Анализ примесей по спектрам энергий пеннинговских электронов в плазме с помощью стеночного зонда

А.А. Кудрявцев, А.И. Сайфутдинов, С.С. Сысоев, В.Ю. Беляев, Н.А. Хромов

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, [akud53@gmail.com](mailto:akud53@gmail.com), [as.uav@bk.ru](mailto:as.uav@bk.ru)

В работе [1] был запатентован ионизационный детектор для анализа газов методом плазменной электронной спектроскопии (ПЛЭС), позволяющий работать при высоких давлениях газа. Он основан на измерениях электронных спектров реакций пеннинговской ионизации атомов и молекул примеси A метастабильными атомами буферного газа B\*, в качестве которого целесообразно выбрать гелий, способный ионизовать любую примесь

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

здесь энергия появления быстрых электронов в реакциях (1) есть *Ep = Em – Ei*  *(Em = 19.8 эВ*, *Ei* – соответственно энергии возбуждения метастабилей гелия и ионизации примеси). Для реализации метода [1-2] необходимо чтобы ФРЭ быстрых электронов  была нелокальной, а температура максвелловских электронов была низка, что в стационарных условиях реализуется в плазме отрицательного свечения [3]. В этом случае  представляет собой узкие пики, соответствующие энергиям *Ep* их появления в реакциях (1) [1,2]. Условие нелокальности ФРЭ  ( – длина энергетической релаксации электрона,  – характерный размер плазменной области) соответствует условию , т.е. при высоком (атмосферном) давлении  размер . В этом случае вводить в плазменный объем классический зонд для измерения ФРЭ не представляется технически возможным. Эту трудность в [1,2] было предложено преодолеть путем использования стеночного зонда для регистрации ФРЭ быстрых электронов.

В данной работе уточнены выражения, представленные ранее в [4], для связи между концентрацией примеси и измеряемой плотностью электронного тока  пеннинговских электронов. Показано, что для плоскопараллельной геометрии c промежутком *L* электронный спектр реакции (1) связан со второй производной  от сканирующего потенциала следующим образом

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

где  – константа процесса (1),  и  – концентрации метастабилей гелия и примеси соответственно.

Таким образом, показано, что по второй производной тока пеннинговских электронов, образующихся в результате реакции (1) в плазме отрицательного свечения на стеночный зонд можно определить тип примеси и ее концентрацию.

Работа поддержана РНФ (проект 14-19-00311).

Литература

1. Kudryavtsev A.A., Tsyganov A.B. US Patent 7.309.992. December 18. 2007.
2. A.Kudryavtsev, P. Pramatarov, M. Stefanova, N. Khromov. [Journal of Instrumentation](http://iopscience.iop.org/1748-0221). [Volume 7](http://iopscience.iop.org/1748-0221/7), P07002, 2012.
3. Кудрявцев А.А., Морин А.В., Цендин Л.Д., ЖТФ, Т. 78, c. т.78, №8, с. 71, 2008.
4. Сайфутдинов А.И., Капустин К.Д, Кудрявцев А.А. Письма в ЖТФ, Т. 40, вып. 21, с. 29, 2014