

УДК 621.38

**ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА И СПОСОБЫ ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ
ELECTRON GUN AND METHODS OF ITS APPLICATION**

В.А. Кирикович, О.В. Лебедева

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г.Минск,

V. Kirikovich, O. Lebedeva

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian National Technical University, Minsk

Аннотация: В статье рассматривается принцип работы электронной пушки. Проведен анализ конструктивно-технических особенностей построения, классификация по способу генерации электронов, указаны сферы применения на практике.

Abstract: The article discusses the principle of operation of an electronic gun. The analysis of the structural and technical features of the construction, classification according to the method of electron generation, the scope of application in practice are indicated.

Ключевые слова: пучок ускоренных электронов; вакуум; ускорительная техника; эмиссия.

Keywords: accelerated electron beam; vacuum; accelerator technology; emission.

Введение

Уже в начале XIX века было известно, что распространение электромагнитного излучения происходит со скоростью света. Однако англичанин Джозеф Томсон, проводя опыты с катодными лучами, заключил, что они состоят из множества мелких крупиц, масса которых меньше атомной. Это открытие подтолкнуло развитие не только физической, но и химической науки. Оно позволило значительно продвинуться в изучении электричества и магнетизма, свойств веществ, а также дало начало ядерной физике.

Электроны – это наиболее легкие частицы, обладающие электрическим зарядом.

Электронное излучение – корпускулярное ионизирующее излучение, состоящее из потока свободных электронов. В медицине электронное излучение используют для электронной терапии, радиоизотопной диагностики, а также в медико-биологических исследованиях, в том числе проводимых с помощью электронной микроскопии [4]. Основой электроннолучевых технологий является электронная пушка.

Основная часть

Электронной пушкой является устройство для получения потоков (пучков) электронов в объёме, из которого удалён воздух (в вакууме). Электроны в электронной пушке вылетают из катода и ускоряются электрическим полем. Испускание электронов из катода происходит главным образом в процессах термоэлектронной эмиссии, эмиссии из плазмы, автоэлектронной эмиссии и фотоэлектронной эмиссии, формирование заданного распределения

электронного пучка на выходе из электронной пушки осуществляется подбором конфигурации и величины электрического и магнитного полей и является предметом электронной оптики.

Термин электронная пушка применяют как к устройствам для формирования высокоинтенсивных электронных пучков, так и к более простым совокупностям электродов для получения пучков малой интенсивности (используемых в клистронах, магнетронах, электроннолучевых приборах); последние часто называются электронными прожекторами [1].

Схема электронной пушки показана на рисунке 1.

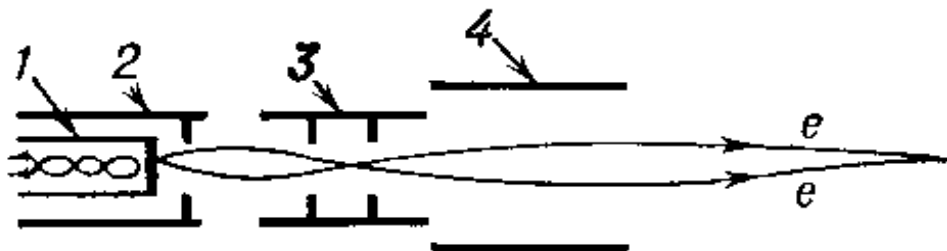


Рисунок 1 – Схема электронной пушки: 1 – катод; 2 – модулятор; 3 – первый анод; 4 – второй анод; e – траектории электронов

Электронная пушка начинается с небольшого нагревателя, который очень похож на горячую яркую нить накаливания обычной лампочки. Он нагревает катод, который испускает облако электронов. Два анода превращают облако в электронный пучок:

- Ускоряющий анод притягивает электроны и ускоряет их в стороне экрана.
- Анод фокусировки поворачивает поток электронов в тонкий луч [2].

Электронные пушки, применяемые в ускорительной технике, можно разделить по способу генерации электронов на несколько видов.

