

Министерство образования и науки Украины  
Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова  
Ф и з и ч е с к и й   ф а к у л ь т е т

6 3 - я   о т ч е т н а я  
студенческая научная конференция  
посвященная 142-й годовщине  
Одесского национального  
университета имени И.И. Мечникова

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Печатается по решению  
Ученого Совета физического факультета

Редактор - доктор ф.-м.н. Ваксман Ю.Ф.

17 - 18 апреля 2007 г.

---

### **СЕКЦИЯ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ (кафедра экспериментальной физики)**

#### **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛОВ СУЛЬФИДА КАДМИЯ**

Смульска В., Нагуляк И.  
*Научный руководитель - канд.наук Скобеева В.М.*

Последнее время интенсивно исследуются полупроводниковые квазиульмерные структуры, которые представляют собой нанокристаллы (НК) диспергированные в органической матрице. Ученые уже показали

возможные сферы применения таких материалов: солнечные элементы, светодиоды, точечные транзисторы, светофильтры, полосу поглощения которых можно изменять только путем изменения размеров частиц. НК в диэлектрической матрице представляет собой трехмерную потенциальную яму, размеры которой ограничивают область движения квазичастиц. В результате этого свободное движение квазичастиц в нанокристалле становится возможным только при определенных значениях энергии, т.е. энергетический спектр квазичастиц становится квантованным.

В данной работе исследуются оптические свойства НК CdS, полученные методом химической реакции. Особое внимание уделяется исследованию стабильности таких свойств НК, как их размер и ширина запрещенной зоны. Результаты исследования спектров оптического пропускания НК представлены на рис.1. Здесь, кривая 1 соответствует спектру пропускания свежесинтезированного образца. Спектр того же образца после длительного хранения на воздухе представлен кривой 2. Кривые 4, 3 описывают спектры пропускания образца, увлажненного в течение 10 секунд и 20 минут, соответственно. После высушивания, этим образцам соответствуют спектры, описываемые кривыми 6 и 5.

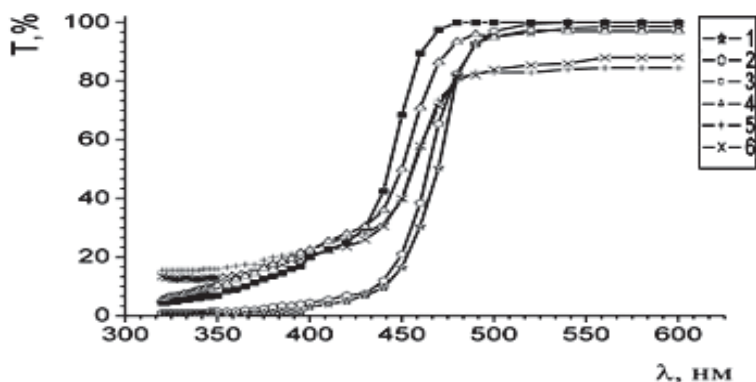


Рис. 1. Спектры пропускания НК CdS.

Предполагаемыми механизмами, приводящими к изменению положения края оптического поглощения, могут быть процессы окисления поверхности НК CdS и поляризационные эффекты, обусловленные различием диэлектрических проницаемостей НК и матрицы.

# ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК СЕЛЕНИДА ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ

Тодорова К.

*Научные руководители - доктор наук Ваксман Ю.Ф.,*

*канд.наук – Ницук Ю.А.*

Пленки селенида цинка легированные хромом представляют интерес как активные среды лазеров, излучающих в средней (2-3мкм) ИК-области спектра. В настоящее время детально изучена структура спектров оптического поглощения кристаллов ZnSe:Cr. Вместе с тем, структура спектров оптического поглощения пленок ZnSe:Cr не исследована

В настоящей работе представлены результаты исследования спектров оптического поглощения пленок ZnSe:Cr в видимой и средней ИК-области спектра. Пленки ZnSe:Cr были получены путем термического испарения кристаллов ZnSe:Cr в вакууме.

Установлено, что последующий отжиг полученных пленок при  $T=650^{\circ}\text{C}$  приводит к улучшению кристаллизации пленок, о чем свидетельствует более резкий край поглощения по сравнению с неотожженными пленками. Кроме того, отжиг приводит к активации примеси, о чем свидетельствует появление более интенсивных максимумов на спектре оптического поглощения.

Исследование оптического поглощения пленок ZnSe:Cr в видимой области спектра показало, что спектр поглощения пленок ZnSe:Cr состоит из той же серии линий что и спектры поглощения кристаллов ZnSe:Cr. Локализация спектра в сине-зеленой области свидетельствует о его принадлежности к атомам хрома. Смещение линий при изменении температуры от 77 до 300 К соответствует температурному изменению ширины запрещенной зоны ZnSe. Это свидетельствует о том, что поглощение света в сине-зеленой области спектра обусловлено переходами типа зона - примесный уровень.

В спектральной области 1-2мкм наблюдалась единственная полоса поглощения с максимумом на 1.77 мкм. Эта полоса была обнаружена в исследованных ранее монокристаллах ZnSe:Cr и обусловлена переходом  ${}^5T_2 \rightarrow {}^5E$  между основным ( ${}^5T_2$ ) и нижним возбужденным ( ${}^5E$ ) состояниями иона  $\text{Cr}^{2+}$ [1].

Проведенные исследования спектров оптической плотности пленок ZnSe:Cr позволили установить наличие характерного спектра поглощения хрома в сине-зеленой и ИК-области спектра, свойственного как полученным пленкам так и ранее исследуемым кристаллам.

1. Vallin J.T., Slack G.A., Roberts S. Infrared absorption in some II-VI compounds doped with Cr// Phys.Rev.-1970.-V.B2.-P.4313-4333.

# ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАРЬЕРА В ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛА СУЛЬФИДА КАДМИЯ

Минаева О.

*Научные руководители - канд.наук Чемересюк Г.Г., Каракис Ю.Н*

В настоящей работе теоретически рассмотрена задача о поведении изначально омического контакта к полупроводнику при появлении в его области пространственного заряда неравномерно распределенных электронных ловушек. Ввиду сложности математических выкладок, несмотря на очевидную актуальность этой проблемы, в литературе она практически не затрагивалась.

Удобным технологическим приемом введения таких ловушек является обработка поверхности полупроводника коронным разрядом. При этом образующиеся доноры улучшают поверхностную проводимость. Варьируя величину и направление используемого поля можно контролировать процесс внедрения леганта и профиль его распределения.

Распределение потенциала в ОПЗ омического контакта подчиняется логарифмической зависимости. В случае появления неравномерно распределённых электронных ловушек  $N_t(x)$  уравнение Пуассона вблизи поверхности имеет вид

$$\frac{d^2\varphi_1}{dx^2} = \frac{4\pi e^2}{\varepsilon} \left[ -N_{t0} e^{-\frac{x}{\ell_0}} - n_k \left( \frac{a}{a+x} \right)^2 \right] \quad (1)$$

где  $n_k$  – концентрация свободных электронов у контакта.

В истощённом слое с учётом неполного заполнения ловушек распределение энергии записывается как

$$\frac{d^2\varphi_2(x)}{dx^2} = A e^{-\frac{x}{\ell_0}} e^{\frac{\varphi}{kT}} \quad \text{где} \quad A = \frac{4\pi e^2}{\varepsilon} N_{t0} e^{\frac{E_c - E_t}{kT}} \quad (2)$$

Решения уравнений (1)-(2) после сшивания представляет собой несимметричный максимум в ОПЗ структуры. Показано, что высота его, нарастающая и спадающие части определяются технологическими факторами – концентрацией, энергией активации, глубиной проникновения и распределением ловушек.

Благодаря возникшему барьеру полупроводниковый кристалл приобретает новые свойства, в том числе и аномальные. Показано, что такие элементы должны обладать знакопеременным спектральным распределением фоточувствительности. ВАХ их становится нелинейной и симметричной. ЛАХ обладает минимумом и должна наблюдаться необычная релаксация фототока.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

Венжик А., Есян А.

*Научные руководители - канд.наук Чебаненко А.П., Александров А.А.*

В последние 15 лет интенсивное исследование органических полимерных фотопроводящих и электрон-дырочных транспортных сред привели к разработке и широкому промышленному использованию новых эффективных светочувствительных материалов в информационных технологиях, и в настоящее время более 90% фоторецепторов в копировальных аппаратах и машинах и в лазерных принтерах изготавливаются из органических полимеров. Также подобные структуры могут использоваться для создания светоизлучательных диодов, мониторов нового поколения, источников питания, детекторов излучения и газов.

Ранее были исследованы электрофизические свойства полимерных структур на основе полупроводников группы  $A_2B_6$  [1].

Нами были получены нанокристаллы CdS методом химического синтеза. Также в процессе приготовления образцов, после прохождения основной реакции (реакции синтеза), в раствор вводились различные добавки: ацетон, 5% раствор NaCl и раствор агар – агара. Целью данных манипуляций являлось нахождение способов увеличения проводимости полимера, и увеличения эффективности возбуждения люминесценции.

Были измерены вольт – амперные характеристики. Ток через образец практически не зависит от полярности приложенного смещения. То есть процессы, определяющие протекание тока, происходят в объеме слоя композита, а не на контактах. Предположительно токоперенос в исследуемых структурах осуществляется ионами, радикал – ионами (ионный механизм) и посредством «скачкообразного» переноса электронов вдоль полимерной молекулы [2]. Введение добавки агар – агара в желатиновую матрицу приводит к исчезновению на вольт – амперной характеристике участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением. ВАХ структуры остается линейной вплоть до напряжений (120 – 140) В. Из ВАХ видно, что удельное сопротивление матрицы с добавкой агар – агара остается низким практически во всей области прикладываемых к структуре смещений.

1. Smyntyna V. A., Skobeeva V. M., Malushin N. V., Pomogailo. A. D. Influence of matrix on photoluminescence of CdS nanocrystals.//Photoelectronics, 2006, №15, с 38.
2. Smyntyna V. A., Chebanenko A. P., Aleksandrov A. A. Methods to increase conductivity of polymers in conductive polymer/Cds semiconductor nanocrystal structures.// Photoelectronics, 2006, №15, с 69.

## ПОЛУЧЕНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК СЕЛЕНИДА ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННЫХ КОБАЛЬТОМ

Яцун В.

*Научные руководители - доктор наук Ваксман Ю.Ф.,*

*канд.наук Ницук Ю.А.*

Селенид цинка, легированный кобальтом является перспективным материалом для создания на его основе структур, излучающих в ИК области спектра. Ранее уже был разработан метод диффузионного легирования кристаллов ZnSe кобальтом и исследованы их оптические характеристики [1]. Однако, для формирования излучающих структур наиболее удобными являются пленочные материалы. Целью данной работы является разработка технологии получения пленок ZnSe:Co и исследование их оптических свойств.

