

НОВЫЙ МЕТОД ДЛЯ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАЦИИ ЖИДКИХ ЛАЗЕРОВ НА ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЯХ

И. КЕЧКЕМЕТИ, Б. РАЦ, И. САЛМА, Э. ХУН и Л. КОЗМА

(Институт Экспериментальной Физики Университета им. Аттилы Йожефа,
Сегед, Венгрия)

(Поступило в редакцию 23. декабря 1970. г.)

В настоящей работе описан новый метод изменения частоты генерации квантовых генераторов на органических красителях. Краситель родамин 6Ж был возбуждён и в отдельной кювете был помещён раствор красителя родамина Б или бриллиантового зелёного в резонаторе. Варируя концентрацию двух последних растворов при постоянной концентрации родамина 6Ж, возможно было изменять частоту генерации. Попытались дать качественное и количественное объяснения такого метода перестройки.

1. Возможность непрерывного изменения частоты генерации в широком интервале, т. е. перестройки генерации одно из самых замечательных свойств жидких лазеров. В ранних опытах перестройка частоты генерации производилась изменением концентрации красителей [1], растворителя [2], значений рН раствора [3], температуры [4], длиной кюветы содержащей активное вещество [5], или применением селективных резонаторов, т. е. менялась одно из зеркал на решётку или призму [6]. В настоящей работе описано новый метод перестройки спектров жидких лазеров, при котором перестройка достигается с изменением концентрации растворов органических красителей, находящихся в резонаторе.

2. Схема нашей установки приведена на рис. 1. Необходимо отметить, что кювета 4 (стандартная спектрофотометрическая кювета толщиной 1 см)

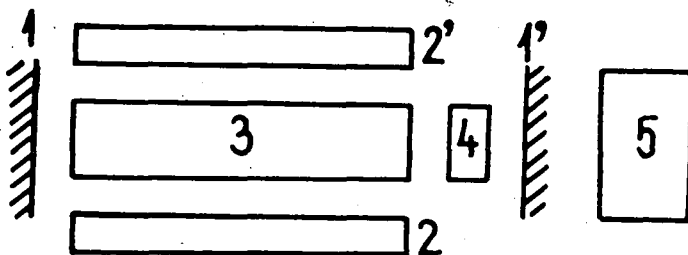


Рис. 1: Схема установки 1,1' диэлектрические зеркала 2,2' импульсные лампы (ИФП-800) 3 кювета содержащая активное вещество 4 кювета с раствором перестраивающим генерации 5 спектрограф ДФС-8

полностью изолирована от света импульсных ламп, освещает её только лазерный луч активного вещества. В наших исследованиях концентрация активного вещества родамина 6Ж в каждом случае была $7 \cdot 10^{-5}$ моль/л, а в качестве растворителя использовался этиловый спирт. В кювете 4 сперва находился этиловый спирт, а потом растворы родамина Б или бриллиантового зелёного, концентрации которых приведены в таблице 1. В таблице указаны и длины

Таблица 1.

Родмин Б		Бриллиантовый зелёный	
с моль/л	измеренные длины волн λ_r (нм)	с моль/л	измеренные длины волн λ_r (нм)
$1 \cdot 10^{-6}$	595,5	$1 \cdot 10^{-7}$	592,4
$2,5 \cdot 10^{-6}$	596,9	$2,5 \cdot 10^{-7}$	591,4
$5 \cdot 10^{-6}$	597,8	$5 \cdot 10^{-7}$	592,8
$7,5 \cdot 10^{-6}$	598,6	$7,5 \cdot 10^{-7}$	591,8
$1 \cdot 10^{-5}$	599,6	$1 \cdot 10^{-6}$	590,7
$2 \cdot 10^{-5}$	601,5	$2 \cdot 10^{-6}$	589,9
$3 \cdot 10^{-5}$	603,3	$3 \cdot 10^{-6}$	588,7
$4 \cdot 10^{-5}$	603,9	$4 \cdot 10^{-6}$	587,6
$5 \cdot 10^{-5}$	605,7	$5 \cdot 10^{-6}$	586,4
$7,5 \cdot 10^{-5}$	606,6	$7,5 \cdot 10^{-6}$	584,2
$1 \cdot 10^{-4}$	608,9		
$2 \cdot 10^{-4}$	611,3		
$3 \cdot 10^{-4}$	613,3		
$4 \cdot 10^{-4}$	615,1		
$5 \cdot 10^{-4}$	615,9		
$6 \cdot 10^{-4}$	616,9		

волн генерации, относящиеся к разным концентрациям растворов в кювете 4. На рисунке 2 например показаны фотоснимки лазерных импульсов при нескольких концентрациях активного вещества, перестраивающего генерации.

