

М.И. Ломаев, А.Н. Панченко, В.Ф. Тарасенко

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НАКАЧКИ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАЗЕРОВ НА ПЛОТНЫХ ГАЗАХ

Продемонстрирована возможность применения генераторов с индуктивными накопителями для накачки эксиплексных лазеров, плазменных лазеров и лазеров на самоограниченных переходах. Получена генерация на $\lambda = 308$ нм в смесях He(Ne, Ar)–Xe–HCl, на $\lambda = 585,3$ нм в смеси Ne–H₂ и на $\lambda = 337,1$ нм в азоте.

Приводятся данные по использованию плазменного прерывателя тока, а также прерывателей на основе промышленных полупроводниковых диодов и промышленного коммутатора низкого давления с полным управлением тока (кроссотрона).

1. Введение

Индуктивные накопители энергии по сравнению с емкостными позволяют увеличивать плотность накапливаемой энергии в 10–100 раз и повышать мощность накачки в нагрузке [1–3]. Однако практическое применение генераторов с индуктивными накопителями энергии ограничивается отсутствием прерывателей тока, обеспечивающих быстрый обрыв тока, в том числе и при токах 10^3 – 10^6 А, работающих в импульсно-периодических режимах, выдерживающих напряжение после обрыва в десятки–сотни раз больше начального и сравнительно простых в эксплуатации.

Тем не менее, в настоящее время известно множество различных типов размыкателей (механические, полупроводниковые, вакуумные, плавкие, взрывные, с плазменной пушкой, сверхпроводящие, тепловые, основанные на магнитно-гидродинамической неустойчивости, с диффузным разрядом, с разрушением плазмы и др.) [1–8], которые используются в экспериментальных установках, в частности, в ускорителях электронов [8, 9]. Весьма перспективным может оказаться применение индуктивных накопителей энергии для накачки газовых лазеров на плотных газах различных типов и для создания активных сред [10–13].

В данной статье продемонстрирована возможность применения генераторов с индуктивными накопителями для накачки лазеров – эксиплексных, плазменных и на самоограниченных переходах.

Необходимо отметить, что индуктивный накопитель энергии уже использовался в лазере на парах меди с поперечным разрядом для импульсного получения паров [14]. В этих экспериментах были получены, по-видимому, наибольшие удельные характеристики генерации.

Известно, что некоторые газовые смеси могут одновременно выполнять функции активной среды и прерывателя тока. Так, в [15, 16] описан режим накачки, где в смеси Ar–Xe–NF₃ при накачке разрядом, инициируемым пучком электронов, после окончания электронного пучка наблюдается быстрый рост сопротивления разрядной плазмы. Этот рост обусловлен прекращением ионизации газа электронным пучком, а также увеличением константы прилипания электронов к NF₃ при увеличении средней скорости электронов в разряде в области скоростей дрейфа от 0,05 до 2 эВ [17] и приводит к формированию мощного короткого импульса накачки длительностью ~ 10 нс [15].

В [18] описан лазер на смеси Ar–N₂, накачиваемый ионным пучком, сформированным в плазменном прерывателе тока ускорителя с индуктивным накопителем энергии, а в [19] описан XeCl-лазер, накачиваемый электронным пучком от ускорителя с индуктивным накопителем энергии и плазменным прерывателем тока. В [18, 19] индуктивные накопители энергии использовались для формирования пучков заряженных частиц, которые затем осуществляли накачку рабочей смеси. В

нашем эксперименте не было промежуточного преобразования энергии генератора накачки, а сформированный импульс напряжения осуществлял возбуждение рабочей смеси.

2. Экспериментальная аппаратура и методики измерений

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Емкостный накопитель C_0 через индуктивность L_0 разряжался через прерыватель тока OS . При обрыве тока импульс напряжения прикладывался к лазерной камере LC с рабочим газом. В качестве прерывателя тока использовались металлическая плазма, создаваемая эксиплексным лазером [12, 13], промышленный коммутатор низкого давления с полным управлением тока (кроссотрон), разработанный в НПО «Плазма» (г. Рязань), и промышленные полупроводниковые диоды КЦ201Е и СДЛ 0.4–800.

