

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013158892/15, 30.12.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.07.2015 Бюл. № 19

(45) Опубликовано: 10.08.2015 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2031659 C1, 27.03.1995 . RU 2086262  
C1, 10.08.1997 . RU 2067003 C1, 27.09.1996 . RU  
2092191 C1, 10.10.1997 . EP 0968962 A1,  
05.01.2000

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана", ЦЗИС, для Архипова  
В.П. (НИИ ЭМ)

(72) Автор(ы):

Архипов Владимир Павлович (RU),  
Камруков Александр Семенович (RU),  
Козлов Николай Павлович (RU),  
Макарчук Азамат Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)C 2  
2 5 5 9 7 8 0  
C 2(54) СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ УДАЛЕННЫХ  
ОБЪЕКТОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к области санитарии и может быть использована для дистанционного обеззараживания объектов сложной формы. Способ дистанционного обеззараживания и обезвреживания удаленных объектов предусматривает формирование пучка импульсного ультрафиолетового излучения с помощью плазменного источника с эффективной температурой излучающей плазмы в максимуме импульса излучения не менее 12000 К, направление его на объект воздействия и изменение взаимного пространственного положения объекта и пучка излучения. При этом режим работы облучателей с импульсными плазменными источниками излучения удовлетворяет соотношению:

$$t \geq A \cdot \frac{d^2}{T^{3,45} \cdot S \cdot \tau \cdot F}, \text{ где } T - \text{эффективная}$$

температура излучения, К;  $\tau$  - длительность импульса излучения по уровню 0,5 от максимума, с;  $F$  - частота повторения импульсов излучения, Гц;  $t$  - длительность облучения, с;  $S$  - площадь сечения пучка излучения,  $\text{м}^2$ ;  $d$  - удаление облучателя от объекта обработки, м;  $A=10^9$  - коэффициент. Группа изобретений относится также к устройству для осуществления указанного способа, содержащему корпус, источник излучения в виде импульсной ксеноновой лампы, блок питания и отражатель. Группа изобретений обеспечивает обеззараживание объектов сложной формы, удаленных от источника облучения на расстояние до нескольких десятков метров. 2 н.п. ф-лы, 3 ил., 2 пр.

R U  
2 5 5 9 7 8 0  
C 2

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2013158892/15, 30.12.2013

(24) Effective date for property rights:  
30.12.2013

Priority:

(22) Date of filing: 30.12.2013

(43) Application published: 10.07.2015 Bull. № 19

(45) Date of publication: 10.08.2015 Bull. № 22

Mail address:

105005, Moskva, 2-ja Baumanskaja ul., 5, str. 1,  
MGTU im. N.Eh. Baumana", TsZIS, dlja Arkhipova  
V.P. (NII EhM)

(72) Inventor(s):

Arkhipov Vladimir Pavlovich (RU),  
Kamrukov Aleksandr Semenovich (RU),  
Kozlov Nikolaj Pavlovich (RU),  
Makarchuk Azamat Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij  
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni  
N.Eh. Baumana" (MGTU im. N.Eh. Baumana)  
(RU)

## (54) REMOTE DECONTAMINATION OF OBJECTS AND DEVICE TO THIS END

(57) Abstract:

FIELD: physics, optics.

SUBSTANCE: set of inventions relates to sanitary science and can be used for remote decontamination of complex-shape structures. Claimed process comprises generation of pulsed UV radiation beam with the help of plasma source with efficient temperature of radiating plasma at maximum radiation pulse of 12000 K. It is directed to target object while mutual spatial position of the object and radiation beam is varied. Note here that operating conditions of radiators with pulsed plasma sources satisfy the relationship:

$$t \geq A \cdot \frac{d^2}{T^{3,45} \cdot S \cdot \tau \cdot F}, \text{ where } T \text{ is effective}$$

radiation temperature, K;  $\tau$  is radiation pulse duration making 0.5 of maximum, s; F is radiation pulse repetition rate, Hz; t is radiation duration, s; S is radiation beam cross-section area,  $m^2$ ; d is distance of radiator from target object, m;  $A = 10^9$  is coefficient. Set of inventions relates also to the device for implementation of described process including the case, radiation source composed of pulse xenon lamp, power supply and reflector.

