

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»,
доктор химических наук, профессор


Остроумов Игорь Геннадьевич

«26»  2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» о диссертации Шишкина Михаила Игоревича «Фотоэлектрические и оптические свойства полупроводников, обнаруживающих влияние света на выход вторичных ионов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

В Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского достигнуты обнадеживающие результаты получения радиационно-стойких фотопроводящих пленок на основе твердых растворов $A^{II}B^{VI}-A^{IV}B^{VI}$, где в качестве ионизирующего излучения выступали потоки ионов, электронов, гамма и рентгеновского излучения и фотонов. Комбинация этих воздействий часто встречается на практике и поведение подвергаемых воздействию полупроводников оказывается труднопредсказуемым, что обуславливает **актуальность и научно-практическую значимость** исследований, проведенных автором в этом направлении. Впервые комбинированное воздействие облучения ускоренными ионами и светом было использовано предшественниками автора во время распыления поликристаллических отожженных пленок на основе твердых растворов сульфида кадмия – сульфида свинца. Полученные при этом закономерности натолкнули на ранее не учтенные характеристики и свойства данных пленок, которые и были описаны в работе Шишкина М.И.

Так, автором показано влияние узкозонной фазы сульфида свинца на индуцированную фотопроводимость, химический состав кристаллитов в отожженной пленке, а также на поглощение света в той спектральной области, которая соответствует возможности возбуждения плазменного резонанса в инфракрасной области (10 мкм). Этим обуславливается **новизна** работы Шишкина М.И.

Диссертация представлена в четырех главах, из которых одна является литературным обзором. Также присутствует введение, заключение и список использованной литературы. В **первой** главе изложены наиболее значимые с точки зрения проведенного исследования оптические и фотоэлектрические свойства монокристаллов GaAs, CdTe и поликристаллических пленок CdS-PbS, а также изложена основная картина представлений для описания влияния света на выход вторичных ионов (вторично-ионный фотоэффект) в этих материалах.

Вторая глава посвящена исследованию вторично-ионного фотоэффекта в монокристаллах групп $A^{III}B^V$ – GaAs и $A^{II}B^{VI}$ – CdTe, как наиболее используемых в современных фото- и радиационных детекторах. Рассматривается распыление гетероструктуры на основе GaAs, предназначенной для использования в фотоэлектрических приборах, с заземлением разных контактов для изменения плавающего потенциала самой мишени.

В **третьей** главе сравнивается индуцированная примесная фотопроводимость в модельных пленках CdS-PbS и монокристаллах GaAs и CdTe. Обнаруженные различия объясняются сложным фазовым составом пленок, который был исследован на электронном микроскопе методом энергодисперсионного микроанализа. Также приведены спектры фотолюминесценции, на которых показано наличие максимумов, связанных с узкозонными включениями PbS, и эти же включения продемонстрированы на микроизображениях в режиме катодолуминесценции на электронном микроскопе.

В **четвертой** главе автор анализирует спектр зеркального отражения пленок CdS-PbS в области чувствительности узкозонных компонент, а также в более длинноволновой области. На спектрах обнаружен минимум отражения, который с учетом влияния подложки и узкозонной компоненты мог быть приписан влиянию плазменного резонанса в области 10 мкм, что, по всей видимости, связано с высокой концентрацией носителей заряда в кристаллитах CdS.

Содержание результатов экспериментов по оптическим и фотоэлектрическим свойствам, представленных на рисунках и в таблицах

соответствует данным, полученным на образцах с похожими свойствами в доступной литературе по физике полупроводников. **Защищаемые положения** отражают содержание каждой из глав диссертации, выражают особенности проявления вторично-ионного фотоэффекта в различных материалах и, что не менее важно, дают дополнительное понимание свойств материалов, в которых наблюдается вторично-ионный фотоэффект.

