

Изобретение относится к электронным вакуумным приборам сверхвысокой частоты, а именно - к магнетрону.

Известен магнетрон (US, А, 3109123), содержащий анод, катод, в котором для концентрации электрического поля часть поверхности выполнена в виде дисков с заостренным краем с расположенным на нем множеством тонких проволочек. В этом же магнетроне также для концентрации электрического поля предложена специальная форма экранов, а также - подача на эти экраны различных потенциалов относительно стержня катода. В указанном магнетроне без электроразрядного процесса невозможно его возбуждение только за счет наличия острых краев и множества проволочек, не обеспечивающих необходимую автоэлектронную эмиссию. Кроме того, в процессе работы магнетрона не может быть обеспечена стабильная автоэлектронная эмиссия, так как изменяется форма острых кромок и ухудшается так называемый коэффициент в форм-фактора, что приводит к уменьшению напряженности электрического поля.

Известен также магнетрон (FR, А, 1306999), содержащий анод и размещенный коаксиально внутри него катод, выполненный в виде стержня с расположенными на его поверхности чередующимися элементами, обеспечивающими первичную и вторичную эмиссии. Причем, в данном магнетроне элементы, обеспечивающие первичную и вторичную эмиссии выполнены в виде нанесенных на поверхность катода чередующихся полосами различных эмиссионно-активных веществ, обеспечивающих соответственно первичную и вторичную эмиссию.

При этом не указана величина напряженности электрического поля на элементах, обеспечивающих первичную эмиссию, которая необходима для холодного возбуждения магнетрона. Расчеты электрического поля на катоде для магнетронов миллиметрового и сантиметрового диапазонов волн при анодном напряжении от единиц киловольт до нескольких десятков киловольт показывают, что напряженность электрического поля не превышает значения $5 \cdot 10^5$ В/см. Величина же напряженности электрического поля, необходимая для автоэлектронной эмиссии должна быть порядка 10^7 В/см при самой минимальной работе выхода эмиттирующего элемента. Напряженность электрического поля равная $5 \cdot 10^5$ В/см недостаточна для автоэлектронной эмиссии, поэтому покрытие в виде лент или колец, параллельных или перпендикулярных оси катода, предназначенных для эмиссии электронов, не может обеспечить необходимую автоэлектронную эмиссию для запуска магнетрона. Наличие двух разных покрытий, обеспечивающих эмиссию электронов в холодном состоянии и вторичноэлектронную эмиссию, не может быть стабильным во времени при работе магнетрона, так как имеет место перенос активного вещества с катода на анод, а также обратный процесс - перенос активного вещества с анода на катод, и, как следствие, образование однородносмешанного покрытия по всей поверхности катода. Таким образом не обеспечивается автоэлектронное (холодное) возбуждение магнетрона. В случае возможного холодного возбуждения магнетрона за счет электроразрядных процессов происходит быстрое разрушение поверхности катода, покрытого эмиссионноактивными веществами, вследствие его бомбардировки отрицательными ионами. Таким образом, данный магнетрон не обеспечивает мгновенного запуска (с первого импульса) без предварительного разогрева катода или без подачи входного (возбуждающего) сигнала и не может быть надежным и долговечным.

В основу изобретения положена задача создания магнетрона с таким конструктивным и технологическим его выполнением и с соответствующим выбором совместимых материалов элементов, обеспечивающих первичную и вторичную эмиссию, в котором за счет создания напряженности электрического поля, необходимой для получения автоэлектронной эмиссии, достаточной по величине для возбуждения магнетрона обеспечивается мгновенный запуск (с первого импульса) без предварительного разогрева катода, увеличивается его срок службы, повышается надежность самого магнетрона и передающего устройства, в котором он используется.

Поставленная задача решается тем, что в магнетроне, содержащем анод и коаксиально размещенный внутри него катод, выполненный в виде цилиндрического стержня с расположенными на его поверхности чередующимися элементами, обеспечивающими первичную и вторичную эмиссии, согласно изобретению, элементы, обеспечивающие первичную и вторичную эмиссии, выполнены в виде, соответственно, по меньшей мере одного плоского диска с центральным отверстием из свертонкой фольги тугоплавкого металла и по меньшей мере одной цилиндрической втулки из эмиссионноактивного материала, установленных соосно, при этом наружный диаметр плоского диска больше наружного диаметра цилиндрической втулки на величину, находящуюся в пределах от 0,1 до 0,2 величины межэлектродного зазора, а торцы соседних плоского диска и цилиндрической втулки примыкают друг к другу.

