

тод вариации постоянных для интегрирования неоднородных систем. В заключение главы рассматриваются линейные уравнения с частными производными первого порядка: даются основные понятия и показывается, как интегрирование такого типа уравнений сводится к интегрированию систем дифференциальных уравнений. В частности, рассматриваются методы решения уравнений типа:

$$x \frac{\partial z}{\partial x} - 2y \frac{\partial z}{\partial y} = x^2 + y^2;$$

$$(1 + \sqrt{z - x - y}) \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} = 2$$

и систем уравнений

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dx} = \frac{\ln x}{2y_1}, \\ \frac{dy_2}{dx} = \frac{\ln x}{2y_1} - 1; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1' = y_1 - 3y_2 + 3y_3, \\ y_2' = -2y_1 - 6y_2 + 13y_3, \\ y_3' = -y_1 - 4y_2 + 8y_3; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1' = 4y_1 - 4y_2 + 2y_3, \\ y_2' = 2y_1 - 2y_2 + y_3, \\ y_3' = -4y_1 + 4y_2 - 2y_3. \end{cases}$$

При подготовке учебного пособия использовалась существующая литература по дифференциальным уравнениям. Перечень использованных книг приведен в списке литературы.

Отличительные особенности данного учебного пособия заключаются в следующем: объем и глубина изложения материала соответствует программе технического вуза; материал дан с точной формулировкой всех теорем, большая их часть снабжена полными и четкими доказательствами; приводится значительное количество подробно разобранных типовых примеров в каждом параграфе. Все это позволит организовать учебную деятельность студентов на занятиях и в ходе самостоятельной работы, повысить уровень понимания и усвоения учебного материала, облегчит работу преподавателя по созданию у студентов научных представлений и воспитанию высокой математической культуры.

**ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИЕ
ЛАЗЕРЫ НА ПАРАХ
СТРОНЦИЯ И КАЛЬЦИЯ
(монография)**

¹Солдатов А.Н., ²Латуш Е.Л., ²Чеботарев Г.Д.,
¹Юдин Н.А., ¹Васильева А.В., ¹Полунин Ю.П.,
²Пруцаков О.О.

*Национальный исследовательский Томский
государственный университет, Томск,
e-mail: anita_tomsk@mail.ru;
Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, e-mail: general@tic.tsu.ru*

Монография «Импульсно-периодические лазеры на парах стронция и кальция» посвящена эффективным источникам когерентного излучения УФ, видимого и ИК диапазонов – лазерам на парах стронция и кальция. В ней представлены обобщенные результаты экспериментальных и теоретических исследований лазеров на самоограниченных переходах и рекомбинационных лазеров на парах стронция и кальция. Рассмотрены основные схемы накачки и конструкции активных элементов лазеров на парах стронция и кальция. Обсуждаются основные процессы, протекающие в активных средах этих лазеров. Излагаются результаты экспериментальных исследований параметров плазмы и характеристик разряда, анализируется их взаимосвязь с энергетическими характеристиками лазерного излучения. Рассмотрены некоторые перспективные методы оперативного управления лазерным излучением.

Ряд представленных в монографии результатов являлись пионерскими – к ним можно отнести открытие класса ионных рекомбинационных лазеров на парах металлов, разработку методов высокоскоростного управления выходными характеристиками излучения лазеров на парах металлов, создание катафорезных импульсно-периодических лазеров на парах металлов. Авторами достигнут ряд рекордных энергетических характеристик генерации и параметров усиления как на рекомбинационных, так и на самоограниченных переходах стронция и кальция.

Генерация когерентного излучения к настоящему времени реализована на самых разнообразных активных средах и на многих тысячах лазерных переходов с применением различных способов накачки лазерных уровней и механизмов создания инверсии. Однако, несмотря на обилие линий генерации, сравнительно небольшое число лазеров широко используется, в основном, благодаря их высокой эффективности, хорошим энергетическим параметрам, приемлемым эксплуатационным характеристикам, требующему диапазону длин волн генерации и т.д.

Самым обширным, пожалуй, является класс газовых лазеров; они перекрывают наиболее широкий диапазон длин волн генерации от мягкого рентгена до миллиметровых волн, им присуще большое разнообразие физических процессов, задействованных для накачки и создания инверсии, они обеспечивают наилучшее качество выходного лазерного излучения и обладают рекордными достижениями по ряду параметров.

Из многих способов накачки газовых лазеров наиболее удобным и распространенным является газоразрядный. Активной средой большинства газовых лазеров является вещество в состоянии плазмы. Для получения инверсии населенностей необходимо, чтобы активная среда была в существенно неравновесном состоянии, то есть, чтобы распределение населенностей по возбужденным уровням значительно отличалось от болцмановского, задаваемого данной электронной температурой T_e .

