

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики полупроводников

**ФОТОПРИЁМНИКИ НА ОСНОВЕ ПЛЁНОК ТВЁРДЫХ
ОГРАНИЧЕННЫХ РАСТВОРОВ CdS-PbS**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 204 группы

направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

факультета nano - и биомедицинских технологий

Чубакиной Алёны Олеговны

Научный руководитель,
ассистент, к.ф.-м.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

личная подпись, дата

М.Д. Матасов

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
профессор, д.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.И. Михайлов

инициалы, фамилия

Саратов, 2016

Введение

Современное состояние фотоприёмной техники свидетельствует о важности исследований физических свойств и особенностей тонкоплёночных приёмников на основе твёрдых ограниченных растворов A₂B₆. Исследование данного типа материалов должно выполняться в комплексе измерений, таких как исследование оптических параметров, фотоэлектрических свойств и люминесцентных свойств. Наиболее распространённым представителем материалов класса A₂B₆ является твёрдые растворы сульфидов свинца и кадмия в различных мольных долях перемешивания, и полученные при разной температуре отжига. Такой состав является особенно перспективным в силу своей высокой деградиационной стойкости, а как следствие подходит к использованию в космической промышленности. В свете всех вышеперечисленных причин имеет место быть изложение нижеприведённой работы.

Предварительные результаты показали необходимость более детального исследования фотолюминесценции в гетерофазных материалах, в которых рекомбинация зона-зона может конкурировать с рекомбинацией через примесные уровни.

Поэтому **целью** данной работы стало исследование связи фотолюминесценции с оптическими свойствами и с фотоэффектами в плёнках CdS-PbS с большим содержанием PbS.

Для достижения поставленной цели были выдвинуты следующие **задачи**:

1. Обзор литературы по механизмам люминесценции, фотопроводимости гетерофазных плёнок.
2. Получение спектров люминесценции при возбуждении различными источниками накачки (лазер, галогеновая лампа).
3. Получение спектральной зависимости коэффициентов поглощения и рассеяния.

4. Сопоставление спектров люминесценции и фотопроводимости.

Научная новизна:

1. Построена модель фотолюминесценции при накачки лазерным излучением различной мощности твёрдых ограниченных растворов .
2. Построена математическая модель, описывающая фотопроводимость сильно рассеивающих свет образцов, включающая математическое описание взаимодействия оптического излучения с квазисвободными носителями заряда, связывающая оптические параметры образца со спектром фототока. Дано объяснение спектра фототока, возникающего при облучении светом разных длин волн включенного в цепь фотосопротивления на основе твердого ограниченного раствора CdS-PbS.

Практическая значимость:

1. Показана возможность создания прецизионных фотоприёмников с очень высоким порогом чувствительности и широким диапазоном длин волн, детектируемого излучения.
2. Предложен способ конструктивного изменения фотоприёмников на основе твёрдых ограниченных растворов, включающих в себя квантово-размерные эффекты, для задеирования явлений, возникающих в фотопроводниках, основанных на низко размерных эффектах.
3. На основании теоретических выводов показана возможность написания алгоритма программы, детально описывающей нюансы фотоотклика, которыми ранее пренебрегали при расчётах.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Значение фототока обусловлено временем жизни, коэффициентом поглощения и мощностью падающего потока света. В первом приближении время жизни τ остается неизменным, т.е. не зависит от той длины волны которой мы освещаем. Максимум фототока должен наблюдаться на краю

фундаментального поглощения. Кроме того у поверхности должна сказываться поверхностная рекомбинация, что и приводит к спаду фототока в коротковолновой области.

2. Значения коэффициента рассеяния значительно больше коэффициента поглощения. Это говорит о матированности подложки. Край поглощения наблюдается на длине волны $\lambda = 665\text{нм}$. В то время как край, определённый из срыва зависимости коэффициента отражения и пропускания, примерно равен $700\text{нм} - 800\text{нм}$. Таким образом, видно, что для определения значения оптической ширины запрещенной зоны необходимо считать коэффициент поглощения. Еще одним важным наблюдением является отсутствие края поглощения у неотожженного образца.

