

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В He-Ne ЛАЗЕРЕ

С.А.Золотов,
В.Е.Привалов, д.ф.-м.н.,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
vaevpriv@yandex.ru,

Интерес к проблеме изучения распределения температуры вдоль разряда He-Ne лазера вызван исследованием возможности создания лазеров с нетрадиционной геометрией активных элементов. Изучена возможность регулирования обнаруженной неравномерности распределения температуры.

Гелий-неоновый лазер наиболее часто используется для видимой области спектра (0,63 мкм). Активная среда He-Ne лазера представляет собой газовую смесь, к которой в электрическом разряде подается необходимая энергия. Благодаря высокому качеству луча He-Ne лазер широко используется в метрологических целях. Казалось, его характеристики хорошо известны. Измерения температуры вдоль активного элемента He-Ne лазера не занимали умы исследователей. Их внимание приковывали вопросы изменения температуры в активных средах мощных твердотельных лазеров, где по понятным причинам возникает тепловая линза. Однако интерес к проблеме распределения температуры вдоль активного элемента He-Ne лазера вызван исследованием возможностей создания лазеров с нетрадиционной геометрией активных элементов [1, 2]. Известно, что для обеспечения механизма генерации излучения He-Ne лазера требуется создать условия для столкно-

TEMPERATURE EFFECTS IN He-Ne LASER

S.A.Zolotov,
V.E.Privalov, Doctor of Physics and Mathematics,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
vaevpriv@yandex.ru

The interest in the problem of study of temperature distribution along the discharge of He-Ne laser is the result of the research of capability of development of the lasers with non-traditional geometry of active elements. The ability of regulation of detected inhomogeneity of temperature distribution is studied.

Helium-neon laser is the most commonly used laser for the visible spectral region (0.63 μm). Active medium of He-Ne laser is represented by the gaseous mixture, to which the necessary energy is supplied in electric discharge. Due to high quality of beam, He-Ne laser is commonly used for metrological purposes. It seems that its characteristics are well known. The measurements of temperature along the active element of He-Ne laser did not occupy the minds of researchers. Their attention compelled to the matters of temperature variation in media of high-power solid-state lasers where the thermal lens occurs for obvious reasons. However, the interest in the problem of temperature distribution along the active element of He-Ne laser is the result of the research of capability of development of the lasers with non-traditional geometry of active elements [1, 2]. It is well known that in order to ensure the mechanism of He-Ne laser radiation generation it is required to create the conditions for the collision of electrons with cold tube walls. In case of increase of the diameter of gas-discharge tube, the generation conditions deteriorate. However, in order to develop the cone-shaped He-Ne laser the dependences detected by us can help in the increase of radiation power.

The specialists know well the fact that within the range of surface temperatures of glass active element from 40 to 400 °C the increase of He-Ne laser radiation power is observed with the temperature growth [3, 4]. Of course, the temperature of active element surface does not

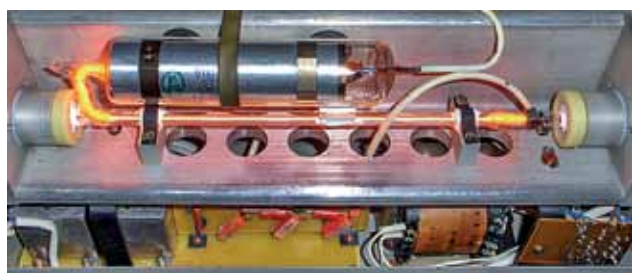


Рис.1. Лазер ГЛ-110
Fig.1. Laser GL-110

вения электронов с холодными стенками трубки. При увеличении диаметра газоразрядной трубки условия генерации ухудшаются. Но для создания конусообразного He-Ne лазера обнаруженные нами зависимости могут помочь повысить мощность излучения.

Специалистам хорошо знаком тот факт, что в диапазоне температур поверхности стеклянного активного элемента от 40 до 400°C наблюдается увеличение мощности излучения He-Ne лазера с ростом температуры [3, 4]. Естественно, температура поверхности активного элемента не характеризует однозначно процессы в активной среде, но этот параметр является довольно удобным для наблюдений. Результаты исследований зависимости мощности от температуры и поиск причин этой зависимости подробно изложены в книге [5]. В известных нам работах обычно не производились локальные измерения температуры. Измеренное в одной точке или усредненное по нескольким точкам значение температуры приписывалось всему активному элементу, иногда за величину температуры принимали интегральное показание термостата.

