

УДК 621.452

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ

Коростелева Ю. В., Диденко А. А.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Метод лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ) относится к методам лазерной молекулярной спектроскопии и эффективно используется в различных областях науки и техники. В частности, он позволяет измерять с высоким временным и пространственным разрешением концентрации химических компонентов и температуру газа или пламени [1, 5].

На рисунке 1, как пример, представлена схема лазерного флуориметра. Флуоресценция образца, возбужденная в оптической кювете 3, через фильтр 4 проходит во входную щель полихроматора 5. Полихроматор раскладывает это излучение в спектр и строит изображение спектра на оптоволоконном входе усилителя яркости. Усиленное изображение спектра с выходного экрана усилителя яркости переносится объективом 9 на ПЗС-матрицу приёмной камеры 10, а далее через АЦП – в память ЭВМ 11 [2].



Рис. 1. Оптическая схема установки ЛИФ [2]

Воздействие лазерного излучения определенной длины волны, настроенной на конкретные переходы, вызывает вынужденные переходы молекул с отдельного колебательно-вращательного уровня нижнего электронного состояния на определенный колебательно-вращательный уровень верхнего. Флуоресценция возникает при обратных переходах на уровни нижнего электронного состояния и может существовать в течение времени жизни активных молекул после лазерного импульса. Перестраивая длину волны возбуждающего излучения, регистрируют интенсивность ЛИФ и получают спектр, который отражает распределение населенностей исходных колебательно-вращательных уровней, форма спектра – температуру, высота линий – концентрацию химического компонента [3].

На рисунке 2 а в качестве примера, представлен спектр флуоресценции [1], а её интенсивность определяется по формуле [4]:

$$dW_{bc}^{\text{фл}} = \frac{I(\omega_1)N(a)\omega_{cb}^4 e^4}{\hbar^2 c^4} \left| \sum_{M_b} \frac{(r_{cb} e_2^*)(r_{ab} e_1)}{\omega_{ab} - \omega_1 - \frac{i\gamma_b}{2}} \right|^2 d\Omega,$$

где:  $b\gamma_b$  – естественная ширина уровня,  $dW_{bc}^{\text{фл}}$  – энергия флуоресценции,  $d\Omega$  – элемент телесного угла.

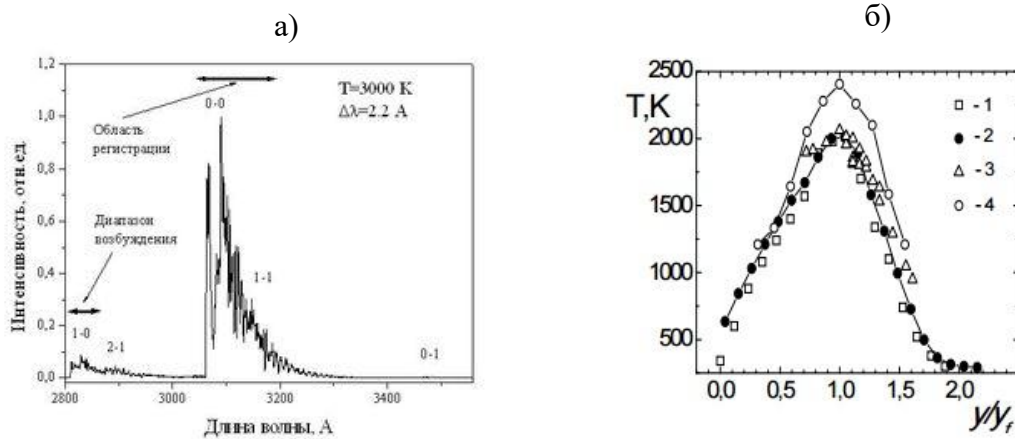


Рис. 2. а) Спектр флуоресценции радикала  $\text{OH}$ , б) температуры при горении этанола в воздушном потоке (1-3) и водорода (4) [1]

На рисунке 2 б показаны результаты измерений в пламени смеси кислорода с водородом и значения температуры, полученные методом ЛИФ [1]. Метод ЛИФ достаточно широко применяется для термометрии как ламинарных, так и турбулентных пламен, а также низкотемпературной газоразрядной плазмы [1, 3, 5]. В работах [1, 5] исследуется распределение  $\text{OH}$  в пламенах для изучения кинетики и механизмов взаимодействия турбулентности и горения [1]. Лазерно-индуцированная флуоресценция естественно образующихся в процессе горения радикалов ( $\text{OH}$ ,  $\text{CH}$ ) позволяет визуализировать мгновенное положение фронта пламени или область наибольшего тепловыделения в выбранном сечении потока.

#### Библиографический список

1. Бояршинов, Б. Ф. Измерение методом ЛИФ температуры и концентрации радикала  $\text{OH}$  при горении этанола и водорода [Текст]/ Б. Ф. Бояршинов, С. Ю. Федоров// Физика горения и взрыва. -2004. -№5. -С.16-20.
2. Ластовская, И. А. Динамика спектров лазерной индуцированной флуоресценции морской воды в процессе жизнедеятельности клеток фитопланктона [Текст]/ дисс. канд. ф-м. наук: 01.04.05: защищена: 12.11.07: утв. 24.03.08/ И. А. Ластовская. – Владивосток. -176с.
4. Полежаев, Ю. В. Законы горения [Текст]/ Ю. В.Полежаев. –М.: Энергомаш, 2004. - 352с.
5. Демтрёдер, В. Лазерная спектроскопия: Основные принципы и техника эксперимента [Текст]/ В.Демтрёдер. –М: Наука, 1985. -608с.
6. Barlow, R. S. Laser diagnostics and their interplaywith computations to understand turbulent combustion [Текст]/ R. S.Barlow// Proceedings of the Combustion Institute. -2007. -№31. -Р. 49–75.