

ԱՒԻՔՆԵՐԻ ՓՈՆԱԶԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ 1/2 ՇԱՐԺՄԱՆ ՔԱՆԱԿԻ
ՄՈՄԵՆՏ ՈՒՆԵՑՈՂ ԵՌԱՄԱԿԱՐԴԱԿ ԱՏՈՄՆԵՐԻՑ ԿԱԶՄՎԱԾ
ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՀԵՏ

Կ. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Դիտարկված է երկու էլիպտիկորեն բևեռացված ալիքների փոխազդեցությունը ուղղանաչային միջավայրի հետ, որը բաղկացած է միանման եռամակարդակ ատոմներից: Ատոմի բոլոր մակարդակների շարժման քանակի մոմենտները հավասար են 1/2: Ստացված է համասարումների ճշգրիտ համակարգը լիբրվոյ թեզորներով և լուծված է այն դեպքում, երբ ալիքներից մեկը թույլ է:

INTERACTION OF WAVES WITH A RESONANT MEDIUM
CONSISTING OF 3—LEVEL ATOMS WITH 1/2
ANGULAR MOMENTA

K. V. HARUTYUNYAN

Interaction of two elliptically polarized waves with a resonant medium, consisting of identical 3—level atoms is considered. The angular momenta of all the atomic levels are 1/2. An exact system of equations in the irreducible tensorial formalism is obtained and analytically solved for the case, when one of the waves is weak.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 24, вып. 1, 8—13 (1989)

УДК 621.378.34

УЗКОПОЛОСНЫЙ ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЕ: ЭФФЕКТИВНАЯ
СИСТЕМА ГЕНЕРАТОР—УСИЛИТЕЛЬ

Г. С. МАНАСЯН, С. М. САРКИСЯН

НПО «Лазерная техника» ЕГУ

(Поступила 10 января 1988 г.)

Сообщается о создании и исследовании генерационных характеристик лазера на красителе по схеме генератор—усилитель, накачиваемого второй гармоникой неодимового лазера. Экспериментально определены оптимальные режимы работы такой системы, при которых большие эффективности преобразования накачки в перестраиваемое излучение сочетаются с высокой монохроматичностью и малой расходимостью излучения. Лазер содержит генератор со скользящим падением излучения на решетку и двухкаскадный усилитель, накачиваемые по схеме накачки близкой к продольной. После оптимизации лазер на красителе генерировал излучение со спектральной шириной 0,006 нм, перестраиваемое в диапазоне 550—600 нм. Эффективность преобразования достигала 32% при энергии накачки 10 мДж.

В видимой области спектра лазеры на красителях, несомненно, являются наиболее широко используемым типом перестраиваемых лазеров. Более того, лазеры на красителях успешно используются также для получения перестраиваемого излучения в УФ и ИК областях спектра за счет

удвоения или смещения их излучения с гармониками мощных твердотельных лазеров [1, 2]. Для этого необходимо, чтобы излучение лазера на красителе было достаточно мощным, узкополосным, узконаправленным и имело линейную поляризацию. Однако лазеры на красителях не могут быть достаточно мощными при одновременном требовании узкой линии излучения и высокого качества пучка. С целью комбинирования этих требований удобно построить лазер по схеме генератор-эффективный усилитель, где спектральные и энергетические процессы формирования лазерного излучения разделены: сначала получают излучение с требуемыми спектральными характеристиками (генератор), а затем повышают его мощность до необходимого уровня без изменения спектрального состава (каскады усилителей).

В настоящей работе сообщается о создании системы генератор-усилитель и исследовании ее генерационных характеристик. Экспериментально определены оптимальные режимы работы такой системы, при которых большие эффективности преобразования накачки в перестраиваемое излучение сочетаются с высокой монохроматичностью и малой расходимостью излучения.

Идея использования дифракционной решетки одновременно в качестве расширителя пучка и дисперсионного элемента лазера (лазеры со скольльзящим падением на решетку), независимо предложенная в [3] и [4], представила новые возможности для разработки простых и надежных источников перестраиваемого излучения. Достоинства резонаторов со скольльзящим падением излучения на решетку заключаются: в большой дисперсии и высоком разрешении, что позволяет получить узкие спектральные линии генерации без применения дополнительных расширителей пучка или дисперсионных элементов; в отсутствии хроматических aberrаций, которые присущи резонаторам, содержащим призмные или сферические расширители; в малом числе оптических элементов, что увеличивает надежность системы и облегчает ее юстировку и эксплуатацию; в компактности, что увеличивает количество проходов за время накачки.

