

ГЕНЕРАТОР $O_2(^1\Delta)$ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Н.Ф. Б а л а н, М.В. З а г и д у л л и н,
А.Ю. К у р о в, В.Д. Н и к о л а е в,
М.И. С в и с т у н

Получение кислорода с высоким содержанием синглетного кислорода $O_2(^1\Delta)$ в реакции хлорирования щелочного раствора перекиси водорода используется в кислородно-иодном лазере [1]. Для увеличения удельных энергетических характеристик лазера необходимо как можно более высокое давление кислорода с высоким содержанием $O_2(^1\Delta)$ $\eta \geq 50\%$. Теоретические оценки показывают, что принципиальных ограничений на возможность получения кислорода при давлениях ~ 100 мм рт. ст. с $\eta \geq 50\%$ нет [2]. Для проверки этой возможности был разработан импульсный струйный генератор синглетного кислорода (СГСК). Он представлял собой вертикально расположенную плексигласовую трубку длиной 10 см с внутренним диаметром 5 мм, которая заполнялась хлором. На верхнем срезе трубки располагался инжектор струй раствора $KOH-H_2O_2-H_2O$. Струи инжектировались вдоль оси трубки через стальные трубочки и равномерно заполняли ее поперечное сечение. Раствор перед инжектором поддерживался при атмосферном давлении и температуре ниже $-10^\circ C$. Устройство инжекции струй позволяло впрыскивать их в реактор на времена 50–200 мс. Скорость струй при их инжекции в газ с давлением $P \ll 1$ атм составляла 6–8 м/с. Регистрация $O_2(^1\Delta)$ осуществлялась по излучению $\lambda = 1.27$ мкм (переход $^1\Delta - ^3\Sigma$) с помощью германиевого фотодиода, снабженного стеклянным фильтром ИКС-6. Фотодиод располагался на расстоянии 4 см инжектора струй (вдоль оси трубки). Наблюдение осуществлялось в направлении, перпендикулярном оси трубки. Фотоотклик регистрировался на протяжении всего времени инжекции струй, причем максимум фотосигнала достигался раньше окончания инжекции струй.

На рис. 1 представлен максимальный за время инжекции струй фотоотклик \mathcal{U}_{Max} в зависимости от исходного давления хлора в реакторе. При этом с целью исследования зависимости производительности реактора от удельной поверхности контакта фаз применялись два инжектора: а) с одним центральным отверстием диаметром 0.5 мм; б) с 12 отверстиями диаметром 0.3 мм. До значений давлений хлора $P_x^0 = 20$ мм рт. ст. \mathcal{U}_{Max} сохраняет линейную зависимость от P_x^0 , т. е. $\mathcal{A}_{Max}(O_2(^1\Delta)) \propto P_x^0$ для обоих инжекторов. При этом для инжектора а) время достижения \mathcal{U}_{Max} составляло 30–40 мс, а для инжектора б) – 10–15 мс. Это свидетельствует о том, что при указанных давлениях хлора к моменту достижения \mathcal{U}_{max} достигается практически полная выработка хлора в реакторе. С другой стороны, известно, что при концентрации щелочи ~ 1 моль/л

