

Санкт-Петербургский Государственный Университет

На правах рукописи

Чаплыгин Максим Адольфович

СПЕКТРОСКОПИЯ ЭКСИМЕРНЫХ МОЛЕКУЛ
РЯДА ЭЛЕМЕНТОВ II-ой и VIII-ой ГРУППЫ

оптика 01.04.05
физика и химия плазмы. 01.04.08

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург
1995

Работа выполнена на Кафедре Оптики физического факультета
Санкт-Петербургского Государственного Университета.

Научные руководители:

профессор, доктор физико-математических наук А.З.Девдариани
доцент., кандидат физико-математических наук Н.А.Крюков

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

профессор Скоробогатов Г.А.

доктор физико-математических наук

ведущий научный сотрудник Васютинский О.С.

Ведущая организация:

ВНЦ "Государственный оптический институт имени С.И.Вавилова".

Защита диссертации состоится " " 199 г.

в _____ час. на заседании диссертационного совета К 063.57.10 по
защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук в
Санкт-Петербургском государственном университете по адресу:
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д.7/9.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГУ.

Автореферат разослан " " 199 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

кандидат физ.-мат. наук

Тимофеев Н.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Эксимерные молекулы, излучающие в области жесткого ультрафиолета и вакуумного ультрафиолета - в диапазоне 300-100 нм, представляют интерес для современной физики лазеров [1] как потенциальные активные среды эксимерных ОКГ. Среди многообразия таких систем выделяются интенсивно излучающие молекулы на смесях паров тяжелых металлов II-ой группы (ртуть, кадмий) с тяжелыми инертными газами (ксенон, криптон, аргон) и молекулы тяжелых инертных газов (те же ксенон, криптон, аргон) и их бинарных смесей. Во второй половине 80-ых и начале 90-ых годов на изучении характеристик взаимодействия пар атомов, формирующих данные эксимеры, а также кинетических и временных характеристик процессов в соответствующих средах было сосредоточено внимание целого ряда исследовательских групп в стране и зарубежом, см.[2-10].

Наряду с практическим применением, данные системы представляют интерес и для фундаментальной науки. В указанный период были выполнены многочисленные расчеты потенциальных кривых взаимодействия и вероятностей радиационных переходов для ряда эксимерных состояний рассматриваемых молекул, напр.[4,5], использующих различные методы. Наличие предварительных расчетных данных о потенциалах и вероятностях позволило адекватно интерпретировать результаты экспериментальных исследований спектров эксимеров. Спектроскопические исследования могут служить критерием истинности качественных теоретических представлений о характере взаимодействия в системе и его количественных характеристиках, получаемых из расчетов. Наблюдение за изменением распределения спектральной плотности излучения в зависимости от

давления и температуры позволяет определить ряд констант скоростей и сечений элементарных процессов, ведущих к формированию эксимеров. Информация об этих характеристиках для данных систем является неполной и разноречивой. Кроме того, в большинстве экспериментальных работ используемые методики (такие как возбуждение спектра в молекулярном пучке или в плотной и сверхплотной среде) [6,7,8] ограничивали диапазон изменения термодинамических условий. В данных экспериментах не было возможности проследить трансформацию спектра излучения от атомарной к молекулярной. Такой характерный диапазон условий возможно реализовать в плазме газового разряда.

В данной работе представлялось актуальным провести систематические спектро скопические исследования эксимеров "ртуть-инертный газ" и "инертный газ-инертный газ" в широком диапазоне термодинамических условий, используя для получения эксимеров газовый разряд.

Цель работы. В задачу исследования входило:

- регистрация спектра излучения ряда состояний эксимеров "ртуть-инертный газ" и "инертный газ-инертный газ" в диапазоне малых и средних давлений в достижимом диапазоне температур,
- получение детальной информации о каналах образования эксимеров в квазимолекулярных и молекулярных состояниях, а также об особенностях элементарных процессов, ведущих к трансформации спектра излучения при изменении давления и температуры среды.