3. Перестройки генерации можно объяснить, учитывая ход спектров избраженных на рисунке 3. Так как в неселективном резонаторе длина волны генерации лежит при более длинных волнах от максимума спектра флуоресценции, и если в качестве активного вещества используем раствор родамина 6Ж и в кювету 4 наливаем растворы, коэффициент поглощения которых быстро падает с ростом длины волны в интервале в котором может генерировать родамин 6Ж и концентрация которых постепенно увеличивается, тогда с ростом концентрации родамина Б длина генерации увеличивается. Наоборот, если в кювету 4 наливаем растворы бриллиантового зелёного, коэффициент поглощения которых увеличивается с ростом

длины волны тогда, длина волны генерации уменьшается с ростом концентрации.

Растворы активного и перестраивающего вещества, использованного нами не имеют специфического характера для перестройки генерации, и поэтому этот простой метод дает возможность для перестройки генерации других жид-

ких лазеров. Выгодно и то, что изменение концентрации вызывающей перестройки генерации, не требует повторной оптической юстировки лазера, и так наш метод практичный.

4. Попытались количественно интерпретировать экспериментальные результаты с помощью метода, написанного в [7]. На пороговую плотность радиации накачки получили

$$U_{\text{н}}^{\text{пор}}(\nu) = C \left[e^{-h(\nu_{\text{л}} - \nu_{\text{Г}})/kT} + \frac{8\pi\nu_{\text{Г}}^2 \tau (K_{\text{пот}} + k(\nu))}{\nu^2 n \eta f_q(\nu_{\text{Г}})} e^{h(\nu_{\text{эл}}^* - \nu_{\text{л}})/kT} \right], \quad (1)$$

где c — постоянная величина, не зависящая от частоты генерации, τ — время затухания флуоресценции, n — концентрация частиц, $f_q(\nu)$ — спектр флуоресценции, η — квантовый выход флуоресценции, $\nu_{\text{Г}}$ — частота генерации, $\nu_{\text{эл}}^*$ — некоторая частота, находящаяся близко к частоте электронного перехода, $\nu_{\text{л}}$ — частота максимума спектра люминесценции, $K_{\text{пот}}$ — коэффициент потери резонаторов, h и k — постоянные Планка и Больцмана, T — температура, ν — скорость света в среде. Справедливость уравнения

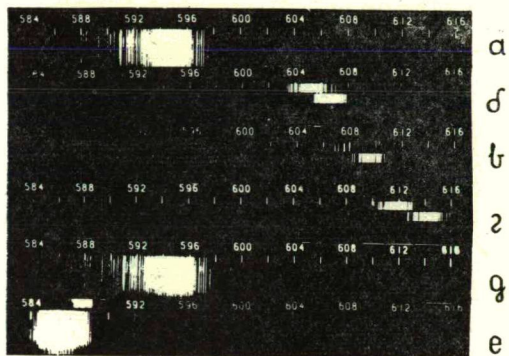


Рис. 2: Смещение спектра генерации родамина 6Ж в кювете 4: а и д — этиловый спирт, б, в, з — родамин Б в концентрациях 5, 7, 8, 10, 20, $30 \cdot 10^{-5}$ моль/л, е — бриллиантовый зелёный в концентрации $5 \cdot 10^{-6}$ моль/л

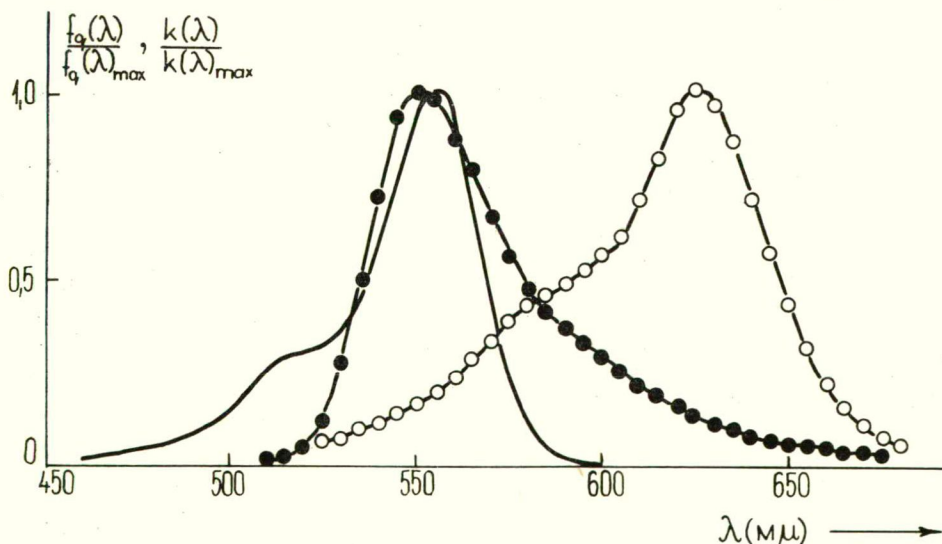


Рис. 3: Спектры поглощения: — родамина Б, о бриллиантового зелёного и ● спектр люминесценции родамина 6Ж

(1) ограничена, так как при его выведении предложено два уравнения системы и стационарный режим.

