

ВЛИЯНИЕ КСЕНОНА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
АКТИВНОЙ СРЕДЫ СО-ЛАЗЕРА

О. И. Баранова, М. З. Новгородов,

А. Г. Свиридов, Н. Н. Соболев

УДК 537.525.1; 621.039.66; 621.375.826

Экспериментально установлено, что введение ксенона в рабочую смесь в количестве, равном окиси углерода, увеличивает на 40% концентрацию электронов в разряде и на 20% снижает напряженность электрического поля.

Введение

Постановка данной работы вызвана появлением отпаянного СО-лазера с большим сроком службы, работающего при охлаждении стенки разрядной трубки проточной водой /1,2/. Было замечено, что решающую роль в непрокачном режиме играет ксенон.

В нашей предыдущей работе /3/ сообщалось об исследовании функции распределения электронов по энергиям в СО-разрядах с ксеноном. Добавление Хе изменяет характер функции распределения, уменьшая число быстрых электронов и снижая среднюю энергию. Данная публикация содержит результаты исследования влияния Хе на концентрацию электронов и напряженность электрического поля в разрядах, применяемых для СО-лазеров при различных парциальных давлениях Хе.

Эксперимент

Для определения концентраций электронов мы применили микроволновый резонаторный метод /4,5/. Использовался тип колебаний TM_{020} (резонансная частота 3230 МГц) цилиндрического резонатора, диаметр которого был равен 16 см.

Разряд осуществлялся на постоянном токе в кварцевой трубке диаметром 2,0 см без протока и с протоком (во втором случае без Хе). Electroды молибденовые. Активная длина разряда 70 см. Охлаждение разрядной трубки естественное. Ток варьировался от 4 ма до 60 ма. Для приготовления смеси использовались химически чист-

тые Хе и Не и технические СО и О₂. При проведении опытов с Хе его парциальное давление бралось равным давлению СО. Скорость протока при давлении 4 тор составляла 4,8 м/сек.

Результаты

а) Концентрация электронов. Опыты показали следующее: 1) Концентрация электронов линейно возрастает с увеличением плотности разрядного тока. Зависимость средней по сечению концентрации электронов \bar{n}_e от плотности разрядного тока j в диапазоне от 3 ма/см² до 13 ма/см² можно описать линейным соотношением $\bar{n}_e = \gamma j$. Значения коэффициента γ приведены в табл. I.

Таблица I

Значения коэффициента γ , связывающего среднюю концентрацию электронов \bar{n}_e с плотностью тока разряда

Состав смеси				р, тор	$\gamma \cdot 10^9$, ма ⁻¹ см ⁻¹	Примечание
СО	Не	О ₂	Хе			
I	I	0,1		0,5-5	0,38	без протока
I	3	0,1		0,5-2	0,50	с протоком
I	3	0,1		0,5-4	0,50	без протока
I	4	0,1		0,5-4	0,74	с протоком
I	4	0,1		0,5-4	0,78	без протока
I	4	0,1	I	0,5-9	0,87	без протока
I	8	0,1		0,5-4	0,73	с протоком
I	8	0,1		0,5-6	0,73	без протока
I	8	0,1	I	0,5-10	0,94	без протока
I	16	0,1		0,5-8	0,92	с протоком
I	16	0,1		1,5-13	0,92	без протока
I	16	0,1	I	0,5-11	1,28	без протока
I	30	0,1		0,5-10	1,24	с протоком
I	30	0,1		1,0-13	1,24	без протока
I	30	0,1	I	0,5-13	1,56	без протока

2) Наличие протока не влияет на концентрацию электронов (см. также табл. I). 3) Концентрация электронов не зависит от давления смеси в пределах 0,5–10 тор при постоянном токе разряда. 4) Концентрация электронов увеличивается при добавке Хе на 15–40%. 5) Увеличение доли Не по отношению к СО также приводит к увеличению концентрации электронов. Этот результат не согласуется с данными III группы опытов, приведенными в табл. I работы /6/ для неохлаждаемой разрядной трубки диаметром 34 мм. Поэтому были проведены дополнительные опыты. Эти опыты, проведенные с улучшенной методикой (см. также /7/), показали, что в трубке диаметром 34 мм также наблюдается увеличение концентрации электронов с увеличением доли Не в смеси. Так, если при соотношении СО и Н: I:I $\gamma = 0,44 \cdot 10^9 \text{ ма}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, то при соотношении I:3 $\gamma = 0,49 \cdot 10^9 \text{ ма}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, а при I:10 $\gamma = 0,60 \cdot 10^9 \text{ ма}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ (добавка O_2 в этих опытах составляла 3% от суммарного объема СО и Не). Эти значения γ с точностью до погрешности эксперимента совпадают с данными I и II группы опытов, приведенных в таблице I цитированной работы /6/. Анализ условий эксперимента показал, что независимость концентрации от соотношения парциальных давлений Не и СО в опытах III группы работы /6/, по-видимому, была связана с появлением в спектре резонатора сильной возмущающей линии с частотой, близкой к частоте нагруженного резонатора.

