

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042338**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.02.06**

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

(21) Номер заявки  
**202193128**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.12.14**

---

(54) **ГЕНЕРАТОР НЕЙТРОНОВ**

---

(31) **2021135382**

(32) **2021.12.02**

(33) **RU**

(43) **2023.02.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ИМ.  
Н.Л. ДУХОВА" (RU)**

**Михаил Юрьевич, Безродная  
Юлия Леонидовна, Степнов  
Владимир Викторович, Холомов  
Игорь Александрович, Сыромуков  
Сергей Владимирович, Пресняков  
Алексей Юрьевич, Зверев Владимир  
Игоревич, Юрков Дмитрий Игоревич  
(RU)**

(74) Представитель:  
**Ульянин О.В. (RU)**

(56) **RU-C1-2540328  
RU-C1-2357387  
CN-A-111741583  
US-A-3968373**

(72) Изобретатель:  
**Авдонин Денис Сергеевич, Прокофьев  
Александр Сергеевич, Батурин**

(57) Изобретение относится к генераторам нейтронов и может быть использовано для нейтронного анализа веществ, материалов и изделий, для лучевой нейтронной терапии, а также для моделирования нейтронных полей термоядерных устройств. Генератор нейтронов содержит проводящий заземленный корпус, заполненный трансформаторным маслом, с расположенным в нем проводящим контейнером, в котором размещен блок питания источника ионов, источником ускоряющего напряжения, включенным между проводящим заземленным корпусом и проводящим контейнером, нейтронную трубку, мишень которой соединена с корпусом, а источник ионов размещен на фланце нейтронной трубки в объеме контейнера и подключен к блоку питания. Между проводящим заземленным корпусом и источником ускоряющего напряжения размещен маслонасос. Источник ионов закрыт кожухом, размещенным так, чтобы между его краем и фланцем трубки оставалась щель для забора трансформаторного масла. Кожух имеет выходной штуцер, соединенный электрической трубкой, проходящей через источник ускоряющего напряжения, с входным штуцером маслонасоса. Выходной штуцер маслонасоса соединен с трубкой, отводящей трансформаторное масло к внутренней поверхности охлаждаемого с внешней стороны, проводящего заземленного корпуса. Техническим результатом изобретения является увеличение потока нейтронов без увеличения габаритов генератора нейтронов.

**B1**

**042338**

**042338**

**B1**

Изобретение относится к генераторам нейтронов и может быть использовано для нейтронного анализа веществ, материалов и изделий, для лучевой нейтронной терапии, а также для моделирования нейтронных полей термоядерных устройств.

Известен генератор нейтронов, содержащий проводящий заземленный корпус, заполненный трансформаторным маслом с расположенной в нем запаянной нейтронной трубкой и источником ускоряющего напряжения, включенным между мишенью и заземленным корпусом. Боголюбов Е.П., Пресняков Ю.К., Рыжков В.И. и др. Нейтронные генераторы ВНИИА на газонаполненных нейтронных трубках и их применение. - В Сб. Международной научно-технической конференции "Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе", Москва. 2004. - с.78. Недостатком генератора является низкая величина потока из-за перегрева источника ионов и мишени при увеличении тока ионов и ускоряющего напряжения. Для увеличения потока нейтронов необходимо увеличить ток ионов на мишени. Конструкция генератора не позволяет принудительно охлаждать мишень и источник ионов, что ограничивает величину тока ионов и потока нейтронов.

Известен генератор нейтронов, включающий источник излучения, представляющий собой проводящий заземленный корпус, заполненный трансформаторным маслом, с расположенной в нем запаянной нейтронной трубкой, мишень которой соединена с корпусом и охлаждается водой, а источник ионов размещен в контейнере, изолированном от корпуса и соединенном высоковольтным кабелем с отдельным источником ускоряющего напряжения, отдельный охладитель масла, соединенный с источником излучения гибкими шлангами, с маслонасосом и теплообменником, охлаждаемым проточной водой. Кирьянов Г.И., Малинин Ю.Н., Сыромуков С.В. Генератор нейтронов НГМ-17 и ускорительная трубка УТ-02. - Сб. "Вопросы Атомной науки и техники", Сер. "Радиационная техника", вып.2(42), 1990. - С. 27-33. Недостатком генератора является низкая надежность и значительные габариты. Низкая надежность является следствием сложности обезгаживания и вакуумной заливки с высокотемпературной дегазацией охладителя трансформаторным маслом. Это приводит к уменьшению электрической прочности трансформаторного масла и увеличению вероятности высоковольтных пробоев в устройстве. Значительные габариты аналога являются следствием отдельного размещения источника излучения, охладителя трансформаторного масла и источника ускоряющего напряжения.

