

УДК 535:621.375.8

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПИКОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЕ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

А. Ш. АМБАРЯН, А. Ж. МУРАДЯН, М. К. ОГАНЕСЯН,
Т. А. ПАПАЗЯН, Р. Ж. ХАЧАТРЯН

НИИ физики конденсированных сред ЕГУ

(Поступила в редакцию 4 января 1984 г.)

Экспериментально исследованы энергетические характеристики трех-частотного пикосекундного РОС-лазера на красителе в зависимости от энергии и длительности пикосекундных импульсов накачки. Показано, что выходная энергия определяется лишь энергией накачки. Исследованы статистические свойства такого лазера.

Лазеры с распределенной обратной связью (РОС) широко распространены в квантовой электронике. РОС-лазеры отличаются своей простотой, компактностью и возможностью получения узкой генерационной линии. Они легко обеспечивают плавную перестройку линии в полосе излучения активной среды. РОС-схемы успешно применяются и для получения ультракоротких импульсов [1—3].

При изучении различных многофотонных процессов взаимодействия лазерного излучения со средой иногда оказывается необходимым получение одновременной генерации двух и более линий [4]. Ранее нами сообщалось о реализации такого лазера с двухкаскадным усилением с выходной энергией $E_{\text{вых}} \approx 0,5$ мДж и шириной линии $\Delta\nu \approx 6$ см⁻¹ [5].

В исследованиях взаимодействия лазерного излучения с веществом определенную роль играет флуктуационный характер излучения. Такой характер выходных параметров особенно значителен в пикосекундной области, когда импульс формируется за счет существенно неустановившихся процессов. В настоящей работе приводятся результаты исследования зависимости выходных энергетических параметров РОС-лазера на этанольном растворе родамин 6Ж от накачки и их статистические свойства.

РОС-лазер работает по схеме призмы полного внутреннего отражения [6]. В качестве источника накачки РОС-лазера использовался прибор ПГС-1 [7] ($\lambda = 0,53$ мкм, $E \approx 20$ мДж, $\tau \approx 40$ пс, дисперсия энергии $D_E = 20\%$, дисперсия длительности импульса $D_t = 24\%$). Возбуждающее излучение направлялось в кювету с красителем с помощью двух вращающихся зеркал. Для накачки лазера использовалось 4% выходной энергии ПГС-1. Остальная часть направлялась для возбуждения двух усилителей. Вращением зеркал обеспечивалась независимая перестройка одновременно генерируемых линий. Фотометрирование спектрограммы излучения РОС-лазера показало четкое проявление трех линий генерации

на «фоновом» излучении с соотношением интенсивностей линия/фон больше восьми. Используемая схема позволяет в зависимости от требований задачи менять в широких пределах соотношение интенсивностей линий.

На рис. 1 приведена зависимость суммарной по трем линиям выходной энергии РОС-лазера от энергии пикосекундной накачки. Разные линии соответствуют разным группам значений длин волн генерированных линий. Видно, что в достаточно хорошем приближении имеет место линейный закон роста выходной энергии с входной. При построении этой зависимости энергия накачки менялась с помощью фильтров, а каждая экспериментальная точка определялась усреднением 30—35 лазерных вспышек.

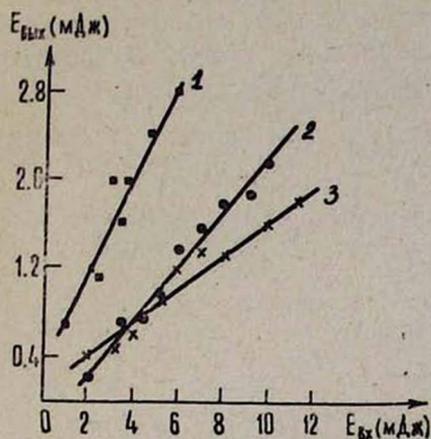


Рис. 1. Зависимость полной выходной энергии лазера от входной энергии: 1) $\lambda_1 = 5710 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 5860 \text{ \AA}$; 2) 5700 \AA , 5840 \AA ; 3) 5710 \AA , 5840 \AA .