Такое расположение плоского диска относительно цилиндрической втулки обеспечивает достаточно высокую концентрацию электрического поля на кромке диска за счет коэффициента β форм-фактора и надежное возбуждение магнетрона. Выполнение в плоском диске центрального отверстия и установка его и цилиндрической втулки соосно обеспечивает то, что элемент, обеспечивающий первичную эмиссию, выступает над поверхностью элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию, по всей окружности равномерно. Выполнение наружного диаметра элементов, обеспечивающих первичную эмиссию, больше наружных диаметров элементов, обеспечивающих вторичную эмиссию на величину большую, чем 0,2 от величины межэлектродного зазора, приводит к тому, что, элемент, обеспечивающий первичную эмиссию оказывается вне облака пространственного заряда и происходит его разрушение, а также происходит нестабильная работа в виде искрения магнетрона. Если выступающий участок элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, меньше величины 0,1 от величины межэлектродного зазора, то в этом случае не обеспечивается заданная величина напряженности электрического поля, необходимая для получения автоэлектронной эмиссии.

Таким образом выполнение элементов, обеспечивающих первичную и вторичную эмиссию в заданном виде и из заданных материалов обеспечивает за счет создания напряженности электрического поля, необходимой для получения автоэлектронной эмиссии, достаточной по величине для возбуждения магнетрона и его мгновенный запуск (с первого импульса) без предварительного разогрева катода, увеличение срока службы магнетрона, повышение надежности самого магнетрона и передающего

устройства, в котором он используется.

Целесообразно, чтобы элемент, обеспечивающий первичную эмиссию был выполнен в виде пяти плоских дисков, а элемент, обеспечивающий вторичную эмиссию был выполнен в виде четырех цилиндрических втулок из эмиссионноактивного материала.

Наличие большего числа плоских дисков приводит к уменьшению расстояния между ними и уменьшению напряженности электрического поля из-за взаимного шунтирования соседних плоских дисков.

Предпочтительно, чтобы торцы каждой цилиндрической втулки имели вид усеченного конуса примыкающего своим меньшим основанием к торцу соответствующего плоского диска, а диаметр большего основания являлся бы наружным диаметром цилиндрической втулки.

При примыкании с двух сторон к сторонам элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, элементов, обеспечивающих вторичную эмиссию, с торцами, выполненными в виде усеченного конуса, образуется кольцевая канавка. Кольцевая канавка уменьшает экранирующее действие элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию, при этом напряженность электрического поля увеличивается.

Также целесообразно, чтобы торцы соседних плоского диска и цилиндрической втулки примыкали друг к другу через плоскую цилиндрическую защитную шайбу из тонкой фольги тугоплавкого металла, при этом толщина плоской цилиндрической защитной шайбы больше толщины плоского диска по меньшей мере от пяти до десяти раз.

Наличие защитных шайб позволяет исключить разрушение элементов, обеспечивающих первичную эмиссию, вследствие механического и химического воздействия на них элементов, обеспечивающих вторичную эмиссию. При этом выполнение защитной шайбы из тонкой фольги тугоплавкого металла с толщиной больше толщины диска по меньшей мере от пяти до десяти раз обеспечивает надежную защиту диска от разрушения вследствие физико-химических процессов, происходящих в месте контакта диска с эмиссионноактивной цилиндрической втулкой.

Целесообразно, чтобы элемент, обеспечивающий первичную эмиссию, был бы выполнен из одного из тугоплавких металлов Ta, Nb, W.

Выполнение элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, из одного из тугоплавких металлов Ta, Nb, W позволяет стабилизировать автоэлектронную эмиссию.

Целесообразно, чтобы элемент, обеспечивающий первичную эмиссию, был выполнен из сплава вольфрама и тантала.

Применение сплавов из тугоплавких металлов для элементов, обеспечивающих первичную эмиссию, позволяет стабилизировать автоэлектронную эмиссию и обеспечить их формоустойчивость.

Данное изобретение позволяет за счет создания напряженности электрического поля, необходимой для получения автоэлектронной эмиссии, достаточной по величине для возбуждения магнетрона, обеспечить мгновенный запуск (с первого импульса) без предварительного разогрева катода, увеличить срок службы магнетрона, повысить надежность самого магнетрона и передающего устройства, в котором он используется. Данное изобретение позволяет создать безнакальные магнетроны с автоэлектронным возбуждением в двух, трех сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн на различные высокочастотные импульсные мощности. Эти магнетроны характеризуются мгновенной готовностью (готовность с первого импульса), высокой надежностью и долговечностью более десяти тысяч часов, возможностью безынерционного перехода с режима с малым коэффициентом заполнения на режим с большим коэффициентом заполнения и наоборот, высокой экономичностью ввиду отсутствия потребления мощности в цепи накала. Использование таких магнетронов в передающих устройствах позволяет существенно упростить их схему, уменьшить габариты и массу, так как из схемы исключаются около пятидесяти радиокомпонентов.