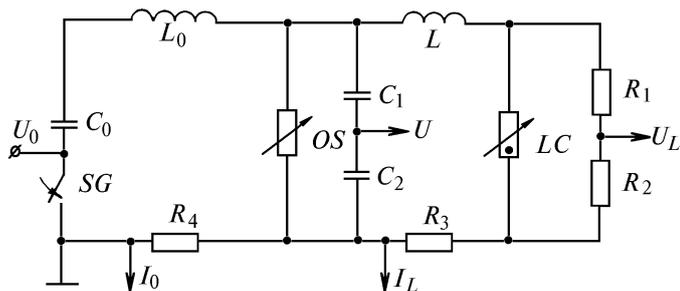


Рис. 1. Схема генератора с индуктивным накопителем и прерывателем тока. OS – прерыватель тока; SG – коммутатор; LC – лазерная камера; L – индуктивность разрядного контура с прерывателем тока и лазерной камерой. C_1 , C_2 и R_1 , R_2 – делители напряжения; R_3 , R_4 – шунты

Плазменный прерыватель тока (ППТ) был образован двумя электродами из алюминия и нержавеющей стали, установленными в вакуумной камере с остаточным давлением $p=3 \cdot 10^{-5}$ Торр на расстоянии $d=1$ см друг от друга. Промежуток между электродами предварительно заполнялся плазмой. Энергия, необходимая для ее создания, обычно составляла 10–15 мДж. Конденсатор C_0 коммутировался через прерыватель тока с частотой повторения до 10 Гц. Величина C_0 составляла в лазерных экспериментах 30 нФ, величина индуктивности $L_0 = 0,35$ мкГн.

На рис. 2 приведены характерные осциллограммы тока I_0 через ППТ и напряжения на нем U при работе без нагрузки. Прерыватель тока срабатывал через 100–200 нс после запуска разрядника SG (см. рис. 1) при токе 1,5–3 кА в зависимости от энергии, затраченной на создание плазмы.

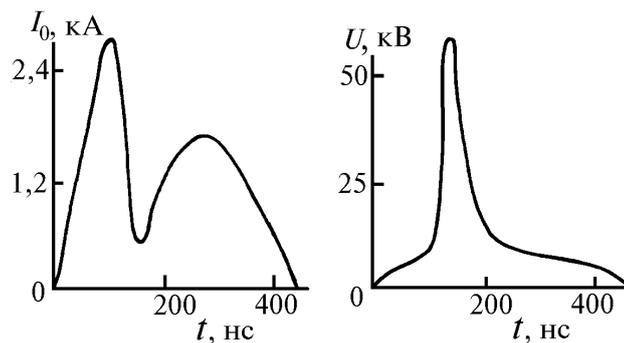


Рис. 2. Осциллограммы импульсов полного тока I_0 и напряжения U на плазменном прерывателе тока при работе без нагрузки ($U_0 = 15$ кВ)

При обрыве тока напряжение на прерывателе за 10–15 нс возрастало до 50–60 кВ и могло превышать зарядное напряжение конденсатора C_0 в 4–5 раз, а начальное напряжение на плазме прерывателя в 10–15 раз. Сопротивление прерывателя возрастало от 2–4 Ом до нескольких десятков ом со скоростью ~ 1 ГОм/с. Затем при работе без нагрузки сопротивление плазмы начинало уменьшаться из-за поступления в вакуумный промежуток плотной анодной и катод-

ной плазмы. Скорость обрыва тока зависела от полярности напряжения, подаваемого на электрод, где создавалась плазма, и достигала 10^{11} А/с.

При работе на газоразрядную нагрузку напряжение на ППТ ограничивалось электрической плотностью газа в LC и определялось давлением и составом рабочей смеси. После пробоя газа сопротивление нагрузки за время $\sim 10^{-8}$ с уменьшалось до величины, меньшей сопротивления прерывателя. При этом до 85% тока можно было переключать на нагрузку.

Кроссотрон представляет собой отпаянный металлокерамический прибор с холодным катодом и водородным наполнением, работающий при давлениях газа, соответствующих левой ветви кривой Пашена. Обрывы тока достигаются за счет подачи на сетку импульса гашения амплитудой $\sim 1,5$ кВ. Данный прибор мог работать с частотой повторения в сотни герц. Обрывы тока были получены при разрядных напряжениях конденсатора C_0 2–12 кВ и его величине 12, 95 нФ и 2 мкФ, индуктивности разрядного контура 10–260 мкГн и коммутируемом токе 150–500 А. Максимальные перенапряжения были получены при зарядном напряжении $U_0 = 2$ кВ, $C_0 = 2$ мкФ, $L_0 = 32$ мкГн и составили при работе без нагрузки ~ 15 (напряжение на кроссотроне возрастало до 30 кВ). При работе на газоразрядную нагрузку до 90% тока через кроссотрон в момент его обрыва могло переключаться в нагрузку.

