

соответствующую гармоническую составляющую только с одним порядком разложения по теории возмущений, и это является указанием на то, что одноволновое приближение «замороженных волн» перестает выполняться, то в модифицированной модели неэффективность применения теории возмущений в одноволновом приближении становится видна еще раньше и проявляется в том, что не удается построить даже выражение для коэффициента в уравнении, не говоря уже о его решении.

Как следует из приведенного анализа, для обеих теорий одноволновое приближение при построении решения в виде «замороженных волн» имеет ограниченную область применения и возникает необходимость использования, как минимум, двухволнового приближения, пример которого приведен в работе [1].

1. Benilov, E.S. Stability of frozen waves in the modified Cahn-Hilliard model / E.S. Benilov, W.T. Lee, R.O. Sedakov // Phys. Rev. E – 2013. – V. 87, № 3. – 032138.
2. Liu. F. Dynamics of phase separation in block copolymer melts / F. Liu, N. Goldenfeld // Phys. Rev. A. – 1989. – V. 39, № 9. – P. 4805-4810.
3. Князев, М.А. Построение решения в виде одиночных волн в модели Кана-Хиллиарда / М.А. Князев // Материалы 7 Международной

научно-технической конференции «Приборостроение-2014», Минск 19-21 ноября 2014 г. / Белорусский национальный технический университет; Минск: БНТУ, 2014. – С. 319-321.

4. Malomed, B.A. Pulled fronts in the Cahn-Hilliard equation / B.A. Malomed, D.J. Frantzeskakis, H.E. Nistazakis, A.N. Yannacopoulos and P.G. Kevrekidis // Phys. Lett. A – 2002. – V. 295, № 5-6. – P. 267-272.
5. Porter, D.A. Phase Transformations in Metals and Alloys / D.A. Porter, K.E. Easterling. – Chapman Hall, 1992. – 514 p.
6. Berti, A. A mathematical model for phase separation: a generalized Cahn-Hilliard equation / Berti A., Bochicchio // Mathem. Methods in Applied Sciences. – 2011. – V. 34, №10. – P. 1193-1201.
7. Bertini, L. Front fluctuations for the stochastic Cahn-Hilliard equation / Bertini L., Brassesso S. and Butta P. // Brazilian J. of Probability and Statistics. – 2012. – V. 29, № 2. – P. 336-371.
8. Bernoff A.J. Biological aggregation driven by social and environmental factors: a nonlocal model and its degenerate Cahn-Hilliard approximation / A.J. Bernoff, Chad M. Topaz // <http://xxx.lanl.gov> (arXiv.org/nlin/1507.04259).

УДК 533.9.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КАТОДА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТИПА НА УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ЭФФЕКТОМ ПОЛОГО КАТОДА

**Божко А.И., Бордусов С.В.**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь*

В современном мире всё более актуальной становится задача внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий во всех отраслях машиностроения. Разработки в этом направлении идут уже на протяжении долгого времени и всё больший интерес в настоящее время приобретает область вакуумной ионно-плазменной обработки материалов [1].

Исследовалась разрядная система в виде цилиндрического электрода (Рисунок 1) для возбуждения разряда с эффектом полого катода. Электрод-катод представляет собой цилиндрическое основание, внутри которого размещаются сменные вставки разного конструктивного исполнения: цилиндрические различного диаметра (Рисунок 2), с проточками в торце (Рисунок 3), с полым выступом (Рисунок 4). К нижней части катода с помощью винтов и

стальных втулок возможно присоединение пластины.



Рисунок 1 – Внешний вид электрода-катада для возбуждения разряда с эффектом полого катода

Исследования проводились на базе вакуумного поста УРМ–3.279.029. В качестве

источника питания использовался генератор импульсов отрицательной полярности [2,3].



