



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1185429

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий
выдал настоящее свидетельство на изобретение:
"Способ стабилизации напряжения"

Заявитель: **ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ
ИНСТИТУТ ИМ. Г. В. ПЛЕХАНОВА**

Автор (авторы): **Мустафаев Александр Сеит-Умерович,
Мезенцев Александр Петрович, Симонов Валерий
Яковлевич, Ковалев Николай Николаевич, Каплан Владимир
Борисович, Марциновский Артемий Маркович, Юрьев
Владимир Григорьевич, Сербин Виктор Иванович,
Баньковский Норберт Георгиевич и Шиголов Валентин
Константинович**

Заявка № 3667968 Приоритет изобретения 25 ноября 1983г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР

15 июня 1985г.

Председатель Комитета

Начальник отдела



х/г 50/81

вх. 27/5
2.01.85



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1185429** **A**

(51)4 H 01 J 17/38

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3667968/24-21

(22) 25.11.83

(46) 15.10.85. Бюл. № 38

(72) А.С.-У. Мустафаев, А.П. Мезенцев, В.Я. Симонов, Н.Н. Ковалев, В.Б. Каплан, А.М. Марциновский, В.Г. Юрьев, В.И. Сербин, Н.Г. Баньковский и В.К. Шиголев

(71) Ленинградский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. Г.В. Плеханова (53) 621.387(088.8)

(56) Катанов Л.И. Ионные приборы. М.: Энергия, 1972, с. 172-175.

Авторское свидетельство СССР № 315225, кл. H 01 J 17/40, 1971.

Авторское свидетельство СССР № 983817, кл. H 01 J 17/38, 1982.

(54) (57) 1. СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ путем создания разряда между анодом и катодом в газонаполненном приборе, отличаю-

щийся тем, что, с целью увеличения плотности рабочего тока в низковольтном диапазоне, разряд создают в режиме низковольтной дуги, в инертном газе, причем давление газа выбирают из выражения

$$d \leq l_E \sqrt{\frac{1}{3} l_{ca} \cdot l_{mp}},$$

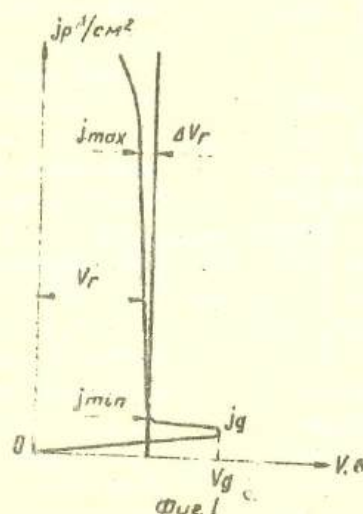
где d - расстояние между электродами, м;

l_E - длина релаксации функции распределения электронов по энергии, м;

l_{ca} - длина свободного пробега электронов относительно неупругих столкновений с атомами, м;

l_{mp} - длина свободного пробега электронов относительно упругих столкновений с атомами, м,

при этом устанавливают рабочий ток, не превышающий ток эмиссии.



(19) **SU** (11) **1185429** **A**

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что, с целью стабилизации напряжения в диапазонах (8-12)В, (10-14)В, (11-16)В,

(16-22)В и (20-25)В, межэлектродный промежуток заполняют соответственно ксеноном, криптоном, аргоном, неоном и гелием.

1

Изобретение относится к получению стабилизированного напряжения путем создания разряда в газонаполненном диоде и может быть использовано при создании газоразрядных и ионных приборов во многих отраслях техники, например, в энергетике при создании мощных стабилизаторов напряжения в низковольтных сильноточных цепях.

Целью изобретения является увеличение плотности рабочего тока в низковольтном диапазоне.

Создание разряда в режиме короткой низковольтной дуги обеспечивает существенную неравномерность функции распределения электронов по энергии и тем самым позволяет значительно увеличить максимально достижимую плотность рабочего тока в низковольтном диапазоне.