На рис. 3 приведены осциллограммы тока через кроссотрон и импульса напряжения на индуктивности L_0 . Наибольшая величина dl/dt при обрыве тока, пропускаемого через кроссотрон, составила $\sim 10^9$ А/с.

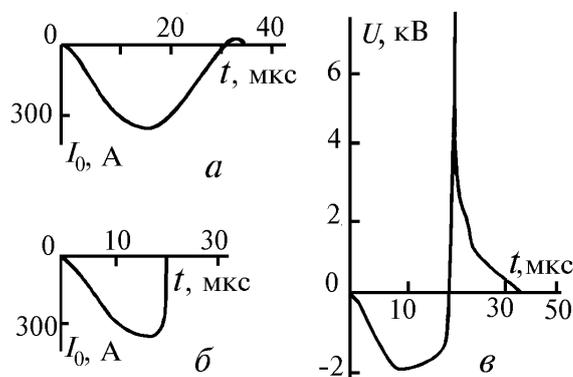


Рис. 3. Осциллограммы полного тока I_0 без подачи импульса гашения (а), полного тока при его обрыве (б) и импульса напряжения на индуктивности L_0 при обрыве тока (в). $C_0 = 2$ мкФ, $L_0 = 32$ мкГн, $U_0 = 2$ кВ

Прерыватели тока на основе промышленных диодов отличаются наибольшей простотой и могут резко обрывать обратный ток после пропускания прямого [9]. В данных экспериментах мы использовали высоковольтные выпрямительные диоды КЦ201Е и СДЛ 0.4–800, которые устанавливались в параллельные и последовательные цепи.

На рис. 4 приведены осциллограммы тока через диоды КЦ201Е и напряжения в режиме холостого хода. Перенапряжения, получаемые с помощью полупроводниковых диодов, обычно не превышали 3 раз, скорость обрыва тока одним диодом КЦ201Е могла достигать $5 \cdot 10^9$ А/с, а диодом СДЛ 0.4–800 – $2 \cdot 10^{10}$ А/с. Основными параметрами, определяющими длительность тока, проходящего через диод, после смены полярности и во время его обрыва, являются длительность пропускания тока через диод в прямом направлении и величина тока через один диод. Их изменением можно добиваться не только обрыва тока в максимуме обратной полуволны, но и получения минимального времени обрыва. Величину обрываемого тока можно изменять за счет числа параллельно включаемых диодов. Величина импульса перенапряжения не должна превышать обратного напряжения одного или нескольких диодов, включенных последовательно.

При исследовании газовых лазеров, накачиваемых от генератора с индуктивным накопителем энергии, параллельно прерывателю тока с минимальной индуктивностью подводов L подсоединялись LC с продольным или поперечным разрядом. LC с продольным разрядом имела активную длину $l = 19$ см при внутреннем диаметре стеклянной трубки $d_T = 4,5$ мм, а также $l = 10$ см при $d_T = 3-4$ или 6,6 мм. LC с поперечным разрядом имела активную длину 1608

20 см, расстояние между электродами в экспериментах изменялось от 1 до 2,5 см, ширина разряда составляла ~4 мм. Для получения объемного разряда при повышенных давлениях в LC с поперечным разрядом для предварительной ионизации использовался разряд по поверхности диэлектрика. Резонатором во всех лазерных камерах служили зеркало с Al покрытием и плоскопараллельная пластинка из кварца.

