

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042810**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.28

(51) Int. Cl. **H05H 3/06 (2006.01)**

(21) Номер заявки
202193091

(22) Дата подачи заявки
2021.12.09

(54) **ИМПУЛЬСНЫЙ НЕЙТРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР**

(31) **2021134590**

(56) RU-U1-174178
RU-C1-2603016
US-B2-9155185
US-A-3417245

(32) **2021.11.26**

(33) **RU**

(43) **2023.03.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ИМ.
Н.Л. ДУХОВА" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Бобылев Владимир Тимофеевич,
Брагин Сергей Иванович, Кузнецов
Юрий Павлович, Юрков Дмитрий
Игоревич (RU)**

(74) Представитель:

Ульянин О.В. (RU)

(57) Изобретение относится к устройствам импульсных излучателей-генераторов разовых или многократных импульсов нейтронного и рентгеновского излучения и представляет собой импульсный нейтронный генератор. Импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе, залитом жидким диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку со схемой питания ионного источника и схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, сопротивление смещения, дроссель, нагрузочное сопротивление, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на замкнутом магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном, и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой, вакуумно-герметичный корпус нейтронной трубки выполнен в виде двух полых цилиндров из керамического материала с объемным электрическим сопротивлением, величина которого определяется сопротивлением нагрузки, и сопротивлением смещения, при этом один цилиндр - сопротивление нагрузки вакуумно-герметично присоединено к анодному и сеточному электродам нейтронной трубки, а другой цилиндр - сопротивление смещения - к сеточному и мишенному электродам, и имеют с ними электрический и тепловой контакт. Техническим результатом изобретения является уменьшение габаритов, веса, повышение надежности работы импульсного нейтронного генератора.

B1

042810

042810

B1

Изобретение относится к области физического приборостроения, в частности к источникам нейтронного излучения, и предназначено для использования при разработке нейтронных и рентгеновских генераторов.

Известен скважинный импульсный нейтронный генератор, содержащий вакуумную нейтронную трубку со схемой питания ионного источника вакуумной нейтронной трубки и схемой формирования ускоряющего импульса, состоящей из двух высоковольтных трансформаторов, конденсатора накопительного, конденсатора источника ионов нейтронной трубки и зарядного дросселя, размещенных в герметичном корпусе, в котором все элементы электрической схемы питания вакуумной нейтронной трубки выполнены в виде тел вращения с центральными отверстиями, соединены между собой механически и электрически с помощью резьбовых электрических контактов с центральными отверстиями, а с вакуумной нейтронной трубкой - через чашеобразные резьбовые втулки с центральным и боковыми отверстиями, установленные на мишени и аноде вакуумной нейтронной трубки, вакуумная нейтронная трубка и электрическая схема питания помещены в полый тонкостенный цилиндр с наружным диаметром, меньшим внутреннего диаметра герметичного корпуса, между наружной стенкой тонкостенного цилиндра и внутренней стенкой герметичного корпуса образована наружная полость, заполненная жидким диэлектриком, сообщающаяся с внутренней полостью, образованной центральными отверстиями в охлаждаемых элементах электрической схемы питания вакуумной нейтронной трубки. Патент Российской Федерации № 2368024, МПК G21G 4/02, 20.09.2009.

Недостатком этого генератора являются ограниченный ресурс работы трубки из-за отсутствия антидинаatronной сетки, т.е. системы подавления вторичной электронной эмиссии, возникающей в результате бомбардировки мишени трубки ионами дейтерия. Следствием этого является быстрый выход из строя ионного источника трубки и малый срок службы трубки.

Известен импульсный нейтронный генератор на вакуумной нейтронной трубке, содержащий в металлическом корпусе, залитом жидким диэлектриком, нейтронную трубку со схемой питания ее ионного источника и формирователь импульсов ускоряющего напряжения, выполненный по биполярной схеме питания, накопительный конденсатор, сопротивление смещения. Авторское свидетельство СССР №708939, МПК H05G1/00, 30.04.1994.

В этом генераторе существует система подавления вторичной электронной эмиссии в виде сеточного электрода на нейтронной трубке и сопротивления смещения расположенного на торце мишенного электрода, однако в известном генераторе сопротивление смещения намотано на отдельном каркасе из изоляционного материала и является самостоятельным конструктивным элементом, для размещения которого требуется место.

Кроме того, при длительной работе генератора и выработке ресурса иногда происходит несрабатывание источника ионов нейтронной трубки. Сопротивление нейтронной трубки в таком режиме составляет сотни МОм, при этом возникает режим "холостого хода" высоковольтного трансформатора, а напряжение на его вторичной обмотке достигает величины от 200 до 220 кВ.

Для исключения электрического пробоя необходимо усилить изоляцию, что увеличивает габаритно-массовые характеристики генератора.

Известен импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе, залитом жидким диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку со схемой питания ионного источника и схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающую накопительный конденсатор, сопротивление смещения, дроссель, нагрузочное сопротивление, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на замкнутом магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой. Патент РФ №174178, МПК H05H 3/06, 05.10.2017. Данное техническое решение принято в качестве прототипа.

