



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2017123158, 19.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.06.2017

Дата регистрации:
18.12.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.06.2017

(45) Опубликовано: 18.12.2017 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

188540, Ленинградская обл., г. Сосновый Бор,
ул. Ленинградская, 29, литер Т, АО "НИИ
ОЭП", зам. ген. директора - главный инженер,
Дундин Павел Иванович

(72) Автор(ы):

**Бедрин Александр Геннадьевич (RU),
Громовенко Валентин Михайлович (RU),
Мионов Иван Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Акционерное общество
"Научно-исследовательский институт
оптико-электронного приборостроения" АО
"НИИ ОЭП" (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: **RU 168022 U1, 17.01.2017. RU
149862 U1, 20.01.2015. US 20120146511 A1,
14.06.2012. CN 103533732 A, 22.01.2014.**

(54) ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

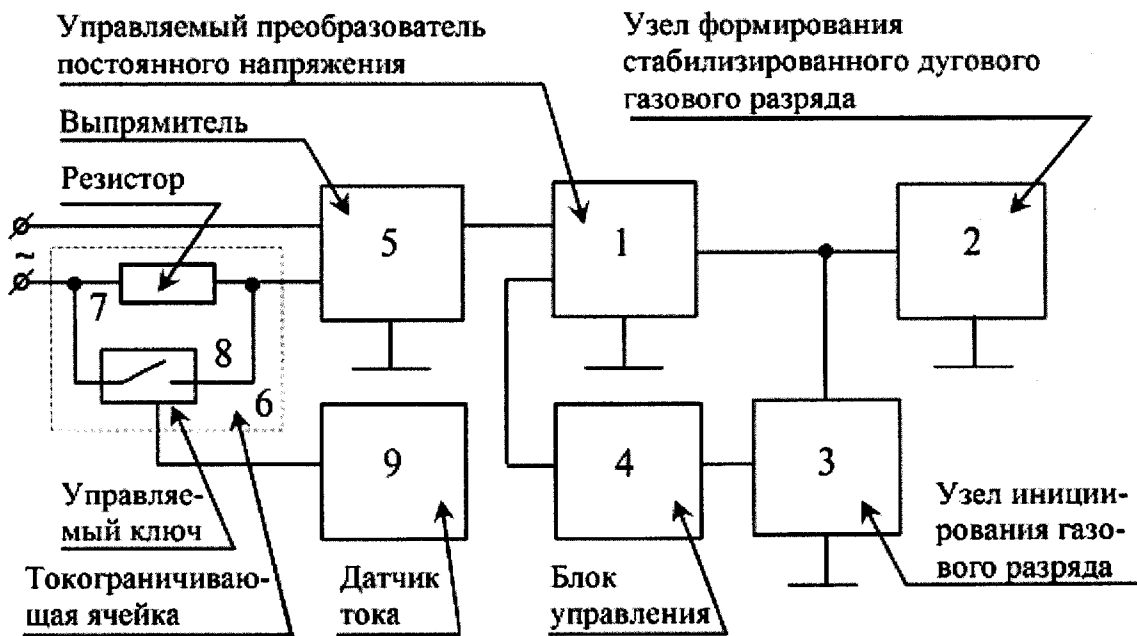
Полезная модель относится к плазменной технике, в частности, к устройствам с управляемой плазмой, и может быть использована при испытаниях материалов, приборов, образцов техники на устойчивость к воздействию светового излучения природных и техногенных факторов, в фотохимии и в световых технологиях обработки материалов.

Предложен мощный и надежный плазменный источник светового излучения, способный работать в режиме формирования миллисекундных импульсов со сложной временной формой и с крутыми фронтами при высокой интенсивности светового излучения в течение всего времени жизни узлов формирования стабилизированного дугового газового разряда и обладающий повышенной надежностью и КПД...

Такой технический эффект достигается тем, что в плазменном источнике светового излучения, включающем управляемый преобразователь

постоянного напряжения, выход которого защищен от высокого напряжения и соединен со входом узла формирования стабилизированного газового разряда и выходом узла иницирования газового разряда, блок управления, первый выход которого соединен с управляющим входом преобразователя постоянного напряжения, а второй - с управляющим входом узла иницирования газового разряда, выпрямитель и, по крайней мере, одну токоограничивающую ячейку из резистора, зашунтированного управляемым ключом, управляющий вход которого соединен с выходом датчика тока, новым является то, что выход выпрямителя непосредственно соединен со входом управляемого преобразователя напряжения, а его вход соединен с питающей сетью переменного напряжения через упомянутую токоограничивающую ячейку.