Научная новизна полученных результатов. В результате настоящих исследований эксимеров "ртуть-инертный газ" и "инертный газ-инертный газ" в диссертации были:

-впервые зарегистрированы спектры излучения квазимолекул $HgKr(D^31)$ и их трансформация в диапазоне давлений от 1 до 50 Тор и температурном интервале от 300К до 375К, определены абсолютные значения концентрации данных эксимеров в газовом разряде;

-впервые определена константа образования квазимолекулы $HgKr(D^31)$ в температурном интервале от 300К до 375К, при малых плотностях равная константе радиационно-столкновительного тушения атомов $Hg(6^3P_2)$ в криптоне, оценены сечение данного процесса и константа разрушения $HgKr(D^31)$ при столкновении с нормальными атомами криптона;

-впервые зарегистрирован процесс, дающий квадратичный по концентрации криптона вклад в концентрацию $HgKr(D^31)$, интерпретируемый как результат пересмешивания двух состояний эксимера $Hg(6^3P_2)Kr$ - квазимолекулярного D^31 и сильносвязанного C^32 , в рамках предложенной модели оценены константа и сечение данного процесса;

-впервые зарегистрированы спектры излучения молекулы $HgXe(A^30^+)$ в трехкомпонентных смесях "ртуть + ксенон + инертный газ", определены константы рекомбинации в данном состоянии и константы его диссоциации в буферных газах- аргоне и криптоне - при температуре 300К;

-впервые исследованы зависимости формы спектра излучения эксимеров $Xe_2(0^+_u, 1_u)$ от давления в плазме импульсного газового разряда , прослежена трансформация спектра при переходе от атомарного через квазимолекулярный к молекулярному, оценены времена жизни излучающих состояний эксимеров $Xe_2(0^+_u, 1_u)$ в плазме разряда и их абсолютные концентрации;

на основании полученных для спектров эксимеров $Xe_2(0^+_u, 1_u)$ зависимостей восстановлена картина колебательной релаксации в этих молекулах, оценена константа данного процесса в собственном газе;

-впервые систематически исследована трансформация формы спектра эксимеров, образующихся в смеси ксенона с криptonом в ряде при различных соотношениях парциальных давлений компонент от давления криптона, оценены константы колебательной релаксации в криптоне образующихся в смеси эксимеров $Xe_2(0^+_u, 1_u)$ и $XeKr(0^+, 1)$; оценены времена жизни молекул $Xe_2(0^+_u, 1_u)$ в плазме разряда в смеси ксенона и криптона.

Практическая ценность работы. Зарегистрированные в работе спектры изучения эксимерных молекул в различных термодинамических условиях могут служить ориентиром при подборе оптимальных характеристик среды с учетом требований конкретной задачи при создании газоразрядных источников света и, возможно, лазерных систем с излучением в области УФ и ВУФ. В этом смысле именно эксперименты в газовом разряде представляют наибольший практический интерес. Полученная из экспериментов информация дополняет качественные и количественные данные о картинах элементарных процессов, ведущих к образованию и гибели эксимеров. Значения констант скоростей реакций и сечений процессов могут быть использованы для кинетических расчетов и, наряду со спектральным распределением излучения, могут служить критериям правильности теоретических представлений о данных объектах.

Апробация работы. Результаты данной работы докладывались на двух национальных и четырех международных конференциях, на научных семинарах Кафедры Оптики и Молекулярной Спектроскопии

НИИФ СПбГУ, а также на научных семинарах Кафедры Оптики Института Физики Варшавского Университета:

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в двух статьях, а также тезисах докладов конференций. Направлены в печать две статьи. Список работ приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 54 наименований. Общий объем диссертации - 117 страниц машинописного текста, включая 36 рисунков и 10 Таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснован выбор темы диссертации, ее актуальность и практическая ценность; сформулирована цель работы, кратко описаны проведенные эксперименты, их результаты и их новизна. Перечислены печатные работы, в которых опубликованы результаты.

