

ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА И ТЕХНИКА

УДК 617.7; 535.34

РОСТ УСИЛЕНИЯ В ГАЗОРАЗРЯДНОМ ЛАЗЕРЕ С АКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ НЕСТАНДАРТНОЙ ГЕОМЕТРИИ

© 2014 г. В. Е. Привалов, доктор физ.-мат. наук; С. А. Золотов, аспирант

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург

E-mail: vaepriv@yandex.ru

В гелий–неоновом лазере традиционно используется активный элемент цилиндрической геометрии в резонаторе плоскость–сфера. При этом часть активной среды не участвует в генерации излучения. Однако исполнение трубки газоразрядного лазера, геометрия которой точно совпадала бы с геометрией поля, является трудоемкой задачей. Предлагается использовать комбинированный элемент, состоящий из двух или трех секций разного диаметра с разными длинами. Расчет показал увеличение усиления на 30% и 40% соответственно по сравнению с цилиндрической геометрией. При этом такие активные элементы не представляют особых сложностей при производстве.

Ключевые слова: газоразрядный лазер, усиление активной среды, активный элемент, мощность излучения.

Коды OCIS: 140.0140, 140.3460.

Поступила в редакцию: 19.11.2013.

Производство активного элемента газоразрядного лазера (ГРЛ), геометрия которого точно совпадала бы с геометрией поля (рис. 1), представляет большие технологические трудности. Необходимо найти более технологичную геометрию, которая бы превосходила цилиндрическую по усилению.

Усиление является одной из основных характеристик, поскольку его величина и стабильность оказывают существенное влияние на точность измерений. С энергетической точки зрения, выгодно обеспечить максимальное

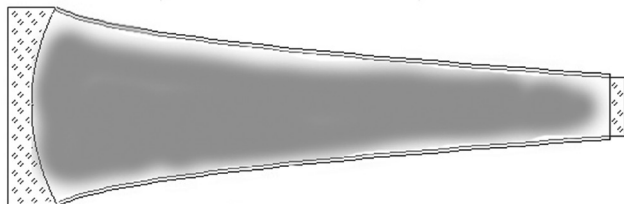


Рис. 1. Активный элемент ГРЛ с формой, повторяющей геометрию каустики поля.

перекрытие модового объема резонатора и объема, в котором обеспечена инверсия населенностей. Когда радиус пятна генерации в несколько раз меньше радиуса капилляра (условие выполняется практически во всех ГРЛ, кроме волноводных), это требование сводится к получению распределения инверсии населенностей, не убывающей по мере удаления от оси. Это нереально, но необходимо стремиться к наиболее пологому распределению.

Трудность заключается в том, что более пологому распределению соответствует меньшая инверсия населенностей в центре. Нужно найти оптимальные условия. Для получения максимальной стабильности параметров излучения также следует иметь наиболее пологое распределение инверсии населенностей. В противном случае пятно генерации, перемещаясь по сечению под действием возмущающих факторов, будет оказываться в областях с различной инверсией населенностей, что приведет к флуктуациям интенсивности и частоты излучения. Рассмотрим, от чего зависит пространственное

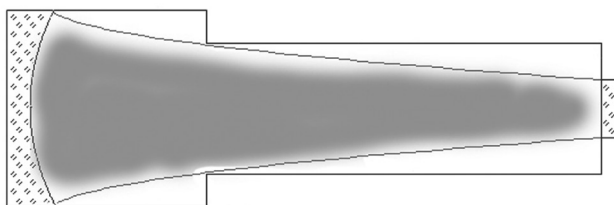


Рис. 2. Двухсекционная трубка.

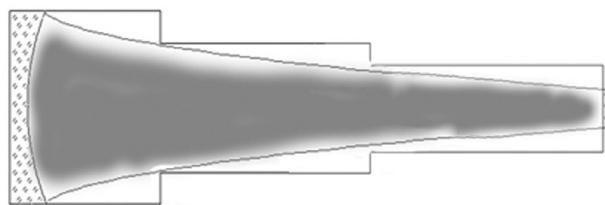


Рис. 3. Трехсекционная трубка.

