

Р.Т. Кузнецова, Т.Н. Копылова, Е.Н. Тельминов, А.В. Резниченко

ГЕНЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЫХ АКТИВНЫХ СРЕД ЖИДКОСТНЫХ ЛАЗЕРОВ

Исследовано 15 новых соединений, которые представляют собой ряды органических молекул с различными заместителями, генерирующих излучение в области 600–680 нм при накачке эксимерным ХеС1*–лазером. Генерационные характеристики (по 10 параметров для каждого соединения) приведены в сравнении с раствором Р6Ж. Показано, что соединения имеют более высокий ресурс, чем Р6Ж, хотя по эффективности преобразования излучения ХеС1–лазера они ниже, чем Р6Ж. Анализируется связь ресурса работы с поглощением фотопродуктов в области генерации и накачки. Наряду с практической стороной результаты представляют интерес в теоретическом плане – при установлении закономерностей деградации энергии возбуждения.

Стабильное преобразование излучения эксимерных лазеров в видимую и ИК–области является актуальной практической задачей. В связи с этим были исследованы генерационные характеристики новых органических соединений (рис. 1), растворимых в этаноле, возбуждаемых ХеС1*–лазером с параметрами: $\lambda_{ген} = 308$ нм, средняя мощность $P_H = 30 \div 70$ мВт при частоте следования импульсов = 2 Гц. Методика измерения генерационных характеристик изложена в [1]. В таблице приведены значения коэффициента поглощения генерирующего раствора на длине волны накачки – K_{λ_n} , область генерации – $\Delta\lambda_{\Gamma}$ и положение максимума генерации – $\lambda_{\Gamma}^{макс}$, начальный кпд генерации – $\eta_0 = \frac{P_{\Gamma}}{P_H}$, где P_{Γ} и P_H – средняя мощность генерации и накачки. P_{80} и P_{50} — ресурс работы, измеряемой суммарной энергией, «вкочанной» в 1 см^3 генерирующего раствора, при которой η_0 уменьшился за счет фотопревращений на 20 и 50% соответственно. Рассчитаны значения молекулярного выхода фотопревращений

$\Phi_{фот} = \frac{(1 - c/c_0) c_0}{E_{сум}} = \frac{\text{число распавшихся молекул}}{\text{число поглощенных фотонов}}$, где c_0 и c – начальная и конечная концентрации молекул соответственно, $E_{сум}$ – суммарная энергия в фотонах, вкочанная в генерирующий раствор, в результате чего концентрация молекул уменьшилась от c_0 до c . Генерационный выход фотопревращений $P_{фот} = \frac{(1 - \eta/\eta_0) E_{сум}}{E_{сум}}$, где $E_{сум}$ – суммарная вкочанная в 1 см^3 энергия, в результате чего η_0 уменьшился до η . Из спектров поглощения (рис. 2) определено увеличение оптической плотности D в области генерации в расчете на поглощенный каждой молекулой фотон $\frac{\Delta D_{\lambda_{\Gamma}}}{E_{сум}}$.

Сравнение характеристик этих сред показывает, что эффективность преобразования излучения эксимерного лазера для этого ряда ниже, чем для родаминового раствора в 2÷5 раз, но ресурс работы лучших сред превосходит ресурс Р6Ж в 10 раз.

Получено, что присоединение конденсированного цикла сдвигает спектр генерации в длинноволновую область примерно на 50 нм и увеличивает ресурс работы в 3÷5 раз по сравнению с аналогичными 3-циклическими соединениями (рис. 1, таблица). Наилучшим ресурсом обладает молекула с заместителем в виде алкилированной зацикленной аминогруппы. Замена в морфолиновом заместителе кислорода на серу приводит к небольшому коротковолновому сдвигу спектра генерации (≈ 5 нм), а также к резкому ухудшению как эффективности генерации, так и ресурса работы.

Сравнение характеристик этих сред показывает, что эффективность преобразования излучения эксимерного лазера для этого ряда ниже, чем для родаминового раствора в 2÷5 раз, но ресурс работы лучших сред превосходит ресурс Р6Ж в 10 раз.

Получено, что присоединение конденсированного цикла сдвигает спектр генерации в длинноволновую область примерно на 50 нм и увеличивает ресурс работы в 3÷5 раз по сравнению с аналогичными 3-циклическими соединениями (рис. 1, таблица). Наилучшим ресурсом обладает молекула с заместителем в виде алкилированной зацикленной аминогруппы. Замена в морфолиновом заместителе кислорода на серу приводит к небольшому коротковолновому сдвигу спектра генерации (≈ 5 нм), а также к резкому ухудшению как эффективности генерации, так и ресурса работы.

