

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 621.373.8

А.Н. ПАНЧЕНКО, В.Ф. ТАРАСЕНКО

ГАЗОВЫЕ ЛАЗЕРЫ С НАКАЧКОЙ ОТ ГЕНЕРАТОРОВ С ПРЕРЫВАТЕЛЯМИ ТОКА

Реализован метод накачки двойным разрядом с использованием генераторов с полупроводниковыми прерывателями тока. Созданы эффективные газовые лазеры с накачкой от данных генераторов.

Ключевые слова: полупроводниковый прерыватель тока, эффективные лазеры.

В настоящее время электроразрядные лазеры на плотных газах находят широкое применение в различных областях науки и техники. Поэтому исследования, направленные на улучшение параметров излучения и совершенствование конструкций данных лазеров, а также на изучение новых активных сред и методов накачки, весьма актуальны.

Приведены наиболее важные результаты, полученные при накачке различных газовых лазеров генераторами с полупроводниковыми прерывателями тока – SOS-диодами (ГПТ). При этом для ряда лазеров достигнуты наибольшие эффективности, длительности импульса и энергии излучения, а также реализованы новые режимы генерации [1].

На рис. 1 приведена схема лазера с ГПТ, который включает основной и вспомогательный контуры. Основной контур сформирован емкостным накопителем $C_0 = 70\text{--}550$ нФ, индуктивностью L_0 и искровым разрядником SW_0 . Для того чтобы полупроводниковый SOS-диод D работал в качестве прерывателя тока, через него необходимо вначале пропустить ток в прямом направлении (ток прямой накачки). Для этого предназначен вспомогательный контур, включающий конденсатор $C_D = 10$ нФ, искровой коммутатор SW_D и индуктивность L_D . В лазере использовались 10–14 диодов типа SOS–50–2, установленных параллельно обострительным конденсаторам. Длительность импульсов тока разряда в зависимости от величины C_0 менялась в пределах 150–550 нс.

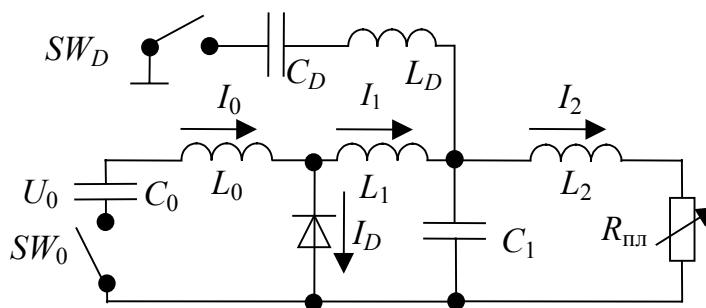


Рис. 1. Схема лазера с генератором на основе полупроводниковых SOS-диодов: SW_0, SW_D – искровые разрядники; C_0 – первичный емкостной накопитель; C_1 – обострительные конденсаторы; C_D – емкость накачки SOS-диодов D в прямом направлении; L_0, L_1, L_2, L_D – индуктивности контуров; U_0, U_D – зарядные напряжения; I_i – токи в контурах

Режим накачки от ГПТ на примере CO_2 -лазера иллюстрирует рис. 2 [1]. После подачи на диоды обратного тока от C_0 прерыватель сохраняет проводимость ~ 30 нс. В течение этого времени часть энергии передается в индуктивный накопитель L_0 (ИНЭ). Затем сопротивление SOS-диодов за малое время ~ 10 нс увеличивается более чем на порядок, что приводит к быстрому обрыву тока в ППТ. При этом ИНЭ генерирует высоковольтный предимпульс, формирующий объемный разряд в лазерном промежутке и обеспечивает быстрое нарастание тока разряда. Совместное действие таких факторов, как высокое пробивное напряжение и резкий рост тока разряда существенно улучшают однородность разряда и повышают его устойчивость во всех исследованных газовых смесях. Затем основной энерговклад осуществляется от накопительной емкости C_0 . ГПТ позволяет легко регулировать амплитуду импульса напряжения и скорость нарастания тока разряда при из-

мерении емкости C_D и ее зарядное напряжение, что дает возможность только за счет этих параметров получать оптимальные режимы накачки различных газовых смесей и получать максимальные лазерные параметры.

