

Изобретение относится к области квантовой электроники, а именно к устройствам для предварительной ионизации активной среды газовых лазеров, работающих при давлениях, близких к атмосферному.

Известны различные модификации устройств для предварительной ультрафиолетовой ионизации активной среды лазера, представляющие собой плоскую матрицу из многих разрядных промежутков, последовательность которых образует разрядную цепь [1].

Недостатком устройств для ультрафиолетовой предыонизации активной среды газового лазера является то, что в силу своей плоской геометрии они в лазерах с самостоятельным разрядом накачки располагаются параллельно одному из электродов основного разряда, имеющему вид сетки, прозрачной для ультрафиолетового излучения. Следствием такого расположения источника предыонизации является нарушение однородности предыонизационной плазмы по объему и усложнение конструкции лазера в целом.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому устройству является выбранный в качестве прототипа "Протяженный источник для ультрафиолетовой предыонизации газовых лазеров" [2], представляющий собой протяженную матрицу из n параллельных разрядных цепей, каждая из которых состоит из электродов, образующих m последовательных разрядных промежутков, при этом одни крайние электроды всех разрядных цепей подключены через накопительную емкость к высоковольтному выводу источника импульсного напряжения, а другие крайние электроды заземлены. Основой одной разрядной цепи служит стеклянная пробирка, внутрь которой на всю длину вставлен металлический стержень, соединенный с заземленным электродом источника напряжения, а на внешнюю поверхность плотно надеты электроды, образующие с заземленным электродом емкости, необходимые для устойчивого формирования разряда. Для фиксации искр в заданной плоскости промежуточные электроды, надетые на пробирку, снабжены остроугольными выступами. Устройство размещается под сетчатым катодом в непосредственной близости к объему, в котором происходит основной плазмообразующий разряд.

Недостатками известного устройства являются:

недостаточная степень однородности предыонизационной плазмы, обусловленная тем, что при использовании плоского источника предыонизации образующаяся плазма всегда имеет градиент плотности в направлении от плоскости пробоя разрядных промежутков; нарушение однородности предыонизационной плазмы по объему при использовании известного устройства усугубляется еще и тем, что из-за плоской геометрии это устройство обычно размещается в газоразрядной трубке лазера на некотором расстоянии от его продольной оси;

причиной нарушения однородности является также недостаточная синхронизация пробоя всех разрядных цепей, т.к. параллельное включение большого числа разрядных цепей в цепь одного накопительного конденсатора налагает определенные условия на независимое развитие разряда в каждой цепи;

определенная сложность устройства, т.е. оно выполнено в виде автономной конструкции и должно быть размещено в газоразрядной трубке лазера, что требует специального крепления;

использование такой конструкции предыонизатора неизбежно уменьшает полезный объем лазера;

объем предыонизационной плазмы ограничен размерами разрядной матрицы, поскольку увеличение количества разрядных цепей в ней при условии обеспечения временной стабильности всех разрядов требует применения больших номиналов высоковольтных накопительных емкостей;

размещение устройства предыонизации на небольшом расстоянии от заземленного сетчатого катода налагает ограничение на амплитуду напряжения, подаваемого на разрядные цепи из-за опасности пробоя между этими цепями и заземленным катодом, в результате чего уменьшается энергия, которую можно вложить в искровые разряды и, соответственно, уменьшается интенсивность ультрафиолетового излучения и концентрация образующейся плазмы.

Задачей изобретения является повышение степени однородности и увеличение объема предыонизационной плазмы, а также упрощение конструкции устройства предыонизации.

