

УДК 537.566:621.375.826

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО ИОНИЗАЦИОННОГО СИГНАЛА

А.А. Горбатенко, Е.И. Ревина

*(кафедра лазерной химии)*

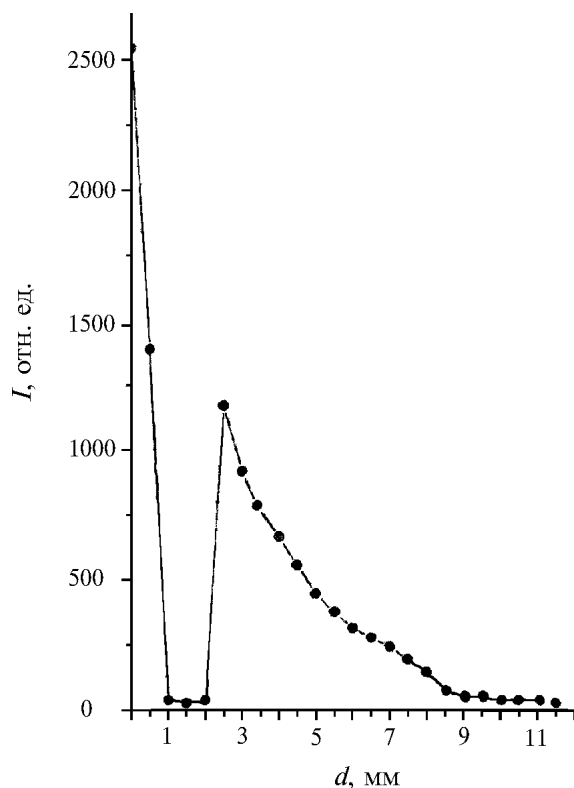
**При оптимизации условий детектирования лазерно-индуцированного ионизационного сигнала молекулы LaO в пламени было установлено наличие на расстоянии от 0,5 до 2,5 мм от охлаждаемого катода низкотемпературной зоны, в которой сигнал не детектируется, что связано с уменьшением концентрации LaO при понижении температуры вследствие образования гетерогенной фазы La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**

Метод лазерно-индуцированной молекулярно-ионизационной спектроскопии пламени позволяет определять элементы в виде молекул монооксидов [1]. Он позволяет достичь таких же пределов обнаружения трудноатомизируемых элементов, как при использовании их атомов, но в значительно более мягких условиях. Систематическое исследование механизмов и путей ионизации молекул в пламенах было проведено нами для молекул монооксидов РЗЭ [2]. Было показано, что механизм ионизации возбужденных молекул носит в основном столкновительный характер. Нами было впервые предложено [3] использовать для возбуждения молекул в пламени двухступенчатые схемы, в которых второй квант лазерного излучения переводит молекулу непосредственно в потенциал ионизации. Целью работы является найти оптимальные условия детектирования лазерно-индуцированного ионизационного сигнала молекул монооксида лантана в пламени.

Экспериментальная установка и методика получения ионизационных сигналов детально описаны ранее. Растворы, содержащие 20 мкг/мл лантана, распыляли в пламя природный газ-воздух. Для возбуждения молекул LaO использовали лазеры на красителях (ЛК) кумарин-540А (энергия импульса 0,58 мДж, длина волны 561 нм) и кумарин-47 (энергия импульса 0,64 мДж, длина волны 448 нм).

При выборе оптимального расстояния между возбуждающим лучом и катодом установлено, что прохождение луча в непосредственной близости от катода (на расстоянии менее 0,5 мм) вызывает появление интенсивного сигнала, связанного с фотоэффектом (рисунок). При увеличении расстояния свыше 0,5 мм фотоэффект исчезает, но сигнал также не наблюдается. Затем появляется селективный (т.е. связанный с наличием лантана) сигнал, практически сразу достигая максимума на расстоянии 2,5 мм от катода, после чего сигнал монотонно спадает и исчезает практически полностью на расстоянии 9 мм от катода. Первоначальное отсутствие сигнала, по-видимому, связано с существованием относительно холодной

зоны пламени в непосредственной близости от охлаждаемого катода, в которой концентрация LaO значительно уменьшается вследствие смещения равновесия в сторону образования La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Подтверждением существования такой зоны может служить наблюдение, проведенное при использовании вместо охлаждаемого катода иридиевого проволочного катода. Известно [4], что использование последнего дает увеличение амплитуды сигнала на порядок по сравнению с охлаждаемым, что обусловлено большей напряженностью электрического поля в случае проволочного катода. Однако в случае LaO такого увеличения не было отмечено. Наблюдалось образование на



Зависимость ионизационного сигнала LaO от расстояния между лазерным лучом и катодом

катоде белого налета, что, вероятнее всего, обусловлено осаждением на катоде  $\text{La}_2\text{O}_3$ . На охлаждаемом катоде осаждения оксида лантана не наблюдается. Это различие можно объяснить следующим образом. В случае проволочного катода образование гетерогенной фазы идет непосредственно на поверхности. Являясь изолятором,  $\text{La}_2\text{O}_3$  уменьшает проводимость катода, тем самым уменьшая и сигнал. В случае охлаждаемого катода гетерогенная фаза образуется непосредственно в холодной зоне пламени. Будучи уже достаточно крупными, частицы оксида не осаждаются на поверхность. Падение сигнала после достиже-

ния им максимума обусловлено падением напряженности электрического поля при удалении от катода. Следует отметить, что при лазерном возбуждении молекул, не образующих гетерогенной фазы, например молекулы  $\text{PO}[5]$ , сигнал при приближении к катоду не исчезает.

Были также установлены следующие оптимальные параметры спектрометра: напряжение на катоде 400 В, высота катода над срезом горелки 10 мм, состав пламени обогащенный, расстояние от катода до лазерного луча 2,5 мм. В этих условиях предел обнаружения лантана, рассчитанный по 3S-критерию, составил 0,1 мкг/мл.

Настоящая работа поддержана РФФИ (проекты № 99-03-32762 и № 01-03-06211).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kuzyakov Yu. Ya., Zorov N. B., Gorbatenko A. A., Beketov V. I.* // AIP Conf. Proc. 1995. **329**. P. 535.
2. *Горбатенко А.А., Бекетов В.И., Воронина Р.Д., Любомирова О.Р., Ревина Е.И.* // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2 Химия. 2001. **42**. С. 42.
3. *Gorbatenko A. A., Voronina R. D., Zorov N. B., Kuzyakov Yu. Ya., Revina E. I.* // Mend. Comm. 1998. **8**. P. 45.
4. *Зоров Н.Б., Кузяков Ю.Я., Новодворский О.А., Чаплыгин В.И.* // Химия плазмы / Ред. Б.М. Смирнов. М., 1987. **13**. С. 131.
5. *Turk G. C.* // Anal. Chem. 1991. **63**. P. 1607.

Поступила в редакцию 17.01.02