Необходимо отметить, что диссертант провел объемную исследовательскую работу, измерения выполнены на должном научно-техническом уровне. В работе были использованы также вычислительные эксперименты с использованием программы анализа изображений Gwyddion и математического пакета Mathcad, а также программы PLAZM при расчете спектров отражения с плазменным резонансом.

Представленные в работе исследования могут помочь в разработке и создании фотодатчиков с повышенной стойкостью к деградации, что указывает на их **практическую** значимость.

Результаты исследований, проведенных в данной работе, могут быть использованы в научных разработках в организациях Российской академии наук, а также в образовательных учреждениях системы высшего образования: Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургском государственном университете, Московском физико-техническом институте, Саратовском государственном университете, Саратовском государственном техническом университете, Московском энергетическом институте, Ульяновском государственном техническом университете, Уральском федеральном университете. Полученные результаты могут быть также рекомендованы к внедрению в учебный процесс в Южном федеральном университете, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Нижегородском государственном университете, Воронежском государственном университете и других высших учебных заведений на соответствующих специальностях.

К работе имеются следующие замечания:

1. Не сообщается, как проводилось хранение образцов и их предварительная подготовка перед снятием спектров индуцированной примесной фотопроводимости – хранились ли они в темноте или на свету, проводилось ли нагревание образцов.
2. Приводя в работе профили вторично-ионного распыления, автор не дает полную информацию о том, какого диаметра был ионный пучок и задевал ли он поверхность полупроводника, покрытую электродом.

3. Допущен не вполне корректный формат записи чисел в табл. 2. (стр. 59), табл. 3 (стр. 61); не проставлены размерности в рис. 2.13.
4. При моделировании отражения от пленки на подложке из слюды мусковит не учитывалась шероховатая поверхность подложки, которая могла вносить в конечный результат искажения, связанные с рассеянием света.
5. Вызывает недоумение рассчитанный по модели Максвелла Гарнета спектр мнимой части диэлектрической проницаемости пленки CdS в диапазоне длин волн $\approx 5 \cdot 10^{-5}$ м - $\approx 5 \cdot 10^{-4}$ м. Судя по графику, мнимая часть диэлектрической проницаемости в этом диапазоне принимает отрицательные значения. Подобное поведение является нефизичным.
6. Формулировки защищаемых положений должны носить характер строго доказанных утверждений, а не гипотез. В этой связи вызывает вопрос формулировка первого положения, в которой делается вывод о корреляции между событиями на основе всего двух результатов. Утверждение, содержащееся в четвертом положении, сформулировано на основе расчетов, проведенных в четвертой главе диссертационной работы, хотя там написано, что «в точности нет уверенности, что именно этот тип резонанса возникает в данных образцах».

Однако отмеченные недостатки имеют частный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Шишкина М.И.


Заключение

Диссертационная работа Шишкина М.И. представляет собой научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов. По результатам исследования опубликовано 4 статьи, включая 3 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций, и одну статью в международном физическом журнале. Работа прошла апробацию на отечественных и международных научных конференциях. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

На основании вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что диссертационная работа «Фотоэлектрические и оптические свойства полупроводников, обнаруживающих влияние света на выход вторичных ионов» Шишкина Михаила Игоревича отражает научно-техническую проблематику современной фотоники и оптоэлектроники и вносит вклад в развитие данных направлений. Работа удовлетворяет требованиям пп. 9-14

«Положения о присуждении ученых степеней» № 842, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 с изменениями от 21.04.2016, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой «Физика» ФБГОУ ВО «СГТУ имени Гагарина ЮА.» Зимняковым Дмитрием Александровичем и доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры «Физика» Гестриным Сергеем Геннадьевичем и обсужден на заседании кафедры «Физика» ФБГОУ ВО «СГТУ имени Гагарина ЮА.» (протокол № 3 от 21.10.2016).


_____/Зимняков Д.А./


_____/Гестрин С.Г./

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»
г. Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77
тел. (8452)-998603, эл. почта: sstu_office@sstu.ru