Из формулы (2) следует, что распределение по энергиям потенциальных барьеров (по величинам ΔE) может быть связано с неоднородностью поверхности по потенциалу (первый член $(E_c—F)_s$) и с распределением по частотам колебательных мод адсорбированных на неоднородной поверхности молекул (второй член $\hbar\omega_{OH}$). В случае поверхности кремния с адсорбированными молекулами воды (на поверхности образца p-типа — слой сильной инверсии) неоднородность поверхностного потенциала невелика, поэтому основную роль играет распределение по $\hbar\omega_{OH}$. Действительно, полуширина распределения $g(U)$ на рис. 2, *в* (~0,04 эВ) близка к полуширине полосы O—H в ИК-спектре слабосорбированных молекул H_2O [5]. В случае вакуумированной поверхности кремния нами регистрировались более «растянутые» по оси времени кинетические кривые медленной релаксации, что объясняется влиянием неоднородности поверхностного потенциала.

В заключение авторы благодарят В. Ф. Киселева за обсуждение работы и полезные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Kiselev V. F., Kozlov S. N., Levshin N. L. Phys. Stat. Sol. (a), 1981, **66**, p. 93. [2] Козлов С. Н., Левшин Н. Л. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1979, **20**, № 4, с. 68. [3] Kozlov S. N. Phys. Stat. Sol. (a), 1977, **42**, p. 115. [4] Kozlov S. N., Levshin N. L. Phys. Stat. Sol. (a), 1981, **64**, p. K 169. [5] Low M. I. D., Madison N., Ramamurty R. Surf. Sci., 1969, **13**, p. 238.

Поступила в редакцию
05.08.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1983, Т. 24, № 3

УДК 533.9.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ВЧ-РАЗРЯДА СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А. А. Кузовников, А. В. Маляров, В. П. Савинов, В. Г. Якунин

(кафедра электроники)

Исследование физических условий в плазме разрядов, создаваемых с помощью сильных быстропеременных электрических полей, весьма актуально. Изучение характеристик сильно неравновесной плазмы ВЧ-разряда среднего давления осложняется тем, что функция распределения электронов по энергиям $f_e(\varepsilon)$ может значительно отличаться от максвелловской и содержать группы «медленных» и «быстрых» электронов. Обычно «медленные» электроны составляют основную массу электронов и определяют процессы переноса в плазме. Как известно, в плазме, находящейся в состоянии частичного локального термодинамического равновесия (ЧЛТР), заселенность верхних возбужденных уровней атомов n_m определяется эффективной температурой «медленных» электронов $T_e^м$ [1].

Цель настоящей работы состояла в определении $T_e^м$, измерении n_m и оценке вклада в концентрацию «медленных» электронов $n_e^м$, обусловленного ионизацией «медленными» электронами возбужденных атомов, заселенности верхних уровней которых находятся в ЧЛТР с «медленными» электронами плазмы ВЧ-разряда в гелии. ВЧ-разряд в области радиочастот создавался в трубках диаметром 6 мм с внешними электродами вдоль всей длины трубки. В плазме этого разряда вы-

полнялось условие: $f/\nu \ll 1$, где f и ν — частоты ВЧ-поля и столкновений электронов с нейтральными атомами соответственно.

Температура $T_e^м$ определялась с помощью метода относительных интенсивностей спектральных линий [2], причем выбирались линии, для которых значение главного квантового числа верхнего уровня $n \geqslant 5$. Заселенности n_m определялись по измеренным абсолютным интенсивностям линий. Величины $n_e^м$ рассчитывались с использованием модифицированного уравнения Саха [2] и измеренных n_m.

Оценки показали, что в исследованных условиях можно предположить выполнение критерия наличия ЧЛТР по Гриму [2] для уровней с $n \geqslant 5$. Результаты измерений представлены в таблице, где для каждого режима разряда приведены 5 значений n_m, определенных по абсолютным интенсивностям следующих спектральных линий (в скобках указано обозначение исследуемого энергетического уровня): 4922 Å ($4d^1D$), 4144 Å ($6d^1D$), 3926 Å ($8d^1D$), 3833 Å ($10d^1D$), 3756 Å ($14d^1D$). Здесь $V_\sim$ — эффективное значение приложенного ВЧ-напряжения.

$p \cdot 10^{-3}$, Па	$V_\sim$, В	$T_e^м$, эВ	$n_e^м \cdot 10^{-17}$, м$^{-3}$	$n_m \cdot 10^{-11}$, м$^{-3}$				
1,33	1100	0,15	20	32,3	5,2	1,9	0,9	0,6
	1600	0,20	60	65,6	10,0	4,3	1,9	1,5
	2000	0,18	70	202,0	28,7	10,1	4,5	3,3
2,66	1100	0,24	90	30	7,5	5,8	1,4	2,4
	1500	0,18	60	120	20	13	3,6	6,2
	2000	0,20	120	280	42	20	8	12

Полученные низкие значения $T_e^м$ можно объяснить присутствием интенсивных электронных пучков в данном типа ВЧ-разряда, о чем сообщалось ранее [3, 4]. Аналогичные результаты получены в плазме разряда на постоянном токе в полом катоде [1]. Для определения полной концентрации «медленных» электронов необходимо исследовать также ионизацию, производимую пучками «быстрых» электронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] McNeil J., Collins G., De Hoog F. J. Appl. Phys., 1979, 50, N 10, p. 6183. [2] Грим Г. Спектроскопия плазмы. М.: Атомиздат, 1969. [3] Кузовников А. А., Савинов В. П. Радиотехн. и электроника, 1973, 18, № 4, с. 816. [4] Хасилев В. Я., Михалевский В. С., Толмачев Г. Н. Физика плазмы, 1980, 6, № 2, с. 430.

Поступила в редакцию
23.08.82