

## Выводы

Предложена методика оценки эффективности работы телевизионного датчика для обнаружения источников загорания на основе оценки среднеквадратического отклонения координат локального максимума относительно невозмущенного состояния и последующем вычислении вероятности обнаружения источника. Эффективность данной методики проиллюстрирована на примере обоснования рациональной структуры построения датчика с точки зрения определения оптимального и допустимого пространственного разнесения приемной и передающей апертур. Данная методика может быть использована также для обоснования иных технических параметров датчика, таких как степень коллимации зондирующего излучения, размеры приемной и передающей апертур, допустимые углы падения зондирующего лазерного излучения на СВП и др.

## Литература

1. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний. – М.: Стройиздат, 1988.
2. Доля Г.Н., Живчук В.Л., Катунин А.М., Садовий К.В., Вовк А.И. О величине дисперсии флуктуаций параме-

тров лазерного излучения при обнаружении источников тления и загорания. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2007. – вып. 4/3(28) – с.17-20.

3. Доля Г.Н., Чудовская Е.С. Об угловых флуктуациях рассеянного на световозвращающем покрытии лазерного излучения в условиях турбулентной атмосферы // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2008. – вып. 4/3(34) – с.4-7.
4. Доля Г.Н., Чудовская Е.С. Телевизионный датчик для оценки состояния турбулентной атмосферы с использованием световозвращающих покрытий. // Труды 3-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития», 2008, Т.2 с.480-483, Харьков, Украина.
5. Гудмен Дж. Статистическая оптика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 528с.
6. Кравцов Ю.А., Санчев А.И. Эффекты двукратного прохождения волн в случайно-неоднородных средах // Успехи физических наук – 1982. – Том 137, вып. 3 – с.502-527.
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) – М.: Наука, 1974. – 832с.

УДК 537.24+621.384.5

# ИСТОЧНИК ЛЕНТОЧНОГО ПУЧКА ИОНОВ

**В.А. Никитинский**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра общей физики и технической механики\*

**Б.И. Журавлев**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра общей физики и технической механики\*

**А.В. Мищенко**

Студент  
Инженерно-экономический факультет\*  
Контактный тел.: 7-22-14, 8-050-572-98-44

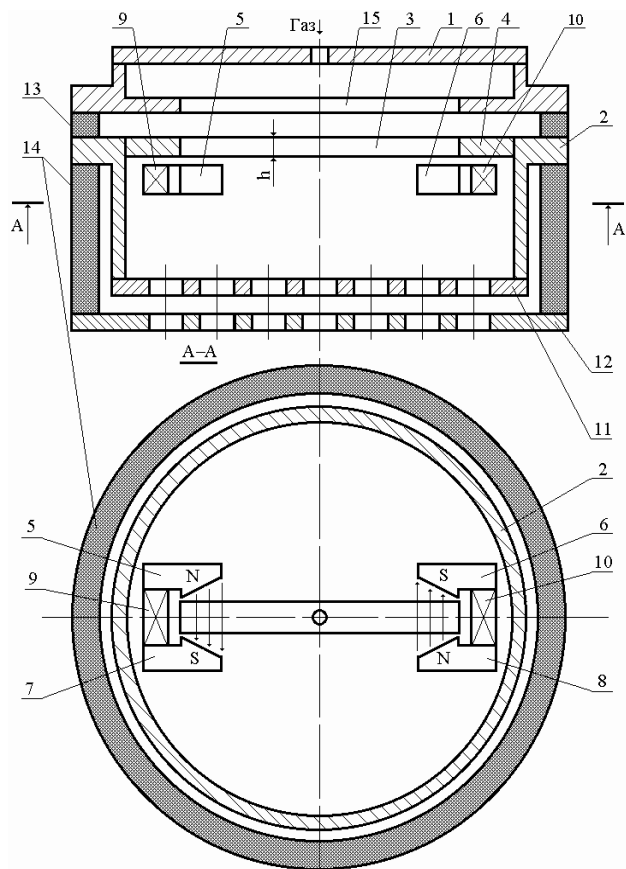
\*Институт химических технологий Восточноукраинского  
национального университета им. В.Даля, ИХТ ВНУ  
ул. Ленина, 31, г.Рубежное Луганской обл., Украина, 93009