EFFECT: efficient decontamination at distance from radiation source of up to several tens of meters.

2 cl, 3 dwg, 2 ex

RU 2 559 780 C2

RU 2 559 780 C2

## Область техники

Изобретение относится к технике для бесконтактного дистанционного обеззараживания и обезвреживания объектов различной, в том числе сложной, формы от химических и бактериологических загрязнений.

### 5 Уровень техники

Известны способы обеззараживания воздуха и открытых поверхностей с помощью ультрафиолетового (УФ) излучения, вырабатываемого УФ лампой, и устройство для очистки воздуха в помощь УФ излучения, содержащее вертикальный корпус с УФ лампой, размещенной в его верхней части (Заявка ЕПВ № 0220050). УФ лампа создает

10 постоянный по времени бактерицидный поток излучения, вызывающий деконтаминацию микроорганизмов в воздухе и на открытых поверхностях объектов.

Недостатком известного устройства является низкая производительность, обусловленная использованием низкоинтенсивного источника непрерывного УФ излучения линейчатого спектра (ртутная бактерицидная лампа низкого давления), что 15 приводит к необходимости длительного облучения объектов. Кроме того, воздействие известного устройства на объекты ограничено лишь открытыми поверхностями, оптимально расположенными относительно источника излучения (обращенными к источнику излучения).

Известны также способы обеззараживания воздуха и дезинфекции открытых 20 поверхностей с помощью импульсного УФ излучения широкого спектрального состава, реализованный при работе известного устройства для обеззараживания воздуха (патент RU 2031659). Это известное техническое решение принято за прототип, как наиболее близкое по своей сущности к предлагаемому.

Известный способ предусматривает генерацию импульсного УФ излучения с 25 помощью плазменного источника с эффективной температурой, излучающей плазмы в максимуме импульса излучения не менее 12000 К, формирование пучка излучения и направление его на объект воздействия.

Известное устройство содержит корпус, источник излучения в виде импульсной ксеноновой лампы, подключенной к блоку питания, и отражатель (в варианте 30 выполнения), при этом блок питания выполнен в виде накопительного конденсатора, зарядного устройства, блока поджига и блока управления, импульсная газоразрядная лампа и накопительный конденсатор соединены между собой так, что образуют разрядный контур, зарядное устройство подключено к накопительному конденсатору, блок поджига связан с разрядным контуром.

35 Известные способы и устройство эффективно обеззараживают воздух в помещениях и открытые поверхности объектов, обращенные в сторону источника УФ излучения, при этом удаление обрабатываемых поверхностей должно быть незначительным (1...2 м).

В случае же объектов сложной формы и удаленных объектов известное техническое 40 решение неэффективно, поскольку из-за сложной формы (углубления, выступы и т.д.) на обрабатываемой поверхности образуются теневые зоны, которые не облучаются УФ излучением и поэтому не обеззараживаются, а удаление объектов на дистанцию уже в несколько метров очень значительно снижает интенсивность УФ излучения на обрабатываемых поверхностях и, соответственно, уменьшает эффективность и 45 результативность обработки.

## Раскрытие изобретения

Технический результат от применения предложенного способа и устройства заключается в расширении функциональных возможностей в части обработки объектов

сложной формы, увеличении эффективности обеззараживания и обезвреживания объектов, а также в увеличении удаленности обрабатываемых объектов до нескольких десятков метров.

Указанный технический результат достигается тем, что согласно способу

- 5 дистанционного обеззараживания и обезвреживания удаленных объектов в процессе облучения изменяют взаимное пространственное положение объекта и пучка импульсного ультрафиолетового излучения, при этом формирование пучка излучения и направление его на объект воздействия осуществляют с помощью одного или 10 нескольких облучателей с импульсными плазменными источниками излучения, при этом характеристики режима работы облучателей удовлетворяют соотношению

$$t \geq A \cdot \frac{d^2}{T^{3,45} \cdot S \cdot \tau \cdot F} \quad (1),$$

15 где

Т - эффективная температура излучения, К;

τ - длительность импульса излучения по уровню 0,5 от максимума, с;

F - частота повторения импульсов излучения, Гц;

t - длительность облучения, с;

20 S - площадь сечения пучка излучения, м<sup>2</sup>;

d - удаление облучателя от объекта обработки, м;

A=10<sup>9</sup> - коэффициент.

