Ա 01.04.10
Ш-71

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Բնագրի իրավունքով

ՇՄԱՎՈՆՅԱՆ ԳԱԳԻԿ ՇՄԱՎՈՆԻ

Մակերևույթային էքսիտոնների ուսումնասիրումը կիսահաղորդիչ-էլեկտրոլիտ անցման սահմանին

Ա.04.10 կիսահաղորդիչների և դիէլեկտրիկների ֆիզիկա մասնագիտությամբ
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ - 1996

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

на правах рукописи

ШМАВОНЯН ГАГИК ШМАВОНОВИЧ

Исследование поверхностных экситонов на границе раздела полупроводник-электролит

по специальности А.04.10 физика
полупроводников и диэлектриков

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ЕРЕВАН - 1996

© National Library of Armenia OCR by Portmind

Աշխատանքը պատրաստվել է Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝ ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Ժոզեֆ Ռեթևոսի Փանոսյան

Պաշտոնական ընդիմախոսներ՝ ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր, ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս Ղազարյան Էդուարդ Մուշեղի
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, ավագ գիտաշխատող Ղազարյան Ռուդոլֆ Ղազարի

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է՝ "18" նոյեմբեր 1996 թ. ժամը _____ ԵրՊՀ 049 մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵրՊՀ:

Սեղմագիրը առաքված է՝ "17" նոյեմբեր 1996 թ.

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար
դոցենտ Քալանթարյան Վ. Պ.

Работа выполнена в Государственом инженерном университете Армении

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук Паносян Жозеф Ретевосович

Официальные оппоненты- доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РА Казарян Эдуард Мушегович
- кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник Казарян Рудольф Казарович

Ведущая организация: Ереванский Институт Физики

Защита состоится " 18 " июля 1996г. в _____часов на заседании специализированного Совета 049 ЕрГУ по адресу: 375049, г. Ереван, ул. Ал. Манукяна 1, ЕрГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕрГУ

Автореферат разослан " 17 " июля 1996г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
доцент Калантарян В. П.

2633-96

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Исследование экситонных эффектов относится к числу наиболее информативных физических методов изучения микропроцессов в объеме и на поверхности полупроводников и диэлектриков. В последнее время особенно интенсивно развивается экситонная спектроскопия приповерхностной области полупроводников и размерно квантованных структур. Естественное для микроэлектроники уменьшение веса и толщины кристаллических слоев с одной стороны и разработка новых структур с заданными электрическими и оптическими свойствами с другой стороны, привели к глубокому изучению полупроводниковых структур и материалов с пониженной размерностью. В этом смысле весьма актуальным является изучение экситонных явлений в приповерхностных слоях полупроводников и на границах разделов полупроводников с другими средами. В частности, такая постановка вопроса актуальна для решения проблемы фотоэлектрохимического преобразования солнечной энергии на границе раздела полупроводник-электролит.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования использовались поверхностные слои монокристаллов n-CdTe и ZnO и их границы раздела с электролитом. CdTe и ZnO являются полупроводниковыми соединениями группы A^2B^6, для которых характерны прямые оптические переходы и коэффициент оптического поглощения достигает значений $10^5 см^{-1}$. Благодаря этому, происходит значительное поглощение света уже в приповерхностной области, толщина которой меньше длины волны падающего излучения. Эти материалы весьма успешно используются для преобразования солнечной энергии, где для CdTe достигнут КПД 15-16%, а слои ZnO входят в состав многослойных фотоэлектрических преобразователей имеющих КПД 30%. Известно, что эффективность фотоэлектрохимического и фотоэлектрического преобразования солнечной энергии определяется различными параметрами полупроводника, причем во многих случаях определенную роль играют свойства поверхности, а также образование экситонных состояний.

В диссертационной работе экспериментальные исследования проводились методами отражения, электроотражения и фотолюминесценции для изучения экситонных спектров на

© National Library of Armenia

границе раздела полупроводник-электролит и в приповерхностном слое. Граница раздела полупроводник-электролит дает возможность изучать поведение поверхностных экситонов практически при любых значениях поверхностного потенциала и одновременно изменять энергетическое положение двумерных поверхностных подзон.