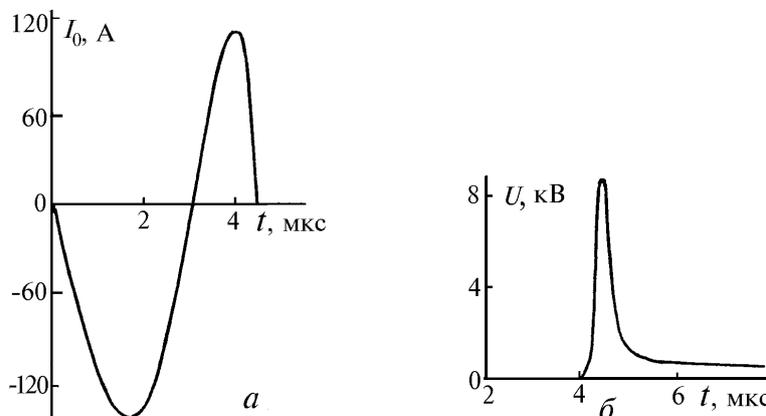


Рис. 4. Осциллограммы полного тока I_0 через прерыватель, собранный из диодов КЦ201Е, и напряжения на прерывателе U в режиме холостого хода. $U_0 = 5$ кВ

В экспериментах регистрировались импульсы напряжения на прерывателе тока и на электродах лазерной камеры с помощью емкостного C_1 , C_2 и омического делителя R_1 , R_2 , общего тока и тока через LC шунтами R_3 и R_4 . Электрические сигналы подавались на осциллограф С8-14. Импульс лазерного излучения регистрировался фотодиодом ФЭК-22СПУ, сигнал с которого направлялся на осциллограф С8-12 или С8-14, энергия лазерного излучения при ее величине $\geq 0,1$ мДж определялась калориметром ИМО-2Н.

3. Газовые лазеры, накачиваемые от генераторов с индуктивным накопителем энергии

Азотный УФ-лазер

Для эффективной накачки азотного лазера необходимо поддерживать на разрядном промежутке сравнительно высокое значение параметра E/N (при постоянной газовой температуре параметра E/p), где E – напряженность электрического поля, N – концентрация и p – давление газа. Оптимальные для накачки N_2 -лазера значения E/p равны примерно 120 В/см·Торр [20]. При накачке N_2 -лазера от генератора с емкостным накопителем энергии E/p уменьшается в несколько раз за время ~ 5 нс из-за быстрого уменьшения сопротивления газоразрядного промежутка при его пробое и наличия паразитной индуктивности соединения накопителя с нагрузкой. При накачке от индуктивного накопителя энергии время спада напряжения на промежутке можно увеличивать при изменении L_0 и сопротивления нагрузки R_n . Соответственно, используя индуктивные накопители энергии с различными L_0 и подбирая R_n , можно изменять время накачки.

На рис. 5 приведены осциллограммы полного тока, напряжения на LC , тока через LC и импульса генерации в азоте при использовании LC с поперечным и продольным разрядами. Видно, что при использовании LC с поперечным разрядом высокие значения E/p на промежутке сохраняются десятки наносекунд (рис. 5, а). Это привело к увеличению длительности импульса генерации до ~ 50 нс. Данная длительность импульса излучения N_2 -лазера с накачкой поперечным разрядом, по-видимому, является наибольшей из полученных.

На рис. 6 приведена зависимость энергии излучения на $\lambda = 337,1$ нм от давления азота в лазере с накачкой поперечным разрядом и межэлектродном зазоре, равном 23 мм. Энергия излучения в импульсе достигала 0,15 мДж, эффективность преобразования запасенной в индуктивности энергии в лазерное излучение составила 0,2%. При полной передаче энергии от накопительного конденсатора в индуктивность (это можно достичь при оптимизации конст-

рукции генератора накачки) реально получить и высокие значения полной эффективности азотного лазера. Применение индуктивного накопителя также облегчает формирование объемного разряда и позволяет работать при повышенных давлениях, если сохраняются оптимальные значения параметра E/p . Так, при уменьшении межэлектродного зазора до 10 мм стабильная генерация в азоте наблюдалась до давления 0,6 атм. При накачке азотного лазера с продольным разрядом из-за увеличения сопротивления газоразрядной плазмы сокращается длительность импульса накачки (рис. 5, в). В этом режиме формировался однополярный импульс тока через лазерную трубку длительностью 20 нс, а максимальная мощность излучения достигалась при давлении азота 15 Торр.

