

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гудкова Сергея Игоревича «Диэлектрический отклик и электропроводность гетероструктур на основе тонких плёнок ниобата лития и танталата лития, сформированных на кремниевых подложках», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Актуальность проблемы. В настоящее время тонкопленочные сегнетоэлектрические гетероструктуры широко применяются в качестве функциональных элементов различного типа. К основным областям практического применения можно отнести их использование в микроэлектромеханических системах (MEMS), СВЧ-устройствах, лазерной технике, акусто- и оптоэлектронике. Немаловажным также является возможность применения тонкопленочных сегнетоэлектриков в качестве элементов сегнетоэлектрической энергонезависимой памяти (FeRAM).

В последнее время в электронной промышленности наблюдается тенденция к интеграции кремниевых технологий с сегнетоэлектриками и созданию тонкопленочных сегнетоэлектрических структур на кремниевых подложках. При этом свойства пленок могут значительно отличаться от свойств объемных материалов за счет размерных эффектов, технологии роста пленочных структур, состава и подложки и материала электродов. Отличие свойств тонкопленочных структур от свойств объемных материалов и влияние на их характеристики различных факторов в настоящее время изучены недостаточно.

Развитие микроэлектроники, миниатюризация в приборостроении влекут за собой необходимость в создании и исследовании микро- и наноразмерных структур на основе сегнетоэлектриков – ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) и танталата лития ( $\text{LiTaO}_3$ ). Это связано с важностью данных материалов для практического применения, в частности, в электрооптике и пьезоэлектрических датчиках. Это обуславливает необходимость интеграции ниобата лития и танталата лития с кремниевыми технологиями и исследования структур металл/сегнетоэлектрик/полупроводник (МСЭП-структура).

Диссертационное исследование Гудкова С. И. посвящено установлению зависимости электрофизических характеристик МСЭП-структур на основе ниобата лития и танталата лития от технологии получения.

В работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследование электрического отклика гетероструктур на воздействие теплового потока показало наличие у образцов естественной униполярности за счет формирования слоя объемного заряда на границе раздела сегнетоэлектрик/полупроводник. Оценка пьезоэлектрических коэффициентов составляет  $\sim 15$  мкКл/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ) для пленки  $\text{LiNbO}_3$  и  $\sim 64$  мкКл/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ) для пленки  $\text{LiTaO}_3$ .
2. Исследование электропроводности МСЭП-структур показало, что зависимости тока от напряжения для обеих структур имеют диодный характер. Для пропускного направления основным механизмом проводимости является ток, ограниченный пространственным зарядом. При обратном смещении наблюдается прыжковая проводимость с последующим переходом при увеличении напряженности электрического поля к эмиссии Шоттки.
3. Установлено, что значительная дисперсия диэлектрической проницаемости в диапазоне частот  $25 - 10^6$  Гц обусловлена наличием «мертвого» слоя на границе сегнетоэлектрик/полупроводник. Выполнен расчет параметров «мертвого» слоя,

существующего на интерфейсе сегнетоэлектрик/полупроводник, для структур металл/сегнетоэлектрик/полупроводник с тонким слоем ниобата лития и танталата лития.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, определяется комплексным использованием различных взаимодополняющих экспериментальных методов и использованием современных средств анализа экспериментальных данных. Обоснованность полученных в работе результатов подтверждается публикациями в ведущих научных журналах и цитируемостью статей автора по теме диссертации.

По содержанию автореферата имеются следующее замечание. При наличии барьерных слоев емкость гетероструктуры может существенно зависеть от приложенного напряжения. Однако в автореферате не указано, при каких напряжениях проводились исследования частотной зависимости диэлектрических свойств МСЭП-структур (рис.4), и этот аспект не обсуждается.

В целом, насколько можно судить из автореферата, диссертация представляет собой законченную работу, в которой на основании выполненных автором экспериментальных и теоретических исследований могут быть разработаны технологии получения новых МСЭП-структур. По своей актуальности, новизне и объёму результатов, достоверности и убедительности выводов диссертационная работа Гудкова Сергея Игоревича «Диэлектрический отклик и электропроводность гетероструктур на основе тонких плёнок ниобата лития и танталата лития, сформированных на кремниевых подложках» отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8.– Физика конденсированного состояния.

Доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры физического и  
математического образования БГПУ

С.В. Барышников

675000, г. Благовещенск, ул. Ленина, 104, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Благовещенский государственный педагогический университет», Тел.: 8 (416 2) 99-16-49 E-mail: [svbar2003@list.ru](mailto:svbar2003@list.ru) 30.10.2023.