На фиг. 1 представлена типичная вольтамперная характеристика (ВАХ) разряда в режиме низковольтной дуги; на фиг. 2 - типичное распределение потенциала в межэлектродном зазоре в режиме низковольтной дуги; на фиг. 3 - ВАХ короткой низковольтной дуги в гелии кривые 1-6 показывают давление гелия соответственно 26,6; 39,9; 66,5; 79,8; 133; 332; 5 Па), на фиг. 4 - изменение потенциала горения короткой низковольтной дуги в единицах потенциала ионизации ($\eta_2 = V_2/V_1$) от давления гелия (кривые 7-10 отвечают различным значениям плотности тока дуги соответственно 0,1; 1; 2; 4 А/см², $\eta_m = V_m/V_1$; потенциал возбуждения метастабильного уровня атома гелия); на фиг. 5 - изменение быстрой части функции распределения электронов по энергиям в короткой низковольтной дуге в гелии при $P_{He} = 133$ Па; на фиг. 6 - то же при $P_{He} = 79,8$ Па

2

(кривые 11-20 соответствуют различным значениям плотности тока, отмеченным на ВАХ дуги точками); на фиг. 7 - зависимость динамического сопротивления короткой низковольтной дуги от давления гелия.

Для осуществления способа проведено исследование электрических и кинетических характеристик разряда в режиме короткой низковольтной дуги в диоде, межэлектродный промежуток которого заполняется спектральными газами гелием, неоном, аргоном и ксеноном. Диод с плоскопараллельной геометрией электродов состоит из вольфрамового подогревного катода, активированного алюминатом кальция и бария и молибденового анода в виде таблеток диаметром 10 мм соответственно. Межэлектродный зазор фиксируется и для представленных на фиг. 3-7 данных равен 6 мм. Локальную диагностику параметров плазмы дуги осуществляют с помощью двух подвижных взаимноперпендикулярных цилиндрических молибденовых зондов диаметром 0,08 и длиной 1 мм. Функцию распределения электронов по энергии $f(\epsilon)$ измеряют методом модуляции зондового тока. Температура катода выбрана из условия свободного режима дуги $j_p < j_s$, где j_p - рабочий ток, j_s - ток эмиссии и равна 1300 К, а давление гелия изменялось в диапазоне 0,05-3 тор, при этом плотность тока дуги изменялась в диапазоне 0,02-4 А/см².

При увеличении напряжения между электродами наблюдается постепенное нарастание тока фиг. 1, участок Q_{is} , обусловленное компенсацией отрицательного объемного заряда у катода ионами, образующимися за счет прямой ионизации при столк-

падает, и
вания пика
нарастании
открытой дуги
ти тока (ф
При $P_{He} = 1$
диапазоне
а $F(\epsilon)$ не
азному вид
ктически н
диапазоне
Измерения
нтов $F(\epsilon)$
д ионов из
ка и объяс
очего диа
открытой низ
и формиро
кции распр
, установ
ктрически:
низковольт
кции распр
энергии.
Эффективн
режиме кор
ии низков
оком уров
а иллюстр
амического
давления
с ростом
кое сопр
работем
стигает эк
5 Ом.
Как уже б
ления газ
л горения
дуги уст

падает, и моменту полного рас-
падения пика соответствует рез-
нарастание напряжения на ВАХ
открытой дуги с увеличением плот-
ти тока (фиг. 6, кривые 19 и 20).
При $P_{He} = 133$ Па в исследован-
диапазоне плотности рабочего
а $F(E)$ не релаксирует к плато-
азному виду и потенциал горения
ктически не изменяется в рабо-
диапазоне (фиг. 5).

Измерения пространственных гра-
нтов $F(E)$ позволяют оценить
д ионов из межэлектронного проме-
ка и объясняют протяженность
очего диапазона ($j_{max} - j_{min}$)
открытой низковольтной дуги механиз-
и формирования и релаксации
кции распределения. Таким обра-
, установлена взаимная связь
ктрических характеристик корот-
низковольтной дуги с видом
кции распределения электронов
энергии.

