

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кааби Сабах Абед Давуд «Электрические, оптические и фотоэлектрические свойства легированных кристаллов сегнетоэлектриков-полупроводников  $TlGaSe_2$  и  $TlInS_2$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств»

Кристаллы, проявляющие одновременно полупроводниковые и сегнетоэлектрические свойства, обладают широкими перспективами использования в новых элементах функциональной микроэлектроники. Всестороннее изучение микроскопических и макроскопических характеристик подобных кристаллов являются первостепенной задачей на пути дальнейшего эффективного практического использования. В диссертации Кааби Сабах Абед Давуд исследуются два типа перспективных трехкомпонентных кристаллов  $TlGaSe_2$  и  $TlInS_2$ . Целью исследования представлялось нахождение особенностей в фазовых переходах, электропроводящих и оптических свойствах кристаллов при легировании различными примесями.

В работе впервые показано влияние примесей на температурные характеристики высокотемпературных и низкотемпературных фазовых переходов в различных плоскостях кристалла. Описаны механизмы электропроводности на постоянном и переменном токе для каждой из соразмерных фаз. Измеренные частотные зависимости вещественной части адмиттанса позволили уточнить модель Мотта для рассматриваемых кристаллов. Сделан вывод о характере реактивности в легированных кристаллах, а именно о преобладании индуктивной компоненты для частот ниже 1 МГц. В части, посвященной оптическим и фотоэлектрическим исследованиям, обнаружено влияние типа примеси на интенсивность фотолюминесценции и образование новых полос в спектрах комбинационного рассеяния в кристаллах  $TlGaSe_2$ .

К числу недостатков работы следует отнести следующие:

1. В автореферате не представлены результаты исследования частотных зависимостей адмиттансов для образцов кристаллов с примесями вдоль плоскости скола;
2. В автореферате не уделяется внимание релаксационным процессам для неравновесных носителей заряда и методикам их анализа.

Однако перечисленные замечания не снижают достоинств и значимости выполненной работы и в большей степени объясняются значительным объемом проделанной работы и ограниченностью объема автореферата.

### **Заключение**

Диссертация Кааби Сабах Абед Давуд соответствует паспорту специальности 2.2.2. «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств», ее результаты без сомнения обладают научной новизной, отражены в статьях ведущих журналов в области

твердотельной электроники, широко обсуждались на научно-технических конференциях.

В связи с перечисленным, считаю, что работа Кааби Сабах Абед Давуд удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств»

И.о. заведующего кафедрой конструирования и технологии производства электронных средств ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», кандидат технических наук, доцент

А.Р. Насыбуллин

6.06.2022

Подпись доцента, к.т.н. Насыбуллина Айдар Ревкатовича заверяю

Ученый секретарь  
ученого совета КНИТУ-КАИ

Жестовская Фарида Ахатовна



Насыбуллин Айдар Ревкатович, к.т.н., доцент (специальность 05.12.07 – Антенны, устройства СВЧ и их технологии), и.о. заведующего кафедрой конструирования и технологии производства электронных средств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» (КНИТУ-КАИ), доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий, тел.: 8(843) 231-59-36, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, e-mail: [ARNasybullin@kai.ru](mailto:ARNasybullin@kai.ru)