Состояние вопроса. В последнее время интенсивно изучались поверхностные экситоны в приповерхностных слоях и на границах раздела полупроводник-электролит. Тем не менее, ряд вопросов, которые имеют принципиальное значение для оптики поверхностных экситонов, до сих пор остаются невыясненными, например: зависимость поверхностных экситонов от температуры и концентрации свободных носителей заряда, особенно, в области высоких температур, роль поверхностных двумерных подзон n- и p-типа проводимости в процессе образования экситонных состояний. Недостаточно изучен также процесс формирования инверсионного слоя при хемосорбции на поверхности, влияние поверхностного потенциала на двумерные поверхностные подзоны и связанные с ними квазидвумерные поверхностные экситоны, а также роль размерного квантования в инверсионных слоях.

Цель работы. Изучение поведения поверхностных экситонов на границах раздела CdTe- и ZnO-электролит. Экспериментальное исследование фотолюминесценции, отражения и электроотражения в области экситонного поглощения в зависимости от концентрации носителей заряда в полупроводнике, температуры в области 4-300K, хемосорбции и величины поверхностного потенциала, поляризации света и его наклонного падения. Обработка и анализ экспериментальных результатов и разработка соответствующих механизмов образования поверхностных экситонов.

Научная новизна. Экспериментально показано, что при хемосорбции ионов кислорода или ионов электролита на поверхности CdTe образуется размерное квантование движения дырок валентной зоны в приповерхностном инверсионном слое. Обнаружены квантовые дырочные подзоны с квантовыми числами 0, 1, 2, 3. Показано, что в приповерхностном инверсионном слое CdTe снимается вырождение валентной зоны при значении волнового вектора $\vec{K}=0$. Экспериментально показано, что

двумерные поверхностные электронные подзоны в кристаллах CdTe и ZnO принимают участие в образовании квазидвумерных поверхностных экситонов. Обнаружен механизм образования квазидвумерных поверхностных экситонов с участием двумерных поверхностных электронных подзон и размерно квантованных дырочных подзон в приповерхностном инверсионном слое CdTe.

Основные научные положения, вынесенные на защиту.

1. Обнаружено размерное квантование валентной зоны в поверхностном инверсионном слое CdTe, образованном при хемосорбции кислорода на поверхности при длительном освещении или хемосорбции ионов электролита на границе раздела CdTe-электролит.
2. На границе раздела CdTe-электролит обнаружен новый механизм образования квазидвумерного поверхностного экситона, формирующегося в результате кулоновского взаимодействия электрона, принадлежащего двумерной поверхностной подзоне, расположенный ниже E_c, с дыркой находящейся в размерно квантованном инверсионном слое.

На границе раздела ZnO-электролит при 190K обнаруживается квазидвумерный поверхностный экситон, который образуется из-за кулоновского взаимодействия электрона в зоне проводимости с дыркой в двумерной поверхностной подзоне.

3. На спектрах отражения и фотолюминесценции кристаллов CdTe обнаружены линии, обусловленные квазидвумерными поверхностными экситонами. Установлен характер зависимости линий поверхностных экситонов от концентрации свободных носителей заряда и температуры в интервале 4÷300K, причем в интервале $100<T\leq300$K и при концентрациях электронов $N_D-N_A>10^{17}$см$^{-3}$ на спектрах обнаруживаются только поверхностные экситоны.
4. Анализ спектров отражения при наклонном падении поляризованного света, позволяет идентифицировать поверхностные экситонные переходы с участием квантованных подзон как тяжелых, так и легких дырок.

В случае квантованного инверсионного слоя увеличивается значение угла Брюстера, а коэффициенты

отражения $\vec{p}$- и $\vec{S}$-поляризованных волн вблизи их минимумов приближаются друг к другу.

5. На спектрах электроотражения и отражения границы раздела CdTe-электролит и ZnO-электролит при увеличении длины и высоты падения поверхностного потенциала обнаружены сдвиги линий, обусловленных квазидвумерными поверхностными экситонами. Сдвиги в коротковолновую сторону спектра обусловлены поверхностными экситонами, механизм образования которых приведен в пункте 2, тогда как сдвиги в длинноволновую сторону спектра объясняются образованием квазидвумерного поверхностного экситона, когда дырка локализована в размерно квантованном инверсионном слое, а электрон - в индуцированной квантовой яме вблизи поверхности.

