

# **ГЛАВА 6. ПУТИ КОМПЕНСАЦИИ ФОТОРАСПАДА МОЛЕКУЛ КРАСИТЕЛЕЙ**

## **6.1 ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ПРОКАЧКА ЖИДКИХ РАСТВОРОВ**

Использование системы циркуляции раствора лазерного красителя позволяет кардинальным образом увеличить ресурс работы лазеров на красителях. При этом появляются следующие возможности увеличения ресурса работы активной среды.

Во-первых, в систему циркуляции может быть включена достаточно большая емкость с раствором лазерного красителя, объем которой ограничен лишь эксплуатационными требованиями. При заданной удельной энергетической нагрузке на единицу объема раствора красителя это позволяет повысить ресурс работы лазерного раствора во столько раз, во сколько общий объем системы циркуляции превышает объем кюветы с раствором красителя.

Во-вторых, система циркуляции позволяет даже при небольшом объеме циркулирующего в ней раствора красителя использовать различного рода дозаторы лазерного красителя для поддержания его рабочей концентрации в активной жидкости на заданном уровне, несмотря на фотораспад красителя в процессе работы лазера. Резервный краситель при этом может храниться в виде концентрированного раствора, имеющего вследствие этого небольшой объем, или на поверхности адсорбента с большой удельной площадью поверхности и высоким значением константы равновесия между концентрацией красителя на адсорбенте и рабочей концентрацией лазерного раствора. В случае многих катионных красителей (ксантеновых, оксазиновых и др.) таким адсорбентом может быть, в частности, микропористое стекло.

Третий путь использования системы циркуляции для увеличения ресурса работы лазерной жидкости связан с возможностью удаления из нее продуктов распада красителя и растворителя под действием излучения накачки и генерации. Рассмотрим более детально эту возможность ввиду ее важности.

Известно, что продукты фотолиза лазерных красителей, полосы поглощения которых сдвинуты в длинноволновую область по отношению к полосе поглощения исходного красителя, вносят большой вклад в ухудшение генерационных характеристик лазеров на красителях в процессе наработки, поскольку поглощают излучение их генерации [156, 189]. Особенно велика их роль в лазерах с ламповой накачкой, которые характеризуются меньшим коэффициентом усиления света в активной среде при большей длине активного элемента.

В качестве примера можно привести широко применяемые в лазерах на красителях 7-алкиламинокумарины, в которых такие фотопродукты образуются при превращении замещающих групп. В работе [308] показано, что определяющую роль в ухудшении параметров генерации лазерной среды на основе кумарина 1 играет накопление продукта 4-карбоксит-7-диэтиламинокумарины, поглощающего излучение в области генерации кумарина 1. В этой же работе впервые было предложено для увеличения ресурса работы раствора лазерного красителя использовать адсорбцию образующегося в растворе фотопродукта с помощью оксида алюминия.

Эта идея нашла применение в работах [169–171], где было показано, что включение в систему циркуляции лазера на красителях фильтра, содержащего безводный оксид алюминия, приводит к существенному увеличению долговечности лазерного раствора. В работе [169] исследовались причины падения КПД лазера с этанольным раствором родамина 6Ж в качестве активной среды. Энергия импульса накачки двумя прямыми импульсными лампами ИФП-5000 составляла 1,6 кДж при длительности 10 мкс, энергия генерации — до 5 Дж.

Было обнаружено, что предварительное облучение этанола без применения светофильтров приводит практически к такому же падению энергии генерации растворенного после этого в нем родамина 6Г, как и облучение самого раствора в тех же условиях. Было установлено, что основной причиной падения энергии генерации в обоих случаях является образование уксусной и муравьиной кислот. Добавление этих кислот в исходный раствор красителя в тех же количествах, которые появляются в нем при облучении, приводит к такому же падению энергии генерации.

Очистка растворителя или раствора красителя от этих кислот с помощью фильтра из оксида алюминия приводит к восстановлению энергии генерации до исходного уровня. Фильтр позволяет удалять и продукты фотопревращения родамина 6Г, образующиеся в присутствии кислот и воды под действием УФ излучения накачки.

Наиболее вредным продуктом авторы считают оседающее на оксиде алюминия темное смолообразное вещество, которое удаётся удалить

лишь с помощью неорганических кислот. Без фильтрации генерация пропадала после 10 импульсов облучения, а в случае использования фильтра в системе циркуляции эффективность генерации при этом практически не изменялась. Аналогичный эффект был получен для этанольных растворов крезилвиолета и 7-ацетокси-3-фенилкумарина.

Недостатком последовательного включения такого фильтра в систему циркуляции является уменьшение скорости циркуляции лазерной жидкости вследствие большого гидродинамического сопротивления фильтра. Этого недостатка можно избежать, если включить фильтр в систему циркуляции не последовательно, а параллельно с участком трубопровода с подходящим гидродинамическим сопротивлением.

Величину сопротивления этого участка целесообразно выбирать максимально допустимой с учетом требований теплоотвода из активной зоны и характеристик насоса в системе циркуляции. Если режим работы лазера позволяет производить очистку лазерной жидкости в перерывах между сеансами работы, то шунтирующий фильтр участка может иметь любое сопротивление, но должен быть снабжен вентилем, с помощью которого он может быть перекрыт.

Авторы патента [277] и работы [263] предлагают использовать для увеличения времени жизни лазерных жидкостей их очистку от фотопродуктов с помощью фильтра с анионообменной смолой, содержащей боргидрид-анионы.

Продукты фотораспада лазерных красителей, полосы поглощения которых сдвинуты в коротковолновую сторону по отношению к полосе поглощения исходного красителя не поглощают излучение генерации. Однако они поглощают излучение ламповой, а иногда и лазерной, накачки и при этом не участвуют в процессе генерации.

