

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
СДЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. И. МЕЧНИКОВА

На правах рукописи

ЮРКМАЗ Тайсир

УДК 621.317.592

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ПОМОЩЬЮ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА $CdS-Cu_2S$

01.04.10 - физика полупроводников и диэлектриков

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

070 26. 120
Работа выполнена на кафедре экспериментальной физики и
Одесского госуниверситета им.И.И.Мечникова

Научный руководитель: доктор физ.-мат.наук, профессор
В.В.Сердюк
канд.физ.-мат.наук. М.С.Виноградов

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат.наук, профессор
Курмазов Ш.Д.
кандидат технических наук, профессор
Сухарев В.Г.

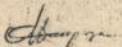
Ведущая организация: Одесский электротехнический институт
связи им А.С.Попова

Защита диссертации состоится "12" 01 1993 г.
в " " часов на заседании Специализированного совета,
шифр.К.068.24.03 по физико-математическим наукам
(физика) в Одесском госуниверситете им.И.И.Мечникова
(270000, г.Одесса, ул.Петра Великого, 2)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке
Одесского госуниверситета

Автореферат разослан "12" 12 1992 г.

Ученый секретарь Специализированного совета
кандидат физико-математических наук,
доцент

 Федчук А.П.

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00814460 (N)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН УРСР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Солнечные элементы с гетеропереходом $CdS-Cu_2S$ привлекают внимание, благодаря реальной возможности их широкого применения в качестве наземных фотоэлектрических преобразователей энергии для автономного электропитания различной аппаратуры. В структуре $CdS-Cu_2S$ наблюдается ряд эффектов и явлений, которые характерны для неидеальных гетеропереходов и вызваны несоответствием параметров кристаллических решеток и энергий сродства указанных материалов к электрону, наличием глубоких ловушечных уровней, а также осуществлением зависимости напряженности электрического поля в переходе от длины волны падающего света. Поэтому солнечные элементы со структурой $CdS-Cu_2S$ можно рассматривать, как удобный объект для исследования явлений, происходящих в гетеропереходах. Создание модели, позволяющей объяснить явления, связанные с токопереносом в таких структурах, представляет значительный научный интерес.

Перспективность практического применения неидеальных гетеропереходов связана, в первую очередь, с экономикой. Технология создания поликристаллических полупроводников характеризуется более низкой стоимостью, чем монокристаллических структур. Использование дешевых технологий приводит к тому, что сами полупроводники, а также граница между ними, имеют большое количество дефектов. Полупроводниковые слои оказываются в значительной степени компенсированными, что сильно отличает их свойства от совершенных слоев, полученных методами газовой или молекулярно-лучевой эпитаксии. Компенсирующие центры, локализованные в переходных областях гетероперехода, способны удерживать на себе большой электрический заряд и часто определяют ход потенциала в области пространственного заряда (ОПЗ). В таких условиях на границе раздела реализуется интенсивная рекомбинация неравновесных носителей. В таких случаях описание неидеального гетероперехода с помощью известных для "хороших" структур моделей и подгоночных параметров "неидеальности" исключается.

Указанные выше особенности для гетероперехода $CdS-Cu_2S$ могут быть использованы для создания новых приборов, расширяющих функциональные возможности элементной базы интегрально-оптических устройств. Например, гетеропереход $CdS-Cu_2S$ мо-

жет быть использован в качестве основы для создания безвакуумного аналога передающей телевизионной трубки. Так как считывание изображения в этом случае производится не электронным лучом, а светом, то для разрабатываемого устройства не требуется вакуум и высокое напряжение, применяемое для формирования электронного луча.

Целью диссертации является создание оригинального фотоэлектрического преобразователя оптического изображения в электрический сигнал на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ объяснение принципов его работы. Исследование направлено на установление зависимости параметров гетероперехода от условий его фотовозбуждения, с целью повышения эффективности работы прибора. Для осуществления этой цели был изготовлен преобразователь оптического изображения в электрический сигнал, исследованы его фотоэлектрические свойства, а также показана возможность охарактеризовать такой преобразователь с помощью сенситометрических характеристик, разработанных для фотографических слоев. Экспериментально и теоретически исследовано влияние внешнего смещения на процессы накопления и хранения информации в преобразователе на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$.