С помощью пирометра IR 260-85 была измерена температура вдоль активного элемента He-Ne лазера ГЛ-110 длиной 30 см (рис.1). Активный эле-

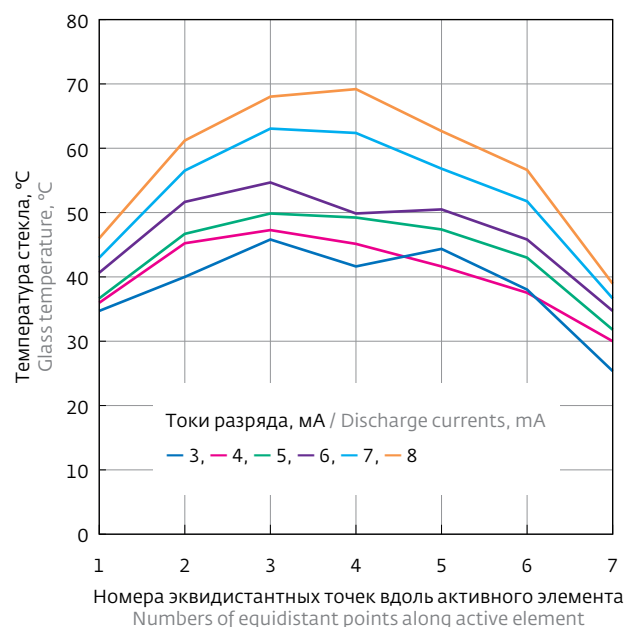


Рис.2. Распределение температуры стекла по длине активного элемента при естественном охлаждении активного элемента

Fig.2. Glass temperature distribution along active element in case of natural cooling of active element

мент (рис.1) заключен в цилиндрический баллон и имеет холодный катод, расположенный параллельно основному разрядному промежутку. Анодом является молибденовый цилиндр, установленный соосно основному разрядному промежутку. В штатном рабочем режиме лазера значения температуры обоих концов трубки элемента, не соприкасающихся с разрядом, примерно одинаковые. Это обусловлено естественным воздушным охлаждением. Но конец, расположенный ближе к катодному баллону, нагрет на несколько градусов выше. Максимум функции распределения температуры расположен примерно в геометрическом центре трубки (рис.2). Принудительное охлаждение одного из концов трубки приводило соответственно к снижению температуры и в других точках для всех значений тока разряда.

Конечно, сразу напрашивается гипотеза о влиянии теплопроводности стекла на распределение температуры. С целью проверки гипотезы было решено уравнение теплопроводности. Активный элемент газового лазера рассматривался как неограниченный цилиндр. Практически цилиндр можно считать неограниченным, если его длина значительно больше радиуса его основания, что справедливо для газового лазера. В результате численных экспериментов было установлено, что в He-Ne лазерах длиной около метра, как и ожидалось, появления в центре элемента максимума температуры не наблюдается. В работе [7] показано, что конусообразная трубка в He-Ne лазере обеспечивает мощность излучения в 1,8 раз больше, чем цилиндрическая конструкция. Использование температурных эффектов дополнительно поможет увеличению мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Привалов В.Е. – Известия ВУЗов. Физика. 2013, т. 56, № 2/2, с.246.
2. Привалов В.Е., Золотов С.А. – Оптический журнал, 2014, т.83, № 3, с.20–22.
3. Белоусова И.М., Данилов О.Б., Киселев В.М. – ЖТФ 1968, т.38, №3, с.493.
4. Белоусова И.М., Данилов О.Б., Елькина И.А., Киселев В.М. – Оптика и спектроскопия, 1969, т.26, №1, с.779.
5. Орлов Л.Н. Тепловые эффекты в активных средах газовых лазеров. – Минск: Навука і тэхніка, 1991.
6. Привалов В.Е. Газоразрядные лазеры в измерительных комплексах. – Ленинград: Судостроение, 1989.
7. Черниговский В.В., Федотов А.А. – Известия ЛЭТИ, 1974, вып.140, с.75–77.

give explicit characteristics to the processes in active medium but this parameter is quite convenient for observations. The results of studies performed in the area of dependence of power on temperature and search for the reasons of such dependence are set forth in the book [5]. The papers known by us usually do not contain the local measurements of temperature. The value of temperature measured at one point or averaged by several points was attributed to the active elements as a whole; sometimes, the integrated reading of thermostat was applied as the temperature value.

Using the pyrometer IR 260–85, the temperature along the active element of He-Ne – laser GL-110 with the length of 30 cm was measured. Active element (Fig. 1) is mounted in cylindrical container, and it has cold cathode located in parallel with the main discharge gap. Molybdenum cylinder installed in alignment with the main discharge gap serves as anode. Under normal operating conditions of laser, the values of temperature of both edges of element tube, which do not touch the discharge, are approximately identical. It is stipulated by the natural air cooling. But the edge located closer to cathode cylinder is heated by several degrees. Maximum of temperature distribution is located approximately in geometrical center of the tube (Fig. 2). Forced cooling of one tube edge resulted in the respective temperature decrease at other points as well for all values of discharge current.

Of course, the hypothesis of the influence of glass heat conductivity on temperature distribution suggests itself. For the purpose of check of this hypothesis, the equation of heat conductivity was solved. Active element of gas laser was considered as unrestricted cylinder. Practically, the cylinder can be deemed unrestricted if its length is significantly greater than the radius of its base, which is applicable to gas laser. As a result of numerical experiments, it was established that, as expected, in He-Ne lasers with the approximate length of one meter the occurrence of temperature maximum in the element center is not observed. In the paper [7] it is shown that cone-shaped tube in He-Ne laser ensures the radiation power by 1.8 times higher than cylindrical construction. Use of temperature effects additionally enhances the power increase.