В общем случае в плазме различают два типа неравновесности: ионизационную и рекомбинационную. Ионизационной называется такая неравновесность, когда T_e в плазме выше равновесной для данной степени ионизации плазмы. Или другими словами, фактическая степень ионизации получается меньше равновесной для данной T_e . Поэтому в данном режиме степень ионизации плазмы продолжает нарастать, либо, если режим стационарный, наблюдается отток заряженных частиц, скажем, за счет амбиполярной диффузии на стенки трубки. Ионизационный режим характерен для лазеров, работающих на переднем фронте импульса возбуждения или в непрерывном режиме в разреженных газах. В них преимущественный поток атомов по возбужденным состояниям движется снизу вверх, и усиление света, таким образом, наблюдается в процессе ионизации газа.

Противоположным типом является рекомбинационная неравновесность, когда T_e оказывается ниже равновесной для данной степени ионизации плазмы, и происходит уменьшение степени ионизации плазмы, т.е. ее рекомбинация. Здесь преимущественный поток атомов по возбужденным состояниям движется сверху вниз, и усиление наблюдается при переходе от плазмы к состоянию нейтрального газа. То есть, генерация преимущественно осуществляется вслед за импульсом возбуждения в послесвечении разряда, когда процессы рекомбинации преобладают над процессами ионизации. Или, если режим стационарный, то ионизация осуществляется пучком быстрых частиц (электронов или протонов), а основная масса электронов остается холодной и поэтому интенсивно рекомбинирует с ионами. Стационарный режим возможен также при пространственном разделении зон создания и рекомбинации плазмы.

Лазеры с первым типом неравновесности называют ионизационными, со вторым – ре-

комбинационными лазерами. Поскольку большинство известных газовых лазеров до сравнительно недавнего времени можно было отнести к первому типу, то было предложено называть их собственно газовыми лазерами, так как в их активной среде происходит переход от газа к плазме. Лазеры второго типа называли плазменными лазерами, подчеркивая этим, что в этом случае в активной среде происходит обратный переход от плазмы к газу. Последнее название, правда, не вполне закрепилось в литературе, по всей видимости, потому, что в обоих типах неравновесности активной средой является все-таки плазма лишь в разнонаправленных отклонениях от состояния равновесия. Иногда для лазеров второго типа используется название «рекомбинационные плазменные лазеры», но все же, сейчас наиболее часто применяется название «рекомбинационные лазеры».

Лазеры с одним типом неравновесности активных сред имеют ряд общих свойств, отличных от лазеров с другим типом неравновесности. Так, газовые лазеры генерируют, как правило, на переднем фронте возбуждающего импульса (их типичными представителями являются лазеры на самоограниченных переходах атомов меди, золота, свинца, а также атомов и ионов стронция, кальция, бария) или в непрерывном режиме в газах низкого давления (например, ионные аргоновый и криптоновый лазеры). Рекомбинационные же лазеры обычно генерируют в послесвечении импульсного разряда (например, лазеры на ионных переходах стронция и кальция). При этом расположение уровней, удобное для формирования инверсии при возбуждении электронным ударом из основного состояния атома или иона, как правило, не приводит к инверсии при рекомбинационной накачке и наоборот.

Особенностью лазеров на парах стронция и кальция, которым посвящена данная монография, является тот факт, что в их активных средах с высокой эффективностью реализуются как ионизационный, так и рекомбинационный механизмы формирования инверсии. В частности, самоограниченный режим генерации реализуется на ряде ИК переходов в спектрах, как атомов, так и ионов стронция и кальция, а рекомбинационный режим – на ионных переходах стронция и кальция фиолетового и УФ диапазонов. В настоящее время генерация в лазере на парах стронция получена на самоограниченных переходах: $5s5p^1P^0 - 5s4d^1D_2$ SrI ($\lambda = 6,456$ мкм); $5s4d^3D_1 - 5s5p^3P^0_2$ SrI ($\lambda = 3,0665$ мкм); $5s4d^3D_3 - 5s5p^3P^0_2$ SrI ($\lambda = 3,0111$ мкм); $4p^65p^2P^0_{1/2} - 4p^64d^2D_{3/2}$ SrII ($\lambda = 1,0917$ мкм); $4p^65p^2P^0_{3/2} - 4p^65d^2D_{5/2}$ SrII ($\lambda = 1,0330$ мкм) [1, 125] и относительно недавно была получена генерация на трех новых линиях: $4d^3D_1 - 5p^3P^0_0$ SrI ($\lambda = 2,60$ мкм); $4d^3D_2 - 5p^3P^0_1$ SrI ($\lambda = 2,69$ мкм); $4d^3D_3 - 5p^3P^0_2$ SrI ($\lambda = 2,92$ мкм).