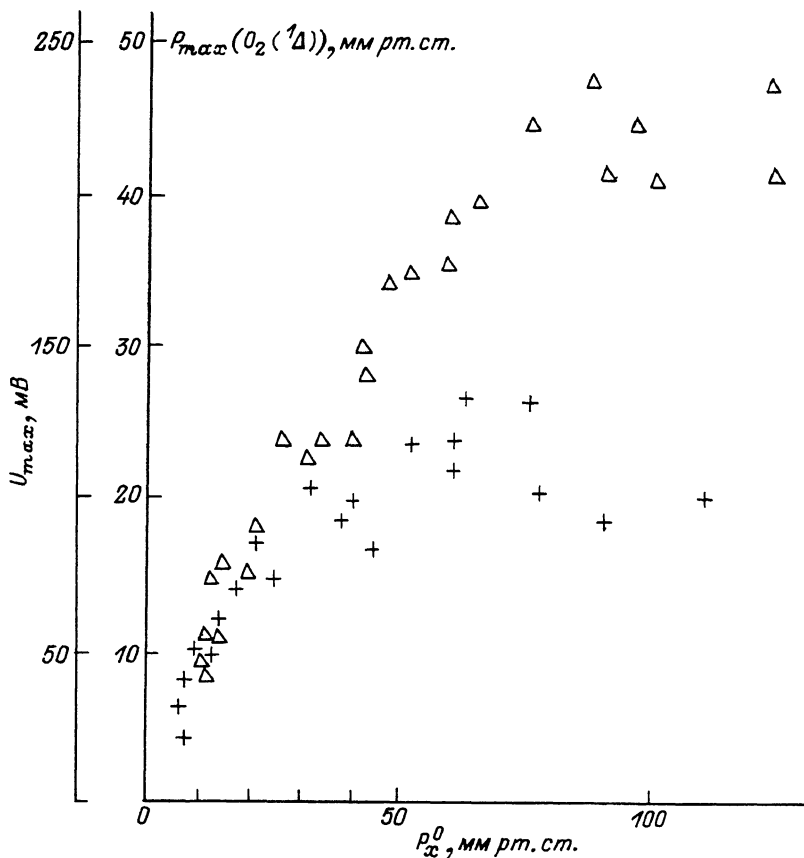


Рис. 1. Максимальная концентрация $O_2(^1\Delta)$ за время инъекции струй. Состав раствора: 5 объемов 30% H_2O_2 + 1 объем 12N KOH. а - инжектор из 1 отв. \varnothing 0.5 мм, б - инжектор из 12 отв. \varnothing 0.3 мм.

в растворе KOH- H_2O_2 - H_2O выход $O_2(^1\Delta)$ из раствора близок к 100%. [3]. После выхода $O_2(^1\Delta)$ из раствора его тушение идет главным образом в реакции $O_2(^1\Delta) + O_2(^1\Delta) \rightarrow O_2(^1\Sigma) + O_2(^3\Sigma)$ с константой скорости $2 \cdot 10^{-17}$ см³/с [4]. Нетрудно показать, что в процессе наработки $O_2(^1\Delta)$ в течение времени менее 40 мс его доля будет не ниже 90% при исходном $P_x^0 \approx \approx 10$ мм рт. ст. Это позволяет произвести абсолютную калибровку фотоприемника: 5 мв соответствуют примерно 1 мм рт. ст. $O_2(^1\Delta)$.

Из рис. 1 видно, что более высокая удельная поверхность струй раствора увеличивает предельно достижимое давление $O_2(^1\Delta)$. Это связано, во-первых, с более быстрой переработкой хлора в кислород,

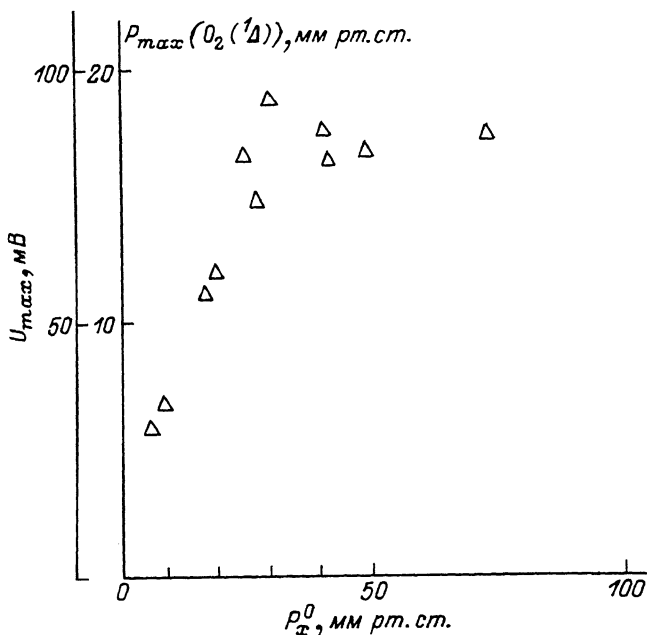


Рис. 2. Максимальная концентрация $O_2 (\Delta)$ за время инъекции струй раствора с составом 20 объемных частей 30 % H_2O_2 + 1 объемная часть 12 N KOH.