Пленки ZnSe:Co получены путем термического напыления на кварцевую подложку в вакууме. В качестве шихты использовались измельченные кристаллы ZnSe:Co с известной концентрацией кобальта. Толщина полученных пленок составляла 5-10мкм. Для активации примеси проводился дополнительный 5 часовый отжиг пленок в атмосфере гелия при температуре 650°C.

Исследованы спектры оптической плотности пленок ZnSe:Co в области края поглощения, в видимой и ближней ИК - областях. Для сравнения рассмотрен спектр оптической плотности пленок нелегированного ZnSe. Установлено, что введение кобальта приводит к смещению края оптического поглощения в сторону меньших энергий. Причиной этого является появление твердого раствора  $Zn_{1-x}Co_xSe$ . В ближней ИК-области наблюдается серия линий оптического поглощения, среди которых основными являются линии на 1.64, 1.71, и 1.78эВ. Такие же линии ранее наблюдались в кристаллах ZnSe:Co и обусловлены переходами электронов из основного состояния  $^4A_2(F)$  на расщепленные уровни возбужденного состояния  $^4T_1(P)$  иона  $Co^{2+}$ . В средней ИК-области присутствуют две линии поглощения на 0.83 и 0.76эВ, обусловленные переходами  $^4A_2(F) \rightarrow ^4T_1(F)$ . Наблюдается также резонансная линия поглощения кобальта на 0.43эВ, что есть следствием оптического перехода с основного уровня  $^4A_2(F)$  на уровень ближайшего возбужденного состояния  $^4T_2(F)$ .

Проведенные исследования показали отсутствие существенных отличий в спектрах оптического поглощения пленок и кристаллов ZnSe:Co, что позволяет использовать полученные пленки при формировании структур, которые излучают в ИК-области спектра.

1. Ваксман Ю.Ф., Павлов В.В., Ницук Ю.А., Пуртов Ю.Н., Насибов А.С., Шапкин П.В. Получение и оптические свойства монокристаллов ZnSe, легированных кобальтом // ФТП. – 2006. –Т. 40, В. 7. – С. 815-818.

# ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНОК SnO<sub>2</sub>, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРОВ

Сыворотка А.

*Научный руководитель - Филевская Л.Н.*

Двуокись олова является в настоящее время основным материалом адсорбционно-чувствительных элементов газового анализа благодаря его химической устойчивости в агрессивных средах и относительной дешевизне получения. Это один из немногих материалов, которые могут быть получены и сохранены в наноразмерном масштабе. Новые свойства, обусловленные квантово-размерными эффектами, расширяют имеющиеся возможности его применения в электронной технике.

В данной работе представлены результаты исследования методами оптического поглощения наноструктурированных слоев двуокиси олова, полученных с использованием полимеров, для выявления особенностей и явлений, обусловленных наномасштабом. Прозрачные тонкие пленки наноструктурированного диоксида олова были получены с использованием полимерных материалов в золь-гель методе.

Энергетическое состояние электронов и ионов решетки определяет взаимодействие материала с электромагнитными излучениями видимого диапазона, что и отражается на спектрах поглощения. Исследование собственного поглощения, позволяет, наряду с другими электронными характеристиками, определить ширину запрещенной зоны полупроводника и типы оптических переходов вблизи края поглощения.

Проведенные при помощи атомно-силовой микроскопии исследования морфологии поверхности показали, что полученные пленки двуокиси олова имеют достаточно развитую поверхность и состоят из зерен со средним размером 10-15 нм.

Было исследовано оптическое поглощение слоев SnO<sub>2</sub>, полученных из гелей с разным содержанием ацетилацетоната олова. Из спектров был определен характер оптических переходов,- не прямые запрещенные, была определена ширина запрещенной зоны исследуемых пленок, которая составила для 1 % - 2,96 эВ, для 5 % - 2,95 эВ, для 10% Sn(ACAC)<sub>4</sub> - 2,935 эВ, т.е. с ростом концентрации оловосодержащего наполнителя в исходном геле наблюдается уменьшение ширины запрещенной зоны полученных пленок. Были рассчитаны энергии фононов, принимающие участие в осуществлении оптических переходов, составившие для 1 % - 0,14 эВ, для 5 % - 0,07 эВ, для 10 % Sn(ACAC)<sub>4</sub> - 0,135 эВ. Как видно, в первом и третьем случае энергия фононов почти одинакова – 0,14эВ, во втором случае она кратна этому

значению - 0,07, что позволяет предположить наличие однофононных и двухфононных оптических переходов.

Характер оптического поглощения говорит о наличии хвостов плотности состояний в запрещенной зоне, что определяет отличие энергии  $E_g$ , полученной в нашем исследовании от величины запрещенной зоны кристаллического  $\text{SnO}_2$ . В то же время, полученное значение  $E_g$  практически совпадает с данными, известными из литературы для аморфных пленок двуокиси олова. Также литературные данные позволяют предполагать наличие в пленке зерен кристаллической структуры.



## СЕКЦИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (кафедра общей и химической физики)

### АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОВЕДЕНИЯ РЕАКТОРА ИДЕАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ ВБЛИЗИ ОСОБОЙ ТОЧКИ ТИПА ФОКУС

Мартынова Е.

*Научный руководитель - канд.наук Кондратьев Е.Н.*

В связи с разработкой проточных реакторов нового поколения начиная с работы Феоктистого Л.П. 90 – х годов по созданию проточного ядерного реактора резко повысился интерес к проблеме контроля и регулирования реакторов подобного типа.

Для целей наиболее легкого управления реактором наибольший интерес представляют фазовые портреты, содержащие только одну особенность.

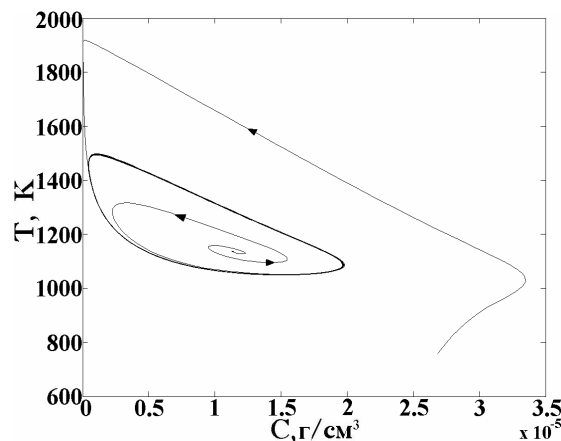


Рис 1. Фазовый портрет при  $u=600 \text{ см}^3/\text{с}$ .

В качестве базового набора параметров модели, взяты величины, отвечающие данным по окислению метана в реакторе идеального смешения. Численное моделирование системы безразмерных уравнений проведено в объектно-ориентированной среде MATLAB.

При малом изменении параметров системы, например, одного из них - входного потока топлива в сторону увеличения по сравнению с  $350 \text{ см}^3/\text{с}$  до  $600 \text{ см}^3/\text{с}$  происходит трансформация устойчивого фокуса с координатами  $C_0=1,45 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3$ ,  $T_0=1077 \text{ К}$  в предельный цикл (рис. 1). При этом внутри предельного цикла образуется особенность типа неустойчивый фокус с координатами  $C_0=1,15 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3$ ,  $T_0=1135 \text{ К}$ . Изменение характера устойчивости неподвижной точки, сопровождаемое возникновением предельного цикла носит название бифуркации Хопфа.

Проведенные расчеты обнаруживают неожиданно широкую зону существования предельного цикла. Так, например, при сохранении прочих параметров системы, скорость подачи топлива может изменяться на 100%.

## КИНЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ВО ФРОНТЕ ФАКЕЛА АЛЮМИНИЯ

Рогольская О.

*Научный руководитель - доктор наук Флорко А.В.*

Горением металлов и их газозвесей занимались очень давно. Это связано с потребностью повышения калорийности горючего, а также с газодисперсным синтезом порошков оксидов металлов, которые образуются при горении. Хорошо известно, что горение алюминия происходит в газофазном режиме. При этом возможно большое количество реакций (до 30). Конечным продуктом является конденсированная фаза  $Al_2O_3$ . Но число этих реакций весьма велико, что затрудняет построение адекватной модели.

Целью данной работы является провести анализ различных химических реакций с точки зрения влияния их на процесс горения и конденсации. Подобное исследование представляет интерес в связи с проблемой получения порошков оксидов с заданной дисперсностью и выяснение возможности влияния на характерные размеры частиц порошка. Для этого необходима информация о механизмах конденсации газообразных продуктов сгорания. Постановка задачи: выявить наиболее вероятные реакции при горении частиц алюминия.

Для выявления наиболее существенных реакций мы пользовались следующими критериями:

1. Изменение потенциала Гиббса должно быть отрицательным;
2. Массовая скорость генерации молекул, которые при дальнейшем реагировании дают молекулы  $Al_2O_3$  должна быть не меньше массовой скорости генерации самих молекул  $Al_2O_3$ ;
3. Характерное время химической реакции должно быть меньше времени горения частиц, то есть времени пребывания частиц во фронте факела.

Основываясь на указанных критериях и на результатах спектральных исследований удалось исключить 18 реакций из 28, рассматриваемых в литературе. Было установлено, что частицы алюминия во фронте факела горят индивидуально и газофазно, образуя микропламена с характерным размером порядка нескольких радиусов частиц. В их областях протекают реакции:

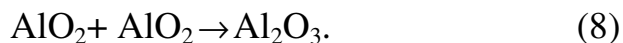
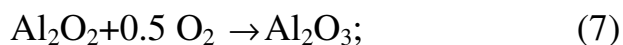
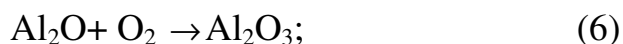


Часть молекул  $AlO$  диффундируют к поверхности частиц  $Al$ , вступая в реакцию

$$Al(1) + AlO \rightarrow Al_2O \quad (3)$$


Тепло, выделяющееся в результате реакций (1)-(4) частично идёт на испарение жидких капель Al, обеспечивая тем самым диффузионное горение  $Al(1) \rightarrow Al(g)$ . (5)

В межчастичном пространстве газообразные продукты конденсируются, образуя субмикронные частицы  $Al_2O_3$  за счёт реакций:



## ВОСПЛАМЕНЕНИЕ КАПЕЛЬ БИОТОПЛИВ И ИХ СМЕСЕЙ С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

Дараков Д.

