

Перевод молекул родамина из конденсированной фазы в газовую с помощью нерезонансного лазерного излучения

А.С. Кучьянов, П.А. Чубаков, В.А. Сорокин, А.А. Аполонский*

Институт автоматики и электрометрии СО РАН

* E-Mail: apolonsky@iae.nsk.su

DOI:10.31868/RFL.2024.209-210

Впервые продемонстрирован неразрушающий перевод молекул красителя Родамин 6Ж из жидкой и твёрдой фаз в газовую фазу (ниже - экстракция) с помощью *нерезонансного* импульсного лазерного излучения (метод LINE – laser induced nonresonant extraction). Обнаружено, что экстрагированные молекулы несут электрический заряд, давая таким образом возможность их последующему перемещению в газовую ячейку спектрометра для анализа. Показано, что необходимая для экстракции энергия порогового излучения падает по мере уменьшения длительности световых импульсов. Результаты найдут применение для перевода нелетучих молекул (вплоть до белков) из биожидкостей в газовую фазу с целью а) их дальнейшей идентификации, б) определения их абсолютных концентраций, что требуется для реализации возможностей метаболомной диагностики здоровья.

Метаболомная диагностика биожидкостей человека в газовой фазе завоевывает всё большую популярность ввиду а) обнадёживающих результатов, продемонстрированных разными группами за последние 20 лет и б) своей малой инвазивности. Если лёгкие (т.н. летучие, массой менее 150 а.е.д.) молекулы могут сами выходить в газовую фазу (дыхание, headspace над объемом выделенной биожидкости), то тяжёлые молекулы вплоть до белков в настоящее время переводятся в газовую фазу либо безлазерным методом электроспрея [1], либо лазерными *резонансными* методами MALDI [2], LILBID [3], включая продемонстрированный в новосибирском Академгородке промежуточный между MALDI и LILBID метод [4]. Все они не вполне удовлетворяют требованиям исследователей из-за ненадёжности получаемых результатов, что может быть связано как с концептуальной основой методов, сложностями с пробоподготовкой, так и малым получаемым сигналом.

В данной работе экстракция молекул красителя родамина 6Ж была реализована как из твёрдой фазы, так и жидкой *нерезонансным* излучением вертикального сфокусированного экстрагирующего лазера (параметры: 1.06 мкм; 10 пс или 100 нс; 1 мДж; 1-5 Гц; 10^{13} Вт/см²; схема лазера на рис.1) [5]. Для визуализации выхода молекулы в газовую фазу пространство над образцом освещалось горизонтальным непрерывным излучением второй гармоники неодимового лазера (532 нм). При этом зелёное рассеянное излучение (правая панель рис.1) свидетельствовало о наличии экстрагированных молекул над образцом, а жёлтая люминесценция красителя свидетельствовала о их сохранности в газовой фазе (рис. 2 б). Краситель родамин 6Ж эффективно поглощает излучение 532 нм с последующей люминесценцией в области 580 нм. Характерные спектры наблюдаемой люминесценции на рис.2а иллюстрируют этот результат. Важным условием эффективной экстракции являлось появление свечения в образце в области лазерной фокусировки. Выход молекул из жидкости происходил как в виде струй, так и облаков (рис.1) По аналогии со сценариями подводных взрывов и вхождения тела в жидкость [6] с последующим выбросом воды, мы полагаем,

The diagram illustrates the optical layout of a laser lithotripter. It consists of two main sections: a pump laser (top) and a Q-switched laser (bottom). The pump laser section includes a YAG:Nd laser, a ZOM2 modulator, a KTR crystal, and a fiber optic cable. The Q-switched laser section includes a YAG:Nd laser, a Q-switch, a laser diode, and a fiber optic cable. The output of the Q-switched laser is directed to a fiber optic cable, which is connected to the laser lithotripter. The diagram also shows the control system, including a computer and a laser control unit.

А

Опт. плотность

Длина волны (нм)

жидкий родамин 6Ж

напыление родамина 6Ж

пары родамина 6Ж

Б

Литература

- [1] M. Yamashita, J. B. Fenn. *J. Phys. Chem.* **88**, 4451 (1984)
[2] M. Karas, D. Bachmann, F. Hillenkamp. *Anal. Chem.* **57**, 2935 (1985)
[3] N. Hellwig, J. Martin, N. Morgner. *Biochem. Soc. Trans.* **50**, 1057 (2022)
[4] A.K. Petrov et al. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **575**, 68 (2007)
[5] K.P. Komarov, A.S. Kuch'yanov, V.D. Ugozhayev. *Opt. Comms.* **57**, 279 (1986)
[6] В.К. Кедринский. Гидродинамика взрыва: эксперимент и модели. Новосибирск, издательство СО РАН. 2000. 435 с. ISBN 5-7692-0022-7