Ξ

Главная » Оптика атмосферы и океана » 2019 (25) » Труды

XXV Международный Симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы"

30 июня - 5 июля 2019 года, Новосибирск



Труды

Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXV Международного симпозиума.

Электронный ресурс

Томск: Издательство ИОА СО РАН.

ISBN 978-5-94458-176-1 © ИОА СО РАН им. В.Е. Зуева, 2019

Содержание

- 1. Пленарные доклады
- 2. Конференция А. Молекулярная спектроскопия и атмосферные радиационные

процессы

- 3. Конференция В. Распространение излучения в атмосфере и океане
- 4. Конференция С. Исследование атмосферы и океана оптическими методами
- 5. Конференция D. Физика тропосферы

6. Конференция Е. Физика средней и верхней атмосферы

- 2002 (9)
- 2001 (8)
- 2000 (7)
- 1999 (6)

МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

ИМПУЛЬСНЫЕ ЛАЗЕРЫ НА ПЕРЕХОДАХ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

РАБОЧАЯ ГРУППА "АЭРОЗОЛИ СИБИРИ"

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЯ"

ХХУ МЕЖДУНАРОДНАЯ

конференция с

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

РАМАНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ НА ЧАСТИЦАХ: МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ФАЗОВОЙ ФУНКЦИИ ЧАСТИЦ

Волков С. Н., Самохвалов И. В., Ким Д. Х.

Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН, пл. Академика Зуева, 1, 634055, г. Томск, Россия

Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, 634050, г. Томск, Россия

Ханбат национальный университет, Тэджон, Республика Корея e-mail: snvolk@iao.ru, lidar@mail.tsu.ru, dhkim7575@hanmail.net

Ключевые слова: Рамановское рассеяние, некогерентное спонтанное рассеяние, лидарное зондирование.

Аннотация. Для корректной интерпретации результатов лидарного зондирования содержания воды в облачных средах необходимо учитывать форму и распределение водных частиц по размерам. Для решения этих задач разработана методика измерения фазовой функции Рамановского рассеяния отдельных частиц воды в лабораторных условиях. Создана и апробирована экспериментальная установка для измерения фазовой функции Рамановского рассеяния сферическими каплями жидкости.

Дистанционные методы контроля содержания воды в облачных средах основаны на измерении интенсивности Рамановского рассеянного средой лазерного излучения [1-3]. Однако, как показывают расчеты, для корректной интерпретации результатов измерений необходимо учитывать форму и распределение водных частиц по размерам.



Рисунок 1— Система координат в установке для измерения Рамановского рассеяния сферической частицей.

Для решения этих задач разработана методика измерения фазовой функции Рамановского рассеяния отдельных частиц воды в лабораторных условиях. Как показано на рисунке 1 плоскость уOz падающего (Incident) излучения и плоскость уOz рассеянного (Scattered) под

углом *θ* излучения совмещены. Падающее излучение может быть представлено относительно координатной системы в ортогональной форме

$$\mathbf{E} = E_{\Pi} \mathbf{e}_{\Pi} + E_{\perp} \mathbf{e}_{\perp} \tag{1}$$

В работе [2] показано, что падающий на частицу свет и спонтанное рассеянное излучение под углом *θ* связаны соотношением

$$\mathbf{I}_{sca} = \frac{1}{k_2^2 r^2} \,\mathbf{R}(\theta) \mathbf{I}_{inc} \,, \tag{2}$$

где $\mathbf{I}_{inc} = (I_{inc}, Q_{inc}, U_{inc}, V_{inc})^T$ это Стокс-параметр падающего света, $\mathbf{I}_{sca} = (I_{sca}, Q_{sca}, U_{sca}, V_{sca})^T$ это Стокс-параметр рассеянного света, индекс *T* обозначает операцию транспонирования, $\mathbf{R}(\theta)$ это матрица спонтанного рассеяния частицы

$$\mathbf{R}(\theta) = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & 0 & 0 \\ R_{12} & R_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{33} & R_{34} \\ 0 & 0 & -R_{34} & R_{33} \end{pmatrix}.$$
 (3)

Здесь R₁₁(θ) означает фазовую функцию Рамановского рассеяния.