Эффективность создания разряда
ежике короткой дуги для стабили-
ции низковольтного напряжения на
оком уровне плотности рабочего
а иллюстрируется зависимостью
амического сопротивления дуги
давления гелия (фиг. 7). Видно,
с ростом давления гелия динами-
ское сопротивление дуги падает
в рабочем диапазоне ($P_{He} \geq 93$ Па)
стигает значений, меньших
05 Ом.

Как уже было показано, с ростом
вления газа-наполнителя потен-
ал горения короткой низковольт-
дуги устанавливается на значе-

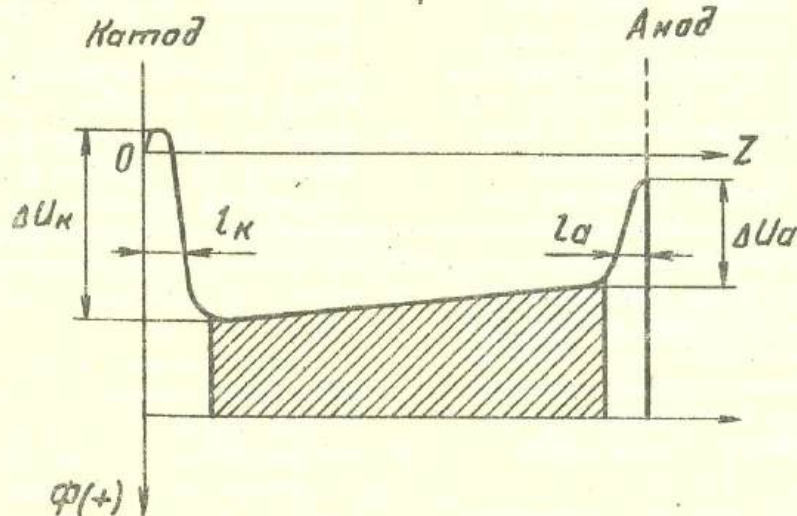
нии потенциала возбуждения мета-
стабильного уровня. Поэтому для
обеспечения стабилизации низковольт-
ного напряжения в диапазоне 0-50 В
межэлектродный промежуток заполняют
инертными газами с различными
потенциалами ионизации и возбужде-
ния метастабильных уровней
(см. таблицу).

Напря- жение, В	He	Ne	Ar	Kr	Xe
U_m	19,8	16,5	11,5	9,86	8,28
U_i	24,5	21,5	15,6	14	12,1

Стабилизация напряжения в низ-
ковольтном диапазоне может осущест-
вляться и с одним газом-наполните-
лем путем изменения его давления,
при этом может несколько ограни-
чиваться диапазон рабочей плотнос-
ти тока.

Таким образом, эксперименталь-
ные данные наглядно демонстрируют
эффективность создания режима ко-
роткой низковольтной дуги для ста-
билизации низковольтного напряже-
ния на высоком уровне плотности
рабочего тока.

Предлагаемый способ обеспечи-
вает увеличение плотности рабочего
тока в низковольтном диапазоне
более, чем на три порядка по срав-
нению с прототипом.



Фиг. 2

новении электронов с атомами. При достижении потенциала зажигания V_2 в межэлектродном промежутке возникает низковольтная дуга, в которой существует протяженный участок $j_{\min} - j_{\max}$, практически параллельный оси тока. В этом режиме изменение потенциала горения V_2 мало и при достижении $j_{\max}$ характеризуется величиной ΔV_2 .

Исследования короткой низковольтной дуги, выполненные в различных инертных газах, показали, что величина $j_{\max}$ однозначно определяется условиями релаксации функции распределения электронов по энергии.

Из ВАХ короткой низковольтной дуги в гелии (фиг. 3) видно, что с ростом давления гелия на характеристиках все более отчетливо появляются протяженные участки, параллельные оси токов, причем протяженность рабочего диапазона ($j_{\max} - j_{\min}$) увеличивается.