Поставленная задача решается тем, что в устройство предыонизации газового лазера, содержащее корпус и n разрядных цепей, каждая из которых состоит из электродов, образующих m последовательных разрядных промежутков, причем одни крайние электроды всех разрядных цепей заземлены, а другой крайний электрод одной из разрядных цепей соединен с источником импульсного напряжения, согласно изобретению, корпус устройства выполнен в виде цилиндрической диэлектрической трубки, по образующим внутренней поверхности которой по числу разрядных цепей выполнены равноотстоящие друг от друга канавки, в каждой из которых заподлицо расположены электроды разрядных цепей, на внешней поверхности цилиндрической трубки, начиная от заземленных электродов, нанесено электрически соединенное с ними проводящее покрытие, длина которого меньше длины цилиндрической трубки на длину одного электрода разрядной цепи, при этом свободные крайние электроды $n - 1$ разрядных цепей подключены каждый к своей накопительной емкости, соединенной с общим для этих цепей источником постоянного напряжения.

На фиг.1 изображено предлагаемое устройство, вид; на фиг.2 - продольный (а) и поперечный (б) разрезы.

Устройство представляет собой цилиндрическую диэлектрическую газоразрядную трубку 1, по внутренней поверхности которой выполнены, по числу разрядных цепей, n канавок 2, в каждой из которых заподлицо размещены электроды 3, образующие m разрядных промежутков. На одном из концов газоразрядной трубки 1 крайние электроды всех разрядных цепей объединены общей шиной, которая заземлена и электрически соединена с проводящим покрытием 4, нанесенным на внешнюю поверхность трубки от этого же конца на длину которая меньше длины самой трубки на длину одного электрода разрядной цепи. На другом конце разрядной трубки крайний электрод одной любой разрядной цепи соединен с высоковольтным выводом источника импульсного напряжения (на чертежах не показан), а

крайние электроды остальных $n - 1$ цепей подключены каждый к своей накопительной емкости 5.

Общее количество разрядных цепей и соответственно общее количество равноотстоящих друг от друга канавок на внутренней поверхности газоразрядной трубки, в которые эти цепи уложены, определяются исходя из диаметра трубки и ширины электродов таким образом, чтобы расстояние между соседними разрядными цепями было не менее удвоенной ширины канавки. Это требование обусловлено необходимостью сохранения механической прочности газоразрядной трубки и предотвращения образования проводящей пленки по внутренней поверхности трубки в результате распыления электродов при разряде. Характерная длина электродов лежит в пределах 1 - 2 см, а длина разрядного промежутка не превышает 4 - 6 мм. Электроды заострены на обращенных друг к другу концах, благодаря чему обеспечивается большая локальная напряженность электрического поля в разрядных промежутках, что облегчает их пробой.

Число разрядных промежутков в каждой цепи подбирается экспериментально из условия наиболее эффективного преобразования электрической энергии в оптическую.

Электроды разрядной цепи образуют емкости, необходимые для устойчивого формирования разряда с проводящим покрытием, нанесенным на внешнюю поверхность газоразрядной трубки. За счет запасенной в этих емкостях энергии поверхностный пробой разрядных промежутков происходит при напряжениях значительно меньших, чем при пробое в случае отсутствия проводящего покрытия. Для предотвращения пробоя крайнего высоковольтного электрода на заземленное проводящее покрытие, оно делается меньше длины газоразрядной трубки на длину этого крайнего электрода.

Устройство работает следующим образом.

От источника постоянного напряжения заряжают до предпробойного напряжения накопительные емкости 5 в $n - 1$ разрядных цепях.

После того, как накопительные емкости зарядятся, источник постоянного напряжения выключается и включается импульсный источник высокого напряжения, высоковольтный вывод которого подключен к крайнему электроду одной из разрядных цепей. Высокое напряжение появляется на первом разрядном промежутке этой цепи и он пробивается. Этот пробой приводит к появлению высокого напряжения на втором разрядном промежутке и т.д. Процесс продолжается, пока не пробьется последний разрядный промежуток. При этом ток резко возрастает и разряжает накопительный конденсатор высоковольтного источника (на чертеже не показан). Генерируемое при пробое разрядных промежутков этой цепи ультрафиолетовое излучение инициирует пробой разрядных промежутков в остальных цепях за счет энергии, запасенной в накопительных емкостях этих цепей. При количестве разрядных цепей n , в каждой из которых m разрядных промежутков, возникает nm искр, которые, благодаря их равномерному распределению по внутренней поверхности газоразрядной трубки лазера и синхронности возникновения, своим ультрафиолетовым излучением создают практически однородную по объему предыонизационную плазму.