Поскольку квантовые выходы таких фотопродуктов обычно гораздо выше квантовых выходов фотопродуктов с длинноволновым смещением полосы поглощения [136, 147, 149, 167], то их образование также существенно влияет на ухудшение генерационных характеристик лазеров на красителях. Очистка лазерной жидкости от таких продуктов, образующихся в процессе работы лазера, также может быть произведена с помощью адсорбционных фильтров.

Наконец, при работе лазеров на красителях в лазерной жидкости могут образовываться продукты пиролиза растворителя в виде микрочастиц сажевой модификации углерода и различных смол (см. выше). Накопление этих продуктов в растворе носит лавинообразный характер, поскольку каждая новая частица углерода становится источником появления новых частиц.

Присутствие в лазерной жидкости поглощающих микрочастиц приводит к образованию на них микропузырьков в поле мощного излу-

чения накачки и генерации. Потери излучения генерации в результате рассеяния на этих микропузырьках могут быть причиной падения энергии генерации и увеличения угловой расходимости излучения лазеров на красителях даже при очень малой концентрации сажевых частиц в растворе.

Система циркуляции лазерной жидкости позволяет производить ее очистку и от этих продуктов. Промышленностью выпускаются различные типы микропористых мембранных и трубчатых фильтров достаточно высокой производительности, которые могут быть использованы для этой цели. Проблемы, связанные с их высоким гидродинамическим сопротивлением, могут быть решены теми же путями, что и в случае адсорбционных фильтров (см. выше).

Материалы, из которых изготовлены элементы системы циркуляции, не должны быть источниками загрязнения лазерной жидкости, в особенности источниками металлических микрочастиц, поглощающих лазерное излучение. Так, например, в системе циркуляции, использованной в работе [275], лазерная жидкость контактировала только со стеклом, кварцем и тефлоном.

В работе [153] даются следующие рекомендации по конструкции и материалам системы циркуляции жидкости в лазерах на красителях с ламповой накачкой.

Система циркуляции должна обеспечивать достаточно высокую скорость потока лазерной жидкости в кювете для реализации турбулентного режима. Такой режим потока способствует лучшему перемешиванию жидкости и уменьшению в ней температурных градиентов. Если кювета сборная, то окна обычно прижимаются к торцам кюветы и уплотняются вакуумными кольцами.

При использовании метанольных или этанольных растворов кольца и шланги, соединяющие кювету с циркуляционным насосом и резервуаром, должны быть сделаны из силиконовой резины. Технические уплотняющие вакуумные кольца и прозрачные шланги из пластмассы обычно абсорбируют красители или тушат флуоресценцию красителей, и поэтому их не рекомендуется использовать.

Во всех случаях лучше применять кольца и шланги из тефлона. Это относится также к циркуляционному насосу и резервуару для раствора красителя. Для таких применений хорошо подходят центробежный насос с магнитной муфтой или шестеренчатый насос, сделанные из тефлона или нержавеющей стали. Мембранные насосы дают менее воспроизводимые результаты из-за пульсаций в скорости потока.

В работе [130] описана система циркуляции, применявшаяся как для раствора лазерного красителя, так и для жидкостного светофильтра в лазере на красителях с ламповой накачкой. В этой системе были

использованы нержавеющая сталь, тефлон, кварц, стекло и силиконовая резина. Для удаления из раствора макроскопических частиц был использован фильтр, изготовленный из пористой нержавеющей стали с размером пор 4 мкм.

## 6.2 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОКАЧКА МОЛЕКУЛ КРАСИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ПОРИСТЫЕ АКТИВНЫЕ ТЕЛА ЛАЗЕРОВ

В работах [7, 109] были исследованы термооптические, пространственно-энергетические и спектрально-генерационные характеристики твердотельно-жидкостных (ТЖ) лазерных элементов с электропрокачкой, их лучевая прочность, фотостойкость и ресурс работы. Основой для создания таких элементов служила твердотельная матрица из силикатного мезопористого пористого стекла (МПС), в порах которой абсорбирован этанольный раствор лазерного красителя, например родамина 6Ж.

Показано, что термооптические и пространственные характеристики у ТЖ элементов в несколько раз лучше, чем у элементов с использованием жидкой среды (см. табл. 17 и рис. 36).

Таблица 17

Термооптическое качество матриц активных элементов лазеров на красителях

Матрица	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Теплоемкость, Дж/(см·К)	Температуро-проводность, м <sup>2</sup> /с	$dn/tT$ , 1/К
Этанол	0,16	1,9	$0,09 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-4}$
МПС с пористостью 5%-этанол	1,27	1,6	$0,79 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$
МПС с пористостью 25%-этанол	0,66	1,75	$0,31 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$

Также показано, что ТЖ элементы обладают повышенной лучевой прочностью по сравнению с жидкостными элементами (порог пробоя составлял  $\sim 100$  МВт/см<sup>2</sup> для этанольного раствора и  $\sim 800$  МВт/см<sup>2</sup> для ТЖ элемента), тогда как скорость фотообесцвечивания красителя в ТЖ элементе и в растворе находится на одном уровне.

