



## He-Ne ЛАЗЕР С НЕТРАДИЦИОННЫМ АКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

С.Золотов, асп., В.Привалов, д.ф.-м.н.  
Санкт-Петербургский государственный  
Политехнический университет,  
vaepriv@yandex.ru

Традиционным элементом конструкции He-Ne и других газоразрядных лазеров является цилиндрический активный элемент. Выбранная форма элемента связана с формой образующегося газового разряда и лаконичной технологией изготовления. Однако более 40 лет назад начался промышленный выпуск He-Ne лазеров эллиптического и прямоугольного сечений. Тогда же появились публикации об активных элементах с изменяющейся продольной геометрией. Правда, предприятия-изготовители не стремились реализовать подобные решения. Было ли такое решение ошибочным?

**П**ервые статьи, посвященные He-Ne лазеру с прямоугольным и эллиптическим сечением [1,2], указывали на ряд преимуществ таких сечений.

В обзоре [3] собран большой список источников по этой тематике. Основным достижением в данном направлении было обнаружение формы поперечного сечения разряда, при которой усиление излучения лазера резко возрастало.

Почти одновременно появилась идея согласовать продольную форму разряда с каустикой поля резонатора, так как в газоразрядных лазерах обычно используются и сферические зеркала (например, [4]). Здесь тоже появлялась возможность улучшить энергетические характеристики лазера. особенно видным это становится, если сопоставить активные элементы рядом (рис.1). В цилиндре значительная часть разряда не охвачена полем резонатора, кроме того, усиление меньше, чем в нижних активных элементах. Напомним, что в He-Ne лазере усиление обратно пропорционально радиусу разряда. В конусе эти недостатки устранены, но возникают технологические трудности

## He-Ne LASER WITH NON-TRADITIONAL ACTIVE COMPONENT

S.Zolotov, Ph.D. Stud., V.Privalov, Dr.Sc. (Phys.-Math.),  
Saint Petersburg State Polytechnic University,  
vaepriv@yandex.ru

Cylindrical active component is traditional for the He-Ne laser and other gas-discharge lasers. It is connected with the form of gas discharge and easiest fabrication technique. However, more than 40 years ago the He-Ne lasers with elliptical and rectangular cross-sections started to be researched and even produced by the industry. At the same time the publications on active components with the changeable longitudinal geometry occurred. But the industry did not respond to them. In our report we are going to show that apparently it was error which should be corrected.

**F**irst articles which covered the He-Ne laser with rectangular and elliptical cross-sections [1, 2] pointed at a number of advantages of such cross-sections.

Large bibliography regarding this issue is collected in the review [3]. Discovery of the form of discharge lateral cross-section under which the amplification of laser radiation sharply increased was the main achievement in this area.

Almost at the same time the idea of coordinating the discharge lateral form with the caustic of resonator field appeared because as a rule the spherical mirrors were used in gas-discharge lasers too (for example, [4]). Also the opportunity to enhance the energy characteristics of laser occurred here.

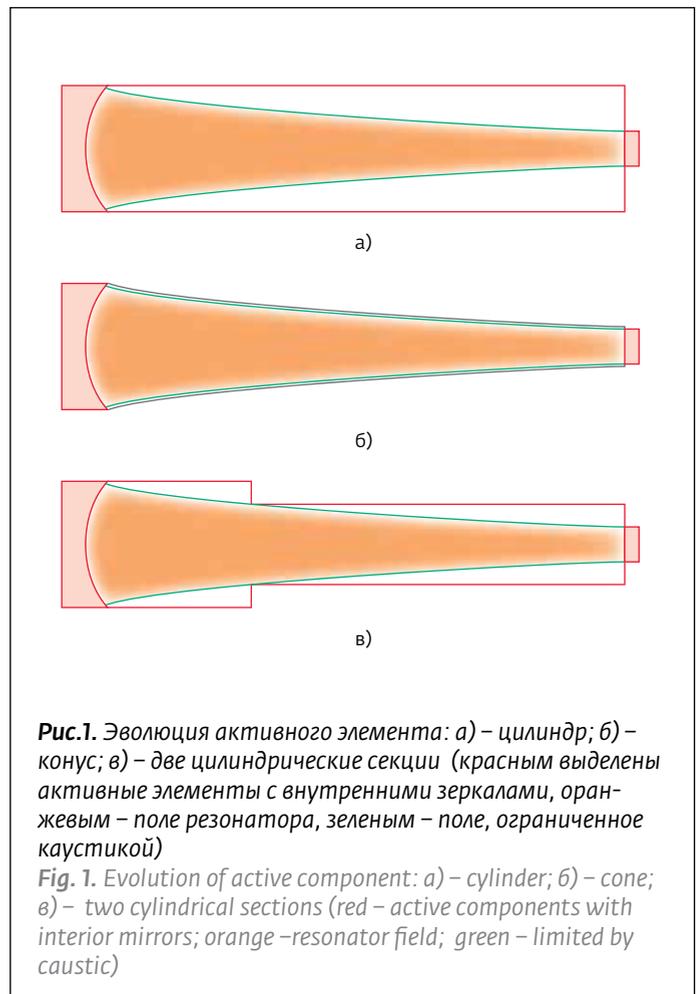
It is seen from the comparison of the active components in Fig. 1. Considerable part of discharge in cylinder is not covered by the resonator field; in addition, the amplification is less than in bottom active components. It will be recalled that the amplification in He-Ne laser is inversely proportional to the discharge radius. These shortcomings can be removed in cone but the technological difficulties of manufacturing occur, and thus the component cost grows. Sectional component is intermediate according to the amplification and manufacturing complexity.