*Научный руководитель - канд.наук Копейка А.К.*

Наиболее актуальными проблемами современности являются ограниченность запасов природных топливных ресурсов и ухудшение экологии. Одним из эффективных способов решения этих проблем в транспортном сегменте экономики является замена моторных топлив нефтяного происхождения биотопливами. Такая практика успешно зарекомендовала себя в экономически развитых странах. В настоящее время наиболее перспективными в этом отношении возобновляемыми горючими считаются рапсо-метиловый эфир (РМЭ) и биоэтанол (А).

Однако, существует целый ряд проблем, не позволяющих эффективно эксплуатировать двигатели внутреннего сгорания при их работе на биотопливе. Одной из таких проблем является то, что теплофизические и реологические характеристики топлив нефтяного происхождения и биотоплив отличаются. Очевидно, что это отличие должно приводить к несколько иному протеканию процессов смесеобразования, испарения, воспламенения и горения этих топлив в камерах сгорания, спроектированных для работы на дизельном топливе (ДТ) или бензине. В этой связи важной задачей является исследование влияния на теплофизические характеристики и процессы воспламенения добавок биотоплив к моторным топливам нефтяного происхождения.

В данной работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований воспламенения одиночных капель РМЭ, А, ДТ, а также их смесей в неподвижной нагретой воздушной среде. Как показал анализ результатов, полученных в рамках квазистационарной модели инертного прогрева капли [1], одна из основных характеристик процесса воспламенения – время задержки воспламенения -  $\tau_{ind}$ , в значительной мере определяется удельной теплоемкостью  $c_p^{liq}$  и плотностью  $\rho_l$  жидкой фазы, коэффициентом теплопроводности паров

жидкого топлива  $\lambda^{gas}$  и температурой кипения топлива  $T_b$ . Данные по значению  $\lambda^{gas}$  для ДТ и РМЭ, а также остальных из указанных выше теплофизических свойств для их смесей, включая смеси с А, в литературе отсутствовали, и поэтому рассчитывались с помощью известных методов [2,3].

Анализ результатов расчетов и экспериментов по определению  $\tau_{ind}$  для одиночных капель смесей (таблица ) показал, что введение малых добавок РМЭ к ДТ должно увеличить время задержки воспламенения топливной смеси, а добавки А к ДТ, напротив, уменьшают его. Тогда как трехкомпонентная смесь 90%ДТ+10%РМЭ+5%А по этому показателю совпадает с чистым ДТ.

**Таблица.** Расчетные и экспериментальные данные по определению величины  $\tau_{ind}$ .

Топливо	$\tau_{ind}, c$ (расчет)	$\tau_{ind}, c$ (эксперимент)	Погрешность измерений $\varepsilon, \%$
100%ДТ	4,39	3,13	4,8
100%РМЭ	7,67	3,68	2,7
100%ДТ+5А	4,23	2,68	9,5
100%РМЭ+5%А	6,03	3,29	4,5
90%ДТ+10%РМЭ	4,57	3,29	2,1
90%ДТ+10%РМЭ+5%А	4,39	3,06	2,8

Таким образом, можно ожидать, что наиболее оптимальные характеристики при работе двигателя внутреннего сгорания на модифицированом добавками биотоплив горючем могут быть достигнуты в случае использования мультикомпонентных топливных смесей.

1. Варшавский Г.А., Федосеев Д.В., Франк-Каменецкий А.Д., Квазистационарная теория воспламенения капли жидкого топлива// *Физика аэродисперсных систем*, 1969, №1, с.101-107
2. Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей. Инженерные методы расчета. М.: Химия, 1966, с.536
3. Шеломенцев А.М., Расчет теплофизических свойств нефтепродуктов, *Обзор. информ. ВНИИПКНефтехим*, М.:Изд-во стандартов, 1985, с.76

## МОДЕЛЬ ЛАМИНАРНОГО ПЛАМЕНИ В ГАЗОВЗВЕСЯХ

Экало К.

*Научный руководитель - доктор наук Шевчук В.Г.*

Значительную роль в теории и практике волнового горения принадлежит проблеме ламинарного пламени. Это обусловлено тем, что, во-первых, установлению любого режима обычно предшествует стадия ламинарного протекания процесса. Во-вторых, для определения режима часто удается абстрагироваться от гидродинамических эффектов, обусловленных тепловым расширением продуктов сгорания, что дает возможность аналитически описать процесс. В-третьих, это – наиболее доступный для экспериментального изучения режим

Скорость ламинарного пламени это наиболее важная сравнительная характеристика, которая позволяет оценивать «активность» газовзвеси относительно к реализации других режимов горения. Принципиально важным для ламинарного режима является взаимосвязанные вопросы о механизме передачи тепла в предпламенную зону и возможности использования применительно к аэровзвесям понятия нормальной (фундаментальной) скорости пламени

В настоящей работе предложена широкозаянная модель ламинарного пламени в газовзвесах частиц горящих в диффузионном режиме. Исходные положения модели учитывают кондуктивный и радиационный теплоперенос в волне горения, различие в температурах и скоростях твердой и газообразной компонент. Упрощающие предположения заключаются в том, что в предпламенной зоне не учитывается тепловыделение от реакции, а в зоне горения скорость горения частиц полагается равной максимальной при начальном размере частиц. Аналитическое решение для каждой из зон «сшивается» на границе этих зон исходя из равенства кондуктивного и радиационного потоков выходящих из зоны горения, входящему потоку энтальпии

Найдено аналитическое решение для нормальной скорости пламени, описывающее зависимость скорости от размера частиц, концентрации горючего и окислителя. Получены предельные выражения для чисто кондуктивного и чисто радиационного механизма теплопередачи. Установлены критерии для учета радиационных и двухскоростных эффектов. Результаты расчетов сопоставляются с экспериментальными данными по зависимости скорости пламени от концентрации горючего и размером частиц. В частности, впервые теоретически показано, что максимум на зависимости скорости от концентрации соответствует концентрациям в несколько раз превосходящим ее стехиометрического значения и соответствует равенству объемных теплоемкостей твердой и газовой фазы. Впервые удалось объяснить зависимость нормальной скорости пламени от размера частиц магния в широком диапазоне

размеров частиц от 7 до 140 мкм, как результат суперпозиции кондуктивной и радиационной теплопередачи. Установлено что вклад радиации становится преобладающим при размере частиц более 50 мкм.

## **ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ ОБРАЗЦОВ НА СКОРОСТЬ ПОТОЧНОГО ТЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ ТОПЛИВ**

Митина М.

*Научный руководитель - канд.наук Головки В.В.*

Распространение волн тления по дисперсным горючим исследовано в меньшей степени, чем горение. Вместе с тем, тление часто бывает причиной пожаров и человеческих жертв. Столь высокому уровню потерь способствует то обстоятельство, что для инициирования тления необходим более слабый источник, чем для горения. Кроме того, тление может длительное время протекать скрытно.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований поточного тления таких натуральных горючих, как табак и торф.

Показано, что с увеличением скорости внешнего потока воздуха на входе в реактор увеличивается и скорость тления горючих. Это связано с увеличением скорости реакций окисления горючих по мере увеличения скорости подвода окислителя.

Обнаружено, что для различных горючих наблюдается единая тенденция: с увеличением пористости образцов возрастает и скорость тления. Скорость тления зависит и от дисперсности горючего. Так скорость тления мелкодисперсного торфа ( $d \sim 50$  мкм) меньше, чем крупнодисперсного ( $d \sim 2$  мкм). Поскольку дисперсность горючего определяет размер и геометрию пор в образце, которые, в свою очередь, лимитируют скорость фильтрации окислителя, то следует заключить, что скорость транспортировки окислителя в образце горючего оказывает наиболее сильное влияние на скорость тления.

Таким образом, основным процессом, лимитирующим скорость поточного тления натуральных горючих является скорость фильтрационного подвода окислителя в зону тления.

## **АНОМАЛЬНОЕ СВЕТОРАССЕЯНИЕ ПРИ ДИФфуЗИОННОМ ПРИГОТОВЛЕНИИ ВОДНО-ГЛИЦЕРИНОВЫХ РАСТВОРОВ**

Бойцова Е.

*Научный руководитель - канд.наук Гоцульский В.Я.*

Растворы и чистые вещества с сильными водородными связями всегда привлекали большой интерес в силу некоторых специфических свойств и широкого их применения от техники до биологии и медицины. Особенно интересны водные растворы с сильными Н-связями. Теоретическое и экспериментальное обоснование кластерного подхода к таким растворам позволило объяснить все аномалии, в том числе и существование низкоконтрационного дополнительного пика рассеяния света (РС) и то, что во всех растворах этот пик приходится на концентрацию 0,04 - 0,05 мольной доли. Кроме того, стало понятно, что плохая воспроизводимость экспериментов по изучению аномального рассеяния связана с очень медленной динамикой образования таких растворов. Было предположено, что наблюдаемое рассеяние происходит не собственно на кластерах, а на дефектах и флуктуациях сетки водородных связей, вызванных ими. Также было высказано предположение о наличии высококонцентрационного пика РС.

Детальное исследование концентрационных зависимостей осложняется тем, что каждый из растворов выходит на термодинамическое равновесие за время порядка суток, при этом очень трудно приготовить ряд растворов с заданной концентрацией в узком концентрационном диапазоне. Особенно трудно приготовить растворы с низкими концентрациями воды, поскольку глицерин легко захватывает атмосферную воду.

В связи с этим была поставлена задача одномоментного приготовления раствора с концентрационной развёрткой диффузионным методом. Для этого была создана установка, представляющая собой высокую прозрачную кювету, заполненную сверху водой, очищенной осмосом, и введённым снизу через полую иглу дегидролизированным глицерином, который был получен вакуумной сушкой при  $T=180\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P=18\text{ мм.рт.ст.}$  Через время порядка суток при отсутствии конвекционных потоков диффузионные процессы приводят к созданию раствора с пространственной «разверткой» по концентрации. Пропускание зондирующего излучения вдоль вертикальной оси кюветы позволяет проводить одномоментное определение зависимости интенсивности РС от концентрации. Пространственное распределение концентрации проводится по полному внутреннему отражению и методом фазово-модулированной спекл-интерферометрии.

# СЕКЦИЯ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ (кафедра ФТТ и ТЭ)

## ВЛИЯНИЕ ПАРОВ АММИАКА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНИЕВЫХ P-P-ПЕРЕХОДОВ

Блажнова О.

*Научный руководитель - доктор наук Птащенко А.А.*

Исследовано влияние паров аммиака на стационарные вольт–амперные характеристики (ВАХ) и кинетику возрастания и спадания прямого тока кремниевых p-n переходов. Проанализированы изменения ВАХ в процессе возрастания и спадании поверхностного тока.