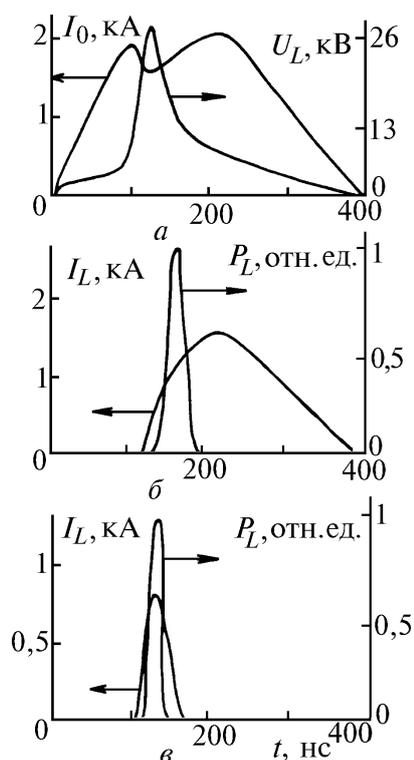


Рис. 5. Осциллограммы импульсов полного тока I_0 , напряжения на лазерной камере U_L (а), тока через лазерную камеру I_L и импульса генерации P_L (б) при накачке поперечным разрядом, давлении азота 120 Торр и $U_0 = 15$ кВ, а также тока через лазерную камеру I_L и импульса генерации P_L при накачке продольным разрядом, давлении азота 15 Торр и $U_0 = 18$ кВ (в)

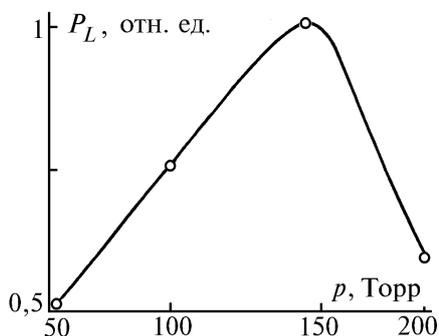


Рис. 6. Зависимость выходной мощности от давления азота при накачке поперечным разрядом

Применение кроссотрона для обрыва тока при накачке азотного лазера иллюстрирует рис. 7. В данном случае использовалась продольная накачка, длина газоразрядной трубки равнялась 10 см, а ее диаметр 6,6 мм. Емкость конденсатора C_0 составила 2 мкФ, индуктивность разрядного контура 32 мкГн, зарядное напряжение 2 кВ. В этом режиме оптимальное

давление азота составило 30 Торр. Импульс генерации наблюдался на фронте импульса тока и имел длительность на полувысоте 7 нс. В данных экспериментах ставилась задача максимально уменьшить зарядное напряжение. С этой целью для получения необходимых перенапряжений пришлось увеличить индуктивность разрядного контура, что, в свою очередь, привело к увеличению длительности импульса накачки выше оптимальной.

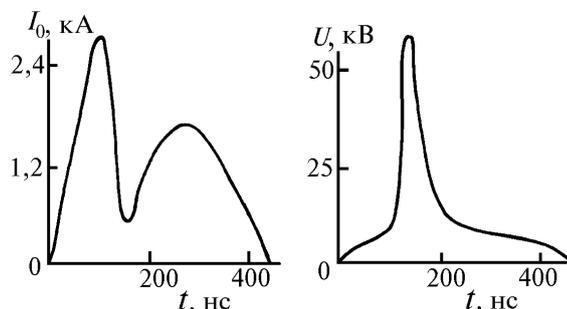


Рис. 7. Осциллограммы импульсов напряжения на индуктивности (а) и генерации в азоте (б) при $U_0 = 2$ кВ, давлении азота 30 Торр и использовании в качестве прерывателя тока кроссотрона

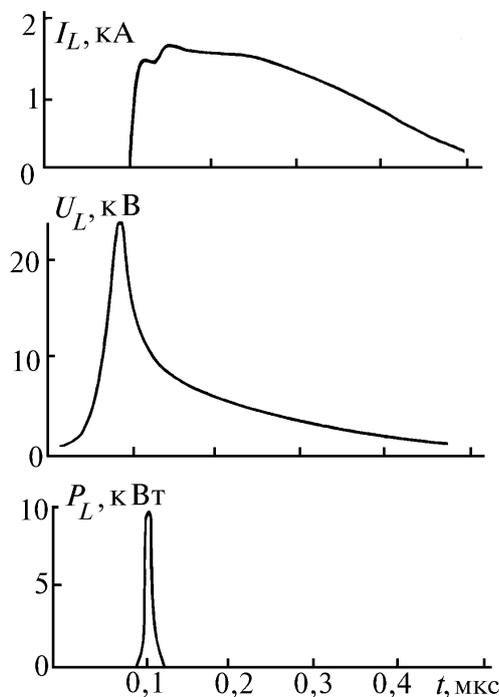


Рис. 8. Осциллограммы тока через лазерную камеру I_L , напряжения на лазерной трубке U_L и импульса генерации в азоте P_L при $U_0 = 20$ кВ, давлении азота 24 Торр и использовании в качестве прерывателя тока диодов СДЛ 0.4–800

