

связи d между плоскостью среза волокна и гранью ПКГ в несколько микрон в волокно попадало лишь рассеянное излучение лазера. Когда величина зазора уменьшалась до долей длины волны, интенсивность излучения на выходе из волокна многократно возрастала (более чем в 20 раз).

В заключение следует отметить, что для достижения максимальной эффективности связи лазера и волновода необходимо обеспечить высокое оптическое качество поверхностей, между которыми происходит туннелирование световой энергии.

Литература

- [1] А. А. Зеленко, А. М. Прохоров, В. А. Сычугов, Г. П. Шипуло. Квант. электр., 1, 2576, 1974.
- [2] Е. М. Золотов, В. А. Киселев, В. А. Сычугов. Усп. физ. наук, 112, 231, 1974.
- [3] P. K. Tien, R. Ulrich. J. Opt. Soc. Am., 60, 1325, 1970.
- [4] Ю. А. Быковский, А. В. Маковкин, В. Л. Смирнов. Квант. электр., 1, 208, 1974.
- [5] Ю. А. Быковский, В. Л. Величанский, В. А. Маслов, В. Л. Смирнов. ФТП, 5, 939, 1974.

Поступило в Редакцию 9 апреля 1975 г.

УДК 621.373 : 535 (206.2)

ОБ УЛУЧШЕНИИ ГЕНЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ ДОБАВКАХ В ИХ РАСТВОРЫ 1,4-ДИФЕНИЛБУТАДИЕНА

М. Б. Левин, А. С. Черкасов и В. И. Широков

Ранее нами было показано [1], что добавление 1,4-дифенилбутадиена (ДФБ) в этанольные растворы незамещенного родамина, родамина 6Ж и родамина 3Б приводит к заметному увеличению энергии генерации лазера на этих растворах при накачке импульсными лампами через фильтр, исключающий прямое возбуждение ДФБ. При правильности высказывавшегося предположения, что влияние ДФБ сводится к тушению триплетного состояния родаминов по механизму триплет-триплетного переноса, можно было ожидать положительного эффекта от добавок ДФБ и в растворы других красителей, у которых T -уровни лежат выше T -уровня ДФБ ($14\ 700\text{ см}^{-1}$ [2]), причем химическая структура красителей не должна играть решающей роли.

В настоящей работе было исследовано влияние ДФБ на генерационные свойства 19 органических люминофоров (см. таблицу), в число которых входят, кроме родаминов, родственные им родол и уранин и существенно отличающиеся от них по строению производные фталимида и крезоловый фиолетовый. Генерационные исследования проводились в двухламповом осветителе [3]. В осветитель помещалась кварцевая кювета ($\varnothing 3.5\text{ мм}$, длина 130 мм), снабженная рубашкой, в которую заливалась или вода, или жидкостный фильтр (10%-й раствор NaNO_2 в воде), поглощавший излучение с $\lambda < 400\text{ нм}$. Измерялись энергия генерации импульсным калориметром ИЭК-1 и мощностные пороги возникновения (Π_1) и срыва (Π_2) генерации (по методике, описанной в [4]).¹ Временные развертки спектров генерации регистрировались камерой СФР в комбинации со спектрографом ИСП-51.

Данные по энергиям генерации, полученным при накачке фильтрованным светом активных этанольных растворов с добавками и без добавок ДФБ ($E_{\Phi}^{\text{Д}}$ и E_{Φ}) и при накачке нефилтрованным светом ($E_{\text{н}}^{\text{Д}}$ и $E_{\text{н}}$), приведены в таблице (для концентраций красителей и ДФБ, при которых получены максимальные энергии генерации). Из рассмотрения этих данных следует, что при накачке через фильтр добавки ДФБ во всех случаях (кроме крезолового фиолетового) приводят к увеличению энергии генерации ($E_{\Phi}^{\text{Д}}/E_{\Phi} > 1$). Более того, несмотря на то, что применение фильтра существенно уменьшает количество световой энергии, поглощаемой активным красителем, для многих веществ величина $E_{\Phi}^{\text{Д}}/E_{\Phi}$ также больше единицы. На некоторых красителях, например уранине, генерацию в условиях наших опытов без добавок ДФБ вообще получить не удается, в то время как в присутствии ДФБ энергия генерации имеет достаточно надежно определяемые значения. Эти факты естественно объяснить тем, что ДФБ уменьшает вредные потери в активной среде, возникающие вследствие образования

¹ Π_1 и Π_2 определялись как отношения амплитуд в моменты возникновения и соответственно срыва генерации к максимальной амплитуде на осциллограмме импульса накачки.

