

зера с широкой спектральной полосой генерации. (Др. методы лазерной спектроскопии используют узкополосные лазеры.) В традиционной абсорбц. спектроскопии для изучения спектра поглощения вещества свет от внеш. широкополосного источника интенсивностью $I_0(\omega)$ (где ω — частота излучения) пропускают через слой поглощающего вещества. Прошедший свет оказывается ослабленным в соответствии с *Бугера — Ламберта — Бера законом* тем больше, чем выше показатель поглощения исследуемого вещества $k(\omega)$. Для исследования слабого поглощения необходимо увеличивать оптич. длину пути l ; с этой целью применяют многоходовые оптич. кюветы, в к-рых свет, отражаясь от торцовых зеркал, многократно проходит через исследуемое вещество. Число таких проходов ограничено потерями света при отражении от зеркал.

В методе В. л. с. эти потери компенсируются усилением в активной среде, т. е., по существу, роль многоходовой кюветы играет *резонатор* лазера. При стационарной генерации из-за конкуренции процессов накачки и *вынужденного излучения* усиление в активном элементе с точностью до влияния спонтанного излучения оказывается равным потерям резонатора. Однако это равенство выполняется не для каждой конкретной частоты, а для усреднённых (в пределах однородно уширенного контура усиления активной среды) потерь и усиления. Т. о. оказываются скомпенсированными широкополосные потери на зеркалах резонатора. Если линии поглощения вещества узки по сравнению с величиной однородного уширения контура усиления активной среды лазера, то поглощение не компенсируется усилением и проявляется в спектре генерации лазера.

В стационарном режиме в области, где отсутствует поглощение, интенсивность генерации $I(\omega, t)$ остаётся постоянной, а на частоте линии поглощения она изменяется по закону:

$$I(\omega, t) = I_0(\omega) \exp[-k(\omega)ct]. \quad (*)$$

Выражение (*) аналогично закону Бугера — Ламберта — Бера, а величина эфф. оптич. пути l определяется произведением скорости света c на длительность t импульса генерации лазера в окрестности исследуемой линии поглощения. При длительности импульса 10^{-2} с l достигает $3 \cdot 10^8$ см, что позволяет обнаруживать поглощение $\sim 10^{-9}$ см $^{-1}$, т. е. примеси атомов с концентрацией до 10^4 атомов/см 3 . Принципиальное ограничение роста чувствительности приборов, основанных на методе В. с., с ростом длительности импульса генерации возникает вследствие неточной компенсации широкополосных потерь из-за спонтанного излучения. Теоретич. оценки показывают, что предельный уровень чувствительности, ограниченный влиянием спонтанного излучения, должен быть $\sim 10^{-12}$ см $^{-1}$. Реально чувствительность определяется либо длительностью импульса (при использовании импульсных лазеров), либо техн. нестабильностями, прерывающими генерацию или изменяющими её спектр (для непрерывного лазера). Достигнутая экспериментально чувствительность составляет $\sim 10^{-9}$ см $^{-1}$ (что соответствует толщине поглощающего слоя $\sim 10^9$ см) и позволяет обнаруживать по спектру поглощения примеси атомов с концентрацией до 10^4 атомов/см 3 .

В методе В. с. применяются любые широкополосные лазеры — на органич. красителях, органич. стёклах, кристаллах, активированных редкоземельными элементами, лазеры на центрах окраски в щёлочно-галогенидных кристаллах и т. д. Эти лазеры позволили перекрыть весь видимый и ближний ИК- (до 3 мкм) диапазон.

Метод В. л. с. находит применение для исследования спектров поглощения газов, исследования малых примесей, загрязняющих атмосферу, высоковольтных состояний атомов и молекул, моделирования оптич. свойств больших толщин газов, напр. атмосфер больших планет, исследования процессов в плазме и кине-

тики хим. реакций, для поиска новых активных сред лазеров и т. д.

Лит.: Баев В. М. и др., Внутриврезонаторная спектроскопия с использованием лазеров непрерывного и квазинепрерывного действия, «ЖЭТФ», 1978, т. 74, с. 43; Бураков В. С., Развитие метода внутриврезонаторной лазерной спектроскопии, «Ж. прикл. спектроскопии», 1981, т. 35, с. 223; Лукьяненко С. Ф., Макогон М. М., Сирица Л. П., Внутриврезонаторная лазерная спектроскопия, Новосибир., 1985.

