

собственной частоты модулятора вносит температурный коэффициент изменения скорости звуковых волн в плавленном кварце  $\alpha_s$ , который составляет величину порядка  $10^{-4}$  град $^{-1}$  [7].

В исследованиях [3, 8] синхронизация мод лазеров с помощью акустооптических модуляторов стоячей волны осуществлялась непосредственно на резонансной частоте модулятора. Такой режим, как и работа на высокочастотном склоне характеристики, является неустойчивым. Изменения температуры или уровня подводимой мощности могут привести к лавнообразному уходу резонансного пика модулятора с модулирующей частоты. Работа на низкочастотном склоне характеристики приводит к самостабилизации рабочей точки и снижению требований к системе термостабилизации.

Для того чтобы максимально использовать радиочастотную мощность, подводимую к модулятору, необходимо электрическое согласование импедансов усилителя и пьезопреобразователя модулятора. Такое согласование осуществлялось нами с помощью одношлейфового трансформатора или согласующего LC-фильтра. К. С. В. в обоих случаях был не хуже 2. Хорошее согласование, кроме того, облегчает электрический и тепловой режим выходного каскада усилителя мощности, что особенно важно для полупроводниковых каскадов. Аналогичный эффект можно получить в результате применения эффективной развязки выхода усилителя и нагрузки, например, с помощью ферритового вентиля или циркулятора.

Исследованные модуляторы позволили осуществить синхронизацию мод АИГ:Nd лазера с частотами повторения импульсов 200 и 250 МГц. Выбор модулирующей частоты ниже частоты собственного резонанса модулятора, термостабилизирование модулятора и стабилизация подводимой радиочастотной мощности дали возможность получить долговременную стабильную работу лазеров в режиме синхронизации мод без дополнительных схем автоподстройки.

В заключение авторы выражают благодарность Л. Н. Магдичу и П. И. Шницеру за предоставленные модуляторы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chang I. C.—IEEE Trans. on Sonic and Ultrasonic, 1976, v. SU-23, № 1, p. 2.
2. Магдич Л. Н., Молчанов В. Я. Акустооптические устройства и их применение.— М., 1978.
3. Спирс, Ларсен—Приборы для научных исследований, 1977, № 4, с. 100.
4. Falk J., Hitz C. B.—IEEE J. Quant. Electron., 1975, v. QE-11, № 7, p. 365.
5. Магдич Л. Н., Сасов В. Н., Шницер П. И.—Электронная техника. Сер. 10, квантовая электроника, 1975, вып. 1, с. 67.
6. Таблицы физических величин. Справочник.— М., 1976.
7. Бокун П. Я. Механические свойства силикатных стекол.— М., 1970.
8. Галкин С. Л., Кружалов С. В., Николаев В. М. и др.—Письма в ЖТФ, 1977, т. 3, № 1, с. 18.

Поступила в редакцию  
10.05.79.

НИИ ПФП

УДК 621.375.826

Н. Н. ВАСИЛЬЕВ, А. П. ЗАЖОГИН

### ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ СТРУЙНЫЙ ЛАЗЕР НА РАСТВОРАХ КРАСИТЕЛЕЙ

Исследования в области комбинационного рассеяния света, абсорбционный и люминесцентный анализ требуют источников когерентного излучения с перестройкой частоты генерации в широком спектральном диапазоне и достаточно хорошей воспроизводимостью излучения. Таким требованиям удовлетворяют лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК). Использование в качестве активного элемента свободной струи раствора красителя позволяет избежать проблем, связанных с потерями на окнах кюветы, нагреванием окон, их загрязнением продук-

тами распада раствора, что существенно при больших мощностях накачки и длительном режиме работы.

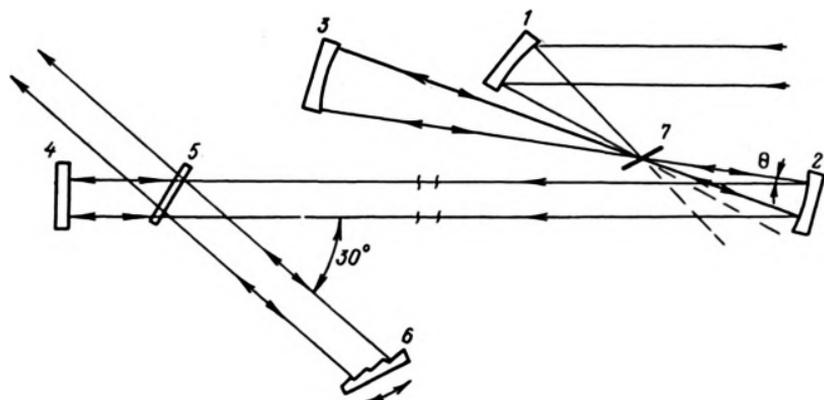


Рис. 1. Схема резонатора лазера на растворах красителей. Обозначения см. в тексте