В первой главе приведена классификация наблюдаемых спектров в соответствии с характером излучающего и основного эксимерных состояний. Строение верхних и нижних молекулярных термов рассматриваемых объектов таково, что спектры могут формироваться в результате свободно-свободных или связанно-свободных. Параметром, определяющим природу спектра (тип перехода) в конкретных термодинамических условиях, является отношение средней тепловой энергии E , частиц к величине энергии связи D , излучающего состояния молекулы. Если эта величина больше единицы, то для рассматриваемых эксимеров реализуются преимущественно свободно-свободные переходы. Если E/D меньше единицы, основной вклад в наблюдаемый спектр дают связанно-свободные переходы.

В настоящей работе были выбраны такие эксимерные молекулы, которые при комнатной температуре позволяют наблюдать оба типа переходов. Так для изучавшейся ранее экспериментально молекулы $HgKr(D^31)$ преобладают свободно-свободные переходы, а для эксимеров $HgXe(A^3O^+)$, $Xe_2(0_u^+, 1_u)$ и $XeKr(0^+, 1)$ - связанные свободные. Для последнего типа объектов вид спектра излучения определяется также распределением молекул по колебательным состояниям верхних эксимерных термов.

Далее приводятся параметры молекулярных термов всех изучаемых молекул и рассмотрены их особенности, определяющие тип и форму спектров излучения. Проведен обзор литературы по теоретическим и экспериментальным работам, посвященным определению характеристик потенциалов взаимодействия, кинетических характеристик процессов, участвующих в образовании эксимеров, а также особенностям колебательной динамики для связанных состояний, приводящей к характерному для неселективного возбуждения виду спектров молекул $HgXe(A^3O^+)$, $Xe_2(0_u^+, 1_u)$ и $XeKr(0^+, 1)$ с провалом в полосе излучения. Для настоящих исследований представляется интересной работа [9], в которой построена модель колебательной релаксации эксимеров тяжелых инертных газов.

Несмотря на достаточно интенсивное исследование эксимеров "ртуть-инертный газ", "инертный газ-инертный газ" в предшествующие годы, ряд вопросов на момент начала данной работы представлялся недостаточно изученным, особенно это относилось к т.н. квазимолекулам $HgKr(D^31)$, а также гетероядерным молекулам $XeKr(0^+, 1)$. Экспериментальные характеристики их излучения, формирующегося в газовой фазе, были практически неизвестны, хотя

существовал ряд теоретических работ [10,11], посвященных расчету спектров, ожидавших экспериментальной проверки.

Во второй главе описаны две экспериментальные установки, на которых были осуществлены данные исследования. Для изучения эксимеров "ртуть-инертных газы" была использована установка, регистрирующая излучение в видимой области спектра и УФ-диапазоне до 200нм; для исследования эксимеров инертных газов, излучающих в области вакуумного ультрафиолета - установка для инициации и регистрации спектров в ВУФ-диапазоне. Общим для обеих экспериментальных установок было использование тлеющего газового разряда, в плазме которого формируются эксимерные молекулы. Разряд зажигался в смеси исследуемых паров и/или газов, заполнявших экспериментальный объем.

Для изучения свойств излучения смеси паров ртути с инертными газами была использована цилиндрическая кварцевая трубка с двумя электродами. Диапазон постоянных разрядных токов 5÷20 мА определялся необходимостью поддержания условий, при которых контракция разряда и разогрев смеси отсутствовали. Задача изучения роли буферного газа в образовании связанных эксимерных состояний на примере молекулы $HgXe(A^3O^+)$ была решена путем использования в качестве буферного газа криптона и аргона. Давление третьего газа менялось от 0 до 20 Тор. Эксперименты проводились при температуре смеси 300К. При сканировании по давлению регистрировались спектры в диапазоне длин волн 250-320 нм. Исследование излучения квазимолекулы $HgKr(D^1)$, формирующегося в результате радиационных переходов из состояний непрерывного спектра энергий было проведено в диапазоне давлений газа 1÷50 Тор и в интервале

температура смеси $300 \div 375\text{K}$. Регистрировались спектры излучения в интервале длин волн $222\text{-}230$ нм. В экспериментах проводилось параллельное определение концентрации исходных атомарных возбужденных состояний ртути $Hg(^3P_1), Hg(^1P_2)$.