Наличие паров аммиака в окружающем воздухе приводит к существенному росту и прямого, и обратного токов в p-n переходах. ВАХ прямого тока p-n переходов, находящихся в парах аммиака, имеют экспоненциальные участки, описываемые выражением:

$$I(V) = I_0(T) \exp(qV / n_i kT),$$

где  $I$  – сила тока в p-n переходе;  $V$  – приложенное к p-n переходу напряжение;  $I_0(T)$  – функция температуры, не зависящая от напряжения;  $q$  – заряд электрона;  $n_i$  – коэффициент неидеальности ВАХ, причем  $n_i \approx 2$ ;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура p-n перехода.

Такой вид ВАХ свидетельствует, что возрастание прямого тока p-n переходов при адсорбции молекул  $\text{NH}_3$  обусловлено повышением интенсивности поверхностной рекомбинации.

Форма ВАХ обратного тока p-n переходов, находящихся в парах аммиака, с учетом донорных свойств молекул  $\text{NH}_3$ , соответствует генерации электронов в p-области. При напряжениях  $V > 3\text{В}$  дополнительный обратный ток, обусловленный адсорбцией молекул аммиака, превышал максимальное значение дополнительного прямого тока.

После измерений в парах аммиака ВАХ прямых и обратных токов восстанавливаются. Это свидетельствует о физическом, а не химическом характере адсорбции аммиака на поверхности.

После увеличения парциального давления паров аммиака происходило быстрое возрастание тока в течение 50-150с, а затем наблюдался более медленный его рост. При повторном впуске паров  $\text{NH}_3$  возрастание тока происходило быстрее, что свидетельствует о перезарядке глубоких поверхностных уровней при адсорбции молекул  $\text{NH}_3$ .

Изменение ВАХ кремниевых p-n переходов под действием паров аммиака можно использовать для создания сенсора данных паров.

Сенсоры на основе кремниевых p-n переходов легко совместимы



технологически и электрически с микроэлектронными усилительными элементами.

## СТРУКТУРНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕПОЧНОЙ МОДЕЛИ

Плотвицкая Е.

*Научный руководитель - доктор наук Алтоиз Б.А.*

При некоторых условиях на твердой поверхности в немезогенной жидкости возможно образование пристенных ориентационно упорядоченных граничных слоев. Такие слои впоследствии были названы эпитропными жидкими кристаллами (ЭЖК).

На базе цепочной модели Изинга была построена простая микроскопическая модель стабилизированного подложкой ЭЖК состояния.

В прослойке «толщиной  $n$ » - ансамбле из  $n$  цепочек, симметрично ограниченном двумя подложками, относительный потенциал поля поверхностных сил примет вид  $\eta_{i,n} = \eta_1 [1/i^3 + 1/(n-1)^3]$ . С учетом межцепочечного взаимодействия, при котором каждая цепочка находится не только в поле подложек, но и во «внутреннем» поле соседних цепочек, состояние  $i$ -той цепочки изменяется не только за счет изменения суммарного потенциала поверхностных сил, но и в силу изменения состояния цепочек, соседних с ней.

Зависимость  $Q(n,i)$  цепочки от ее положения в ограниченной подложками системе из  $n$  цепочек при фиксированных параметрах модели определяет изменение пространственного распределения упорядоченности. Профиль  $Q(n,i)$  симметричен относительно середины прослойки. К подложкам прилегают «слои», с весьма высокой упорядоченностью, которая к середине прослойки плавно спадает до минимума. Крутизна этого спада выше в «тонкой» прослойке, и при высоких температурах заметно больше, чем при низких.

Теплоемкость данной системы у подложки весьма мала. С удалением от подложки она скачкообразно возрастает, а затем уменьшается до минимума к центру прослойки. Эта минимальная величина теплоемкости в тонкой прослойке выше теплоемкости изотропной жидкости, а в широкой теплоемкость уменьшается до величины теплоемкости изотропной жидкости. Последняя занимает центральную область, а на периферии, у стенок находятся ЭЖК-слои.

Симметрично ограниченная система взаимодействующих цепочек Изинга моделирует прослойки немезогенной жидкости, описывая появление в них структурной неоднородности. Изменения пространственного распределения упорядоченности цепочек в прослойке с ее толщиной и температурой подобны установленным экспериментально

для мезогенных и немезогенных жидкостей – зависимость параметра порядка и равновесной толщины от температуры.

## **ВЛИЯНИЕ ХАЛЬКОГЕНИДНОЙ ПАССИВАЦИИ НА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА p-n-ПЕРЕХОДОВ НА ОСНОВЕ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ**

Кондратюк В., Зеленин П.

*Научный руководитель - канд.наук Маслеева Н.В.*

Халькогенидная пассивация существенно уменьшает плотность поверхностных состояний в запрещенной зоне, снижает скорость поверхностной рекомбинации, замедляет процессы окисления поверхности полупроводников в атмосфере и за счет этого улучшает параметры полупроводниковых приборов.

Целью данной работы явилось изучение влияния халькогенидной пассивации на характеристики p-n-переходов на основе GaAs.

Халькогенидная пассивация проводилась в 10% водных растворах сульфида натрия  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ . Изучались вольт – амперные характеристики (ВАХ) прямых и обратных токов, а также спектры фототока до и после модификации поверхности атомами серы.

ВАХ исходных образцов имели протяженные участки, которые хорошо описываются зависимостью:  $I = I_0 \exp(qU/nkT)$ , где  $I_0$  – постоянная величина при данной температуре,  $n$  – коэффициент неидеальности. Сравнение ВАХ, измеренных до и после халькогенидной пассивации, показывает, что пассивация увеличивает наклон ВАХ и уменьшает коэффициент неидеальности. Обнаружено также улучшение ВАХ обратного тока. Сравнение ВАХ позволяет выработать оптимальное время проведения халькогенидной пассивации предварительно полированных в растворе серной кислоты p-n-переходов на основе GaAs. При комнатной температуре оно составляет 1 мин.

Для выяснения влияния халькогенидной пассивации на скорость поверхностной рекомбинации в p-n-переходах на основе GaAs исследовались спектры фототока в режиме короткого замыкания.

Анализ спектров фототока, измеренных до и после проведения халькогенидной пассивации, показывает, что величина фототока после пассивации резко возрастает. Халькогенидная пассивация на спадание фототока в длинноволновой области спектра не влияет. В коротковолновой области спектра спад фототока после халькогенидной пассивации наблюдается при больших значениях энергии. Это означает, что коэффициент поглощения увеличился. Увеличение фототока в коротковолновой области спектра свидетельствует об уменьшении скорости поверхностной рекомбинации, а сдвиг спектра в сторону больших энергий говорит о возрастании эффективной диффузионной длины в приповерхностной области.

# ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ МЕТОДОМ ВЧ-ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Червоненко С.

*Научный руководитель - канд.наук Солошенко В.И.*

На поверхні напівпровідників і межах поділу напівпровідник-діелектрик можуть існувати локалізовані стани різноманітної природи. Захват носіїв на них здійснює вплив на надійність і стабільність практично всіх напівпровідникових приладів і структур. При вивченні властивостей поверхні велике значення мають структури метал-діелектрик-напівпровідник (МДН), які є зручним інструментом для визначення найважливіших характеристик межі поділу і об'єму напівпровідникової підкладки.

В даній роботі використовується вимірювання керованої напругою ємності МДН-конденсатора на високій частоті (ВЧ). Основою вимірювальної установки є трансформаторний міст, в одному з плечей якого знаходиться вимірюваний зразок. В середній точці моста вимірюється напруга, яка пропорційна ємності структури. Обробка таких ВЧ CV-характеристик заснована на співставленні характеристик ідеальних структур (тобто структур у яких: різниця роботи виходу з металу і напівпровідника дорівнює нулю; відсутні заряди у діелектрику і на межі поділу і наскрізні струми) з характеристиками реальних МДН-конденсаторів. Програма математичного моделювання на мові C++ дозволяє отримати цілу низку найважливіших параметрів: визначити товщину діелектрика, концентрацію легуючої домішки у підкладці, потенціал плоских зон, захоплений у діелектрику і на межі поділу а також заряд, визначити щільність поверхневих станів на межі поділу напівпровідник-діелектрик.

Програма спочатку на основі реальної кривої яка вводиться з експериментального графіку підраховує концентрацію легуючої домішки, потім знаходить рівень Фермі щоб визначити точку відліку для поверхневого потенціалу. Використовуючи отримані величини відтворюється ідеальна CV-залежність. На основі різниці значень ємності реальної і ідеальної кривої будується крива похідних поверхневого потенціалу від напруги, яка потім використовується для побудови залежності густини поверхневих станів від енергії в забороненій зоні напівпровідника.

За автоматизацією вводу інформації щодо характеристик реальних структур можна здійснювати вимірювання в режимі реального часу.

# ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ GaP, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Дяченко О.

*Научные руководители - канд.наук Евтушенко Н.Г., Стукалов С.А.*

Сейчас очень трудно представить современную физику твердого тела без полупроводниковых гетероструктур. Гетероструктуры дают возможность решить проблему управления фундаментальными параметрами в полупроводниковых кристаллах и приборах: шириной запрещенной зоны, эффективными массами носителей и их подвижностями, показателем преломления, электронным энергетическим спектром и т.д.

Основным методом получения гетероструктур является метод многослойной эпитаксии. Но в то же время более экономичным методом является лазерное легирование. Данная работа посвящена изучению электрофизических свойств гетероструктур, полученных методом лазерного легирования.

В исследованиях использовались пластины GaP n-типа, толщиной 330 мкм с ориентацией плоскости среза – (111), выращенные методом Чохральского. В процессе роста пластины легированы атомами серы с концентрацией электрически активной примеси  $10^{17}$  см<sup>-3</sup>. На А-(111) поверхность методом термического распыления в вакууме наносилась пленка индия.

Для легирования использовалось излучение неодимового лазера ( $\lambda=1,06$  мкм). Длительность импульса составляла 2 мс и 150 мкс. Толщина легированного слоя составила 45 мкм.

В результате лазерного легирования фосфида галлия изовалентной примесью индия была получена p-n – гетероструктура Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub> P/GaP.

Были сняты вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики полученной гетероструктуры. Можно сказать, что на участке ВАХ, снятой при комнатной температуре, до  $10^{-5}$  А основным механизмом прохождения тока является рекомбинационный, а при более высоких напряжениях – туннельный.

Было обнаружено, что ВФХ гетероструктуры спрямляется в координатах  $C^{-2} - V$ , что свидетельствует об образовании резкой p-n гетерограницы. По наклону ВФХ определены концентрации примесей в GaP. Установлено, что существует связь между характеристиками полученных гетероструктур и режимами лазерного легирования.

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ФОСФИДА ГАЛЛИЯ

Загородняя Е., Бобок И.