Генерация в лазере на парах кальция реализована на самоограниченных переходах: $4s4p^1P^0 - 4s3d^1D_2$ CaI ($\lambda = 5,5476$ мкм); $4p^2P^0_{3/2} - 3d^2D_{5/2}$ CaII ($\lambda = 0,8542$ мкм); $4p^2P^0_{1/2} - 3d^2D_{3/2}$ CaII ($\lambda = 0,8662$ мкм). При этом существует возможность реализации одновременной многоволновой генерации в широком диапазоне спектра за счет обоих механизмов формирования инверсии. Кроме того, данные лазеры нашли широкое применение в ряде микро- и нанотехнологиях, медицине, газоанализе и т.д., которые подробно описаны в монографии.

Монография предназначена для специалистов в области физики и техники лазеров, лазерных технологий, а также для студентов и аспирантов вузов по физическим и техническим специальностям.

Авторами монографии являются ученые и преподаватели Национального исследовательского Томского государственного и Южного федерального университетов, которые внесли огромный вклад в исследования, конструирование и применения данного типа лазеров.

Химические науки

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (электронный учебно-методический комплекс)

Голянская С.А., Берлина О.В.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет»,
Тюмень, e-mail: chemistry@tgasu.ru

В современной жизни, особенно в производственной деятельности человека, коллоидная химия имеет исключительно важное значение, поскольку дисперсные системы весьма широко распространены (воздух, вода, почва, многие выбросы, стоки, отходы производства и т.д.). Образование и разрушение дисперсных систем неразрывно связаны с проблемами охраны окружающей среды. Очистка дисперсных систем, извлечение полезных продуктов, проводятся с использованием методов коллоидной химии (коагуляция, электрокоагуляция, адсорбция, электрофорез, флотация, ультрафильтрация и др.). В рамках курса «Коллоидная химия» изучаются фундаментальные законы, без которых невозможно понимание современных технологических процессов, применяемых в промышленности, в строительстве и в защите окружающей среды.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», изучающих дисциплину «Коллоидная химия», а так же для студентов направления 280700.62 «Техносферная безопасность» (профили «Инженерная защита окружающей среды», «Безопасность технологических процессов и производств»), где раздел «Коллоидная химия» преподается в рамках модуля «Химия». Информационные технологии, положенные в основу создания ЭУМК обеспечивают его эффективное использование в самостоятельной работе студентов. В состав ЭУМК включены следующие элементы (навигация по которым осуществляется кнопками главного меню): общая информация, теоретический курс, примеры решения типовых задач, задания для самостоя-

тельной работы, лабораторный практикум, глоссарий.

Общая информация содержит пояснительную записку об ЭУМК, структуре курса, рабочие программы, примерный перечень вопросов к экзамену и библиографический список, в том числе ссылки на образовательные интернет – ресурсы.

Теоретический курс представлен краткой информацией по основным разделам коллоидной химии и для удобства пользователя разделен на небольшие блоки. Основу учебного материала составляет гипертекст, содержащий ссылки (специальным образом помеченные слова) позволяющие представить дополнительную информацию и перейти от одного раздела учебного материала к другому.

Отличительной особенностью теоретического курса является наличие разнообразного иллюстративного материала – рисунки, картинки, графики, фотографии, слайды и др. Это позволяет повысить зрительную наглядность и тем самым облегчает восприятие того или иного фрагмента текста. Рассмотрение различных тем дисциплины осуществляется в контексте практического приложения получаемых знаний в профессиональной деятельности инженера.

Первый раздел содержит общие сведения о дисперсных системах и их классификации. Описание систем различного типа сопровождается примерами и фотографиями объектов, позволяющими представить их отличительные особенности – форму, структуру. Параллельно дается информация о размере частиц, практическом значении и применении систем. Цель данного раздела – показать значение понятия дисперсности, раскрыть влияние дисперсности на свойства материалов, представить дисперсные системы в многообразии и отразить универсальность дисперсного состояния в окружающем нас мире.

Второй раздел раскрывает причины поверхностных явлений. Рассмотрены явления смачивания, адгезии, когезии, количественная связь между ними, значение смачивания для защиты конструкционных материалов, борьбы с пылью, сущность процесса флотации.