В экспериментах по изучению свойств излучения эксимерных молекул $Xe_2(0^+, 1_u)$ и $XeKr(0^+, 1)$ использовалась стеклянная цилиндрическая разрядная трубка с двумя электродами и окнами из фторида магния. В трубке зажигался импульсный разряд с амплитудой импульса тока до 500 mA и скважностью от 100 до 10 . Проводилась регистрация излучения в интервале длин волн $140\text{-}210\text{nm}$. В экспериментах с чистым ксеноном давление газа в трубке сканировалось от 5 до 75 Torr . В смеси ксенона с криptonом начальное давление ксенона оставалось неизменным в отдельной серии измерений, давление криктона сканировалось от 0 до 140 Torr . Было выявлено три поддиапазона начальных давлений ксенона, приводивших к различным видам спектра излучения в исследуемом спектральном интервале.

В третьей главе описаны методы, использовавшиеся при исследовании эксимерных молекул. Основным экспериментальным методом является т.н. метод лучеиспускания [12]. Он основан на пропорциональности спектральной плотности излучения $dI(\lambda)$ в диапазоне длин волн от λ до $\lambda+d\lambda$ концентрации $N(\lambda)$ молекул:

$$dI = \Gamma(\lambda)N(\lambda)\frac{hc}{\lambda}d\lambda$$

где $\Gamma(\lambda)$ - вероятность излучения на данной длине волны. Зная $\Gamma(\lambda)$ и абсолютную чувствительность системы регистрации можно определить абсолютную концентрацию эксимерных молекул. Калибровка обеих экспериментальных установок в абсолютной мере была получена с

помощью водородно-дийтериевой лампы с известным распределением плотности яркости.

Для определения констант скоростей реакций и сечений элементарных процессов, ведущих к образованию эксимеров, кроме молекулярной концентраций, необходимо знать концентрацию исходных атомарных возбужденных состояний. Она определялась т.н. методом поглощения спектральной линии.

Четвертая глава посвящена изложению результатов, их обработке и обсуждению. Использованным экспериментальным результатом данной работы являются зарегистрированные спектры излучения исследуемых эксимеров, трансформация формы спектра при изменении термодинамических параметров среды в диапазоне малых и средних давлений и тепловых энергий частиц. Спектры квазимолекул $HgKr(D^1)$ были изучены впервые. В спектрах гетероядерных молекул $XeKr(0^+, 1^-)$, формирующихся в газовой фазе, впервые был зарегистрирован максимум излучения в районе 156 нм, ранее наблюдавшийся только в твердой фазе [13], вследствие чего природа его оставалась до настоящего времени предметом дискуссии [13].

Обработка экспериментальных данных дала количественные характеристики элементарных процессов, ведущих к формированию стационарного распределения концентрации эксимеров. Построенные на основе предложенных моделей уравнения баланса дали возможность получить для эксимеров "рутин-инертный газ" константы скорости процессов образования и разрушения молекул, а для эксимеров инертных газов - оценить константу колебательной релаксации. Полученные значения оказались в удовлетворительном согласии с

результатами расчетов и экспериментальных результатов для аналогичных эксимерных систем [9,10,14].

Основным при количественной обработке результатов для молекул $HgXe(A^3O')$, образующихся в трехкомпонентных смесях, было следующее выражение, связывающее концентрации атомов и молекул:

$$[HgXe(A^3O')] = \frac{k_{\text{пер}}(Xe)[Hg(^3P_1)][Xe]^2 + k_{\text{пер}}(RG)[Hg(^3P_1)][Xe][RG]}{k_{\text{пер}}(Xe)[Hg(^3P_1)][Xe] + \Gamma_{\text{эфф}} + k_{\text{дис}}(RG)[Hg(^3P_1)][RG]}$$

где $k_{\text{пер}}$ - константа скорости процесса рекомбинации, $k_{\text{дис}}$ - ударной диссоциации, $\Gamma_{\text{эфф}}$ - эффективная вероятность излучения.