распределение и как им можно управлять с целью обеспечения минимальных технических флуктуаций.

Одним из способов изменения поперечного распределения инверсии населенностей (усиления) является изменение геометрии сечения разрядного промежутка. В 1969 году возникла идея конической трубки [1, 2]. Эксперимент подтвердил правильность идеи и методов расчета усиления для данного случая [3]. В 1971 году был предложен комбинированный вариант (рис. 2) [4]. В основу расчета геометрической части коэффициента усиления была положена известная формула [5]

$$k = \left(\frac{1}{S} \right) \int_V k_0 f(V) dV,$$

где k_0 – усиление на оси системы, $f(V)$ – пространственное распределение усиления в объеме V разрядного промежутка, S – площадь поперечного сечения. Полагаем $f(V)$ подобным концентрации возбужденных атомов.

В настоящей статье мы кратко излагаем результаты для двух- и трехсекционных трубок, полученные после 2010 г. [6].

Уже при малых уменьшениях объема, не участвующего в генерации излучения, виден результат. Так, при длине узкой части двухсекционного элемента, равной всего 1/20 всей длины трубки, мощность возрастает на 1,22%.

В ходе расчета комбинированный активный элемент разбивался на секции. Коэффициент усиления каждой секции может быть рассчитан на основе известных методов расчета активных элементов газоразрядных лазеров с цилиндриче-

* * * * *

ской геометрией. Так как каждая секция вносит свой вклад в общий коэффициент усиления, то полное усиление трубки будет равно сумме коэффициентов усиления каждой секции.

Также следует отметить, что при увеличении длины отдельно взятой секции ее радиус должен расти вследствие увеличения пятна каустики поля по мере приближения к сферическому зеркалу резонатора. Следовательно, чтобы избежать потерь на стыке, воображаемая линия границы модового объема не должна касаться границы капилляра. Поэтому встает вопрос об оптимальных соотношениях между длинами секций комбинированного активного элемента.

Расчетным путем были найдены коэффициенты усиления и оптимальные длины секций для двухсекционной (рис. 2) и трехсекционной (рис. 3) трубок. При использовании активных элементов с нестандартной геометрией, состоящих из двух или трех секций, коэффициент усиления возрастает на 29,91% и 40,47% соответственно. При этом оптимальные соотношения секций для двухсекционного капилляра равны 42:58, а для трехсекционного – 30:30:40.

Таким образом, предлагаемые конструкции капилляра позволят либо сократить размеры газоразрядного лазера при сохранении мощности излучения, либо увеличить мощность, не прибегая к вариации длины активного элемента. Сокращение размеров резонатора позволит повысить пассивную стабильность лазера. Обнаруженный выигрыш усиления позволил вести дальнейшие поиски, на некоторые из которых получены патенты [7, 8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Привалов В.Е., Фридрихов С.А. Кольцевой газовый лазер // УФН. 1969. Т. 97. С. 377–402.
2. Привалов В.Е., Фридрихов С.А. Не-Не-лазер с разрядной трубкой конусообразного сечения // ЖПС. 1970. Т. 12. С. 937–939.

3. Федотов А.А. Исследование возможности увеличения мощности излучения He-Ne-ОКГ применением разрядных трубок профильного (конического) сечения // Автореферат канд. дис. Л.: ЛЭТИ, 1974. 16 с.
4. Привалов В.Е. He-Ne лазер с комбинированной разрядной трубкой // Электронная техника. Сер. 3. 1971. В. 3. С. 29–31.
5. Привалов В.Е. Газоразрядные лазеры в измерительных комплексах. Л.: Судостроение, 1989. 260 с.
6. Золотов С.А., Привалов В.Е. Уход от стандартных геометрий приводит к выигрышу в усилении // Труды конференции «Лазеры. Измерения. Информация». СПб.: Политехнический университет, 2010. С. 109.
7. Привалов В.Е., Золотов С.А. Газоразрядный лазер. Патент России № 95909. 2010.
8. Привалов В.Е., Золотов С.А. Газоразрядный лазер. Патент России № 101276. 2011.