Рисунок 2— Рамановский спектр жидкой воды (слева) и Рамановская линия рассеяния на молекулах воды (справа) [3]. Длина волны падающего излучения 355 нм.

Степень линейной поляризации определяется как

$$P(\theta) = -\frac{R_{12}(\theta)}{R_{11}(\theta)} \tag{4}$$

Для измерения только фазовой функции спонтанного рассеяния четверть-волновая фазовая пластина на рисунке 1 должна быть установлена под углом 45⁰. Для определения степени

линейной поляризации необходимо дополнительное измерение с полуволновой фазовой пластиной установленной под углом 45⁰.

В эксперименте необходимо учитывать, как показано на рисунке 2, различие в положении спектра Рамановского рассеяния на отдельных молекулах и каплях воды. Кроме того, в силу небольшого сечения Рамановского рассеяния, необходимо дополнительно с помощью селективного фильтра отсекать рассеяние на основной линии падающего излучения.



Рисунок 3 — Схема экспериментальной установки для измерения спонтанного рассеяния частицами. Длина волны падающего на частицу излучения 355 нм. Система управления, синхронизации и регистрации не показаны.

На рисунке 3 показана оптическая схема экспериментальной установки для измерения параметров спонтанного рассеяния отдельными частицами. Установка фазовой пластины меняет Стокс-параметр падающего излучения. Генератор капель по сигналу запуска формирует падающую каплю воды. Когда капля пересекает плоскость рассеяния уОz запускается импульс лазера. Рассеянное под измеряемым углом θ излучение проходит через два фильтра и регистрируется детектором (ФЭУ). Первый заграждающий фильтр подавляет на 5-6 порядков излучение на основной длине волны. Второй селективный фильтр пропускает спонтанное излучение рассеянное каплями жидкой воды в диапазоне от 400 нм до 406 нм. По оси падающей капли расположен шаговый двигатель. Система фильтров и фотоприемник с его помощью поворачиваются на заданный для измерения угол рассеяния по команде системы управления. Общее подавление фильтрами уровня фона оценивается в 10 – 12 порядков величины.

Генерация сферических капель производится с помощью пьезогенератора [4]. Система управления создана на базе микроконтроллера ATmega328 (Arduino Nano 3.0). На рисунке 4 показан один из апробированных на практике вариантов генератора капель. Под воздействием приложенного напряжения с генератора импульсов напряжением 50 – 100 вольт, пьезопластина механически изгибается и проталкивает воду через диафрагму формируя сферическую каплю.



Рисунок 4 — Генератор капель: 1 – разъем от генератора сигналов, 2 - вывод пузырьков воздуха, 3 - формирователь капель, 4 – подвод жидкости, 5- пьезогенератор.

Проведена апробация экспериментальной установки, включая тестирование генерации капель, запуск лазера, управление шаговым двигателем, фильтрация и регистрация сигналов. Подобраны параметры надежного функционирования экспериментальной установки.

Работа выполнена при поддержке Программы «Научный фонд Томского государственного университета им. Д.И. Менделеева» и в рамках программы II.10.3.4. "Фундаментальные проблемы оптики атмосферы, включая молекулярную спектроскопию, распространение оптических волн, атмосферную коррекцию, дистанционную диагностику окружающей среды, эволюцию оптических характеристик под воздействием природных и антропогенных факторов" Рег. № АААА-А17-117021310145-6, № 0368-2018-0009 (ФАНО).

1. *Chew H., McNulty P. J., and Kerker M.* Model for Raman and fluorescent scattering by molecules embedded in small particles// Phys. Rev., 1976, A 13, p. 396–404.

2. Volkov S.N., Samokhvalov I.V., Kim D. Raman and fluorescent scattering matrix of spherical microparticles//Applied Optics, 2011, Vol. 50, No. 21, p. 4054-4062.

3. Veselovskii I.A., Cha H. K., Kim D. H., Choi S. C., and Lee J. M. Raman lidar for the study of liquid water and water vapor in the troposphere // Appl. Phys. B,2000, Vol. 71, p. 113-117.

4. Nuyttens D., Baetens K., De Schampheleire M., Sonck B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics// Biosyst. Eng., 2007a, 97, p. 333-345.