В части устройства для осуществления способа дистанционного обеззараживания и обезвреживания удаленных объектов технический результат достигается тем, что 25 импульсная ксеноновая лампа выполнена с отношением диаметра колбы к длине межэлектродного промежутка в пределах 5÷15, отражатель выполнен преимущественно в виде параболоида вращения, а параметры разрядного контура и импульсной ксеноновой лампы удовлетворяют соотношению

$$30 B \cdot \left( \frac{U}{l} \right)^{0,2} \cdot \frac{P_{Xe}^{0,06}}{L^{0,25}} \geq 1 \quad (2),$$

где

U - напряжение заряда конденсатора, В;

35 L - индуктивность разрядного контура, Гн;

l - длина межэлектродного промежутка импульсной ксеноновой лампы, м;

P<sub>Xe</sub> - начальное давление ксенона в импульсной лампе, Па;

B=2·10<sup>-3</sup> - коэффициент.

Перечень фигур

- 40 Изобретение поясняется графическими материалами, где на фиг. 1 показана схема организации облучения объекта сложной формы импульсным УФ излучением, на фиг. 2 - схема облучения элемента поверхности объекта в виде глухого отверстия, на фиг. 3 - блок-схема выполнения устройства для дистанционного обеззараживания и обезвреживания объектов.

- 45 Осуществление изобретения

Работа предложенного способа и устройства для его осуществления иллюстрируется следующими примерами.

Пример 1. Обеззараживание объектов сложной формы

Для исследования планет в настоящее время активно используются автоматические зонды - спускаемые аппараты, доставляемые на поверхность исследуемой планеты. При выполнении таких исследований необходимо исключить занесение микрофлоры Земли на планету, для чего перед запуском спускаемый аппарат подвергают тщательной 5 дезинфекции. Ввиду сложной формы поверхности спускаемого аппарата, изобилующей различными датчиками, разъемами, отверстиями, углублениями и т.д. дезинфекция традиционными реагентами затруднена, особенно в случае глубоких отверстий.

Согласно предложенному техническому решению такой объект 1 со сложной формой поверхности устанавливается на поворотном столе 2 и облучается импульсным УФ 10 излучением высокой яркости (эффективная температура излучения более 12000 К). Генерацию такого излучения, формирование пучка излучения и направления его на объект 1 осуществляют установленные на удалении d облучатели 3 на основе плазменных источников излучения.

В процессе обработки объект 1 поворачивается, чем обеспечивается изменение его 15 пространственного положения относительно пучка излучения и облучение со всех сторон. Стол 2 может быть также выполнен с возможностью наклона объекта 1.

Имеющиеся на поверхности облучаемого объекта углубления (глубокие глухие отверстия), дезинфекция которых известными методами крайне затруднительна, также подвергаются обработке импульсным ультрафиолетовым излучением, как это показано 20 на фиг. 2. Падающий направленный пучок 4 импульсного УФ излучения непосредственно освещает нижнюю стенку 5 отверстия и создает на ней пятно, которое является источником вторичного освещения уже рассеянным УФ излучением. Это рассеянное излучение падает на стенки 6 и 7, которые по схеме фиг. 2 не освещены 25 прямым пучком 4, и производит бактерицидное (обеззараживающее) воздействие и на эти участки объекта сложной формы.

Облучение удаленных объектов сложной формы импульсным УФ излучением осуществляется с помощью устройства, блок-схема которого показана на фиг. 3.

Устройство представляет собой корпус 8, в котором установлены отражатель 9 преимущественно в виде параболоида вращения с зеркальным отражающим слоем и 30 плазменный источник УФ излучения 10 в виде импульсной ксеноновой лампы, состоящей из прозрачной колбы 11, заполненной инертным газом ксеноном, и двух электродов: катода 12 и анода 13. Середина межэлектродного промежутка лампы располагается вблизи точки фокуса F параболоидного отражателя 9, что обеспечивает наилучшие условия облучения удаленных (более 50...100 м) объектов. При небольшом удалении 35 облучаемых объектов (несколько метров) источник 10 может быть сдвинут вдоль оптической оси в направлении от отражателя 9.