Влияние добавок ДФБ на энергию генерации этанольных растворов красителей (энергия накачки 380 Дж, длительность импульса накачки на уровне 0.1 ÷ 30 мкс)

Краситель, концентрация (М)	[ДФБ], М	E_{Φ}^D , Дж	E_{Φ}^D/E_{Φ}	E_{Φ}^D/E_{II}	E_{II}^D/E_{II}	$\Pi_{1\Phi}$	$\Pi_{1\Phi}^D/\Pi_{1\Phi}$	$\Pi_{2\Phi}^D/\Pi_{2\Phi}$	$\lambda_{г\Phi}^D$, нм	$\lambda_{г\Phi}$, нм
3-Амино-N-метилфталимид *, 2·10 ⁻³	10 ⁻³	0.003	3.8	0.9	1.0	0.54	0.93	0.69	504	503
3-Ацетиламино-6-амино-N-метилфталимид *, 10 ⁻³	5·10 ⁻³	0.030	> 10	> 10	> 10	0.61	0.26	0.44	546	546
Уранин, 2·10 ⁻⁴	7·10 ⁻³	0.053	∞	∞	—	—	< 0.21	< 0.40	561	—
Родол, 1.5·10 ⁻⁴	2·10 ⁻³	0.080	1.7	2.7	—	0.18	1.0	0.65	564.5	563.5
Незамещенный родамин, 6·10 ⁻⁵	2·10 ⁻³	0.185	1.9	1.2	1.0	0.26	0.88	0.87	570	565.5
Этиловый эстер незамещенного родамина, 1.5·10 ⁻⁴	2·10 ⁻³	0.185	1.6	1.5	—	0.22	0.77	0.89	573.5	570
N,N'-Дибензилродамин, 2·10 ⁻⁴	10 ⁻²	0.122	20.4	13.5	—	0.40	0.58	0.45	583	574
N,N'-Дибутилродамин, 2·10 ⁻⁴	2·10 ⁻³	0.240	3.2	2.5	—	0.15	0.73	0.47	590	586.5
N,N'-Диэтилродамин, 1.5·10 ⁻⁴	2·10 ⁻³	0.40	1.5	1.2	—	0.13	0.75	0.70	596.5	593.5
N,N'-Ди(β-фенилэтил)-родамин, 2·10 ⁻⁴	10 ⁻²	0.150	18.7	16.7	—	0.53	0.45	0.32	598	591
Родамин 5Ж, 1.5·10 ⁻⁴	4·10 ⁻³	0.40	1.7	0.9	—	0.14	0.61	0.80	599.5	600
Родамин 6Ж, 1.5·10 ⁻⁴	10 ⁻³	0.35	1.1	0.7	0.6	0.07	0.93	0.87	600	600
N,N'-Бис(метил-бутил)родамин, 2·10 ⁻⁵	5·10 ⁻³	0.017	∞	∞	—	—	< 0.32	< 0.78	612	—
Родамин Ж, 10 ⁻⁴	5·10 ⁻³	0.30	2.1	1.3	—	0.37	0.59	0.81	616.5	617
Родамин С, 1.5·10 ⁻⁴	4·10 ⁻³	0.30	2.5	2.1	—	0.32	0.63	0.49	622	622
N,N'-Бис(дибутил)родамин, 2·10 ⁻⁴	5·10 ⁻³	0.105	10.5	∞	—	0.48	0.40	0.48	625	621
Сульфорозамин, 2·10 ⁻⁴	4·10 ⁻³	0.30	1.5	1.0	—	0.18	0.97	0.81	625	624.5
Родамин 3Б, 1.5·10 ⁻⁴	4·10 ⁻³	0.36	1.8	1.1	0.8	0.31	0.74	0.80	631	632.5
Крезильовый фиолетовый *, 2·10 ⁻⁴	10 ⁻²	< 0.001	~1	—	—	—	—	—	670	—

* Отражение зеркал резонатора 99 и 99%, в остальных случаях 99 и 80%.