С увеличением давления гелия выше 79,8 Па потенциал горения дуги V_2 практически перестает изменяться во всем исследуемом диапазоне плотности тока. Например для $P_{He} = 133$ Па (фиг. 3, кривая 5) изменение плотности рабочего тока от 0,02 до 4 А/см² сопровождается изменением потенциала горения дуги $\Delta V_2 = 0,2$ В.

Из фиг. 4, где показана оптимизация параметров короткой низковольтной дуги, при которых осуществляется высокая степень стабилизации напряжения во всем исследуемом диапазоне плотности тока, видно, что с ростом давления гелия потенциал горения дуги монотонно уменьшается, достигая вначале потенциала ионизации ($\eta_2 = 1$). В этих условиях, наряду с процессами прямой ионизации атомов гелия, существенную роль начинают играть процессы ступенчатой ионизации. Это приводит к снижению потенциала горения дуги ниже потенциала ионизации. Таким образом, на любом уровне плотности тока, начиная с $P_{He} = 79,8$ Па и выше, потенциал горения стремится к потенциалу возбуждения метастабильного уровня атомом гелия $\eta_m = 0,8$ ($V_m = 19,8$ В).

Исследования функции распределения электронов по энергиям показа-

ли, что $F(E)$ в плазме короткой низковольтной дуги в гелии существует неравновесна и состоит из двух обособленных, примерно равных по

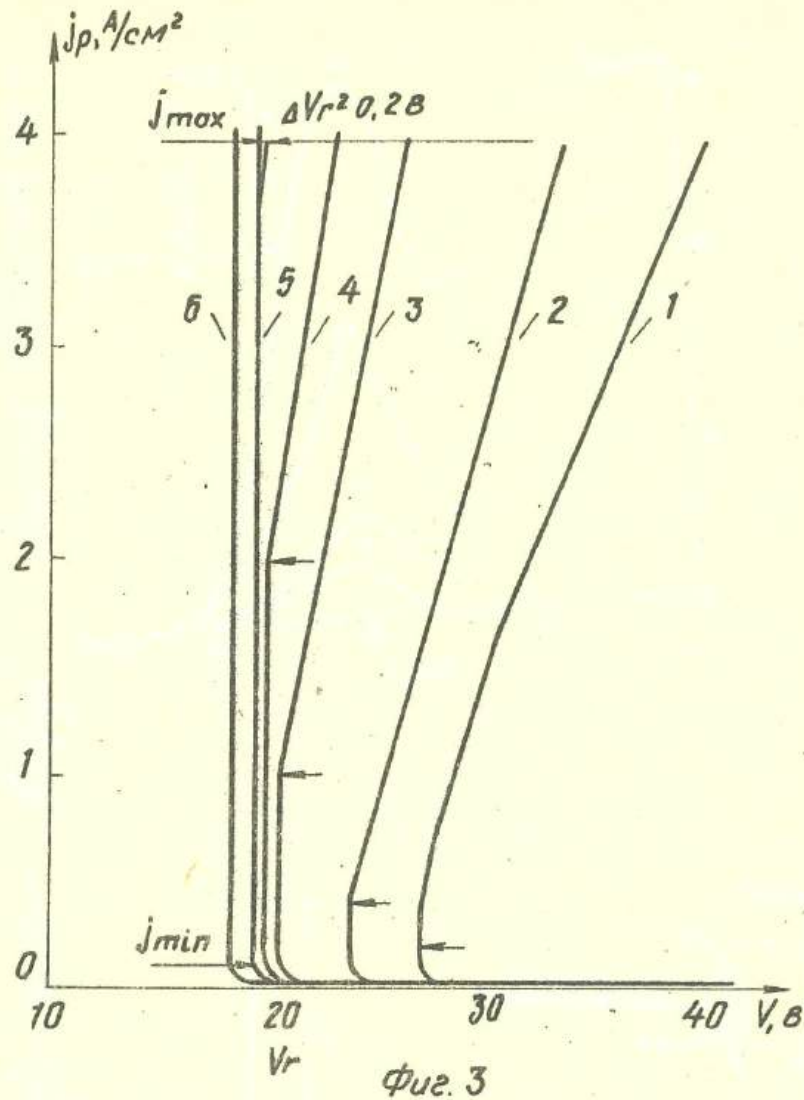
5 конструкции, групп электронов. Медленные электроны максвеллизированы с температурой $T_e \sim 1,5$ эВ, быстрые электроны обладают энергией, приобретаемой на прикатодном скачке потенциала.