Прототип имеет большие размеры, длину. В генераторе используется вакуумная нейтронная трубка, содержащая размещенные в герметичном запаянном стеклянном корпусе мишенный узел и управляемый 3-электродный ионный источник, который состоит из кольцевого анода, катода и поджигающего электрода.

Корпус нейтронной трубки представляет собой вакуумно-герметичную оболочку из двух стеклянных цилиндров соединенных между собой металlostеклянным спаем с помощью сеточного электрода. На одном торце оболочки закреплен мишенный узел, на другом управляемый 3-электродный искровой источник.

На сеточный электрод при помощи сопротивления смещения, намотанного на отдельном каркасе из изоляционного материала, прикладывается более отрицательный потенциал по отношению к мишени, который обеспечивает подавление вторичной электронной эмиссии.

Для исключения режима "холостого хода" высоковольтного трансформатора, (напряжение на его вторичной обмотке достигает величины от 200 до 220 кВ) при несрабатывании нейтронной трубки в прототипе использована дополнительная высоковольтная обмотка, намотанная на одном из стержней высоковольтного трансформатора, выполняющая роль нагрузочного сопротивления. Однако в известном генераторе сопротивление смещения и нагрузочное сопротивление намотаны проводом ПЭВНХ и являются самостоятельными конструктивными элементами, для размещения которых требуется дополнитель-

ный объем, увеличивающий размеры и вес нейтронного генератора.

Задачей изобретения является уменьшение размеров и веса, повышение надежности работы нейтронного генератора.

Техническим результатом изобретения является уменьшение размеров и веса, повышение надежности работы импульсного нейтронного генератора.

Технический результат достигается тем, что в импульсном нейтронном генераторе, содержащем размещенные в металлическом корпусе, залитом жидким диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку со схемой питания ионного источника и схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, сопротивление смещения, дроссель, нагрузочное сопротивление, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на замкнутом магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном, и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой, вакуумно-герметичный корпус нейтронной трубки выполнен в виде первого и второго полых цилиндров из керамического материала с объемным электрическим сопротивлением, величина которого определяется сопротивлением нагрузки для первого полого цилиндра, и сопротивлением смещения для второго полого цилиндра, при этом первый полый цилиндр вакуумно-герметично присоединен к анодному и сеточному электродам нейтронной трубки, а второй полый цилиндр - к сеточному и мишенному электродам, и имеют с ними электрический и тепловой контакт.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где:

- 1 - металлический корпус генератора;
- 2 - нейтронная трубка;
- 3 - импульсный высоковольтный трансформатор;
- 4 - накопительный конденсатор;
- 5 - конденсатор источника ионов трубки;
- 6 - дроссель;
- 7 - первый полый цилиндр;
- 8 - второй полый цилиндр;
- 9 - мишенный электрод нейтронной трубки;
- 10 - сеточный электрод нейтронной трубки;
- 11 - анодный электрод нейтронной трубки;
- 12 - катодный электрод нейтронной трубки;
- 13 - поджигающий электрод нейтронной трубки;
- 14 - пружинный контакт;
- 15 - теплопроводящий изолятор;
- 16 - электрический экран;
- 17 - термокомпенсатор;
- 18 - высоковольтный проходной изолятор.

Импульсный нейтронный генератор выполнен по схеме включения нейтронной трубки с заземленной мишенью. Генератор включает металлический корпус 1, нейтронную трубку 2, высоковольтную часть схемы её питания, обеспечивающую ускоряющее напряжение, с высоковольтным трансформатором 3 на замкнутом металлическом сердечнике, накопительный конденсатор 4, конденсатор источника ионов 5, дроссель 6. Корпус нейтронной трубки представляет собой вакуумно-герметичную оболочку, выполненную в виде двух полых цилиндров 7 и 8 одного диаметра но разной длины, соединенных между собой сеточным электродом 10. На торце первого цилиндра 7 корпуса с помощью анодного электрода 11 закреплена ионно-оптическая система ионного источника, содержащая соосно расположенные анод, катод и поджиг. На торце второго цилиндра 8 корпуса закреплена мишень с помощью мишенного электрода 9.

Соединения керамических полых цилиндров 7 и 8 с металлическими электродами выполнены металло-керамическими герметичными спаями и имеют с ними электрический и тепловой контакт. Первый полый цилиндр 7 и второй полый цилиндр 8 выполнены из специального керамического материала с объемным электрическим сопротивлением, величина которого определяется сопротивлением нагрузки и сопротивлением смещения.

Специальная керамика с необходимым объемным электрическим сопротивлением может быть получена методом керамической технологии, способом горячего прессования из порошка. Требуемое сопротивление зависит от состава порошка, технологии прессования и температуры обжига. Кроме того, полые цилиндры могут быть изготовлены из керамического материала с необходимым сопротивлением другими способами, например, из полупроводниковой керамики или нанесением резистивного слоя.

По схеме с заземленным мишенным узлом сеточный электрод 10 нейтронной трубки соединен с металлическим корпусом 1 при помощи пружинного контакта 14, а мишенный электрод 9 изолирован от корпуса теплопроводящим изолятором 15.