Оптическая схема лазера представлена на рис. 1. Дисперсионный узел генератора представляет собой комбинацию дифракционной решетки 1, установленной под углом 89° и перестроенного зеркала 2, аналогично описан-

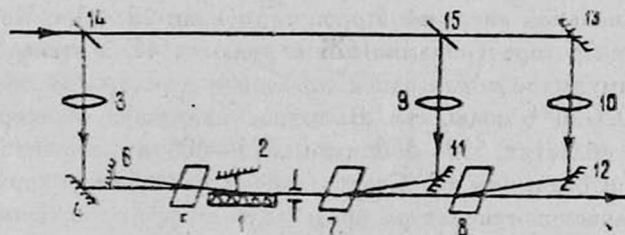


Рис. 1. Оптическая схема лазера. 1—дифракционная решетка; 2—перестроенное зеркало; 3, 9, 10—фокусирующие линзы; 4, 11, 12, 13—100%-ные зеркала на 532 нм; 5, 7—8—куветы с красителем; 6—100%-ное зеркало генератора; 14, 15—полупрозрачные зеркала.

ному в [3]. Была использована нарезная решетка с периодом $d=1/1200$ мм и длиной заштрихованной области 3 см. Для селективной обратной

связи использовался второй порядок дифракции, а для вывода излучения—нулевой порядок. Излучение накачки с помощью фокусирующей сферической линзы 3 (фокусное расстояние $f=25$ см) и стопроцентного зеркала 4 направлялось в кювету с красителем 5 толщиной 10 мм, которая располагалась под углом Брюстера к оси резонатора. Диаметр пятна излучения накачки на поверхности кюветы составил 0,5 мм. Длина резонатора от концевое зеркала 6 до перестроенного зеркала 2 была 15—16 см. Расстояние между зеркалом 2 и дифракционной решеткой равнялось 1,5—2 см. Поворот зеркала осуществлялся синусным механизмом с плечом 20 см. Управление длиной волны осуществлялось автоматически с помощью шагового двигателя ДШИ-200-2 или вручную микрометрическим винтом.

Применяемая схема квазипродольной накачки позволяет уменьшить расходимость генерируемого излучения и в значительной мере снизить фон усиленного спонтанного излучения (УСИ) благодаря относительно низкой концентрации и однородному возбуждению раствора красителя [5]. Угол между осью резонатора и пучком накачки не превышал 2—3 градуса.

Излучение генератора усиливалось в двухкаскадном усилителе. Пучок накачки распространялся навстречу усиливаемому сигналу под малым углом к нему. Такая геометрия накачки удобна тем, что позволяет получить более высокую эффективность усиления, чем в случае однонаправленной накачки, что объясняется возможностью выполнения оптимальных соотношений между интенсивностями накачки и сигнала на большем участке длины усиления благодаря одновременному нарастанию уровней сигнала и накачки, [6]. Антипараллельная схема удобна еще и тем, что фон УСИ в сторону усиливаемого сигнала гораздо меньше (в растворах красителей существует амплитудная асимметрия УСИ, которая состоит в различии интенсивностей прямой и обратной волн УСИ [7]). Кроме того, упрощается получение необходимой задержки между накачивающими импульсами генератора и усилителя. Излучение накачки фокусировалось и направлялось в кюветы 7, 8 с помощью сферических линз 9, 10 и зеркал 11, 12. Диаметр пятна накачки на поверхности кювет менялся в пределах 1,5—2 мм. Толщина кювет была 12 мм.

Лазер накачки на АИГ: Nd генерировал импульсы с длительностью 10 нс с максимальной энергией второй гармоники 12 мДж. Концентрация красителя в генераторе (родамин 6Ж и родамин 4С в этаноле) подбиралась по максимуму преобразования накачки в перестраиваемое излучение и составила $0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/литр. Выходное излучение перестраивалось в спектральных областях 550—580 нм и 575—600 нм соответственно для родамина 6Ж и родамина 4С. Спектрально-энергетические характеристики выходного излучения генератора представлены на рис. 2. Энергетические измерения проводились с помощью измерителя энергии и мощности ИМО-2Н и калиброванными фотодиодами ФД-24. Из рис. 2а видно, что при значениях накачки свыше 1,3 мДж эффективность преобразования насыщается и достигает 11,5%. Спектральная ширина линии генерации определялась с помощью интерферометра Фабри-Перо ИТ-28-30 с базой 8 мм. Исследования показали, что спектральная ширина линии генерации во

всем энергетическом диапазоне накачки практически остается постоянной и составляет 0,006 нм.

