

рефлектором. Это расстояние определяется расчетом, при этом точная регулировка при необходимости может быть осуществлена незначительным изменением питающего напряжения на нагревателе.

#### Литература

1. С.П.Бычков, Л.Л.Колесник, Ю.В.Панфилов, Ю.М. Сарапулов, М.С. Сиротский. Перспективы совместной разработки вакуумного оборудования МГТУ им. Н.Э. Баумана и АО НПО «Спецэлектромеханика - XIII Международная научно-техническая конференция "Вакуумная техника, материалы и технология» - Москва, 2018
2. Раков, Э.Г. Получение тонких углеродных нанотрубок каталитическим пиролизом на носителе /Э.Г.Раков//Успехи химии. 2007. – Т.76, №1. – С.3-26.
3. Исмагилов Р.Р. Получение и свойства углеродных тубулярных наноструктур: дис. к-татехн. наук/ Р.Р. Исмагилов. – Москва, 2011. – 121с.
4. Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов/ А.П. Карнаухов. — Новосибирск: Наука. 1999. — 470 с.

## **Металло-керамическая рентгеновская трубка нового поколения**

*Е.Д. Суманова, М.В. Гарькуша, Е.П. Шешин*

*г. Долгопрудный. ФГАОУВО «Московский физико-технический институт (НИУ)»  
mizori133@mail.ru, m.v.garkusha@gmail.com, sheshin.ep@mipt.ru*

*Предложен прототип металлокерамической рентгеновской трубки нового образца с автоэмиссионным катодом на основе остеклованного пучка углеродных волокон. Изготовлен образец данной рентгеновской трубки с наиболее оптимальными параметрами конструкции.*

*Metal-ceramic X-ray tube. E.D.Sumanova, M.V.Garkusha, E.P.Sheshin. A design is proposed for an X-Ray tube with glassed polyacrylonitrile fiber field emission cathode. The prototype X-Ray tube is manufactured and presented with the most optimal design parameters.*

### **Введение**

В настоящий момент времени использование рентгеновской аппаратуры приобрело широкий спектр. Рентгеновское излучение нашло свое применение в различных областях науки, медицины и иных областей. За счет высокой проникающей способности рентгеновского излучения, появилась возможность получать информацию о внутреннем строении веществ на микроуровне с помощью острофокусных рентгеновских трубок. Они используются для структурного анализа, микродефектоскопии, кристаллографических исследований, медицинской диагностики и т.п. На качество получаемого изображения сильно влияют многие параметры рентгеновской трубки[1]. В связи с этим в сфере острофокусной рентгеновской трубки наблюдается тенденция разработки конструкций, каждая из которых должна максимально подходить под заданные цели исследований и их требования.

Наиболее распространенный тип острофокусных рентгеновских трубок, приобретших популярность – приборы с анодом прострельного типа, на мишень которого попадают электроны, создавая наименьшее фокусное пятно при наибольшей возможной мощности(мощности, которая позволяет трубке эффективно работать не разрушая слой мишени).[2] Также существует необходимость в создании компактных трубок с отсутствующей системой охлаждения на основе данных характеристик. Это достигается заменой термоэмиссионных катодов на автоэмиссионные катоды, например, из полиакрилонитрильных (ПАН) углеродных волокон[3].

### Конструкция электронной пушки

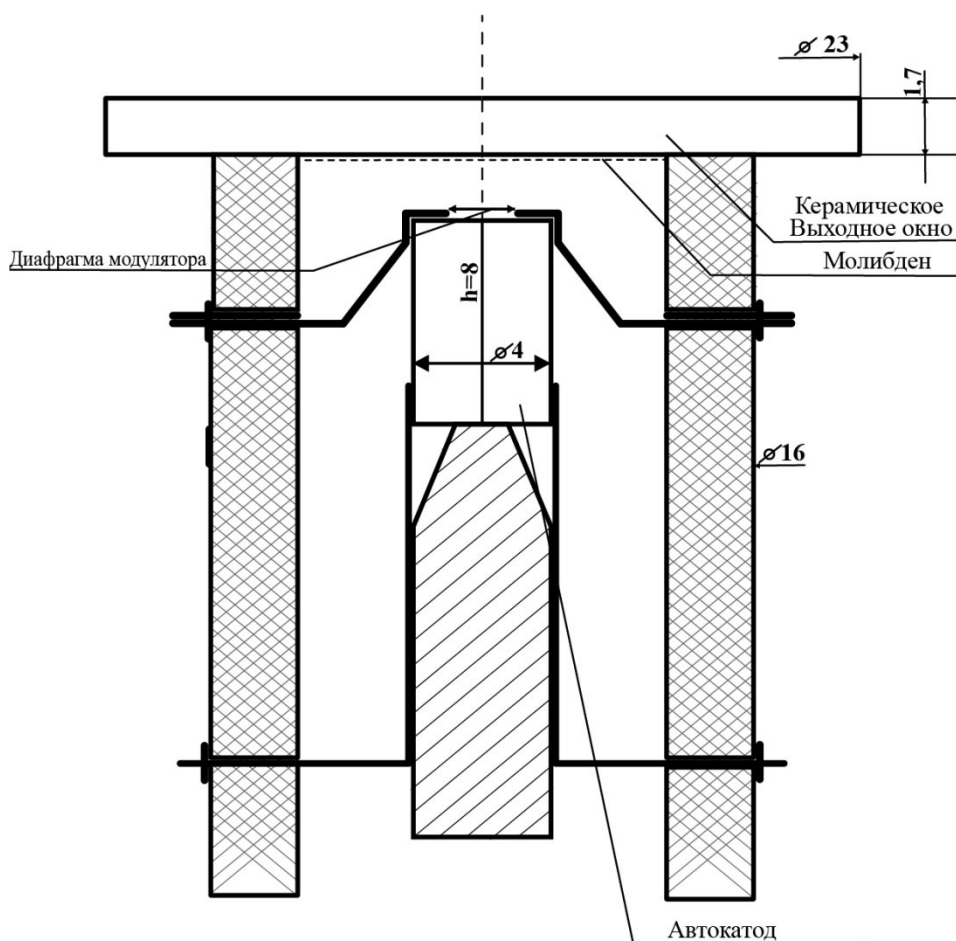
Выбирая подходящую конструкцию катодно-модуляторного узла (КМУ), было решено основываться на необходимой простоте и технологичности изготовления устройства, а также его компактности (менее 50 мм).

