

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043219**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.28

(51) Int. Cl. **G21G 4/02 (2006.01)**

(21) Номер заявки
202193090

(22) Дата подачи заявки
2021.12.09

(54) **ИМПУЛЬСНЫЙ НЕЙТРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР**

(31) **2021134250**

(56) **RU-C1-2316835**

(32) **2021.11.24**

RU-C1-2366013

(33) **RU**

US-A-6141395

(43) **2023.04.26**

US-A1-20160295678

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

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

(72) Изобретатель:

**Боголюбов Евгений Петрович,
Кузнецов Юрий Павлович, Пресняков
Алексей Юрьевич, Юрков Дмитрий
Игоревич (RU)**

(74) Представитель:

Ульянин О.В. (RU)

(57) Изобретение относится к устройствам импульсных излучателей-генераторов разовых или многократных импульсов и представляет собой импульсный нейтронный генератор. Техническим результатом изобретения является уменьшение габаритов, веса, повышение надежности работы импульсного нейтронного генератора. Технический результат достигается тем, что импульсный нейтронный генератор содержит размещенные в металлическом корпусе, залитом диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку с ее схемой питания и со схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, зарядный дроссель, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой, вакуумно-герметичный корпус нейтронной трубки имеет расположенный на торце мишенный электрод, на внутренней стороне которого расположен электропроводящий цилиндр с экранирующей сеткой высокой прозрачности, механически и электрически с ним связанной, а с наружной стороны мишенного электрода соосно расположен кольцеобразный постоянный магнит из двух разнополюсных полуколец, формирующий поперечное относительно оси трубки магнитное поле.

043219 B1

043219 B1

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

Известен скважинный импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе вакуумную нейтронную трубку с элементами электрической схемы ее питания, а также элементы схемы формирования импульса ускоряющего напряжения, включающие накопительный конденсатор, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой; патент Российской Федерации № 2368024, МПК G21G 4/02, 20.09.2009.

Недостатком этого генератора является ограниченный ресурс работы нейтронной 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 нейтронного генератора.

Известен импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе, залитом жидким диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку с ее схемой питания и схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, сопротивление смещения, дроссель, нагрузочное сопротивление, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на 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.

В этом генераторе существует система подавления вторичной электронной эмиссии, обеспечивающая запирающий потенциал отрицательной полярности по отношению к мишени с помощью электропроводящей сетки высокой прозрачности. Этот потенциал создается на сетке за счет протекания тока трубки в ускоряющем промежутке. Та часть тока, которая попадает на сеточный электрод, создает на нем так называемое "напряжение смещения" относительно мишени с помощью резистивного сопротивления смещения, которое включается в цепь между мишенью и сеточным электродом. Величина напряжения смещения составляет несколько киловольт и достигается подбором резистора, располагаемого обычно снаружи нейтронной трубки. Кроме сложности подбора оптимальной величины сопротивления, недостатком использования сопротивления смещения является снижение эффективного значения ускоряющего напряжения в межэлектродном промежутке "инжектор ионов - мишень". Это связано с тем, что отрицательное напряжение на сеточном электроде по отношению к мишени после прохождения ионами дейтерия сеточного электрода начинает оказывать на нем по отношению к мишени тормозящее воздействие на положительно заряженные ионы.

В данном генераторе используется вакуумная нейтронная трубка, содержащая размещенные в герметичном запаянном стеклянном корпусе мишенный узел и управляемый 3-электродный искровой 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. Сеточный электрод выполнен в виде V-образного кольца из ковара, вакуумно-герметично спаянного с двух сторон со стеклянными цилиндрами. Выполнение четырех металlostеклянных спаев существенно усложняет конструкцию нейтронной трубки, приводит к увеличению ее длины, возможному осевому смещению двух цилиндров корпуса относительно друг друга. Кроме того, спай стекла с коваром в области высоких напряженностей электрических полей могут являться дополнительным источником "коронных разрядов", способных привести к сквозному пробою стекла при наличии в нем даже незначительных воздушных включений в виде "пузырей". Для нейтрализации этого явления приходится ставить специальный металлический экран в виде цилиндра с радиусом закругления кромок 1-2 мм.

Сопротивление смещения намотано на отдельном изоляционном каркасе проводом с высоким удельным сопротивлением и является самостоятельным конструктивным элементом, для размещения которого требуется дополнительный объем.

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

Техническими результатами изобретения являются уменьшение габаритов, веса, повышение надежности работы импульсного нейтронного генератора.

Технический результат достигается тем, что импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе, залитом диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку с ее схемой питания и со схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, зарядный дроссель, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой, вакуумно-герметичный корпус нейтронной трубки имеет расположенный на торце мишенный электрод, на внутренней стороне которого расположен электропроводящий цилиндр с экранирующей сеткой высокой прозрачности механически и электрически с ним связанную, а с наружной стороны мишенного электрода соосно расположен кольцеобразный постоянный магнит из двух разнополюсных полуколец, формирующий поперечное относительно оси трубки магнитное поле.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где:

- 1 - металлический корпус блока;
- 2 - нейтронная трубка;
- 3 - импульсный высоковольтный трансформатор;
- 4 - накопительный конденсатор;
- 5 - конденсатор ионного источника;
- 6 - зарядный дроссель;
- 7 - корпус нейтронной трубки;
- 8 - мишенный электрод нейтронной трубки;
- 9 - анодный электрод нейтронной трубки;
- 10 - катодный электрод ионного источника;
- 11 - поджигающий электрод ионного источника;
- 12 - электропроводящий цилиндр;
- 13 - экранирующая сетка;
- 14 - мишень;
- 15 - кольцеобразный постоянный магнит;
- 16 - чашеобразный экран;
- 17 - термокомпенсатор;
- 18 - высоковольтный проходной изолятор.