Как известно, в лазерах на красителях наряду с узкой линией генерации в выходном излучении присутствует широкополосный фон усиления.

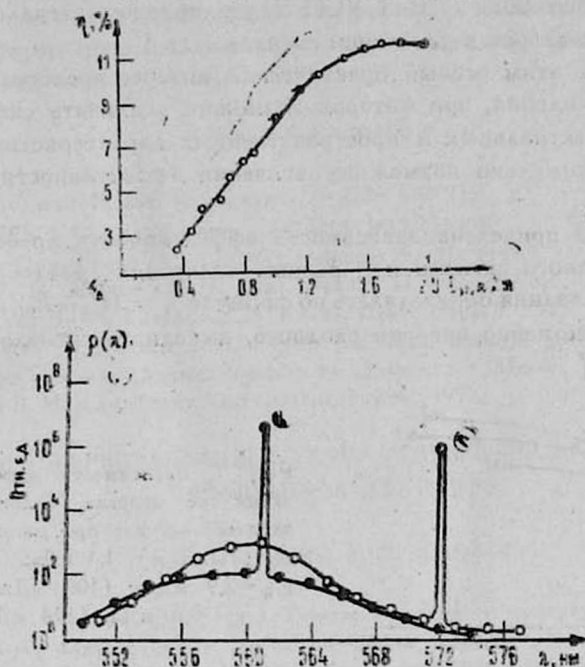


Рис. 2. Спектрально-энергетические характеристики генератора. Родамин 6Ж в этаноле, $n = 0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л. а) Зависимость эффективности преобразования от энергии накачки, $\lambda_r = 561 \text{ нм}$. б) спектр выходного излучения. ● — лазер настроен в центре контура усиления ($\lambda_r = 561 \text{ нм}$), ○ — лазер настроен на крыле контура усиления ($\lambda_r = 572 \text{ нм}$).

ного спонтанного излучения. В процессе генерации УСИ конкурирует с узкополосным излучением, ограничивая эффективность преобразования излучения накачки в перестраиваемое излучение, и является одной из причин сужения диапазона перестройки генератора.

Спектральное распределение выходного излучения генератора анализировалось на выходе спектрографа ДФС-8-2 с помощью диафрагмированного фотодиода. На рис. 26 представлены кривые спектральной плотности выходного излучения генератора, когда лазер был настроен в центре и на крыле контура усиления родамина 6Ж. Как следует из рисунка, в случае, когда лазер настроен в центре контура, отношение спектральных плотностей узкополосного излучения и фона УСИ больше, чем $6,7 \cdot 10^4$, в то время как на крыле это отношение значительно меньше и составляет 10^3 . Интегральный по всему спектру фон УСИ для этих случаев меньше, соответственно 2 и 20% от энергии перестраиваемого излучения.

При построении усилителя на красителях необходимо учитывать явление УСИ, которое, благодаря большому усилению красителей, может конкурировать с процессом усиления внешнего сигнала и привести к уменьшению эффективности преобразования накачки в полезный сигнал. При

насыщении усиления усиливаемым сигналом влияние УСИ на процесс усиления сводится к минимуму, а эффективность преобразования накачки в полезный сигнал достигает максимума [5]. Однако в таких условиях коэффициент усиления уменьшается, уширяется усиливаемая линия, а при наличии широкополосного фона УСИ в усиливаемом сигнале уменьшается отношение сигнал/фон в усиленном сигнале.

В связи с этим особый практический интерес представляет нахождение режима усиления, при котором возможно усиливать сигнал без искажения его спектральных и пространственных характеристик и при этом получить максимально возможные значения эффективности преобразования.

На рис. 3 приведена зависимость эффективности преобразования от величины входного сигнала при разных значениях накачки (эффективность преобразования определялась по формуле $\eta = (E_1 - E_0)/E_H$ где E_0 , E_1 и E_H — соответственно энергии входного, выходного сигналов и накачки).

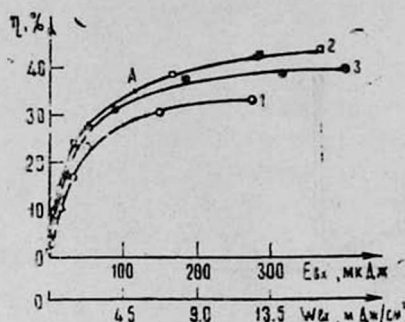


Рис. 3. Зависимость эффективности усиления от энергии (плотности энергии) входного сигнала при разных энергиях накачки. 1. $E_H = 1,1$ мДж (38 мДж/см²). 2. $E_H = 2,9$ мДж (100 мДж/см²). 3. $E_H = 5,6$ мДж (194 мДж/см²).