Научная новизна заключается в том, что впервые

1. Установлено, что гетеропереход $CdS-Cu_2S$ может быть использован в качестве простого преобразователя оптического изображения в электрический сигнал, допускающий удобную эффективную запись элементов разложения изображения в память СВМ;

2. Экспериментально и теоретически показано, что фотопреобразователь на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ обладает памятью и отсутствием расплывания изображения со временем;

3. Показана возможность охарактеризовать работу фотопреобразователя с помощью сенситометрических характеристик, разработанных для фотографических слоев;

4. Установлено, что величина и знак подаваемого внешнего смещения оказывает существенное влияние на процессы накопления и хранения заряда в преобразователе оптического изображения в электрический сигнал на основе гетероструктуры $CdS-Cu_2S$

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Определены оптимальные условия накопления и хранения информации в фотоэлектрических преобразователях.
2. Разработана методика исследований сенситометрических характеристик формирователей сигналов изображения.
3. Определены сенситометрические характеристики изготовленных фотопреобразователей.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Эффект стимуляции длинноволновой фоточувствительности гетероперехода $CdS-Cu_2S$ коротковолновым возбуждением может быть использован для создания преобразователя оптического изображения в электрический сигнал.
2. Преобразователь оптического изображения в электрический сигнал на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ обладает свойством интегральности и к нему применимо понятие экспозиции (величина сигнала при считывании изображения пропорциональна величине $E t$, где E - освещенность, t - время экспозиции).
3. Спектральное распределение светочувствительности позволяет охарактеризовать формирователь сигналов изображения на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ как зеленочувствительный (по общепринятой классификации для фотографических слоев) с коэффициентом контрастности $\delta = 0,55$ и фоточувствительностью 16 единиц ГОСТа.
4. Эффект памяти и отсутствие растекания изображения в формирователе сигналов изображения обусловлены локализацией связанного заряда на глубоких ловушках в ОДЗ гетероперехода.
5. Влияние подаваемого внешнего смещения на процессы накопления и хранения информации в преобразователе на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ связано с зависимостью скорости рекомбинации и туннельного выброса положительного заряда, захваченного ловушками, от профиля потенциального барьера.
6. Температурная зависимость тока короткого замыкания гетероперехода $CdS-Cu_2S$, генерированного длинноволновым светом, свидетельствует о наличии температурного гашения. Расчеты, проведенные в соответствии с моделью, предполагающей наличие Z и S - центров рекомбинации в области пространственного заряда гетероперехода $CdS-Cu_2S$, позволяют определить глубину залегания центров медленной рекомбинации ($E_g = 1,05$ эВ). Дырки, генерированные в Cu_2S , постулают

на центры рекомбинации в сульфиде кадмия преимущественно за счет реализации туннельно-прыжкового механизма переноса,

Апробация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на II Всесоюзной конференции по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках (Ашхабад, 1991 г.), на научно-технической конференции "Физические основы надежности и деградации полупроводниковых приборов" (Нижний Новгород, Астрахань, сентябрь 1992 г.), на семинарах кафедры экспериментальной физики Одесского госуниверситета.

Публикации. Основные результаты работы изложены в четырех публикациях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 143 страниц машинописного текста, 47 рисунков и списка цитированной литературы, насчитывающего 124 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

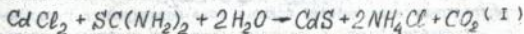
Во введении обоснована актуальность темы диссертации, ее новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава является обзорной. В ней рассматриваются модели солнечных элементов с гетеропереходом $CdS-Cu_2S$. Система $CdS-Cu_2S$ представляет собой анизотипный гетеропереход, у которого различие постоянных кристаллических решеток довольно велико и составляет приблизительно 4%. Такое несоответствие величин постоянных кристаллических решеток является причиной появления большой концентрации дефектов, обусловленных дислокациями несоответствия на границе раздела, и оказывает значительное влияние на перенос заряда через ОПЗ. Отмечено также, что существенное влияние на электрическое поле вблизи перехода в слое сульфида кадмия оказывают находящиеся здесь ловушки для дырок. На практике можно наблюдать эффект пересечения световой и темновой ВАХ, зависимость формы ВАХ от спектрального состава падающего излучения. Эти эффекты, снижающие к.п.д. гетероструктур, могут быть использованы для создания приборов, не связанных с получением электроэнергии. Например, гетеропереход

