

07;12

Многосекционный активный элемент с продольным возбуждением для самоограниченных лазеров

© В.А. Герасимов, В.В. Герасимов, А.В. Павлинский

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск
Томский государственный университет, Томск
Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск
E-mail: gvvsnake@mail.ru

Поступило в Редакцию 26 марта 2008 г.

Экспериментально исследована предложенная нами схема продольного возбуждения многосекционного активного элемента для самоограниченных лазеров на примере лазера на парах меди. Основной особенностью предлагаемого способа возбуждения является последовательное срабатывание секций активного элемента (эффект домино). Коммутация всех секций осуществлялась одним тиратроном. Средняя мощность генерации и КПД в случае многосекционного возбуждения в 1.4 раза выше по сравнению с односекционным случаем для одинаковых объемов лазерных трубок. Оптимальное давление буферного газа для многосекционного способа возбуждения оказалось в пять раз выше, чем для односекционного варианта.

PACS: 42.55.Lt, 42.60.Lh

Как известно, увеличение удельного энергосъема E_c лазеров на самоограниченных переходах связано, в том числе, с увеличением зарядного напряжения U на коммутируемой емкости. При увеличении длины L активной зоны газоразрядной трубки (ГРТ) сохранение величины E_c требует поддержания величины U/L [1]. Необходимость увеличения U приводит к необходимости работы с очень высокими напряжениями при больших L , что сопряжено с техническими трудностями при работе высоковольтной коммутационной техники. Одним из путей поддержания значения величины U/L на высоком уровне с увеличением L является секционирование газоразрядного канала ГРТ. Секционирование ГРТ является эффективным способом улучшения выходных характеристик газоразрядных лазеров (см., например, [2,3]).

Известные варианты схемы продольного возбуждения многосекционных лазеров связаны с использованием нескольких коммутаторов, по крайней мере, $n/2$, где n — число секций. Известно использование четырех секций при работе двух коммутаторов (тиратронов) [4]. Однако реализация таких схем возбуждения связана с общеизвестной сложностью синхронизации нескольких коммутаторов. Наиболее часто использовалась схема возбуждения двух секций одним тиратроном (см., например, [5]). Нам известна лишь одна работа [6], где одним коммутатором осуществлялось возбуждение многосекционной ГРТ. Схема возбуждения этого лазера на азоте представляла собой набор двойных накопительных линий, скоммутированных на каждую секцию. Все двойные накопительные линии подключались к одному коммутатору. Вышеуказанные схемы возбуждения предполагают одновременное срабатывание всех секций ГРТ.

В настоящей работе мы представляем результаты экспериментального исследования схемы продольного возбуждения многосекционного самоограниченного лазера с помощью одного коммутатора на примере лазера на парах меди. Основной особенностью предлагаемого способа возбуждения является последовательное срабатывание секций ГРТ. Срабатывание последующей секции вызывалось срабатыванием предыдущей секции (эффект домино).

На рис. 1 показана предложенная схема возбуждения и активный элемент исследуемого лазера на парах меди. Активный элемент этого лазера представляет собой набор из шести ГРТ 1 с внутренним диаметром 10 mm и длиной 50 mm каждая, выполненных из керамической окиси бериллия и состыкованных общими для двух смежных ГРТ электродами 2 из ниобия. Каждый из электродов 2 , а также внешние электроды 3 и 4 имеют электрические выводы через общий вакуумно-плотный кварцевый кожух 5 с помощью впаянных в него электродов от импульсных ламп типа ИФП. На общую ГРТ, состоящую из шести секций, наматывалась молибденовая спираль 6 , которая служит нагревателем и индуктивностью одновременно в схеме питания лазера [7]. Эта спираль соединяется с каждым из электродов 2 и внешними электродами 3 и 4 . Объем между общей шестисекционной ГРТ и кварцевым кожухом заполнен теплоизолирующим порошком ZrO_2 . В схеме питания (рис. 1) использовались керамические конденсаторы КВИ-3 C_1-C_6 емкостью 220 nF каждый и водородный тиратрон T

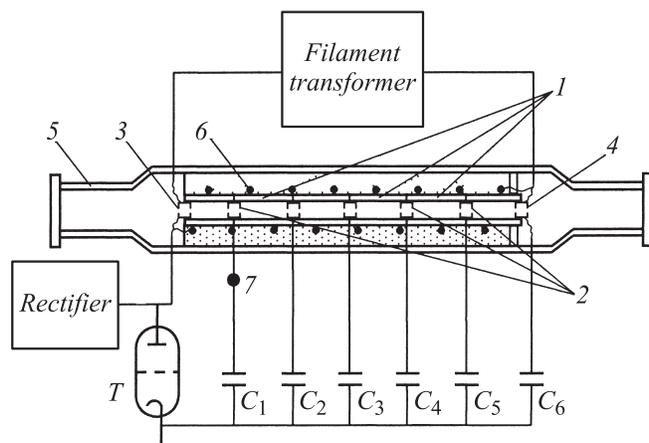


Рис. 1. Схема возбуждения и активный элемент многосекционного лазера на парах металла.

