

частоты атомного перехода $\Delta\nu/\nu_0$ в функции постоянного поля H_0 при различных интенсивностях НЧ поля ω_1 , пунктиром приведена магнитная зависимость частоты 0—0-перехода. Подобный ход частотных зависимостей многофотонного резонанса может быть объяснен воздействием НЧ поля на положение энергетических подуровней наблюдаемых переходов. Величина этого воздействия в первом порядке теории возмущений имеет значение $\omega_1^2/\gamma H_0$, где γ — гиромагнитное отношение атомов рабочего вещества. Варьируя величину ω_1 , можно добиться, как это видно из рис. 2, компенсации квадратичного члена магнитной зависимости частоты ν в достаточно широком диапазоне магнитных полей.

Эксперименты по многофотонному резонансу в настоящей работе были выполнены на рубидиевых камерах поглощения, заполненных смесью буферных газов аргоном—неоном при давлении 20 Тор. Использование камер поглощения, в которых варьировались состав и давление буферного газа, дало сходные результаты.

Прикладное значение проведенных исследований может иметь место в квантовых стандартах частоты, работающих в условиях повышенных магнитных помех.

Авторы благодарят Е. Б. Александрова за ценные замечания при обсуждении результатов работы.

Литература

- [1] H a r o c h e S. — Ann. Phys., 1971, v. 6, N 4—5, p. 189—387.

Поступило в Редакцию 9 июля 1985 г.

УДК 533.9

Опт. и спектр., т. 60, в. 1, 1986

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЫ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В СМЕСИ РТУТИ С АРГОНОМ

Каланов В. П., Миленин В. М., Панасюк Г. Ю., Тимофеев Н. А.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию временных зависимостей оптических характеристик положительного столба — заселенностей атомов в состояниях $6^3P_{0,1,2}$, 6^1P_1 и интенсивностей спектральных линий ртути — слабotoчного импульсно-периодического разряда низкого давления в смеси паров ртути с аргоном. Интерес к таким исследованиям определяется широким использованием плазмы указанного разряда как в научных исследованиях, так и на практике, в частности в газоразрядных источниках света низкого давления.

В [1] были получены правила подобия, справедливые для плазмы слабotoчного газового разряда в смеси паров металла (Hg, Cd, Zn) с инертными газами (Ne, Ar, Kr, Xe). Было показано, что в случае, когда роли инертного газа и пара металла строго разделены: металл определяет степень ионизации и потери энергии электронами, а инертный газ отвечает лишь за процессы переноса в объеме, — положительный столб слабotoчного газового разряда обладает дополнительной симметрией, позволяющей снизить на единицу по сравнению с известными правилами [2] число независимых внешних параметров, от которых зависят внутренние характеристики плазмы, в том числе и оптические. Инвариантными будут следующие функции:

$$ER = \tilde{E}(z_1, z_2, \rho, \tau), \quad f_0(\nu) N_{01}^{-1} = \tilde{f}_0(z_1, z_2, \rho, \tau, \nu), \quad n_e N_{01}^{-1} = \tilde{n}_e(z_1, z_2, \rho, \tau), \\ \tilde{\varepsilon} = \tilde{\varepsilon}(z_1, z_2, \rho, \tau), \quad N_m N_{01}^{-1} = \tilde{N}_m(z_1, z_2, \rho, \tau); \quad (1)$$

$$z_1 = N_0 p R^2, \quad z_2 = i R p^2, \quad \rho = \frac{r}{R}, \quad \tau = N_0 t. \quad (2)$$

Здесь E — напряженность электрического поля в плазме, $f_0(v)$ — функция распределения электронов по скоростям, n_e и $\bar{\epsilon}$ — концентрация и средняя энергия электронов, N_m — концентрация метастабильных атомов ртути, N_0 —

