

[3] Бочоришвили Н.Ф., Введенский В.Д., Гербштейн Ю.М., Данилов О.Б., Климов В.А., Сенцов Н.Ю., Чудновский Ф.А., Шадрин Е.Б. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 10. С. 83-87.

Поступило в Редакцию
27 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 10 26 мая 1990 г.

04; 07

© 1990

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПРОПИЛЕНА НА РАБОТУ ШИРОКОАПЕРТУРНОГО CO_2 ЛАЗЕРА С ПЛАЗМЕННЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

А.В. Кислицев, И.О. Ковалев,
А.В. Кораблев, Г.П. Кузьмин,
А.М. Прохоров

В электроразрядных CO_2 лазерах с УФ преионизацией объемный разряд обеспечивается за счет ионизации естественных примесей в газовой смеси $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$. Применение в таких лазерах в качестве источника преионизации и плазменных электродов скользящего по поверхности диэлектрика разряда позволило обеспечить энергетические параметры лазеров, сравнимые с параметрами в лазерах с преионизацией пучком ускоренных электронов [1]. Как показано в работе [2], основной вклад в образование начальной концентрации фотоэлектронов в отсутствие легкоионизируемых добавок вносят примеси углеводородов, в частности пропилена (C_3H_6), которые обладают потенциалами ионизации около 10 эВ. В случае применения плазменных электродов в плазме скользящего разряда происходит образование NO , NO_2 , а также CO и O_2 . NO и NO_2 сильно электроотрицательные молекулы, поэтому их присутствие в прикатодной области уменьшает предельные энерговклады и длительность объемной фазы существования разряда, ухудшает стабильность разряда. Наиболее подробно реакции, протекающие в CO_2 лазерной смеси при наличии электрического разряда, представлены в работе [3].

Нами показано, что в случае плазменных электродов добавки пропилена в количестве 0,1-0,3 Тор в присутствии мощного электрического разряда приводят к уменьшению образования окислов азота в приэлектродной области. Это позволило в CO_2 лазере с плазменными электродами [1] успешно осуществить объемный раз-

ряд в смеси с содержанием компонент $CO_2:N_2:He$ в соотношении 1 : 1 : 3 в широком диапазоне энерговкладов (до 210 Дж/л^х хатм).

В работе [4] было исследовано влияние пропилена на работу малоапертурного CO_2 лазера с УФ предионизацией и показано, что добавление пропилена в смесь в количествах до 0.3 Тор улучшает стабильность разряда, повышает энерговклад в разряд и увеличивает ресурс работы лазера. Кроме того, отмечено, что пропилен при нормальных условиях является газом, что позволяет его непосредственно добавлять в газовую смесь.

В работах [2, 4] положительное влияние добавок пропилена на параметры лазера объясняются увеличением начальной концентрации фотоэлектронов.

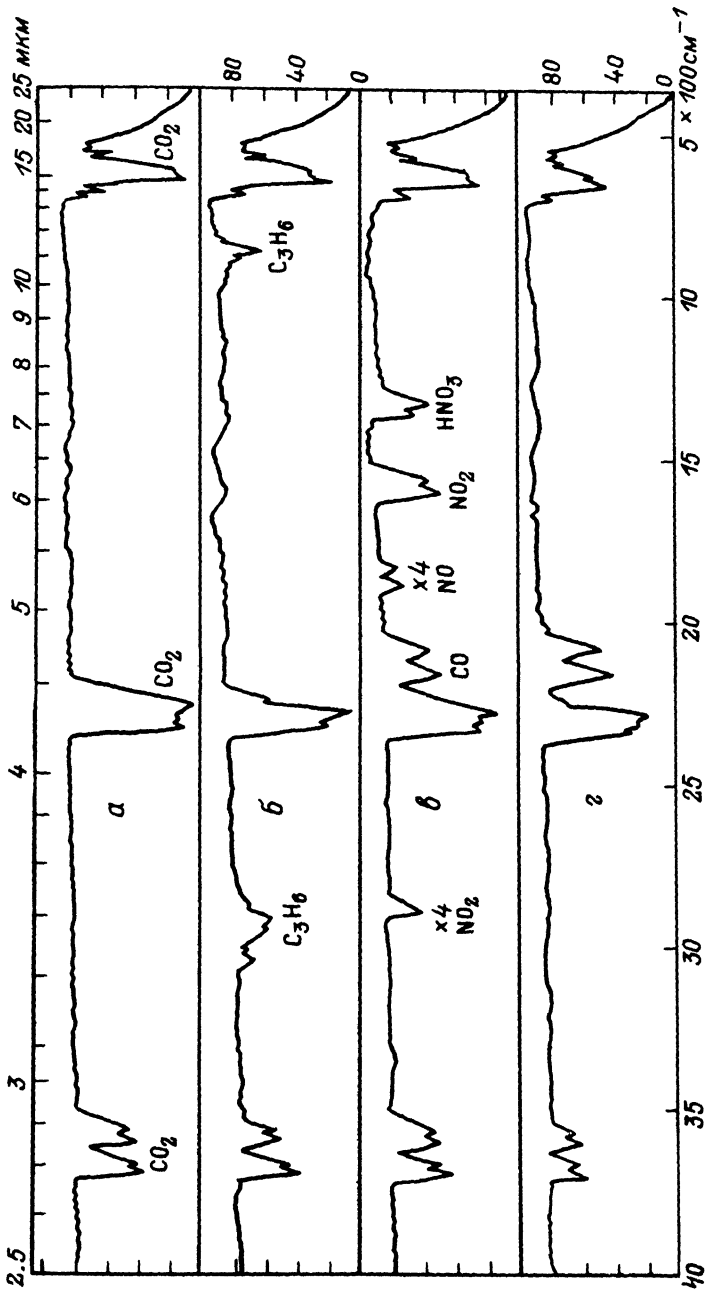
Для того, чтобы определить степень влияния добавок пропилена на образование электроотрицательных молекул в лазерной смеси при разряде мы исследовали спектры поглощения CO_2 лазерной смеси. Смесь газов напускалась в кювету из оргстекла с окнами из $NaCl$, которая помещалась в спектрофотометр *Specord*. Внутри кюветы располагалась система электродов для получения высоковольтного разряда. Длина кюветы составляла 120 мм, объем 120 см³. Исследовалась смесь $CO_2:N_2:He$ с соотношением компонент 1 : 1 : 3 при давлении 1 атм.

