

543.42(049.3)

СПЕКТРОСКОПИЯ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Very High Resolution Spectroscopy/ Ed. R. A. Smith.— London; New York; San Francisco: Academic Press, 1976.—276 p.

Книга представляет собой сборник из 12 статей обзорного характера, подготовленный к печати Эдинбургским университетом. В основу статей положены доклады, сделанные на Симпозиуме по спектроскопии сверхвысокого разрешения, организованном в Шотландии фондом лорда Рэнка по оптоэлектронике. С докладами на симпозиуме выступило много известных специалистов с изложением важнейших результатов в тех областях, где их собственный вклад значителен. Число участников симпозиума не превышало 70 человек, поэтому организаторы сочли целесообразным опубликовать материалы симпозиума в виде рецензируемой книги. Опубликованные в нем обзоры можно условно разделить на три группы: принципы и техника сверхвысокого спектрального разрешения (гл. 1—4, 8), методы высокого временного разрешения (гл. 5—7) и применение техники спектроскопии сверхвысокого разрешения в различных областях науки: астрономии, химии, биологии (гл. 9—11). В последней, гл. 12 рассмотрены современные технические средства обработки спектроскопической информации. В самом конце книги представлена в сокращенном виде дискуссия, состоявшаяся в заключительный день симпозиума.

Книга широко охватывает известные в настоящее время идеи и методы спектроскопии сверхвысокого разрешения. Она, несомненно, интересна для специалистов, работающих в области лазерной спектроскопии, и для тех, кто только начинает свою работу. Из названия не ясно, что книга почти полностью посвящена эксперименту, теоретических работ в ней не содержится. Без ущерба для строгости рассмотрения физических явлений, обсуждение ведется простым и понятным языком; авторы везде сумели обойтись без громоздких математических выкладок. Иллюстративного же материала содержится много, в частности, приводится большое количество графиков, что существенно облегчает восприятие содержания книги.

Первая глава, «Атомная спектроскопия высокого разрешения с применением перестраиваемых лазеров» (П. Жакино. Франция), содержит беглый обзор современных методов атомной спектроскопии и с помощью наглядной диаграммы, сопоставляет между собой их возможности. Под термином «спектроскопии высокого разрешения» в данном случае понимаются методы, исключаящие влияние неоднородного уширения спектральных линий, например, спектроскопия внутри доплеровского контура.

Спектроскопии инфракрасного диапазона посвящены две главы книги: глава вторая (С. Д. Смит, Шотландия) и четвертая (А. Мурадиан, США). Во второй главе обсуждается работа комбинационного полупроводникового лазера с переворачиванием спина, здесь же описан инфракрасный спектрометр с разрешением $0,01 \text{ см}^{-1}$, построенный на основе такого лазера. Четвертая глава дополняет вторую: здесь обсуждаются технологические особенности перестраиваемых инфракрасных лазеров высокого разрешения, параметрических генераторов и устройств, основанных на нелинейном смещении частот. Большое количество фактического материала и ссылок делает эти главы полезными для исследователей, работающих в области спектроскопии инфракрасного диапазона.

Третья глава, посвященная корреляционной спектроскопии фотонов, написана Э. Р. Пайком (Англия). Изложение начинается с весьма общих идей, касающихся квантовой теории света и принципов действия оптических приемников, благодаря чему эта часть книги может быть полезна не только специалистам в этой области, но и тем, кто хочет впервые познакомиться с основными принципами этого мощного метода исследования корреляционных функций и их разнообразных применений. Обсуждаются методы измерения функций корреляции второго порядка. Во второй части главы приводятся экспериментальные результаты, демонстрирующие различные практические применения описанных методов: от специальных физических исследований до заводских измерительных установок. Почти весь используемый в статье материал взят из работ автора и его сотрудников, и поэтому широта охвата вопроса не вполне соответствует названию статьи.

Огромное число значительных и интересных процессов, таких как взаимодействие атомов, молекул и ионов между собой, их взаимодействие с электромагнитным полем и т. п., описывается характерным временем порядка нескольких пикосекунд или долей пикосекунд. Поэтому способы получения, измерения и применения световых импульсов длительностью в несколько пикосекунд представляют большой интерес для самых разнообразных исследователей. Именно о таких способах и пойдет речь в двух следующих главах рецензируемой книги.