1 з.п. ф-лы; 1 илл.



RU 175740 U1

RU 175740 U1

Полезная модель относится к плазменной технике, в частности к устройствам с управляемой плазмой, и может быть использована для решения широкого круга технических задач при испытаниях материалов, приборов, образцов техники на устойчивость к воздействию светового излучения природных и техногенных факторов, в фотохимии и в световых технологиях обработки материалов.

Для решения указанных задач требуются излучатели с высокой яркостью и большой площадью свечения, способные формировать световые импульсы с заданной сложной временной формой в широком диапазоне длительностей от импульсов малой длительности в несколько десятков миллисекунд с достаточно крутыми фронтами до импульсов в несколько секунд.

Известно, что наиболее перспективными плазменными источниками светового излучения, удовлетворяющими требованиям решаемой задачи, являются источники на основе сильноточного стабилизированного стенками прибора или магнитным полем дугового разряда. Формирование такого разряда может осуществляться, например, в достаточно длинных по сравнению с диаметром колбы газоразрядных лампах, когда границы разряда жестко заданы внутренними стенками колбы. В открытой атмосфере формирование дугового разряда может осуществляться, например, в специальных газоразрядных устройствах, например, лотках, роль одной отсутствующей стенки в которых выполняет прижимающее плазму ко дну лотка магнитное поле. Такой разряд называют магнитопржатым дуговым разрядом. Параллельное включение нескольких ламп или газоразрядных устройств, располагаемых в одной плоскости, может использоваться для увеличения излучающей поверхности лампового излучателя.

Известен плазменный источник светового излучения [Пат. РФ №149862, МПК H05H 1/50, приор. 30.09.2014], включающий управляемый источник питания, управляющий вход которого соединен с первым выходом блока управления, первый вход которого соединен с синхронизатором, а выход через управляемый ключ и разделительный диод соединен со входом узла формирования стабилизированного дугового газового разряда, объединенным с выходом узла инициирования газового разряда, анод разделительного диода соединен с корпусом через конденсатор, второй выход блока управления соединен с первым входом схемы сравнения, выход которой соединен со вторым входом блока управления, а второй вход - с выходом датчика выходного сигнала, например, датчика тока, причем выход синхронизатора соединен с управляющим электродом управляемого ключа непосредственно, а с управляющим входом узла инициирования газового разряда через блок задержки, величина временной задержки которого определена условием, зависящим от параметров плазменного источника светового излучения.

При такой реализации плазменного источника светового излучения, велики пульсации интенсивности на форме светового импульса, а также значительно увеличены фронты генерируемых импульсов света, что не позволяет формировать относительно короткие световые импульсы, например, с фронтами менее 20 мс.

Наиболее близким к предлагаемому решению является плазменный источник светового излучения [Пат. РФ №168022, МПК H05H 1/50, приор. 15.06.2016], включающий управляемый преобразователь постоянного напряжения, выход которого защищен от высокого напряжения и соединен со входом узла формирования стабилизированного газового разряда и выходом узла инициирования газового разряда, блок управления, первый выход которого соединен с управляющим входом преобразователя постоянного напряжения, а второй - с управляющим входом узла инициирования газового разряда, вход управляемого преобразователя постоянного напряжения через токоограничивающую ячейку из резистора, зашунтированного

управляемым ключом, соединен с выходом выпрямителя, а выход датчика тока соединен с управляющим электродом управляемого ключа.

Несмотря на то, что такой плазменный источник светового излучения обеспечивает возможность формирования достаточно гладких световых импульсов с фронтами не хуже нескольких миллисекунд, такое устройство недостаточно надежно поскольку при выключении управляемого ключа генерируются высоковольтные импульсы в цепях питания из-за наличия паразитных индуктивностей. Эти перенапряжения воздействуют как на диоды выпрямителя, так и на сам ключ. В такой схеме несколько понижен КПД, поскольку велики потери энергии в ключе как в период проводимости, так и при коммутации, поскольку коммутации ключа осуществляются при большом рабочем напряжении и токе, что и обуславливает высокие стартовые потери энергии. Надежность устройства дополнительно уменьшается при высоких мощностях плазменного излучателя, когда работающие в ключевом режиме управляемые электронные приборы для реализации ключа с высокими токами приходится включать параллельно. Кроме того, подключаемый непосредственно к питающей сети переменного напряжения выпрямитель имеет завышенную стоимость, поскольку должен выполняться из диодов с более высокими рабочими напряжениями по сравнению с рабочим напряжением преобразователя постоянного напряжения.