В дальнейшем изобретение поясняется конкретными примерами выполнения и чертежами, на которых:

фиг. 1 изображает общий вид магнетрона, его рабочей части, с одним элементом, обеспечивающим первичную эмиссию, и одним элементом, обеспечивающим вторичную эмиссию, продольный разрез, согласно изобретению;

фиг. 2 изображает общий вид магнетрона, его рабочей части, с одним плоским диском и двумя цилиндрическими втулками, продольный разрез;

фиг. 3 изображает общий вид магнетрона, его рабочей части, с пятью плоскими дисками и четырьмя цилиндрическими втулками, продольный разрез;

фиг. 4 изображает участок магнетрона, на котором показаны части элементов, обеспечивающих вторичную эмиссию, торцы которых имеют вид усеченного конуса, продольный разрез;

фиг. 5 изображает участок магнетрона, на котором показан один плоский диск и части двух элементов, обеспечивающих вторичную эмиссию, торцы которых имеют вид усеченного конуса, и защитные шайбы, продольный разрез;

фиг. 6 изображает общий вид магнетрона, его рабочую часть, с тремя плоскими дисками и двумя цилиндрическими втулками, примыкающими друг к другу через защитные шайбы, продольный разрез.

Магнетрон, его рабочая часть, содержит анод 1 (фиг. 1) и коаксиально размещенный внутри него катод, выполненный в виде цилиндрического полого стержня 2 с расположенными на его поверхности чередующимися элементами, обеспечивающими первичную и вторичную эмиссии, примыкающими своими торцами друг к другу. Элемент, обеспечивающий первичную эмиссию, выполнен в виде по меньшей мере одного плоского диска 3 с центральным отверстием из сверхтонкой фольги тугоплавкого металла. В данном случае элемент, обеспечивающий первичную эмиссию, выполнен в виде одного плоского диска 3 с толщиной от долей микрона до нескольких микрон, изготавливаемых методом штамповки или электроэрозии. Элемент, обеспечивающий вторичную эмиссию, выполнен в виде по меньшей мере одной цилиндрической втулки 4 из эмиссионноактивного материала, установленной соосно с диском 3 и стержнем 2. В данном случае элемент, обеспечивающий вторичную эмиссию, выполнен в виде одной цилиндрической втулки 4. В качестве элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию, могут быть использованы импрегнированные катоды, а также катоды на основе сплавов металлов, включая металлы платиновой группы Pt, Ir, Os, Ru, Rh, Pd с

добавками активаторов в виде одного или нескольких элементов щелочноземельных металлов (Ba, Sr, Ca). На цилиндрическом полом стержне 2, который может быть выполнен из молибдена или другого тугоплавкого металла или их сплавов, расположены соосно с ним два фокусирующих экрана 5. Один фокусирующий экран 5 расположен со стороны цилиндрической втулки 4, а другой фокусирующий экран 5 расположен со стороны плоского диска 3.

Наружный диаметр диска 3 больше наружного диаметра цилиндрической втулки 4 на величину, находящуюся в пределах от 0,1 до 0,2 величины межэлектродного зазора. На фигуре 1 также обозначено:

h - высота, на которую выступает край элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, над поверхностью элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию;

d - наружный диаметр элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию;

D - диаметр анода 1.

Пунктирными линиями показана условно концентрация электрического поля на тонком крае диска 3.

Функциональным участком элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, является его тонкий край, выступающий над поверхностью элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию, на высоту h. Высота h выбирается из условия: она должна быть равна или меньше эффективного размера облака синхронного пространственного заряда в магнетроне над поверхностью цилиндрической втулки 4 из эмиссионноактивного материала и выражается формулой:

$$h \leq \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{1}{1 - 2 \frac{\omega_1}{\omega_2}}} - 1 \right) \quad (1).$$

где d - наружный диаметр элемента, обеспечивающего вторичную электронную эмиссию;

ω_1 и ω_2 - круговая синхронная и циклотронная частоты, соответственно, при этом

$$\omega_1 = 2 \pi \frac{f_0}{n},$$

где f_0 - генерируемая частота,

n - номер вида колебаний (для "π" - вида $n = \frac{N}{2}$, где N - число резонаторов магнетрона), а

$$\omega_2 = \frac{e}{m} B,$$

где e и m - заряд и масса свободного электрона соответственно, а

B - индукция постоянного магнитного поля.

Для магнетронов различной конструкции значения h обычно составляют от 0,1 до 0,2 от величины

межэлектродного зазора, равного $\frac{D-d}{2}$, где D - диаметр анода магнетрона, а d - наружный диаметр элемента, обеспечивающего вторичную электронную эмиссию.