*Научные руководители - канд.наук Евтушенко Н.Г., Стукалов С.А.*

В работе исследовалось влияние режимов лазерного излучения на фотоэлектрические свойства гетероструктур GaInP-GaP, сформированных методом лазерного легирования. Такие структуры явились бы основой для получения эффективных фотопреобразователей и фотоприемников в желто-зеленой области спектра.

Гетероструктуры GaInP – GaP были сформированы на A(111) поверхности кристаллов фосфида галлия n – типа, выращенных методом Чохральского, которые в процессе роста легировались атомами серы с концентрацией электрически активной примеси  $10^{17}$  см<sup>-3</sup>. Пленка In, толщиной 0,2 мкм, была нанесена методом термовакuumного распыления. Применялись два режима лазерного легирования под воздействием импульсного излучения Nd-лазера ( $\lambda=1,06$  мкм). В первом режиме (зона 1) длительность импульса  $\tau = 150$  мкс, а плотность мощности  $W=3,7*10^8$  Вт/см<sup>2</sup>; во втором (зоны 3 и 4) –  $\tau = 2*10^{-3}$ с а  $W=1,4*10^7$  Вт/см<sup>2</sup>. В результате были получены p-n – гетероструктуры с глубиной залегания p-n – гетероперехода ~ 40 мкм.

Спектральные распределения фотоЭДС и кинетика нарастания и спада (470 и 550 нм) были получены в вентильном режиме при комнатной температуре в области 400-800 нм. Источником излучения служила ксеноновая лампа. Спектральные распределения представляют собой две полосы. Одна полоса полушириной 0,1 эВ с максимумом интенсивности при 2,28 эВ. Вторая, широкая полоса, интенсивность которой составляет 0,4-0,3 интенсивности низкоэнергетической полосы имеет плато в области энергий 2,45-2,8 эВ. Все спектры фотоЭДС имеют резкий спад при энергии ~2,8 эВ, что соответствует прямой ширине запрещенной зоны GaP.

Спектры фотоЭДС были аппроксимированы кривыми Гаусса, по которым определили ширину запрещенной зоны тройного соединения, по которой была рассчитана концентрация легирующей примеси In. По кинетическим кривым определили постоянную времени.

Выявлено, что наиболее оптимальным режимом явился второй режим лазерного легирования в случае облучения образца со стороны A-поверхности. При облучении со стороны B-поверхности (зона 3) легирования не произошло, о чём свидетельствует отсутствие переполюсовки при замене A(111)-поверхности на B. Обсуждаются причины наблюдаемых зависимостей.

# СЕКЦИЯ ТЕПЛОФИЗИКИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

(кафедра теплофизики)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОМАССОБМЕНА И ОКИСЛЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ, НАГРЕВАЕМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Шкоропадо М.

*Научный руководитель - канд.наук Орловская С.Г.*

В данной работе решается задача определения температуры и излучательных свойств молибденового проводника в процессе окисления. Оксид молибдена  $\text{MoO}_3$  является перспективным материалом для энергетики в качестве оптически селективных покрытий для солнечных коллекторов, а также для микроэлектроники.

На поверхности проводника, нагреваемого электрическим током, образуются оксиды со сложной структурой, которые существенно влияют на оптические свойства. В данной работе были использованы два метода измерения температуры проводника – электротермографический и оптический.

Методом относительной яркостной пирометрии, получены распределения температуры по длине молибденового проводника, при разных значениях силы тока (Рис.1). Установлено, что центральная зона проводника характеризуется однородным распределением температуры (около  $2/3$  длины проводника). На концах проводника температура падает вследствие теплоотвода к холодным контактам. Иногда наблюдаются локальные экстремумы температуры, которые дают информацию о механических дефектах, имеющихся на поверхности металлических проводников. Полученные зависимости  $T(L)$  были использованы для расчета сопротивления проводника электротермографическим методом и оценки коэффициента излучательной способности  $\varepsilon$ .

Таким образом, предложенный метод может быть использован для неразрушающего контроля высокотемпературных узлов энергетических установок.

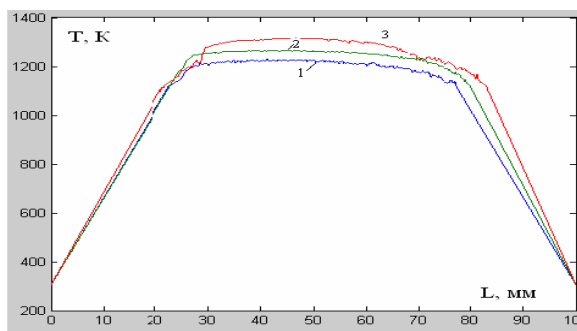


Рис.1. Распределение температуры по длине молибденового проводника  
сила тока: 1-I=6.3 А, 2-I=6.4 А, 3-I=6.6 А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИХРЕВОГО КОЛЬЦА ПРИ ПЕРЕНОСЕ "ПАССИВНОЙ" ДИСПЕРСНОЙ ПРИМЕСИ

Роборчук В.

*Научный руководитель - Стручаев А.И*

Загрязнение нижнего слоя атмосферы крупных промышленных городов аэрозольными продуктами производственной деятельности, а также ионизированными тонкодисперсными аэрозолями с узким спектром распределения частиц по размерам в последние годы происходит особенно интенсивно. С целью устранения нежелательных последствий аэрозолеобразования в некоторых технологических процессах предложено использовать вихревые кольца, которые способны выступать в роли транспортного средства, захватывая при формировании в свой объем взвешенные аэрозольные частицы и унося их от места образования на большие высоты. Последующее рассеивание вынесенной дисперсной примеси происходит благодаря воздушным течениям и интенсивной турбулентной диффузии в атмосфере.

При рассмотрении проблемы исходили из того, что вихревое кольцо представляет собой замкнутый крупномасштабный вихрь, переносящий безвихревую жидкость. Эта жидкость заполняет определенную область, окружающую «ядро» вихря, и носит название «атмосферы». «Ядром» вихревого кольца называется ярко выраженная тороидальная область с концентрированной завихренностью. Вихревое кольцо можно использовать для транспортировки и направленной доставки аэрозолей в нужную область пространства с целью направленного воздействия на труднодоступные объекты, заслоняемые какими-либо препятствиями и. т.п.

Экспериментальные исследования, проведенные как в воздухе, так и в ряде жидкостей, показали, что вихревые кольца могут быть использованы в качестве своеобразного транспортного объема для переноса аэрозолей или

какой-либо «пассивной» примеси.

Найдены режимы следования колец, при которых потери переносимого аэрозоля существенно отличны на разных участках пути. Это позволяет использовать вихревые кольца для направленного создания локальных зон аэрозольных неоднородностей на любом участке их следования.

Выяснено влияние на эффективность переноса кольцами аэрозольной или «пассивной» примеси, заполняющей транспортный объем в различных режимах.

## ЛАЗЕРНЫЕ СЧЕТЧИКИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Перекрест А.

*Научные руководители - доктор наук Контуш С.М.,  
доктор наук Калинин В.В.*

Бурное развитие аэрозольной технологии во многих отраслях народного хозяйства, изучение процессов, происходящих в аэрозолях естественного происхождения, и активного воздействия на них, рост требований к качеству окружающей среды влекут необычайный интерес к методам и приборам измерения характеристик аэрозольных сред. Лазерные счетчики направлены на измерения одних из важнейших таких характеристик, а именно распределение частиц по размерам и определение их концентрации[1].

Конструкции лазерных счетчиков состоят из сравнительно простых в использовании и доступных элементов (мощный источник света, чувствительный фотоприемник и т.п.), но основываются на сложной теории рассеяния света на частицах, в частности на зависимости интенсивности рассеянного света от размеров частиц, а также требуют обширных знаний в области электроники.

Нами был изучен лазерный счетчик зеркального типа, основанный на полупроводниковом лазере с длиной волны 630 нм. Полученные данные регистрировались стационарным компьютером с использованием моделирующей подпрограммы Simulink встроенной в программу Matlab. Диапазон измеряемых размеров частиц лежит в пределах от 0.1 до 30 мкм.

Для градуировки использовался генератор монодисперсных аэрозолей с управляемым процессом испарения глицерина. Получаемый генератором аэрозоль, в высокой степени монодисперсный (среднеквадратичное геометрическое отклонение от логнормальной функции распределения (коэффициент  $\beta$ ) систематически меньше 1.15).

Лазерные счетчики, основанные на различных методах, в зависимости от поставленных задач, занимают свое место в измерительной технике и требуют детального изучения с целью усовершенствования. Развитие в данной области даст новый толчок в исследованиях во многих отраслях науки.



1. Контуш С.М. Мураховский В.Г. Мураховский Д.В. Перлов И.Р. Лазерный измеритель дисперсности высококонцентрированных потоков капель и твердых частиц / Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в вузах / Збірник наукових праць науково методичної конференції, Одеса – Ізмаїл: ОДАХ, 2005 р. –С. 92-93.

## **КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЭНЕРГИЯ МАКРОЧАСТИЦ В ПОЛИДИСПЕРСНОМ ПЛАЗМОЗОЛЕ**

Яткин К., Мишагли Д.

*Научный руководитель - канд.наук Маренков В.И.*

Запропоновано метод визначення іонізації полідисперсних плазмозолів на основі мінімізації функціоналу вільної енергії Гельмгольца за параметрами функції розподілу геометричного розміру макрочастинок. Математична модель включає систему трансцендентних рівнянь:

$$\begin{cases} \kappa^2 = \frac{\langle z_1 \rangle}{r_1^2 (1 + \kappa r_1)^2} \int_{r_{pn}}^{r_{pk}} r_p (1 + \kappa r_p) [r_p (1 + \kappa r_p) + r_1 (1 + \kappa r_1) \langle z_1 \rangle] f(r_p) dr_p \\ \frac{\partial \Omega}{\partial \langle z_1 \rangle} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Її розв'язок здійснюється за допомогою спеціально розробленого алгоритму, що поєднує у собі метод «дихотомії» та «градієнтного спуску». Послідовні етапи програмної реалізації алгоритму фактично «проектують» на базис обчислювальних методів в середовищі Matlab'у два головних фізичних моменти: 1) умову термоіонізаційної рівноваги індивідуальних макрочастинок, які представлені у вигляді балансного рівняння; 2) вимогу мінімізації для рівноважних станів плазмового середовища електростатичного внеску в густину функціоналу вільної енергії Гельмгольца. З першої умови, виходячи з відомих параметрів функції розподілу  $f(r_p)$  частинок КДФ за розмірами, легко встановлюється зв'язок між радіусом індивідуальної КЧ та її осередненим зарядовим числом. В рамках другої умови, заряд довільної частинки з ансамблю КДФ (пробної КЧ) та загальний рівень кореляційної енергії плазми з необхідністю повинні бути визначені такими, щоб сумарний внесок потенціальної взаємодії зарядів та самоузгодженого поля плазми був щонайменшим. Аналітично та в рамках обчислювального експерименту показано, що для заданого набору визначальних параметрів плазмової системи в координатній площині «(радіус КЧ - дебаєва довжина плазми)», тобто в координатах  $(r_p, r_D)$ , така точка буде єдиною.