К электродам лампы 10 подключен блок питания 14, состоящий из накопительного конденсатора 15, зарядного устройства 16, блока поджига 17 и блока управления 18. Конденсатор 15 и импульсная ксеноновая лампа соединены между собой так, что 40 образуют разрядный контур с индуктивностью L.

Зарядное устройство 16 может быть реализовано в различных вариантах, например, по схеме AC/DC преобразователя, работающего на емкостную нагрузку.

Блок поджига 17 лампы также может быть выполнен по-разному, например, в виде быстродействующего сильноточного ключа (тиристора, транзистора и т.д.) или в виде 45 импульсного повышающего трансформатора.

Блок управления 18 обеспечивает согласованную и синхронизированную работу остальных компонентов блока питания в циклическом режиме «заряд-разряд».

Оператор установки подает команду включения на блок управления 18, который

запускает автоматический циклический режим заряда-разряда. Зарядное устройство 16 заряжает накопительный конденсатор 15, при этом напряжение заряда контролируется блоком управления 18. При достижении заданного значения напряжения на конденсаторе 15 (определяется по срабатыванию соответствующим образом

5 настроенного компаратора в блоке управления) зарядное устройство 16 выключается, а конденсатор 15 оказывается заряженным до напряжения U. По команде блока управления 18 включается блок поджига 17 лампы, в результате чего напряжение поджига (~20...30 кВ) прикладывается к электродам 12 и 13 лампы 10, межэлектродный промежуток лампы пробивается, и начинается разряд конденсатора 15 через лампу 10.

10 Далее процессы заряда и разряда циклически повторяются, пока не будут остановлены соответствующей командой.

Разряд конденсатора в атмосфере ксенона приводит к образованию высокотемпературной плазмы. При соблюдении определенных взаимосвязей между конструктивными параметрами устройства, определенных соотношением (2),

15 эффективная температура излучения плазмы превышает 12000 К, характер спектра излучения - непрерывный во всем диапазоне прозрачности кварцевой колбы 11 лампы 10 (по меньшей мере, от 190 до 2000 нм), при этом в спектре излучения превалирует УФ компонента излучения (более 50%). Излучение лампы 10 попадает на отражатель 9, отражается от него и направляется на удаленный объект 1 сложной формы в виде 20 пучка узконаправленного импульсного излучения оптического диапазона с высоким содержанием УФ излучения, обладающего выраженным биоцидным (бактерицидным, спороцидным, вирулицидным и др.) действием.

Длительность импульса излучения определяется параметрами разрядного контура и в примере выполнения составляет 5...10 мкс на уровне 50% от максимума излучения.

25 Максимальная частота повторения импульсов излучения определяется временем заряда конденсатора 15 до напряжения U (мощностью зарядного устройства 16) и может достигать 1000 Гц и более. Важно то, что в зависимости от программ, заложенных в память блока управления, и от управляющих команд оператора частота повторения импульсов излучения может меняться от 0 (одиночные импульсы) до максимальной.

30 Время воздействия импульсного УФ излучения на облучаемый объект определяется соотношением (1), выполнение которого обеспечивает спороцидную эффективность (степень снижения обсемененности на поверхности объекта) не менее 10 раз для споровых форм микроорганизмов. При заданном удалении от объекта время обработки может быть снижено увеличением эффективной температуры излучения лампы путем

35 подбора электротехнических параметров, связываемых соотношением (1), увеличением диаметра и, следовательно, площади отражателя и площади сечения пучка излучения, а также длительности и частоты повторения импульсов излучения.

Пример 2. Обезвреживание объектов

Пусть имеется некоторый объект, например, контейнер, на поверхности которого обнаружено высокотоксичное органическое вещество.

В этом случае реализация предложенного способа может соответствовать схеме фиг. 1 со следующими дополнениями.