Электронные пушки с термоэлектронной эмиссией. Термоэмиссионные катоды, имеющие долгую историю разработки и использования, являются наиболее практичными источниками для приложений, которые требуют длительного срока службы и низкой скважности. Принцип работы пушек с термоэлектронной эмиссией следующий: катод нагревается с помощью специального нагревательного узла до высокой температуры ~ 1000 С°. Электроны, эмитируемые катодом, составляют высокоэнергетичный хвост распределения Максвелла, с энергией, достаточной, чтобы преодолеть потенциальный барьер поверхности материала катода. Стандартными для ускорительных применений являются диспенсерные катоды, которые состоят из пористой подложки из тугоплавкого металла, содержащей соединения активных металлов (преимущественно, барий). В процессе работы диспенсерного катода барий диффундирует к поверхности, уменьшая работу выхода. (Строение электронной пушки с термоэлектронной эмиссией, рисунок 2.

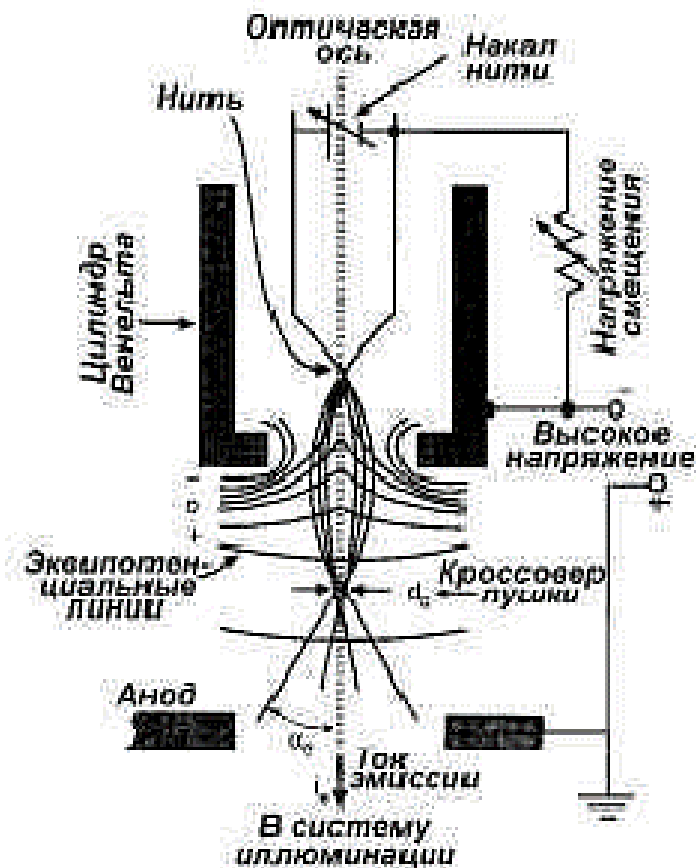


Рисунок 2 – Схема электронной пушки

Электронные пушки с фотоэмиссией. Фотоэмиссионные катоды долго использовались в электрооптических устройствах при низкой плотности тока. Появление высокоинтенсивных импульсных лазеров побудило к разработке фотокатодов для электронных пучков с высокой энергией и яркостью. Принцип работы фотокатода следующий: импульсы мощного лазерного излучения вырывают электроны с поверхности катода из материала с низкой работой выхода. Электронные пушки с фотоэмиссией имеют некоторые преимущества по сравнению с термоэлектронными. Среди них отсутствие нагревателя, что упрощает конструкцию пушки; более высокие значения максимальной плотности тока; большая яркость пучка, так как электроны имеют гораздо меньшие средние поперечные импульсы. Недостатки фотокатодов: наличие сложной лазерной системы; высокие требования к вакууму в пушке; невозможность работы с большими плотностями тока при низкой скважности из-за высокой средней мощности лазерного излучения. (Строение электронной пушки с фотоэмиссией рисунок 3)

