

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов А. Ф., Дерюгин Л. Н., Комоцкий В. А. Явления при дифракции оптической волны с движущейся пространственной фазовой модуляцией на фазовых стационарных решетках // Оптика и спектроскопия.— 1980.— 49, № 1.
2. Бессонов А. Ф., Дерюгин Л. Н., Комоцкий В. А. Оптическое зондирование поверхностных акустических волн в присутствии стационарной периодической решетки // Там же.— № 2.
3. Komotskii V. A., Black T. D. Analysis and application of stationary reference grating method for optical detection of surface acoustic waves // J. Appl. Phys.— 1981.— 52, N 1.— P. 129.
4. Бессонов А. Ф., Дерюгин Л. Н., Комоцкий В. А. Измерение фазовых распределений поверхностных акустических волн методом оптического зондирования с опорой дифракционной решеткой // Автометрия.— 1982.— № 5.
5. Bessonov A. F., Black T. D., Deryugin L. N. et al. Theory, experimental realization and applications of SAW optical probing with diffractive reference gratings // Proc. of the Internat. Symposium Surface Waves in Solids and Layered Structures.— Novosibirsk, USSR, 1986.— V. II.— P. 202.

Поступило в редакцию 26 июня 1987 г.

УДК 621.378.3

С. Г. СТРУЦ, М. Ф. СТУПАК
(Новосибирск)

ВНУТРИРЕЗОНАТОРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ОБЛАСТИ 694,3 НМ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЯМЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методы внутрирезонаторной спектроскопии с использованием твердотельных лазеров позволили с высоким разрешением зарегистрировать в исследуемых веществах слабые пики поглощения в областях линий люминесценции неодимовых стекол [1—3] и кристаллов рубина [4, 5]. Однако получение детальной зависимости поглощения исследуемого вещества от длины волны требует усложнения экспериментальной установки (скоростная регистрация спектра, использование многопроходной камеры внутри резонатора, сканирование частоты генерации) [3, 5].

В настоящей работе приведены результаты исследования возможностей одного из способов внутрирезонаторного выявления такой зависимости в области длины волны генерации лазера на рубине без прямой регистрации спектра. Данный способ основывается на факте пропорциональной зависимости пороговой энергии накачки от линейных потерь. В резонатор рубинового лазера, работающего в режиме свободной генерации, вводится исследуемое вещество. Внутри резонатора полностью устраняется паразитная селекция. Затем измеряется пороговый уровень накачки для различных значений температур жидкости, охлаждающей активный элемент. Разным температурам соответствуют различные длины волн генерации, так как при изменении температуры смещается длина волны максимума линии усиления рубина. Полученный график зависимости потерь от температуры «холодного» (термически уравновешенного с охлаждающей жидкостью) рубина пересчитывается в зависимость коэффициента поглощения исследуемого вещества от длины волны. Этот пересчет выполняется с помощью калибровки и с учетом монотонного уменьшения сечения лазерного перехода при увеличении температуры рубинового стержня. Несмотря на простоту идеи, реализация данного способа возможна при выполнении определенных условий. Во-первых, нужна большая точность в измерении температуры охлаждающей жидкости и энергии накачки, стабильность их от импульса к импульсу. Во-вторых, необходима узкая линия генерации, что в отсутствие частотной селекции в резонаторе для припорогового режима возможно только при использовании высококачественного рубинового стержня и конструкции лазерной головки, обеспечивающей равномерную инверсную населенность активного элемента. Все это сводит к минимуму такие искажающие результат факторы, как уплощение контура усиления и, следовательно, уширение спектра и «затягивание» частоты генерации к центру контура, наличие неконтролируемой тепловой линзы внутри резонатора, неравномерное изменение длины активного элемента по сечению, меняющее, наряду с тепловой линзой, параметры резонатора. Температура рубина в момент генерации отличается от температуры охлаждающей жидкости из-за нагрева его излучением накачки. С ростом энергии накачки такое различие увеличивается. Измерение высоких уровней поглощения в исследуемом веществе связано с большими вариациями величины накачки при регистрации максимумов и минимумов