Практическая ценность. Исследование границы раздела полупроводник-электролит представляет большой интерес не только с точки изучения природы поверхностных подзон и поверхностных экситонов, но и с практической стороны, так как показывает возможность увеличения КПД преобразования солнечной энергии в химическую энергию водорода.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на научных семинарах: департамента физики Государственного Инженерного Университета Армении, лаборатории "Гелиотехники" центра малых энергетических систем Государственного Инженерного Университета Армении, кафедры физики полупроводников и проблемной лаборатории физики полупроводниковых материалов Ереванского Государственного Университета. Основные результаты работы доложены на 2-й и 3-й Республиканской конференции аспирантов Арм. ССР (Ереван, 1987г. и 1989г.), на 6-ой Всесоюзной школе семинаре по физике поверхности полупроводников (Одесса, 1987), на 11-й Всесоюзной конференции по физике полупроводников (Кишенев, 1988г.), на семинаре Института Спектроскопии АН СССР (г. Троицк, 1991).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы отражены в девяти опубликованных работах, список которых приведен в конце автореферата.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы, содержит 135 страниц машинописного текста, из них : 46 рисунков на 26 страницах, 1 таблица и 148 наименований литературы на 17 страницах.

Краткое содержание работы

Во введении обсуждены актуальность проблемы и сформулирована цель диссертационной работы. Приведены основные научные положения, вынесенные на защиту. Изложено краткое содержание диссертации по главам.

В первой главе дан критический обзор литературы по теме диссертации. В обзоре обобщено современное состояние физики поверхностных и размерно квантованных экситонов, как в различных полупроводниковых соединениях, так и в их границах раздела с различными средами.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальных методик, использованных в настоящей диссертационной работе.

В разделе 2.1 описаны использованные полупроводниковые кристаллы, их зонная структура, методы их выращивания, состояние поверхности полупроводника при измерении. Описан метод приготовления полупроводниковых электродов как для высоких, так и для низкотемпературных исследований (4,2 до 300К). Для проведении измерении в таком широком температурном диапазоне использовались два варианта криостата: металический и стеклянный. Дана конструкция этих криостатов. Описаны составы электролитов и конструкции экспериментальных электрохимических ячеек, с помощью которых проводились измерения на границе раздела полупроводник-электролит как при высоких, так и при низких температурах.

В разделе 2.2 описаны экспериментальные установки использованные нами для исследования отражения, электроотражения и фотолюминесценции на границах раздела полупроводник-электролит и полупроводник-кислород. Спектры отражения регистрировались как при нормальном, так и при различных углах падения вплоть до скользящего падения света на образец. Для получения спектров электроотражения к образцу, кроме постоянного смещения, было приложено также переменное напряжение и была использована методика синхронного

© National Library of Armenia

детектирования. Спектры регистрировались с помощью монохроматоров от СДЛ-1 и ДФС-12 со щелями 0,01-0,1мм, что соответствует спектральному разрешению 0,01-0,1нм. Использовались дифракционные решетки 600шт/мм и 1200шт/мм. Для срезания спектров налагающихся порядков использовались сменные отсекающие фильтры. Использовался также деполяризующий клин из исландского шпата, устраняющий аразитную поляризацию прибора. Для работы в поляризованном свете применялись пленочные поляризаторы, призмы Гланна или Николя. Процесс вращения поляризатора и определения угла вращения автоматизирован с помощью изготовленной нами экспериментальной установки, конструкция которой описана в работе.

В третьей главе рассмотрено влияние температуры и концентрации свободных носителей заряда на спектры отражения и фотолюминесценции кристаллов CdTe.

В разделе 3.1 приведена температурная зависимость спектров отражения CdTe. На спектрах отражения наблюдается глубокий минимум, который обусловлен объемным экситоном. При повышении температуры кристалла минимум уменьшается, расширяется и сдвигается в сторону меньших энергий. С длинноволновой стороны минимума объемного экситона наблюдался небольшой минимум, который как выясняется обусловлен поверхностным экситоном, интенсивность которого зависит от температуры слабее, чем интенсивность объемного экситона и с повышением температуры удаляется от минимума объемного экситона в сторону меньших энергий и существует до 300К. Иногда наблюдается второй минимум связанный с поверхностным экситоном. Приведены также спектры отражения при 4,2К для кристаллов CdTe, полученных различными технологическими методами и имеющих различные концентрации свободных электронов. Показано, что минимум связанный с объемным экситоном не наблюдается, когда концентрация свободных электронов $n \geq 10^{17}$ см$^{-3}$.