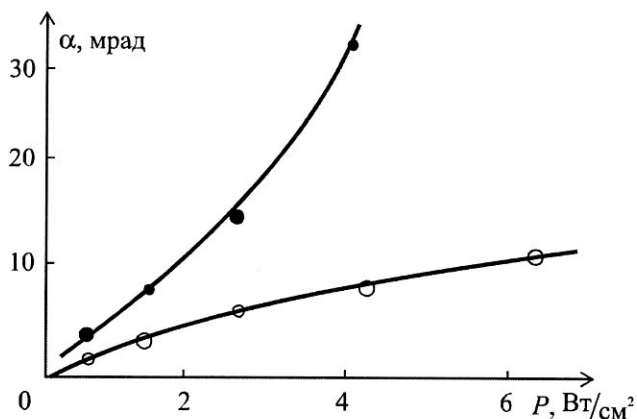


Рис. 36. Зависимость угла расхождения излучения генерации жидкостного (1) и ТЖ (2) лазеров от плотности средней мощности излучения накачки

На рис. 37 приведена перестроечная кривая лазера с использованием ТЖ элемента. Также установлено, что при изменении напряженности поля на электропрокачном элементе благодаря смещению динамического равновесия между процессами фотообесцвечивания и электропрокачки происходит смещение максимума спектра генерации в длинноволновую область (см. рис. 38)

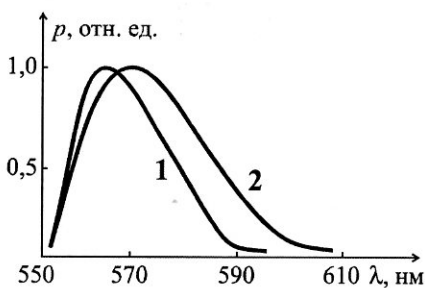


Рис. 37. Перестроечные характеристики жидкостного (1) и ТЖ (2) лазеров

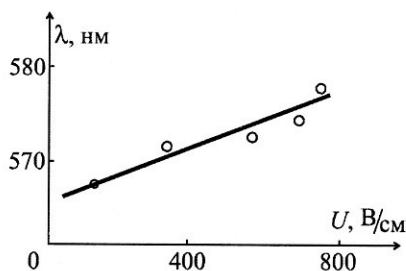
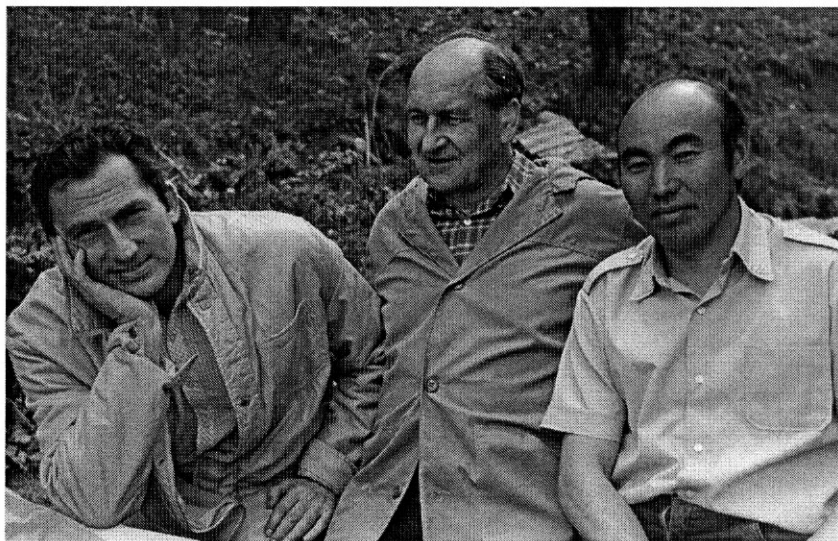


Рис. 38. Зависимость длины волны генерируемого излучения от напряженности электрического поля в электропрокачном активном элементе

В работах [7, 109] также определены коэффициенты электродиффузии некоторых ксантовых красителей в ТЖ элементе и танольном растворе. В работе [162], посвященной непосредственно электродиффузионных процессов в пористом стекле приведены температурные



*Профессора И. К. Мешковский, Г. Н. Дульнев, А. А. Акаев (ныне Президент Кыргызской Республики) на отдыхе. 1981 год*

## ГЛАВА 7. НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЛАЗЕРОВ НА КРАСИТЕЛЯХ

На основании проведенного обзора работ в области твердотельных лазеров на красителях, а также учитывая опыт проведенных работ мы предлагаем следующие концептуальные решения современных конструкций лазеров на красителях, молекулы которых стабилизированы в твердотельных матрицах.

Предполагаемые параметры:

– энергия излучения в импульсе	1–3 Дж,
– частота следования импульсов	
– ламповая накачка	1 Гц,
– диодная накачка	5–10 Гц,
– длительность импульса	10–20 нс,
– срок службы	не менее $10^8$ импульсов.

### ВАРИАНТ ЛАЗЕРА С ЛАМПОВОЙ НАКАЧКОЙ

На рис. 39 представлена схема конструкции лазера на красителе с твердотельно-жидкостным активным элементом на основе пористого стекла, в котором реализуется электрическая прокачка молекул красителя. Основные размеры активного элемента: диаметр 8–10 мм, длина 100–120 мм, концентрация красителя около  $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ .

### ВАРИАНТ ЛАЗЕРА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

В одной из последних работ [288] представлены эксперименты по прямой диодной накачке молекул красителя. На рис. 40 представлена схема лазера с твердотельно-жидкостным активным элементом, в котором реализуется диодная накачка.

Приведенные конструкции представляются нам наиболее перспективными, так как они обеспечивают необходимый для практики срок службы лазера и высокую яркость излучения.



