

**Т.Н Копылова, Г.В. Майер, Л.Г. Самсонова, Ю.П. Морозова, О.Н. Чайковская,
К.М. Дегтяренко, Е.Н. Тельминов**

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ АКТИВНЫХ СРЕД МОЩНЫХ ЛАЗЕРОВ НА КРАСИТЕЛЯХ

Разработана и создана система регенерации лазерно-активных сред на основе органических и неорганических сорбентов, обладающих высокой емкостью, химической устойчивостью, механической прочностью, высокой селективностью поглощения продуктов фотораспада красителей.

Система изготовлена и испытана в мощном жидкостном лазере <МЖЛ-03>. Показано, что ее использование повышает ресурс работы мощных жидкостных лазеров с накачкой эксимерными лазерами более чем на порядок.

Известно, что недостатком мощных лазерных систем, содержащих лазеры на красителях с накачкой эксимерными лазерами, является низкая фотостабильность красителя под сильным ультрафиолетовым излучением, что приводит к низкому ресурсу работы лазерной системы и увеличению ее стоимости.

Создание системы регенерации красителей позволило бы сделать их более дешевыми и долговечными, что расширило бы область их применения.

Появление в последнее время органических и неорганических сорбентов, обладающих высокой емкостью, химической устойчивостью, механической прочностью, и возможность создания сорбентов с пористостью и химической природой поверхности, обеспечивающей высокую селективность к продуктам фотораспада красителей, позволили сделать попытку создания на их основе системы регенерации лазерных красителей.

Под действием мощного ультрафиолетового излучения лазерные красители, в частности кумариновые, претерпевают фотохимические превращения, которые проявляются в их спектре поглощения, и, как следствие, приводят к изменению их генерационных характеристик – падению кпд, изменению области генерации, повышению порогового уровня мощности и пр.

Спектральные проявления продуктов фотораспада представлены на рис. 1. Характерно появление фотопродуктов, поглощающих как излучение накачки, так и излучение генерации. В силу этого падает число активных молекул и кпд генерации лазерно-активной среды уменьшается. Хороший эффект по предотвращению фотораспада молекул дает обескислороживание растворов [1], поскольку образование в растворе синглетного кислорода является одной из основных причин деструкции молекул. Однако в условиях генерации путь обескислороживания растворов нелегок. В какой-то степени противостоять фотораспаду красителей удастся путем введения в раствор ингибирующих добавок. Так, добавка диазобизциклоктана (ДАВСО) увеличивает время генерации некоторых аминокумаринов (кумарина 102 (К102), кумарина 1 (К1)) в 2–3 раза [2]. Использование же ДАВСО в растворе кумарина 120, кумарина 2 (К2) увеличивает срок работы лазера несущественно (на 35–50%). И только создание более сложных композиций раствора позволяет увеличить время работы лазера в 2 раза.

На рис. 2 приведены кривые фотораспада кумарина 2 в этаноле с различными добавками. Количественной характеристикой лазерной фотостабильности является величина, характеризующаяся энергией, вкачанной в 1 см³ раствора активной среды до падения кпд на 50%. Видно, что ресурс работы активной среды на основе кумарина 2 в оптимальной композиции (с ингибирующими процесс фотораспада добавками) вырос в два раза, но все-таки невысок – 120 Дж/см³.

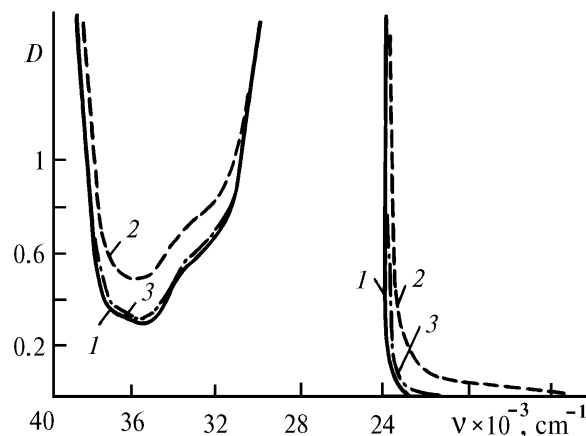


Рис. 1. Спектр поглощения раствора кумарина 2 : кривая 1 – до генерации, 2 – после генерации, 3 – отработанный раствор пропущен через систему регенерации