Оценивался дебаевский радиус экранирования объемного экситона в CdTe, что становится меньше боровского радиуса объемного экситона при концентрации свободных электронов $n \geq 10^{17}$ см$^{-3}$ ($\varepsilon = 9,8$ - диэлектрическая проницаемость, $m_e = 0,1 m_0$ - эффективная масса электронов CdTe). Эта оценка хорошо согласуется с вышеописанными экспериментальными данными.

В разделе 3.2 приведены спектры фотолюминесценции CdTe при 4,2К, где наблюдаются линии, которые обусловлены свободными и связанными с центрами объемными, а также поверхностными экситонами. При 4,2К интенсивности линий поверхностных экситонов значительно слабее интенсивности линии объемных экситонов. Эти линии соответствуют минимумам на спектрах отражения CdTe. При $n \geq 10^{17}$ см$^{-3}$ на спектрах фотолюминесценции линии объемных экситонов не наблюдаются, а на спектре доминируют линии поверхностных экситонов уже при 4,2К.

В разделе 3.3 приводится подробное описание изменения спектров фотолюминесценции CdTe в зависимости от температуры для кристаллов с различным примесно-дефектным составом. Причем в температурном интервале $100 < T \leq 300$К и при концентрациях свободных электронов $n = 10^{14}$ см$^{-3}$ на спектрах фотолюминесценции CdTe объемные экситоны отсутствуют ввиду их малой энергии связи $(8,3 \pm 0,4)$мэВ и обнаруживаются только линии поверхностных экситонов. Как и следовало ожидать, такая температурная зависимость наблюдаются и для образцов с большей концентрации свободных электронов.

В четвертой главе исследован механизм образования размерно квантованного слоя при хемосорбции кислорода на поверхности CdTe под воздействием длительного предварительного освещения. Приведены расчеты параметров размерно квантованных инверсионных слоев.

В разделе 4.1 описана формирование размерно квантованного инверсионного приповерхностного слоя на свежесколотой поверхности CdTe, который создается в результате хемосорбции атомов кислорода под воздействием света. При этом спектры отражения трансформируются и на них проявляются четко выраженные коротковолновые и длинноволновые минимумы, число которых увеличивается и выражается отчетливее при увеличении времени предварительного освещения. Одновременно регистрировалось изменение величины поверхностного тока (как темнового тока, так и фототока) в зависимости от времени предварительного освещения, Спектры отражения регистрировались, когда CdTe находился в жидком азоте, или в жидком кислороде. Минимумы отражения наблюдаются и при 300К. Коротковолновые минимумы, обусловлены поверхностными экситонами обозначенными нами типа А, а длинноволновые -

© National Library of Armenia

поверхностными экситонами типа Б. Сопоставлены спектры отражения и фотолюминесценции CdTe.

В разделе 4.2 рассматриваются вышеупомянутые минимумы. отражения в случае поляризованного света. После длительного предварительного воздействия светом, в результате которого формируется однородный монослой кислорода, в области инверсионного слоя снимается вырождение валентной зоны. В итоге наблюдаются поляризационные эффекты отсутствующие ранее. Для идентификации минимумов отражения был использован поляризованный свет падающий под углом 12° к нормали поверхности. Интенсивности минимумов отражения меняются в зависимости от направления поляризации электрического вектора падающей электромагнитной волны. Согласно правилам отбора, оптические переходы с участием зон с различными симметриями могут быть разрешены либо для параллельной, либо для перпендикулярной поляризации падающего света относительно нормали к поверхности. Это позволяет отличить оптические переходы с участием находящихся в инверсионном слое квантованных подзон с тяжелыми и легкими дырками. Именно по этому признаку коротковолновые минимумы отражения были сгруппированы на две серии линий, полученные при $\vec{p}$- и $\vec{S}$-поляризациях. Показано, что соответствующие линии связаны с квазидвумерными поверхностными экситонами, образующимися из-за кулоновского взаимодействия электронов в двумерной поверхностной подзоне с легкими (тяжелыми) дырками в размерно квантованных подзонах инверсионного слоя.

