

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВЫХ ЭФФЕКТОВ В ЕМКОСТНОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ РАЗРЯДЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Т.В. Бондарева, М.С. Круглов

Тихоокеанский государственный университет (г. Хабаровск)

kruglov_maxim@mail.ru

RESEARCH OF ELECTRON BEAM EFFECTS IN CAPACITY HIGH FREQUENCY DISCHARGE OF LOW PRESSURE

T.V. Bondareva, M.S. Kruglov

Pacific State University (Khabarovsk)

kruglov_maxim@mail.ru

DOI: 10.2250/PFARE.2019.184-186

В работе рассмотрены частотные зависимости вольт-амперных характеристик (ВАХ) асимметричного емкостного высокочастотного разряда (АЕВЧР) как его комплексная характеристика в неоне при давлениях 0,1 – 0,5 Тор. Также представлена осциллограмма разрядного ВЧ тока в неоне, отражающая в себе временной ход физических процессов в разрядном промежутке внутри каждого периода ВЧ поля.

В соответствии с требованиями научно-технического прогресса остается актуальным создание новых видов источников плазмы с более широким диапазоном изменения параметров и, в особенности, возможностью их прецизионного регулирования.

В настоящей работе исследовался асимметричный емкостной высокочастотный разряд при давлениях 0,1 – 0,5 Тор в неоне. Использовались стеклянные разрядные трубки диаметром 60 мм. Напряжение от ВЧ генератора подавалось на электрод диаметром 5 мм (активный электрод), второй газоразрядный электрод диаметром 60 мм был заземлен (заземленный электрод). Такая асимметрия газоразрядной системы значительно повышала плотность приэлектродных электронных пучков (ПЭП) [1] в ЕВЧР, что позволяло исследовать их физические свойства. При этом эффекты собственных пучков в разряде проявлялись особенно ярко.

Проводились измерения ВАХ ЕВЧР с внешними электродами, в зависимости от частоты внешнего ВЧ поля и давления газа, которые представлены на рис. 1 и рис. 2.

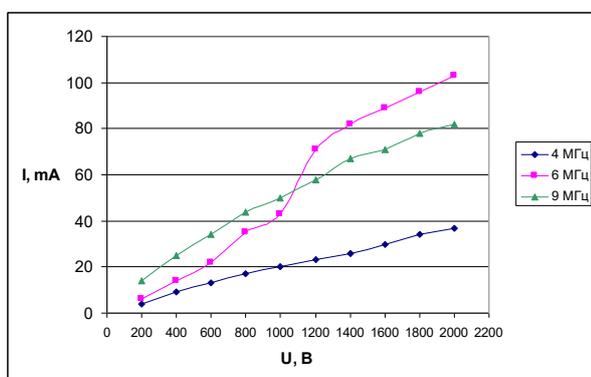


Рис. 1. Частотная зависимость ВАХ АЕВЧР в неоне при P = 0,5 Тор. Диаметр активного электрода 5 мм. Диаметр заземленного электрода 60 мм.

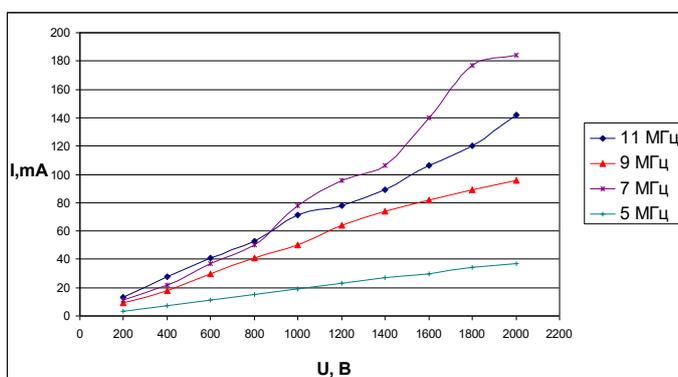


Рис. 2. Частотная зависимость ВАХ АЕВЧР в неоне при P = 0,51 Тор. Диаметр активного электрода 5 мм. Диаметр заземленного электрода 60 мм.

На рис. 1 видно, что при $V_{\sim} > 1000B$ ВАХ с частотой 6 МГц проходит выше ВАХ, соответствующей частоте 9 МГц. Таким образом, в области повышенных напряжений V_{\sim} , соответствующих γ -разряду, ход ВАХ с пониженной частотой f может «обгонять» ВАХ, соответствующую более высокой частоте.

В случае α -разряда основным поддерживающим разряд фактором является ВЧ поле, а в γ -разряде – приэлектродные электронные пучки. Причем, существенное значение здесь имеет то обстоятельство, что пучки являются импульсными с длительностью импульса порядка $1/f$. Следовательно, с ростом частоты поля время существования пучков τ_{eb} уменьшается. С другой стороны, с увеличением частоты f замедляется уход зарядов из разрядного промежутка и при приближении к выполнению условий $\omega \approx \nu_{en}$ (ν_{en} - частота столкновения электронов с атомами) увеличивается энергозатраты поля в плазму и увеличивается плотность зарядов n_e плазмы [2].