Известен генератор нейтронов, содержащий проводящий заземленный корпус, заполненный жидким диэлектриком, например трансформаторным маслом, с расположенным в нем проводящим контейнером, в котором размещен блок питания источника ионов, источником ускоряющего напряжения, включенным между проводящим заземленным корпусом и проводящим контейнером, нейтронную трубку, мишень которой соединена с корпусом, а источник ионов размещен на фланце нейтронной трубки в объеме контейнера и подключен к блоку питания. Патент Российской Федерации №2540328, МПК H05H 3/06, 10.02.2015. Данное техническое решение принято в качестве прототипа.

Недостатком прототипа являются низкий поток нейтронов из-за перегрева источника ионов при увеличении извлекаемого тока в результате отсутствия принудительного охлаждения источника ионов, находящегося под высоким потенциалом.

Для увеличения потока нейтронов необходимо увеличить количество ионов извлекаемых из источника и ускоряемых на мишень трубки генератора. Для этого требуется увеличить мощность источника ионов трубки. Увеличение мощности приводит к нагреванию источника ионов и увеличению газовыделения из его электродов. Это ведет к росту давления в трубке, высоковольтному пробое и выходу трубки из строя. Теплоотвод от источника ионов является недостаточным из-за его размещения в замкнутом проводящем контейнере, находящимся под высоким потенциалом и обеспечивающем защиту схемы от высоковольтных пробоев.

Техническим результатом изобретения является увеличение потока нейтронов без увеличения габаритов генератора нейтронов.

Технический результат достигается тем, что в генераторе нейтронов, содержащем проводящий заземленный корпус, заполненный трансформаторным маслом, с расположенным в нем проводящим контейнером, в котором размещен блок питания источника ионов, источником ускоряющего напряжения, включенным между проводящим заземленным корпусом и проводящим контейнером, нейтронную трубку, мишень которой соединена с корпусом, а источник ионов размещен на фланце нейтронной трубки в объеме контейнера и подключен к блоку питания, между проводящим заземленным корпусом и источником ускоряющего напряжения размещен маслонасос, источник ионов закрыт кожухом, размещенным так, чтобы между его краем и фланцем трубки оставалась щель для забора трансформаторного масла, кожух имеет выходной штуцер, соединенный диэлектрической трубкой, проходящей через источник ускоряющего напряжения, с входным штуцером маслонасоса, выходной штуцер маслонасоса соединен с трубкой, отводящей трансформаторное масло к внутренней поверхности охлаждаемого с внешней стороны, проводящего заземленного корпуса.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором схематично представлен генератор нейтронов, где: 1 - охлаждаемый с внешней стороны, например проточной водой, проводящий заземленный корпус; 2 - трансформаторное масло; 3 - проводящий контейнер; 4 - блок питания источника ионов; 5 - источник ускоряющего напряжения; 6 - запаянная нейтронная трубка; 7 - мишень нейтронной трубки; 8 -

источник ионов; 9 - фланец нейтронной трубки; 10 - маслонасос; 11 - кожух источника ионов; 12 - щель между кожухом источника ионов и фланцем трубки для забора трансформаторного масла; 13 - выходной штуцер кожуха источника ионов; 14 - диэлектрическая трубка; 15 - входной штуцер маслонасоса; 16 - выходной штуцер маслонасоса; 17 - трубка, отводящая масло к внутренней стенке охлаждаемого проводящего корпуса; 18 - змеевик водяного охлаждения проводящего корпуса. Маслонасос 10 размещается в области нулевого потенциала у внутренней поверхности корпуса 1. Корпус 1 охлаждается, например, проточной водой, протекающей по змеевику 18, прижатому к корпусу с внешней стороны. Всасывающий штуцер 15 маслонасоса соединен с выходным штуцером 13 кожуха источника ионов 11. Кожух размещен таким образом, чтобы между его краем и фланцем трубки 9, на котором закреплен источник ионов 8, оставалась щель для прохождения трансформаторного масла 2. Проводящий контейнер 3 соединен с выходом источника 5 и находится под потенциалом ускоряющего напряжения. Входной штуцер маслонасоса 15 соединен с выходным штуцером кожуха источника ионов диэлектрической трубкой 14.