Візуальний ланцюжок послідовної реалізації алгоритму демонструють

рис. 1а)-1ж) Графіки 1а)-1б) відображують результати першого етапу комп'ютерної симуляції: визначення в обчислювальному експерименті залежності заряду пробної частинки з параметрами  $(r_1, z_1)$  від рівня іонізації полідисперсного плазмозолу, що є безпосередньо пов'язаним з параметром екранування – дебаєвою довжиною ГПС. На другому етапі в області допустимих значень параметрів – оберненої дебаєвої довжини -  $\kappa$  і пробного заряду КЧ -  $z_1$ , побудовано функціонал кореляційної енергії плазмозолу (рис. 1в)). Мінімум кореляційної енергії (на 3D-графіку – координати точки екстремуму) – визначає у «просторі параметрів завдання» положення точки  $z_1^* = z_1(\kappa^*)$ , тобто ті рівноважні параметри, на основі яких у відповідності до формул моделі повністю описується іонізація в плазмозолі. Визначення електростатичної частини функціоналу енергії Гельмгольца (кореляційної енергії плазмозолу) та визначення його екстремуму демонструють знайдені в процесі обчислювального експерименту графіки 1г)-1ж). Наявність лише одного екстремуму функціоналу вільної енергії плазмозолу дає можливість узагальнити запропонований метод на багатокomпонентні плазмові системи.

## **ДИНАМИЧЕСКИЙ ОТБОР ПРОБ КДФ В ПЛАЗМЕ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ**

Струц Д.

*Научный руководитель - канд.наук Маренков В.И.*

В даній роботі представлені результати комп'ютерної симуляції руху зарядженої частинки конденсованої дисперсної фази плазми, що розсіюється на випадковій множині фіксованих зарядів, розташованих в площині відбору проб факелу продуктів згорання.

Основним моментом статистичного моделювання, при розгляді задачі руху заряджених макрочастинок в самоузгодженому полі плазми і розсіювальних центрів, є використання генератора випадкових чисел при визначенні їх зліченної концентрації як функції початкових значень положень та швидкостей. На стартовому етапі положення центрів розсіювання на підлощі визначалось, як регулярна структура із заданим періодом “а” повторення координат. В подальшому означена структура деформується у межах біну  $[-a/2, a/2]$  за допомогою генератора псевдовипадкових чисел. Таким чином прицільний параметр індивідуальної частинки задається у межах біну  $[-a/2, a/2]$ , а початкова швидкість визначалася як сума теплової швидкості та регулярної складової швидкості плазмового потоку.

В результаті моделювання, положення частинок на підлощі визначалось, як перетин траєкторії індивідуальної частинки та площини відбору. Результати для певної ділянки підложки накопичувались за певний проміжок часу та візуалізувались з використанням нормувального множника  $v$ . Таким чином густина осілих на підложку частинок має, в

цьому сенсі, умовний характер, тобто є відотною густиною розподілу осаджених на під ложці частинок в полі фіксованих макрозарядів.

Співставлення результатів комп'ютерної симуляції добре узгоджується з даними існуючих експериментів по відбору проб факелів продуктів згоряння.

# КРИТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗГОРАНИЯ МАГНИЯ В ХОЛОДНОМ ВОЗДУХЕ

Яковлева Н., Каракис К.

*Научные руководители - доктор наук Калинин В.В., Черненко А.С.*

В данной работе аналитически подтверждены экспериментальные исследования по воспламенению частиц магния в холодном воздухе. Исследовано влияние начальной температуры частицы магния на критические условия воспламенения в холодном воздухе, определяемые диаметром частицы магния. Изучена роль диффузионного сопротивления, теплопотерь на испарение магния и излучением в результате теплообмена с холодными стенками реакционной установки.

Для частиц, размеры которых лежат в интервале  $(d_{e_1}, d_{e_2})$  (для таких размеров частицы возможны стационарные высокотемпературные состояния) существуют определенные значения критической начальной температуры  $(T_{b,m}, T_{b,e_1})$ , выше которой осуществляется самопроизвольно перейти с низко- на высокотемпературный режим окисления (рис.1).

При увеличении температуры газа выше определенного критического значения (соответствующая т. L) появляется область диаметров частицы магния  $(d_{i_1}, d_{i_2})$ , которые могут воспламениться при любой начальной температуре частицы (рис.2).

Анализ зависимости критического диаметра от начальной температуры показал, что для частиц малых размеров  $d_{e_1} < d < 100 \text{ мкм}$  теплопотери излучением незначительны при воспламенении в холодном воздухе, а для частиц с размерами  $100 \text{ мкм} < d < 10 \text{ мм}$  можно пренебречь теплом на испарение магния с поверхности частицы.

Рис.1 Зависимость критического диаметра воспламенения частицы магния от ее начальной температуры при  $T_g = T_w = 293 \text{ К}$ .

$T_{\text{boil}}$  – температура кипения магния

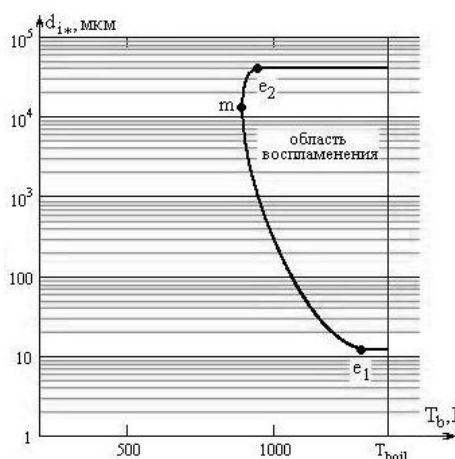
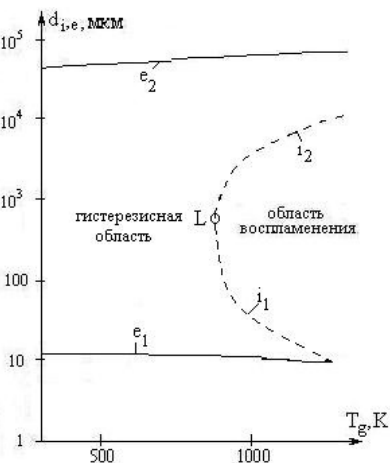


Рис.2 Влияние температуры газа на критические значения диаметров частиц магния.



## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ РЕЖИМЫ КАТАЛИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ

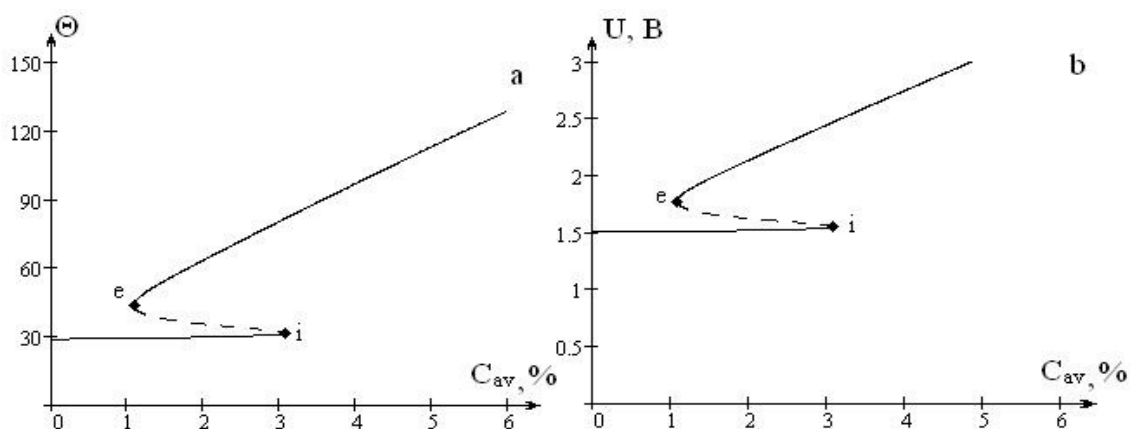
Балан О.

*Научный руководитель - Черненко А.С.*

Разработка надежных методов определения, утилизации и «сжигания» малых содержаний токсичных и горючих газообразных веществ ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ) в воздухе является в наше время актуальной задачей. К таким методам относятся терموкаталитические, основанные на определении и использовании зависимостей температуры катализатора от концентрации горючего вещества в воздухе. Для разработки оптимальных режимов работы терموкаталитических газоанализаторов и установок аэрозольного катализа, необходима детальная информация об устойчивых высокотемпературных и гистерезисных режимах кинетики гетерогенно-каталитической реакции на поверхности катализатора и теплообмена катализатора с газовой смесью. В качестве примера рассмотрена каталитическая реакция аммиака с кислородом воздуха на поверхности платиновой нити, по которой пропускается постоянный электрический ток. Установлено, что температура платиновой нити в высокотемпературном режиме окисления  $\Theta_m$  линейно зависит от относительной объёмной концентрации аммиака в воздухе  $C_{av}$  (рис. 1а):

$$\Theta_m = \tilde{I}^2 + C_{av} \frac{M_{\text{NH}_3}}{M_{\text{air}}} \cdot \frac{T_q T_E}{T_g^2}, \quad \Theta_m = \frac{T_m - T_g}{RT_g^2} \cdot E, \quad T_q = \frac{Q_a}{c_g}, \quad T_E = \frac{E}{R}.$$

В цепи со стабилизацией силы тока падение напряжения на концах платиновой нити при высокотемпературном режиме также линейно зависит от концентрации аммиака (рис. 1б).



Зависимость температуры катализатора и напряжения на нем от концентрации аммиака в воздухе  $T(C_{av})$  и  $U(C_{av})$  при силе протекающего по катализатору тока  $I = 0.671 \text{ A}$ .

## СЕКЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (кафедра теоретической физики)

### ВИХРЕВАЯ МОДЕЛЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ У АТМОСФЕРАХ ЗВЕЗД

Очковский П.

*Научный руководитель - доктор наук Маломуж Н.П.*

Открытие в 1908г. зеемановского расщепления фраунгоферовых линий в спектре солнечных пятен положило начало систематическому измерению магнитных полей Солнца и других звёзд. Многочисленные спектроскопические исследования поверхности Солнца говорят о том что имеется полярное магнитное поле(м.п.). Солнце подобно равномерно намагниченной сфере с магнитной осью слегка наклоненной к оси вращения. Типичная напряженность поля  $H \sim 1-10$ гс; м.п. солнечных пятен. Типичная напряженность поля  $H \sim 10^2 - 10^4$ гс;

Несмотря на продолжительный срок исследований, природа магнетизма Солнца и звезд остаётся невыясненной.