10 Измерениями установлено, что в рассматриваемых условиях релаксация: распределения по импульсам значительно опережает релаксацию по энергиям и происходит на расстоянии порядка длины свободного пробега от катода. Оценка длины энергетической релаксации $F(E)$ для давления 133 Па дает значение $\ell_E \sim$
20 $\sim 6,5$ мм. Поэтому низковольтная дуга в предлагаемом способе и является короткой по отношению к длине энергетической релаксации распределения ℓ_E . Быстрые электроны
25 в основной части межэлектродного промежутка представляют собой "ройдрифующий и диффузирующий" в электрическом поле квазинейтральной плазмы.

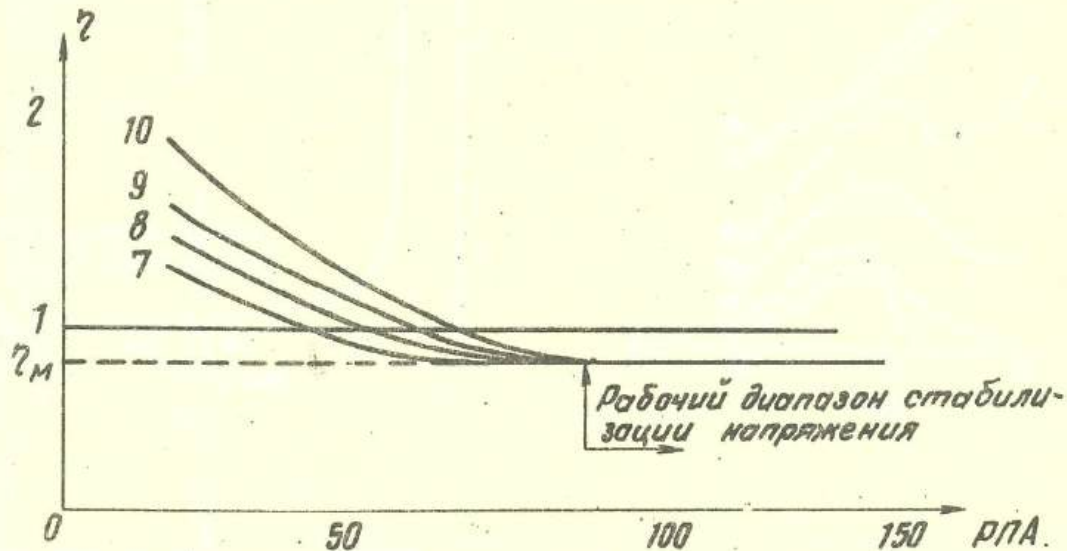
30 Распределение потенциала по зазору типично для низковольтной дуги (фиг. 2).

Основное изменение поля сосредоточено в узких областях у электродов и характеризуется прикатодным ℓ_k и прианодным ℓ_a слоями. В большей части межэлектродного зазора существует потенциальная яма для электронов, ограниченная прикатодным ΔU_k и прианодным ΔU_a барьерами, задерживающими выход медленных электронов на электроды. Поле в плазме невелико и токопере-
40 нос в дуге целиком осуществляется диффузионной составляющей потока быстрых электронов. Высокая скорость электронов обеспечивает токопрохождение при сравнительно низкой их концентрации. Например, при
45 плотности рабочего тока $\gamma_p \sim 1$ А/см² $n_e \sim 10^{18}$ см⁻³.

С увеличением плотности рабочего тока деформируется высокоэнергетическая часть $F(E)$ и характерное
50 распределение с "пиком" постепенно переходит в распределение с "плато" (фиг. 6). При этом ионизирующая способность быстрых электро-



Фиг. 3



Фиг. 4