На рис. 8 приведены осциллограммы тока через лазерную камеру, напряжения на лазерной трубке и лазерного излучения на $\lambda = 337,1$ нм при использовании в качестве прерывателя тока промышленных кремниевых диодов СДЛ 0.4-800. Использовалась продольная накачка, длина газоразрядной трубки равнялась 10 см, а ее внутренний диаметр 3 мм. Генерация была получена при использовании в качестве прерывателя тока как трех диодов СДЛ 0.4–800, так и 24 диодов КЦ201Е. Оптимальное давление составило ~ 25 Торр, а генерация наблюдалась в диапазоне давления от 10 до 50 Торр. При величине накопительного конденсатора $C_0 = 17$ нФ и индуктивности $L_0 = 8$ мкГн за время длительности импульса генерации энергия, введенная в газоразрядную трубку, составляла при $p = 25$ Торр 20 мДж. Это дает КПД генерации от полезной вложенной энергии 0,2%.

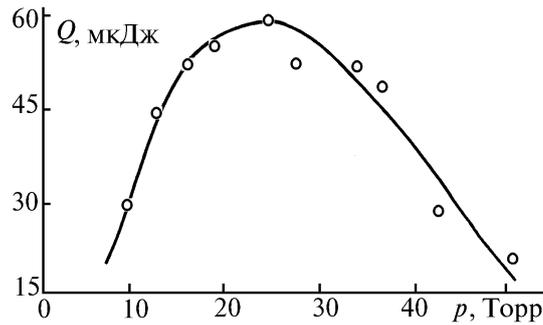


Рис. 9. Зависимость энергии излучения в импульсе от давления азота при $U_0 = 20$ кВ, $C_0 = 15$ нФ, частоте повторения импульсов 2 Гц и полупроводниковом прерывателе

На рис. 9 приведена зависимость энергии излучения в импульсе от давления при частоте повторений 2 Гц. Данная зависимость подобна наблюдаемым при накачке от емкостных накопителей.

Эксплексный ХеСІ-лазер

Для получения высоких кпд эксплексных электроразрядных лазеров необходимы объемный характер разряда в оптимальных газовых смесях, обеспечиваемый однородной и интенсивной предьонизацией, равномерным электрическим полем в разрядном промежутке и начальным перенапряжением на лазерном промежутке до его пробоя, а также согласование импеданса контура накачки с сопротивлением газоразрядной плазмы. Поэтому для создания лазеров с высокой эффективностью применяются сложные двухконтурные генераторы накачки на основе емкостных накопителей энергии [21].

Применение индуктивных накопителей энергии позволяет решить эту задачу с одноконтурным генератором.

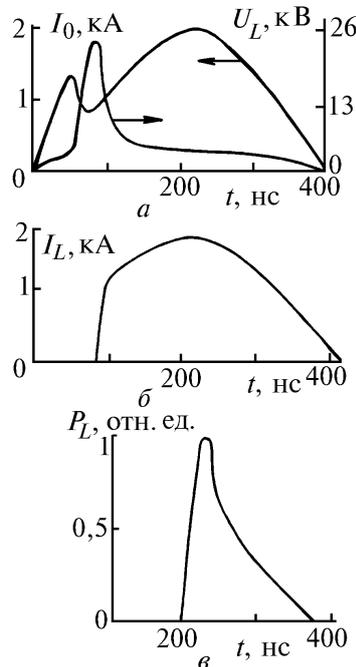


Рис. 10. Осциллограммы полного тока I_0 , напряжения на лазерной камере U_L (а), тока через лазерную камеру I_L (б) и импульса генерации P_L (в). Смесь Ne:Хе:НСІ = 160:10:1 при давлении 3,5 атм, $U_0 = 12$ кВ, межэлектродный зазор в лазерной камере 1,5 см

На рис. 10 приведены осциллограммы полного тока, тока через нагрузку, напряжения на лазерной камере и импульса генерации на $\lambda = 308$ нм. Обрыв тока осуществлялся на фронте

импульса полного тока с помощью плазменного прерывателя.