Генератор работает следующим образом. На источник ионов 8 подается напряжение, и в нем загорается газовый разряд. С помощью источника ускоряющего напряжения 5 на контейнер 3, который выполняет функцию цилиндра Фарадея и защищает схему от высоковольтных пробоев, подается ускоряющее напряжение. Корпус контейнера 3 соединен электрически с фланцем нейтронной трубки 9, являющимся частью источника ионов 8. Напряжение прикладывается между фланцем трубки и мишенью. Ионы извлекаются из источника 8 и ускоряются к мишени. Взаимодействуя с веществом мишени, ионы образуют нейтроны в результате реакции  ${}^3\text{H}(\text{d},\text{n}){}^4\text{He}$ . Плазма газового разряда и вторичные электроны из мишени, бомбардируемой пучком ионов, нагревают электроды источника. По мере роста температуры источника ионов 8 увеличивается газовыделение из его электродов. Это приводит к увеличению давления в запаянной нейтронной трубке 6. Увеличение давления ведет к уменьшению электрической прочности трубки и может привести к пробое и выходу трубки из строя.

Для исключения этого в объеме проводящего заземленного корпуса 1 между корпусом и источником ускоряющего напряжения 5 непосредственно в среде трансформаторного масла 2 размещен маслонасос 10, соединенный диэлектрической трубкой 14 с кожухом 11, отделяющим источник 8 ионов от окружающего масла. Кожух 11 размещен на фланце 9 нейтронной трубки 6. Между кожухом 11 и фланцем 9 имеется щель 12 для забора масла. При работе насоса 10 масло втягивается под кожух 11 из окружающей среды, омывает источник ионов 8, охлаждая его, и выходит в диэлектрическую трубку 14 через штуцер 13 на поверхности кожуха 11. Двигаясь по трубке 14, трансформаторное масло перемещается из области высокого потенциала, где находится источник ионов 8, через объем источника ускоряющего напряжения 5 в область низкого потенциала, где находится насос 10. Из насоса масло через штуцер 16 и трубку 17 выбрасывается на внутреннюю стенку проводящего корпуса 1, охлаждаемого с внешней стороны 18. Пройдя вдоль стенки корпуса 1, масло охлаждается. Охлажденное масло, через технологические отверстия попадает в объем контейнера 3 и используется для охлаждения источника ионов 8.

Предложенное техническое решение позволяет эффективно отвести мощность от источника ионов, находящегося под высоким потенциалом, и, таким образом, увеличить извлекаемый ток ионов и поток нейтронов. Техническое решение дает возможность не использовать в конструкции дополнительное устройство - охладитель масла. Это позволяет увеличить поток нейтронов без увеличения габаритов генератора.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Генератор нейтронов, содержащий проводящий заземленный корпус, заполненный трансформаторным маслом, с расположенным в нем проводящим контейнером, в котором размещен блок питания источника ионов, источником ускоряющего напряжения, включенным между проводящим заземленным корпусом и проводящим контейнером, нейтронную трубку, мишень которой соединена с корпусом и охлаждается проточной водой, а источник ионов размещен на фланце нейтронной трубки в объеме проводящего контейнера и подключен к блоку питания, отличающийся тем, что между проводящим заземленным корпусом и источником ускоряющего напряжения размещен маслонасос, источник ионов закрыт кожухом, размещенным так, чтобы между его краем и фланцем трубки оставалась щель, кожух имеет выходной штуцер, соединенный диэлектрической трубкой, проходящей через объем источника ускоряющего напряжения, с входным штуцером маслонасоса, выходной штуцер маслонасоса соединен с трубкой, выводящей масло к внутренней поверхности проводящего заземленного корпуса, охлаждаемого с внешней стороны.

