

а также на сфокусированных лазерными пучками неоднородностях среды.

Гетеродинные методы исследования формы линий рассеяния привели к разработке важного в практич. отношении доплеровского метода измерения скоростей потоков жидкостей и газов. В спектроскопии КР была на неск. порядков повышена чувствительность, что позволило снимать спектры КР в газах низкого давления, и заметно снижено мин. кол-во вещества, необходимое для проведения анализов. Наиб. важные направления нелинейной спектроскопии рассеяния света связаны с методами *активной лазерной спектроскопии* КР, напр. антистоксова и стоксова спектроскопии вынужденного рассеяния Манделштама — Бриллюэна. Благодаря методам нелинейной спектроскопии рассеяния была получена информация, недоступная традиционным методам. Напр., была развита спектроскопия сверхвысокого разрешения КР в газах и криогенных жидкостях, развиты методы КР молекул, адсорбированных на поверхности, и пр., существенно расширены возможности оптич. исследований полупроводников и кристаллов (рис. 2).

Спектроскопия пикосекундных импульсов использует мощные импульсы света длительностью $\sim 10^{-10} - 10^{-13}$ с в сочетании с др. методами спектроскопии (КР, насыщенного поглощения и пр.), что позволяет исследовать очень быстрые релаксационные процессы в конденсированных средах. Осуществлены прямые измерения времён жизни возбуждённых состояний в конденсированных средах, определены каналы распада энергии и передачи возбуждения между разл. состояниями, что особенно важно в биофизич. исследованиях и при изучении динамики столкновения частиц.

Воздействие мощного лазерного излучения на поверхность металлов и полупроводников приводит к ряду новых нелинейно-оптич. эффектов и соответственно к нелинейно-оптич. диагностике. В приповерхностных слоях металлов, полупроводников и диэлектриков возбуждаются сильно неравновесные состояния, резко возрастает оптич. восприимчивость среды. При отражении света от шероховатых поверхностей усиливаются такие нелинейно-оптич. взаимодействия, как генерация гармоник и суммарных частот. Измерены времена релаксации элементарных возбуждений в твёрдых телах (поляритонах, оптич. фононах и др.). Лазерное излучение может возбуждать на поверхности акустич. волны (см. *Поверхностные акустические волны*), что лежит в основе нового направления — оптико-акустич. спектроскопии твёрдого тела.

Техника лазерной спектроскопии

Широкие возможности в исследовании самых различных объектов могут быть реализованы при использовании лазеров с перестраиваемой частотой. Располагая неск. лазерами УФ-, видимого и ИК-диапазонов на фиксированных частотах, с помощью методов резонансного и нерезонансного нелинейного взаимодействия можно преобразовать их частоты в довольно широких пределах. В настоящее время (1986) лазеры перекрывают спектральный диапазон от 0,1 до 100 мкм, они могут работать в непрерывном и импульсном режимах, имеют разные мощности и обладают разл. параметрами. Это могут быть лазеры на красителях, на активированных кристаллах, на кристаллах с центрами окраски, полупроводниковые лазеры, газовые лазеры высокого давления, лазеры с переворотом спина. В большинстве из них перестройка осуществляется в пределах ширины линии усиления, где возможна генерация. Так, в полупроводниковых лазерах на основе диода температурная перестройка длины волны осуществляется в диапазоне 0,2–0,5 мкм, рабочий диапазон 0,6–2 мкм при мощности лазера 1–20 мВт, ширина линии генерации 1 кГц. Лазерные диоды на основе свинца перекрывают диапазон 3–15 мкм. Применяются методы, в основе к-рых лежит смещение частот в мате-

риалах с нелинейным показателем преломления, а также нелинейные преобразования частот.

Лазер с перестраиваемой частотой и регистрирующей системой является принципиально новым *монохроматором*. Абс. измерения длин волн генерации осуществляются с помощью спец. устройства (λ -метра), в к-ром сравниваются длины волн лазера и эталона (как правило, им является стабилизированный He-Ne-лазер) с помощью *интерферометров* Майкельсона, Фабри — Перо, пластинки Физо. Относит. точность измерения при этом $\sim 10^{-7} - 10^{-8}$, она достаточна для спектральных исследований жидкостей и твёрдых тел и недостаточна для спектроскопии сверхвысокого разрешения. Частота перестраиваемого лазера здесь измеряется гетеродинным методом относительно опорного стабилизированного лазера, частота к-рого известна. Диапазон частотных измерений определяется быстродействием фотоприёмника и может быть $\sim 10^{12}$ в видимой и в ИК-областях спектра. Использование методов измерения абс. частот генерации лазеров в спектроскопии позволяет измерять частоты переходов с относительной точностью $\sim 10^{-11}$.

Развитие техники наносекундных, пикосекундных и субпикосекундных световых импульсов привело к резкому увеличению временного разрешения измерений в Л. с. Управляя излучением импульсных твердотельных лазеров (самосинхронизацией мод нелинейным поглотителем), можно получить излучение в виде цуга неск. десятков очень коротких импульсов длительностью $\sim 10^{-12} - 10^{-18}$ с и пиковой мощностью $\sim 10^8 - 10^9$ Вт. На основе этих работ и была создана спектроскопия пикосекундных импульсов.

Резкое повышение чувствительности методов Л. с. позволило регистрировать спектральные линии по наблюдению изменения характеристик излучения при его взаимодействии со средой (по изменению интенсивности, поляризации и фазы излучения, а также по поглощённой энергии). Наибольшей чувствительностью обладают методы, основанные на регистрации поглощённой энергии. В видимой области спектра очень эффективно наблюдение *флуоресценции*, дающее возможность регистрировать отд. атомы, резонансные линии к-рых лежат в видимой области спектра (Na, K и др.).

Высокая направленность и интенсивность лазерного излучения позволяет измерять малое поглощение ($\sim 10^{-6}$ см $^{-1}$). Широко применяются абсорбционные спектрометры на основе диодных лазеров (разрешение $\sim 10^{-6}$ см $^{-1}$), а также фурье-спектрометры (см. *Фурье спектроскопия*). Для повышения контрастности резонансов и исследований нелинейных явлений поглощающую среду помещают внутрь резонатора лазера (см. *Внутрирезонаторная лазерная спектроскопия*).

В ИК-области спектра применяются оптоакустич. и оптотермич. детекторы. С их помощью регистрируют поглощённую мощность $\sim 10^{-10}$ Вт. Это означает, что при мощности лазера ~ 1 Вт можно регистрировать поглощение $\sim 10^{-10}$ см $^{-1}$. Предельной чувствительностью обладают ионизационные методы регистрации поглощённой энергии, когда после поглощения света возбуждаемая частица может быть ионизована, а ионы (электроны) зарегистрированы.

Лит.: Летохов В. С., Чеботаев В. П., Принципы нелинейной лазерной спектроскопии, М., 1975; Ахманов С. А., Коротеев Н. И., Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеяния света, М., 1981; Сверхкороткие световые импульсы, под ред. С. Шапиро, пер. с англ., М., 1981.

В. П. Чеботаев.

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ — совокупность приёмов и способов обработки материалов и изделий с использованием лазеров. В Л. т. применяются *твердотельные лазеры* и *газовые лазеры*, работающие в импульсном, импульсно-периодическом и непрерывном режимах. Осн. операции связаны с тепловым действием лазерного излучения. Для управления световым потоком (повышения интенсивности и локализации воздействия) применяются оптич. системы. Преимущества Л. т. —