45 Облучатели 3 устанавливаются на подвижных основаниях, например, в кузове автомобилей, и располагаются на безопасном расстоянии от объекта. Изменение взаимного пространственного положения объекта и пучка импульсного УФ излучения обеспечивается периодическим перемещением автомобилей с облучателями.

Предложенные способ и устройство обеспечивают достижение указанного выше технического результата за счет следующих особенностей, обусловленных заявленной

совокупностью признаков.

1) Высокая яркость излучения (в несколько десятков раз больше яркости солнечного излучения - яркостная температура Солнца составляет 6000 К, яркостные температуры обсуждаемых плазменных источников излучения в виде импульсных ксеноновых ламп 5 составляют не менее 12000 К и технически могут достигать 30000 К). При таких величинах эффективной температуры максимум спектральной плотности излучения источника лежит в УФ области спектра, что предопределяет высокий КПД преобразования накопленной в конденсаторе 15 электрической энергии в излучение УФ диапазона спектра.

10 2) При характерных значениях эффективной температуры более 12000 К и начальном давлении ксенона более  $10^5$  Па спектр излучения плазменного источника представляет собой практически сплошной континуум, непрерывно перекрывающий спектральное окно прозрачности земной атмосферы в диапазоне практически от 190 нм до 2700 нм, причем с высокой долей ультрафиолетовой составляющей. Воздействие излучения 15 такого спектрального состава на микроорганизмы любого вида (бактерии, вирусы, споры, грибы) обеспечивает перекрытие всех имеющихся у различных микроорганизмов спектральных окон чувствительности, что позволяет достичь универсальности такой обработки и высокой эффективности воздействия.

20 К тому же подавляющее большинство высокотоксичных веществ в силу своей органической природы имеют большие сечения поглощения излучения в спектральной области с длиной волны менее 240 нм. Использование плазменных источников излучения с эффективной температурой более 12000 К согласно предложенному техническому решению обеспечивает высокую спектральную плотность облучения и в указанной 25 спектральной области ( $\lambda \leq 240$  нм), что позволяет эффективно обезвреживать токсичные вещества на поверхности объектов сложной формы дистанционным бесконтактным методом, при этом роль высокояркостного УФ излучения заключается в инициировании 30 фотохимических реакций окислительной деструкции органических молекул загрязнителей на более простые молекулы нетоксичных веществ (в идеале, при достаточно высоких дозах облучения фотоокислительные реакции деструкции сложных молекул идут до конца с окислением исходных и всех промежуточных продуктов до конечных 35 экологически безопасных соединений: углекислого газа -  $\text{CO}_2$ , и воды -  $\text{H}_2\text{O}$ ).

3) Импульсный характер излучения, реализованный предложенным техническим 40 решением, позволяет достичь высоких и сверхвысоких значений плотности импульсной мощности на поверхности объектов. Такой «ударный» механизм воздействия позволяет 45 обеспечить условия существенного превышения скоростей прямых процессов деструкции биомолекул в живых клетках и молекул химических токсикантов над скоростями обратных процессов (процессов рекомбинации, репарации и т.п.). За счет такого характера воздействия также увеличивается эффективность обеззараживания и обезвреживания объектов.

40 Конструктивное выполнение предложенного устройства позволяет генерировать концентрированные потоки УФ излучения с расходностью пучка 2...4 угловых градуса и мощностью излучения в импульсе на уровне нескольких десятков мегаватт в стерадиане. По имеющимся литературным данным плотность потока ультрафиолетового 45 излучения от такого пучка на расстоянии на удалении 5...50 м достаточна для проявления выраженных эффектов обеззараживания объектов сложной формы от всех видов патогенной микрофлоры, в том числе и от наиболее устойчивых споровых форм, а также для существенного снижения уровня загрязненности объектов высокотоксичными загрязнителями. При этом средняя потребляемая электрическая

мощность одного излучающего модуля такой плазменно-оптической установки может составлять порядка нескольких сотен ватт и менее.