Значения констант рекомбинации и диссоциации для трех буферных газов сведены в Таблицу 1:

Таблица 1

молекула и RG	$HgXe(A^3O')$, Xe	$HgXe(A^3O')$, Kr	$HgXe(A^3O')$, Ar
$k_{\text{пер}}, 10^{-31} \text{см}^6/\text{сек}$	7+4	10+6	9+5
$k_{\text{дис}}, 10^{-12} \text{см}^3/\text{сек}$	9+5	3+2	4+2

Количественное различие между константами лежит внутри интервала экспериментальной ошибки, однако эксперимент в трехкомпонентной смеси позволил выделить функцию буферного газа и тем самым показать, что основным каналом образования эксимеров в диапазоне средних давлений является рекомбинация из атомных состояний, причем формирующееся распределение по колебательным уровням при этом значительно отличается от равновесного.

Рассмотрение уравнений баланса для концентраций квазимолекул $HgKr(D^3l)$ с учетом процессов их образования (константа скорости $k_{\text{оп}}$), ударного разрушения (константа скорости $k_{\text{дис}}$), излучения

(эффективная вероятность $\Gamma_{\text{эфф}}$) и перемешивания (константа скорости $k_{\text{перем}}$) с состоянием $HgKr(C^32)$ дает следующее выражение, связывающее родительские атомарные и эксимерные концентрации:

$$\Gamma_{\text{эфф}}[HgKr(D^31)] = \frac{k_{\text{удр}}[Hg(^3P_2)][Kr] + k_{\text{перем}}[HgKr(C^32)][Kr]}{1 + (k_{\text{разр}}/\Gamma_{\text{эфф}})[Kr]}$$

Обработка экспериментальных плотностных и температурных зависимостей дала возможность определить сечение процесса образования квазимолекул $HgKr(D^31)$, при малых плотностях равное сечению радиационно-столкновительного тушения метастабильных атомов $Hg(^3P_2)$ в криптоне, рассчитанному теоретически в [10]. Полученные в данной работе значения констант скорости процесса радиационно-столкновительного тушения $Hg(^3P_2)$ и его сечений, а также расчетные [10] и аналогичные результаты для смеси ртути с ксеноном [14] для серии температур сведены в Таблицу 2. Кроме того были оценены константа ударного разрушения $k_{\text{разр}}$ при $T=300\text{K}$ и константа перемешивания $k_{\text{перем}}$ двух молекулярных состояний $HgKr(D^31)$ и $HgKr(C^32)$ при температуре $T=375\text{K}$. Их значения, соответственно, составляют величину порядка нескольких единиц на $10^{-11}\text{сек}^{-1}\text{см}^3$ и $10^{-16}\text{сек}^{-1}\text{см}^3$. Тогда сечение перемешивания - несколько единиц на 10^{-21}см^2 .

Исследование трансформации формы контура эксимерного излучения ксенона позволяет говорить о реализации для молекул $Xe_2(0^+, 1_u)$ модели колебательной релаксации [9], экспериментально проверенной ранее для тех же состояний эксимеров криптона. В газовом разряде в исследованном диапазоне давлений формируется далекое от равновесного распределение по колебательным уровням. Оцененная в настоящей работе для $Xe_2(0^+, 1_u)$ константа колебательной релаксации в

Таблица 2.

T, K	$\langle\sigma v\rangle \times 10^{18}$, см ³ /с			$\sigma \times 10^{22}$, см ²			$\sigma_n \times 10^{22}$, см ²		$\langle\sigma_n v\rangle \times 10^{18}$, см ³ /с	
	Kr ¹	Kr ²	Xe ³	Kr ¹	Kr ²	Xe ³	Kr ³	Xe ³	Kr ³	Xe ³
295							70	360	230	1000
305	4.8	8.5	130	1.4	2.6	46				
330			140			46				
346	5.3			1.5						
373	6.1			1.6			50	450	180	1400
385		10.5				54				
500		12.8			3.0					

1- настоящая работа, 2 -расчет [10], 3- работа [14], σ_n - полное сечение тушения.