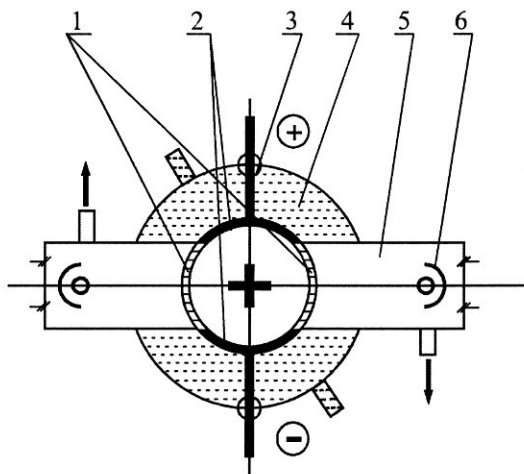


Рис. 39. Схема конструкции лазера на красителе с твердотельно-жидкостным активным элементом на основе пористого стекла и ламповой накачкой:  
 1 – полимерная пленка, 2 – слой металлизации, 3 – изолятор, 4 – раствор красителя, 5 – фильтрующая и охлаждающая жидкость, 6 – импульсная лампа и рассеиватель

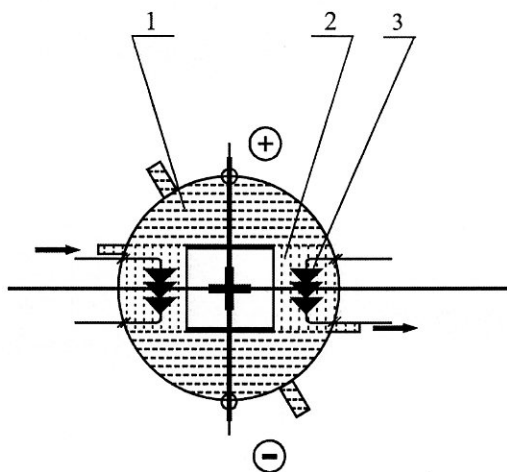


Рис. 40. Схема конструкции лазера на красителе с твердотельно-жидкостным активным элементом на основе пористого стекла и диодной накачкой:  
 1 – раствор красителя, 2 – охлаждающая жидкость, 3 – лазерные диоды накачки

В книге дана классификация основных классов красителей, которые используются в лазерах в качестве рабочего тела, и охарактеризованы свойства следующих классов:

- кумариновые;
- ксантеновые;
- оксазиновые;
- полиметиновые;
- сцинтилляционные;
- пирилиевые соли;
- феналемины.

Кроме этого указана литература, характеризующая некоторые сравнительно новые классы красителей, таких как:

- производные терфинилов;
- стироловые соединения;
- белофоры;
- пиррометиновые;
- полиметины;
- стиролы;
- акридиновые соединения;
- производные стильбена.

Рассмотрена фотофизика возбужденных состояний (процессы поглощения и возбуждения, а также процессы диссипации энергии возбуждения). Представлен обзор работ по фотораспаду молекул красителей и некоторые механизмы стабилизации красителей с помощью добавок.

Рассмотрены жидкие растворители, которые применяют для приготовления растворов красителей, служащих активным телом жидкостных лазеров. Обсуждены критерии выбора растворителя. Обсуждены возможные полимерные растворители. Показано, что при использовании квазитвердых растворов на основе полимеров для изготовления активных элементов лазеров лимитирующее принадлежит проблемам фотораспада красителя и лучевой прочности поверхностей, которая, в свою очередь, в значительной мере определяется присутствием примесей в полимере. Примеси могут быть удалены с помощью многократной медленной дистилляции.

Кардинальным путем повышения лучевой стойкости и снижения термооптических потерь, по мнению авторов обзора, является переход к микрокомпозиционным материалам, представляющим собой микропористые неорганические стекла.

В настоящей книге впервые по сравнению с другими книгами и обзорами, посвященными лазерам на красителях, представлены свойства пористых силикатных стекол, обсуждены основные этапы технологии пористых стекол в связи с их применением в активных элементах лазеров на красителях.

Изучены активные элементы, изготовленные из пористого стекла, в поры которого введен жидкий растворитель с красителем. Такие твердо-жидкостные элементы показали существенное повышение термооптических характеристик (не менее, чем в 10 раз), что открыло существенные перспективы внедрения таких элементов.

Указаны пути борьбы с последствиями суперлюминесценции в широкоапертурных элементах при значительных энергиях генерации (1–2 Дж).

Представлены данные о лучевой прочности композиционных оптических элементов на основе пористых стекол.

Представлены количественные характеристики процесса электропрокачки молекул некоторых красителей через активный элемент, изготовленный из пористого стекла.

Проанализированы методы ламповой накачки и лазерной накачки активных элементов лазеров на красителях, кроме этого представлена работа, в которой осуществлена прямая диодная накачка жидкостного активного тела лазера на красителе.

Первые конструкции лазеров на красителях были построены на активных элементах, в которых использовались жидкие растворы красителей. Многие недостатки этих конструкций были обусловлены теплофизическими и гидродинамическими свойствами жидких растворителей.

В течение последних 20 лет произошли существенные изменения в области лазеров на красителях.

Попытки сменить жидкие на квазитвердые среды – растворы красителей в блочных пластмассах не могли существенно изменить теплофизические свойства активных элементов лазеров, однако они исключили возможность прокачки молекул. Это привело к возникновению проблемы резкого сокращения ресурса активных элементов.

Кардинальное решение упомянутых проблем стало возможным с появлением работ, в которых были предложены, изготовлены и исследованы твердые растворы красителя в пористых силикатных матрицах. Поры в этих матрицах заполнялись полимером в качестве иммерсии

для уменьшения рассеяния, а также для снижения фотораспада красителей.

Было установлено, что, несмотря на значительную объемную долю полимера (до 25 %), теплофизические параметры композиции ( $\Delta n/\Delta t$ ) могут быть получены такими, которые характерны для твердых тел.

