

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно- исследовательской  
работе

«ФГБОУ ВО СГУ имени

Н.Г. Чернышевского»

доктор физико-математических наук,

профессор



А. А. Короновский

2019 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу

**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

### 1. Актуальность темы диссертации

Одним из важных современных направлений развития науки и техники является развитие сенсорики, основанной на новых эффектах, процессах и способах измерений. Особые ожидания связываются с использованием датчиков акустического типа, обладающих уникальными свойствами по чувствительности, стабильности, миниатюризации и стоимости. Кроме того, в настоящее время часто акустические датчики объединяются с кодирующей структурой на поверхностных акустических волнах, позволяющей одновременно передавать и принимать измерительную информацию от многих дат-

чиков в сложных технических устройствах по принципу RFID.

Поэтому тема диссертации Вороновой Н.В., целью которой является исследование влияния вязких и электропроводящих жидкостей на физические свойства нормальных акустических волн различных типов и порядков в пьезопластинах, а также выявление наиболее подходящих типов и порядков волн для использования в процессе измерения температуры, вязкости и других свойств жидкостей, является несомненно актуальной.

## **2. Новизна исследования и полученных результатов.**

Наиболее ценными новыми научными результатами, полученными автором, являются следующие:

- впервые показана возможность существования новых нормальных волн (квазипродольных, называемых волнами И.В. Анисимкина) в неоднородных структурах и кристаллах с низкой симметрией;

- впервые установлены новые свойства нормальных волн в кристаллических пластинах:

1) угол отклонения потока энергии нормальной волны порядка  $n$  от волнового вектора зависит от номера  $n$ ,

2) температурные коэффициенты скорости нормальных волн зависят от  $n$ , толщины пластины и длины волны;

- разработана новая экспериментальная методика для одновременного измерения вязкости, проводимости и температуры микропроб жидкости;

- разработана новая экспериментальная методика для идентификации жидкостей микролитрового объема без использования специальных чувствительных покрытий;

## **3. Степень обоснованности и достоверности положений и выводов, сформулированных в диссертации.**

Решение поставленных в диссертационном исследовании Вороновой Н.В. задач по расчету характеристик и конструкций экспериментальных макетов и образцов выполнено с помощью известной и хорошо зарекомендовавшей себя программы McGill University. Основные положения и выводы

диссертации не противоречат современным теоретическим представлениям, достоверность полученных результатов подтверждается их сопоставимостью с результатами других авторов, а также хорошим соответствием расчетных и полученным автором экспериментальных данных.

#### **4.Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта**

Полученные результаты существенно уточняют и углубляют знания о свойствах нормальных акустических волн в пьезоэлектрических пластинах и структурах, их включающих. В частности, представляют особый интерес исследования необычных по своим свойствам квазипродольных объёмных волн в пластинах (волн И.В. Анисимкина).

Впервые подробно исследованы сенсорные свойства высших типов нормальных волн и показаны их преимущества при создании акустических датчиков физических параметров жидкостей микролитрового объема

Установленные в диссертации особенности и закономерности могут быть использованы для анализа и интерпретации экспериментальных данных при других сочетаниях материалов структур и жидкостей, а также могут служить основой для постановки новых экспериментальных исследований.

Разработанные трехпараметрический жидкостный датчик и датчик в виде интегральной решетки ввиду отсутствия чувствительного покрытия поверхности пластины имеют повышенную долговременную стабильность и улучшенную повторяемость результатов измерений по сравнению с известными аналогами, использующими чувствительные покрытия.

#### **5.Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Описанные в диссертации новые результаты и выводы могут быть использованы в Саратовском национальном исследовательском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского, в Саратовском государственном техническом университете им. Ю.А. Гагарина, в Институте биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН для развития методов оператив-

ного и точного определения физических параметров и распознавания жидкостей микролитрового объема.