As the amount of sections increases it approximates to the cone in both parameters. At early stages the

изготовления, следовательно, растет стоимость элемента. Секционный элемент является промежуточным по усилению и сложности изготовления.

С ростом числа секций рабочие характеристики активного элемента приближаются к характеристикам конического элемента по обоим параметрам. Эксперимент, проведенный А.А.Федотовым еще в 1974 году в Ленинградском электротехническом институте, показал, что рост мощности в конической и двухсекционной трубках может увеличиться в 1,5-2 раза. Возникшая задача понять механизм такого явления потребовала своего решения. С основными методами и результатами расчета можно познакомиться в работе [3]. Расчеты усиления в многосекционных активных элементах представлены в работах [5, 6]. Результаты показали, что в двухсекционном элементе рост усиления по сравнению с цилиндрическим элементом может составить 10-20%. Поскольку в эксперименте наблюдалось более сильное усиление, стало очевидно, что кроме геометрии следовало бы учесть какие-то другие факторы. Прежде всего - температуру газа. Не загромождая наше сообщение формулами и расчетами, которые достаточно полно приведены в работах [1-6], обратим внимание на еще одно направление поиска. При переходе от цилиндрической геометрии к конической мы успешно боремся со стратами, но облегчаем условия возникновения реактивных колебаний в разряде [7]. Они определяют минимальный ток, при котором загорается разряд, и провоцируют различные неустойчивости в разряде, что безусловно сказывается на качестве излучения лазера. При уменьшении диаметра разряда растет крутизна падающего участка статической вольт-амперной характеристики разряда, что способствует неустойчивостям, в том числе реактивным колебаниям.

Конструкция секционной трубки практически не требует новых инженерных решений, поэтому сосредоточимся на ней. На коротком участке создание конуса не представляет больших трудностей. Понятно, что вблизи сферического зеркала эта форма важна для повышения усиления. Поэтому одна из наших конструкций [8] содержит короткий конический участок вблизи сферы (рис.2а). В результате присутствие такого элемента обеспечивает



**Рис.1.** Эволюция активного элемента: а) – цилиндр; б) – конус; в) – две цилиндрические секции (красным выделены активные элементы с внутренними зеркалами, оранжевым – поле резонатора, зеленым – поле, ограниченное каустикой)

**Fig. 1.** Evolution of active component: а) – cylinder; б) – cone; в) – two cylindrical sections (red – active components with interior mirrors; orange – resonator field; green – limited by caustic)

experiment showed that the increase of capacity in conic and two-section tubes can account for 1.5-2 times. It was necessary to comprehend the mechanism.

You can become familiar with the main methods and results of calculation in the paper [3]. Amplification calculations in multi-sectional active components are given in [5, 6]. You can expect to obtain the amplification growth by 10-20% in comparison with the cylindrical component. Since the experiment gave more increase it was necessary to take into account other factors besides the geometry. First of all, gas temperature.

