

МУЛЬТИРАЗРЯДНАЯ ПАНЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

П.Н. Солдатенко, ст. преподаватель кафедры физики¹,

Д.А. Антонович, канд. техн. наук, доц.²

¹Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь

²ООО «СПАРКИТ», Витебск, Беларусь

Анализ современной теории плазменного эмиттера, факторов влияющих на формирование потоков заряженных частиц из плазмы газового разряда позволил предложить схему электродной структуры для формирования потоков заряженных частиц электронов и/или ионов) из плазмы газового разряда с ускорением в двойных электрических слоях, возникающих в такой структуре.

Ключевые слова: плазменный источник заряженных частиц, пучок заряженных частиц.

Проведенный анализ газоразрядных структур показал, что оптимальной структурой для формирования потоков заряженных частиц является газоразрядная структура со скрещенными $E \times H$ -полями. На рисунке 1 представлена электродная структура и ВАХ данной структуры. Разряд возбуждается в пространстве между катодами 1 и 2, где, как и в отражательном разряде с полым катодом, реализуются основные ионизационные процессы. Геометрия эмиссионного канала обеспечивает перепад давлений. В разряде между катодами, посредством плазмообразующего газа, подающегося в это пространство, формируется плазма, которая в дальнейшем проникает в область эмиссионного канала. Этому способствует дополнительный электрод 4 (анод), который выполняет роль эмиттерного электрода. Присутствие магнитного поля практически во всем объеме разрядной структуры способствует эффективной ионизации газа. В такой электродной структуре исключается стадия инициирования разряда, что отражается на форме ВАХ (рисунок 1, б). В области эмиссионного канала магнитное поле имеет продольное оси канала направление индукции и не препятствует эмиссии электронов. Извлечение электронов осуществляется через эмиссионный канал 5 в эмиттерном электроде с анодным (или близким к нему) потенциалом. Диффузия электронов в область эмиссии из области генерации плазмы осуществляется в магнитном поле с существенной поперечной компонентой вектора индукции, что в несколько ограничивает движение электронов в область эмиссионного канала и затрудняет реализацию нежелательного полного переключения электронного тока из плазмы в эмиссионный канал.

На основании проведенного анализа и предложенной электродной схемы разрядной структуры была разработана конструкция макета электронно-ионных источников, в которых осуществляется формирование потоков заряженных частиц и их ускорение в двойных электрических слоях.