О. А. Свириденко.

ВОДА — простейшее устойчивое хим. соединение водорода и кислорода (окись водорода — H_2O), при нормальных условиях — бесцветная (голубоватая в толстых слоях) прозрачная жидкость без запаха. Одно из самых распространённых соединений в природе, играющее исключительно важную роль в процессах, происходящих на Земле. Молекулы В. зарегистрированы также в межзвёздном пространстве, она входит в состав комет, больших планет Солнечной системы и их спутников, обнаружена на Марсе и Венере.

Известно 3 изотопа водорода (1H — протий; 2H , или D , — дейтерий; 3H , или T , — тритий) и 6 изотопов кислорода (^{16}O , ^{15}O , ^{17}O , ^{18}O и ^{19}O), так что существует большое кол-во изотопных разновидностей молекул В. В природной В. на 10^6 атомов H приходится 15 атомов 2H , а на 10^4 атомов ^{16}O — 20 атомов ^{18}O и 4 атома ^{17}O . Остальные изотопы H и O радиоактивны. Свойства т. н. тяжёлой воды D_2O (др. «тяжёлые» изотопные разновидности молекул В. обычно к этому термину не относят) сильно отличаются от свойств природной В. (см. ниже). Тяжёлая В. применяется в промышленности, технике и научных исследованиях. Наряду с тяжёлой В. в физ., хим. и биол. экспериментах используется В., содержащая T , ^{18}O и ^{17}O (в частности, в колебательной и ЯМР-спектроскопии, нейтронографии и др.). Свойства В., содержащей тяжёлые изотопы O , не так резко, как для D_2O , отличаются от свойств обычной В. Молекула В. представляет собой равнобедренный треугольник с ядрами O и H в вершинах. Ниже приведены некоторые характеристики молекулы В. (в основном состоянии):

Молекулярная масса . . .	18,01
Межатомное расстояние $O-H$	0,0957 нм
Валентный угол $H-O-H$	104,5°
Моменты инерции	
I_x	$2,938 \cdot 10^{-40}$ г·см 2
I_y	$1,919 \cdot 10^{-40}$ г·см 2
I_z	$1,022 \cdot 10^{-40}$ г·см 2
Дипольный момент	1,855 Д
Ср. электр. квадрупольный момент	$5,6 \cdot 10^{-28}$ ед. СГСЭ
Энергия ионизации	12,6 эВ
Средство к протону	7,1 эВ

Физические свойства воды. В. может существовать в твёрдом (лёд), жидком и газообразном состояниях. Области существования разл. фаз В. показаны на диаграмме (рис. 1). Физ. свойства В. своеобразны. Так, при атм. давлении плавление льда В. сопровождается уменьшением объёма на 9% (рис. 2); коэф. термич. расширения льда (модификации I_h , см. ниже) в интервале 0—63 К и жидкой В. до 3,98 °С отрицателен (рис. 3). Теплоёмкость c_p жидкой В. почти вдвое выше, чем твёрдой и газообразной, и в интервале темп-р 0—100 °С почти не зависит от темп-ры (имеется очень пологий минимум при 35 °С). Минимум изотермич. сжимаемости наблюдается при 46 °С (рис. 4). Не совсем обычна зависимость вязкости жидкой В. от давления: в области сравнительно низких давлений при темп-рах до 30 °С вязкость с ростом давления уменьшается. Молекула В. — полярная, и жидкая В., и лёд являются диэлектриками. В. диамагнитна. Свойства В. зависят от её изотопного состава. Так, давление пара D_2O при 20 °С на 13% ниже, чем пара H_2O ; при 222 °С значение давлений для них одинаковы, а при более высоких темп-рах давление пара D_2O выше, чем для H_2O . Ниже приведены значения нек-рых физ. величин для обычной и тяжёлой В. в газообразном, жидком и твёрдом (лёд I_h) состояниях при атм. давлении (кроме критич. параметров):