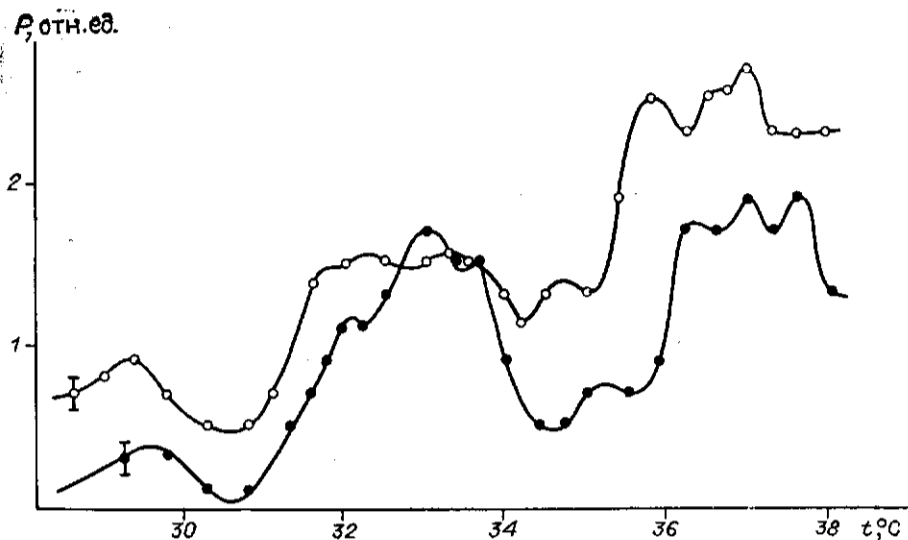


Рис. 1. Температурная зависимость пороговой энергии накачки для двух участков сечения рубина:
 ● — в центре сечения, ○ — на 1,5 мм выше оси (осветительная лампа расположена ниже активного элемента)

мов поглощения. Поэтому данный способ наиболее приемлем для регистрации слабых уровней поглощения в веществах: в этом случае диапазон варьирования энергии накачки не превышает 10% и зависимость температуры активного элемента в момент генерации от энергии накачки можно пренебречь (в используемых нами лазерных головках изменение энергии накачки на 1% приводило к смещению центра линии люминесценции меньше чем на $0,001 \text{ см}^{-1}$). Таким образом, данным способом можно получать достоверную информацию о контуре линии поглощения внутрирезонаторного газа. Наименьшую погрешность при использовании рассматриваемого метода будут иметь данные, найденные при сканировании слабых пиков поглощения с шириной, сравнимой или большей ширины линии усиления. Чувствительность в этом случае будет существенно меньше по сравнению с разработанными методами внутрирезонаторной спектроскопии, поскольку она определяется точностью измерения пороговой энергии накачки.

Перечисленные требования были учтены при постановке эксперимента. Установка представляла собой обычный импульсный лазер с плоским неселективным резонатором длиной 1 м, внутри которого помещались рубиновый стержень типа РЛ2Б $\varnothing 8 \times 120/180$ с углом рассеяния коллимированного луча не более $2'$ и диафрагма, диаметр которой варьировался в зависимости от условий эксперимента. Погрешность измерения и нестабильность пороговой энергии накачки не превышали в сумме 1,5%. Температура воды, охлаждающей рубин, фиксировалась с точностью $0,1^\circ\text{C}$ и варьировалась с помощью жидкостного термостата от 11 до 40°C (соответствующий диапазон изменения длин волн составлял $0,19 \text{ нм}$). Рубиновый стержень помещался в одноламповую головку (использовалась лампа марки ИФП-1200) плотной упаковки с диффузным отражателем, сформированным из порошка окиси магния. Исследование работы такой головки показало преимущества диффузного отражателя над зеркальным: выявленная неравномерность пороговой энергии накачки по сечению рубина оказалась на уровне погрешности измерения энергии накачки. В силу этого, а также из-за малых термических искажений стержня генерация при пороговой накачке без диафрагмы в резонаторе охватывала практически все сечение активного элемента. Факт генерации вблизи порога устанавливался визуально по паличку в осциллограмме выходного излучения только одного пика. Ширина спектра генерации при пороге не превышала $0,01 \text{ см}^{-1}$.