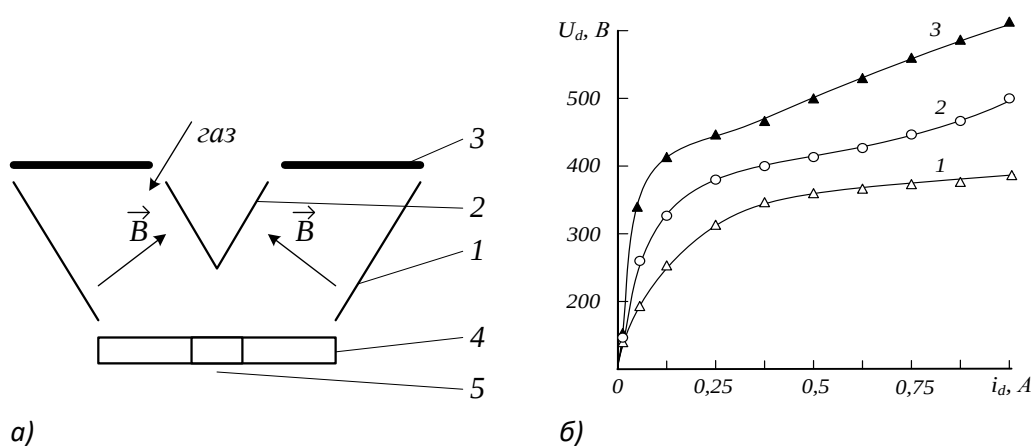


Рисунок 1. – Разряд в скрещенных $E \times H$ полях

На рисунке 2 представлен эскиз электродной структуры, где эмитирующая электроны плазма газового разряда формируется в скрещенных $E \times H$ полях. Макет представляет собой генератор эмитирующей плазмы, формируемой в объеме, ограниченном внутренними поверхностями катодов 2 и 4, анода 3 и эмиттерного электрода 5 (разрядная камера I). Электроды 6 и 7 образуют промежуток ускорения электронов, где формируется поверхность плазмы, эмитирующая электроны. Электроды 8–12 образуют газоразрядную структуру, формирующую плазму, являющуюся источником распыляющих ионов. Эта структура состоит из двух соединенных последовательно (вдоль оси) газоразрядных ячеек «пеннинговского» типа (II и III) [1]. Элементы этой структуры 9 и 11 являются анодами разрядных ячеек; элементы 8, 10 и 12 – катодами, которые одновременно являются полюсными наконечниками постоянных магнитов. Можно предполагать, что в этих ячейках обеспечивается, как осцилляция электронов между катодами, так и подобие их циклоидального движения, реализуемого в разрядах магнетронного типа.

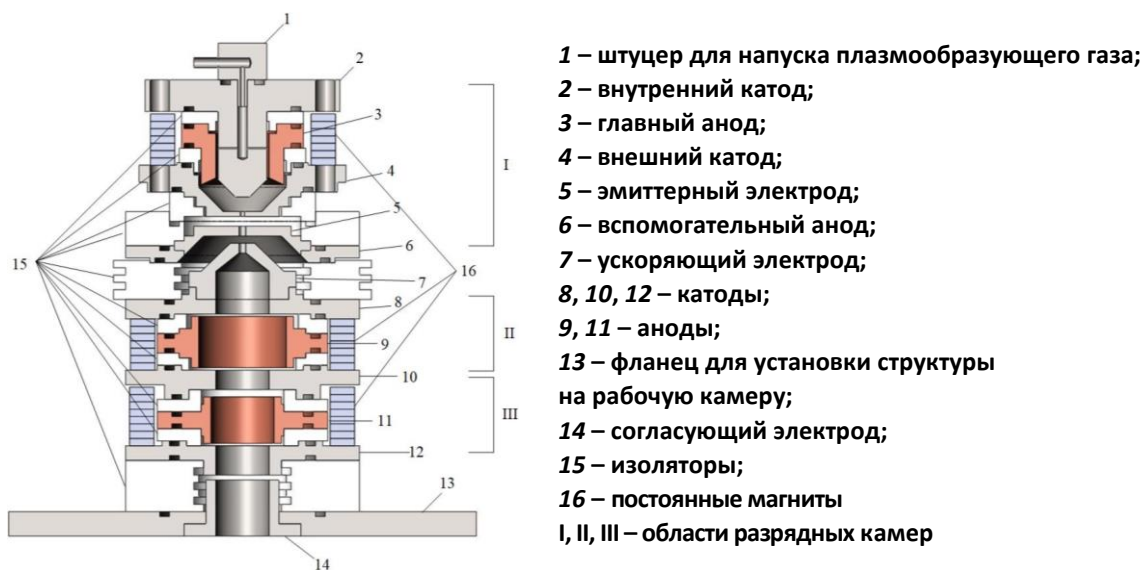


Рисунок 2. – Электродная структура источника заряженных частиц со скрещенными $E \times H$ полями

Одновременно с этим магнитное поле, формируемое катодами 8, 10 и 12 образует магнитную фокусирующую систему для ускоренного электронного пучка, распространяющегося вдоль оси этой (второй) газоразрядной структуры до выхода из источника ионно-электронного пучка в технологическую камеру. Между электродами 12 и 14 прикладывается напряжение, ускоряющее ионы до требуемой технологией энергии ионов. В то же время в этом промежутке (между электродами 12 и 14) осуществляется торможение пучка электронов, ускоренных в промежутке между электродами 6 и 7. Эмитирующая ионы поверхность плазмы, формирующаяся между электродами 12 и 14, определяет траектории как ионов, так и электронов в пространстве дрейфа электронно-ионного пучка до распыляемой мишени, а значит и определяет распределение плотностей ионного и электронного тока по поверхности мишени [2].