3. Зависимости люминесценции и фотопроводимости от времени жизни имеют обратную связь, т.е. чем больше время жизни для неравновесных носителей при фотопроводимости тем значение фототока меньше. Для люминесценции же чем меньше время жизни в возбужденном состоянии, тем интенсивней она.

Личный вклад состоит в изучении литературных источников. Кроме того, заключается в проведении всех опытов и экспериментов, описанных в работе, построении математических моделей, описывающих основные результаты исследований, проведении числового расчета всех параметров, необходимых для формулирования защищаемых положений и написания выводов, выявлении закономерностей, связывающих результаты работы с уже известными фактами.

Структура и объем работы. Магистерская выпускная квалификационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем выпускной квалификационной работы диссертации составляет 54 страниц машинописного текста, включая 20 рисунков, 1 таблицу. Список литературы содержит 21 наименований и изложен на 2 страницах..

Основное содержание работы

Пленки твердых ограниченных растворов получены при помощи термического испарения в вакууме. Исходная шихта содержала смесь порошков CdS и PbS в различных массовых соотношениях. Изготовленная шихта помещалась под вакуум и нагревалась.

Фотопроводящие пленки CdS приготавливаются путем распыления порошкообразного материала на подложки при низких температурах, однако во всех случаях изготовленную плёнку необходимо подвергнуть соответствующей обработке, чтобы она стала фоточувствительной.

Наносили CdS на подложки, нагретые до 50 - 350°, а затем отжигали их в течение примерно одного часа на воздухе или в аргоне при температурах от 300 ° до 650 °. Неотожженные пленки обладали низким темновым сопротивлением и слабой фоточувствительностью, в то время как пленки, отожженные на воздухе или в аргоне, имели высокое темновое сопротивление и хорошую фоточувствительность. Отжиг на воздухе позволяет ощущать фотопроводимость при более низкой температуре процесса (~400 °), чем отжиг в атмосфере аргона (~500 °). В результате получался гетерофазный твердый ограниченный раствор. Оптимальная температура нанесения пленок CdS лежит в пределах 200 - 250°. Если освещенность составляет 0,9 лк, то наилучшее отношение светового сопротивления к темновому примерно 3×10^8 .

Это отношение для оптимально легированных монокристаллов может достигать 5×10^5 , но, как правило, лежит в пределах $10^4 - 10^5$. Вряд ли можно надеяться, что хорошие фотопроводящие пленки соединений $A^{II} B^{VI}$ удастся получать при значительно более низких температурах, чем 400 °. Вполне приемлемую фоточувствительность можно получить путем последующей термообработки пленок при температурах выше 450 °С много меньшей мощности, чем мощность лазера

Некоторые особенности строения и получения исследуемых объектов определили особенности оптических свойств и их измерения. В частности,

заметная шероховатость подложки привела к возникновению дефектов, областей, неоднородностей на которых происходило заметное рассеяние света. Природа этого рассеяния тяготеет к Рэлеевскому, т.к длина волны света примерно равна размеру препятствия.

С применением математического пакета (программного продукта) «Adding-Doubling» был произведен расчет этих двух параметров μ_s, μ_a .

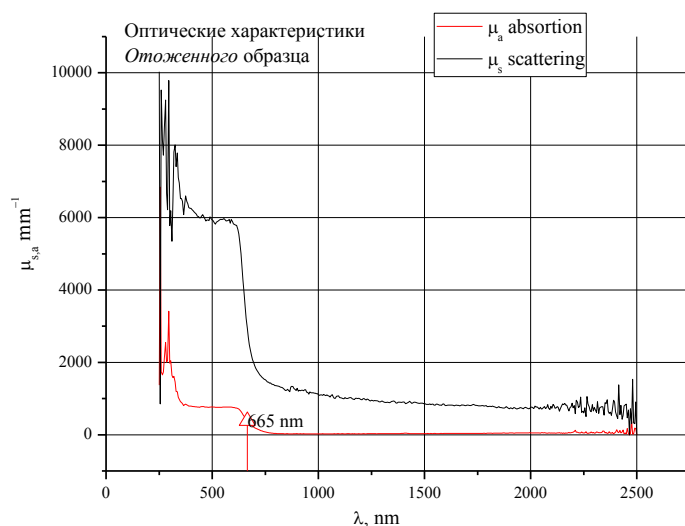


Рис. 1 Спектр коэффициента поглощения и рассеяния *отожженного* образца при облучении образца со стороны подложки.