Зависимость для отдельных линий приведена на рис. 2. Для каждой линии также наблюдается почти линейный закон зависимости от энергии накачки. Из хода кривых следует, что режим генерации находится вне области насыщения. Выходная энергия лазера на красителе прямо пропорциональна индуцированной населенности возбужденного состояния молекул красителя. При стационарном режиме возбуждения в среде устанавливается такое значение населенности, при котором радиационные потери населенности в точности компенсируются возбуждением молекул из основного состояния. Скорость возбуждения, в свою очередь, определяется интенсивностью накачки, т. е. числом падающих за единицу времени фотонов. В случае же нестационарной накачки импульсом, длительность которого меньше времени релаксации населенности, возбуждения из разных по интенсивности участков импульса будут складываться. Населенность среды будет при этом определяться полным числом возбуждающих фотонов, т. е. энергией возбуждающего импульса. Важно, чтобы возбуждение происходило вне области насыщения (см. рис. 1, 2), иначе относительный вклад из пиковой области импульса накачки даст относительно меньший вклад в возбуждение, чем начальная и конечная области. Будет нарушаться пропорциональность населенности числу падающих фотонов и энергия накачки не будет однозначно определять выходную энергию генерации.

Для подтверждения такого заключения было проведено исследование зависимости выходной энергии каждой генерированной линии от длительности возбуждающих пикосекундных импульсов при постоянном значении их энергии. Для этого из набора большого числа лазерных вспышек с

флуктуирующими значениями энергии и длительности выбирались группы вспышек с одинаковым значением энергии, но разными длительностями. Результаты, приведенные на рис. 3, показывают безотносительность выходных энергетических параметров к длительности (или интенсивности) накачки. Этот вывод согласуется и с экспериментальным результатом, приведенным на рис. 8 работы [8], где пикосекундный импульс РОС-лазера получался с помощью наносекундных возбуждений.

Как было отмечено выше, квантовые генераторы света в области пикосекундной длительности импульсов, в отличие от нано- и микросекундных длительностей, имеют, по существу, флуктуационный характер. Источни-

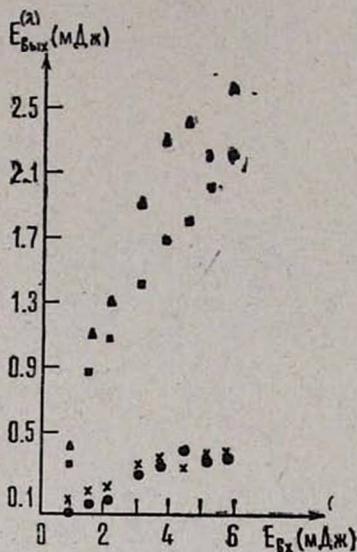


Рис. 2.

Рис. 2. Зависимость выходной энергии на отдельных линиях излучения в зависимости от входной энергии: \blacksquare — $\lambda_1 = 5710 \text{ \AA}$; \times — $\lambda_2 = 5785 \text{ \AA}$; \bullet — $\lambda_3 = 5860 \text{ \AA}$. Треугольники соответствуют выходной энергии, просуммированной по всем трем линиям.

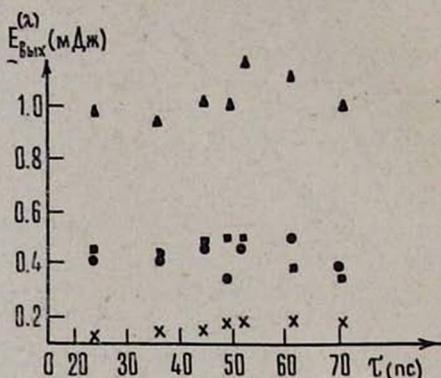


Рис. 3.

Рис. 3. Поведение выходной энергии лазера для отдельных линий (а также для суммарной) в зависимости от длительности возбуждающих пикосекундных импульсов.