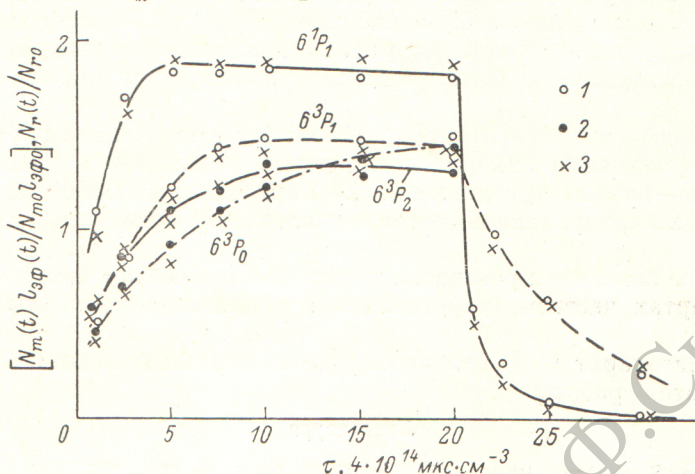
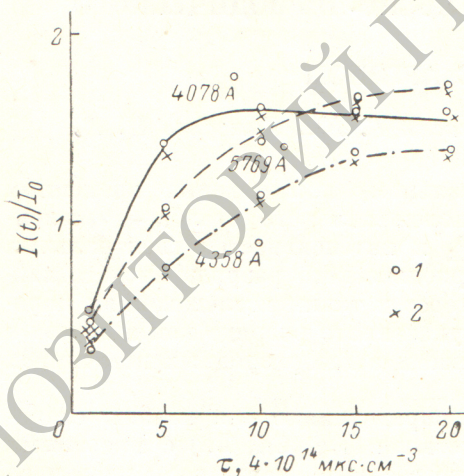


Рис. 1. Относительное изменение в импульсно-периодическом разряде произведения концентрации метастабильных атомов ртути $N_m(t)$ на эффективную длину $l_{эф}(t)$ и заселенностей резонансных уровней атома ртути $N_r(t)$.

1, 2 — $p=2$ Тор, $N_0=4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, ток в импульсе $i_u=0.6 \text{ А}$, длительность импульса $T_u=20 \text{ мкс}$, длительность промежутка времени между импульсами $T_H=20 \text{ мкс}$; 3 — $p=4$ Тор, $N_0=2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $i_u=0.15 \text{ А}$, $T_u=40 \text{ мкс}$, $T_H=40 \text{ мкс}$.

концентрация атомов металла, p — давление инертного газа, R — радиус трубки, i — разрядный ток, r — текущий радиус, t — время. Справедливость правил подобия [1, 2] для разряда постоянного тока подтверждается результатами экспериментальных исследований характеристик плазмы [1-3]. Из (1)



легко, однако, видеть, что разряды с одинаковыми z_1 и z_2 должны быть подобны и во времени. Действительно, при постоянстве z_1 и z_2 все внутренние характеристики нестационарного положительного столба будут инвариантами «времени» $\tau = N_0 t$, следовательно, скорости процессов, протекающих в плазме, будут обратно пропорциональны плотности атомов металла N_0 . Так как оптические

Рис. 2. Изменение во времени относительных интенсивностей видимых линий ртути.

1 — $p=2$ Тор, $N_0=4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $i_u=0.6 \text{ А}$, $T_u=20 \text{ мкс}$, $T_H=40 \text{ мкс}$, 2 — $p=4$ Тор, $N_0=2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $i_u=0.15 \text{ А}$, $T_u=40 \text{ мкс}$, $T_H=80 \text{ мкс}$.

характеристики плазмы определяются электрокинетическими, отмеченное свойство плазмы разряда в смеси паров металла с инертными газами должно привести к схождению временных зависимостей и оптических характеристик (интенсивностей спектральных линий, заселенностей возбужденных уровней атомов) подобных разрядов.