Новые исследования (2001г.), выполненные на Солнечно-Гелиосферной Обсерватории (Solar and Heliospheric Observatory, SOHO)[8], исследовавшей области под поверхностью Солнца с помощью акустической томографии, показали, что характер движения плазмы внутри солнечных пятен во многом напоминает движение воздуха в таком атмосферном явлении как торнадо.

Основная цель данной работе – показать, что поляризация атмосфер Солнца и других звезд приводит к формированию их магнитных полей.

Концентрация газов, входящих в состав атмосферы Земли, меняется не одинаково с высотой для каждого из них. Характерная толщина кислородной атмосферы меньше характерной толщины азотной атмосферы. Происходит «поляризация» атмосферы полем силы тяжести.

Все тоже происходит в атмосфере звезды, где легкие частицы – электроны, а тяжелые – ионы. Происходит поляризация атмосферы звезды полем силы тяжести. Нарушается изотропия и в гравитационном поле происходит поляризация зарядов  $\vec{P} = A\vec{g}$ .

Дебаевские ячейки поляризуются во внешнем поле. Был найден дипольный момент дебаевской ячейки. Потом плотность атмосферных зарядов. Потом напряженность м.п., создаваемого вращающейся поверхностно заряженной сферы – т.е напряженность полярного м.п.  $H \sim 1$ гс. Все тоже происходит во вращающемся вихре. Плазма поляризуется центробежной силой и вектор поляризации:  $\vec{P} = B\vec{a}_{ц.с.}$

Было найдена напряженность м.п., созданного цилиндрическим вихрем  $H \sim 10^3 \text{ гс}$  - напряженность поля, создаваемого солнечным пятном.

Таким образом, в работе продемонстрирована принципиальная возможность возникновения магнитных полей Солнца и других звезд вследствие поляризации их атмосфер. При вполне естественных допущениях относительно плотности плазмы и параметров торнадо, получаются магнитные поля, напряженности которых близки к экспериментально наблюдаемым. Образование достаточно сильного магнитного поля уменьшает механическую энергию вихря и должен проявляться в локальном понижении температуры плазмы. Этот эффект может быть непосредственно оценен. Разработка этой модели возникновения магнитного поля предполагает дальнейшее 1) изучение условий возникновения торнадо в их атмосферах; 2) исследование зависимости параметров вихревых возмущений от типа звезд и т.п.

## **ЯВЛЕНИЕ ПИННИНГА И КРИПА В СВЕРХПРОВОДНИКАХ ВТОРОГО РОДА**

Панченко Д.

*Научный руководитель - канд.наук Кулинский В.Л.*

Работа посвящена явлению пиннинга и крипа в сверхпроводниках II-го рода. Для описания механизма пиннинга, на примере одиночного вихря, рассматривается простая двумерная модель локализации вихря на цилиндрическом дефекте, как суперпозиция состояний локализации в потенциальной яме и уровня Ландау в магнитном поле – сердцевина вихря. Последняя представляется в виде пары электронов. Вариационным методом оцениваются основные характеристики пиннинга вихря: энергия и сила пиннинга, а так же значение критического тока срыва вихря с дефекта. Для описания явления крипа, на примере одиночного вихря и при температурах намного меньше критической температуры, рассматривается простой механизм туннелирования локализованного вихря через потенциальный барьер. В рамках ВКБ получается характеристика крипа вихря —  $S$  (creep rate). Все расчёты произведены для Nb.

# ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В СИСТЕМЕ САМОДВИЖУЩИХСЯ ЧАСТИЦ

Коськин Е.

*Научный руководитель - канд.наук Кулинский В.Л.*

Среди всего многообразия явлений, которыми богата природа, можно выделить широкий класс явлений, протеканию которых способствуют процессы самоорганизации. Под самоорганизацией понимается процесс, в результате которого на основе внутренних свойств и структуры данной системы самостоятельно, без внешних управляющих воздействий создается, воспроизводится или совершенствуется организация данной системы.

В данной работе рассматривается самоорганизация движения системы живых организмов с коллективным типом поведения. Такой объект называется системой интеллектуальных, самодвижущихся частиц (СИСЧ). Эти системы исследовались во многих работах, в частности, в работах [1,2,3], где на основании определенных правил объяснялись процессы трансляционной самоорганизации СИСЧ, вследствие которых частицы двигались одной группой, не зависимо от начальных условий. Подобные модели смогли объяснить коллективное движение стад, косяков рыб, но не вихревое движение биомассы планктона, стай птиц и т.д. Основываясь на том, что вихревое движение является следствием процессов самоорганизации, удалось сформулировать правило, согласно которому каждая частица из СИСЧ стремится двигаться так, чтобы в процессе своего движения угол между направлением её скорости и направлением к её локальному центру масс был равен 90 град. и сохранялся. Справедливость этого правила была проверена численным моделированием, после чего были построены гидродинамические уравнения движения для жидкости из этих частиц и исследован вихревой тип решения на устойчивость.

Интерес работы заключается также в том, что предложенная модель позволяет моделировать некоторые социальные явления в частности поведение толпы людей в состоянии паники.

[1] Csahok Z., and. Vicsek T// Phys. Rev. E 52, 5297 (1995)

[2] Czirok A., and.Vicsek T. // Physica A 281, 17 (2000)

[3] Kulinskii V., Ratushnaya V., Zvelindovsky A., and Bedeaux D., Europhys. Lett. 71, 207, (2005)



# ВОЗМОЖНОСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ СВЯЗАННЫХ ЭКСИТОН-ЭЛЕКТРОННЫХ И ЭКСИТОН-ДЫРОЧНЫХ СОСТОЯНИЙ В УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБКАХ

Марченко С.

Научный руководитель - доктор наук Адамян В.М.

Исследовалась возможность существования связанных экситон-электронных и экситон-дырочных состояний в углеродных нанотрубках модификации zigzag. Связанное экситон-электронное (СЭЭС) и экситон-дырочное состояние (СЭДС), фактически, представляет собой биэкситонный ион, заряженный отрицательно или положительно соответственно. Возможность существования и критерии устойчивости же самих биэкситонов исследовались в работе Т. Педерсона [1].

Нетрудно понять, что наблюдать СЭЭС и СЭДС возможно в случае когда энергия этих состояний меньше чем энергия связи одиночного экситона [2]. Таким образом, проблема сводится к задаче о нахождении энергии СЭЭС и СЭДС.

Расчет проводился по методу Релея. Строился гамильтониан для взаимодействующих между собой экситона и дырки (для случая СЭДС). Поскольку в углеродных нанотрубках рассматриваемой модификации эффективные массы дырки и электрона достаточно близки, и считая взаимодействие чисто кулоновским, гамильтониан можно записать как

$$\hat{H} = -\frac{\hbar}{2\mu} \left[ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial \xi_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial \xi_2^2} \right] - \frac{e^2}{\sqrt{(x-\xi_1)^2 + d^2}} - \frac{e^2}{\sqrt{(x-\xi_2)^2 + d^2}} + \frac{e^2}{\sqrt{(\xi_1-\xi_2)^2 + d^2}}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – эффективная масса дырки (электрона);  $e$  – элементарный заряд;  $x$ ,  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ , – координаты электрона и дырок соответственно;  $d$  – параметр, который зависит от диаметра нанотрубки.

Волновая функция выбиралась как суперпозиция трех гауссовых экспонент, которые соответствуют трем составляющим двухчастичным состояниям, и плоской волны, описывающей движение центра масс системы как целого, т.е.

$$\Psi = C \exp[-\alpha\{(x-\xi_1)^2 + (x-\xi_2)^2\}] \exp[-\beta(\xi_1-\xi_2)^2] \exp[-ip(x+\xi_1+\xi_2)], \quad (2)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – малые параметры. Легко понять, что для случая СЭЭС гамильтониан и волновая функция будут аналогичными.

Численные расчеты показали, что энергии СЭЭС и СЭДС оказываются меньшими, чем энергия экситонного состояния в образце рассматриваемой модификации [3], и, таким образом, СЭЭС и СЭДС являются стабильным относительно образования пар экситон – свободный электрон, или экситон

– свободная дырка. Также была получена зависимость энергий СЭЭД и СЭДС от диаметра нанотрубки, которая может быть использована на практике для идентификации нанотрубок по их оптическим свойствам.

[1] Thomas G. Pedersen and Kjeld Pedersen, *Nano Lett.*, **5** (2), 291 - 294, 2005

[2] М. С. Бродин, И. В. Блонский, *Экситонные процессы в слоистых кристаллах*, Наукова думка, Киев, (1986), с. 199-202

[3] С. В. Марченко, Дипл. раб. бакалавра физ.-мат. наук, ОНУ, Одесса (2006).

## **СЕКЦИЯ АСТРОНОМИИ (кафедра астрономии)**

### **ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАТМЕННОЙ КАРЛИКОВОЙ НОВОЙ EM Cyg.**

Соловьева И.

*Научный руководитель - доктор наук Андронов И.Л.*

В данной работе представлены результаты наблюдений затменной карликовой новой EM Cyg. Полученных в астрономической обсерватории Маллерки (Испания) в 2004 году и Крымской астрономической обсерватории (КрАО) в 2006, а также анализ полученных данных. Данная работа является частью компании под названием "Inter-Longitude Astronomy". С самого начала изучения данной звезды, она сезон за сезоном демонстрирует переменность вспышечных характеристик которые будут представлены в данной работе. Период переменности составляет около 3000 дней. При этом наблюдается хорошая корреляция между амплитудой и средней магнитудой. Изменение вспышечных характеристик может быть объяснено изменениями степени акреции на вторичный компонент – красный карлик. Причинами этого могут служить или изменения магнитных характеристик системы, или какие либо воздействия со стороны некоего третьего тела.

В представленной работе были использованы максимально длинные интервалы наблюдений. Данные получены при помощи ПЗС матрицы.

Изменения характеристик регистрируемого излучения, вызванных орбитальным вращением, регистрировались на различных стадиях вспышечной активности. Их переменность изменяется со временем.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ДВИЖЕНИЯ ПЛАНЕТЫ В АТМОСФЕРЕ КРАСНОГО ГИГАНТА**

Павленко Д.