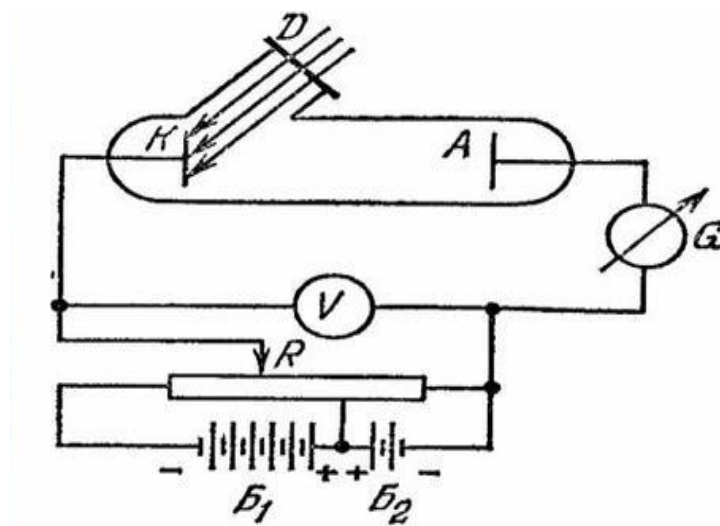


Рисунок 3 – Строение электронной пушки с фотоэмиссией

Электронные пушки с автоэмиссией. На поверхности металлического катода при изготовлении формируются микровыступы, на которых под действием сильного электрического поля происходит взрывная автоэмиссия, приводящая к резкому нагреву микровыступов и формированию плазмы вблизи них. Так как работа выхода плазмы равна нулю, электронные пушки с автоэмиссией могут обеспечивать плотность тока свыше 1000 А/см^2 [3]. (Строение электронной пушки с автоэмиссией рисунок 4)

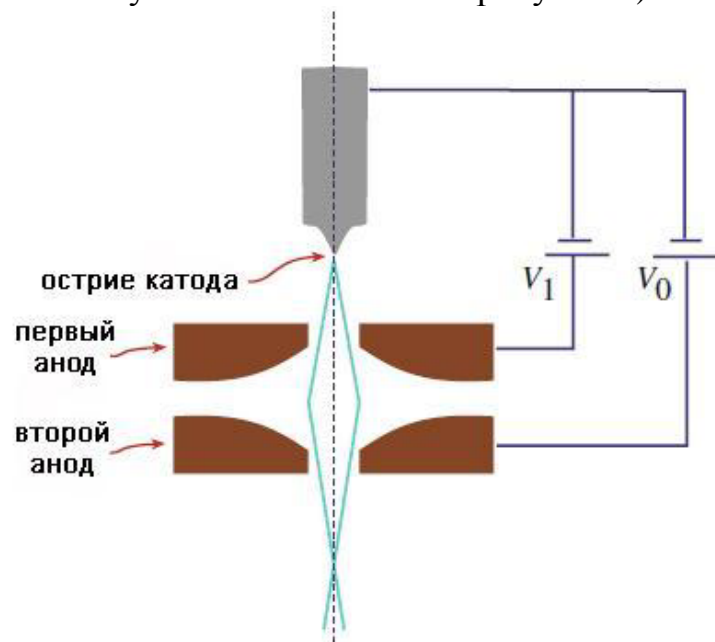


Рисунок 3 – Строение электронной пушки с автоэмиссией

Области применения электронной пушки:

- СВЧ-приборы
- электронные микроскопы
- ускорители заряженных частиц
- кинескопы
- электронно-лучевые трубки
- создание термического воздействия на металлы и сплавы

Заключение

В настоящее время наиболее распространенное применение электронных пушек сведено к соединению двух металлов на их стыке при помощи напыления и сварки нескольких материалов. Отличительными качествами электронно-лучевой сварки по сравнению с обычной являются: отсутствие деформаций и большая чистота шва, возможность сваривания деталей из различного материала и размера, а также автоматизации процесса. Качество обработки свариваемой поверхности, при помощи лучей, испускаемых электронно-лучевыми пушками, не зависит, от механических свойств самого материала. Это позволяет обрабатывать поверхности любой твердости, например: керамику; драгоценные металлы; кварц и многие другие.

Литература

1. Электронная пушка. gufo.me // Режим доступа: https://gufo.me/dict/bse/Электронная_пушка – Дата доступа: 22.10.2021
2. Как работает электронная пушка внутри телевизора и почему ее называют «электронной пушкой»? howstuffworks // Режим доступа: <https://electronics.howstuffworks.com/question694.htm> – Дата доступа: 22.10.2021
3. Stanley Humphries, Jr., Charged particle beams. John Wiley and Sons, 1990. P. 288. – Дата доступа: 22.10.2021
4. Электроны. fb.ru // Режим доступа: <https://fb.ru/article/316019/elektronyi---eto-chto-svoystva-i-istoriya-otkryitiya-elektronov> – Дата доступа: 22.10.2021