Позднее удалось найти решение проблемы ресурса путем создания активного элемента, в котором осуществляется замена молекул красителя за счет процесса электромиграции молекул. При электропрокачке никаких заметных оптических неоднородностей не наблюдается.

Таким образом, по нашему мнению, в области лазеров на красителях намечился значительный прогресс, который позволяет предположить появление значительного интереса к лазерам на красителях в ближайшее время.

Особого внимания заслуживают идеи прямой оптической накачки полупроводниковыми лазерными диодами, которые были упомянуты в части 5.3 настоящего обзора.

Исходя из сказанного, представляется, что современные лазерам на молекулах красителей должны быть построены на базе специально созданных активных элементов, изготовленных из композиции пористое стекло – органический краситель. При этом в поры должен быть введен специально подобранный растворитель, обеспечивающий возможность электрической прокачки.

Накачка красителей должна осуществляться полупроводниковыми диодными лазерами. Представляется возможным создание по упомянутой схеме как импульсных, так и квазинепрерывных лазеров на красителях. Предполагаемые параметры таких лазеров представлены в гл. 7.

Авторы выражают надежду, что представленный анализ будет способствовать дальнейшему развитию и еще более широкому применению лазеров на молекулах красителей.

Авторы выражают искреннюю благодарность Т. К. Разумовой, Б. Я. Когану за предоставленные материалы и В. Б. Герасимову за поддержку.

11. *Ананьев Ю.А.* Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. – М.: Наука, 1979.
12. *Андреев Н.С., Мазурин О.В., Порай-Кошиц Е.А., Роскова Г.П., Филиппович В.Н.* Явления ливкации в стекле // Под ред. М.М. Шульца. – Л.: АН СССР., 1974. – 219 с.
13. *Андреев Н.Ф., Палашов О.В., Пасманик Г.А., Хазанов Е.А.* Четырехканальный импульсно-непрерывный YAG:Nd-лазер с дифракционным качеством выходного излучения // Квантовая электроника, 1997, № 24. – С. 581–585.
14. *Аникеев Ю.Г., Вдовченко Р.Г., Теленин С.Н.* // Квантовая электроника, 1975, № 2, № 7.
15. *Анисимов В.М., Сибиладзе К.Я., Анисимова О.М., Кричевский К.Е.* Свободнорадикальный механизм фотодеструкции красителей в растворе // Изв. АН СССР, сер. хим., 1989, № 3. – С. 558–564.
16. *Анохов С.П., Марусий Т.Я., Соскин М.С.* Перестраиваемые лазеры. – М.: Радио и связь, 1982. – 360 с.
17. *Ануфрик С.С., Мостовников В.А., Рубинов А.Н., Воронин В.Ф., Гиневиц Г.Р.* // В кн.: Квантовая электроника и лазерная спектроскопия. – Минск: Наука и техника, 1974. – С. 5.
18. *Аристов А.В., Козловский Д.А., Стаселько Д.И., Стригун В.Л.* // Оптика и спектроскопия, 1978, № 45. – С. 766.
19. *Аристов А.В., Черкасов А.С., Шевандин В.С.* Возбужденные молекулы. Кинетика превращений. – Л.: Наука, 1982. – 147 с.
20. *Асимов М.М., Гавриленко В.Н., Рубинов А.Н.* // Оптика и спектр., 1983, т. 54. – С. 447.
21. А.с. СССР № 725536. Активный элемент лазера на красителе // Мешковский И.К. – 1979 (1977).
22. А.с. СССР № 797507. Лазер на красителе // Дульнев Г.Н., Земский В.И., Крынецкий Б.Б., Мешковский И.К., Прохоров А.М., Стельмах О.М. – 1980 (1978).
23. А.с. СССР № 1515618. Способ получения оптических деталей // Мешковский И.К., Степанов В.Е. – 1989 (1983).
24. *Атрощенко В.И. и др.* // ЖПС, 1977, № 27. – С. 226.
25. *Бабенко В.А., Сычев А.А.* Квантовая эффективность красителей ближнего ИК диапазона в твердотельных активных средах // Квантовая электроника, 1995, № 22. – С. 765–768.
26. *Бабенко В.А., Сычев А.А.* Эффективная генерация в диапазоне 1.1–1.5 мкм суперфлуоресцентного лазера на ИК красителях в твердотельной матрице // Квантовая электроника, 1996, № 23. – С. 413–417.
27. *Балтаков Ф.Н., Барихин Б.А., Корнилов В.Г., Михнов С.А., Рубинов А.Н., Суханов Л.В.* Импульсный ОКГ на растворе родамина 6Ж

в этиловом спирте с энергией генерации излучения 110 Дж// ЖТФ, 1972, № 42. — С. 1459—1461.

28. Баранов В.Ю., Велихов Е.П., Гайдаренко Д.В. и др. // Письма в ЖТФ, 1983, № 9. — С. 201.

29. Баранов С.А., Колпакова И.В., Кононова М.Ю., Мак А.А., Мотовилов О.А. // Об эффективности накачки лазеров импульсными ксеноновыми лампами с интерференционным покрытием // Квантовая электроника, 1978, № 5. — С. 174—176.

30. Барихин Б.А., Иванов А.Ю., Кудрявкин Е.В., Недолугов В.И. Двухимпульсный лазер на красителе с ламповым возбуждением // Квантовая электроника, 1994, № 21. — С. 301—302.

31. Барихин Б.А., Иванов А.Ю., Кудрявкин Е.В., Недолугов В.И. Динамика развития неоднородностей в активной среде жидкостного лазера // Квантовая электроника, 1991, № 18. — С. 836—839.

32. Басов В.А., Коновалов И.Н. Электроразрядный ХеСl-лазер с КПД 4 % и энергией генерации 14 Дж // Квантовая электроника, 1996, № 23. — С. 787—790.