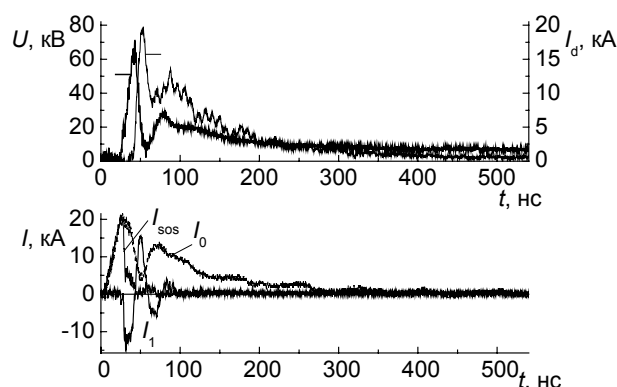


Рис. 2. Осциллограммы импульсов напряжения на лазерном промежутке U , тока в лазерном промежутке I_d , тока через диоды I_{SOS} , тока в цепи накопительной I_0 и обострительной I_1 емкостей. Смесь $He:CO_2:N_2 = 3:1:1$ при $p = 1$ атм, накачка ГПТ, $U_0 = 36$ кВ

CO_2 -лазер ($\lambda \sim 10,6$ мкм). При использовании ГПТ достаточно легко реализовать режим накачки, когда предимпульс с высокой мощностью накачки формирует плазму объемного разряда с высокой начальной концентрацией, а основная энергия вкладывается в активную среду при оптимальной величине $E/p < 12$ В/(см·Торр). В данном режиме получена энергия генерации $Q = 6,2$ Дж при внутреннем (относительно вложенной в активную среду энергии) КПД CO_2 -лазера до $\eta_{int} = 20$ %. Электрический (относительно запасенной в накопительном конденсаторе энергии) КПД при этом достигал $\eta_0 = 15$ %.

XeF^* - и KrF^* -лазеры. Определены параметры оптимальных предимпульсов, позволяющие существенно поднять длительность импульсов излучения и КПД XeF^* - и KrF^* -лазеров. Амплитуда напряжения на лазерном промежутке достигала ~ 80 кВ. Формирование объемного разряда происходит при сильном электрическом поле ~ 20 кВ/см. Амплитуда первого пика тока разряда составляла ≈ 30 кА. В этих условиях легко получены импульсы лазерного излучения на молекулах XeF^* и KrF^* с длительностью до 90 нс. Получены $Q = 0,65$ Дж и $\eta_0 = 1,5$ %.

Длинноимпульсный $XeCl^*$ -лазер. Получена максимальная энергия до $Q = 1,6$ Дж с полной длительностью до 500 нс, длительностью на полувысоте 300 нс и $\eta_0 = 1,6$ %.

Азотный лазер ($\lambda = 337,1$ нм) на смесях N_2 с $SF_6(NF_3)$. Использование ГПТ позволяло формировать устойчивый объемный разряд в смесях с SF_6 и NF_3 с длительностью > 100 нс. Реализованы новый режим работы азотного лазера с двумя пиками генерации в течение одного импульса накачки и режим генерации прямоугольных импульсов с длительностью до 50 нс при максимальной энергии излучения (до 50 мДж) и КПД (до 0,1 %). Получена максимальная энергия генерации (до 27 мДж) на первой положительной системе азота (полоса $V^3\Pi_g \rightarrow A^3\Sigma_u$).

FI -лазер. Получены максимальная длительность горения объемной стадии разряда в смесях $He-F_2$ (до 150 нс) и энергия генерации на красных линиях фтора (до 8 мДж).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Panchenko A.N., and Tarasenko V.F. // Progress in Quantum Electronics, 2012, available on line 27 March, DOI 10.1016/j.pquantelec.2012.03.005.

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия
E-mail: alexei@loi.hcei.tsc.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.