*Приведено описание конструкции и принципа действия источника ленточного пучка ионов различных газов, включая активные. Генерация ионов осуществляется плазменно-пучковым разрядом с холодным катодом, контрагированным прямоугольной щелью с магнитным полем в ней. Источник ионов предназначен для технологических установок с ионнолучевой обработкой материалов в вакууме, применяемых в машиностроении, микроэлектронике и других отраслях промышленности*

Для технологических процессов на базе ионнолучевой обработки материалов в вакууме (в частности, очистки подложек перед нанесением на них покрытий), когда обрабатываемые изделия больших раз-

меров (100 мм и более) последовательно поступают под пучок ионов, требуются пучки прямоугольного сечения (ленточные пучки) с равномерным распределением плотности тока ионов по сечению пучка.

Разработан источник ленточного пучка ионов, конструкция которого схематически представлена на рисунке. В основу разработки положены исследования плазменно-пучкового разряда и источник на его основе, обеспечивающий пучки ионов кругового сечения [1÷6].



Источник ионов

1 — анод, 2 — полый катод, 3 — контрагирующая щель, 4 — торцевая стенка, 5÷8 — полюсные наконечники, 9 и 10 — постоянные магниты, 11 — эмиссионный электрод, 12 — ускоряющий электрод, 13 и 14 — изоляторы, 15 — анодная апертура

Источник ионов содержит анод 1, полый катод 2 с апертурой в виде прямоугольной контрагирующей щели 3 в торцевой стенке 4, обращенной к аноду 1, магнитную систему (полюсные наконечники 5÷8, постоянные магниты 9÷10). Размеры контрагирующей щели: длина — 100 мм, ширина — 2 мм, высота — 1,5 мм. Ионно-оптическая система для ускорения ионов до требуемых энергий и формирования их в пучок образована эмиссионным электродом 11 (торцевая стенка катода 2, противоположная стенке 4) и ускоряющим электродом 12. В эмиссионном 11 и ускоряющем 12 электродах выполнены соосные отверстия диаметром 2 мм, равномерно распределенные по прямоугольнику длиной 100 мм и шириной 20 мм, большая ось симметрии которого параллельна щели 3. Прозрачность перфорированной части эмиссионного электрода составляет 50%. Изоляторы 13 и 14 служат для электрической развязки электродов и для герметизации разрядной

камеры. Напуск газа (аргон, кислород и др.) осуществляется со стороны анода 1, который выполнен в виде полости со щелевой апертурой 15 (анодная апертура), соосной прямоугольной щели 3 в стенке 4, для обеспечения равномерного давления газа по всей длине контрагирующей щели 3. Откачка газа из разрядной камеры осуществляется через апертуры в электродах 11 и 12. Магнитная система с помощью постоянных магнитов 9÷10 и полюсных наконечников 5÷8 создает на краях щели 3 противоположно направленные магнитные поля, причем направления векторов магнитной индукции в каждой паре полюсов составляет с направлением от катода к аноду и от периферии щели 3 к ее центру праввинтовую систему векторов. В электродах 1, 2 и 12 выполнены каналы для принудительного охлаждения проточной водой (на рисунке не показано). Элементы магнитной системы 5÷10 экранированы от излучения разряда с целью исключения их перегрева (на рисунке не показано).

Источник работает следующим образом. После подачи напряжения порядка 600 В между катодом 2 и анодом 1 зажигается разряд с током до 0,5 А, контрагированный щелью 3. Локализации разряда на краях щели 3, как это имеет место при низких давлениях, препятствует магнитное поле, создаваемое полюсами магнитной системы и направленное поперек щели 3 (вдоль малой стороны прямоугольника щели) таким образом, чтобы электроны, ускоренные двойным электрическим слоем, возникающим с катодной стороны контрагирующей щели после зажигания разряда “закручивались” к центру щели. Поэтому направления векторов индукции магнитных полей, создаваемых на краях щели 3, должны быть противоположны. Величины магнитной индукции на краях щели определяются условием, при котором радиус траектории электронов на периферии щели 3, поступающих из полого катода 2 и ускоренных двойным электрическим слоем, не превышал бы высоту

контрагирующей щели  $h$ :  $B = \frac{m \cdot E}{q \cdot h} = \frac{1}{h} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U}{q}}$ , где  $q$

и  $m$  — заряд и масса электрона,  $v$  — скорость электрона,  $U$  — напряжение на двойном электрическом слое (порядка 100 В). Двойной электрический слой имеет форму полуцилиндра, выступающего от щели 3 в катодную полость.