Синхронности пробоев разрядных промежутков способствует примененное раздельное электрическое питание каждой разрядной цепи. Кроме того, использование такой схемы питания позволяет снизить напряжение, до которого должна быть заряжена каждая накопительная емкость (поскольку разрядные цепи короткие, с малым числом разрядных промежутков), уменьшить ее номинал, а также создает возможность электрического управления количеством и энергией разрядов за счет внешней коммутации разрядных цепей и изменения номиналов накопительных емкостей.

В данном техническом решении элементом устройства предыонизации является сам корпус разрядной трубки лазера, что позволяет легко реализовать увеличение объема предыонизационной плазмы при одновременном повышении степени ее однородности. При этом электроды рабочего разряда размещаются вне предыонизатора, а их пространственное расположение и конфигурация (плоские или цилиндрические) определяются типом разряда (поперечный или продольный) по отношению к направлению движения газа. Необходимое для увеличения объема увеличение длины и (или) диаметра разрядной трубки и соответствующее этому удлинению разрядных цепей и (или) увеличение их числа не изменяет физики процессов, происходящих в разрядном объеме. Используемая схема раздельного питания разрядных цепей при соответствующем подборе номиналов накопительных емкостей обеспечивает одновременность пробоя всех разрядных промежутков, что является условием практической однородности предыонизационной плазмы по всему объему газоразрядной трубки лазера.

То, что корпус газоразрядной трубки лазера сам является элементом устройства предыонизации, существенно упрощает конструкцию предыонизатора, в частности отпадает необходимость в применении специальных устройств крепления, облегчается проток газа через лазер, увеличивается полезный объем. Поскольку устройство предыонизации не располагается вблизи сетчатого заземленного катода основного плазмообразующего разряда, не существует опасности пробоя между разрядными цепями и катодом. Следовательно, общее напряжение на каждой разрядной цепи может быть повышено до значения, необходимого для более эффективного преобразования электрической энергии в оптическую.

Работа устройства и получение указанного технического результата были проверены на макете, представляющем собой короткий отрезок ($l = 3$ см) цилиндра диаметром 10 см из полипропилена, на внешнюю поверхность которого было нанесено проводящее покрытие из меди, а по внутренней стороне поверхности по кольцу была уложена разрядная цепь из 14 заостренных медных электродов. Длина электродов $l' = 15$ мм, длина разрядных промежутков между электродами составляла 5 мм. Такой макет по существу является элементом устройства предыонизации, поскольку может быть получен из него, если устройство расщечь двумя плоскостями, перпендикулярными продольной оси и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном длине разрядной цепочки всего из двух электродов. Различие лишь в том, что в устройстве пробой разрядных промежутков происходит в направлении образующей, а в макете - по внутренней окружности. Это обстоятельство, однако, не влияет на симметрию процесса предыонизации, которая характерна для устройства. Макет испытывался при работе в атмосфере азота, аргона, воздуха

при давлениях порядка 100мм рт.ст. Разрядная цепь подключалась к накопительной емкости, заряженной до потенциала 15 - 20кВ. Разряд цепи инициировался ультрафиолетовым излучением вспомогательного искрового разряда, который создавался разрядником, расположенным вблизи испытываемого макета. На вспомогательный разрядник от импульсного источника напряжения подавался импульс амплитудой 4кВ. Измерение концентрации создаваемой предьонизационной плазмы проводилось методами просвечивания и интерферометрии плазмы СВЧ излучением с длиной волны 8мм.