В этом эксперименте применялась LC с поперечным разрядом. Видно, что генератор с индуктивным накопителем формирует короткий высоковольтный импульс накачки, необходимый для формирования объемного разряда. Затем энерговклад осуществляется за счет энергии, оставшейся в емкостном накопителе. Генерация начиналась примерно через 100 нс после начала импульса тока через газоразрядную плазму и имела длительность 180 нс. Спонтанное излучение повторяло по своей форме импульс накачки, что указывает на объемный характер разряда, несмотря на большую концентрацию HCl в смеси. Энергия лазерного излучения при этом составляла 2,5 мДж.

Подобные результаты были получены и при использовании рабочих смесей с буферным газом гелием. В экспериментах ток, переключаемый на лазерную камеру, достигал 85% от величины полного тока, что свидетельствует о сравнительно высоком сопротивлении плазменного прерывателя тока. Генерация в смесях с аргоном наблюдалась при давлениях p до 2 атм, что также подтверждает высокую однородность формируемого в лазерной камере разряда. Однако сопротивление газоразрядной плазмы смесей с аргоном было большим, чем смесей с неоном и гелием, что приводило к уменьшению тока, переключаемого в нагрузку.

Анализируя в целом результаты по накачке эксиплексного лазера от индуктивного накопителя энергии, можно заметить, что подобный генератор легко обеспечивает формирование объемного разряда в смесях галогенидов с инертными газами. При этом возможны режимы накачки, в которых объемный разряд формируется за счет энергии, запасенной в индуктивности, и импульса перенапряжения, а основной энерговклад осуществляется от емкостного накопителя, импеданс которого можно согласовать с сопротивлением газоразрядной плазмы R_n , подбирая значения L_0 , C_0 в соответствии с соотношением $(L_0/C_0)^{1/2} \approx R_n$ и U_0 . То есть, используя одноконтурную систему, можно иметь на разрядном промежутке короткий импульс перенапряжения, необходимый для формирования объемного разряда, а основной энерговклад осуществлять от емкостного накопителя, зарядное напряжение которого будет в два раза выше напряжения в квазистационарной стадии разряда согласно [21]. Следует отметить также, что индуктивные накопители энергии способны обеспечить нестационарный режим накачки, при котором удается увеличить длительность импульса излучения электроразрядных эксиплексных лазеров [22, 16].

Пеннинговский плазменный лазер на неооне

Плазменные лазеры эффективно работают при накачке от жесткого ионизатора (например, от электронного либо ионного пучка или рентгеновского излучения). При накачке электрическим разрядом плазменные лазеры обычно работают в послесвечении [23]. Однако колебания разрядного тока, которые обычно наблюдаются при накачке от емкостных накопителей, существенно уменьшают эффективность лазерного излучения, а в некоторых случаях вообще приводят к срыву генерации.

В наших экспериментах использовалась накачка пеннинговского плазменного лазера на неооне (рабочая смесь Ne–H₂, $p=0,5$ атм, $\lambda=585,3$ нм) от генератора с индуктивным накопителем энергии и плазменным прерывателем тока. Генерация имела место как в послесвечении, так и на спаде импульса тока. Длительность импульса генерации составила ~400 нс. По сравнению с накачкой от емкостного накопителя [24] возросли мощность излучения и рабочее давление.

4. Заключение

В настоящей статье продемонстрирована возможность применения индуктивных накопителей энергии для накачки лазеров различных типов (эксиплексных, плазменных и на самоограниченных переходах). Получена генерация на $\lambda=308$ нм в смесях He(Ne, Ar)–Xe–HCl, на $\lambda=585,3$ нм в смеси Ne–H₂ и на $\lambda=337,1$ нм в азоте. В качестве прерывателей тока использовались плазменный прерыватель, промышленные полупроводниковые диоды и промышленный коммутатор низкого давления с холодным катодом и полным управлением тока.

Кроме того, показано, что генератор с индуктивным накопителем позволяет менять параметры импульса накачки в широких пределах и реализовать оптимальные условия возбуждения импульсных газовых и плазменных лазеров. Отмечено также, что генераторы накачки на основе индуктивных накопителей и прерывателей тока могут найти широкое применение для

накачки источников мощного спонтанного излучения в УФ- и ВУФ-областях спектра [25–27], которые работают в большем диапазоне параметров импульса накачки по сравнению с лазерами.