под действием света накачки короткоживущих продуктов,² поглощающих в спектральной области генерируемого излучения. О возрастании вредных потерь за время импульса накачки свидетельствует то, что во всех случаях $P_2 > P_1$, а также наблюдается для многих красителей коротковолновое смещение развернутого во времени спектра генерации. При добавках же ДФБ пороги уменьшаются ($P_{1\phi}^D/P_{1\phi} < 1$, $P_{2\phi}^D/P_{2\phi} < 1$), а развернутый во времени спектр генерации «выпрямляется», как это уже отмечалось ранее [1], и обычно смещается в более длинноволновую область (см. таблицу).³

Таким образом, проведенное исследование показало, что улучшение генерационных свойств растворов красителей при добавлении в них ДФБ не является специфичным для исследованных ранее родаминов, а характерно (при накачке через фильтры, исключающие прямое возбуждение ДФБ) для соединений различного химического строения. Этот факт можно рассматривать как свидетельство в пользу высказывавшегося предположения, что добавки ДФБ уменьшают концентрацию триплетных молекул красителя в генерирующем активном растворе. С этой точки зрения может быть объяснено и отсутствие положительного эффекта от добавок ДФБ в случае кризильного фиолетового. Этот краситель имеет наиболее длинноволновые спектры поглощения и флуоресценции в ряду исследованных соединений и, по-видимому, его триплетный уровень расположен ниже триплетного уровня ДФБ, что исключает триплет-триплетный перенос с T -уровня этого красителя на T -уровень ДФБ.

При облучении активных растворов с добавками ДФБ нефилтрованным светом интерпретация влияния ДФБ на генерационные характеристики становится более сложной, так как существенно увеличивается число процессов, в которых он может принимать участие (поглощение света накачки, сенсбилизация флуоресценции красителя, образование стабильных и нестабильных фотопродуктов и др.).

На основании полученных нами данных можно лишь считать, что непосредственное возбуждение ДФБ не приводит к заметному образованию продуктов, губительно влияющих на генерацию вынужденного излучения исследованными красителями. Уменьшение энергии генерации при добавках ДФБ (E_n^D/E_n) в случае родаминов 6Ж и 3Б не превосходит уменьшения, которого можно ожидать из-за фильтрующего влияния ДФБ ($E_n^D/E_n \geq E_{\phi}/E_n$), а в случае незамещенного родамина и фталимидов $E_n^D/E_n \geq 1$, несмотря на то что суммарное поглощение света накачки красителем в присутствии ДФБ уменьшается.

Авторы благодарны Е. Н. Викторовой за предоставление ряда родаминовых соединений.

Литература

- [1] М. Б. Левин, А. С. Черкасов, В. И. Широков. *Опт. и спектр.*, 40, 724, 1976.
- [2] J. V. Birks. *Photophysics of Aromatic Molecules*. Interscience Publishers, N. Y., 1970.
- [3] М. Б. Левин, А. С. Черкасов, В. И. Широков. *Опт. и спектр.*, 38, 150, 1975.
- [4] М. Б. Левин, А. С. Черкасов, В. И. Широков. *Опт. и спектр.*, 38, 595, 1975.

Поступило в Редакцию 28 мая 1975 г.

УДК 535.379

СМЕЩЕНИЕ СПЕКТРОВ ЭЛЕКТРОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В СИСТЕМЕ ДИФЕНИЛСТИРИЛПИРАЗОЛИНА С АКТИВНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

Л. М. Подгорная, В. П. Леонов и Р. Н. Нурмухаметов

В данной работе вместо обычно применяемых в электрохемилюминесцентных (ЭХЛ) системах нейтральных электролитов [1^{-4}] был использован активный электролит тетрафенилборнатрий (ТФБН), который в полярных растворителях диссоциирует на ТФБ-

² При накачке фильтрованным светом генерационные свойства растворов при последовательном повторении импульсов облучения изменяются незначительно.

³ Ширина спектров генерации была наименьшей в случае сульфорозамина (2 нм) и наибольшей в случае 3-ацетиламино-6-амино-N-метилфталимида (14 нм). В таблице приведены значения длин волн, соответствующие серединам спектров, полученных при накачке через фильтр с добавками ДФБ (λ_{ϕ}^D) и без добавок ДФБ (λ_{ϕ}) в активные растворы.