Интенсивности спектральных линий и концентрации атомов ртути в состояниях 6^3P_0 , 6^1P_1 исследовались с помощью установки, аналогичной описанной в [4]. Заселенности резонансных уровней измерялись вдоль оси разряда (метод двух идентичных трубок), заселенности метастабильных уровней —

поперек трубки (метод зеркала за трубкой). В последнем случае измерялось произведение плотности метастабильных атомов на оси разряда на эффективную длину $l_{\text{эф}}$ [5]. Условия эксперимента были следующими: концентрация атомов ртути — 10^{14} — 10^{15} см⁻³, давление аргона — 1—6 Тор, разрядный ток — 0.1—0.6 А, длительность импульса тока — 20—120 мкс, длительность промежутка времени между импульсами — 20—120 мкс.

На рис. 1 приведены результаты измерения в импульсе тока величины $N_m(t) l_{\text{эф}}(t)$, $N_{m0} l_{\text{эф}0}$ ($N_{m0} l_{\text{эф}0}$ соответствует стационарному разряду при токе, равном току в импульсе) и заселенности резонансных атомов ртути для двух подобных разрядов ($z_1 = z_1'$, $z_2 = z_2'$), когда плотности атомов ртути в основном состоянии отличаются вдвое. Видно, что полученные изменения $N_m(t) l_{\text{эф}}(t)$ и $N_r(t)$ во «времени» $\tau = N_0 t$ для двух подобных разрядов практически совпадают (реальные масштабы времени отличаются вдвое). На рис. 2 приведены аналогичные результаты для интенсивностей некоторых линий ртути, отнесенных к своим стационарным значениям при токе, равном току в импульсе, при других параметрах модуляции тока.

В заключение следует отметить, что при условии $z_1, z_2 = \text{const}$ правила подобия [2] могут и не выполняться, т. е. разряды, подобные по [1], не обязательно подобны по [2]. Например, на рис. 1, 2 представлены результаты, полученные при условиях, когда подобия по [2] нет. Тем не менее, как видно из рисунков, разряды подобны, что свидетельствует об отмеченной выше дополнительной симметрии разряда в смеси паров металла с инертными газами.

Литература

- [1] Миленин В. М., Панасюк Г. Ю., Тимофеев Н. А., Токарев С. Ю. — В кн.: VI Всесоюз. конф. по ФНТП: Тез. докл. Л., 1983, т. 2, с. 18.
- [2] Rutsher A., Wojaszek K. — Beitr. Plasmaphys., 1969, v. 9, p. 338.
- [3] Панасюк Г. Ю., Миленин В. М., Тимофеев Н. А. — Вестн. ЛГУ, 1982, № 16, с. 28.
- [4] Каланов В. П., Миленин В. М., Тимофеев Н. А. — Опт. и спектр., 1986, т. 60.
- [5] Каган Ю. М., Касмалиев Б., Лягущенко Р. И. — Опт. и спектр., 1967, т. 22, в. 6, с. 892—897.

Поступило в Редакцию 9 июля 1985 г.

УДК 535.37

Опт. и спектр., т. 60, в. 1, 1986

ИНДУЦИРОВАНИЕ КИСЛОРОДОМ ЗАМЕДЛЕННОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ФЛУОРЕСЦЕИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В ЖИДКИХ РАСТВОРАХ

Брюханов В. В., Кецле Г. А., Лауринас В. Ч., Левшин Л. В.

Хорошо известно свойство молекулярного кислорода эффективно тушить триплетные состояния возбужденных молекул люминофоров в жидких растворах [1, 2]. В настоящей работе изучалось возрастание интенсивности замедленной флуоресценции (ЗФ) красителей эозина и эритрозина в пропаноле в присутствии растворенного в спирте кислорода.

Экспериментальные исследования проводились на установке, собранной на базе лазера на алюмоиттриевом гранате ЛТИПЧ-8 с усилителем ИЗ-25, монохроматора МС-80, приемника ФЭУ-84 и осциллографа С8-12. Для устранения рассеянного света быстрой флуоресценции была сконструирована схема записи ФЭУ-84. Временное разрешение установки составляло 10^{-7} с. Обескислороживание спиртовых растворов красителей осуществлялось до 10^{-2} Тор над поверхностью замороженного раствора. Рассмотрим полученные результаты на примере растворов эозина.