

**ЭМПИРИЧЕСКОЕ СООТНОШЕНИЕ ДЛЯ ГРАНИЦЫ СПЕКТРА
ПАРНЫХ СОСТОЯНИЙ НЕИДЕАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ
В ДИАПАЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭЛЕКТРОНОВ $10^{17}\text{см}^{-3} < N_e < 10^{22}\text{см}^{-3}$**

О.А.Федорович

Институт ядерных исследований НАН Украины, oaefedorovich@kinr.kiev.ua

Неидеальная плазма (НП) находит все большее практическое применение в технологических процессах. Широко распространена плотная и неидеальная плазма и в природе [1]. До настоящего времени не установлена взаимосвязь между оптическими свойствами плотной плазмы и ее параметрами. Целью настоящей работы является получение эмпирической формулы для зависимости величины «границы серии парных состояний» [2] от концентрации электронов и сравнение с различными теоретическими и экспериментальными работами. Отсутствуют надежные методики измерений параметров НП при концентрациях электронов выше 10^{19}см^{-3} . До $N_e < 10^{19}\text{см}^{-3}$ концентрацию электронов можно измерить по уширению линии водорода серии Бальмера H_α (656,3 нм). При значениях концентрации $N_e > 4 \cdot 10^{19}\text{см}^{-3}$ из спектра исчезает H_α (656,3 нм). Но возможно применение новой методики измерения концентрации электронов в НП по «нереализации» уровней, по величине «оптической щели», или «по границе спектра парных состояний в плотной плазме» [2].

Исследуя релаксацию плазмы ИРВ, удается проследить динамику спектра водородно-кислородной плазмы в пределах концентраций электронов $10^{20}\text{см}^{-3} \geq N_e \geq 2 \cdot 10^{17}\text{см}^{-3}$.

На начальной стадии разряда в области линии H_α до 12 мкс никаких особенностей на сплошном спектре излучения в области 630-680 нм не наблюдается. На 15 мкс, появляется небольшой, но достаточно широкий провал интенсивности в области линии H_α с минимумом интенсивности в центре линии H_α 656,3 нм. Полученная концентрация электронов, рассчитанная по формуле Саха из значений давления, измеренной яркостной температуры плазмы и уравнения состояния идеального газа на 16 мкс составляет $(2,5 - 6) \cdot 10^{19}\text{см}^{-3}$.

В работе [3] показано, что в самом начале разряда при взрыве проводника из вольфрама нет ни одной линии поглощения. С течением времени появляются линии поглощения с все более высокими потенциалами возбуждения, что происходит одновременно с уменьшением концентрации электронов в плазменном канале. Необходима только привязка величины границы спектра парных состояний к концентрации электронов N_e . В работе [4] показано, что наблюдаемый в спектре излучения вольфрамовой плазмы провал интенсивности в 4-10 раз в видимом диапазоне спектра соответствует плазменной частоте. Но по плазменной частоте можно достаточно точно определить концентрацию плазмы в канале. Получается несколько точек привязки значений «величины щели» к концентрации электронов. По этим результатам получена экспериментальная зависимость величины щели от N_e в диапазоне концентраций $10^{17}\text{см}^{-3} < N_e \leq 10^{22}\text{см}^{-3}$. В двойном логарифмическом масштабе эта зависимость хорошо описывается прямой линией. Экспериментальная зависимость величины «оптической щели» от концентрации электронов описывается эмпирической формулой: $\Delta E = 1,32 \cdot 10^{-5} \cdot N_e^{0,26} \approx 1,32 \cdot 10^{-5} \cdot N_e^{1/4}$, (5), где $[\Delta E] = \text{эВ}$; $[N_e] = \text{см}^{-3}$ (концентрация электронов). Не противоречат полученной зависимости и результаты полученные для величины «оптической щели» для ксенона. Эта формула не учитывает возможную вторую ионизацию атомов (ионов) вольфрама и справедлива для температур $(7 - 45) \cdot 10^3$ К. Приведенную формулу, по-видимому, можно рекомендовать как самую простую методику определения наименьшей концентрации электронов в наружном слое неидеальной плазмы, определив линию с самым высоким верхним уровнем возбуждения в спектре излучения (поглощения).

1. Фортов В.Е. Экстремальные состояния вещества на земле и в космосе. УФН 2009, Т.179, №6 с.653-687.
2. Lankin A., Norman G. Contribution to Plasma Physics 49, №10, p. 723-731. 2009.
3. Fedorovich O.A. ВАНТ, серия «Физика плазмы», вып. 15, №1, 2009, с. 145-147.
4. Федорович О.А. ВАНТ, серия «Плазменная электроника и новые методы ускорения», 2008, №4, с. 283-287.