

УДК 621.373

DOI: 10.17223/00213411/63/9/165

В.А. КОЖЕВНИКОВ, В.Е. ПРИВАЛОВ

## УСИЛЕНИЕ В ЛАЗЕРАХ ПРИ НЕОДНОРОДНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Предложенный метод решения уравнения Гельмгольца с однородными граничными условиями проверен для эллиптического сечения. Метод обобщен для уравнения Гельмгольца с неоднородными граничными условиями. Обобщение проверено для круглого и эллиптического сечения.

**Ключевые слова:** лазер, активный элемент, усиление излучения, однородные и неоднородные граничные условия.

### Введение

Большинство газоразрядных лазеров имеют активные элементы в виде цилиндрических трубок. Граничные условия на стенках трубок принято считать нулевыми. Мощность излучения лазера определяется взаимодействием активного вещества с полем, а поскольку поле резонатора (каустика) в измерительных лазерах имеет диаметр в два и более раз меньший, чем диаметр трубки, то для усиления в активной среде можно считать граничные условия, задаваемые на каустической поверхности, отличными от нулевых. Дифракционными потерями при этом можно пренебречь. В данной работе мы рассматриваем только основной тип колебаний в резонаторе, что справедливо для измерительных лазеров (в отличие от случаев, когда нужна максимальная мощность лазера и работают в многомодовом режиме). Пока мы также пренебрегаем пространственной неоднородностью активной среды. Изменение геометрии сечения активного элемента (прямоугольник, эллипс и т.д.) изменяет коэффициент усиления излучения. Могут появиться неоднородные граничные условия. Возникает вопрос, может ли коэффициент усиления быть больше. Судя по результатам работы [1], может. Сегодня мы располагаем более совершенными методами и средствами вычислений. Мы предлагаем метод нахождения среднего (по поперечному сечению граничной поверхности) значения коэффициента усиления измерительного лазера при неоднородных граничных условиях. Вначале мы еще раз проверим наш метод на сечении, для которого можно записать аналитическое выражение для коэффициента усиления, с однородными граничными условиями и потом перейдем к неоднородным.

### 1. Случай эллиптического сечения трубки с однородным граничным условием

В работе [2] мы описали метод нахождения коэффициента усиления лазера при однородных граничных условиях, предложив метод решения однородного уравнения Гельмгольца с однородными граничными условиями. Были проведены расчеты для случая круглого, эллиптического и прямоугольного сечений, причем для случаев сечений в виде круга и прямоугольника было показано, что результаты совпадают с аналитическим решением. Однако и для случая эллиптического сечения также можно проверить наш метод, получив аналитическое выражение для коэффициента усиления.

При постоянном вдоль оси трубки сечении геометрическая часть среднего значения по поперечному сечению граничной поверхности коэффициента усиления лазера имеет вид [1]

$$k = \int_V k_0 f(\mathbf{r}) dV / S_0, \quad (1)$$

где функция  $f$ , описывающая пространственное распределение коэффициента усиления среды, удовлетворяет уравнению Гельмгольца в области  $V$ :

$$\Delta f(\mathbf{r}) + \lambda^2 f(\mathbf{r}) = 0 \quad (2)$$

с граничным условием

$$f|_{\Gamma} = 0. \quad (3)$$

Здесь  $\Gamma$  – граница области, в которой идет поиск решения;  $S_0$  – площадь поперечного сечения трубки;  $k_0$  – усиление на оси системы.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>