Нами предложен мощный и надежный плазменный источник светового излучения, способный работать не только в квазинепрерывном режиме, но и в режиме формирования миллисекундных импульсов со сложной временной формой и с крутыми фронтами при высокой интенсивности светового излучения в течение всего времени жизни узлов формирования стабилизированного дугового газового разряда и обладающий повышенной надежностью и КПД, а также более дешевым и доступным из-за пониженного рабочего напряжения выпрямителя и уменьшенной стоимости управляемых ключей.

Такой технический эффект достигается тем, что в плазменном источнике светового излучения, включающем управляемый преобразователь постоянного напряжения, выход которого защищен от высокого напряжения и соединен со входом узла формирования стабилизированного газового разряда и выходом узла инициирования газового разряда, блок управления, первый выход которого соединен с управляющим входом преобразователя постоянного напряжения, а второй - с управляющим входом узла инициирования газового разряда, выпрямитель и, по крайней мере, одну токоограничивающую ячейку из резистора, зашунтированного управляемым ключом, управляющий вход которого соединен с выходом датчика тока, новым является то, что выход выпрямителя непосредственно соединен со входом управляемого преобразователя напряжения, а его вход соединен с питающей сетью переменного напряжения через упомянутую токоограничивающую ячейку.

Подходы к решению задач защиты преобразователя постоянного напряжения от высокого напряжения и управления управляемыми ключами известны.

Если необходимо минимизировать паразитные выбросы напряжения и потери энергии, то в плазменном источнике светового излучения по п. 1 управляемый ключ токоограничивающей ячейки выполняют на базе не полностью управляемых электронных приборов, например тиристоров (см. п. 2 Формулы).

На фиг. представлена функциональная схема заявленного плазменного источника светового излучения, включающего управляемый преобразователь 1 постоянного напряжения, узел 2 формирования стабилизированного дугового газового разряда, узел 3 инициирования газового разряда, блок 4 управления, выпрямитель 5,

токоограничивающая ячейка 6 из резистора 7 и управляемого ключа 8 и датчик 9 тока.

Устройство работает следующим образом.

Задают и вводят в память блока 4 управления временную форму импульса

управляющего напряжения управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения.

5 При этом на выходе блока 4 управления, а значит и на управляющем входе управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения управляющего напряжения еще нет.

Управляемый ключ 8 разомкнут. На вход выпрямителя 5 через резистор 7

токоограничивающей ячейки 6 подают переменное напряжение питающей сети.

Выпрямленным напряжением с выхода выпрямителя 5 заряжается емкостной фильтр

10 преобразователя 1 постоянного напряжения. Напряжение на входе выпрямителя 5 в этом переходном процессе всегда ограничено из-за падения части сетевого напряжения

на резисторе 7. После зарядки емкостного фильтра преобразователя 1 устанавливается

режим исходного состояния, при котором входное напряжение выпрямителя 5 имеет

15 выпрямителя 5 не превышает уровня рабочего напряжения на входе преобразователя

1 постоянного напряжения. Последнее обусловлено ограничением переменного сетевого

напряжения делителем напряжения, образуемого резистором 7 ячейки 6 и входным

сопротивлением преобразователя 1 постоянного напряжения, когда напряжение сети

на входе выпрямителя 5 начинает превышать зарядное напряжение емкостного фильтра

20 преобразователя 1 постоянного напряжения. Поэтому на выходе управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения присутствует только напряжение холостого

хода, обычно не превышающее нескольких процентов от максимального. Тока на его

выходе нет, т.к. газовый разряд в узле 2 формирователя стабилизированного газового

25 разряда пока еще не инициирован и узел 2 формирования стабилизированного газового

разряда находится в непроводящем состоянии. Узел 3 инициирования газового разряда

приведен в исходное состояние, но на его выходе напряжения нет из-за отсутствия на

его управляющем входе запускающего импульса со второго выхода блока 2 управления.