Спектры отражения зависят от эллиптичности поляризованного света, т.е. от отношения полуосей эллипса падающего света. Когда на полупроводник падает линейно поляризованный свет для $\vec{p}$-поляризованного света минимумы отражения очень выражены. С уменьшением отношения полуосей эллипса, т. е. когда на полупроводник падает эллиптически поляризованный свет, то минимумы становятся менее выраженными. Показано, что наличие сформированного инверсионного слоя на поверхности CdTe приводит к некоторому сдвигу угла Брюстера в сторону больших углов, а ветви $\vec{p}$- и $\vec{S}$-поляризации значительно приближаются друг к другу, по сравнению со случаем кристаллов, у которых отсутствует инверсионный слой.

В разделе 4.3 приводятся рассчеты параметров размерно квантованного инверсионного слоя, ширина которого меняется от 6 до 19нм, а высота квантовой ямы составляет 0,11эВ. Оценка эффективного электрического поля дает значение $3{,}3\times10^4$В/см.

В пятой главе приведены результаты исследования спектров отражения, электроотражения и фотолюминесценции для границы раздела CdTe-электролит и ZnO-электролит в зависимости от приложенного внешнего анодного смещения. Рассмотрены механизмы образования квазидвумерных поверхностных экситонов, объясняющих экспериментальные результаты. Предложен новый механизм квазидвумерного поверхностного экситона и оценена его энергия связи.

В разделе 5.1 рассматривается другой способ формирования инверсионного слоя и размерно квантованных состояний у поверхности. В этом случае ширина инверсионного слоя варьируется при прикладывания внешнего смещения к границе раздела полупроводник-электролит, в результате чего изменяется величина поверхностного потенциала и глубина его проникновения. В отличие от предыдущего способа, описанного в главе 4 здесь можно плавно менять поверхностный потенциал и ширину инверсионного слоя и повторить результаты измерения спектров отражения, электроотражения и фотолюминесценции при любых значениях поверхностного потенциала. На спектрах электроотражения наблюдаются две различные по поведению осцилляции - коротковолновые и длинноволновые, которые обусловлены соответственно А и Б типами поверхностных экситонов. Местоположения осцилляции совпадают с максимумом фотолюминесценции и минимумами отражения. При увеличении поверхностного потенциала коротковолновая линия сдвигается в коротковолновую сторону, а длинноволновая - в длинноволновую сторону. Аналогичные сдвиги наблюдаются на спектрах отражения поверхностных экситонов от границы раздела CdTe-электролит при 150К.

В разделе 5.2 приведены спектры отражения (при 300К и 190К) и электроотражения (при 300К) поверхностных экситонов от границы раздела ZnO-электролит в зависимости от величины внешнего смещения. Экспериментальные результаты можно объяснить моделью квазидвумерных поверхностных экситонов. Такая модель предполагает кулоновское взаимодействие между электроном в зоне проводимости с дыркой в двумерной

© National Library of Armenia

поверхностной подзоне. Эти экспериментальные данные и приведенный анализ имеют общие черты с экспериментальными данными, полученными для границы раздела CdTe-электролит, где также обнаруживаются квазидвумерные поверхностные экситоны, связанные с двумерной поверхностной подзоной.

В разделе 5.3 приведены экспериментальные данные, свидетельствующие в пользу модели квазидвумерного поверхностного экситона. Оценена энергия связи квазидвумерного поверхностного экситона в кристаллах CdTe, которая составляет ~30мэВ. Это значение примерно четыре раза превосходит энергию связи объемного экситона в CdTe и согласуется с теоретическими оценками.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

1. На спектрах экситонного отражения и фотолюминесценции монокристаллов CdTe с небольшой концентрацией носителей ($n<10^{17}$см$^{-3}$) в широком температурном интервале от 4,2 до 300К обнаружены линии связанные с поверхностными экситонами. Линии, обусловленные объемными экситонами (свободные и связанные с центрами) на этих спектрах доминируют до 40К, а затем на спектрах доминируют линии поверхностных экситонов и исчезают линии обусловленные объемными экситонами. При температурах $100<T\leq300$К на спектрах обнаруживаются только линии поверхностных экситонов, т.к. энергия связи свободного объемного экситона (8,3мэВ) становится на много меньше КТ, тогда как энергия связи двумерного поверхностного экситона (~30мэВ) значительно выше.