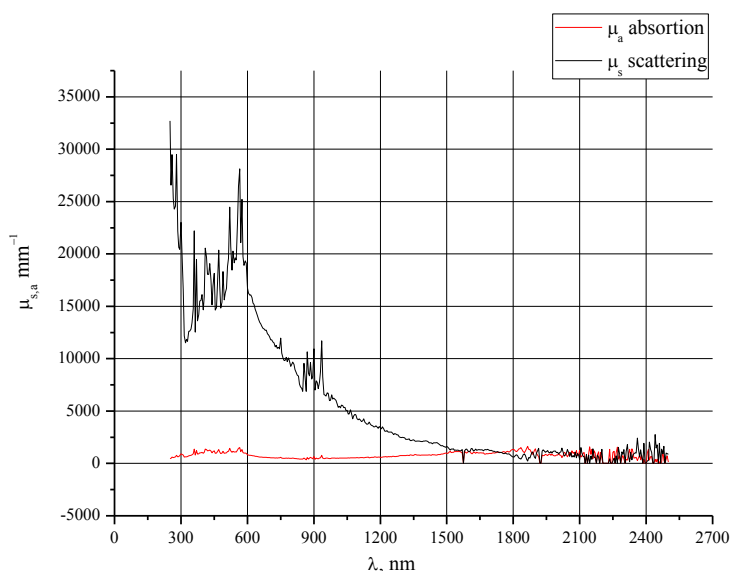


Рис. 2 Спектр коэффициента поглощения и рассеяния *неотожженного* образца при облучении образца со стороны пленки.

Исследование спектральной характеристики фоточувствительности проводилось на монохроматоре ДМР-4 в условиях постоянства входной и

выходной щели. Спектральной fotocувствительностью называют величину определяемую следующим выражением.

$$S = \frac{\partial I_{ph}}{\partial P} \approx \frac{I_{ph}}{P}. \quad (1)$$

На эксперименте получилось.

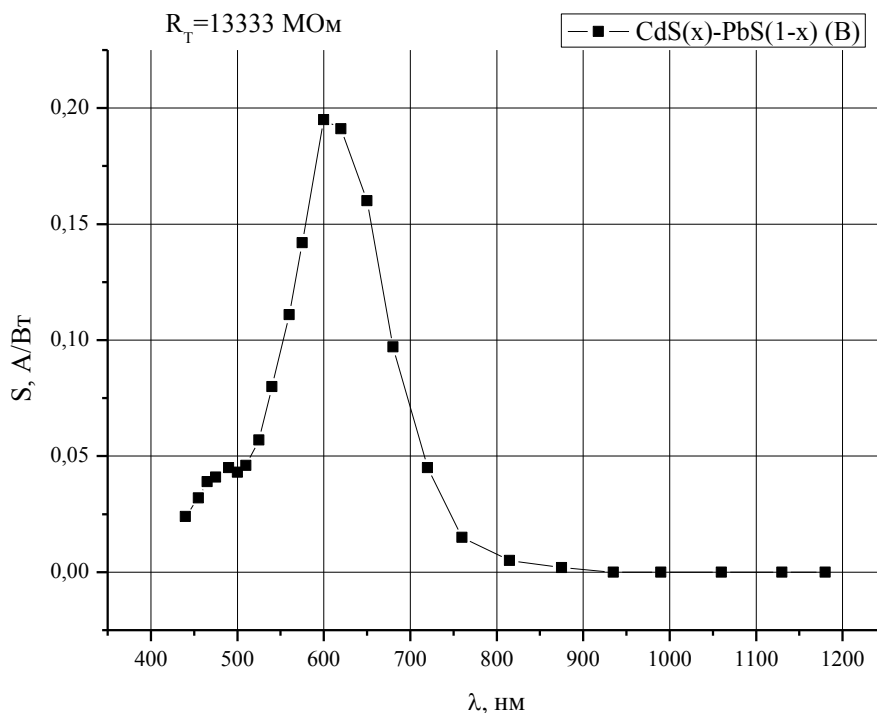


Рис. 3. Спектр fotocувствительности $CdS(0,2) - PbS(0,8)$.