Запуск плазменного источника светового излучения осуществляют подачей

30 запускающего импульса со второго выхода блока 4 управления на управляющий вход узла 3 инициирования газового разряда. При этом одновременно блок 4 управления

начинает вырабатывать на своем первом выходе с учетом заданной в его памяти

временной формы управляющее напряжение и подает его на управляющий вход

управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения. В узле 3 инициирования

35 газового разряда с приходом запускающего импульса включаются собственные

внутренние ключи, и на его выходе появляется импульсное напряжение, достаточное

для пробоя межэлектродного промежутка и инициирования газового разряда в узле 2

формирования стабилизированного дугового газового разряда. Межэлектродный

40 промежуток узла 2 формирователя стабилизированного дугового газового разряда пробивается импульсным напряжением, приложенным от узла 3 инициирования газового

разряда, и в нем инициируется газовый разряд. Выход преобразователя 1 постоянного

напряжения должен быть защищен от воздействия этого высоковольтного

поджигающего импульса либо разделительным диодом, как в прототипе, либо,

например, индуктивно-емкостным фильтром. По узлу 2 формирователя

стабилизированного дугового газового разряда начинает протекать электрический

45 ток от узла 3 инициирования газового разряда, и этим током начинается формирование

излучающего плазменного слоя. Тем самым на короткое время, пока протекает ток от

узла 3 инициирования газового разряда, обеспечивается проводимость узла 2

формирователя стабилизированного дугового газового разряда.

Вследствие возникшей проводимости узла 2 формирователя стабилизированного дугового газового разряда он теперь готов принимать ток от преобразователя 1 постоянного напряжения. И поэтому, как только напряжение на разрядном промежутке от узла 3 иницирования газового разряда становится меньше выходного напряжения управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения, ток преобразователя 1 постоянного напряжения начинает протекать по сформировавшейся плазме в межэлектродном промежутке узла 2 формирователя стабилизированного дугового газового разряда совместно с током узла 3 иницирования газового разряда. Благодаря своим высоким частотным свойствам (обычно десятки килогерц для современного уровня полупроводниковых приборов) управляемый преобразователь 1 постоянного напряжения еще до окончания иницирующего разряда обеспечивает на своем выходе ток, заданный управляющим напряжением. Если величина суммарного тока обоих источников превышает величину тока дугового разряда, соответствующего минимуму его вольт-амперной характеристики, то разряд надежно подхватывает ток управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения и далее продолжает стабильно гореть, потребляя в конечном итоге ток только от управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения, величина которого определяется заданным управляющим напряжением.

Появление и рост тока в узле 2 формирователя стабилизированного дугового газового разряда ведет к увеличению потребления тока управляемым преобразователем 1 постоянного напряжения от выпрямителя 5 и соответственно от сети питающего его переменного напряжения. Из-за наличия резистора 7 и внутренних сопротивлений у выпрямителя 5 и цепи питающего его переменного напряжения входное напряжение управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения начинает понижаться. С другой стороны, с ростом тока газового разряда увеличивается и падение напряжения на межэлектродном промежутке. Таким образом, с ростом газоразрядного тока входное напряжение управляемого преобразователя 1 постоянного напряжения понижается, а выходное - повышается. Поэтому без принятия дополнительных мер падение напряжения на управляемом преобразователе 1 постоянного напряжения при достижении в нагрузке некоторого тока, называемого током ограничения $I_{огр}$, становится настолько малым, что он теряет управляющую функцию.

Однако, с увеличением тока газового разряда увеличивается и выходной сигнал датчика 9 тока, управляющего работой управляемого ключа 8. Поэтому, когда сигнал датчика 9 тока начинает соответствовать току ограничения $I_{огр}$, включается управляемый ключ 8 и пропускает через себя весь ток, который до этого момента протекал по резистору 7. Поскольку сопротивление управляемого ключа 8 много меньше сопротивления резистора 7, то питающее выпрямитель 5 напряжение увеличивается на величину, почти равную напряжению, ранее падавшему на сопротивлении резистора 7, компенсируя потери напряжения в нагруженной питающей сети. Соответственно повышается входное напряжение преобразователя 1 практически до исходного состояния, и даже несколько выше в зависимости от величины сопротивления резистора 7. Преобразователь 1 поэтому не теряет возможность управления выходным током вплоть до своих предельных токов. При формировании среза генерируемого светового импульса ток газового разряда уменьшается и, когда он становится равным току ограничения, сигнала датчика 9 тока будет недостаточно для поддержания управляемого ключа 8 во включенном состоянии, и последний выключится. Ток, питающий выпрямитель, вновь потечет через резистор 7 и, тем самым, понизит входное напряжение выпрямителя 5 до рабочего напряжения. Таким образом, преобразователь 1 постоянного напряжения в предложенном решении будет питаться

повышенным допустимым напряжением всегда, когда его выходной ток будет превышать ток ограничения $I_{огр}$.

