

“УТВЕРЖДАЮ”

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки «Институт
физической химии и электрохимии им. А. Н.
Фрумкина Российской академии наук»,
член-корреспондент РАН



А.К. Буряк

«16» января 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Амасева Дмитрия Валерьевича
«Фотоэлектрические явления в тонких пленках гибридных
металлоорганических перовскитов на основе $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ »,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика
конденсированного состояния»

Актуальность темы исследования

Исследование фотоэлектрических свойств тонких пленок неупорядоченных полупроводников имеет большое значение для развития современной электроники, оптики и солнечной энергетики. Тонкие пленки неупорядоченных полупроводников обладают уникальными свойствами, такими как широкий спектральный диапазон поглощения, высокая чувствительность к излучению, низкая температура кристаллизации и возможность формирования сложных многослойных структур. Эти свойства позволяют создавать различные фоточувствительные устройства, такие как детекторы, сенсоры камеры, солнечные элементы и дисплеи. Однако, для повышения эффективности и надежности этих устройств необходимо глубокое понимание механизмов фотоэлектрических явлений, происходящих в неупорядоченных полупроводниках.

Диссертационная работа Амасева Дмитрия Валерьевича посвящена исследованию фотоэлектрических явлений, происходящих в тонких пленках гибридного материала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ со структурой перовскита. Данный материал с шириной запрещенной зоны 1,6 эВ имеет высокую эффективность преобразования солнечного света, и исследование свойств материала актуально для развития солнечной энергетики и оптоэлектроники.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 113 страницах, включает в себя введение, литературный обзор, описание экспериментальных методов исследования, полученные результаты и их обсуждение, заключение, список литературы, насчитывающий 116 источников, а также приложение со списком публикаций результатов работы.

Содержание литературного обзора соответствует теме диссертационной работы Амасева Д.В. В обзоре приводится описание структурных, электронных, электрических, оптических свойств материала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, указано на недостаточное описание фотоэлектрических свойств, в связи с чем автором был поставлен ряд задач в заключении литературного обзора.

Экспериментальные методы, используемые в исследовании, приведены в Главе 2. Описаны методы структурного анализа полученных образцов. Приведена схема экспериментальной установки, используемой для исследования фотоэлектрических свойств тонких пленок неупорядоченных полупроводников.

Глава 3 посвящена обсуждению полученных экспериментальных результатов. Структура данной главы выстроена логично и позволяет в полной мере получить представление о фотоэлектрических свойствах тонких пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. В частности, в ней подробно изложены результаты исследования влияния воздуха, освещения и температурного отжига на фотоэлектрические свойства пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$.

В заключении сформулированы выводы по результатам диссертационного исследования.

Полученные результаты были опубликованы в 8 статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень ВАК, и индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus и РИНЦ: «Applied Physics Letters», «Физика и техника полупроводников», «Journal of Physics: Conference Series», «Письма в Журнал технической физики», «Mendeleev Communications», «Ученые записки физического факультета Московского университета». Материалы диссертации были представлены на 5 научных конференциях. Содержание публикаций в полной мере соответствует содержанию диссертационной работы. Автореферат полностью отражает материал диссертационной работы Амасева Д. В.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость

Результаты, приведенные в диссертационной работе Амасева Д.В., несомненно, обладают научной новизной. Среди них наиболее важными следует отметить следующие:

1. Получены спектральные зависимости фотопроводимости тонких пленок $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ при различных температурах. Показано, что температурная зависимость темновой проводимости материала носит активационный характер.

2. Впервые обнаружено аномальное поведение фотопроводимости $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ при низких температурах вблизи фазового перехода между тетрагональной и ромбической фазами. При уменьшении температуры фотопроводимость уменьшается, а затем увеличивается на порядок.
3. Установлено, что при длительном освещении белым светом с интенсивностью менее 40 мВт/см^2 изменяется спектральная зависимость фотопроводимости перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. При этом повышается фотопроводимость при облучении фотонами с энергией меньше ширины запрещенной зоны. Изменение спектральной зависимости обратимо.
4. Показано, что удельная электропроводность и фотопроводимость пленок перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, измеренные на воздухе, выше, чем в вакууме.
5. Впервые проведено сравнение проводимости тонких пленок перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ в образцах с разной геометрией электродов - планарной и «сэндвич» (плоскопараллельная геометрия). Геометрия электродов влияет на результат измерения энергии активации температурной зависимости темновой проводимости и показатель степени в степенной люкс-амперной характеристике фотопроводимости.

Научная новизна результатов подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях, входящие в Перечень ВАК и базы данных Web of Science, Scopus и РИНЦ.

Достоверность основных положений и выводов

Достоверность и обоснованность результатов, полученных в диссертационной работе Амасева Д.В., не вызывает сомнений. В работе были использованы современные методы исследования. Результаты исследования опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных журналах и многократно проходили апробацию на российских и международных конференциях. Выводы диссертационной работы в полной мере аргументированы и критически оценены.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Согласно Рис.3.11 (стр.56) образец перовскита MAPbI_3 показывает гистерезис температурной зависимости. При этом возникают вопросы: насколько воспроизводимы эти зависимости при повторных измерениях и насколько существенен факт в каком направлении начинается измерение – в сторону повышения или понижения температуры? Все эти обстоятельства в тексте не обсуждаются.
2. В работе автор без явных доказательств указывает на то, что именно кислород, присутствующий в воздухе, приводит к увеличению удельной темновой проводимости

- и фотопроводимости $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, тогда как в воздухе присутствует вода и другие компоненты, которые могут влиять на электрофизические свойства тонких пленок.
3. Формирование фазы PbI_2 в результате термического отжига следовало бы сопроводить результатами структурного анализа.

Заключение по работе

Несмотря на сделанные замечания, в целом диссертационная работа Амасева Дмитрия Валерьевича посвящена актуальной теме и представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне.

По актуальности, научной новизне, практической значимости представленная диссертационная работа Амасева Д.В. полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 2 24 сентября 2013 г. (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), а ее автор, Амасев Дмитрий Валерьевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Отзыв на диссертационную работу Амасева Д.В. обсужден и одобрен на расширенном заседании семинара лаборатории «Электронные и фотонные процессы в полимерных наноматериалах» ФГБУН ИФХЭ РАН 15 января 2024 г.

Новиков Сергей Витальевич

доктор физико-математических наук (шифр специальности 02.00.04 -физическая химия),
ведущий научный сотрудник ФГБУН ИФХЭ РАН
тел.: 8 495 9554032
e-mail: novikov@elchem.ac.ru

Некрасов Александр Александрович

доктор химических наук (шифр специальности 02.00.05 -электрохимия),
заведующий лабораторией «Электронные и фотонные процессы в полимерных наноматериалах» ФГБУН ИФХЭ РАН
тел.: 8 495 952 2428
e-mail: vanlab@phyche.ac.ru

*Подпись Некрасова А.А. заверено
Зав. лабораторией Электрохимия Н.А.*