Импульсный нейтронный генератор выполнен по схеме включения нейтронной трубки с заземленным мишенным узлом. Генератор включает металлический корпус 1, нейтронную трубку 2, высоковольтную часть схемы её питания, обеспечивающую ускоряющее напряжение, с высоковольтным трансформатором 3 на металлическом сердечнике, накопительный конденсатор 4, конденсатор источника ионов 5, зарядный дроссель 6. Корпус нейтронной трубки 7 представляет собой вакуумно-герметичный стеклянный или керамический цилиндр, соединенный с одной стороны с мишенным электродом 8, а с другой стороны - с анодным электродом 9 источника ионов, содержащего соосно расположенные анод 9, катод 10 и поджиг 11. Корпус нейтронной трубки 7 изготовлен из стекла или керамики.

На внутренней стороне мишенного электрода установлен полый электропроводящий цилиндр 12 с экранирующей сеткой 13 с высокой прозрачностью, механически и электрически с ним связанную, а также мишень 14. С наружной стороны мишенного электрода соосно расположен кольцеобразный постоянный магнит 15 из двух разнополюсных полуколец, формирующий поперечное относительно оси трубки магнитное поле.

Анодный электрод 9 и полый электропроводящий цилиндр 12 образуют закрытую систему "электрод в электрод", которая минимизирует попадание плазмы и продуктов электрического разряда на внутреннюю поверхность корпуса трубки. Для выравнивания электрических полей на анодный электрод ионного источника установлен экран 16.

Для обеспечения электрической прочности и улучшения теплопередачи от внутренних источников энергии во внешнюю среду блок залит жидким диэлектриком, имеющим хорошие электроизоляционные свойства. Для компенсации температурного изменения объема жидкого диэлектрика установлен термокомпенсатор 17.

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

Генератор работает следующим образом.

При срабатывании коммутирующего элемента (на чертеже не показан) накопительный конденсатор 4, заряженный до нескольких кВ, разряжается через первичную обмотку трансформатора 3. На вторичной обмотке формируется импульс напряжения положительной полярности 100-150 кВ длительностью несколько микросекунд, который подается на катодный электрод 10 нейтронной трубки. При подаче импульса "поджиг" ионного источника происходит разряд конденсатора ионного источника 5 через анод 9 и катод 10. В результате десорбции дейтерия и его ионизации под действием дугового разряда образуются ионы дейтерия, которые бомбардируют мишень 14 нейтронной трубки 2. На мишени в результате реакции $1\text{H}2+1\text{H}3\rightarrow 2\text{He}4+n$ образуются нейтроны с энергией 14 МэВ и вторичные электроны.

Ток вторичных электронов является паразитным и приводит к нагреванию электродов ионного источника, снижая ресурс работы нейтронной трубки.

Предлагаемый способ подавления вторичной эмиссии электронов с мишени связан с созданием магнитного поля в области мишени, вектор напряженности которого направлен перпендикулярно траекториям вторичных электронов и оси нейтронной трубки. Выбиваемые из мишени 14 вторичные электроны попадают в эквипотенциальный объем, образованный электропроводящим цилиндром 12 с экранирующей сеткой 13 и мишенью 14, и возвращаются магнитным полем на мишень, что предотвращает их попадание в ускорительный промежуток. Преимущество этого способа перед прототипом заключается в том, что при использовании постоянных магнитов нет энергетических затрат на подавление электронов и нет снижения энергии ионов в процессе их ускорения к мишени, как это имеет место в прототипе.

Эффективность предлагаемого технического решения была проверена в результате сравнительных испытаний на одних и тех же вакуумных нейтронных трубках. Эксперимент проверен с измерением вы-

хода нейтронов при подавлении вторичных электронов с помощью постоянного магнита и с помощью антидинаatronной сетки и сопротивления смещения. Результаты идентичны в пределах погрешности измерения.

Благодаря такому техническому решению вследствие отсутствия антидинаatronной сетки и сеточного электрода на корпусе нейтронной трубки отпадает необходимость изготовления сопротивления смещения как самостоятельного конструктивного элемента на отдельном каркасе как в прототипе, что приводит к упрощению конструкции нейтронной трубки и уменьшению веса генератора. За счёт объёма, образовавшегося вследствие исключения сопротивления смещения на отдельном каркасе, существенно уменьшаются габариты генератора.

Также исключение сопротивления смещения из конструкции позволило улучшить теплоотвод с мишени трубки, таким образом существенно улучшилось охлаждение мишени и уменьшилось число контактирующих элементов электрической схемы, что привело к повышению надёжности работы генератора по сравнению с прототипом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Импульсный нейтронный генератор, содержащий размещенные в металлическом корпусе, залитом диэлектриком, вакуумную нейтронную трубку с ее схемой питания и со схемой формирования импульса ускоряющего напряжения, включающей накопительный конденсатор, зарядный дроссель, высоковольтный трансформатор с многорядной вторичной обмоткой, выполненной на магнитопроводе, выход которой соединен с чашеобразным экраном и расположенной в нем вакуумной нейтронной трубкой, отличающийся тем, что вакуумно-герметичный корпус нейтронной трубки имеет расположенный на торце мишенный электрод, на внутренней стороне которого расположен электропроводящий цилиндр с механически и электрически связанной с ним экранирующей сеткой высокой прозрачности, а с наружной стороны мишенного электрода соосно расположен кольцеобразный постоянный магнит из двух разнополюсных полуколец, формирующий поперечное относительно оси трубки магнитное поле.