5 Работу управляемых ключей в цепи переменного напряжения технически легко реализовать таким образом, что переключение ключей будет осуществляться при относительно невысоких напряжениях на ключах. Так, ключи с неполным управлением, например тиристорные ключи сами выключаются, когда протекающий через них ток
10 меняет знак. Вследствие этого практически полностью исключается генерация паразитных коммутационных высоковольтных выбросов напряжения и, кроме того, значительно ограничиваются стартовые потери в управляемых ключах. В многофазных цепях переменного питающего напряжения токоограничивающие ячейки следует
15 устанавливать во всех фазных проводах. При этом, во-первых, пропорционально количеству фаз понижается токовая нагрузка на каждый ключ в отдельной фазе, что понижает токовую нагрузку отдельного ключа, но при этом не ведет, как в прототипе, к понижению надежности поскольку ключи включаются не параллельно друг другу,
20 а раздельно в разных фазах. Во-вторых, в таком случае и выключение ключей осуществляется в разные моменты времени, что дополнительно сглаживает переходной процесс. Следует отметить также, что ключи с не полностью управляемыми приборами, которые целесообразно использовать в предлагаемом решении, как правило, имеют
25 значительно меньшие сопротивления проводимости, чем аналогичного класса полностью управляемые транзисторные ключи, на которых только и может реализовываться устройство-прототип. С учетом понижения как стартовых потерь, так и потерь проводимости, несколько повышается КПД предлагаемого плазменного
30 излучателя. Кроме того, такие приборы допускают кратковременную большую перегрузку, что дополнительно удешевляет устройство.

35 Таким образом, установка токоограничивающих ячеек на входе выпрямителя и непосредственное соединение выхода выпрямителя со входом преобразователя постоянного напряжения ведет к повышению надежности плазменного излучателя света поскольку практически исключены коммутационные перенапряжения в
40 выпрямителе и обеспечено ограничение сетевого переменного напряжения на входе выпрямителя на уровне рабочего напряжения преобразователя постоянного напряжения. В предложенном решении повышен КПД за счет понижения непроизводительных потерь энергии в управляемом ключе. Ограничение рабочего напряжения выпрямителя и исключение выбросов паразитных коммутационных перенапряжений позволяет
45 использовать в выпрямителе диоды более низкой стоимости, что удешевляет реализацию предложенного решения по сравнению с известным решением. Следует отметить и еще одно преимущество: не полностью управляемые приборы допускают кратковременную большую перегрузку, что может дополнительно уменьшить стоимость плазменного
50 источника светового импульса особенно при создании очень мощных устройств.

Пример конкретного исполнения.

55 На предприятии был изготовлен макет мощного плазменного источника светового излучения. В качестве стабилизированного дугового газового разряда использовались как магнитопржатый разряд в открытой атмосфере с площадью излучающей
60 поверхности 16 см^2 (длина 8 и ширина 2 см), так и ламповая панель из 14 ксеноновых ламп типа ИНП-16/250. В качестве управляемого преобразователя постоянного напряжения использовался преобразователь ПП-ПППТ-6,5к-600-И-УХЛ4, работающий по методу ШИМ с частотой следования импульсов 12 кГц. Преобразователь мог
65 обеспечивать в нагрузке ток до 6500 А при питающем напряжении до 660 В. Управление преобразователем выполнено с использованием обратной связи по выходному току,