На рисунке 3 показана схема подключения системы электропитания к электродам разрядной камеры.

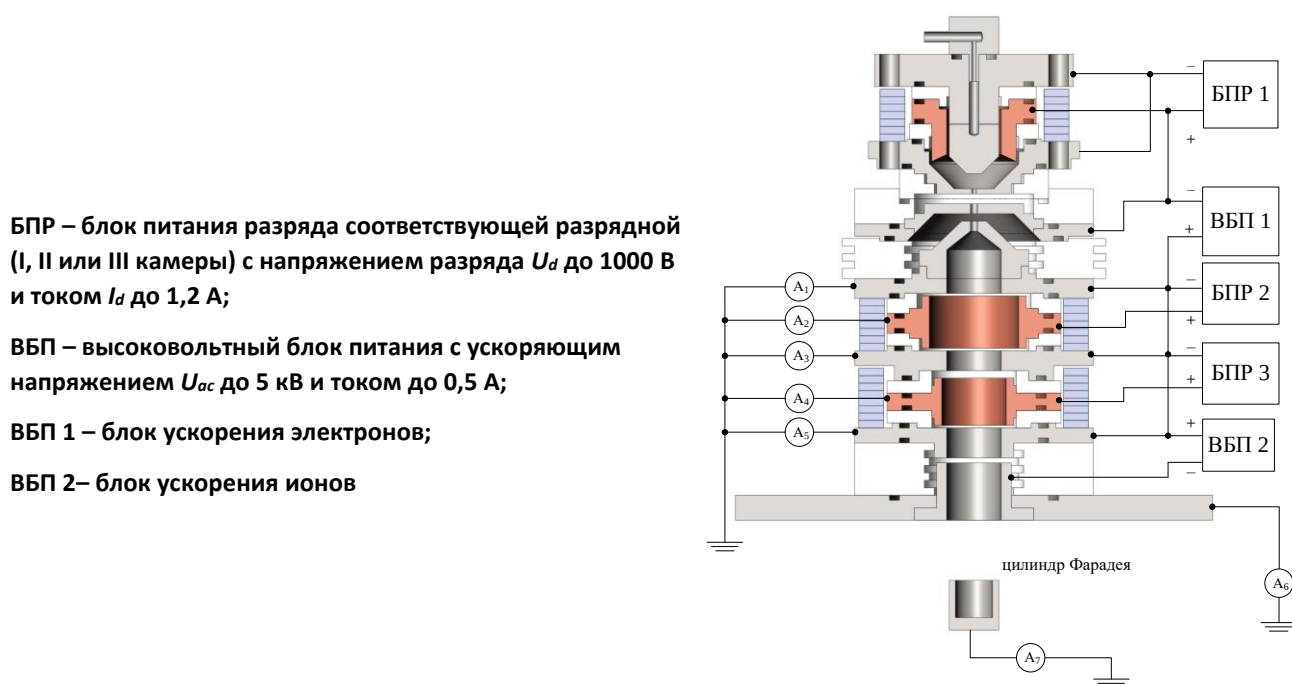


Рисунок 3. – Схема подключения электродов разрядных камер источника заряженных частиц на основе разряда в скрещенных $E \times H$ полях

Независимые системы электропитания и ускорения для каждой разрядной камеры единой структуры (рисунок 3) позволяют формировать различные режимы работы всего источника в целом [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Плазменные процессы в технологических электронных пушках / Завьялов М. А. [и др.] – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 212 с.
2. Абраменко С.Н. Возможность повышения первеанса в плазменных эмиссионных системах на основе разряда в скрещенных $E \times H$ полях / С.Н. Абраменко, Д.А. Антонович, В.А. Груздев, П.Н. Солдатенко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия С. Фундаментальные науки. – №4. – 2020. – С. 48–52.
3. Петрович, О.Н. Программный комплекс ELIS для моделирования ЭОС ПИЭЛ / О.Н. Петрович, В.А. Груздев // Прикладная физика. – 2012. – № 2. – С. 79–85.