

ПРИМЕНЕНИЕ УШИРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ДИАГНОСТИКЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ЭРОЗИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ

АВРАМЕНКО В.Б., КУЗЬМИЦКИЙ А.М., МИНЬКО Л.Я.

Институт молекулярной и атомной физики НАН Беларуси

220072, Минск, пр. Ф. Скорины 70

Email: lrpd@imaph.bas-net.by

Спектроскопическими методами можно проводить исследования в широком интервале основных параметров плазмы. Использование в диагностических целях различных спектральных линий позволяет получать сведения о параметрах плазмы в тех областях источника, где происходит их эффективное возбуждение. В неоднородном источнике плазмы распределение зон высвечивания спектральных линий обуславливается различными факторами – потенциалом возбуждения, постоянной квадратичного эффекта Штарка и др., которые и определяют аналитические возможности спектральных линий.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований параметров плазмы различных источников с использованием квадратичного эффекта Штарка. Концентрация электронов определялась по различным спектральным линиям, обладающим значительной величиной постоянной уширения.

Концентрация заряженных частиц в эрозионном плазменном ускорителе определялась по уширению спектральных линий атомов и ионов элементов, входящих в состав материала подложки: SiII 637,1нм ($E_p=12,07эВ$), FI 623,9 (14,68), FII 429,9 (29,55), CII 426,7 (20,95), обусловленных квадратичным эффектом Штарка. Концентрация электронов определялась как по пересчитанным на радиальное распределение контурам, так и по непересчитанным

(табл.1).

Во всех исследуемых случаях в качестве накопителя энергии использовалась конденсаторная батарея емкостью 24 мкФ, которая заряжалась до напряжения $U_0 = 5\text{кВ}$, однако, в зависимости от величины начальной индуктивности разрядного контура величина разрядного тока могла существенно изменяться.

ТАБЛИЦА 1

Распределение концентрации электронов вдоль радиуса, измеренное по различным спектральным линиям

радиус, мм	$N_e \cdot 10^{-17} \text{см}^{-3} (U_0 = 5\text{кВ})$					
	SiII637,1		FII623,9		FII429,9	
	без пересчета контуров	с пересче- том контуров	без пересчета контуров	с пересче- том контуров	без пересчета контуров	с пересче- том контуров
0	3,9	-	4,2	-	5,9	-
1	4,4	4,7	4,0	-	4,8	4,0
2	4,3	4,8	4,2	4,2	4,8	4,0
3	3,9	4,7	4,0	4,0	6,6	4,0
4	3,5	4,1	3,9	4,0	-	-
5	3,5	3,8	3,9	3,8	-	-

Заметного изменения концентрации электронов (N_e) вдоль радиуса плазменной струи не происходит. Малое отличие N_e при измерении по пересчитанным по радиусу и непересчитанным контурам указывает на высокую однородность источника. В этих условиях определение концентрации электронов с использованием уширения различных линий дает близкие по величине значения.

Вдоль оси струи на расстоянии 0,6 см от среза сопла N_e заметно ниже по сравнению с ее величиной у среза и уменьшается вдоль радиуса. Измерение концентрации электронов методами

голографической интерферометрии и по уширению спектральной линии FI 623,9 дает близкие результаты. N_e , измеренное методом голографической интерферометрии достигает $1,7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, а максимальное значение N_e , измеренное по уширению спектральной линии FI 623,9, достигает $1,4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Такое согласие указывает на высокую достоверность полученных результатов.

Измерения концентрации заряженных частиц с пространственно-временным разрешением проводились по штарковскому уширению спектральной линии атома фтора FI 623,9 нм (табл.2).

ТАБЛИЦА 2

Распределение концентрации электронов вдоль радиуса для различных моментов времени

радиус, мм	$N_e \cdot 10^{-17} \text{ см}^{-3} (U_0 = 5 \text{ кВ})$		
	1 кадр	3 кадр	5 кадр
0	14	6,2	6,2
1	15	6,7	6,2
2	13	6,2	6,2
3	11	6,2	6,2
4	10	5,7	6,7
4,5	-	5,2	6,7

Концентрация частиц имеет максимальное значение в начале высвечивания линии. В это же время наблюдается некоторое уменьшение концентрации вдоль радиуса, однако через 4 мкс она не только уменьшается по абсолютному значению ~ 2 раза, но и несколько выравнивается вдоль радиуса. Спустя ~ 8 мкс концентрация электронов имеет не только более выровненный постоянный характер вдоль радиуса струи, но и обнаруживается максимальное значение вдали от оси.

Использование квадратичного эффекта Штарка спектральной линии $\text{FII } 429,9 \text{ нм}$ в импульсном приповерхностном разряде позволило обнаружить одновременное существование двух максимумов концентрации заряженных частиц на различных расстояниях (h) от поверхности стенки, соответствующим двум каналам разряда (середина межэлектродного промежутка, экспозиция $4 \mu\text{с}$, $U_0 = 5 \text{кВ}$) (см. рис.).

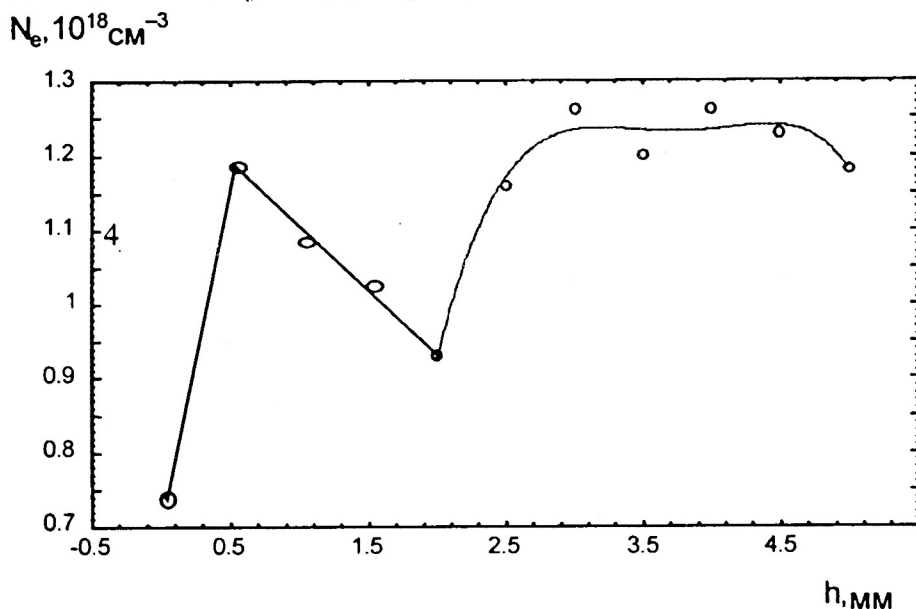


Рис. Распределение электронной концентрации

Анализ распределения интенсивностей спектральных линий показал, что первый максимум электронной концентрации соответствует высвечиванию атомных спектральных линий, а второй максимум – ионных спектральных линий. Ход концентрации электронов соответствует наблюдаемой на СФР-граммах картине течения разряда.