В наших исследованиях по уравнению (1) на счётной машине Минск 22 вычисляли пороговую плотность радиации накачки в зависимости от длины волны генерации. Значение параметра $K_{\text{пот}}$ в уравнении (1) выбрали так, чтобы средняя частота генерации, полученная экспериментальным путём, и частота

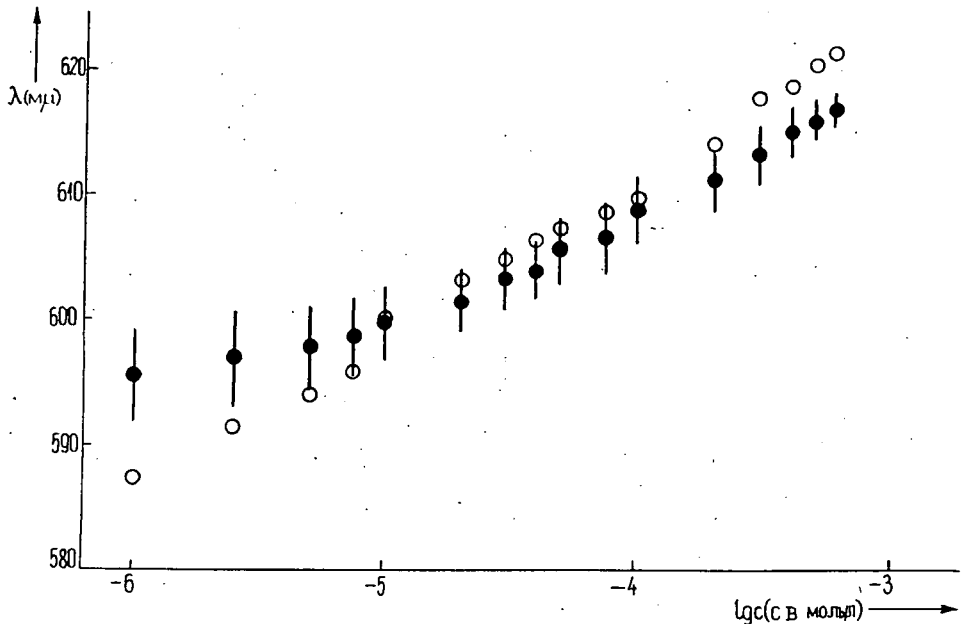


Рис. 4: Длины волн генерируемого излучения; ● экспериментальные, ○ теоретические

минимума функции $U_n^{\text{пор}}(\nu)$ совпадали и в том случае, когда в кювете 4 находится этиловый спирт. К определённым значениям $K_{\text{пот}}$ прибавляли коэффициент поглощения $k(\nu)$ растворов родамина Б, находящихся в кювете 4 и с помощью уравнения (1) для каждой концентрации определяли частоты минимума функции $U_n^{\text{пор}}(\nu)$, т. е. частоты генерации. На рисунке 4 видно довольно хорошее совпадение экспериментальных и теоретических данных.

Для развития написанного, в настоящей работе, метода перестройки генерации и теоретического объяснения проводим дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования.

Литература

- [1] Bass, M., J. I. Steinfeld: IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-4 N° 2, 53 (1968); Степанов, Б. И., А. Н. Рубинов: Успехи Физических Наук, 95, 45 (1968); Ketskeméty, I., I. Szalma, L. Kozma und B. Rác: Zeitschrift für Naturforschung, 25a, 1512 (1970).

- [2] Пикулик, Л. Г., Л. Ф. Гладченко и А. Д. Дасько: Известия Академии Наук СССР, **34**, 1316 (1970).
- [3] Dienes, A., C. V. Shank, and A. M. Trozzolo: Applied Physics Letters, **17**, 189 (1970).
- [4] Гладченко, Л. Ф., А. Д. Дасько, Л. Г. Пикулик: Журнал Прикладной Спектроскопии, **10**, 578 (1969);
Schappert, G. T., K. W. Billman, and D. C. Burnham: Applied Physics Letters, **13**, 124 (1968).
- [5] Farmer, G. I., B. G. Huth, L. M. Taylor, and M. R. Kagan: Applied Optics, **8**, 363 (1969).
- [6] Soffer, B. H., and B. B. McFarland: Applied Physics Letters, **10**, 266 (1967).
- [7] Кечкемети, И., Л. Козма, И. Салма, Б. Рац и Э. Хун: Журнал Прикладной Спектроскопии, (в печати).

A NEW METHOD FOR FREQUENCY TUNING OF ORGANIC DYE LASERS

Ketskeméty, I., B. Rác, I. Szalma, E. Huhn and L. Kozma

A new method for the frequency tuning of organic dye lasers is described. Rhodamine 6G was optically pumped and a solution of Rhodamine B or Brilliant green in a separate cuvette placed in the resonator cavity. By changing the concentration of this solution with fixed Rhodamine 6G concentration, it was possible to tune frequency of generation.

A qualitative and quantitative explanation of this tuning method is attempted.