(ТГИ1-1000/25) в качестве коммутатора. В описании работы схемы возбуждения каждый из внутренних электродов 2 обозначается следующим образом: электрод 2, связанный с емкостью C_1 , обозначается как $I(2)$, электрод 2, связанный с емкостью C_2 , обозначается как $2(2)$ и т.д. Нагрев общей ГРТ осуществлялся одновременно с высоковольтным возбуждением с помощью низковольтного накального трансформатора, входящего в блок нагрева. Разряд каждой из емкостей C_1-C_6 контролировался емкостным делителем, сигнал с которого подавался на осциллограф С1-74. Средняя мощность излучения лазера измерялась калориметрическим измерителем мощности ИМО-2 с точностью измерения 7%. В качестве буферного газа использовался неон. Заряд емкостей C_1-C_6 осуществлялся через индуктивность b .

Схема возбуждения работает следующим образом. После зарядки емкостей C_1-C_6 до необходимого напряжения от высоковольтного выпрямителя открывается тиратрон T , затем происходит разряд между внешним электродом 3 и внутренним электродом $I(2)$. Разность потенциалов между электродом $I(2)$ и электродом $2(2)$, имеющим потенциал U , появляется с падением напряжения на C_1 в момент разряда. Когда разность потенциалов между электродами $I(2)$ и $2(2)$

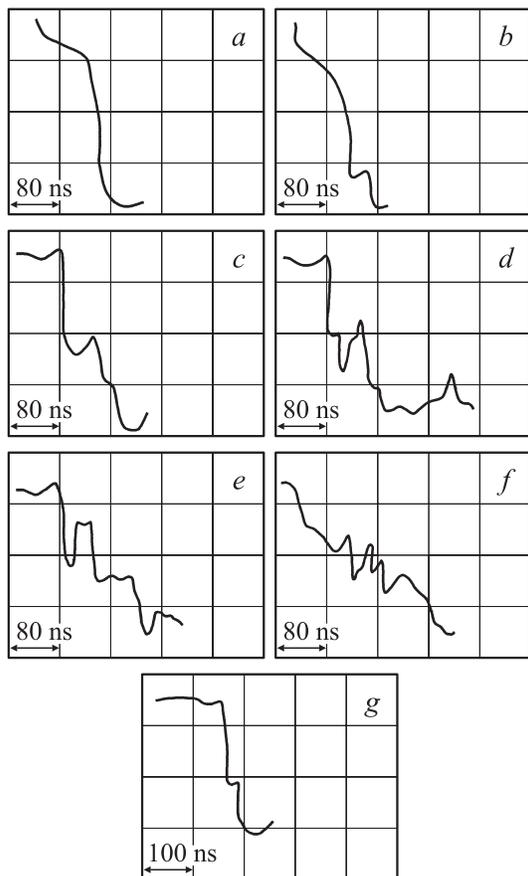


Рис. 2. Осциллограммы потенциала электрода $I(2)$ при зарядном напряжении 3 kV при включении: a — одной секции; b — 2, c — 3, d — 4, e — 5, f — 6 секций; осциллограмма g соответствует осциллограмме f при зарядном напряжении 5 kV.

достигает своего пробойного значения, происходит разряд емкости C_2 между электродами 3 и 2(2) и т.д. Для регистрации длительности разряда емкостей C_1 – C_6 использовался омический делитель напряжения,

присоединенный к узлу схемы 7 (рис. 1). Потенциал электрода $I(2)$ измерялся емкостным делителем.

На рис. 2 показаны осциллограммы поведения напряжения, снятые с электрода $I(2)$. Осциллограмма потенциала электрода $I(2)$ (рис. 2, a) отвечает случаю, когда из конденсаторов C_1-C_6 в схему возбуждения включен только один C_1 . Остальные осциллограммы (рис. 2, $b-f$) отвечают случаям подключения в схему возбуждения двух (C_1, C_2), трех (C_1, C_2, C_3), четырех (C_1, C_2, C_3, C_4), пяти (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5) и шести ($C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$) конденсаторов соответственно. Отличие осциллограмм на рис. 2, a и b заключается в появлении пика напряжения (рис. 2, b), ответственного за включение в разряд конденсатора C_2 . Этот пик демонстрирует перераспределение потенциалов емкостей C_1 и C_2 . На осциллограмме на рис. 2, c присутствуют два пика напряжения в соответствии с двумя добавившимися в разряд емкостями C_2 и C_3 и т.д. Первые шесть осциллограмм (рис. 2, $a-f$) получены при зарядном напряжении 3 kV, а осциллограмма на рис. 2, g соответствует осциллограмме на рис. 2, f , но при зарядном напряжении 5 kV. Сравнение осциллограмм на рис. 2, g и f указывает на значительное сокращение времени сброса потенциала со всех электродов с 240 до 50 ns. Осциллограмма импульса тока, снятого с помощью пояса Роговского, помещенного между электродом 3 и анодом тиратрона T , показала, что длительность импульса по основанию не превышает 80 ns.