#### **6.Соответствие работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям**

Диссертация Вороновой Натальи Владимировны «Акустические свойства тонких пьезоэлектрических пластин при воздействии вязких и электропроводящих жидкостей» соответствует требованиям пунктов 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

#### **7.Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации**

Автореферат соответствует требованиям, предусмотренным п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней», его содержание достаточно полно отражает содержание диссертации, полученные результаты и выводы.

#### **8.Оценка содержания и оформления диссертации**

Диссертационное исследование Вороновой Н.В. в целом представляет собой нужную и важную законченную научную работу, в которой проведены исследования особенностей возбуждения и распространения волн Лэмба высших порядков в пластинах в контакте с различными жидкостями и созданию нового класса акустических сенсоров, использующих высшие типы нормальных волн, в том числе новые квазипродольные волны И.В. Анисимкина, а также определены возможности использования экспериментально изученных акустических датчиков для применения при оперативном анализе и распознавании образцов жидкостей микролитрового объёма.

Поставленные в работе задачи решены достаточно полно на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, цель диссертационного исследования достигнута. Основные положения работы и выводы сформулированы ясно и аргументировано. Полученные результаты обладают несомненной научной значимостью и новизной.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с предъявляемыми требованиями, язык и стиль изложения соответствуют литературным нормам.

Результаты исследований прошли хорошую апробацию на международных и всероссийских научных конференциях, они опубликованы в 9 научных журналах, рекомендуемых ВАК, в 4 журналах, входящих в международную базу цитирования Web of Science и Scopus, а также в 2 патентах.

### **9.Замечания по работе**

1.При обсуждении результатов по генерации высших гармоник нормальных волн (с.68) не даны объяснения:

- а) почему частоты гармоник не равны тройной частоте основной волны,
- б) почему в одних случаях генерация гармоник наблюдается, а в других нет,
- в) чем отличаются условия возбуждения гармоник нормальных волн от гармоник волн поверхностного типа.

2.В тексте диссертации нет обсуждения того, что при измерении температуры жидкости в разработанном прототипе трехпараметрического датчика (с.135) используется распространение поверхностной акустической волны перпендикулярно оси X, хотя температурная чувствительность этой волны намного ниже, чем вдоль оси X.

3.Из текста диссертации не ясно, как учитывалось отклонение потока энергии нормальных волн в конструкции идентификатора.

4.В диссертации отсутствует физическая интерпретация неожиданного результата, состоящего в том, что скорость нормальной волны в пластине, нагруженной жидкостью с меньшей скоростью звука (водой), имеет большее значение, чем при нагрузке жидкостью с большей скоростью звука (глицерином).

### **10.Заключение**

Диссертация Вороновой Н.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для создания научных основ и физических

принципов разработки новых акустических датчиков физических величин, использующих нормальные акустические волны в пьезоэлектрических пластинах и структурах на их основе.

На основании вышеизложенного диссертация «Акустические свойства тонких пьезоэлектрических пластин при воздействии вязких и электропроводящих жидкостей» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций, а ее автор Воронова Наталья Владимировна достойна присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Доклад Вороновой Н.В. по материалам диссертационной работы заслушан и обсужден на расширенном семинаре Научно-технологического центра «Микро- и наноэлектроника» 13 декабря 2018 г. (протокол № 12/18). На семинаре присутствовало 10 сотрудников, в том числе 3 доктора и 7 кандидатов физико-математических наук - специалистов по теме диссертации.

Отзыв подготовил:

Сучков Сергей Германович,  
доктор физико-математических наук, с.н.с.,  
руководитель Научно-технологического центра «Микро- и наноэлектроника»  
«ФГБОУ ВО СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,  
номер телефона: +7 (8452) 27-11-96,  
адрес электронной почты: suchkov.s.g@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», сокращенно «ФГБОУ ВО СГУ имени Н.Г. Чернышевского», 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, 8452-261696, rector@sgu.ru, www.sgu.ru.