$CdS - Cu_2S$ может быть использован как запоминающее устройство или преобразователь оптического изображения в электрический сигнал. Эффект модуляции длинноволновой чувствительности фотоэлемента $CdS - Cu_2S$ коротковолновым возбуждением может быть положен в основу работы светочувствительного элемента безвакуумного аналога передающей телевизионной трубки. Высокая чувствительность прибора в области очень низких уровней освещения позволяет использовать его для регистрации слабых световых сигналов. Такая система обладает свойством накопления и памяти. Чисто электронный механизм памяти позволяет производить циклы записи и стирания информации неограниченное число раз.

Рассмотрены имеющиеся в литературе сведения о принципах работы твердотельных преобразователей изображения, в которых сканирование и образование видеосигнала производится не электронным лучом, а электрическим импульсом, движущимся в полупроводниковой подложке сложного строения. К твердотельным приемникам изображения относятся фотоприемники с координатной "матричной" выборкой, приборы с зарядовой связью (ПЗС), нейрокны и нейристорные линии. Основным недостатком фотоприемников с координатной выборкой является низкое отношение сигнал-шум. Устройства формирования изображения на ПЗС имеют высокую чувствительность и разрешающую способность, однако широкое распространение ПЗС-фотоприемников в настоящее время сдерживается недостаточной высотой качеством их изготовления. Технология изготовления нейрокнов не является столь критичной к качеству элементов, как ПЗС-фотоприемников. Использование нейристорных линий является качественно новой элементной базой для создания систем обработки информации.

Вторая глава посвящена технологии получения гетероперехода $CdS - Cu_2S$. В основу технологии получения базового слоя сульфида кадмия был положен известный метод пульверизации водного раствора хлорида кадмия ($CdCl_2$) и тиоочерники на разогретую подложку, представляющую собой стеклянную пластину с предварительно нанесенным на нее прозрачным проводящим слоем оксида олова. При температуре $T = 700$ К на подложке происходит следующая химическая реакция:



Слой Cu_2S формируется непосредственно из базового слоя в результате эндометрической реакции замещения. При такой реакции подрешетка серы в слое CdS остается практически без изменений, в один ион кадмия замещается двумя ионами меди. Реакция замещения ионов кадмия ионами меди протекает в твердой фазе при термообработке базового слоя CdS с предварительно нанесенной на него пленкой $CuCl$.

Изучено влияние степени легирования и термообработки полупроводников на фотоэлектрические свойства гетероперехода $CdS-Cu_2S$. Показано, что термообработка на воздухе свежеприготовленных гетеропереходов $CdS-Cu_2S$ при температуре 500 К в течение нескольких минут приводит к повышению чувствительности в длинноволновой области спектра, улучшению выпрямляющих свойств перехода и может быть связана со снижением скорости поверхностной рекомбинации и исчезновением пунтирующих центров для тока сквозь гетерограницу.

Исследования незащищенных и нелегированных образцов свидетельствуют о существовании двух взаимосвязанных причин деградации. Одна из них обусловлена ухудшением стехиометрии слоя сульфида меди, другая — изменением параметров области пространственного заряда в сульфиде кадмия. Стабильность исследуемых фотоэлементов может быть повышена путем легирования базового слоя донорными примесями: Jn , Ga , Al . Предполагается, что при легировании концентрация вакансий уменьшается и ионы меди образуют комплексы с донорными примесями, которые, имея малую подвижность, значительно снижают эффективную скорость диффузии меди. Кроме того, легирование алюминием приводит к повышению плотности и однородности базового слоя CdS , снижению его удельного сопротивления, уменьшению ширины обедненного слоя и повышению стабильности.