2. Поскольку кулоновский потенциал объемного экситона экранируется свободными электронами, то на спектрах фотолюминесценции монокристаллов CdTe с концентрацией свободных носителей $n\geq10^{17}$см$^{-3}$ обнаруживаются только линии, обусловленные поверхностными экситонами в интервале температур 4,2 -.300К. Такое поведение наблюдается и на спектрах отражения, что свидетельствует хорошую корреляцию спектров отражения и фотолюминесценции.

3. Хемосорбирование кислорода на поверхности CdTe под действием длительного облучения интенсивным светом создает почти "однородный" потенциальный рельеф приводящий к еще большему искривлению энергетических зон и размерному квантованию дырок в приповерхностном инверсионном слое, в

результате чего отчетливее проявляются минимумы на спектрах отражения. Для идентификации последних был использован поляризованный свет, что позволило отличить оптические переходы с участием квантованных подзон с легкими и тяжелыми дырками. Спектральное местоположение описываемых минимумов находится в хорошем соответствии с энергиями квантованных подзон, полученных в приближении треугольной потенциальной ямы. Оценка ширины этой ямы на нижнем уровне составляет $Z_o=6$нм, а на высшем уровне - $Z_3=19$нм, значение эффективного поверхностного электрического поля составляет $F_S=3{,}3\times10^4$В/см.

4. Расчет отражения поляризованного света при наклонном падении на поверхностный инверсионный слой показывает, что значение угла Брюстера увеличивается, а коэффициенты отражения $\vec{p}$- и $\vec{S}$-поляризованных волн вблизи их минимумов приближаются друг к другу (в отсутствии инверсионного тонкого слоя они сильно отличаются), что хорошо согласуется с экспериментальными данными для CdTe.

5. На границе раздела CdTe-электролит или ZnO-электролит при хемосорбции ионов OH^- создается однородный инверсионный слой, в результате чего на спектрах фотолюминесценции, отражения и электротражения отчетливо наблюдаются линии поверхностных экситонов, энергетические положения которых согласуются между собой и зависят от величины плавно меняющего поверхностного потенциала. При увеличении приложенного поверхностного потенциала часть минимумов отражения и нулевые точки осцилляций электроотражения сдвигаются в коротковолновую сторону, другая часть - в длинноволновую сторону спектра, а их интенсивности сначала растут, а затем убывают.

6. Энергетическое местоположение этих линий ($\hbar\omega<E_g$) на границе раздела CdTe-электролит, значительный сдвиг в сторону больших энергий с одновременным увеличением расстояния между минимумами при увеличении поверхностного потенциала, ее узкая ширина, характерный вид осцилляции и высокотемпературный интервал ее существования свидетельствует о том, что они обусловлены размерно квантованными поверхностными экситонами, электрон которых принадлежит к двумерной поверхностной подзоне, расположенной ниже E_c, а дырка принадлежит к размерно квантованному инверсионному слою. Такая модель квазидвумерного поверхностного экситона

© National Library of Armenia

рассматривается впервые в отличии от случая ZnO-электролит, где и дырка принадлежит к двумерной поверхностной подзоне, расположенной выше E_v.

7. Исследованы спектры отражения и электроотражения границы раздела ZnO-электролит как при 300К, так и при 190К. Сдвиги линии в длинноволновую сторону спектра при увеличении поверхностного потенциала, увеличение интенсивности линий, а затем их исчезновение и появление других линий подтверждают, что они обусловлены квазидвумерными поверхностными экситонами, электрон которой находится в зоне проводимости, а дырка - в двумерной поверхностной подзоне.

8. Энергетическое местоположение минимумов на спектре отражения и осцилляции электроотражения на границе раздела CdTe-электролит, их сдвиг в сторону меньших энергий при увеличении поверхностного потенциала указывают на другой механизм образования квазидвумерного поверхностного экситона, а именно дырка локализована в размерно квантованном инверсионном слое, а электрон локализован в индуцированной квантовой яме в объеме CdTe, т.е. кулоновское взаимодействие имеет место между носителями заряда локализованными в различных приповерхностных слоях.