Получено, что присоединение конденсированного цикла сдвигает спектр генерации в длинноволновую область примерно на 50 нм и увеличивает ресурс работы в 3÷5 раз по сравнению с аналогичными 3-циклическими соединениями (рис. 1, таблица). Наилучшим ресурсом обладает молекула с заместителем в виде алкилированной зацикленной аминогруппы. Замена в морфолиновом заместителе кислорода на серу приводит к небольшому коротковолновому сдвигу спектра генерации (≈ 5 нм), а также к резкому ухудшению как эффективности генерации, так и ресурса работы.

Генерационные характеристики исследованных соединений

Обозначение*	Концентрация c_0 , ммоль	K_{λ_n} , cm^{-1}	$\lambda_{\Gamma}^{\text{макс}}$, нм	$\Delta\lambda_{\Gamma}$, нм	η_0 , %	P_{80}		P_{50}		$\varphi_{\text{фот}} \cdot 10^4$	$P_{\text{фот}} \cdot 10^2$	c/c_0	η/η_0	$\frac{\Delta D_{\lambda_{\Gamma}}}{E_{\text{сум}}}$	$\frac{1}{\text{фот/моль}}$
						Дж/см ³	фот/моль	Дж/см ³	фот/моль						
II (1)	2	32	667	657–675	6,7	220	260	550	715	3	2,5	0,73	0,68	$2,0 \cdot 10^{-5}$	
II (2)	2	23	676	667–686	6,8	440	572	875	1138	2,4	1,4	0,69	0,58	$0,9 \cdot 10^{-6}$	
I (2)	2	11	627	611–647	4,1	35	455	350	455	2,4	3	0,93	0,55	$3,4 \cdot 10^{-5}$	
II (3)	2	21	675	662–683	3,6	280	364	750	975	2,9	1	0,86	0,73	$4,5 \cdot 10^{-5}$	
II (4)	2	21,6	665	657–673	3,8	225	293	625	813	3	1,2	0,82	0,61	$4,2 \cdot 10^{-5}$	
I (3)	2	9,2	621	605–644	0,6	20	26	130	169	3,6	8,7	0,94	0,52	$1,5 \cdot 10^{-4}$	
II (7)	2	32	668	656–677	3,5	75	98	225	293	8,4	3	0,75	0,49	$1,3 \cdot 10^{-4}$	
I (7)	1,7	12,4	614	603–625	14,3	17	26	57	87	4,3	46	0,96	0,49	$1,8 \cdot 10^{-3}$	
I (8)	2	12,8	618	605–631	12,7	20	26	70	91	8	29	0,91	0,48	$1,2 \cdot 10^{-3}$	
II (9)	2	33	674	663–681	2,5	80	104	200	260	12	2,4	0,68	0,50	$9,6 \cdot 10^{-5}$	
II (5)	1,8	21,2	671	658–681	8,3	220	289	475	686	1	3,2	0,78	0,61	$1,0 \cdot 10^{-6}$	
I (5)	2	9	622	609–635	10,0	25	33	90	117	4,6	18	0,93	0,46	$8,0 \cdot 10^{-5}$	
II (6)	1,9	7,6	667,5	656–678	1,0	4,5	6	11,5	16	58	14	0,80	0,10	$5,8 \cdot 10^{-4}$	
I (6)	2	10	618	600–642	6,6	13	17	40	52	18	29	0,87	0,37	$1,2 \cdot 10^{-2}$	
I (10)	2	5,5	612	600–625	2,2	15	20	45	59	17	7,7	0,88	0,47	$2,9 \cdot 10^{-4}$	
P 6Ж	2	12,4	585	575–595	20,0	17	22	85	110	2,8	47	0,97	0,49	$2,0 \cdot 10^{-3}$	

* Структуры обозначенных соединений приведены на рис. 1.

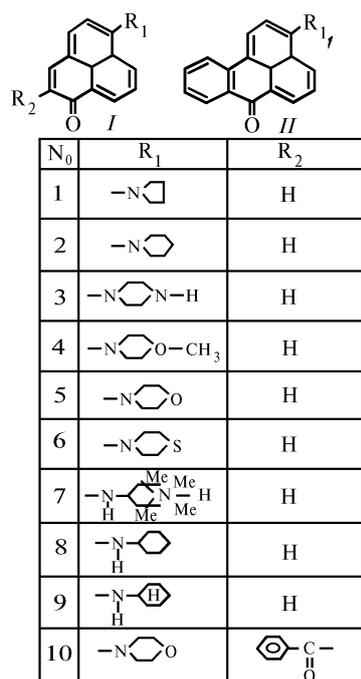


Рис. 1. Структура исследованных соединений

Ресурс коррелирует больше с поглощением фотопродуктов на $\lambda_{\text{ген}}$, чем с квантовым выходом фотопревращений $\phi_{\text{фот}}$, хотя однозначного соответствия нет, т.е. ресурс определяется суммарным действием этих факторов.