33. Батовский О.М. Мощный импульсный источник света // ПТЭ, 1973, № 2. — С. 171—172.

34. Безродный В.И., Пржонская О.В., Тихонов Е.А., Бондар М.В., Шпак М.Т. Полимерные активные и пассивные лазерные элементы на основе органических красителей // Квантовая электроника, 1982, № 9. — С. 2455—2464.

35. Безродный В.И., Бондар М.В., Козак Г.Ю., Пржонская О.В., Тихонов Е.А. Полимерные среды, активированные красителями, для лазеров с перестройкой частоты генерации // ЖПС, 1989, № 50. — С. 711—727.

36. Безродный В.И., Ищенко А.А. Активные лазерные среды на основе окрашенного полиуретана // Квантовая электроника, 2000, № 30. — С. 1043—1048.

37. Безродный В.И., Пржонская О.В., Тихонов Е.А., Бондар М.В., Шпак М.Т. Полимерные активные и пассивные лазерные элементы на основе органических красителей // Квантовая электроника, 1982, № 9. — С. 2455—2464.

38. Безродный В.И., Тихонов Е.А. // Квантовая электроника, 1986, № 13. — С. 2486—2490.

39. Белов С.Н., Демидов М.И., Огурцова Н.Н., Подмошенский И.В., и др. Обратимая непрозрачность оптического кварца при контакте с плотной плазмой // ЖПС, 1969, № 10. — С. 408—412.

40. Бермас Т.Б., Борткевич А.В., Костенич Ю.В. и др. Оптические и генерационные характеристики микропористого кварцевого стекла с внедренным в него активированным красителем эпоксиполимером // Квантовая электроника, 1994, № 21. — С. 29—31.

41. Бермас Т.Б., Зайцев Ю.С., Костенич Ю.В. и др. Лазеры на основе эпоксиполимеров, активированных красителями // ЖПС, 1987, № 47. — С. 569—573.
42. Бойко Б.Б., Петров Н.С. Отражение света от усиливающих и нелинейных сред. — Минск: «Наука и техника», 1988.
43. Бондар М.В., Вовк Л.В., Забелло Е.И., Тихонов Е.А. // УФЖ, 1984, № 29. — С. 988—993.
44. Бондар М.В., Пржонская О.В., Резниченко А.В., Тихонов Е.А. // Оптика и спектроскопия, 1987, № 62. — С. 1351—1355.
45. Бондар М.В., Пржонская О.В., Романов А.Г. и др. // ЖТФ, 1986, № 56. — С. 2405—2407.
46. Бондар М.В., Пржонская О.В., Тихонов Е.А. // ЖТФ, 1988, № 58. — С. 514—519.
47. Бондар М.В., Пржонская О.В., Тихонов Е.А. и др. // Квантовая электроника, 1985, № 12. — С. 2465—2467.
48. Бондар М.В., Пржонская О.В., Тихонов Е.А. и др. // ХВЭ, 1983, № 17. — С. 437—440.
49. Бондар М.В., Пржонская О.В., Тихонов Е.А. // Квантовая электроника, 1985, 12. — С. 1242—1247.
50. Бондар М.В., Пржонская О.В., Тихонов Е.А., Федоткина Н.М. // ЖТФ, 1986, № 56. — С. 878—883.
51. Бонч-Бруевич А.М., Калитеевская Е.Н., Разумова Т.К. и др. // Оптика и спектроскопия, 2000, т. 89, Ч. 1. — С.239, Ч. 2. — С.773.
52. Борткевич А.В., Гейдур С.А., Карапетян О.О. и др. Твердотельные активные среды на основе эпоксиполимерных матриц, активированных красителями // ЖПС, 1989, № 50. — С. 210—216.
53. Брит. патент № 1298539.
54. Бузинов Н.М., Елисеенков В.И., Киреев В.Л. и др. Автоматизированный перестраиваемый лазер на растворах органических красителей ЛЖИ-506 // Электронная промышленность, 1987, вып.9. — С. 101—107.
55. Бункенбург Дж. Лазер коаксиального типа на растворах красителей с выходной мощностью 11 МВт, энергией 6,8 Дж и накачкой от импульсной лампы // ПНИ, 1972, № 11. — С. 55—56.
56. Бурмасов В.С., Долгов-Савельев Г.Г., Князев Б.А., Фокин Е.П. // ЖПС, 1973, № 19. — С. 545.
57. Бутенин А.В., Гаврилюк В.В., Коган Б.Я., Миронова Т.А. Интеркомбинационная конверсия в растворах лазерных красителей // Оптика и спектроскопия, 1989, № 67. — С. 342—345.
58. Бутенин А.В., Земский В.И., Коган Б.Я., Мешковский И.К. Активный элемент лазера на красителе. — Авторское свидетельство СССР № 1210634. — 1983.

59. Бутенин А.В., Коган Б.Я., Дудкин В.С. Диффузионный механизм оптического пробоя прозрачных диэлектриков // Изв. АН СССР, сер. физ., 1991, № 55. — С. 1391–1394.

60. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Зарождение и развитие термохимической неустойчивости на поглощающем включении в ПММА под действием непрерывного лазерного излучения // ЖТФ, 1979, № 49. — С. 870–872.

61. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Кавитационная камера для счета сверхмалых поглощающих частиц в жидкости // ПТЭ, 1974, № 5. — С. 175–178.

62. Бутенин А.В., Коган Б.Я., Калия О.Л., Кузнецова Н.А., Миронова Т.А. Линейная фотохимия спиртовых растворов родамина 6Ж при возбуждении в основную полосу поглощения, Кв. электр. (Киев), 1992, № 41. — С. 81–85.

63. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Механизм лазерного разрушения полимерных материалов // Квантовая электроника, 1986, № 13. — С. 2149–2151.

64. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Механизм разрушения прозрачных полимерных материалов при многократном воздействии лазерного излучения // Квантовая электроника, 1976, № 3. — С. 1136–1139.

65. Бутенин А.В., Коган Б.Я. О динамике роста рассеивающей полости на поглощающем центре в жидкости // Тезисы IV Всесоюзной конференции по нелинейной оптике, Минск, 1972. — С.12.

66. Бутенин А.В., Коган Б.Я. О механизме оптического пробоя прозрачных диэлектриков // Квантовая электроника, 1971, № 5. — С. 143–144.

67. Бутенин А.В., Коган Б.Я. О природе эффекта накопления при лазерном повреждении оптических материалов // Квантовая электроника, 1990, № 17. — С. 1170–1175.

68. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Пиролиз органических жидкостей при лазерном пробое // Письма в ЖТФ, 1977, № 3. — С. 433–437.

69. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Сверхчувствительный метод контроля оптической чистоты жидкостей // Оптика и спектроскопия, 1974, № 37. — С. 1000–1002.

70. Бутенин А.В., Коган Б.Я. Тушение флуоресценции спиртовых растворов родамина 6Ж молекулярным кислородом // Оптика и спектроскопия, 1980, № 49. — С. 410–411.

71. Бычков Ю.И., Иванов Н.Г., Лосев В.Ф., Месяц Г.А. ХеСl-лазер с энергией генерации 150 Дж // Письма в ЖТФ, 1988, № 14. — С. 566–569.

72. Васильев Н.Н., Гореленко А.Я., Шкадаревич А.П. // Докл. АН БССР, 1982, № 26. — С. 1085–1087.



73. Ващук В.И., Гороть К.Ф., Козак Г.Ю. и др. // ЖПС, 1986, № 45. – С. 563–567.

74. Великоцкий В.Л., Маускин В.Е., Тринчук Б.Ф. Перестраиваемые лазеры на красителях с накачкой импульсными газовыми лазерами. – М.: ЦНИИ «Электроника», 1985–1986 гг. (Обзоры по электронной технике. Сер.11, Лазерная техника и оптоэлектроника, вып.5).

75. Водопьянов К.А., Ильичев Н.Н., Малютин А.А. и др. Повышение эффективности неодимовых лазеров преобразованием излучения накачки в люминесцирующей жидкости // Квантовая электроника, 1979, № 6. – С. 1795–1798.

76. Вукс М.Ф. Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах. – Л., 1977. – 329 с.

77. Вычислительная оптика. Справочник / Под ред. М.М.Русинова. – Л., 1984. – 423 с.

78. Гаврилов О.Д., Мак А.А., Прилежаев Д.С., Устюгов В.И., Фромзель В.А. // Оптика и спектроскопия, 1973, № 34. – С. 141.

79. Гаврилова Л.И., Игнатьев В.Г. Импульсная фотометрия, сб. 2, Л.: «Машиностроение», 1972. – С. 139.

80. Галахов Ф.Я., Алексеева О.С. Метастабильная ликвация в системе  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$  // ДАН СССР, 1969, т. 184, № 5. – С.1102–1104.

81. Гегузин Я.Е. Физика спекания. – М.: Наука, 1967. – 360 с.

82. Л.Р. Гондра, Н.А. Козлов // ЖПС, 1978, № 28. – С. 796.

83. Гончаров В.К., Минько Л.Я., Михнов С.А., Стрижнев В.С. Особенности воздействия излучения родаминового лазера на поглощающие материалы // Квантовая электроника, 1971, № 5. – С. 112–116.

84. ГОСТ 13659-78. Стекло оптическое бесцветное. Физико-химические характеристики. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 34 с.

85. Громов Д.А., Дюмаев К.М., Маненков А.А., Маслюков А.П. и др. // Изв. АН СССР, сер. физ., 1982, № 46. – С. 1956.

86. Громов Д.А., Дюмаев К.М., Маненков А.А., Маслюков А.П. и др. Эффективные лазеры на красителях, внедренных в полимерные матрицы // Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, 48. – С. 1364–1369.

87. Грузинский В.В., Кухто А.В., Колесник Э.Э и др. // Лазерная физика и спектр., III конф. (Гродно, 1997), Минск, 1997, т. 1. – С. 282.

88. Гусев В.С., Микерин С.Л., Павлюк А.А., Юркин А.М. Твердотельный лазер большой с средней мощностью и компенсацией оптической неоднородности активной среды // Квантовая электроника, 1999, № 29. – С. 19–20.

89. Гурджиян Л.М., Каляя О.Л., Лебедев О.Л., Фесенко Т.Н. Фотолиз раствора кислорода в этаноле // ЖПС, 1976, № 25. – С. 319–322.

90. Гурджиян Л.М., Лебедева Н.С., Каляя О.Л., Лебедев О.Л., Лукьянец Е.А. О механизме образования фотопродуктов из родаминовых

красителей // ЖПС, 1979, № 31. — С. 665–668.

91. Данилов В.В., Еременко А.С., Ланькова С.М. и др. // Изв. АН СССР, сер. физ., 1983, № 47. — С. 1547–1550.

92. Дегтяренко К.М., Ефремов А.М., Копылова Т.Н., и др. Преобразование излучения мощных ХеСl-лазеров растворами органических соединений // Квантовая электроника, 1995, № 22. — С. 477–478.

93. Демьянов А.В., Кочетов И.В. Оптимизация параметров электро-разрядного ХеСl-лазера с двойным разрядом и магнитным ключом // Квантовая электроника, 1995, № 22. — С. 467–472.