Третья глава посвящена описанию методов исследований основных фотоэлектрических характеристик гетероперехода $CdS-Cu_2S$ с целью уточнения механизма переноса носителей через его ОПЗ. Описана установка, предназначенная для исследований вольт-амперных, вольт-емкостных, температурных и спектральных характеристик гетероперехода $CdS-Cu_2S$. Особенности температурных зависимостей прямого тока исследуемого гетероперехода свидетельствуют о туннельно-прыжковом характере переноса носителей через область пространственного заряда. Экспери-

ментально наблюдается также частотная зависимость проводимости, вещественная часть которой имеет степенную зависимость от частоты с показателем степени $\sim 0,8$, что характерно для туннельно-прыжкового механизма проводимости.

Изучение вольт-емкостных характеристик позволило получить сведения о параметрах дырочных ловушек, расположенных в приконтактной области сульфид кадмия. Эти уровни могут накапливать значительный положительный заряд и изменять ход потенциала в области пространственного заряда. Были также исследованы спектральные характеристики фотоотклика гетероперехода $CdS - Cu_2S$. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в этой структуре основной вклад в ток короткого замыкания (J_{K3}) вносят носители, генерированные в более узком Cu_2S . Однако спектральное распределение $J_{K3}(\lambda)$ существенно зависит также от процессов переноса и рекомбинации в узком приконтактном слое $J_{K3}(\lambda)$.

Результатом изменения хода потенциала в области барьера является эффект стимуляции длинноволновой фоточувствительности коротковолновым возбуждением. Рекомбинация на границе раздела неидеального гетероперехода $CdS - Cu_2S$ может уменьшать эффективность фотопреобразования в $10^2 - 10^3$ раз. В этом случае эффективность фотопреобразования гетероперехода $CdS - Cu_2S$ можно управлять, изменяя параметры потенциального барьера, с помощью света из области собственного поглощения сульфида кадмия.

Было показано, что ток короткого замыкания J_{K3} исследуемой гетероструктуры определяется соотношением скорости поверхностной рекомбинации свободных электронов, генерированных светом в сульфиде меди, и их дрейфовой скорости на гетерогранице. Следовательно, ток короткого замыкания J_{K3} находится в прямой зависимости от пространственного распределения потенциала

$$J_{K3} = J_{K3}^0 \frac{\mu_n \left. \frac{d\psi}{dx} \right|_{x=0}}{\mu_n \left. \frac{d\psi}{dx} \right|_{x=0} + S_f} \quad (2)$$

где J_{kz}^0 - фототок в отсутствие потерь на гетерогранице, μ_n - подвижность электронов в сульфиде кадмия, $S_f \frac{d\psi}{dx}|_{x=0}$ - скорость поверхностной рекомбинации на границе раздела, $\frac{d\psi}{dx}|_{x=0}$ - напряженность поля на границе раздела.

Таким образом, фотовозбужденные в сульфиде меди электроны могут либо рекомбинировать на состояниях границы раздела, либо Cu^+ отделенными от дырок полем барьера, локализованного в сульфиде кадмия. Соотношение между скоростями этих процессов и определяет реальную эффективность фотозлемента. Незначительная подсветка из области собственного поглощения сульфида кадмия приводит к изменению формы барьера вблизи гетерограницы с квадратичной на экспоненциальную и к резкому росту величины $\frac{d\psi}{dx}|_{x=0}$, т.е. к увеличению эффективности собирания носителей тока. В случае неоднородного распределения освещенности фотопреобразователя коротковолновым светом протяженность области пространственного заряда уменьшается в соответствии с интенсивностью света. Такое неравновесное состояние может сохраняться и после прекращения возбуждения гетероперехода $CdS-Cu_2S$, так как фотогенерированные дырки локализованы на глубоких центрах захвата.