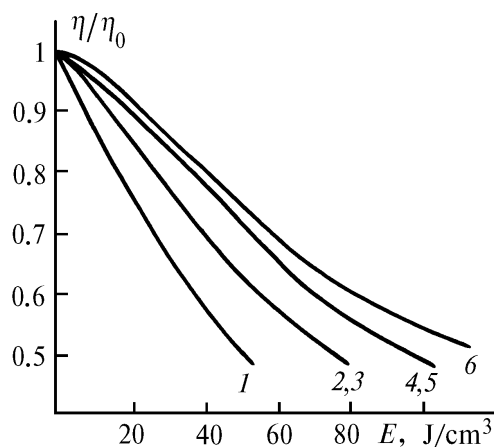


Рис. 2. Зависимость относительного кпд генерации (η/η_0) К2 от энергии, вкачанной в единицу объема раствора : 1 – в этаноле, 2 – с добавлением воды 10 – 30%; 3 – с добавлением диацетама (ДА5) $5 \cdot 10^{-2}$ моль/л; 4 – в этаноле + 10% воды + ДАВСО ($5 \cdot 10^{-2}$ моль/л); 5 – в этаноле + 10% воды + ДА5 ($5 \cdot 10^{-2}$ моль/л); 6 – в этаноле+ ДАВСО ($5 \cdot 10^{-2}$ моль/л) + ДА5 (10^{-2} моль/л)

Использование регенерирующих фильтров для подобных красителей, по-видимому, является наиболее перспективным путем увеличения срока работы лазера на красителях. В таблице приведены результаты, демонстрирующие возможность использования некоторых сорбентов, способных поглощать образовавшиеся продукты фотораспада красителей и поддерживать концентрацию красителя в среде постоянной. Регенерационная способность сорбентов состоит в том, что они поглощают те фотопродукты, которые образовались в процессе облучения (в таблице приведено изменение поглощения на длине волны генерации) и поддерживают постоянной концентрацию активных молекул в растворе. Так, например, под действием облучения в этанольном растворе кумарина 1 при вкачанной энергии в 1 см^3 раствора до падения кпд в 2 раза на длине волны генерации появляется поглощающий фотопродукт – оптическая плотность D растет до 0,2. На длине волны накачки также начинает поглощать другой фотопродукт – D увеличивается с 0,82 до 1,08. После пропускания <разбитого> раствора через колонку с сорбентом ГДЦ250 восстанавливаются кпд (~30%) и концентрация ($D = 0,85$), т.е. фотопродукты поглощаются (D_{λ_r} падает с 0,20 до 0,06). Регенерационная способность различных сорбентов различна: процент оставшегося длинноволнового продукта $10 \div 30\%$ (ранее используемая для этой цели ионообменная смола АВ17 ОНГ) оставляет в растворе ~43% фотопродукта.

Регенерационная способность различных сорбентов

Сорбент, с, моль/л	краситель,	Раствор									ФП
		Исходный			Облученный			Восстановленный			
		кпд, % (ресурс), Дж/см ³	D_{λ_n}	D_{λ_r}	кпд, %	D_{λ_n}	D_{λ_r}	кпд, % (ресурс), Дж/см ³	D_{λ_n}	D_{λ_r}	
ГДЦ 250/К1, $2,5 \cdot 10^{-3}$		26÷28 (105÷111)	0,82	0	13÷14	1,08	0,20	30 (136)	0,85	0,06	30
ТЗ/К1, $2,5 \cdot 10^{-3}$		27 (110)	0,84	0	13	0,76	0,20		0,81	0,06	30
Фосфат циркония/К1, $2,5 \cdot 10^{-3}$		27 (110)	0,84	0	13	0,76	0,17		0,89	0,05*	29
АВ17ОН ⁻ /К102, $2,5 \cdot 10^{-3}$		23÷26 (86)	0,53	0	11÷13	0,61	0,10	19	0,52	0,05	43
007/К2, $2,5 \cdot 10^{-3}$		29÷30 (40÷50)	0,64	0	14÷15	0,75	0,08	24 (35)	0,69	0,01	12
007/К1+ДАВСО, $2,5 \cdot 10^{-3}$		32 (240)	0,83	0	16	0,78	0,22	30 (230)	0,84	0,02	9