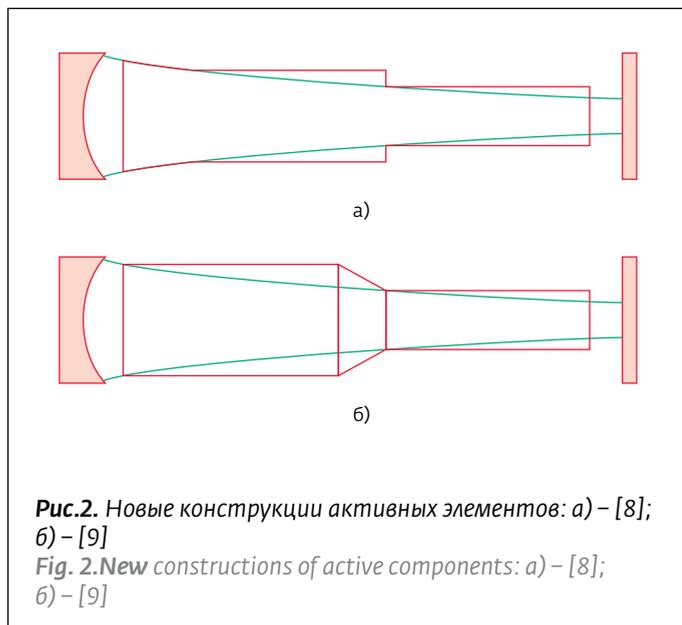
Not overloading our report with the formulas and calculations which are in large quantities in specified references we would like to direct your attention to one more area of research. When passing from the cylindrical geometry to the conical geometry we successfully deal with stratum but simplify the conditions for the occurrence of reactive oscillations in discharge [7]. They determine minimum current when the discharge is initiated and provoke different

небольшой рост мощности излучения лазера. Остается еще одно слабое место секционного активного элемента – скачок диаметра в месте соединения секций. В этом месте в разряде образуется "двойной электрический слой", который по существу является источником еще одного вида колебаний в разряде – колебаний двойного слоя. Эти колебания, в свою очередь, способствуют возникновению реактивных колебаний. Следовательно в конструкции место соединения секций следует сгладить. Тогда исчезает "двойной электрический слой" и еще немного возрастает усиление излучения. Таким образом, возникла идея создания другой конструкции (рис.2б) [9].

Предложенные новшества дадут ожидаемый эффект усиления, прежде всего в длинных лазерах, например в выпускаемых промышленностью ГН-25, ГН-40, ГН-50. Надеемся, промышленность нас услышит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Привалов В.Е., Фридрихов С.А. Зависимость мощности излучения He-Ne лазера от геометрии сечения разрядного промежутка. – ЖТФ, 1968, т.37, № 12, с.2080.
2. Привалов В.Е., Юдин С.Ф. Влияние формы сечения разрядного промежутка на усиление активной среды газового лазера. – Квант. электроника, 1974, т.11, с.2484.
3. Привалов В.Е. Геометрия газового разряда и усиление излучения лазера. – Известия ВУЗов. Физика, 2010, т.53, № 5/2, с.80.
4. Привалов В.Е., Фридрихов С.А. Кольцевой газовый лазер. – УФН, 1969, т.97, с.377.
5. Золотов С.А., Привалов В.Е. Влияние геометрии активного элемента на коэффициент усиления газового лазера. – Научно-технические ведомости СПбГПУ (физ.мат.науки), 2012, №3, с. 59.
6. Zolotov S.A., Privalov V.E. Gas Discharge Lasers for Nanometry. – Optical Memory & Neural Networks (Information Optics) 2012, v.21, №4, p. 260.
7. Привалов В.Е. Газоразрядные лазеры в измерительных комплексах. – Л.: Судостроение, 1989.
8. Пат. 95909 (РФ)/С.А.Золотов, В.Е.Привалов. Оpubл. 2010.
9. Пат.101276(РФ)/С.А.Золотов, В.Е.Привалов. Оpubл. 2011.



**Рис.2.** Новые конструкции активных элементов: а) – [8]; б) – [9]

**Fig. 2.** New constructions of active components: а) – [8]; б) – [9]

instabilities in discharge which undoubtedly affects the quality of laser radiation. When decreasing the discharge diameter the slope of dropping section of the discharge static current-voltage characteristic grows which favors the instabilities including the reactive oscillations.

Sectional tube practically does not require new technological solutions; therefore, we will concentrate our attention on it. On the short section the formation of cone offers no difficulties. It is understandable that it is more important for the amplification increase close to the spherical mirror. Therefore, one of our constructions [8] contains short conical section close to the sphere (Fig. 2, top active component). As a result, such component ensures the slight growth of laser radiation power. One more weak point of the sectional active component remains – the diameter leap in the junction of sections. "Double electrical layer" is formed in this part of discharge which becomes the source of another type of oscillations in discharge – oscillations of double layer. In turn, they favor the occurrence of reactive oscillations. This spot should be smoothed out. Then the "double electrical layer" will disappear and the radiation amplification will increase by several points. It was implemented in other construction [-] which is shown in Fig. 2, bottom active component.

First of all, the listed innovations will have an effect in long lasers, for example in lasers ГН-25, ГН-40, and ГН-50 produced by the industry. We hope that the industry will hear us.