Поскольку профиль барьера, сформированный зарядом захваченных дырок, определяет величину тока короткого замыкания, обусловленного возбуждением гетероперехода светом из длинноволновой области спектра, то сканирование ИК-зондом поверхности фотозлемента $CdS-Cu_2S$, используемого в режиме измерения тока короткого замыкания, позволит "считывать" профиль глубины области пространственного заряда. В этой главе исследовалась также температурная зависимость тока короткого замыкания гетероперехода $CdS-Cu_2S$, генерированного длинноволновым светом. Результаты эксперимента свидетельствуют о наличии температурного гашения фототока. Расчеты, проведенные в соответствии с моделью, предполагающей наличие τ и S - центров рекомбинации в ОПЗ гетероперехода, позволяют определить глубину залегания центров медленной рекомбинации ($E_x = 1,05$ эВ). На центры рекомбинации в сульфиде кадмия дырки, генерированные в сульфиде меди поступают преимущественно за счет реализации туннельно-прямкового механизма переноса.

Четвертая глава посвящена экспериментальным и теоретическим исследованиям процессов накопления и хранения информации в

преобразователя оптического изображения в электрический сигнал на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$, а также исследование влияния внешнего смещения на эти процессы.

Как отмечалось ранее, при освещении гетероперехода светом из области собственного или примесного поглощения широкого зонного сульфида кадмия, в котором сосредоточена вся область пространственного заряда, фотогенерированные дырки захватываются на присутствующие в ОПЗ ловушки. В результате этого уменьшается ширина ОПЗ, изменяется форма потенциального барьера, а напряженность поля на границе раздела сильно возрастает. Это приводит к резкому уменьшению на гетерогранице рекомбинационных потерь носителей, генерированных в сульфиде меди. Таким образом, с помощью коротковолновой подсветки малой интенсивности, можно управлять большим потоком носителей, генерированных более длинноволновым светом в сульфиде меди. Высокая чувствительность такой системы в области очень низких уровней освещенности позволяет использовать ее для регистрации слабых световых сигналов. Кроме того, такой прибор обладает свойством нагнетания, т.к. положительный заряд, захваченный в ОПЗ, локализуется на глубоких ловушках, термическое опустошение которых при комнатных температурах происходит достаточно медленно.

Для записи оптического изображения на указанный формирователь сигналов изображения (ФСИ) образец перед фотографированием помещался в кассету и освещался мощным источником ИК-света для стирания ранее записанной информации. Затем кассета с пластинкой помещалась в фотоаппарат и производилось экранирование. После этого кассета устанавливалась на сканирующее устройство для считывания информации, где происходило построчное сканирование образца. По окончании считывания, накопленная в контроллере информация поступала в вычислительную машину. После обработки можно было наблюдать сфотографированную картинку на экране монитора.

Полученное изображение может быть удалено путем подачи на фотоприемник положительного смещения порядка 1 В. При этом происходит рекомбинация захваченного заряда. Стирание изображения можно осуществить также засветкой гетероперехода мощным импульсом ИК-света, который выбрасывает дырки, запасенные на ловушках в валентную зону (при этом они удаляются полем из ОПЗ и потенциальный барьер приобретает форму, характерную для его

темнового состояния. С использованием эффекта накопления дырок на ловушечных центрах в ОПЗ прибор может регистрировать изображение при очень слабой интегральной освещенности (10^{-6} люкс).

Поскольку CdS на основе гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$ обладает способностью накопления, то его можно охарактеризовать с помощью семи симметрических характеристик, разработанных для фотографических слоев. Спектральное распределение светочувствительности позволяет охарактеризовать формирователь сигналов изображений на основе гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$ по общепринятой классификации для фотографических слоев как зеленочувствительный, с коэффициентом контрастности $\gamma = 0,55$ и фоточувствительностью 16 единиц ГОСТа.

В заключении главы рассмотрено влияние внешнего смещения на процессы накопления и хранения информации в преобразователе на основе гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$. Было изучено влияние внешнего смещения на характер нарастания сигнала при непрерывном возбуждении фотопреобразователя источником света в области собственного поглощения сульфида кадмия. Регистрация тока $J_{\text{нз}}$ производилась по величине импульсов на экране осциллографа при освещении CdS ИК-импульсами светодиода сразу после снятия внешнего смещения. С уменьшением величины положительного смещения скорость нарастания $J_{\text{нз}}$ возрастает, достигает максимальных значений при небольших отрицательных смещениях, и убывает при больших отрицательных смещениях.