Похожая картина наблюдается и с ВАХ, полученными в неоне при давлении 0,1 Тор.

Видно, что в области повышенных напряжений ($V_{\sim} > 1000B$) АХ соответствующая частоте 7 МГц уверенно обгоняет ВАХ соответствующую 11 МГц. Следует заметить, что частотный обгон начинается при меньших напряжениях, чем на рис. 1. Также видно, что в данном случае основное внимание на себя обращает кривая, соответствующая 7 МГц. Такое поведение кривых можно объяснить, что с понижением давления газа уменьшается частота столкновения электронных пучков с атомами газа, в результате чего ПЭП начинают себя проявлять при меньших значениях приложенного к электродам ВЧ напряжения.

Естественно, что для каждого конкретного набора параметров условий эксперимента существует своя оптимальная частота ВЧ поля, обеспечивающая поддержание ЕВЧР, что отражается в характере хода соответствующей ВАХ, по сравнению с поведением ВАХ на других частотах.

В процессе описываемых исследований получались осциллограммы разрядного тока $I_{\sim}(t)$, одна из которых представлена на рис. 3.



Рис. 3. Осциллограмма разрядного тока ЕВЧР в неоне при $p = 0,1 \text{ Тор}$, $V_{\sim} = 1500B$, $f = 7 \text{ МГц}$.

В условиях резко асимметричного ЕВЧР с высокими ВЧ напряжениями разрядный ток отличается значительным ангармонизмом, обусловленным эффектами собственных приэлектродных импульсных электронных пучков. Пики малой длительности на осциллограммах объясняются «вспышками» возбуждения пучково-плазменной неустойчивости (ППН), природа которых аналогична наблюдавшимся ранее в экспериментах с импульсными пучками электронных пушек в работе [3]. ППН сопровождается генерацией высокоинтенсивных СВЧ полей, нагревающих электроны плазмы до температур $T_e \sim 10^6 - 10^7 \text{ K}$ и резко усиливающих ионизационные процессы.

Естественно, что параметры условий возбуждения и протекания процессов ППН в условиях ЕВЧР зависят от частоты поля, поскольку от этой частоты в значительной степени зависят параметры

приэлектродных пучков и газоразрядной плазмы [1], а также от давления внутри газоразрядного промежутка и его геометрии.

-
1. Ковалевский, В.Л., Савинов, В.П. // Физика плазмы. –1994. – Т. 20, № 3. – С. 322-335.
 2. Гинзбург, В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 552 с.
 3. Левитский, С.М. Прерывистая генерация СВЧ колебаний при плазменно-пучковом взаимодействии / С.М. Левитский, В.З. Шаповал // Радиотехн. и электрон. – 1972. – № 7. – С.1146- 1451.

УДК 57.084, 54.084, 544.47

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ БИО-ИНДИФФЕРЕНТНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ ВИДИМОГО СВЕТА

А.В. Зайцев, О.И. Каминский, Е.А. Кириченко, К.С. Макаревич, С.А. Пячин
Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН (г. Хабаровск)
alex-im@mail.ru

METHODOLOGY FOR ASSESSING BIO-INDIFFERENCE OF PROSPECTIVE PHOTOCATALIZERS OF VISIBLE LIGHT

A.V. Zaitsev, O.I. Kaminsky, E.A. Kirichenko, K.S. Makarevich, S.A. Pyachin
Institute of Materials Science, Kola Scientific Center FEB RAS (Khabarovsk)
alex-im@mail.ru

DOI: 10.2250/PFARE.2019.186-190

Органические соединения не редко являются основным токсичными компонентами сточных вод промышленных предприятий, поэтому проблема по их окислительной деструкции без привлечения дополнительных химических реагентов является актуальной и перспективной как с экологической, так и экономической стороны вопроса. Решением данной проблемы может быть поиск перспективных фотокатализаторов видимого света в двух параллельных направлениях:

- 1) поиск стабильных фотокатализаторов способных эффективно разрушать органические загрязнители под действием солнечного света;
- 2) оценка био-индифферентности как синтезированных перспективных фотокатализаторов видимого света, так и оценка био-индифферентности загрязнителя, разрушенного под действием фотокатализатора.

Одними из эффективных сенсбилизаторов фотокаталитических систем к солнечному свету являются добавки Cu, Ni [1], Cd [2], Zn [3] и другие тяжёлые металлы. Однако такие катализаторы сами могут являться источниками опасного загрязнения сточных вод вследствие постепенной деструкции фотокатализатора и перехода ионов биотоксичных металлов в воду. В этой связи, перспективны фотокатализаторы на основе висмута, тяжёлого металла, но безопасного для живых организмов. В настоящей работе в качестве фотокатализаторов, сенсбилизированных к видимому свету, использованы нанопорошки висмутатов щелочноземельных металлов, синтезированных по авторской методике [4].