В пятой главе книги Д. Дж. Брэдли (Англия) описывает в общих чертах конструкцию и качественно объясняет принцип работы пикосекундного лазера на красителе, а затем рассматривает вопросы измерения длительности импульса такого лазера и применения для этой цели электронно-оптического преобразователя или фотохронографа. Обсуждаются некоторые усовершенствования, которые позволили достичь разрешение фотохронографа до $0,5 \text{ пс}$. Приводятся интересные экспериментальные результаты, в частности, временная картина формирования пикосекундного импульса по мере его возвратно-поступательного движения в резонаторе лазера на красителе. Описана схема установки для рентгеновского изучения быстротекущих процессов в лазерной плазме. В. Кайзер (ФРГ) в главе «Изучение взаимодействия с помощью ультракоротких импульсов» (гл. 6) излагает результаты ряда работ, выполненных в лабораториях Мюнхенского Технического университета. Обсуждается применение параметрической генерации в кристалле ниобата лития для получения перестраиваемого по частоте инфракрасного излучения в нужной области спектра. С помощью такого источника исследовались некоторые процессы взаимодействия излучения с веществом, в частности, процесс рассеяния света в конденсированных средах изучался с точки зрения когерентного возбуждения молекул активного тела. Оригинальная методика позволила достичь временное разрешение до $0,5 \text{ пс}$. Результаты исследований подробно обсуждаются во второй части главы.

Обсуждения когерентных процессов возбуждения и девозбуждения молекул в лазерном поле посвящена седьмая глава книги «Когерентная оптическая спектроскопия», написанная Р. Ж. Брюэром (США). Начав исследования в 1971 г., автор и его коллеги достигли заметного прогресса в этой области. Благодаря разработанной ими методике введения и выведения молекул газа из резонанса под действием электрического поля (штарк-эффект) стало возможным легко наблюдать практически все известные теперь эффекты, связанные с когерентным возбуждением молекул в лазерном поле. Особое внимание в статье уделено эффекту «фотонного эха», что, по-видимому, объясняется интересами автора. Теория явления дается очень кратко, приводятся основные результаты. Все изложение опирается на экспериментальный материал из оригинальных статей автора и его сотрудников. Глава будет полезна и для первого знакомства с этой областью спектроскопии.

О принципах получения лазерного излучения в вакуумном ультрафиолете и мягкой рентгеновской области спектра пишет в восьмой главе С. Е. Харрис (США). Обсуждается серия удачных экспериментов по генерации оптических гармоник и смешению частот, проведенных за последние несколько лет в Стэнфордском университете. Экспериментальные результаты по получению новых частот сведены в диаграмму, демонстрирующую степень «освоения» далекой ультрафиолетовой области спектра. В конце главы обсуждается новый нелинейный процесс, основанный на ван-дер-ваальсовом взаимодействии при столкновении молекул. Последний, по-видимому, может оказаться полезным для генерации коротких волн.

В большей степени, чем все предыдущие главы характер обзора имеет девятая глава книги «Астрономическая спектроскопия высокого разрешения в области от трех микрон до трех миллиметров», написанная Ч. Таунсом (США). В ней обсуждаются новые для астрономии способы наблюдения с применением мазеров и методом гетеродинамирования, а также экспериментальные результаты, полученные в работах американских исследователей. Рассматриваемые методы позволяют наблюдать астрономические объекты с высоким спектральным и пространственным разрешением: в области 10 мкм достигнута разрешающая сила $3 \cdot 10^7$ и пространственное разрешение до малых долей угловой секунды.

Две следующие главы книг — «Изучение строения молекул методами фотоэлектронной спектроскопии» (гл. 10) и «Спектроскопия внутри клетки» (гл. 11) — несколько выпадают из общего построения книги по причине своей более глубокой специализации.

В гл. 12 совершается небольшая экскурсия в мир компьютеров: рассматриваются вычислительные задачи, возникающие в практике спектроскопических исследований, обсуждаются некоторые «самоделные» и промышленные системы «компьютер — измерительный инструмент» и их параметры (быстродействие, стоимость и др.). Приводится схема разработанной автором универсальной многоканальной компьютерной системы. В этой же главе отмечены некоторые принципиально новые возможности, открытые теперь для спектроскопистов благодаря применению быстродействующих ЭВМ. Глава представляется очень ценной также для знакомства с высоким уровнем автоматизации современного физического эксперимента.

Интересный конспект заключительной дискуссии, включающий выступления большинства из присутствующих на симпозиуме, существенно дополняет и объединяет всю книгу.

Завершается книга выступлениями четырех видных физиков Г. Томпсона, Д. Брэдли, Ч. Таунса и Б. Чанса, собранными воедино под заголовком «Куда же мы теперь идем?»

А. А. Иогансен