собственном газе $k_{рел} = 2 \times 10^{-11}$ сек⁻¹см³. совпадает по порядку величины с данной характеристикой молекул криптона, формирующихся в собственном газе. Интерес также представляют полученные значения абсолютных концентраций $10^7 \div 10^8$ см⁻³ молекул ксенона $Xe_2(0_u^+, 1_u^-)$ для среднего диапазона давлений атомарного ксенона, соответствующего концентрациям 10^{18} см⁻³. Оцененное в данной работе время жизни эксимеров $Xe_2(0_u^+, 1_u^-)$ в плазме разряда -порядка $10^4 \div 10^5$ сек.

Результаты экспериментов в смеси ксенона с криптоном показали, что релаксация молекул $Xe_2(0_u^+, 1_u^-)$ и $XeKr(0^+, 1^-)$ идет примерно на порядок медленнее в криптоне, чем релаксация $Xe_2(0_u^+, 1_u^-)$ в атомарном

ксеноне. Концентрации $Xe_2(0^+, 1_u)$ в криптоне достигают значений порядка $10^7 \div 10^8 \text{ см}^{-3}$ в плазме разряда в смеси при концентрациях атомарного ксенона порядка 10^{17} см^{-3} и криптона - 10^{18} см^{-3} . Время жизни $Xe_2(0^+, 1_u)$ в плазме - десятки микросекунд. При концентрациях атомарного ксенона порядка 10^{16} см^{-3} преимущественно образуются молекулы $XeKr(0^+, 1)$. Их концентрация составляет $10^6 \div 10^7 \text{ см}^{-3}$ при плотности атомарного криптона $10^{18} \div 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

В заключении перечислены основные результаты работы:

1. Получены зависимости формы и интенсивности полосы излучения молекулы $HgXe(A^30^+)$ от давления третьего газа- аргона и криптона, прямо свидетельствующие о трехчастичном характере процесса образования данного эксимера в условиях плазмы разряда и, следовательно, о преобладающей роли рекомбинации из атомных состояний в процессе образования эксимеров по сравнению с прямым возбуждением молекулярного состояния; определены константы рекомбинации в связанное состояние и константы диссоциации молекул $HgXe(A^30^+)$ в буферных газах- аргоне и криптоне при $T = 300K$;

2. Получены зависимости формы и интенсивности полосы излучения молекулы $HgKr(D^31)$ в зависимости от давления криптона и температуры смеси, оценены абсолютные концентрации молекул; определена константа образования квазимолекулы $HgKr(D^31)$ в диапазоне температур $300 - 375K$, совпадающая для малых плотностях с константой радиационно-столкновительного тушения метастабильных атомов $Hg(^1P_1)$, оценены сечения соответствующих процессов, оценена константа ударного разрушения $HgKr(D^31)$ при $T=300K$; зарегистрирован квадратичный по концентрации криптона рост концентрации квазимолекул $HgKr(D^31)$, для интерпретации которого

предложено ввести в рассмотрение процесс перемешивания двух состояний эксимера $Hg(6^3P_2)Kr$ - квазимолекулярного D^31 и сильносвязанного C^32 при температуре 373К, оценена константа процесса перемешивания;

3. Получены зависимости формы спектра излучения эксимеров $Xe_2(0^+, 1_u)$ от давления в плазме импульсного газового разряда, прояснила трансформация спектра при переходе от атомарного через квазимолекулярный к молекулярному, оценены абсолютные концентрации молекул $Xe_2(0^+, 1_u)$, времена жизни излучающих состояний в плазме разряда и константа колебательной релаксации;

4. Получены зависимости формы спектра эксимеров, образующихся в смеси ксенона с криptonом при различных соотношениях парциальных давлений компонент от давления криптона, определены диапазоны давлений, при которых преобладают либо эксимеры $Xe_2(0^+, 1_u)$, либо $XeKr(0^+, 1)$; однозначно определено положение и природа максимума излучения $XeKr(0^+, 1)$, явившиеся ранее предметом дискуссии; оценены абсолютные концентрации молекул, времена жизни молекул $Xe_2(0^+, 1_u)$ в плазме разряда в смеси ксенона и криптона и константы колебательной релаксации в криптоне.