Красная граница фотопроводимости совпала с красной границей фундаментального поглощения.

Значение фототока обусловлено временем жизни, коэффициентом поглощения и мощностью падающего потока света. В первом приближении время жизни τ остается неизменным, т.е. не зависит от той длины волны которой мы освещаем. Максимум фототока должен наблюдаться на краю фундаментального поглощения. Кроме того у поверхности должна сказываться поверхностная рекомбинация, что и приводит к спаду фототока в коротковолновой области.

Как сказано, при анализе спектра фотопроводимости большой смысл имеет ход коэффициента поглощения. Если сопоставить полученные результаты для этих спектральных зависимостей получится.

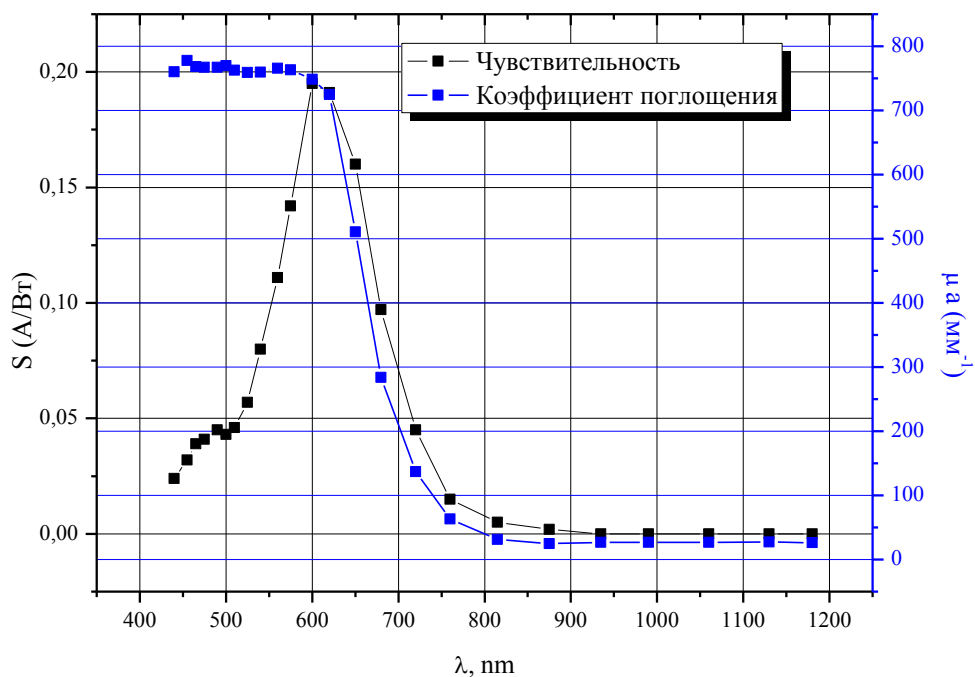


Рис. 4. Спектральный ход коэффициента поглощения и спектр фото чувствительности $CdS(0,2) - PbS(0,8)$.

Из экспериментальных данных коэффициента поглощения и спектра фотопроводимости получилось, что максимум фотопроводимости точно совпал с краем поглощения, как и в теории. Из этого можно сделать вывод о том, что измерения фотопроводимости были проведены правильно. Также наложение спектра коэффициента поглощения иллюстрирует поверхностную рекомбинацию. Когда с ростом показателя поглощения фоток падает.