т.е. временная форма выходного тока преобразователя практически полностью соответствует временной форме управляющего напряжения. Запитывался преобразователь постоянного напряжения от выпрямителя, выполненного по схеме Ларионова из шести диодов типа Д173-5000. Выпрямитель соединялся с 3-х фазной сетью переменного напряжения через 3 дополнительных резистора. По одному резистору на фазу. При входном сопротивлении преобразователя постоянного напряжения около 3,4 Ома величина каждого дополнительного резистора, выполненного из нихромовой полосы, составила величину около 0,25 Ома. Такое соотношение указанных сопротивлений обеспечило возможность увеличения как питающего напряжения выпрямителя, так и предельного тока преобразователя постоянного напряжения почти в 1,3 раза. Шунтирующие токоограничивающие резисторы управляемые ключи были выполнены на тиристорах типа Т163-2500. Суммарная величина фильтрующей емкости преобразователя постоянного напряжения составляла 58 мФ. Развязка для магнитопржатого разряда осуществлялась через разделительный диод типа Д173-2000. Развязка при применении ламповой панели осуществлялась для каждой лампы - через три последовательно соединенных разделительных диода типа Д143-800. В качестве узла иницирования газового разряда был выбран заряженный до напряжения около 3000 В конденсатор К75-100 с емкостью 100 мкФ и рабочим напряжением 3000 В. Этот конденсатор присоединялся к узлу магнитопржатого разряда через ИРТ-6. При использовании ламповой панели такой конденсатор присоединялся через дополнительную ограничивающую ток цепь непосредственно к электроду каждой ксеноновой лампы. Поджиг ламп ламповой панели осуществлялся от вспомогательного импульсного генератора с амплитудой выходного импульса около 20 кВ. Поджиг магнитопржатого разряда осуществлялся с использованием инициатора из алюминиевой фольги. Такая система питания с электрической мощностью до 4 МВт обеспечивала в низкоомной (50-80 мОм) газоразрядной нагрузке импульсы тока с амплитудой до 6500 А при напряжении около 600 В и длительностью до 5 секунд. Функции синхронизатора и блока управления выполнял персональный компьютер с дополнительными усилителями. В качестве датчика тока стабилизированного газового разряда использовался прибор, работающий на основе эффекта Холла, с гальванической развязкой между силовой и измерительной цепями типа НАХ 5000-S и пороговой схемой на выходе.

В серии пусков, выполненных как с ламповой панелью, так и с магнитопржатым дуговым разрядом была подтверждена высокая надежность плазменного источника при генерировании импульсов света в широком диапазоне длительностей от долей секунды до 5 секунд с достаточно крутыми фронтами на уровне 1-2 миллисекунд. При токе ограничения преобразователя постоянного напряжения на уровне 1100-1300 А максимальный ток в магнитопржатом разряде достигал предельного допустимого значения 6500 А. В ламповой панели ток не превышал 6100 А из-за высокого суммарного сопротивления ламп. В этих экспериментах при яркостной температуре плазмы плазменного источника светового излучения на основе магнитопржатого разряда около 5500°К в видимой области спектра, энергетическая светимость была не хуже 700 Дж/см², а поверхностная плотность энергии излучения - на уровне 4-10³ Вт/см². Скачки напряжения при переключении управляемых ключей во время формирования импульсов света практически не сказывалась на временной форме световых импульсов. Амплитудные значения интенсивностей световых импульсов не изменялись при изменении напряжения питающей сети в пределах 10%. Пульсации на форме светового импульса наблюдались, в основном, в области предельных интенсивностей светового

импульса и могли достигать 7%.

Таким образом, испытания макета мощного плазменного источника светового излучения показали, что в предложенном техническом решении за счет существенного увеличения надежности и КПД возможно как понижение стоимости вновь создаваемых устройств, так и снижение эксплуатационных затрат, а энергетические и временные параметры формируемого светового импульса не уступают аналогичным параметрам, получаемым в известных устройствах.

(57) Формула полезной модели

1. Плазменный источник светового излучения, включающий управляемый преобразователь постоянного напряжения, выход которого защищен от высокого напряжения и соединен со входом узла формирования стабилизированного газового разряда и выходом узла инициирования газового разряда, блок управления, первый выход которого соединен с управляющим входом преобразователя постоянного напряжения, а второй - с управляющим входом узла инициирования газового разряда, выпрямитель и, по крайней мере, одну токоограничивающую ячейку из резистора, зашунтированного управляемым ключом, управляющий вход которого соединен с выходом датчика тока, отличающийся тем, что выход выпрямителя непосредственно соединен со входом управляемого преобразователя напряжения, а его вход соединен с питающей сетью переменного напряжения через упомянутую токоограничивающую ячейку.

2. Плазменный источник светового излучения по п. 1, отличающийся тем, что управляемый ключ токоограничивающей ячейки выполнен на базе не полностью управляемых электронных приборов, например тиристоров.

ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК
СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