ЛРОК (рис. 1) выполнен в виде приставки к серийному ОКГ ЛТИПЧ-5, работающему в частотном режиме. Созданная установка позволяет преобразовать излучение второй гармоники ЛТИПЧ (532 нм) в желто-красную область спектра и плавно перестраивать частоту генерации красителя. В ОКГ на красителях использован «сломанный» резонатор с компенсацией астигматизма, предложенный в [1]. Перестраивающим элементом служит реплика 300 штрих/мм, работающая во втором порядке. Решетка 6 связана с высокодобротным резонатором ЛРОК через делительную тонкую полупрозрачную пластинку 5 по методу [2]. Такой селектор позволяет получить узкую линию генерации и уменьшить интенсивность света, падающего на решетку. Перестройка частоты осуществляется поворотом селектора. Угол между плечами резонатора ( $\theta = 7,5^\circ$ ) рассчитан так, что астигматизм наклонного падения пучка генерации на зеркало 2 компенсирует астигматизм активного элемента, расположенного под углом Брюстера. Излучение накачки фокусируется зеркалом 1 в пятно  $\sim 20$  мкм, что совпадает с диаметром шейки основной моды ЛРОК. Зеркала 1—3 вогнутые ( $R = 70$  мм). Максимум отражения зеркала 1 в области 510—530 нм; для зеркала 2, 3 99,9% отражения на длине волны 590 нм. Зеркало 4 плоское, 100% отражения в интервале 550—700 нм. Активным элементом служит струя раствора красителя в смеси этиленгликоля и воды. Плоскопараллельная струя 7 хорошего оптического качества создается системой прокачки из специально сконструированного центробежного насоса, который обеспечивает напор  $\sim 0,75 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> и скорость прокачки раствора до 6 м/с, теплообменника, узла фильтрации из нескольких капроновых фильтров, сопла. Основным элементом, определяющим качество струи, является сопло, выполненное из тонкостенной трубки из нержавеющей стали  $\varnothing 5,5$ , отполированной вначале механически, а затем электролитически в растворе серной и ортофосфорной кислот. Участок, формирующий струю, получен сжатием заполненной свинцом трубки под прессом. Длина плоского участка сопла  $\sim 6$  мм, ширина щели сопла  $\sim 7,5$  мм, а толщина 0,32 мм. Размеры сопла выбраны так, чтобы в струе был плоскопараллельный участок, свободный от краевых эффектов и поверхностных волн, а неоднородность накачки была минимальна.

Предложенная конструкция отличается от используемых в работах [2—5] простотой изготовления, малыми конструктивными размерами, что облегчает размещение сопла в сложном резонаторе. Плоскопараллельность и нестационарность струи контролировалась по искажению пучка гелий — неоновый лазер, прошедшего через нее. Для определения воз-

душных пузырьков рассматривалось увеличенное изображение струи, помещенной в диаскоп. Качество струи можно оценить по форме тонкой проволоки за плоскостью струи. После истечения из сопла раствор поступает в сборник, который расположен так, чтобы предотвратить образование пузырьков воздуха при ударе струи о стенки сборника. Скорость прокачки достаточна для предупреждения возникновения термических неоднородностей в активной среде. Минимальное количество раствора, необходимое для работы, 300 мл. ЛРОК смонтирован на дюралевой платформе 500×200 мм.

Генерация получена на растворах родамина 6Ж и родамина С при частотах следования импульсов ЛТИПЧ-5 12,5, 25 и 50 Гц и длительности импульса ~10 нс. Концентрация красителей ( $10^{-3}$  м/л) подбиралась так, чтобы поглощалось ~90% накачки. Спектральный диапазон перестройки для родамина 6Ж 553—600 и 574—610 нм для родамина С. На длинноволновых краях областей перестройки наблюдалась двухчастотная генерация, одна частота которой соответствует генерации лазера, определяемой положением решетки, другая определяется неселективной частью резонатора. На рис. 2 показано изменение мощности генерации при перестройке генерируемой длины волны для родамина 6Ж. Снятием делительной пластины 5 ЛРОК переводится в режим работы без селектора. В этом случае выходным является зеркало 4 с пропусканием 96% (без покрытия). Ширина линии генерации при работе без решетки 557—570 нм для родамина 6Ж и 584—591 нм для родамина С, а средняя мощность генерации соответственно 0,29 и 0,2 мВт при средней мощности накачки 1,3 мВт. Пороговая мощность импульса ЛТИПЧ для родамина 6Ж, определенная методом калиброванных потерь, 50 Вт в резонаторе без селектора.

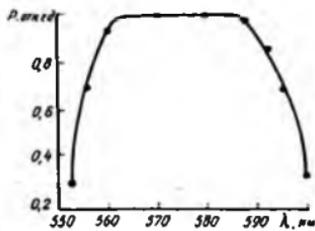


Рис. 2. Зависимость мощности генерации ЛРОК от генерируемой длины волны для родамина 6Ж

Спектральные измерения проводились на монохроматоре УМ-2, поэтому ширина линии генерации в резонаторе с селектором не определялась. Для энергетических измерений пользовались измерителем мощности ИМО-2. Излучение ЛРОК плоско поляризовано в той же плоскости, что и излучение накачки. Уменьшение скорости прокачки раствора до 2 м/с существенно не влияло на характер генерации, при скоростях струи менее 2 м/с плоскопараллельный участок струи, свободный от краевых эффектов, очень мал, при этом резко увеличивалась расходимость и неоднородность излучения ЛРОК и генерация становилась неустойчивой.

Описанный ЛРОК может быть использован для селективного возбуждения в желто-красной области, при исследовании резонансного комбинационного рассеяния, в активной спектроскопии комбинационного рассеяния.

Авторы выражают глубокую признательность Ц. И. Ивашину за помощь и ценные советы при конструировании ЛРОК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kogelnic H., Ippen E. P., Dienes A., Shank C. V.—IEEE J. Quant. Electr., 1972, v. QE-8, № 3, p. 373.
2. Marinero E. E., Angus A. M., Colles M. J.—Opt. Commun., 1975, v. 14, № 2, p. 226.
3. Runge P. K., Rosenberg R.—IEEE J. Quant. Electr., 1972, v. QE-8, № 12, p. 910.
4. Балыкин В. И., Клозе Э., Мишин В. И., Семчишен В. А.—Квант. электроника, 1978, т. 5, № 4, с. 753.
5. Welleghausen B., Welling H., Beigang R.—Appl. Phys., 1974, v. 3, № 5, p. 387.