Перечень опубликованных работ, вошедших в диссертацию

1. Շմավոնյան Գ. Շ. Մակերևույթային էքսիտոնները CdTe-էլեկտրոլիտ անցման սահմանում, Հայաստանի ասպիրանտների երկրորդ հանրապետական կոնֆերանսի զեկուցման նյութեր, Երևան, 1987, էջ 42:
2. Паносян Ж. Р., Касаманян З. А., Шмавонян Г. Ш. Размерно квантованные дырочные подзоны в инверсионном слое CdTe при высоких температурах // 11-я Всесоюзная конференция по физике полупроводников: Тез. докл. конф.- Кишинев, 1988.- Т.2.- С.119-120.
3. Разработка методов контроля характеристик приемников светового излучения в системах автоматизированной обработки изображения: Отчет о НИР (Ереванский полетехнический институт им. К. Маркса; Руководитель работы Паносян Ж. Р.- Ереван, 1988-91.- Ч.1, -С.69, Ч.2, -С.70.
4. Շմավոնյան Գ. Շ., Մայիլյան Ա. Ռ. CdTe մոնոբյուրեղի անդրադարձման և էլեկտրոանդրադարձման սպեկտրերի առանձնահատկությունները, Հայաստանի ասպիրանտների երրորդ

15.05.2014

հանրապետական կոնֆերանսի զեկուցման նյութեր, Երևան, 1989, 3-րդ հատոր, էջ 104:
5. А. с. 1693488 СССР, М.Кл[4] G01N 13/00. Способ определения энергетического спектра поверхностных состояний / Паносян Ж. Р., Маилян А. Р., Шмавонян Г. Ш, Апатян А. А. (СССР).- #4622938; Заявлено 20.12.88; Опубл. 22.07.91, Бюл. #43.- 5с.
6. Касаманян З. А., Маилян А. Р., Паносян Ж. Р., Шмавонян Г. Ш. Поверхностые экситоны на спектрах отражения и электроотражения на границе раздела CdTe-электролит // Фотоэлектроника, Киев-Одесса; Издательство Лыбидь.- 1991, #4.- С.40-46.
7. Паносян Ж. Р., Касаманян З. А., Маилян А. Р., Шмавонян Г. Ш. Размерно-квантованные поверхностные экситоны на границе раздела CdTe-электролит // ФТП.- 1991.- Т.25, #6.- С.1030-1033.
8. А. с. 1771270 СССР, G01N 13/00. Способ поляризационной спектроскопии квантого размерного слоя./ Паносян Ж. Р., Касаманян З. А., Шмавонян Г. Ш., Барсегян С. Е. (СССР).- #4754220; Заявлено 15.08.89; Зарегист. в Гос.реестре изобр. СССР 22.06.92.- 7с.
9. Паносях Ж. Р., Шмавонян Г. Ш. Поверхностные экситоны на спектрах отражения и фотолюминесценции CdTe и ZnO // Сборник статей "Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами" Международной федерации по автоматизированному управлению и Совета по Автоматизированному Управлению Республики Армении.- Под ред. В. Мкртчяна, Ереван, 1996.

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Աշխատանքի նպատակն է եղել ուսումնասիրել մակերևույթային էքսիտոնների վարքը կիսահաղորդիչներում, հատկապես կիսահաղորդիչ-էլեկտրոլիտ՝ CdTe - և ZnO - էլեկտրոլիտ անցման սահմանում:

Փորձնական արդյունքների մշակման և անալիզի հիման վրա առաջարկվել են մակերևույթային էքսիտոնների առաջացման հնարավոր նոր մեխանիզմներ:

Աշխատանքի գործնական արժեքը կայանում է նրանում, որ ատենախոսությունում բերված հետազոտությունների արդյունքները կարող են կիրառվել կիսահաղորդիչ-էլեկտրոլիտ անցման սահմանում

© National Library of Armenia

արևային էներգիայի ֆոտոէլեկտրաքիմիական ձևափոխիչների օ.գ.գ. մեծացնելու համար:

Ատենախոսության նյութերը հրապարակված են ինը գիտական աշխատանքներում, որոնցից երկուսը գյուտեր են:

Заказ 91 Тираж 50

Цех "Ротапринт" Ереванского госуниверситета
Ереван, ул. Ал. Манукяна 1.

© National Library of Armenia