*Научные руководители - доктор наук Рудницкий Г.Н.,  
канд.наук Марсакова В.И.*

По одній з сучасних теорій змінність червоних гігантів може бути пов'язана з рухом планет у фотосфері цих зір. Коли зоря знаходилась на стадії головної послідовності, планети обертались по орбітах з радіусами, що не перевищували декілька астрономічних одиниць, але в результаті розширення зорі потрапили до її фотосфери. Сили тертя, що виникають при русі цих планет, будуть сприяти виникненню яскравого об'єкту, рух та умови видимості якого можуть викликати змінність зорі.

У нашій роботі була створена програма, що дозволяє розрахувати світність ефекту, що виникає в різних точках орбіти планети. При цьому вважалось, що величина світності ефекту та прозорість фотосфери будуть зворотно пропорційні квадрату відстані планети від центру зорі. Отримані результати для різних точок орбіти планети були представлені у вигляді кривих залежності світності від часу. Криві були розраховані для різних значень таких параметрів як радіус орбіти, ексцентриситет, коефіцієнт прозорості, а також положення орбіти планети у просторі. Отримані криві можуть бути використані для перевірки даної теорії змінності червоних гігантів.

## **ДВИЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ В НЕСФЕРИЧЕСКОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ**

Бритаевский М.

*Научные руководители - канд.наук Кошкин М.И., Шакун Л.С.*

На рух штучного супутника землі (ШСЗ) по низькій орбіті впливає багато факторів: поле тяжіння Землі, опір атмосфери, вплив Луни та Сонця тощо. Визначальним фактором руху ШСЗ є поле тяжіння Землі. Внаслідок неоднорідності гравітаційного потенціалу, орбіта ШСЗ зазнає деякі збурення, які треба приймати до уваги при обчисленні точних елементів орбіти та координат супутника.

В даній роботі моделювався рух ШСЗ у гравітаційному полі Землі. Для обчислення сил, які діють на ШСЗ з боку гравітаційного поля Землі, використовувалась модель гравітаційного потенціалу Землі EGM-96. Рівняння руху ШСЗ інтегрувалося у декартових координатах числовим способом.

В результаті моделювання були отримані залежності положення та вектора швидкості ШСЗ від часу. Для векторів стану супутника були обчислені оскулюючі елементи орбіти.

## **ПЕРЕМЕННОСТЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ И БЛЕСКА ПРОТОТИПА АСИНХРОННЫХ МАГНИТНЫХ КАТАЛИЗМИЧЕСКИХ ЗВЕЗД ВУ ЖИРАФА**

Бреус В.

*Научные руководители - доктор наук Андронов И.Л.,  
канд.наук Колесников С.В.*

Представлені результати спостережень асинхронного поляра ВУ Cam, отриманих протягом 2003-2007 років в Кримській Астрофізичній Обсерваторії (КрАО). Ця робота - це частина спостережувальної кампанії "Inter-Longitude Astronomy" ("Міждовготна астрономія"). Спостереження були отримані на найбільшому в Україні дзеркальному телескопі ім. Г.А. Шайна (діаметр дзеркала 2.6м) за допомогою швидкісного фотометра-поляриметра, і на телескопі АЗТ-11 (діаметр дзеркала 1.25м) в режимі швидкої UVVRI фотометрії.

Опис розробленої нами програми аналізу одночасних спостережень колової та лінійної поляризації PolarObs знаходиться в друку в міжнародному журналі "Astronomical and Astrophysical Transactions", т.26.

Були вивчені наступні астрофізичні процеси: мерехтіння в масштабі часу десятків секунд; квазі-періодичні варіації; швидка змінність внаслідок періодичної зміни орієнтації білого карлика відносно до червоного карлика ("синодичний" період або "період орбітального биття"); залежність особливостей швидкої змінності від довжини хвилі, квазіперіодичні осциляції і швидка змінність, заснована на "сігма" і "лямбда" шкалограмах та на аналізі головних компонент (PCA). Поляриметричні криві показують помітну змінність амплітуди від циклу до циклу, яка інтерпретується змінами акреційної структури і швидкоплинним внеском циклотронної емісії від акреційної колони. Базуючись на аналізі головних компонент UVVRI даних, ми виявили 3 джерела змінності з різними спектральним розподілами енергії і різними значеннями характерного часу. Один з них "голубий" (високотемпературний) і має набагато більшу амплітуду змінності як обертання так і QPO, і другий "червоний" (менша температура, можливо циклотронна емісія), третя складова не проявляє QPO і має тільки компонент малої амплітуди з періодом обертання.

Представлена робота є частиною статі "Idling Magnetic White Dwarf in the Synchronizing Polar ВU Cam. The "Noah-2" Project" (I.L. Andronov, K.A.Antoniuk, V.V.Breus, L.L.Chinarova, W. Han, Y.-B. Jeon, Yonggi Kim, S.V. Kolesnikov, J.-Y. Oh, E.P. Pavlenko, and N.M. Shakhovskoy), яка буде опублікована в міжнародному журналі.

## МОДЕЛЬ ЗЕМНОЇ ТІНІ В ФОРМАЛІЗМЕ ЧИСЛЕННОЇ ТЕОРІЇ DE 405

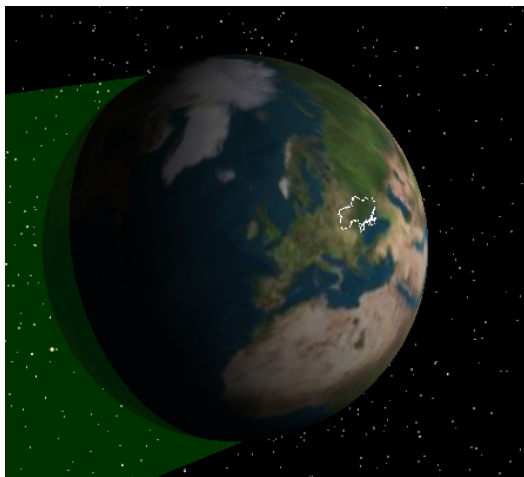
Троянський В.

*Научний керівник - канд. наук Базей А.А.*

Одним із завдань теоретичної астрономії є обчислення траєкторії руху небесних тіл. У таких випадках, як моделювання руху супутників, потрібно враховувати тиск світла і сонячного вітру. Ці чинники впливають на рух по навколосезній орбіті. Особливо це позначається на низьких супутниках, які регулярно потрапляють в земну тінь і довше знаходяться в ній.

У даній роботі ми моделюємо умови освітленості штучного супутника Землі. З цією метою створений алгоритм, який дозволяє на основі чисельної американської теорії DE405 одержувати розташування і розміри земної тіні в інтервалі від 1600 до 2200 року. Земна тінь описується формулою еліптичного конуса у довільній системі координат:

$$\frac{(-z \sin \alpha_y + (x \cos \alpha_z + y \sin \alpha_z) \cos \alpha_y)^2}{a^2} + \frac{((-x \sin \alpha_z + y \cos \alpha_z) \cos \alpha_x + (z \cos \alpha_y + (x \cos \alpha_z + y \sin \alpha_z) \sin \alpha_y) \sin \alpha_x)^2}{b^2} - \frac{(-(-x \sin \alpha_z + y \cos \alpha_z) \sin \alpha_x + (z \cos \alpha_y + (x \cos \alpha_z + y \sin \alpha_z) \sin \alpha_y) \cos \alpha_x)^2}{c^2} = 0$$



області (Україна).

В основі якого лежить меридіальний перетин земного сфероїда з піввісьями 6378 км 6357 км. Розсіяння сонячного світла в земній атмосфері не враховується.

Описана модель реалізована у програмному середовищі Delphi 7 і підготовлена до апробації в Центрі прийому і обробки спеціальної інформації і контролю навігаційного поля в м. Дунаєвці Хмельницької

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕР ЗВЕЗД С РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ : HR 465

Ющенко В.

*Научный руководитель - канд.наук Готка В.Ф.*

HR465 є змінною зорею типу  $\alpha$  CVn. До цього типу належать зорі головної послідовності спектральних класів B8p-A7p, що мають сильні магнітні поля. В спектрах спостерігаються аномально сильні лінії кремнію, стронцію, хрому та лантаноїдів, інтенсивність ліній змінюється внаслідок обертання зорі. Магнітне поле та зоряна величина змінюються з періодами від 0.5 дня до півроку та більше. Амплітуди коливання блиску в фотометричній системі V становлять 0.01-0.1 зоряної величини.

Для точного визначення параметрів атмосфери HR465 та її хімічного складу нами було використано два спектри зорі з високою роздільною здатністю. Зоря спостерігалася в 1996 та 2004 роках на 1.88 та 1.8 метрових телескопах обсерваторій Haute Provence (Франція) та Bohuynsan (Корея).

Зірка HR465 має один з найбільш великих періодів зміни в величині магнітного поля і фотометричних та спектральних даних, які одержуємо зі спостережень- 23 роки.

Вісім років, що розділяють два спектральні спостереження є майже третина періоду 23 роки і дозволяють вивчиту зорю у різних фазах. Визначення вмісту елементів проводилося методом синтетичного спектру. Зміни інтенсивності ліній приводять до значної зміни вигляду спектру зорі.

Лінії поглинання торію та урану впевнено ідентифікуються в спектрі HR465. Вміст торію та урану в атмосфері HR465 у спектрі у 1996 на 4-5 порядків перевищує вміст цих елементів в сонячній системі, та також великий вміст хрому у спектрі 1996 року. Для спектру 2004 року характерні сильні лінії лантаноїдів та актиноїдів торію та урану, лінії яких представлені в спектрі в першій та другій стадії іонізації. Лінії ThIII представлені в видимій частині спектру. Використовувались найбільш нові атомні дані.

Щоб пояснити це було висунуто декілька гіпотез.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСТИННЫЕ ЦВЕТА СВЕРХГИГАНТОВ F, G, K СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ**

Чехонадских Ф.

*Научный руководитель - канд.наук Ковтюх Валерий Владимирович*

В представленной работе проводится анализ спектров 20 сверхгигантов F, G, K спектральных классов. С помощью метода моделей атмосфер и модифицированного спектрального анализа найдены логарифм ускорения свободного падения, металличность и микротурбулентная скорость. Эффективные температуры рассчитаны с помощью метода отношения глубин калибровочных спектральных линий.

Обработка спектров (проведение континуума, отождествление спектральных линий, расчёт эквивалентных ширин спектральных линий) и расчёт химического состава объектов проведены с помощью программных пакетов DECH20 и WIDTH9. Полученные результаты не противоречат современной теории эволюции звёзд.

Представлены результаты по поиску оптимального вида полинома, связывающего истинные показатели цвета сверхгигантов с параметрами атмосфер:  $T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ,  $V_{\text{turb}}$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}]$ . Проведена статистическая обработка данных с помощью современных статистических методов. Расчёты коэффициентов зависимости производились с помощью метода наименьших квадратов. Для автоматизации расчётов была написана программа MNK на языке Delphi.