Для апробации работы такого лазера в схеме внутрирезонаторной спектроскопии в качестве поглощающего вещества выбирались пары воды в естественной атмосфере (температура 20°C , относительная влажность 60%, давление 10^5 Па). В исследуемом диапазоне длин волн атмосферные пары имеют три широких пика поглощения [6], причем известно, что последний из них (длинноволновый) обладает тонкой структурой [4]. При использовании внутри резонатора диафрагмы диаметром 1 мм найдена зависимость пороговой энергии накачки P от температуры, задаваемой термостатом, в диапазоне $29-38^\circ\text{C}$ для двух соседних участков сечения рубина (рис. 1). Как видно из рис. 1, данная зависимость содержит ряд максимумов, что указывает на существование структуры в спектре поглощения паров воды. Аналогичная структура наблюдалась и при использовании диафрагмы больших размеров. Сравнение наших результатов с [4] могло бы дать возможность измерения абсолютного значения температуры различных участков сечения рубина в

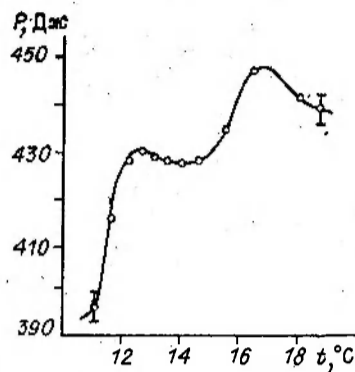


Рис. 2. Температурная зависимость пороговой накачки в области 11—19 °С

момент генерации и соответственно приращения температуры от нагрева его излучением накачки. Однако зафиксированные в наших экспериментах пики поглощения атмосферных паров воды мы не смогли полностью идентифицировать с результатами [4]. Это, возможно, связано с тем, что в настоящем эксперименте использовалась естественная атмосфера, тогда как в [4] — искусственная.

По взаимному смещению максимумов поглощения, соответствующих двум соседним участкам сечения рубина, была найдена разность температур этих участков, оказавшаяся равной 0,4 °С. Аналогичное сканирование поглощения атмосферных паров воды в диапазоне 11—19 °С (рис. 2) выявило два максимума, расстояние между которыми по шкале длин волн, равное 0,022 нм, точно совпадает с результатами, приведенными в [6]. Наличие дополнительной тонкой структуры нами не зафиксировано. Сравнение с [6] показало, что разность истинной температуры рубина в момент генерации в центре его сечения и температуры, задаваемой термостатом, равна 1,5 °С. Установление этой разности позволяет находить местоположение пиков поглощения в исследуемых веществах. Отметим, что для описанной экспериментальной установки оценка величины абсолютной погрешности в измерении коэффициента поглощения дает значение 0,04 см⁻¹.

Таким образом, предварительные эксперименты показали эффективность предложенного способа внутривибрационной спектроскопии слабых уровней поглощения в области 694,3 нм, а также возможность регистрировать с его помощью параметры активного элемента лазера на рубине в момент генерации при работе в импульсном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомычева Л. А., Свириденков Э. А., Сучков А. Ф. и др. Линейчатая структура спектров генерации ОКГ с неоднородным уширением линии усиления // Письма в ЖЭТФ.— 1970.— 12, вып. 2.
2. Беликова Т. П., Свириденков Э. А., Сучков А. Ф. и др. Обнаружение слабых линий поглощения с помощью ОКГ на стекле с Nd³⁺ // ЖЭТФ.— 1972.— 62, вып. 6.
3. Беликова Т. П., Дорофеев Б. К., Свириденков Э. А., Сучков А. Ф. Измерение абсолютных значений коэффициентов поглощения методом внутривибрационной лазерной спектроскопии // Квантовая электрон.— 1975.— 2, № 6.
4. Зуев В. Е., Лопасов В. П., Макогон М. М. Исследование тонкой структуры спектра поглощения атмосферных газов методом скоростной лазерной спектроскопии // ДАН СССР.— 1971.— 199, № 5.
5. Годлевский А. П., Лопасов В. П., Лукьяненко С. Ф. Высококонтрастный лазерный (рубиновый) спектрометр высокого разрешения на основе метода селективных потерь // Квантовая электрон.— 1975.— 2, № 4.
6. Справочник по лазерам/Под ред. А. М. Прохорова.— М.: Сов. радио, 1978.— Т. 1.

Поступило в редакцию 11 марта 1988 г.

УДК 681.7.068.4

И. Д. БОГАЧЕВ, В. В. ПОНОМАРЬ, В. Л. СМЕРНОВ
(Москва)

НЕЛИНЕЙНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В ВОЛОКНАХ ИЗ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ

При исследовании волокон из халькогенидных стекол (ХС) был обнаружен пик поглощения в области 0,7 мкм [1]. Возможной причиной образования пика поглощения и минимума в области 0,6—0,68 мкм могут быть процессы фотоиндуцированного поглощения (ФИП) в волокнах, которые, как было показано в [2], приводят к изменению вида спектральной зависимости поглощения.