Замечено, что скорость уменьшения КПД генерации $P_{\text{фот}}$ в процессе фотопревращений для всех сред больше скорости уменьшения концентрации генерирующих молекул $\phi_{\text{фот}} = \frac{(1 - c/c_0) c_0}{E_{\text{сум}}}$, т.е. поглощение фотопродуктов на $\lambda_{\text{ген}}$ и $\lambda_{\text{нак}}$ оказывает дополнительное влияние на ресурс. Для более фотостабильных сред поглощение на $\lambda_{\text{нак}}$ в процессе генерации уменьшается, для менее фотостабильных – увеличивается или остается неизменным.

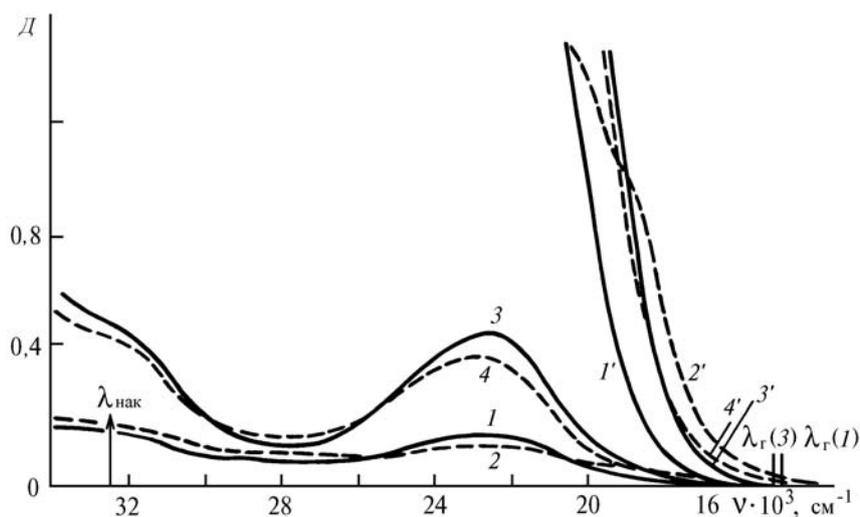


Рис. 2. Спектры поглощения соединений II (6) – 1, 2 и II (4) – 3, 4 до – 1, 3 и после – 2, 4 генерации. Толщина слоя 0,025 см – 1÷4 и 1 см – 1'÷4'

Поглощение фотопродуктов на $\lambda_{ген}$ – наименьшее для самого высокого ресурса. Самый низкий ресурс – у самого нестабильного красителя, хотя поглощение на $\lambda_{ген}$ не самое высокое (таблица). Однако, как видно на рис. 2, длинноволновая полоса поглощения фотопродукта в этом случае – самая интенсивная.

Кроме практических рекомендаций экспериментальные результаты по исследованию генерационных характеристик этого ряда, полученные в одинаковых условиях, представляют интерес при установлении закономерностей деградации энергии возбуждения в сложных органических молекулах, например, методами квантовой химии, выясняющей влияние заместителя в родственных рядах на фотофизику и фотохимию молекул.

И. Копылова Т.Н., Кузнецова Р.Т., Фофонова Р.М. и др. //ЖПС. 1990.Т. 52. № 5. С. 845–848.

Сибирский физико-технический институт им. В. Д. Кузнецова
при Томском госуниверситете

Поступила в редакцию
21 декабря 1992 г.

R. T. Kuznetsova, T. N. Kopylova, E. N. Tel'minov, A. V. Reznichenko. **Lasing Characteristics of New Active Media for Dye Lasers.**

Fifteen new organic compounds which are series of organic molecules with different substitutes capable of producing laser effect in the region 600 to 680 nm if pumped by a Xe-Cl-laser are investigated. Ten lasing characteristics of each compound are compared to those of a Rhodamine-6G solution. It is shown that although the lasing efficiency (or the efficiency of the Xe-Cl-laser emission conversion) of these substances is lower they provide for longer lifetimes of the active media compared to that of Rhodamine-6G. Connection of the lifetime of these compounds with the absorption of photoproducts in the spectral regions of generation and pumping is analyzed.