## КРУГЛЫЙ СТОЛ ПО ОПТОВОЛОКОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

В Торгово-промышленной палате РФ прошел круглый стол на тему: "Внедрение отечественных оптоволоконных технологий для ускорения модернизации экономики". Организаторами мероприятия выступили: Подкомитет по развитию инновационного предпринимательства Комитета ТПП РФ по развитию частного предпринимательства, малого и среднего бизнеса и Экспертная секция Консультативного совета по энергоэффективности при председателе Комитета Государственной думы по энергетике.

В заседании круглого стола участвовали 60 представителей ведущих отечественных компаний, Парламентского центра, Государственной думы, государственных корпораций, институтов РАН. Вел встречу председатель Подкомитета по развитию инновационного предпринимательства Виктор Малай.

Заседание открыла председатель Комитета ТПП РФ по развитию частного предпринимательства, малого и среднего бизнеса Надежда Карисалова. В своем выступлении она коснулась проблемы развития механизма поддержки МСП – комплекса мер финансового характера, над которым в настоящее время работает Минэкономразвития России. Комплекс мер рассматривался 23 августа этого года на заседании Правительственной комиссии по вопросам конкуренции и развития МСП. По его итогам были приняты важные решения в интересах совершенствования финансовой поддержки МСП, в частности: снижение стоимости кредитных ресурсов (не выше 10% годовых), создание Федерального гарантийного фонда, использование средств

Фонда национального благосостояния для удешевления кредитов для МСП и другие. Однако недавно Минфин заблокировал предложение о введении налоговых каникул. Объясняя, что для отстаивания интересов МСП необходимо иметь аргументированные доказательства, Н.Кирсанова призвала участников проанализировать возможные перспективы роста сегмента экономики, связанного с волоконно-оптическими технологиями, определить круг проблем, с которыми сталкиваются отечественные производители при выводе своих волоконных изделий на отечественный рынок.

В начале встречи участники рассказали о своей продукции (распределенные датчики периметра, волоконно-оптические датчики деформаций, температуры, давления, вибраций). Во многом она не уступает, а иногда и превосходит мировые аналоги. Директор по производству "НПП Старлинк" Александр Каплан сообщил об опыте Европы, согласно которому видно, что рост потребителей волоконных датчиков идет с большей скоростью, чем рост потребителей кабелей связи. Конкурентные преимущества продукции "НПП Старлинк" (радиус изгиба 30 мм, термостойкость до 250°, радиационная защищенность, 25-летний гарантированный ресурс работы) прибавляют компании уверенность в правильности выбранной стратегии.

Сергей Семенов, заведующий лабораторией НЦВО РАН, представил новейшие разработки волокон с низкой чувствительностью к водороду. Такие волокна в отличие от стандартных кварцевых волокон позволяют использовать созданные на их основе датчики в газовых скважинах, термоядерных реакторах и в химическом производстве.

Евгений Шароварин, заместитель генерального директора ЗАО "Геооптикс", поднял важную проблему сертификации продукции. Так как существующие центры сертификации обслуживают только кабели связи, то получить сертификат на датчик деформаций, температуры, давления, вибраций в них невозможно. Отсутствие соответствующих центров сертификации создает условия, когда из-за рубежа в Россию идет поток датчиков, обладающих часто гораздо худшими параметрами. Для преодоления трудностей продвижения



продукции требуется создание соответствующих государственных сертификационных центров. Особенно это касается сертификации волоконных распределенных датчиков периметра.

Директор ООО "Т8" Владимир Трещиков, несмотря на успех своего бизнеса, поддержал это мнение и добавил, что множество иностранных компаний ставят себе целью завладеть российским рынком волоконно-оптических технологий. Например, в Китае при государственной поддержке создано предприятие Huawei, кредитуемое с минимальной ставкой в 3,5%. Другой мощный конкурент отечественным производителям – компания Alcatel.

Сергей Чернов, заместитель генерального директора "НПП Автоматика-С" отметил другой недостаток работы государственных служб: все мировые метрополитены кладут силовые кабели вместе с кварцевым волокном, которое является датчиком возгорания силового электрического кабеля. В российском метрополитене это отсутствует.

Для развития отрасли волоконно-оптических технологий необходимо точно определить и сформулировать стоящие перед ней проблемы. Об этом говорил Владимир Лепский, президент Клуба инновационного развития. Обсуждались различные формы объединения предпринимателей в современных условиях.

Участники круглого стола выразили удовлетворение состоявшимся обсуждением, полезным обменом мнениями и опытом для использования в дальнейшей работе. Было принято решение о проведении очередного круглого стола по тематике оптоволоконных технологий в декабре 2013 года – январе 2014 года.

В. Дмитриев, Н. Истомина