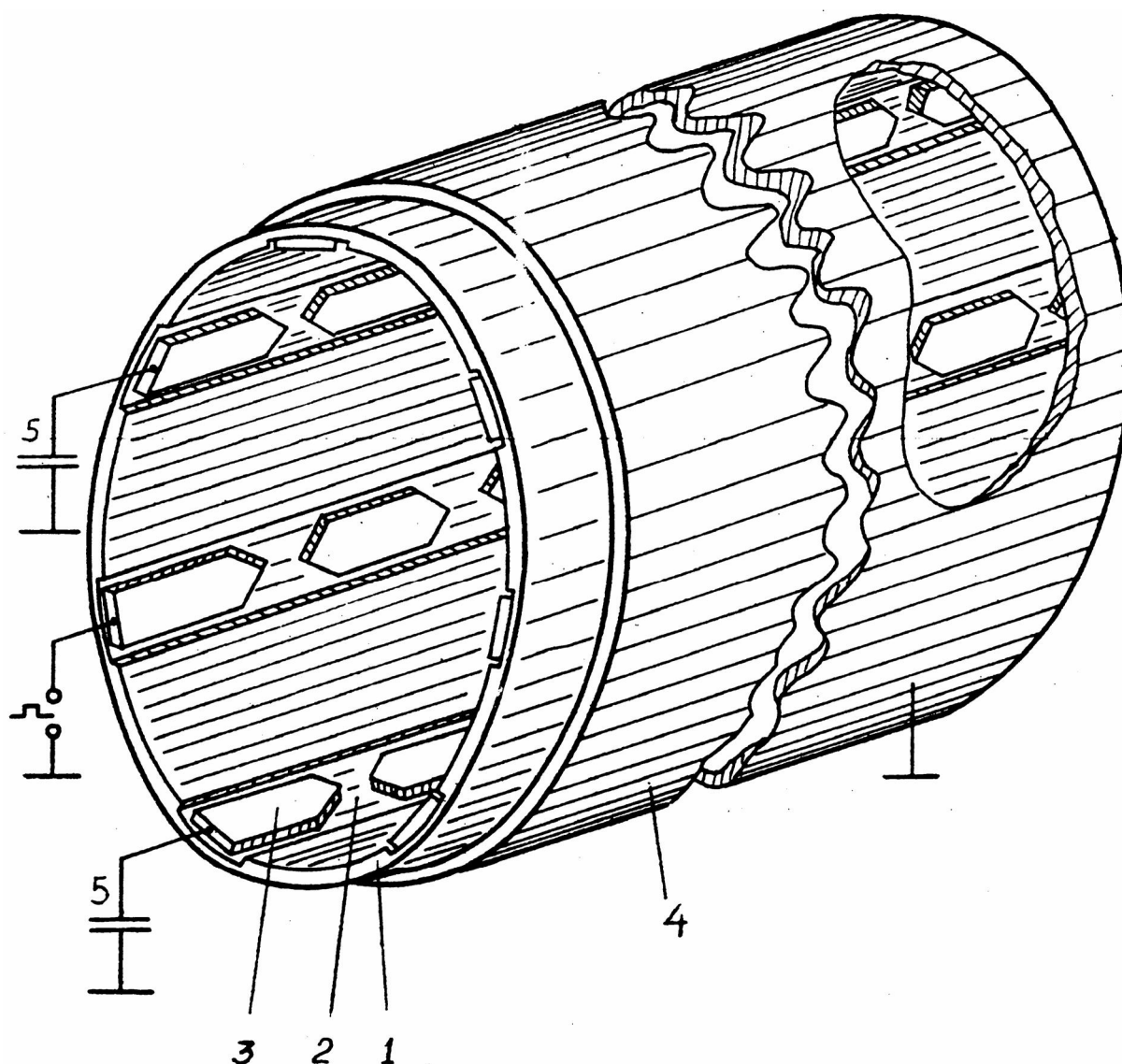
Измерения показали, что подобное устройство образует плазму с максимальной концентрацией 10^{12}см^{-3} , существующую на протяжении нескольких сотен (до 1000) микросекунд.

