

## **О Т З Ы В**

официального оппонента на диссертацию

Каменщикова Михаила Викторовича

«ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ И БАРЬЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТОНКИХ  
СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ ЦИРКОНАТА-ТИТАНАТА СВИНЦА»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

### **Актуальность темы**

Среди обширного класса сегнетоэлектрических пленок тонкие слои цирконата-титаната свинца (ЦТС) продолжают оставаться одним из наиболее перспективных материалов для различных устройств микроэлектроники, таких как пьезо– и пиродатчики, сенсоры, элементы сегнетоэлектрической памяти и т. д. Большое число публикаций на протяжении нескольких десятилетий в отечественных и зарубежных научных изданиях, посвященных различным способам получения и электрофизическим свойствам данного соединения, с одной стороны указывают на высокий интерес исследователей к пленкам ЦТС, а с другой – на множество нерешенных технологических проблем и далеко не полное понимание физических аспектов протекающих процессов.

Следует также отметить сложность изучаемых тонкопленочных структур с точки зрения многообразия и суперпозиции электрических механизмов переноса и релаксации заряда в присутствии спонтанной поляризации. Разделение вкладов действующих механизмов в величину измеряемого тока, а также выделение преобладающего механизма является далеко не тривиальной задачей для исследователя. Однако с такой задачей автор успешно справился, а полученные им результаты имеют большое значение для практической реализации данных структур в изделиях микроэлектроники.

В этой связи актуальность темы диссертационной работы М.В. Каменщикова сомнений не вызывает.

### **Научная новизна**

Автором впервые установлена взаимосвязь конкретных технологических параметров, касающихся условий получения пленок определенного состава (ЦТС-56/46), с их морфологическими особенностями и механизмами электропереноса в сильных и слабых постоянных и переменных электрических полях, а также явлениями на интерфейсах пленка–электрод. Показано, что температура синтеза существенно влияет на:

- 1) асимметрию и нелинейность ВАХ сегнетоэлектрических тонкопленочных конденсаторных структур платина/PZT(54/46)/платина;
- 2) величину электрического поля, приводящего к переключению режимов прохождения тока через образец;
- 3) величину диэлектрической проницаемости, удельной проводимости, высоту потенциальных барьеров на границах пленка–электрод;
- 4) размеры кристаллитов и степень стехиометрии состава;

Также впервые обнаружены фазовые превращения в пленках во время их синтеза, приводящие к аномалиям электрофизических характеристик. Получены количественные оценки величин потенциальных барьеров, проводимости, подвижности носителей заряда. Особую важность представляет установленное автором влияние спонтанной поляризации на величину потенциальных барьеров и, как следствие, на процессы переноса заряда в тонкопленочных структурах металл–сегнетоэлектрик–металл.

### **Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы**

Достоверность полученных экспериментальных данных определяется применением современных измерительных приборов, проверенных и разнообразных методик, соответствием полученных значений ряда величин с дан-

ными из литературных источников, а также уровнем высокорейтинговых отечественных и международных научных журналов в которых опубликованы работы автора. Кроме того, промежуточные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на нескольких Всероссийских и Международных научных конференциях. Все это обеспечивает обоснованность и достоверность результатов и выводов.

### **Замечания по диссертационной работе**

Несмотря на многочисленные достоинства работы, в ней имеется и ряд недостатков, к которым можно отнести следующие:

- 1) не совсем удачно сформулированы цели работы, т. к. «анализ» является скорее вспомогательным инструментом, а не целью;
- 2) недостаточно полно описана предыстория образцов после их синтеза, т.е. не ясен режим охлаждения, который для оксидов особенно важен;
- 3) для степенной зависимости электропроводности образцов на переменном токе от частоты имеет место излом, что указывает на смену механизмов (рис. 3.32), но это в работе не комментируется, тогда как важную информацию можно было бы извлечь из температурных зависимостей показателей степени от температуры;
- 4) не ясно, почему на стр. 107 для расчетов бралась величина спонтанной поляризации из литературы, а не из экспериментально полученных автором петель диэлектрического гистерезиса;
- 5) имеют место неточности в подписи к рис. 4.3; отсутствуют единицы измерений на оси ординат к графикам на рисунках 4.4, 4.6, 4.8.

### **Заключение**

Сделанные замечания не снижают положительной оценки рассматриваемой работы и не влияют на защищаемые положения и выводы. Представлен-

ный автореферат полностью соответствует структуре и содержанию диссертации.

Таким образом, диссертация М.В. Каменщикова является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, и отвечающей требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Каменщиков Михаил Викторович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

28.11.2014 г.

### Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,  
профессор, кафедра экспериментальной физики  
физического факультета ФГБОУ ВПО «ВГУ»,  
профессор.



А.М. Солодуха

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет».

Почтовый адрес: 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1.

Тел.: +7 (473) 2208-625.

E-mail: asn2@yandex.ru.

