

ОТЗЫВ

научного руководителя

о диссертации Романова Ивана Александровича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.07 – физика конденсированного состояния на тему

«Структура и люминесцентные свойства диэлектрических пленок на основе слоев оксида и нитрида кремния и нанокompозитов SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 »

Диссертация Романова Ивана Александровича «Структура и люминесцентные свойства диэлектрических пленок на основе слоев оксида и нитрида кремния и нанокompозитов SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 » посвящена изучению закономерностей изменения оптических, люминесцентных и электрофизических свойств диэлектрических пленок на основе слоев нитрида и оксида кремния, а также систем SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 в зависимости от их элементного и структурно-фазового состава. Важность представленных в диссертационной работе исследований обусловлена перспективами разработки светоизлучающих устройств, элементов оптоэлектроники и фотоники совместимых с технологией производства кремниевых микросхем. Создание светоизлучающих структур на кремниевой платформе откроет возможности реализации быстродействующей оптической коммутации, а также оптоэлектронной развязки электрических цепей на одном кристалле, что позволит уменьшить габариты и стоимость разрабатываемых электронных устройств.

Основные проблемы разрабатываемых светоизлучающих структур на основе слоев нитрида и оксида кремния – низкий квантовый выход и высокая скорость деградации. Одним из подходов увеличения квантового выхода люминесценции структур на основе оксида и нитрида кремния является создание диэлектрических пленок с чередующимися слоями оксида и нитрида кремния. В диссертации Романова И.А. подробно изучены проблемы деградации светоизлучающих пленок на основе слоев оксида и нитрида кремния, а также установлена природа их фото- и электролюминесценции.

Нанокompозиты SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 являются перспективным материалом для применений в кремниевой оптоэлектронике в качестве материала излучающего свет в фиолетовой области спектра. 4-я глава диссертации Романова И.А. посвящена актуальной проблеме – исследованию влияния структурно-фазового состава на электрофизические и люминесцентные свойства нанокompозитов SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 .

Работа Романова И.А. соответствует приоритетному направлению, фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2021 – 2025 гг. «Фотоника и электроника для инноваций». Результаты научной работы соискателя ученой степени могут найти широкое применение в сферах промышленности микро- и оптоэлектроники, космической и специальной оптоэлектроники.

В ходе выполнения диссертационного исследования Романов И.А. решил следующие задачи:

- разработал и реализовал спектрометрический комплекс для исследования фото- и электролюминесценции структур на кремниевых подложках в системе электролит-диэлектрик-полупроводник;

- установил корреляцию соотношения компонентов Si/N в слоях нестехиометрического нитрида кремния в одно-, двух- и трехслойных диэлектрических пленках на кремниевых подложках с оптическими свойствами слоев нитрида кремния;

- установил природу фото- электролюминесценции диэлектрических пленок, содержащих слои оксида и нитрида кремния;

- исследовал деградацию электролюминесценции диэлектрических пленок на основе слоев оксида и нитрида кремния на кремниевых подложках;

- разработал режимы имплантации ионов олова в структуры SiO_2/Si и последующих термообработок с целью формирования светоизлучающих нанокompозитов « SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 »;

- установил закономерности изменения структурно-фазового состава, электрофизических свойств, интенсивности и спектральной формы полос фото- и электролюминесценции нанокompозитов « SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 » от величины флюенса имплантации ионов Sn^+ и температуры последующих термообработок;

- определил внешний квантовый выход электролюминесценции диэлектрических пленок на основе слоев оксида и нитрида кремния и нанокompозитов « SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 ».

Основные результаты диссертации опубликованы в 21 научной работе, в числе которых 8 статей в научных изданиях, включенных в перечень изданий, и в иностранных научных изданиях в соответствии с п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, в том числе таких как «Journal of Nanomaterials», «Materials Letters», «Results in Optics». Романов И.А. принимал личное участие с докладами на международных научных и научно-технических конференциях. Результаты исследования внедрены в образовательный процесс (получено 2 акта о практическом использовании результатов исследования в образовательном процессе). Получен акт о практическом использовании результатов научно-технического проекта на предприятии ОАО «Интеграл».

Романов И.А. зарекомендовал себя как творческий, трудолюбивый и компетентный исследователь. В процессе обучения в аспирантуре Романов И.А. принимал активное участие в научно-исследовательской работе. Освоил ряд научных методик исследования материалов с помощью современного научного оборудования, обработал значительное количество экспериментальных данных. С 2014 по 2022 гг. Романов И.А. работал младшим научным сотрудником и научным сотрудником НИЛ материалов и приборных структур микро- и нанoeлектроники, ассистентом и старшим

преподавателем кафедры физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета. В настоящее время занимает должность заведующего учебной лабораторией кафедры физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета.

Считаю, что диссертационная работа Романова И.А. соответствует требованиям к кандидатским диссертациям ВАК Республики Беларусь, а соискатель ученой степени заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния за:

- установление природы люминесценции двухслойных ($\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$) и трехслойных ($\text{SiO}_{y2}/\text{SiN}_x/\text{SiO}_{y1}$) диэлектрических пленок в зависимости от способа возбуждения (фотоны с энергией 3,82 эВ или электрический ток);

- установление закономерностей изменения интенсивности полосы электролюминесценции с энергией 1,9 эВ в зависимости от количества прошедшего через структуры $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2/\text{Si}$ и $\text{SiO}_{y2}/\text{SiN}_x/\text{SiO}_{y1}/\text{Si}$ заряда;

- установление закономерностей изменения структурно-фазового состава, фото- и электролюминесценции слоев SiO_2 , имплантированных ионами олова и прошедших термообработки на воздухе, приводящие к формированию нанокристаллов SnO_2 и появлению интенсивной полосы фотолюминесценции с максимумом при 3,1 эВ;

- установление закономерностей изменения квантового выхода электролюминесценции и электрофизических свойств нанокмполитов « SiO_2 с нанокристаллами SnO_2 » в зависимости от флюенса имплантации ионов олова.

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
академик НАН Беларуси

Ф.Ф. Комаров