Интенсивность люминесценции также как и значение фотопроводимости определяется временем жизни. Но в некоторых случаях фотопроводимость обусловлена временем жизни при безызлучательной рекомбинации, а за люминесценцию отвечает излучательная рекомбинация. Поэтому имеет смысл сравнить спектральную зависимость времени жизни со спектром люминесценции

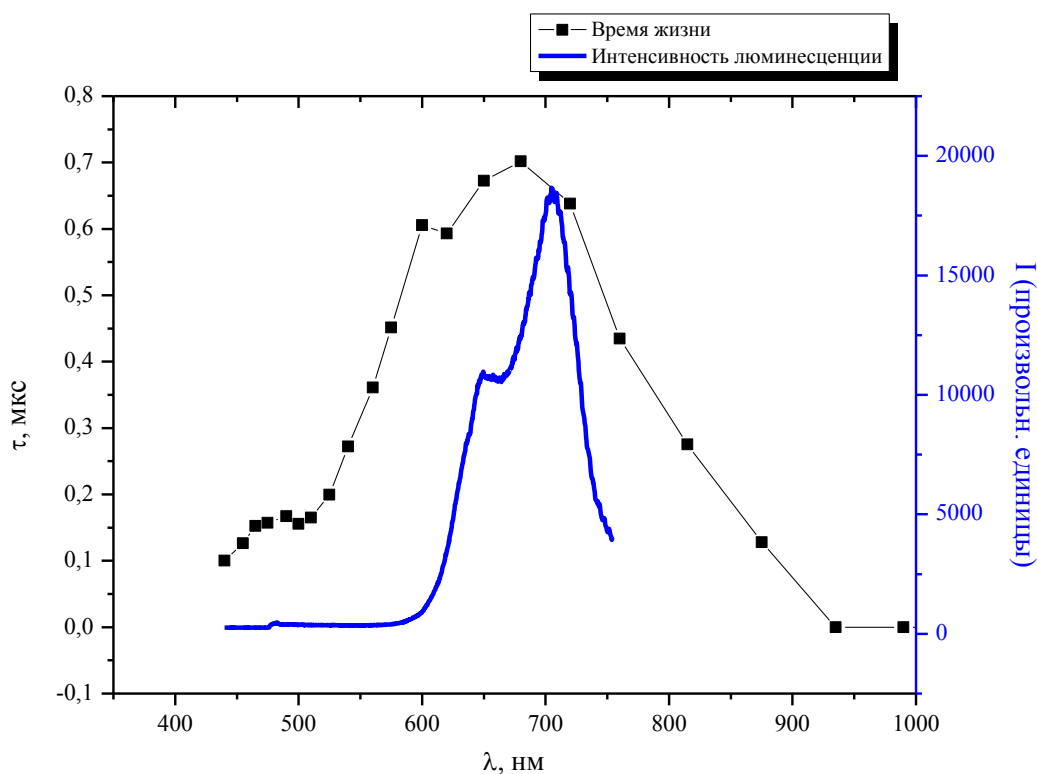


Рис. 5. Спектральный ход времени жизни τ фотоносителей и спектр фотолюминесценции $CdS(0,2) - PbS(0,8)$.

Зависимости люминесценции и фотопроводимости от времени жизни имеют обратную связь, т.е. чем больше время жизни для неравновесных носителей при фотопроводимости тем значение фототока меньше. Для люминесценции же чем меньше время жизни в возбужденном состоянии, тем интенсивней она. Частично этот тезис подтверждается на опыте, представленном на рисунке рис. 5. Максимальное время жизни соответствует первому максимуму.

Сопоставления спектра люминесценции и со спектром фото чувствительности образца.