### Формула изобретения

1. Способ дистанционного обеззараживания и обезвреживания удаленных объектов, предусматривающий генерацию импульсного ультрафиолетового излучения с помощью плазменного источника с эффективной температурой излучающей плазмы в максимуме импульса излучения не менее 12000 К, формирование пучка излучения и направление его на объект воздействия, отличающийся тем, что в процессе облучения изменяют взаимное пространственное положение объекта и пучка импульсного ультрафиолетового излучения, при этом формирование пучка излучения и направление его на объект воздействия осуществляют с помощью одного или нескольких облучателей с импульсными плазменными источниками излучения, при этом характеристики режима работы облучателей удовлетворяют соотношению

$$t \geq A \cdot \frac{d^2}{T^{3,45} \cdot S \cdot \tau \cdot F},$$

где Т - эффективная температура излучения, К;

τ - длительность импульса излучения по уровню 0,5 от максимума, с;

F - частота повторения импульсов излучения, Гц;

t - длительность облучения, с;

S - площадь сечения пучка излучения, м<sup>2</sup>;

d - удаление облучателя от объекта обработки, м;

A=10<sup>9</sup> - коэффициент.

2. Устройство для осуществления способа по п. 1, содержащее корпус, источник излучения в виде импульсной ксеноновой лампы, подключенной к блоку питания, и отражатель, при этом блок питания выполнен в виде накопительного конденсатора, зарядного устройства, блока поджига и блока управления, импульсная газоразрядная лампа и накопительный конденсатор соединены между собой так, что образуют разрядный контур, зарядное устройство подключено к накопительному конденсатору, блок поджига связан с разрядным контуром, отличающееся тем, что импульсная ксеноновая лампа выполнена с отношением диаметра колбы к длине межэлектродного промежутка в пределах 5÷15, отражатель выполнен преимущественно в виде параболоида вращения, а параметры разрядного контура и импульсной ксеноновой лампы удовлетворяют соотношению

$$B \cdot \left(\frac{U}{l}\right)^{0,2} \cdot \frac{P_{Xe}^{0,06}}{L^{0,25}} \geq 1,$$

где:

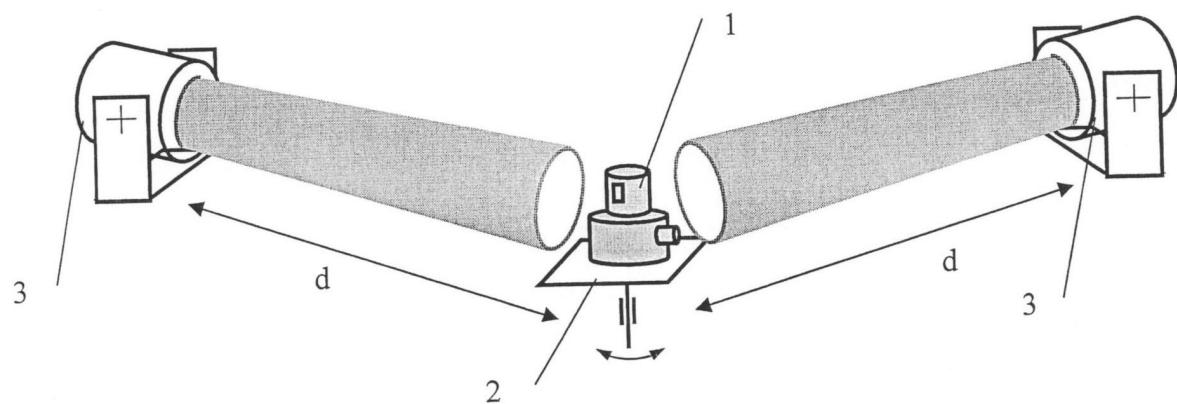
U - напряжение заряда конденсатора, В;

L - индуктивность разрядного контура, Гн;

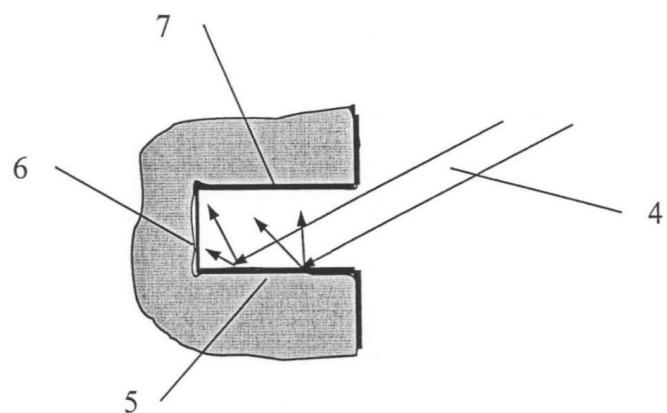
l - длина межэлектродного промежутка импульсной ксеноновой лампы, м;