Разный потенциалом смещения при длительных временах нарастания (обычно 50-200 минут) соответствует разный накопленный стационарный заряд дырок на ловушках в области пространственного заряда, который и определяет стационарные значения тока короткого замыкания. При этом различна и скорость накопления заряда. В области положительных смещений скорость накопления заряда резко убывает.

Рассмотрим, каким образом можно количественно учесть влияние внешнего смещения на накопление, а следовательно на токоперенос заряда в области пространственного заряда гетероперехода $\text{CdS-Cu}_2\text{S}$. При возбуждении гетероперехода, генерированные в широкозонном сульфиде кадмия неосновные носители (дырки) захватываются в ОПЗ на присутствующие там ловушки. Для неравновесных дырок с концентрацией P_t решение кинетического уравнения, учитывающего накопление зарядов, определяет процесс

нарастания тока короткого замыкания $J_{кз}$. При фотовозбуждении начальная концентрация дырок $P_t(x)|_{t=0} = 0$, а функция генерации постоянна ($f = \text{const}$). Тогда зависимость концентрации носителей, захваченных на дырочные ловушки в ОПЗ герперсехода $CdS - Cu_2S$, от времени, прошедшего после включения возбуждающего света, определяется выражением:

$$\frac{dP_t}{dt} = f - p_t \bar{v} S_{p_t} P_V \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right) - p_t \bar{v} S_{p_t} P_V D_1(x) - p_t \bar{v} S_{n_t} n_0 D_2(x) - p_t \bar{v}' S_{nr} N(E_F) \quad (3)$$

где \bar{v} - средняя тепловая скорость носителей заряда, S_{p_t} и S_{n_t} - поперечное сечение захвата дырок и электронов, P_V - эффективная плотность состояний в V -зоне сульфида кадмия, n_0 - концентрация свободных электронов в квазинейтральной области сульфида кадмия, S_{nr} - поперечное сечение захвата электронов центрами рекомбинации на границе раздела, $N(E_F)$ - плотность состояний в окрестности уровня Ферми, D_1 и D_2 - коэффициенты прозрачности потенциальных барьеров, соответствующих туннелированию и двухступенчатой рекомбинации, \bar{v}' - эффективная тепловая скорость носителей при прыжковой проводимости.

Процессы, описанные в правой части выражения (3), кроме функции генерации и термического выброса зависят от напряжения смещения. При отрицательных смещениях $\approx 0,5$ В скорость накопления заряда может несколько снижаться из-за непосредственно туннелирования в V -зону Cu_2S носителей захваченных ловушками на границе раздела. При положительных смещениях скорость накопления заряда существенно снижается из-за роста двухступенчатой рекомбинации и туннельно-прыжковой рекомбинации.

Экспериментально установлено, что оптимальным условием накопления информации (максимальная скорость накопления заряда) для образцов, полученных при формировании слоя сульфида кадмия на воздухе, является небольшое отрицательное смещение, а для образцов, в которых сульфид кадмия получен в вакууме - небольшое отрицательное или нулевое смещение. Оптимальным условием хранения информации (минимальная скорость уменьшения заряда) для образцов, в которых сульфид кадмия получен на воздухе, является небольшое (0,1-0,2 В) отрицательное смещение,

а для образцов в которых сульфид кадмия получен в вакууме - напряжение внешнего смещения - 0,420,5 В.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы, обоснудается ее практическая значимость и перспектива дальнейших исследований по данной теме.

ВЫВОДЫ

1. В структуре $CdS-Cu_2S$ наблюдается ряд эффектов и явлений, которые характерны для идеальных гетеропереходов и вызваны несоответствием параметров кристаллических решеток, наличием глубоких лонущечных уровней, а также существованием зависимости напряженности электрического поля в переходе от длины волны падающего света. Некоторые эффекты, например, рекомбинация носителей через поверхностные центры на гетерогранице, модуляция длинноволновой чувствительности фотоэлемента

$CdS-Cu_2S$ коротковолновой подсветкой и длинновременная релаксация тока короткого замыкания, могут быть положены в основу работы светочувствительного элемента галиты - безвакуумного аналога передающей телевизионной трубки.

