустические свойства тонких пьезоэлектрических пластин при воздействии вязких и электропроводящих жидкостей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Теоретические и экспериментальные исследования особенностей распространения упругих волн в кристаллах и слоистых структурах имеют важное значение не только для фундаментальной науки, но и вносит существенный вклад в развитие техники. На основе исследований, проведенных в течение многих лет во многих лабораториях мира, разработан целый класс акустоэлектронных устройств, таких как резонаторы, генераторы, фильтры, детекторы температуры, концентрации газов и т.п. Прогресс в создании устройств акустоэлектроники полностью базируется как на создании новых материалов, так и на открытии новых физических свойств и эффектов, возникающих при распространении акустических волн в кристаллических и слоистых структурах. Поэтому исследование особенностей распространения мод упругой волны в пьезоэлектрической слоистой пластине представляет особый практический интерес для использования их свойств при создании сенсоров различного назначения. Это обстоятельство позволяет считать, что цель диссертационной работы является актуальной.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 164 страницы, в том числе 93 рисунка, 19 таблиц.

Глава 1 содержит обзор основных типов акустических колебаний (объемных, поверхностных рэлеевских, Гуляева-Блюстейна, Гуляева-Плесского, утекающих, клиновых), а также акустоэлектронных датчиков на основе кварцевого микробаланса, линий задержки, резонаторов на поверхностных волнах, составных резонаторов на объемных волнах и резонатор с дистанционным съемом информации. Особое внимание уделено

акустоэлектронным датчикам, определяющим физические свойства жидкостей.

В главе 2 изложены основные численные и экспериментальные методики, которые используются в диссертационной работе. Приведен подробный алгоритм работы с программой (McGill University), которая позволяет рассчитать характеристики упругих волн в пьезоэлектрических пластинах и слоистых структурах. Изложена методика экспериментов на 2-х созданных установках, работающих в импульсном и непрерывном режимах, которые позволяют провести измерения акустических свойств пьезоэлектрических пластин под действием различных внешних воздействий в том числе жидкостей. Приведен перечень жидкостных растворов, позволяющих проводить калибровку акустических датчиков отдельно на действие вязкости и электрической проводимости жидких веществ.

В главе 3 приведены особенности возбуждения и распространения нормальных акустических волн в кристаллических пластинах и слоистых структурах со свободными и металлизированными поверхностями. Экспериментально установлено, что с ростом толщины пластины моды низких порядков подтягиваются к поверхности с электромеханическими преобразователями, моды высоких порядков концентрируются в центре пластины, моды близких номеров интерферируют друг с другом, а гармоники мод низких порядков интерферируют с модами высоких порядков на их основной частоте. В этой же главе доказана возможность существования нормальных волн квазипродольного типа не только в направлениях и кристаллах высокой симметрии, как было показано ранее, но и в более низкосимметричных средах, а также в слоистых структурах в виде пластин, покрытых слоями материалов иных материалов разной толщины. Для слоистых структур впервые выполнен анализ профилей упругих смещений и продемонстрировано, что профили всех мод не являются строго симметричными или антисимметричными относительно центральной плоскости, равноудаленной от обеих поверхностей структуры. Не симметрия

профилей показана и при односторонней металлизации пьезоэлектрических пластин.

Глава 4 посвящена исследованию сенсорных свойств нормальных акустических волн в пьезоэлектрических пластинах и слоистых структурах. Изложены результаты экспериментальных исследований чувствительности характеристик мод упругой волны в зависимости от температуры, вязкости или электрической проводимости нагруженного жидкостного раствора. Показано, что чувствительность этих мод зависит от номера моды, толщины пластины и длины волны. Базируясь на этих зависимостях, предложены конструкции двух прототипов акустоэлектронных сенсоров - одного, позволяющего одновременно измерять 3 параметра жидкого раствора, и другого – обеспечивающего идентификацию жидкостей по совокупности физических параметров жидких сред.

Содержание диссертации соответствует специальности 0.1.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Научная новизна диссертации заключается в том, что распространение и сенсорные свойства мод упругой волны впервые исследованы для волн разного типа, разных, в том числе, высших порядков, в средах с большей и меньшей симметрией, а также в новых структурах, образованных пластинами и пленками разных материалов.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке новых экспериментальных методов акустической характеристики жидких веществ, которые подкреплены созданием соответствующих прототипов и получением 2-х патентов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается использованием надежных расчетных и экспериментальных методик, хорошо проверенных материальных констант, совпадением теоретических и экспериментальных данных, публикацией результатов в серьезных научных журналах и цитированием некоторых результатов диссертации другими авторами.

Публикации Н.В.Вороновой указаны в каждом параграфе диссертации и отражают ее содержание.

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отметить следующие:

1. Отсутствие сравнительного анализа чувствительности разработанных автором макетов с аналогичными уже существующими акустоэлектронными устройствами.

2. Не подкреплён расчетами экспериментально обнаруженный факт «подтягивания» нормальных мод низких порядков к поверхности «толстых» пластин, которая содержит излучатель и приемник.

3. Не дано объяснение, почему обратная трансформации квазипродольной волны в волну Лэмба в тетраборате лития происходит не в моду с 3-мя сопоставимыми компонентами смещения, а в волну, SH компонента которой доминирует над 2-мя другими (рис.3.11,в).

4. Из-за отсутствия в диссертации иных примеров складывается впечатление, что трансформация одного типа мод упругой волны в другой – уникальное явление, тогда как это далеко не так. Автору следовало бы обратить на это внимание в тексте своей работы.

5. Несмотря на в целом качественное оформление диссертация имеет ряд стилистических погрешностей. Например, описание рис.1.6,с в тексте отсутствует; рис. 3.13 дублируют рис.2.16.

Однако, указанные замечания носят частный характер и не могут повлиять на общую высокую оценку диссертационной работы. В целом диссертационная работа Вороновой Н.В. представляет собой законченное научное исследование. Представленные результаты, отличаются достаточной полнотой и высоким уровнем исполнения, свидетельствуют о высокой квалификации диссертанта.

Основные результаты диссертационной работы полностью отражены в достаточном количестве опубликованных статей в престижных рецензируемых российских и зарубежных научных журналах,

рекомендованных ВАК РФ, а также лично автором доложены на многочисленных российских и международных конференциях по теме диссертации.

Работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Автореферат отражает содержание диссертации в полном объеме.

Считаю, что Воронова Наталья Владимировна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Профессор кафедры «Физика твердого тела и нанотехнологий»
Институт инженерной физики и радиоэлектроники
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
доцент, доктор физико-математических наук – 01.04.03 (радиофизика)

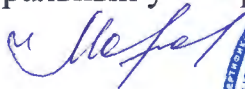


Бурков Сергей Иванович

660041 г. Красноярск пр.Свободный 79
Электронная почта: sburkov@sfu-kras.ru
тел. 8-902-942-99-50

«28» января 2019 г.

Подпись Буркова С.И. удостоверяю
Ученый секретарь
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»



Морозова И.И.

Организация Институт инженерной физики и радиоэлектроники
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041 г. Красноярск
пр.Свободный 79 т.+7 (391) 2-912-967; www.sfu-kras.ru, sburkov@sfu-kras.ru