1. Shoenbach K.H., Kristiansen M., Schaefer G. // Proc. IEEE. 1984. V. 72. P. 1019–1040.
2. Opening Switches / Edited by A.Quanther, M.Kristiansen, and T.Martin. NewYork and London: Plenum Press. 1987. V. 1. 280 p.
3. Кремнев В.В., Месяц Г.А. Методы умножения и трансформации импульсов в сильноточной электронике. Новосибирск: Наука, 1987. 226 с.
4. Ottinger P.F., Goldstein S.A., and Mager R.A. // J. Appl. Phys. 1984. V. 56. N 3. P. 774–784.
5. Ковальчук Б.М., Месяц Г.А. // Доклады Академии наук СССР. 1985. Т. 284. N 4. С. 857–859.
6. Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф., Яковленко С.И. // ЖТФ. 1990. Т. 60. Вып. 10. С. 42–47.
7. Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Физика плазмы. 1990. Т. 16. Вып. 9. С. 1061–1067.
8. Котов Ю.А., Калганов Н.Г., Ковальчук Б.М. // ПТЭ. 1974. N 6. С. 107–109.
9. Котов Ю.А., Месяц Г.А., Рукин С.Н., Филатов А.Л. // Доклады РАН. 1993. Т. 330. 3. С. 315–317.
10. Бычков Ю.И., Котов Ю.А., Лосев В.Ф., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1976. Т. 3. N 7. С. 1607–1608.
11. Федоров А.И., Сергиенко В.П., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. N 9. С. 2036–2038.
12. Месяц Г.А., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Доклады Академии наук СССР. 1989. Т. 307. N 4. С. 869–872.
13. Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. N 1. С. 32–34.
14. Fiodorov A.I., Tarasenko V.F. // Proc. series SPIE. 1993. V. 2110. P. 100–103.
15. Бычков Ю.И., Коновалов И.Н., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1979. Т. 6. N 5. С. 1004–1009.
16. Месяц Г.А., Осипов В.В., Тарасенко В.Ф. Импульсные газовые лазеры. М.: Наука, 1991. 272 с.
17. Lakdawala V.K., Moruzzi J.Y. // J. Phys. D.: Appl. Phys. 1980. V. 13. N 3. P. 377–385.
18. Артеев М.С., Ковальчук Б.М., Кокшенев В.А., Сулакшин С.С., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. N 12. С. 2502–2504.
19. Бычков Ю.И., Иванов Н.Г., Лосев В.Ф. // ЖТФ. 1989. Т. 59. Вып. 8. С. 75–77.
20. Бычков Ю.И., Лосев В.Ф., Савин В.В., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1975. Т. 2. N 9. С. 2047–2053.
21. Long W.H., Plummer M.J., Stappaerts E.A. // Appl. Phys. Lett. 1983. V. 43. N 8. P. 735–737.
22. Ломаев М.И., Мельченко С.В., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Известия АН СССР. Серия физическая. 1984. Т. 48. N 7. С. 1385–1388.
23. Гудзенко Л.И., Яковленко С.И. Плазменные лазеры. М.: Атомиздат, 1978. 256 с.
24. Ломаев М.И., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. N 5. С. 993–996.
25. Коваль Б.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А., Янкелевич Е.Б. // ПТЭ. 1992. N 4. С. 244–245.
26. Кузнецов А.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. Вып. 5. С. 1–5.
27. Voichenko A.M., Skakun V.S., Tarasenko V.F., Fomin E.A. // Laser Physics. 1993. V. 3. N 4. P. 838–843.

Институт сильноточной электроники СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
13 апреля 1995 г.

M.I. Lomaev, A.N. Panchenko, V.F. Tarasenko. Applicability of Inductive Accumulators to Pumping of Dense Gas Pulsed Lasers.

Applicability of generators with inductive accumulators to pumping of exiplex, plasma, and self-terminating lasers is demonstrated. The generation was obtained at $\lambda = 308$ nm in mixture with He(Ne,Ar)-Xe-HCl; at $\lambda = 585,3$ nm in mixture with Ne-H₂; and at $\lambda = 337,1$ nm in nitrogen. Data are presented on use of plasma choppers as well as choppers on commercial semiconductor diodes and commercial commutators of low pressure (crossotrons).