При проектировании электронной пушки было достигнуто практически полное отсутствие перехвата автоэмиссионного тока на управляющем модуляторе, а автоэмиссионные электроны практически лишены возможности попадания на вертикальные стенки керамической оболочки трубки. Также чтобы избежать подобного попадания электронов на стенки вблизи анода, было решено напылить дополнительный обод из алюминия [4].

Для создания высокоэффективной рентгеновской трубки необходимо, чтобы при небольших направляющих напряжениях электронная пушка давала высокий автоэмиссионный ток.

Внутри электронной пушки был использован один автоэмиссионный катод. Было учтено, что при появлении искрового разряда, острое эмиттера разрушается. Исходя из этого, в качестве материала для автоэмиссионного катода, использовались остеклованные полиакрилонитрильные углеродные волокна. Полиакрилонитрильное (ПАН) углеродное волокно имеет высокую устойчивость к процессам деградации эмиттирующей поверхности, а значит, длительный срок службы. Этот материал технологичен и удобен в обработке, что расширяет область его применения в качестве автоэмиссионного катода. Мишень на прострельном аноде сделана из молибдена, напылённого тонким ( $\leq 1$  мкм) слоем.

Мощность данной электронной пушки составляет  $\sim 1-5$  Вт.



Размеры указаны в мм.

Рис. 1. Схема электронной пушки с размерами в мм.

### **Рентгеновская трубка с автоэмиссионным катодом**

Разработанная на первом этапе электронная пушка на основе полиакрилонитрильных углеродных волокон была применена при создании рабочего прототипа рентгеновской трубки.

Нижняя часть экспериментальной рентгеновской трубки присоединена к компактному магниторазрядному насосу, который должен создавать и поддерживать вакуум нужного уровня при эксплуатации трубки. Верхняя часть выполнена из металла и керамики. Внешний вид рабочего прототипа предоставлен на рис.2.



*Рис.2. Вид рабочего прототипа рентгеновской трубки с автокатодом.*

### **Заключение**

Разработана эффективная, компактная конструкция металлокерамической рентгеновской трубки открытого типа с автоэмиссионным катодом на основе полиакрилонитрильных углеродных волокон. Преимущество данной трубки заключается в возможности работы в большом диапазоне температур окружающей среды благодаря отсутствию греющихся частей (наличие автоэмиссионного катода). Данная разработка может использоваться в широком спектре задач по исследованию структур и их диагностик. В дальнейшем от внешнего насоса можно отказаться.

### **Литература**

1. Бугаев А.С., Ерошкин П.А., Романько В.А., Шешин Е.П. Маломощные рентгеновские трубки (современное состояние) // Успехи физических наук. 2013. №7. С. 727-740.
2. Ерошкин П.А., Шешин Е.П. Электронная пушка с автоэмиссионным катодом для вакуумных приборов // Нано- и микросистемная техника. 2014. №1. С. 43-44.
3. З. Я. Лвин, Е. П. Шешин, Н. Ч. Чжо, Л. Н. Вин, М. М. Мье Углеродные материалы для автоэмиссионных приборов на их основе // Труды МФТИ. 2018. Т.10. №2(38). С. 31-46
4. Ерошкин П.А., Шешин Е.П. Электронная пушка для рентгеновской трубки с автоэмиссионным катодом // Труды МФТИ. 2014. Т.6. №1(21). С. 46-53.