

03;07

Зондирование молекул водорода на лабораторном лидаре КР

© Э.И. Воронина, В.Е. Привалов, В.Г. Шеманин

С.-Петербургский политехнический университет
E-mail: VEP@peterlink.ru

Поступило в Редакцию 16 июля 2003 г.

Экспериментально изучена зависимость интенсивности комбинационного рассеяния (КР) молекулярного водорода в кювете лидаром КР в направлении назад от расстояния зондирования. Обработка результатов измерений позволила получить дифференциальное сечение КР молекул водорода на длине волны 532 nm в диапазоне расстояний зондирования до 2 m.

В настоящее время различные типы лидаров могут найти применение для мониторинга молекул газовых составляющих атмосферы.

Лидарные измерения концентрации молекулярного водорода в технологических газах различного состава вплоть до чистого водорода представляют интерес в связи с широким распространением H_2 как теплоносителя и горючего вещества [1–4]. Ранее в [3,4,5] было выполнено численное моделирование лидарных уравнений для различных типов лидаров и получено, что для обнаружения низких концентраций молекул водорода на больших расстояниях наиболее предпочтительным является лидар комбинационного рассеяния света (КР).

Поэтому целью настоящей работы является экспериментальное исследование зависимостей интенсивности КР чистого молекулярного водорода лидаром КР в направлении назад от расстояния зондирования в специальной кювете.

В лабораторном макете лидара [6] (рис. 1) с расстоянием зондирования до 8 m излучение YAG:Nd лазера с импульсами длительностью 10 ns и энергиями 10 mJ на длине волны 532 nm направлялось в специальную кювету с окнами под углом Брюстера, которая была заполнена чистым водородом.

Рассеянное назад излучение КР молекул H_2 собиралось с расстояния до 2 m телескопом типа Ньютона со сферическим зеркалом диаметром 0.4 m через специальный светофильтр с максимумом пропускания

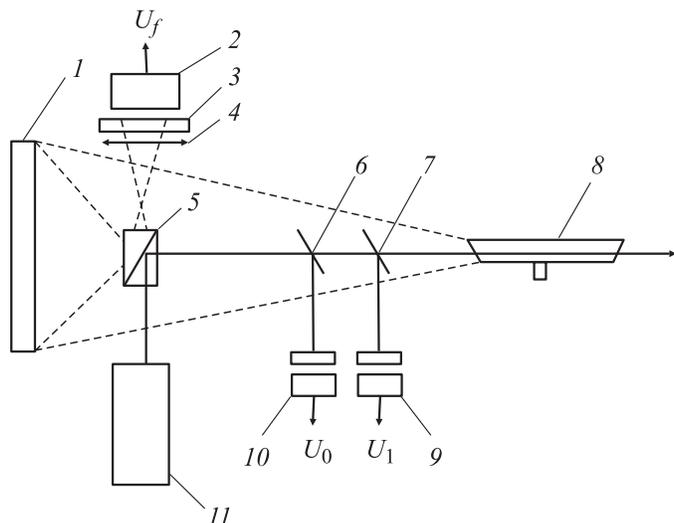


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 — сферическое зеркало, 2 — ФЭУ, 3 — интерференционный фильтр, 4 — линза, 5 — поворотная призма, 6, 7 — стеклянная пластина, 8 — кювета, 9, 10 — фотодиод, 11 — лазер.

на длине волны КР — 684 nm и полушириной 5 nm на фотокатод ФЭУ-79. Импульс напряжения с ФЭУ записывался на запоминающем осциллографе С8-14 и одновременно подавался на вход специальной микропроцессорной измерительной системы [6]. Измерения проводились многократно до 15 раз и в третьем столбце таблицы приведены средние значения.

Измеренные значения сигнала КР и импульсные значения энергии КР для различных расстояний зондирования R

R, m	U_R, V	$\Delta U_R, V$	$E(R), \mu J$
0.97	0.95	0.12	0.36
1.3	0.68	0.18	0.23
1.6	0.35	0.21	0.13

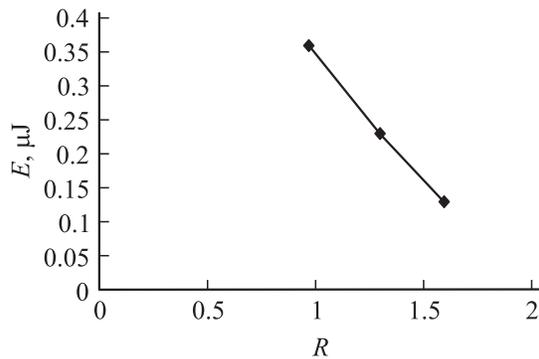


Рис. 2. График зависимости энергии импульса КР на молекулах водорода E от расстояния зондирования R .

Для перевода амплитуды сигнала КР в энергию импульса КР были выполнены калибровочные эксперименты для измерения коэффициента передачи фотоприемного модуля на ФЭУ-79. Для этой цели ослабленное калиброванными нейтральными светофильтрами НС излучение второй гармоники лазера на длине волны 532 nm направлялось на ФЭУ. Рабочий диапазон устанавливался напряжением на ФЭУ, а энергия лазерного импульса контролировалась с помощью измерителя ИМО-2М. Обработка результатов дала значение коэффициента передачи $K = 0.375 \pm 0.064 \mu\text{J/V}$. Этот результат позволил перейти от напряжения к энергии импульса КР. Эти значения энергий КР приведены в четвертом столбце таблицы.

По этим данным на рис. 2 построена зависимость энергии импульса КР на молекулах водорода от расстояния зондирования R .

Численное решение лидарного уравнения для КР типа [3] с параметрами этого лидара позволило получить значение дифференциального сечения КР $(d\sigma/d\Omega)_F$ молекул водорода при возбуждении лазерным излучением с длиной волны 532 nm. Это значение равно $(4.3 \pm 0.97) \cdot 10^{-30} \text{ cm}^2/\text{sr}$ и хорошо согласуется с данными [2] — $1.4 \cdot 10^{-30} \text{ cm}^2/\text{sr}$.

Таким образом, полученные результаты подтверждают возможность лидарного зондирования молекулярного водорода, а обработка результатов измерений позволила получить дифференциальные сечения КР

молекул водорода на длине волны 532 nm в диапазоне расстояний зондирования до 2 m.

Список литературы

- [1] Привалов В.Е., Смирнов В.Б., Шеманин В.Г. Расчет параметров лазерного дистанционного зондирования молекулярного водорода. Препринт НИИ „Российский центр лазерной физики“. С.-Петербург: СПбГУ, 1998. 20 с.
- [2] Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. М.: Мир, 1987. 550 с.
- [3] Привалов В.Е., Шеманин В.Г. // Оптика и спектроскопия. 1997. Т. 82. В. 5. С. 873–875.
- [4] Лактошкин Г.В., Привалов В.Е., Шеманин В.Г. // ЖТФ. 1998. Т. 68. В. 1. С. 20–22.
- [5] Privalov V.E., Shemanin V.G. // Proc. SPIE. 1998. V. 3403. P. 276–284.
- [6] Воронина Э.И., Привалов В.Е., Шеманин В.Г. // Оптика и спектроскопия. 2002. Т. 93. В. 4. С. 699–701.