P<sub>Xe</sub> - начальное давление ксенона в импульсной лампе, Па;

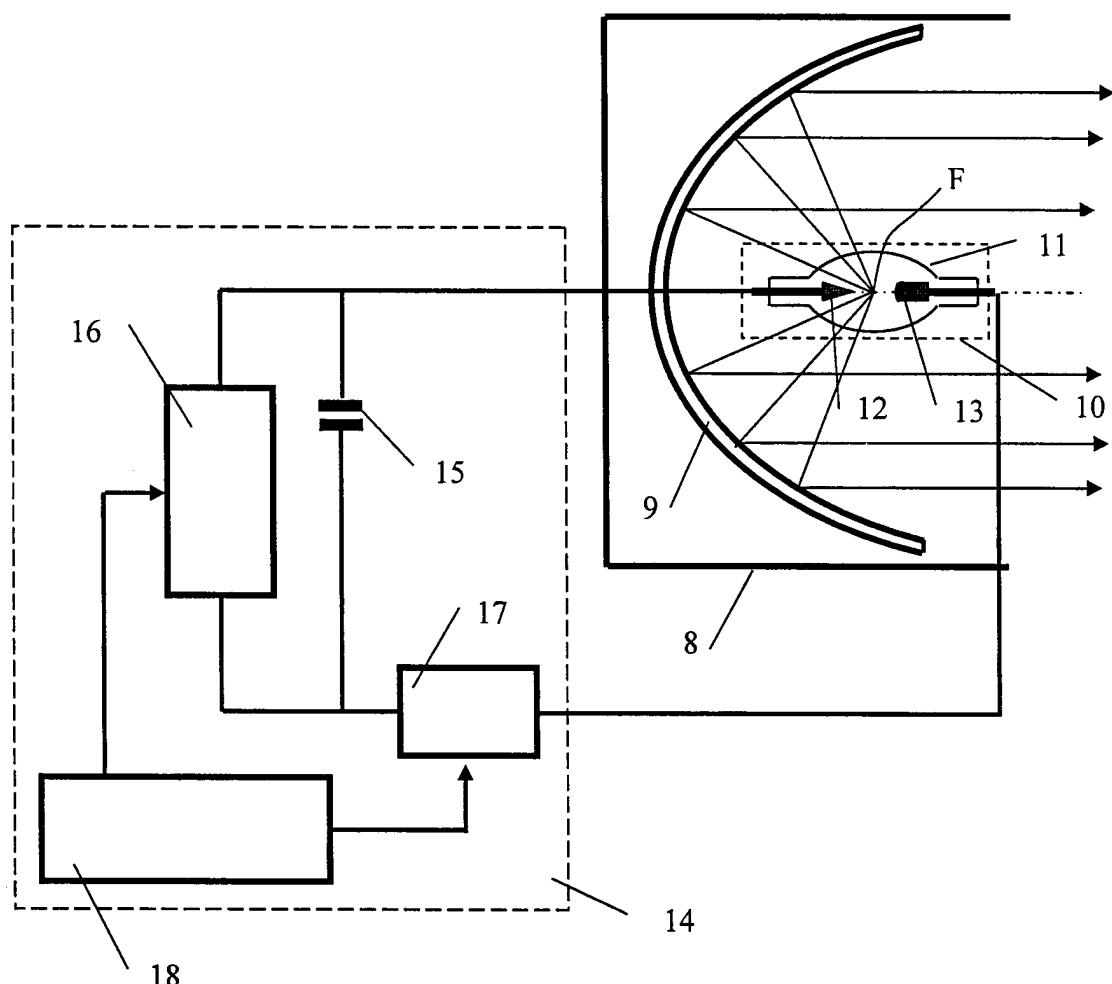
B=2·10<sup>-3</sup> - коэффициент.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3