б) Напряженность электрического поля. Напряженность электрического поля Е слабо уменьшается с ростом разрядного тока в обоих случаях (с Хе и без него), причем в смеси с Хе напряженность поля при одном и том же давлении в среднем на 20% ниже, чем без Хе. В отличие от Хе, который добавляется в смесь в том же количестве, что и СО, содержание Не было преобладающим и варьировалось в широких пределах. Увеличение содержания Не по отношению к СО (в пределах от 8:1 до 30:1) уменьшает напряженность электрического поля Е в 1,7–2,0 раза в присутствии Хе (см. табл.2).

Обсуждение

Полученные нами закономерности подтверждают общие представления о работе отпаянного лазера /8/. Кроме СО и Хе обязательной компонентой является Не. Увеличение концентрации Не в смеси приводит к понижению напряженности электрического поля Е, улучшению отвода тепла на стенку трубки к увеличению средней энергии

электронов /6/. Это утверждение наглядно иллюстрируется также табл. 2, где в первой колонке указан состав смеси, во второй — напряженность электрического поля E в в/см, далее расчетные значения температуры /6/ и концентрации нейтральных частиц, затем значения приведенной напряженности поля, а в последней колонке — средняя энергия электронов из /3/.

Таблица 2

Зависимость напряженности поля и средней энергии электронов от состава смеси ($i = 20$ ма, $p = 4$ тор)

Состав смеси CO:He:O ₂ :Xe	E , в/см	T , °К	N , 10^{16} см ⁻³	E/N , 10^{-16} в/см ⁻²	$\bar{\epsilon}$, эв
I:4:0,I:I	30	370	10,4	2,9	3,4
I:8:0,I:I	24	354	10,9	2,2	3,5
I:15:0,I:I	18	340	11,3	1,6	4,1

Роль Хе сводится в основном к увеличению концентрации электронов в разряде. Достижение определенной концентрации электронов в смесях с Хе происходит при меньших токах, и, следовательно, меньших мощностях, вкладываемых в разряд, и более низких газовых температурах, что благоприятно сказывается на условиях образования инверсной заселенности. Кроме того, согласно нашим исследованиям /3/, добавление ксенона приводит к уменьшению числа быстрых электронов и их средней энергии. Это также благоприятствует более эффективному использованию электронов для накачки, так как максимум функции возбуждения электронов при добавлении Хе сдвигается в сторону максимума сечения возбуждения, который, как известно, расположен при энергии, равной 1,8 эв.

Поступила в редакцию
15 марта 1974 года

Л и т е р а т у р а

1. С. Freed. Appl. Phys. Lett., 18, №10, 458 (1971).
2. Т. Р. Качева, В. Н. Очкин, Н. Н. Соболев. Сборник Квантовая электроника (под ред. Н. Г. Басова) (в печати).

3. М. З. Новгородов, А. Г. Свиридов, Н. Н. Соболев, П. Шварц, Краткие сообщения по физике ФИАН, № 5, 20, (1972).
4. В. Е. Голант. Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы, изд. "Наука", М., 1968 г.
5. М. З. Новгородов, А. Г. Свиридов, Н. Н. Соболев. ИТФ, 41, № 4, 752, (1971).
6. М. З. Новгородов, А. Г. Свиридов, Н. Н. Соболев. ИТФ, 42, № 10, 1472 (1972).
7. Б. Косма, А. Г. Свиридов. Краткие сообщения по физике ФИАН № 7, 13, (1974).
8. Н. Н. Соболев, В. В. Соковиков. УФН, 110, №2, 191 (1973).