2. Температурная зависимость тока короткого замыкания гетероперехода $CdS-Cu_2S$, генерированного длинноволновым светом, свидетельствует о наличии температурного гашения. Расчеты, проведенные в соответствии с моделью, предполагающей наличие K и S - центров рекомбинации в ОПЗ гетероперехода, позволяют определить глубину залегания центров медленной рекомбинации ($E_x = 1,05$ эВ). На центры рекомбинации в сульфиде кадмия дырки, генерированные в сульфиде меди, поступают преимущественно за счет реализации туннельно-прыжкового механизма переноса.

3. Рекомбинация носителей тока на границе раздела идеального гетероперехода $CdS-Cu_2S$ может уменьшать эффективность фотопреобразования в 10^2-10^3 раз. Поэтому эффективностью преобразования гетероперехода $CdS-Cu_2S$ можно управлять, изменяя параметры потенциального барьера светом из области собственного поглощения сульфида кадмия.

4. Преобразователь оптического изображения в электрический сигнал на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ может быть

использован для регистрации слабых оптических изображений с последующим считыванием и записью видеосигнала в память ЭВМ с возможной коррекцией фоточувствительности. Так как в данном устройстве считывание изображения производится ИК-светом, то для него не требуется вакуум и высокое напряжение. Благодаря возможности изготовления преобразователя большой площади и его высокой чувствительности – вероятной областью применения такого устройства может быть регистрация изображений, создаваемых крупным телескопами при астрономических наблюдениях.

5. Наличие памяти и отсутствие расщепления изображения в ЭСИ обусловлены нахождением связанного заряда на локальных центрах глубоких ловушек.

6. Спектральное распределение светочувствительности позволяет охарактеризовать формирователь сигналов изображения на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$ по оценоклассификации для фотографических слоев, как зеленочувствительный, с коэффициентом контрастности $\delta = 0,55$ и фотоувствительностью 16 единиц ГОСТа.

7. Способ получения сульфида кадмия, величина и знак, подаваемого внешнего смещения оказывают существенное влияние на процессы накопления и хранения информации в преобразователе оптического изображения в электрический сигнал на основе гетероперехода $CdS-Cu_2S$.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ

1. Виноградов М.С., Затовская Н.П., Борщак В.А., Куталова М.И., Куркмаз Т., Василевский Д.Л., Сердюк В.В. Батарей фотопреобразователей на основе тонкопленочных гетеропереходов $CdS-Cu_2S$ // Фотозлектроника.-1992.- В.5.- С.67-74.

2. Виноградов М.С., Затовская Н.П., Борщак В.А., Куркмаз Т., Куталова М.И., Василевский Д.Л., Сердюк В.В. Батарей тонкопленочных фотозлементов // II Всесоюзная конференция по фотозлектрическим явлениям в полупроводниках. 23-25 октября, 1991 г., Ашхабад, 1991.- С.126.

3. Борщак В.А., Виноградов М.С., Василевский Д.Л., Куркмаз Т., Теория токопереноса в тонкопленочных неидеальных фотозлементах// II Всесоюзная конференция по фотозлектрическим явлениям в полупроводниках. 23-25 октября 1991 г., Ашхабад, 1991.- С.21.

4. Куркиаз Т., Виноградов М.С., Василевский Д.Л., Сердюк В.В.
Деградация фотоэлементов на основе сульфида кадмия // Научно-
техническая конференция "Физические основы надежности и дегра-
дации полупроводниковых приборов", сентябрь, 1992 г., Нижний
Новгород, Астрахань.- 1992.- С.28.



Подл.к печати 8.12.92г. Формат 60x84 1/16.
Объём 0,7уч.изд.л. I, Оп.л. Заказ №3116. Тираж 100экз.
Гортипография Одесского управления по печати, цех №3.
Ленина 49.

1150639

AB 26.458

AB 26.458