Степень однородности плазмы, генерируемой макетом устройства, проверялась методом рефракции СВЧ излучения на длине волны $\lambda = 8\text{мм}$. Было показано, что в течение 200 - 300мкс, после плазмообразующего разряда, плазма однородна по всему сечению макета. На более поздних временах существования плазмы на периферии занимаемого объема появляются небольшие неоднородности, с локальными изменениями концентрации, отличающимися от уровня средней концентрации на несколько процентов. Размеры подобных областей неоднородности порядка 1см.

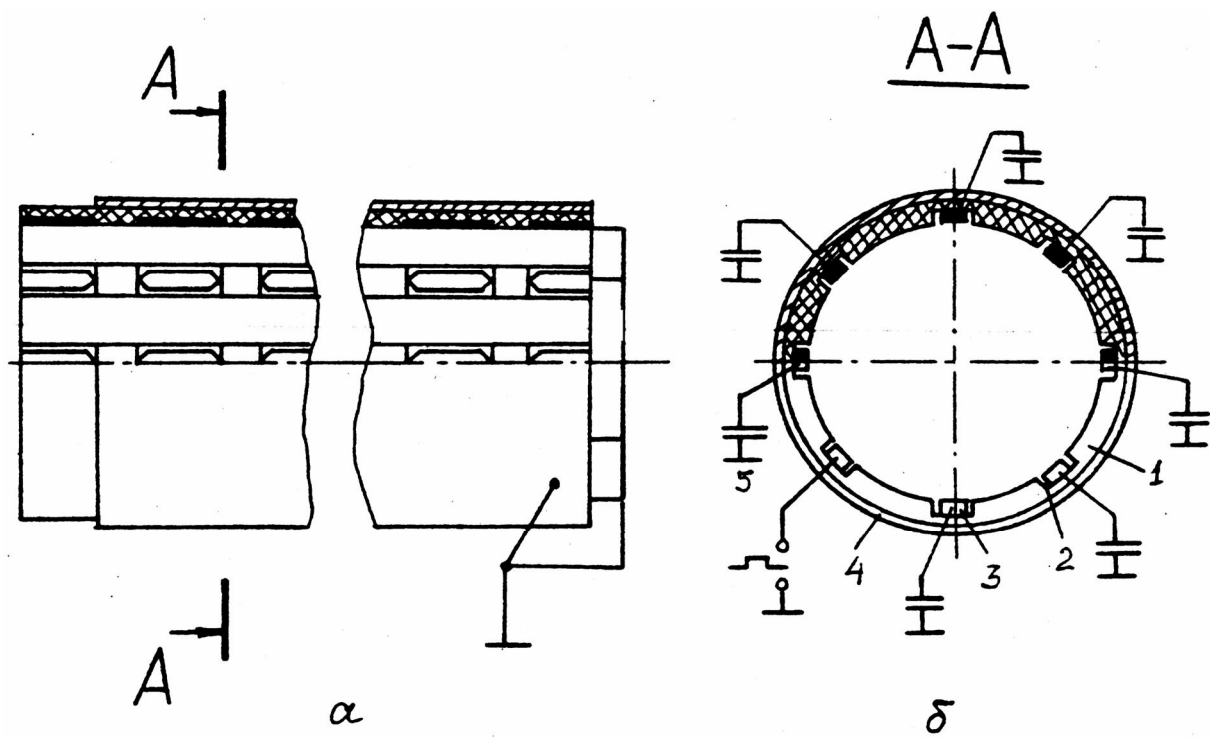
Источники информации

1. Горячкин Д.А. и др. Импульсный CO_2 -лазер атмосферного давления с предварительной фотоионизацией. // Квантовая электроника. - 1976. - №3. - С.656.

2. Приборы и техника эксперимента. - 1986. - №6. - С.146.



Фиг. 1



Фиг. 2