При горении разряда генерируется редкая плазма в катодной полости 2 и плотная плазма (по крайней мере, плотность на порядок выше) в контрагирующей щели 3. Плотная плазма в щели отделена от катодной плазмы двойным электрическим слоем с падением напряжения в нем порядка нескольких потенциалов ионизации  $\phi_i$  газа электронным ударом ( $\phi_i \sim 40$  В). В свою очередь, катодная плазма отделена от стенок катодной полости катодным падением  $\sim 400$  В. На границу токоотбора (к эмиссионному электроду 11) обеспечивается ускоренный поток ионов из щели 3 и из катодной плазмы. При подаче напряжения между ускоряющим 12 и эмиссионным 11 электродами источником формируется ленточный пучок ( $100 \times 20$  мм<sup>2</sup>) с равномерным распределением

плотности тока ионов вдоль большой оси симметрии сечения.

Механизм генерации заряженных частиц в источнике ионов следующий. Электроны, выбиваемые со стенок полого катода (электроды 2, 4, 11) ионами из катодной плазмы и из плазмы контрагирующей щели, ускоряются электростатическим слоем у стенок и, многократно осциллируя в катодной полости (благодаря большому отношению площади поверхности полого катода к площади щели 3), ионизируют ионообразующий газ, т.е. генерируют катодную плазму. Далее электроны катодной плазмы ускоряются двойным электрическим слоем в контрагирующую щель 3, где реализованы условия для пучково-плазменных взаимодействий, а также для рассредоточения газа по всей длине щели. В контрагирующей щели 3 генерируется плотная плазма, из которой электроны преимущественно проходят через щель 15 (анодная апертура), соосную контрагирующей щели 3, в анодную полость. Эти электроны расходуют оставшуюся после генерации плотной плазмы в щели 3 энергию на “нагрев” ионообразующего газа, что приводит к повышению газовой и электрической экономичностей источника ионов по сравнению с плоским анодом.

Ионы из плотной плазмы контрагирующей щели 3 ускоряются двойным электрическим слоем и пересекают катодную полость 2 в направлении токоотбора (к эмиссионному электроду 11). Эти ионы вместе с ионами катодной плазмы ускоряются катодным падением у стенок полости и через эмиссионные отверстия выходят в ускоряющий промежуток, где дополнительно ускоряются до требуемых энергий ( $2 \div 6$  кВ) и формируются в пучок с током до 50 мА. Неравномерность плотности тока ионов в пучке на длине 100 мм не превышает 20%. Частично ионы попадают на стенки

катодной полости и участвуют в воспроизводстве первичных электронов.

### Литература

1. Стогний А.И., Никитинский В.А., Журавлев Б.И. Исследование эмиссии электронов из самостоятельного разряда низкого давления без магнитного поля // Тезисы докладов. Часть 1. 6 Всесоюзный симпозиум по сильноточной электронике. – Томск. – 1986. – С. 52–54.
2. Стогний А.И., Никитинский В.А., Журавлев Б.И. Двухкаскадный самостоятельный разряд низкого давления без магнитного поля // Журнал технической физики. – 1988. – Т. 58, № 5. – С. 993–995.
3. Журавлев Б.И., Прилепский В.В. Поликанальный разряд с полым катодом – эффективный генератор плазмы с большой эмиссионной поверхностью // 1 Всесоюзное совещание по плазменной эмиссионной электронике. – г. Улан-Удэ, Бурятский инст. естеств. наук, СО АН СССР, научный совет по проблеме «Физическая электроника». – 1990. – С. 110–112.
4. Журавлев Б.И., Прилепский В.В., Горлатов В.С. Технологический источник ионов // Журнал “Приборы и техника эксперимента”. – 1993. – № 3. – С. 215–218.
5. Никитинский В.А., Журавлев Б.И. Технологические источники ионов на основе контрагированных разрядов // Журнал “Технология и конструирование в электронной аппаратуре”. – 2006. – № 4. – С. 55–58.
6. Никитинский В.А., Журавлев Б.И., Зема А.В. Эмиттер ионов на основе трехкаскадного самостоятельного разряда // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. № 1/5. – С. 25–26.