Рисунок 2 – Схема вставки цилиндрической формы

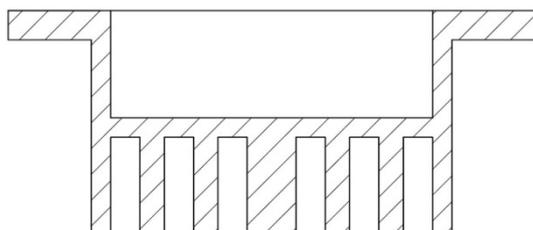


Рисунок 3 – Схема вставки с проточками в торце

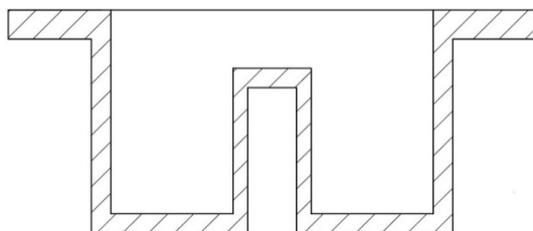


Рисунок 4 – Схема вставки с полым выступом

Исследования условий возникновения тлеющего импульсного разряда с эффектом полого катода выполнялись при следующих значениях режимов возбуждения разряда: давление в рабочей камере – 40-300 Па, подаваемое напряжение – 350-700 В. В качестве плазмообразующего газа использовали азот.

Полученные результаты представлены на рисунках 5-9 в виде графических зависимостей.

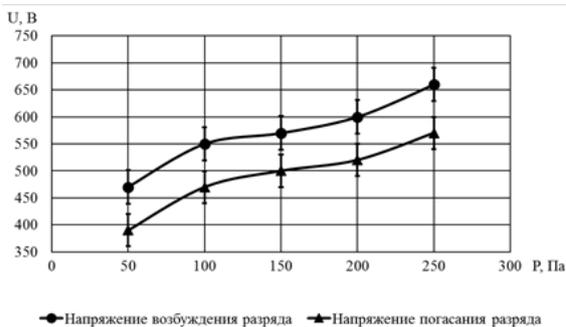


Рисунок 5 – Пробойные характеристики цилиндрического электрода-катода в азоте при расстоянии между стенками основания и вставки 5 мм

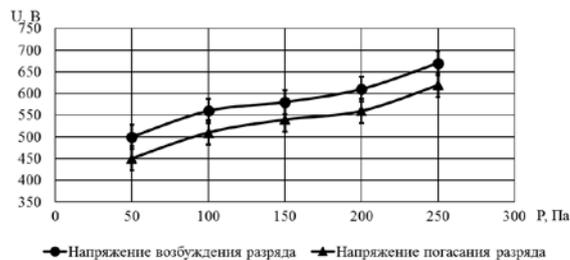


Рисунок 6 – Пробойные характеристики цилиндрического электрода-катода в азоте при расстоянии между стенками основания и вставки 3 мм

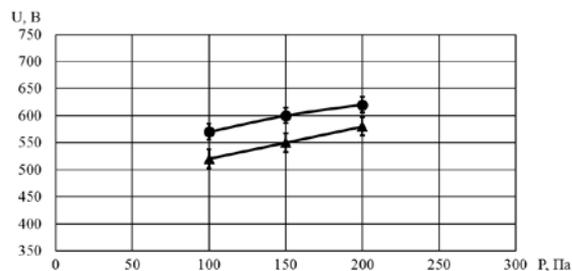


Рисунок 7 – Пробойные характеристики цилиндрического электрода-катода в азоте при расстоянии между стенками основания и вставки 2 мм

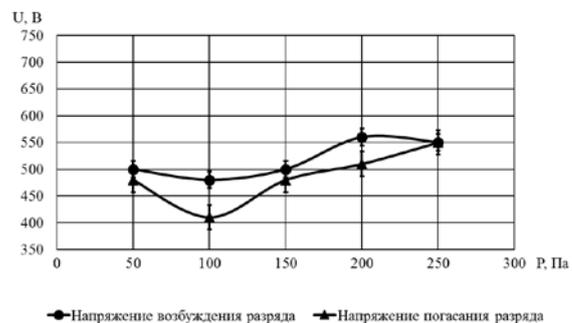


Рисунок 8 – Пробойные характеристики цилиндрического электрода-катода с проточками в торце в азоте при расстоянии между стенками основания и вставки 3 мм

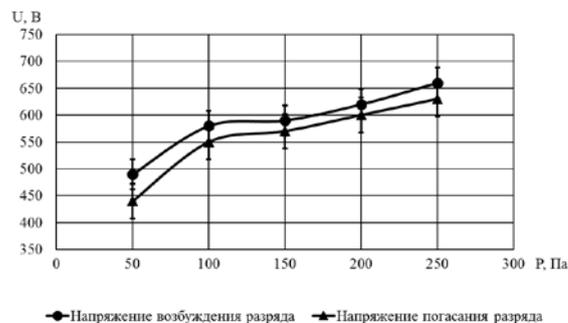


Рисунок 9 – Пробойные характеристики цилиндрического электрода-катода с полым выступом в азоте при расстоянии между стенками основания и вставки 3 мм