ками флуктуаций пикосекундного РОС-лазера, который сам накачивается пикосекундными импульсами, могут служить, в принципе, флуктуации накачки и сам нестационарный быстропротекающий процесс образования импульса в растворе красителя. Сопоставление энергетических разбросов накачки и выхода лазера на красителе показывает уширение последнего. Проведенный анализ амплитудного спектра для большого числа групп импульсов показал, что мера уширения энергетического спектра выхода $\Delta E_{\text{вых}}$ не проявляет какой-либо определенной связи с шириной энергетического разброса накачки $\Delta E_{\text{вх}}$ и с разбросом длительности импульсов Δt . Этот результат получен в случае, когда $\Delta E_{\text{вх}}$ и Δt находятся в пределах 10% соответственно от входной энергии и длительности импульса. Такой результат можно было ожидать из энергетической зависимости выхода РОС-лазера (рис. 3). Флуктуации выхода в основном определяются не входными флуктуациями, а самим процессом генерации. Диффузными оказались и зависимости $\Delta E_{\text{вых}}$ от энергии накачки $E_{\text{вх}}$ и длительности импульсов t .

Обобщая, можно сделать вывод, что в РОС-лазере, накачиваемом пикосекундным импульсом, параметром, определяющим выходную энергию, является энергия накачки, а изменения флуктуации возбуждающего излучения в пределах 10% не сказываются на флуктуации выходного импульса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушук Б. А. и др. Письма в ЖТФ, 5, 880 (1979).
2. Вабищевич И. А. и др. Письма в ЖТФ, 8, 1316 (1982).
3. Bor Zs. et al. Appl. Phys., B27, 9 (1982).
4. Рубинов А. Н., Эфендиев Т. Ш. ЖПС, 27, 634 (1977).
5. Мурадян Л. Х. и др. ЖПС, 40, 330 (1984).
6. Рубинов А. Н., Эфендиев Т. Ш. ЖПС, 21, 526 (1974).
7. Папазян Т. А. и др. Информационный листок. Пикосекундный генератор света типа ЛП. АрмНИИИНТИ, сер. 47.35.05., № 83-55, 1984.
8. Bor Zs et al. Appl., Phys., B27, 77 (1982).

ՔԱՇԽՎԱԾ ՀԵՏԱԴԱՐՁ ԿԱՊՈՎ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԱՅԻՆ ՊԻԿՈՎԱՅՐԿՅԱՆԱՅԻՆ ԼԱԶԵՐԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Շ. ԱՄԲԱՐՅԱՆ, Ա. Հ. ՄՐԱԴՅԱՆ, Մ. Կ. ՉՈՎԶԱՆՆԻՍՅԱՆ,
Բ. Ա. ՓԱՓԱԶՅԱՆ, Ռ. Հ. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ

Կատարված է R6G ներկանյութով աշխատող պիկովայրկյանային լազերի ելքային էներգիայի մեծության ուսումնասիրությունը կախված լազերը զրգոող պիկովայրկյանային իմպուլսների բնութագրերից: Ներկանյութային լազերը միաժամանակ ճառագայթել է երեք անկյալ ինանսիդ գծեր, ընկած 0,56—0,61 մկմ տիրույթում: Ցույց է տրված, որ գծերի ելքային էներգիաները կախված են միայն մուտքային էներգիայի մեծությունից: Ուսումնասիրված է նաև ելքային էներգիայի մեծության վիճակագրական բնույթը:

INVESTIGATION OF ENERGY CHARACTERISTICS OF A PICOSECOND DYE LASER WITH DISTRIBUTED FEEDBACK

A. Sh. AMBARYAN, A. Zh. MURADYAN, M. K. OGANESYAN,
T. A. PAPAZYAN, R. Zh. KHACHATRYAN

The energy characteristics of a picosecond dye laser with distributed feedback (DFL) were investigated experimentally in dependence of energy and -duration of picosecond pumping pulses. The DFL was shown to generate three independent lines simultaneously and its output energy to be determined only by the pumping energy. Statistical properties of a such laser were investigated as well.