На рисунке, а представлен спектр поглощения смеси в диапазоне от 2.5 до 25 мкм. На спектре присутствуют только линии поглощения CO_2 и в районе 20 мкм начинается поглощение в окнах из $NaCl$. На рисунке, б представлен спектр поглощения той же смеси, но с добавками пропилена (2 Тор), который имеет поглощение в области 3.0 и 10–11 мкм.

После некоторого количества разрядов (конденсатор 5 нФ, заряженный до 25 кВ) в кювете со смесью, соответствующей рисунку, а, образуются окислы NO , NO_2 , CO , что представлено на рисунке, в. На этом же спектре присутствует пик, соответствующий наличию азотной кислоты HNO_3 , которая образуется в присутствии NO_2 и малого количества воды [5].

После такого же количества разрядов в смеси, соответствующей ситуации на рисунке, б, т.е. с добавками пропилена, в смеси происходит образование CO , а окислов азота не образуется (см. рисунок, г). При этом исчезают полосы поглощения, соответствующие пропилену, что позволяет судить о его развале.

Таким образом, добавка пропилена не только улучшает фотоионизационные характеристики смеси, но также способствует стабильности объемного разряда в случае плазменных электродов, препятствуя образованию в приэлектродных областях электроотрицательных окислов NO и NO_2 . Кроме того, при большом количестве разрядов гигроскопические окна из $NaCl$ мутнеют за счет конденсации воды, что можно объяснить тем, что в результате развала пропилена происходит связывание кислорода с образованием воды.



При добавлении пропилена в количестве $0.1-0.3$ Тор в смесь с содержанием CO_2 и N_2 от 10 до 15 % происходило заметное (в 2-3 раза) увеличение ресурса работы лазера без изменения основных характеристик (энерговклад, E/p , максимальный ток объемного разряда, длительность объемной фазы разряда, энергосъем). Без добавок пропилена на смесях с содержанием CO_2 и N_2 в количестве 20 % ($\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1 : 1 : 3$) лазер не работал, т.е. объемная фаза разряда была слаботочной и кратковременной (~ 200 нс). При добавках пропилена имел место объемный сильноточный разряд с энерговкладом до 210 Дж/л·атм при токе до 15 кА и $E/p = 12$ кВ/см·атм.

Наличие у пропилена полос поглощения в области 10-11 мкм позволяет осуществлять при достаточно большой мощности накачки режим работы лазера с насыщением поглощения, аналогичный описанному в [6] режиму работы мощного CO_2 лазера с преионизацией электронным пучком в случае добавок малого количества SF_6 . При добавлении пропилена в CO_2 лазер атмосферного давления, описанного в [1], в количестве 0.2-0.3 Тор на смеси с содержанием компонент $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ в соотношении 1 : 1 : 3 в случае нестабильного телескопического резонатора с увеличением $M = 2$ удалось получить энергию импульса более 100 Дж при длительности 50 нс по полувысоте без обычного для таких лазеров „хвоста“.

Таким образом, добавки пропилена (C_3H_6) с потенциалом ионизации 9.7 эВ в CO_2 лазерную смесь приводит к стабилизации объемного разряда за счет предотвращения образования электроотрицательных окислов азота NO и NO_2 , что особенно существенно в CO_2 лазерах с плазменными электродами.

Кроме того, добавка пропилена в мощные лазерные системы приводит к укорочению лазерного импульса.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Горковский В.П., Карлов Н.В., Ковалев И.О., Кузьмин Г.П., Ковальчук Б.М., Месяц Г.А., Прохоров А.М. // Квантовая электроника. 1984. Т. 11. № 9. С. 1867-1869.
- [2] Scott S.J. and Smith A.L.S. // Appl. Phys. 1984. В-33. P. 1-5.
- [3] Hirokazu Hokazono and Haruo Fujimoto // J. Appl. Phys. 1987. V. 62 (5).
- [4] Scott S.J. and Smith A.L.S. // J. Phys. E., Sci. Instrum. 1984. V. 17. P. 1242-1243.
- [5] Jan B. Lefers and Pieter J. van den Berg // Anal. Chem. 1980. V. 52. P. 1424-1426.
- [6] Дацкевич Н.П., Карлов Н.В., Конев Ю.Б., Кононов Н.Н., Кузьмин Г.П., Токер Г.Р. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 18. С. 1096-1100.

Поступило в Редакцию
15 марта 1990 г.