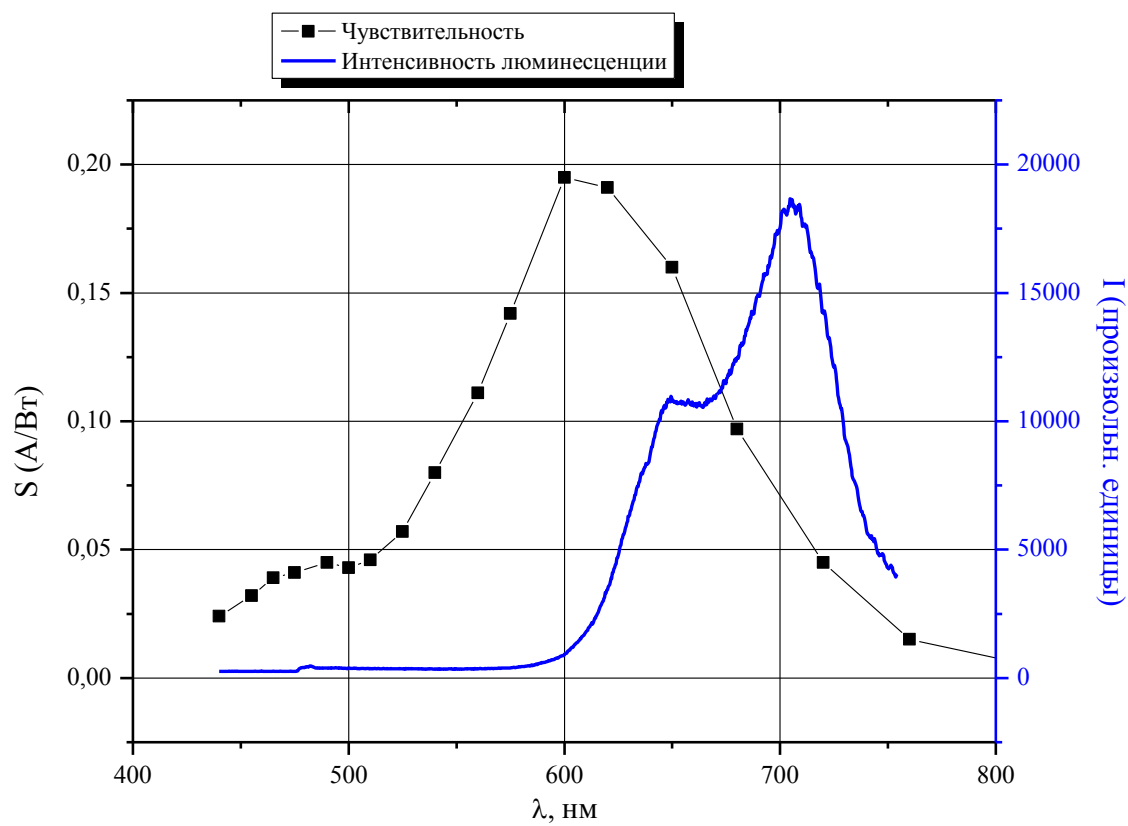


Рис.6.

При сопоставлении спектральной чувствительности и спектра люминесценции наблюдается неплохое согласование опыта с наблюдениями Р. Бьюба.

Заключение

Определены коэффициенты поглощения и рассеяния для образца $CdS(0,2) - PbS(0,8)$, нанесенного на матовую изолирующую слюдяную подложку с длиной волны полуспада основного поглощения в области $\lambda=665$ нм. В этой же области лежит и максимум фотопроводимости. Для неотожженного образца край поглощения размыт. Оценка времени жизни основных носителей заряда дает величину $\tau = 0,1 - 1$ мкс.

Спектр люминесценции при лазерной коротковолновой накачке для неотожженного образца расположен вблизи края основного поглощения. Лазерный отжиг не производит существенного смещения максимума люминесценции по длинам волн, увеличивая лишь величину сигнала.

Для образца, отожженного термически, спектр люминесценции смещается в длинноволновую область относительно края поглощения. Это смещение тем больше, чем длиннее волна накачки. Ранее (для малого содержания PbS в образце) это явление не было замечено.

Из анализа данных вторично-ионной масс-спектрометрии можно установить, что свинец и медь присутствуют в образце, и образуют отдельную фазу, которая может создавать особые условия выхода вторичных ионов в вакуум в зависимости от спектрального состава подсветки, а также влиять на люминесценцию.