Примечания: * – время восстановления 12 часов; оставшийся в растворе после восстановления фотопродукт, поглощающий на λ_r , %; D_{λ_r} , D_{λ_n} – оптическая плотность на длине волны генерации и накачки соответственно. Растворитель – этанол.

Разработана, изготовлена и испытана система регенерации лазерных красителей для мощного жидкостного лазера <МЖЛ-03>.

На рис. 3 представлена разработанная конструкция фильтра. Фторо-пластовый стакан 1 помещен в металлический корпус 2. Сорбент засыпается между двумя фторопластовыми сетками 3 и мембранными фильтрами 4. Оработанный раствор красителя поступает в фильтр через штуцер 5, проходит через слой сорбента и выходит через 2-й штуцер, при этом скорость потока равна 2 мл/с.

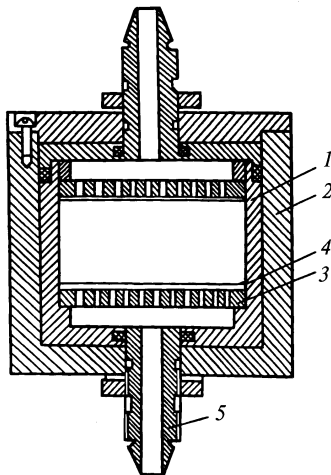


Рис. 3. Фильтр для регенерации активных сред

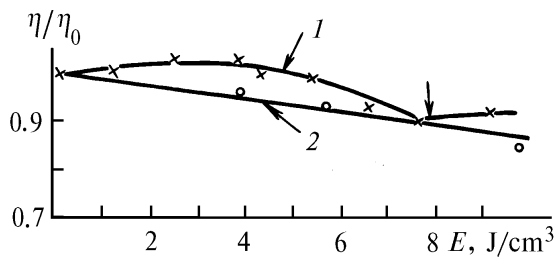


Рис. 4. Кривые распада К2 в моноимпульсном режиме генерации – кривая 2, и в частотном (5 Гц) – 1. Стрелкой указан момент включения системы регенерации для частотного режима

Фильтр испытан в мощном жидкостном лазере <МЖЛ-03>. Энергия возбуждающего импульса ХеСl-лазера составляла 1 Дж, фильтр помещался в систему прокачки усилителя, на который подавалось 550 мДж. На рис. 4 виден эффект регенерации лазерно-активной среды.

1. Kunjarru J o j T., Rao K. N. // Indian J. of Chem. 1987. V. 26A. June. P. 453–457.
2. Васильева Н.Ю., Дегтяренко К.М., Кузнецова Р.Т. и др. // Квантовая электроника. 1987. Т. 18. N 2. С. 198–200.

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

Поступила в редакцию
21 декабря 1992 г.

T.N. Kopylova, G.V. Mayer, L.G. Samsonova, Yu.P. Morozova,
O.N. Chaikovskaya, K.M. Degtyarenko, E.N. Tel'minov. **Development and Design of a
System for Regeneration of Active Media for High-Power Dye Lasers.**

A system for regeneration of the laser active media for high-power dye lasers has been developed based on organic and inorganic sorbents possessing a high capacity, chemical resistance, mechanical strength, and high selectivity of absorption of the dye photodissociation products.

This system has been tested in a high-power dye laser <MZhL-03>. It is shown that its use allows one to increase the lifetime of high-power dye lasers pumped by excimer lasers by more than ten times.