и, во-вторых, с меньшим истощением поверхности раствора ионами HO_2^- , которые ответственны за образование $O_2 (\Delta)$ [5]. Это подтверждается также результатами, полученными при использовании раствора с более низкой исходной концентрацией KOH (рис. 2). Как видно из рис. 2, до давлений $P_x^0 = 10-15$ мм рт. ст. и в этом случае достигается высокий выход $O_2 (\Delta)$. Поэтому использование СГСК, работающих с малой концентрацией KOH при низких температурах раствора, позволит достичь на выходе СГСК соотношения $H_2O/O_2 \leq 0,05$, которое необходимо для работы кислородно-иодного лазера без охлаждаемой ловушки [6].

С целью выяснения перспектив создания импульсных кислородно-иодных лазеров высокого давления $O_2 (\Delta)$ были проведены предварительные эксперименты по определению влияния C_3F_7I на образование $O_2 (\Delta)$ в СГСК. Для этого через СГСК со скоростью ≈ 10 см/с прокачивался хлор, к которому подмешивался C_3F_7I . Время контакта C_3F_7I с хлором с момента подмешивания до момента подхода смеси к зоне наблюдения было ≈ 5 с. Оказалось, что подмешивание C_3F_7I к хлору на уровне 0.01-0.1 мм рт. ст. ведет к существенному уменьшению наработки $O_2 (\Delta)$. Причем, чем выше давление хлора, тем меньше критическая величина давления C_3F_7I . Такой результат можно было бы объяснить влиянием ICI , образующегося в результате темновой реакции $Cl_2 + C_3F_7I \rightarrow$

→ $ICl + C_3F_7Cl$. Однако нам не удалось зафиксировать C_3F_7Cl с помощью газовой хроматографии даже при существенно более высоких давлениях C_3F_7I и более длительном контакте C_3F_7I с хлором в темновых условиях. Дальнейшие исследования должны выявить механизм влияния C_3F_7I на наработку $O_2(I_A)$ в СГСК.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] B e n a r d D.J., M c D e r m o t t W.E., P s h e l k i n N.R., B o u s e k R.R. // Appl. Phys. Lett. 1979. V. 34. P. 40-41.
- [2] Загидуллин М.В., Игошин В.И., Куприянов Н.Л. // Квантовая электроника. 1983. Т. 10. С. 797-802.
- [3] Y o s h i d a S., E n d o M., S a w a n a T., A m a n o S., F u j i i H., F u j i o k a T. // J. Appl. Phys. 1989. V. 65. P. 870-872.
- [4] D e r w e n t R.F., T h r u s h B.A. // Trans. Far. Soc. 1971. V. 67. P. 2036-2043.
- [5] R i c h a r d s o n R.J., V e l l e y J.D., W i s w a l l C.E. // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. P. 1066-1071.
- [6] Загидуллин М.В., Игошин В.И., Куприянов Н.Л. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. С. 516-523.

Куйбышевский филиал
Физического института
им. П.Н. Лебедева АН СССР

Поступило в Редакцию
22 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 18
12

26 сентября 1989 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОР ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ

Н.А. Т и х о м и р о в а, С.П. Ч у м а к о в а,
А.В. Г и н з б е р г, В.А. С м и р н о в

Ядерные фильтры (ЯФ) в настоящее время используются в ряде современных технологий и готовых изделий [1]. Отсутствие надежных методов дефектоскопии поверхности и визуализации пор ЯФ для оценки их распределения не позволяет в полной мере судить о качестве используемых ЯФ, что несколько сдерживает их более широкое применение. Потенциально возможная дефектность поверхности ЯФ обусловлена физико-химическими характеристиками материала