Для цилиндрических вставок и вставки с полым выступом, оптимальным давлением, при котором напряжение необходимое для возбуждения разряда с ЭПК минимально, является диапазон 50-100 Па. При давлении ниже или выше этого диапазона величина подаваемого напряжения необходимого для возбуждения разряда с ЭПК повышается. Такую зависимость можно объяснить тем, что при более низких давлениях число частиц газа в единице объёма для ионизации недостаточно и для пробоя требуется более высокое напряжение. При давлении выше указанного диапазона число столкновений частиц увеличивается, длина свободного пробега уменьшается и разрядные условия ухудшаются.

При небольшом расстоянии между стенками катода (2 мм) горение разряда наблюдается в диапазоне 100-200 Па.

Для катода с использованием вставки с проточками в торце зависимость пробивного напряжения от величины давления имеет неравномерный характер. При этом при различных давлениях разряд возбуждается в одной или нескольких проточках.

1. Райзер, Ю.П. Высоочастотный емкостный разряд: Физика. Техника эксперимента. Применение / Ю.П. Райзер, М.Н. Шнейдер, Н.А. Яценко. - М.: Наука, 1995. - 320 с.
2. Божко, А.И. Электрические характеристики возбуждения разряда с эффектом полого катода при низком вакууме / А.И. Божко, С.В. Бордусов // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР : материалы конф. В 2 ч. Ч. 2, Минск, 18-19 марта 2014 г. / БГУИР; редкол. : А.Н. Осипов [и др.]. – Минск, 2014. – С. 194-195.
3. Божко, А.И. Особенности работы источника импульсного напряжения на плазменную нагрузку в виде разряда с полым катодом / А.И. Божко, Н.В. Козак // Физика конденсированного состояния (ФКС – XXI): тезисы докладов XXI Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 18 – 19 апреля 2013 г. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: Г.А. Хацкевич [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 159-160.

УДК 004.056:061.68

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛА С МЕЖСИМВОЛЬНОЙ ППРЧ

Бокуть Л.В., Деев Н.А.

*Белорусский национальный технический университет  
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь*

Стеганографические методы находят все большее применение в оборонной и коммерческой сферах деятельности из-за отсутствия явно выраженных признаков средств защиты. Суть методов энергетической и структурной скрытности заключается в незначительной одновременной модификации целого ряда определенных битов контейнера при сокрытии одного бита информации.

Существует несколько разновидностей метода. В наиболее распространенном варианте исходный сигнал модулируется высокочастотной псевдослучайной последовательностью  $W(t)$ , которая определена на области значений  $\{-1,1\}$ . Вследствие этого для передачи результата необходима большая (иногда более чем в 100 раз) полоса пропускания. Обычно последовательности  $W(t)$  выбирают ортогональными к сигналу контейнера. Результирующий стегосигнал представляет собой суммарный сигнал контейнерной составляющей  $V(t)$  и скрываемых данных  $D(t)$ :

$$S(t) = V(t) + \alpha \cdot D(t) \cdot W(t),$$

где  $\alpha$  – коэффициент затухания, предназначенный для выбора оптимального уровня шума, который вносится данными.

Для извлечения скрытых данных  $D(t)$  на принимающей стороне необходимо иметь ту же самую псевдослучайную импульсную последовательность  $W(t)$ , обеспечив ее синхронизацию со стегосигналом:

$$S(t)W(t) = V(t)W(t) + \alpha D(t).$$

В связи с этим данную псевдослучайную битовую последовательность обычно используют в качестве стегоключа.

Рассматривается система передачи с фазовой информационной манипуляцией сигнала и межбитовой псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). В качестве контейнерной составляющей  $V(t)$  в данном случае служат узкополосные ЧМ - сигналы, а скрываемые данные  $D(t)$  передаются на фоне сигнала распределенные по диапазону и модулированные с помощью межсимвольной ППРЧ.

При точном воспроизведении псевдослучайной импульсной последовательности  $W(t)$  в