

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИОННОГО ИСТОЧНИКА С ЭЛЕКТРОННЫМ УДАРОМ

Д.В. Шарафутдинов

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, ионизация электронным ударом, энергия электрона, масс-спектрометр

Масс-спектрометры являются ключевыми инструментами для анализа химического состава веществ в медицине, промышленности и космической отрасли. Эффективность их работы напрямую зависит от стабильности ионизационных процессов. Исследование материалов, используемых для термоэлектронной эмиссии, а также изучение токов ионизации газов с отличимыми энергиями, позволяет оптимизировать конструкции ионизационных камер, повышая точность и чувствительность приборов [1].

Целью настоящей работы является теоретический расчет ионного тока, создающегося электронным ударом, в камере для разных газов.

Для реализации поставленной задачи была рассчитана плотность электронного тока J_e у поверхности нихромовой нити накала по формуле Ричардсона-Дешмана (формула 1), а также был построен график зависимости тока от температуры, показанный на рисунке 1:

$$J_e = AT_n^2 \exp\left(-\frac{\phi_{\text{вых}} + \Delta\phi}{kT_n}\right), \quad (1)$$

где $A = A_0(1 - \bar{r})$;

A_0 – термоэлектрическая постоянная, $\frac{\text{А}}{\text{см}^2 \cdot \text{К}^2}$;

$\bar{r}$ – коэффициент отражения электронов от поверхности нагретого тела, %;

$\phi_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона, эВ;

$\Delta\phi$ – величина, учитывающая эффект Шотки, эВ;

T_n – температура поверхности накала, К;

k – постоянная Больцмана, $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$.

Результат измерения показал, что для нихрома, нагретого до 1300°C $J_e = 1.1, \frac{\text{мкА}}{\text{м}^2}$.

Таким образом, зная параметры вероятности ионизации молекул для газов (рис. 2), определяющихся сечением ионизации σ , можно найти ионный ток J_{ion} (2) [2]:

$$J_{ion} = J_e \omega = J_e \frac{n_0 \sigma_i SP}{P_0}, \quad (2)$$

где n_0 – число Лошмидта;

P – давление в рассматриваемой области, Па;
 P_0 – атмосферное давление при нормальных условиях, Па;
 σ_i – сечения ионизации.

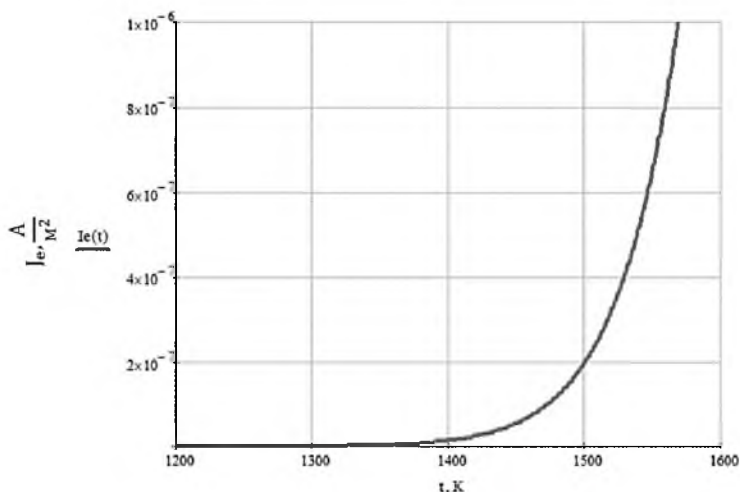


Рисунок 1- Зависимость электронного тока от температуры в диапазоне эксплуатации 1200-1600 Кельвин

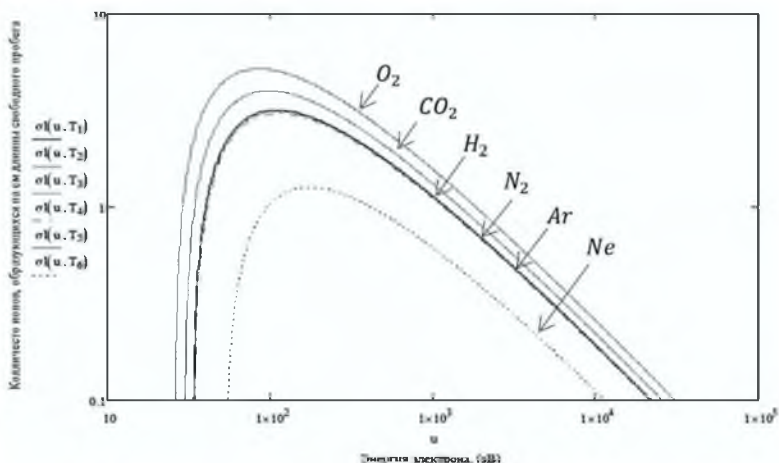


Рисунок 2- Количество ионов, в зависимости от энергии электрона

Итоговые результаты, показанные на рисунке 3 и расчеты из исследования сходятся со значениями из справочных таблиц, что в свою очередь подтверждает правильность всей математической модели.

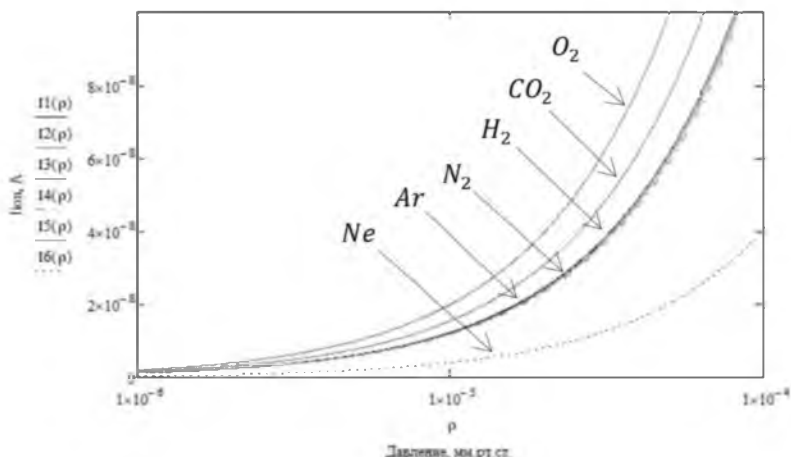


Рисунок 3- Зависимость ионного тока разных газов от давления в рабочем диапазоне $P \approx 10^{-4} - 10^{-6}$ мм.рт.ст.

Таким образом, можно заключить, что данная модель позволяет получить точное представление о распределении концентрации газов в анализируемой смеси, а также значения ионных токов внутри фиксированной камеры масс-спектрометра.

Список использованных источников

1. Пияков И.В., Родин Д.В., Родина М.А., Ионные источники для космических экспериментов: Материалы Всероссийской научно-технической конференции, Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2015. С. 114-115.
2. Семкин Н.Д., Проектирование масс-спектрометров для космических исследований: Учеб. Пособие, Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2000. 165 с.

Шарафутдинов Данил Вадимович, студент каф. РЭС, wr2004@list.ru.

УДК 623.746

ЛАЗЕРНЫЙ КАНАЛ СВЯЗИ С БПЛА НА ОСНОВЕ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ДЕФЛЕКТОРА

А.А. Мухамадиев, В.Х. Ясовеев

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Ключевые слова: БПЛА, лазерное излучение, акустооптический дефлектор

На сегодняшний день мы наблюдаем бурный рост применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных областях. В