Для обеспечения электрической прочности и улучшения теплопередачи от внутренних источников энергии во внешнюю среду герметичный металлический корпус 1 залит жидким диэлектриком ТКп, имеющим хорошие диэлектрические свойства. Для компенсации температурного изменения объема

жидкого диэлектрика установлен компенсатор 17. Для выравнивания электрических полей на анодный электрод ионного источника установлен экран 16.

Внешнее питание и импульсы запуска подают через керамические проходные изоляторы 18.

Блок излучателя работает следующим образом.

При срабатывании коммутирующего элемента (на чертеже не показан) накопительный конденсатор 5, разряжается через первичные обмотки трансформатора 3. На вторичной обмотке формируется импульс напряжения отрицательной полярности 100-150 кВ длительностью 3-4 мкс, который через пружинные контакты 14 подается на сеточный электрод 10 нейтронной трубки. С задержкой 0,8 мкс формируется импульс поджига ионного источника, который формирует разряд конденсаторов 5 через анод 11 и катод 12 источника ионов. Образовавшиеся ионы дейтерия бомбардируют мишень М нейтронной трубки 2. На мишени в результате реакции ${}^1_1\text{H}^2 + {}^1_1\text{H}^3 \rightarrow {}^2_2\text{He}^4 + n$ образуются нейтроны с энергией 14 МэВ и вторичные электроны. При протекании тока через ускоряющий зазор на керамическом цилиндре 8 в результате наличия в нем электрического сопротивления смещения (от 800 Ом до 5 кОм) возникает разность потенциалов, которая запирает вторичные электроны, образовавшиеся в процессе бомбардировки мишени нейтронной трубки М ионами дейтерия, что позволяет уменьшить паразитный ток трубки и повысить тем самым срок ее службы без необходимости изготовления сопротивления смещения, как в прототипе.

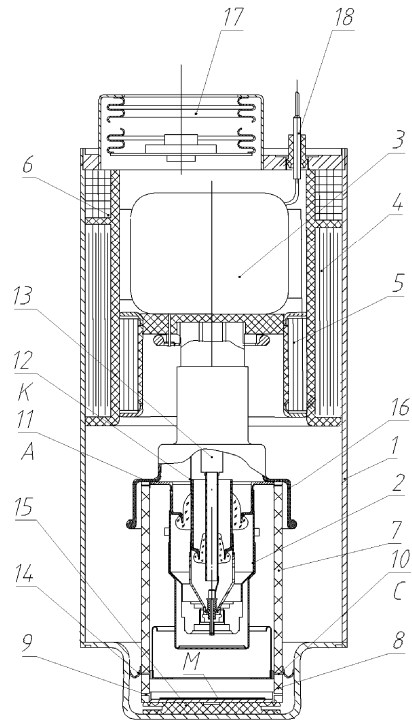
При работе генератора в штатном режиме электрическое сопротивление полого цилиндра 7 - нагрузки не оказывает влияния на формирование ускоряющего напряжения, так как вторичная обмотка имеет на порядок меньшее сопротивление. При работе генератора в то время, когда источник ионов нейтронной трубки не срабатывает, режима "холостого хода" высоковольтного трансформатора не возникает, так как вторичная обмотка оказывается автоматически подключена к нагрузочному электрическому сопротивлению полого цилиндра 7, т.е. к нагрузке величиной от 25 до 30 кОм, что приводит к стабилизации напряжения на вторичной обмотке высоковольтного трансформатора, стабилизации нейтронного выхода и увеличению срока службы генератора без необходимости изготовления сопротивления нагрузки, как в прототипе.

Таким образом, результатом изобретения является уменьшение габаритов, веса нейтронного генератора из-за отсутствия нагрузочного сопротивления и сопротивления смещения, как самостоятельных конструктивных элементов, функции которых выполняет полый цилиндр 7 и полый цилиндр 8 корпуса нейтронной трубки, выполненные из керамического материала с необходимым объемным электрическим сопротивлением. При этом образовавшийся свободный объем, который у прототипа занимали сердечник с нагрузочным сопротивлением и каркас с сопротивлением смещения, может быть использован для уменьшения габаритов и веса нейтронного генератора.

Кроме того, надежность работы предложенного генератора должна быть выше, чем у прототипа, поскольку уменьшилось число контактируемых элементов электрической схемы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе, залитом жидким диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку со схемой питания ионного источника и схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, сопротивление смещения, дроссель, нагрузочное сопротивление, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на замкнутом магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном, и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой, отличающийся тем, что вакуумно-герметичный корпус нейтронной трубки выполнен в виде первого и второго полых цилиндров из керамического материала с объемным электрическим сопротивлением, величина которого определяется сопротивлением нагрузки для первого полого цилиндра, и сопротивлением смещения для второго полого цилиндра, при этом первый полый цилиндр вакуумно-герметично присоединен к анодному и сеточному электродам нейтронной трубки, а второй полый цилиндр - к сеточному и мишенному электродам, и имеют с ними электрический и тепловой контакт.



Фиг. 1