

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Михайлюк Екатерины Андреевны «**Электрофизические свойства полупроводниковых гетероструктур  $In_2Te_3/InAs$  и  $In_{2x}Ga_{2(1-x)}Te_3/InAs$** », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Современное развитие микроэлектроники нуждается в совершенствовании электрофизических методов исследования многослойных композиций, включающих различные комбинации полупроводниковых и диэлектрических слоев. К основными средствам исследования активных дефектов в полупроводнике, на границе раздела полупроводник-диэлектрик и в диэлектрическом слое базовой структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП), относятся базовые методы, включающие измерения временных, полевых и температурных зависимостей емкостей и токов.

При этом прогресс современной микроэлектроники в значительной степени связан с повышением рабочей частоты и степени интеграции микросхем – геометрические размеры приборов постоянно уменьшаются. Это приводит к существенному возрастанию влияния различных неоднородностей в МДП-системах, в частности, сложных профилей распределения легирующей примеси в полупроводнике и объемного заряда в диэлектрике, а также планарной неоднородности поверхностного заряда на границе раздела полупроводник-диэлектрик.

Диссертационная работа Михайлюк Е.А. посвящена исследованию методов управления электрофизическими параметрами МДП-структур, стимулирующих развитие новых физических методов исследования и контроля МП-П-структур. В качестве основы для таких полевых гетероструктур еще в 1974 году, в работах Б.И. Сысоева и В.Ф. Сынорова, была предложена изорешеточная система  $Ga_2Se_3/Si$ .

Обобщение известных ранее теоретических и экспериментальных подходов к изучению гетероструктур типа  $A_2^{III}B_3^{VI} - A^{III}B^I$  позволило автору поставить и последовательно решить следующие задачи:

1. Изучены условия формирования гетероструктур  $In_2Te_3/InAs$  ( $n$  – типа) и  $In_{2x}Ga_{2(1-x)}Te_3/InAs$  ( $x \sim 0.65$ )/ $InAs$  ( $n$  – типа) по технологии гетеровалентного замещения и методом напыления в квазизамкнутом объеме из независимых источников в рамках предложенной модели изорешеточной системы.

2. Определены параметры глубоких уровней в тонких слоях соединений  $A_2^{III}B_3^{VI}$  на  $InAs$  ( $n$  – типа) методом анализа вольт – фарадных и вольт – амперных характеристик МДП – структур.

3. Предложена теоретическая модель процессов токопрохождения в полупроводниковых гетероструктурах на основе арсенида индия с тонкими слоями соединений со стехиометрическими вакансиями типа  $In_2Te_3$ .

4. Произведена оценка вклада ЦЛЗ в электронные процессы и определены оптимальные условия использования тонких слоев соединений  $A_2^{III}B_3^{VI}$  в качестве подзатворных и полужолирующих в МДП-структурах.

В качестве наиболее значимых результатов диссертационной работы, отличающихся новизной, можно отметить следующие.

1. Доказано, что гетероструктуры  $In_2Te_3/InAs$  и  $In_{2x}Ga_{2(1-x)}Te_3/InAs$  ( $x \sim 0.65$ ) ( $n$  – типа) независимо от способа их получения, содержат на границе раздела глубокие центры с энергией активации 0.5 эВ и 0.36 эВ ниже дна зоны проводимости, при этом концентрация нейтрального ЦЛЗ ( $2 \cdot 10^{15} \pm 8 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ ) напрямую зависит от способа получения и технологических режимов формирования структур.

2. Результаты моделирования свидетельствуют об изменении типа проводимости в диэлектрическом слое  $In_2Te_3$  при температуре выше 250 К с электронного на дырочный, обусловленным участием центра с энергией 0.36 эВ.

3. Рассчитаны значения подвижности свободных носителей заряда в диапазоне температур (77 – 400) К, которые обеспечивают возможность использования слоев  $In_2Te_3$  или  $In_{2x}Ga_{2(1-x)}Te_3$  ( $x \sim 0.65$ ) в качестве изолирующих в полевых гетероструктурах на основе  $InAs$ .

В качестве замечаний можно отметить:

1. Физическая природа уровней с энергией 0,5 эВ и 0.36 в автореферате по существу не раскрывается.
2. В тексте имеется ряд стилистических и синтаксических погрешностей.

В целом представленная работа, судя по автореферату, является самостоятельным глубоким научным трудом. Основные выводы и результаты работы достаточно подробно опубликованы в виде научных статей в ведущих российских изданиях рекомендованных ВАК, в том числе индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

Считаю, что диссертация Михайлюк Е.А. отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Заведующий кафедрой инноватики и строительной физики Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, доктор технических наук, профессор



/ Суровцев Игорь Степанович /

29.01.2016

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,  
394026, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября  
тел.: +7 (910) 746-85-61  
E-mail: president@vgasu.vrn.ru