Требуемый режим усиления нами был найден, исходя из кривых эффективностей усиления при одновременном исследовании спектрального состава и ширины линии генерации. Точка А на рис. 3 соответствует оптимальному режиму усиления. При этих условиях усиления спектральные характеристики усиливаемого сигнала полностью воспроизводятся, а эффек-

Таблица

Характеристики	краситель	
	род. 6ж	род. 4С
Диапазон перестройки, нм.	550—580	575—600
Ширина линии, нм.	0,006	0,006
Длительность импульса, нс.	7	7
Макс. эффективность преобразования, %.	32	25
Максимальная энергия, мДж.	3,2	2,5
Уровень интегрального фона, %.	2	2
Расходимость, мрад	1	1

тивность усиления достигает 35%. Получение более высоких значений эффективности усиления возможно, однако при этом спектральные характеристики сигнала ухудшаются.

Аналогичные исследования были проведены также для родамина 4С.

Нахождение этих точек позволяет переходить к оптимальному режиму усиления при любых других заданных значениях E_0 и E_N (при данной плотности красителя и длине кюветы) путем изменения размеров их пятен на кюветах усилителей и выбора числа каскадов усиления.

На основе проведенных исследований была создана эффективная система генератор-двухкаскадный усилитель, выходные характеристики которой представлены в таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дудина Н. С. и др. Квант. электроника, 6, 2478 (1979).
2. Kato K. IEEE J. Quant. Electron., QE-16, 1017 (1980).
3. Shoshan I., Oppenheim U. P. Opt. Commun., 25, 375 (1978).
4. Littman M. G., Matcalf H. J. Appl. Optics, 17, 2224 (1978).
5. Наровлянская Н. М., Тихонов Е. А. Квант. электроника, 5, 297 (1978).
6. Гандельман И. А. Тезисы докл. на III Всесоюз. конференции «Лазеры на основе сложных органических соединений и их применение», Минск, 1980.
7. Безродный В. И. и др. Квант. электроника, 5, 290 (1978).

ՆԵՂՇԵՐՏ ՆԵՐԿԱՆՑՈՒԹԱՅԻՆ ԼԱԶԵՐ. ԳՆՆԵՐԱՏՈՐ-ՈՒԺԵՂԱՑՈՒՑԻՉ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՀԱՄԱԿԱՐԳ

Գ. Ս. ՄԱՆԱՍՅԱՆ, Ս. Մ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

Հաղորդվում է նեոդիմային լազերի երկրորդ հարմոնիկով զբաղվող զննարատոր-ուժեղացիչի սխեմայով ներկայություն լազերի ստեղծման և զննարացիոն բնութագրերի ուսումնասիրության մասին: Փորձական ճանապարհով որոշվել են այդպիսի համակարգի աշխատանքի օպտիմալ ռեժիմները, որոնց դեպքում զրգուման էներգիայի վերալարվող ճառագայթման ձևափոխության մեծ արդյունավետությունները համակցվում են ճառագայթման մեծ մոնոքրոմատիկության և փոքր տարածվածության հետ: Լազերը բաղկացած է սահող անկյան տակ տեղադրված ցանցով զննարատորից և երկկանալադ ուժեղացուցիչից, որոնք զրգումում են զրգուման գրեթե երկայնական սխեմայով: Օպտիմացման արդյունքում ներկայություն լազերը ճառագայթում է 0,006 նմ սպեկտրալ լայնությամբ, 550—600 նմ տիրույթում վերալարվող ճառագայթում: Զրգուման 10 մլ էներգիայի դեպքում ձևափոխության արդյունավետությունը հասնում է 32%-ի:

NARROW-BAND DYE LASER: AN EFFICIENT OSCILLATOR-AMPLIFIER SYSTEM

G. S. MANASYAN, S. M. SARKISYAN

The generation properties of a dye laser operating according to a oscillator-amplifier scheme and pumped by the second harmonics of a neodymium laser are investigated. The optimum operation regimes of such a system, at which high efficiency of pumping transformation into tunable radiation combines with high monochromaticity and small emission divergence, are determined experimentally. The laser includes an oscillator with grazing incidence at the grating, and a double-stage amplifier pumped in a nearly longitudinal arrangement. After the optimization, the dye laser generated the emission tunable in the 550-600nm range, its spectral bandwidth being 0.006nm. The transformation efficiency reached 32% for pumping energy of 10mj.