Мы сравнили поведение средней мощности генерации в зависимости от давления буферного газа (неона) при возбуждении активного объема ГРТ в односекционном и многосекционном вариантах.

Для этого в односекционном варианте бралась емкость $C = \sum_{i=1}^6 C_i$, т.е. $6 \times 220 \text{ nF} = 1320 \text{ nF}$, которая помещалась вместо C_6 , а емкости C_1-C_6 убирались. Зарядное напряжение было одинаковым в обоих вариантах и равнялось 5 kV. Таким образом, сохранялся одинаковым энергоклад в активный объем. Частота следования импульсов также была одинаковой — 100 Hz. Такая частота следования импульсов позволяет исключить влияние разряда на температуру ГРТ.

На рис. 3 показаны полученные зависимости средней мощности генерации от давления неона. Их этих зависимостей следует, что оптимальное давление неона для многосекционного варианта возбуждения

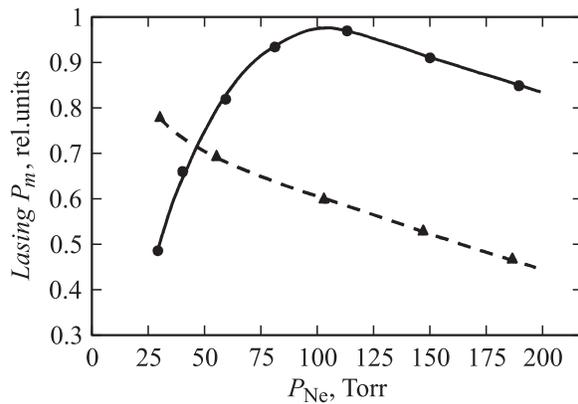


Рис. 3. Зависимость средней мощности генерации от давления неона. Диаметр общей ГРТ — 10 mm, длина ГРТ — 300 mm. Сплошная линия соответствует продольно-секционированному возбуждению, прерывистая линия — продольному возбуждению.

более чем в 5 раз превышает оптимальное давление неона для односекционного варианта возбуждения и находится в области 100–120 Torr для наших условий возбуждения. Этот факт объясняется увеличением пробойного напряжения, а следовательно, более высоким значением электронной температуры T_e в момент генерации. Сравнение средних мощностей лазерного излучения для обоих вариантов возбуждения (многосекционного и односекционного) при оптимальных давлениях неона показало, что средняя мощность и КПД в случае многосекционного возбуждения в 1.4 раза выше по сравнению с односекционным случаем.

Таким образом, показано, что предложенная схема возбуждения с последовательным срабатыванием секций многосекционного активного элемента является эффективным способом накачки лазера на парах меди с продольным возбуждением. Оптимальное давление буферного газа в лазере на парах меди в случае многосекционного возбуждения в несколько раз выше, чем в односекционном варианте. Данная схема продольного возбуждения многосекционного активного элемента может быть использована в любых газоразрядных самоограниченных лазерах.

Список литературы

- [1] *Бохан П.А., Герасимов В.А., Соломонов В.И., Щеглов В.Б.* // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 10. С. 2162.
- [2] *Лажинцев Б.В., Нор-Арвлян В.А.* // Квантовая электроника. 2000. Т. 30. В. 1. С. 3.
- [3] *Андраманов А.В., Кабаев С.А., Лажинцев Б.В.* и др. // Квантовая электроника. 2006. Т. 36. № 2. С. 101.
- [4] *Pack J.L., Liu C.S., Feldman D.W., Weaver L.A.* // Rev. Sci. Instrum. 1977. V. 48. P. 1047.
- [5] *Кирилов А.Е., Кухарев В.Н., Солдатов А.Н.* // Квантовая электроника. 1979. Т. 6. В. 3. С. 473.
- [6] *Мартиросян А.Е., Папанян В.О.* // ПТЭ. 1985. Т. 28. № 1. С. 166.
- [7] *Vokhan P.A., Gerasimov V.A.* // FRG Patent. N 32 25 327, 1982.