Конструктивное выполнение рабочей части магнетрона, изображенного на фиг. 2 аналогично выполнению части магнетрона, изображенного на фиг. 1. Отличие заключается лишь в том, что магнетрон, изображенный на фиг. 2 имеет два элемента, обеспечивающих вторичную эмиссию, примыкающих торцами к торцам диска 3. При этом фокусирующие экраны 5 установлены со стороны других торцов элементов, обеспечивающих вторичную эмиссию.

На фиг. 3 изображена рабочая часть магнетрона, имеющего пять плоских дисков 3 и четыре цилиндрические втулки 4, конструктивное выполнение которой аналогично конструктивному выполнению рабочей части магнетрона, изображенного на фиг. 1. Отличие заключается лишь в том, что один фокусирующий экран 5 (фиг. 3) установлен со стороны первого диска 3, а второй фокусирующий экран 5 установлен со стороны последнего диска 3. Таким образом, в зависимости от типа магнетрона и его конструкции, а также от значения тока возбуждения, элемент, обеспечивающий первичную эмиссию, может быть выполнен из нескольких дисков 3. При постановке нескольких таких дисков 3 минимальное расстояние l между ними с целью ослабления их взаимной экранировки определяется как:

$$l = (4 - \delta) h \quad (2).$$

где h - высота выступающего края диска 3, значение которой определяется из выражения (1). При соблюдении этого условия ток запуска может быть уменьшен не более, чем на 10% своего максимального значения, представляющего собой сумму токов, примыкающих по отдельным дискам 3 без учета их взаимного экранирования. Наличие пяти или более дисков 3, если это допускают продольные размеры анода 1 и соответственно катода позволяет существенно увеличить надежность автоэлектронного возбуждения магнетрона.

На фиг. 4 изображен участок рабочей части магнетрона, показывающий выполнение торцов цилиндрической втулки 4 в виде усеченного конуса, примыкающего своим меньшим основанием к торцу диска 3. При этом диаметр большего основания является наружным диаметром втулки 4.

На фигуре 5 изображен участок рабочей части магнетрона, конструктивное выполнение которого аналогично конструктивному выполнению участка, изображенного на фигуре 4. Отличие заключается лишь в том, что торцы соседних плоских дисков 3 (фиг. 5) и втулок 4 примыкают друг к другу через плоскую цилиндрическую защитную шайбу 6, каждая шайба 6 выполнена из тонкой фольги тугоплавкого металла. Толщина шайбы 6 больше толщины диска 3 по меньшей мере от пяти до десяти раз. Преимущественно шайбы 6 изготовляют из вольфрама толщиной от 15 до 30 мкм.

Конструктивное выполнение рабочей части магнетрона, изображенного на фиг. 6, аналогично выполнению части магнетрона, изображенного на фиг. 1. Отличие заключается лишь в том, что магнетрон, изображенный на фигуре 6, содержит три диска 3, две втулки 4 и четыре шайбы 6. При этом экраны 5

установлены со стороны первого и последнего дисков 3, а шайбы 6 установлены между соседними диском 3 и втулкой 4. Шайбы 6 установлены с целью защиты дисков 3 от возможности их разрушения в результате химического и физического взаимодействия с материалом втулок 4. Например, при использовании в качестве элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, танталовой фольги, а в качестве элемента, обеспечивающего вторичную эмиссию, - сплава палладий-барий, может быть установлена защитная шайба 6 из вольфрама.

Данный магнетрон работает следующим образом.

Между однопроводным вводом и корпусом магнетрона подается анодное напряжение (ввод и корпус на фигурах не показаны). Ток возбуждения магнетрона обеспечивается автоэлектронной эмиссией с обращенного к аноду 1 (фиг. 1) края элемента, обеспечивающего первичную эмиссию, вызываемой сильным электрическим полем за счет приложенного анодного напряжения (разность потенциалов между катодом и анодом 1). Эмиттируемые указанным элементом электроны, ускоряясь и меняя направление движения под действием сверхвысокочастотного электромагнитного поля, частично попадают на элемент, обеспечивающий вторичную эмиссию, и выбивают вторичные электроны, которые, в свою очередь, лавинно размножаясь, обеспечивают основной рабочий ток магнетрона.

Работа магнетронов, изображенных на фигурах 2-6, аналогична работе магнетронов, изображенной на фиг. 1.

Таким образом, данное изобретение позволяет за счет создания напряженности электрического поля, необходимой для получения автоэлектронной эмиссии, достаточной по величине для возбуждения магнетрона, обеспечить мгновенный запуск магнетрона с первого импульса без предварительного разогрева катода.

Изобретение может быть использовано в локаторах, самолетной, корабельной, космической, ракетной и другой технике.