Цитированная литература

1. Rhodes Ch.K. Topics in Applied Physics. Berlin, Springer. 1979. 245 p.
2. Stoicheff B.P. // Opt.Lett.1989, P.248.
3. Mueller T., Castex M.C. // Proceed. Int. Conf. on Spectral Line Shapes. 1990., P.34-41.
4. Devdariani A.Z., Zagrebin A.L. // Ann.Phys.Fr.1989. P.467-604.
5. Загребин А.Л., Леднев М.Г. // Опт.и спектр. 1995. Т.78, № 2, С.183-195.

6. Yamanouchi K., Fukuyama J., Horiguchi H., // J.Chem.Phys.1985. V.85(4), P.1806-1814.
7. Morikawa E., Reininger R., Guertler P., and Sainc V., Laporte P.. // J.Chem.Phys. 1989. V.91(3). P.1469-1476.
8. Messing I., Eckstrom D.J.,and Lorents D.C. // J.Chem.Phys. 1990. V.93(1). P.34-40.
9. Janssen H.,Vanmarcke M.,Dessoppere E.,Boucikuc R.,and Wicmc W. // J.Chem. Phys. 1987. V.86, N 9, P.4925-4934.
10. Загребин А.Л... // Опт. и спектр. в печати.
11. Девдариани А.З., Загребин А.Л. // Опт. и спектр. 1992. Т.72. N 3 C.571-580.
12. С.Э.Фриш. Спектроскопия газоразрядной плазмы. Под редакцией С.Э.Фриша., Ленинград: Наука, 1970. 346 с.
13. Девдариани А.З., Загребин А.Л. // Химия плазмы Под редакцией Б.М.Смирнова. Москва: Энергоатомиздат, 1988. Вып.15. С.44-93.
14. Крюков Н.А., Пенкин Н.П., Редько Т.П. // Опт.и спектр. 1989. Т.66, N6. С.1235-1238.

Основное содержание Диссертации опубликовано в работах:

1.Крюков Н.А., Чаплыгин М.А. Тез. докл. XI Всесоюзной Конференции по физике электронных и атомных столкновений. Чебоксары, 1991. С.183.

2.Крюков Н.А., Чаплыгин М.А. Тез. докл. VIII Всесоюзной Конференции по физике низкотемпературной плазмы. Минск, 1991. С.47.

3.Kryukov N.A., Tchaplyguine M.A. Proceed. Int. Conf. ESCAMPIG-92. St.Petersburg-,Russia, 1992. P.86.

4.Baranov I.Yu., Devdariani A.Z., Kryukov N.A., Tchaplyguine M.A.

Proceed. Int. Conf. EGAS-93. Caen, France, 1993. P.95.

5. Baranov I.Yu., Devdariani A.Z., Kryukov N.A., Tchaplyguine M.A.

Proceed. Int. Conf. EGAS-94. Barselona, Spain, 1994. P.145.

6. Kryukov N.A., Saveljev P.A., Tchaplyguine M.A. Proceed Int. Conf. ECAMP-95. Edinburg, Great Britain, 1995. P.203: 160

7. Крюков Н.А., Чаплыгин М.А. Спектроскопия образования эксимерных молекул $HgXe(A^30^+)$ в многокомпонентных смесях. // Опт. и спектр., 1991. Т.71. №6. С.945-949.

8. Баранов И.Ю., Девдариани А.З., Крюков Н.А., Чаплыгин М.А. Исследование эксимерного континуума ксенона в плазме газового разряда. // Опт. и спектр. 1995. Т.78. №2. С.232-236.

Подписано к печати 16.II.95. Заказ 425 Тираж 100 Объем 1 п.л.
ПМЛ СПГУ. 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6.