94. Денисов Л.К., Кытина И.Г., Кытин В.Г. и др. Ресурс работы полимерных активных элементов лазеров на красителях при различных плотностях энергии и мощностях накачки // Квантовая электроника, 1997, № 24. — С. 119–122.

95. Дзюбенко М.И., Коробов А.М., Науменко И.Г. Исследование систем накачки лазеров на растворах органических красителей — В сб. «Квантовая электроника», вып. 7 — Киев: «Наукова думка», 1973. — С. 129–135.

96. Дзюбенко М.И., Маслов В.В., Науменко И.Г., Пелипенко В.П. Эффективная генерация в зеленой области на растворах красителей нового класса // Оптика и спектроскопия, 1980, № 49. — С. 764–767.

97. Дзюбенко М.И., Маслов В.В., Никитченко В.М., Пелипенко В.П., Чуев В.П., Шевченко В.В. Генерационные и спектральные характеристики некоторых лазерных красителей и их комплексов с циклодекстрином // Тезисы докладов международной научной конференции «Физика и химия органических люминофоров 95», Харьков, 1995. — С. 40.

98. Дзюбенко М.И., Маслов В.В., Пелипенко В.П., Шевченко В.В. Исследование пространственно-углового распределения излучения лазеров на красителях в различных растворителях при ламповой накачке // Тезисы докладов международной научной конференции «Физика и химия органических люминофоров 95», Харьков, 1995. — С. 41.

99. Дзюбенко М.И., Науменко И.Г., Пелипенко В.П., Солдатенко С.Е. Лазер видимого диапазона на красителях с высоким КПД // Письма в ЖЭТФ, 1973, № 18. — С. 43–46.

100. Дзюбенко М.И., Пелипенко В.П., Шевченко В.В. Высокоэффективные лазеры на красителях с ламповой накачкой // Квантовая электроника, 1991, № 18. — С. 1215–1216.

101. Дойников А.С. Спектральные характеристики излучения трубчатых ксеноновых импульсных и дуговых ламп // Обзоры по электронной технике, серия «Электровакуумные и газоразрядные приборы», выпуск 11(154). — М.: ЦНИИ «Электроника», 1973.

102. Дульнев Г.Н., Земский В.И., Крынецкий Б.Б., Мешковский И.К., Прохоров А.М., Стельмах О.М. Твердотельный перестраиваемый лазер

на микрокомпозиционном матричном материале // Изв. АН СССР, сер. Физическая, т. 43, № 2, 1979. — С.237—238.

103. *Дульнев Г.Н., Земский В.И., Крынецкий Б.Б., Мешковский И.К., Прохоров А.М., Стельмах О.М.* Твердотельный перестраиваемый лазер на микрокомпозиционном матричном материале // Письма в ЖТФ, 1978, т. 4, вып. 17. — С. 1041—1043.

104. *Дульнев Г.Н.* Коэффициенты переноса в неоднородных средах. — Л.: ЛИТМО. — 1979. — 90 с.

105. *Дюмаев К.М., Маненков А.А., Маслюков А.П. и др.* // Изв. АН СССР, сер. физ., 1985, № 49. — С. 1084.

106. *Дюмаев К.М., Маненков А.А., Маслюков А.П. и др.* Прозрачные полимеры — новый класс оптических материалов для лазеров // Квантовая электроника, 1983, № 10. — С. 810—818.

107. *Дюмаев К.М., Маненков А.А., Маслюков А.П. и др.* // Труды ИОФАН, 1991, № 33. — С. 144.

108. *Еременко А.С., Земский В.И., Колесников Ю.Л., Калинин Б.Г., Мешковский И.К., Савкин Н.П., Степанов В.Е., Шильдяев В.С.* Исследование генерационных характеристик лазерных преобразователей частоты с широкоапертурным твердотельно-жидкостным активным элементом на основе красителей // Оптика и спектроскопия, 1986, т. 61, № 5. — С. 1114—1117.

109. *Ерофеев А.В.* Твердотельно-жидкостные лазеры с электропрокачкой. Дисс. ... к.ф.-м.н. — Л.:ЛИТМО, 1988.

110. *Ефимовский Е.С., Жигалкин А.К., Курбасов С.В.* Спектр усиления длинноимпульсного ХеС1-лазера, измеренный в диапазоне 307,5—308,8 нм с разрешением  $1 \text{ см}^{-1}$  // Квантовая электроника, 1995, № 22. — С. 455—460.

111. *Жариков Е.В., Житнюк В.А., Зверев Г.М., и др.* Активные среды для высокоэффективных неодимовых лазеров с неселективной накачкой // Квантовая электроника, 1982, № 9. — С. 2531—2533.

112. *Жданов С.П.* Об явлении необратимого гистерезиса изотерм сорбции воды на пористом стекле и силикагеле // ДАН СССР, 1941, т. 68. — С.99—102.

113. *Жданов С.П.* О строении стекла по данным исследования структуры пористых стекол и пленок // Строение стекла. Сборник. — М.: Изд. АН СССР, 1955. — С.162—176.

114. *Жданов С.П.* Структура пористых стекол по адсорбционным данным // Труды ГОИ памяти И.В. Гребенщикова. — Л.: Оборонгиз, 1956, т. 24, вып. 145. — С. 86—114.

115. *Жданов С.П.* Химическая устойчивость щелочносиликатных стекол и ее связь с координацией катионов. Вакансионный механизм выщелачивания // Физика и химия стекла, 1978, т. 4, № 5. — С. 505—514.

116. Жильцов В.И., Дорофеев С.Н., Климашина А.Г. и др. // ПТЭ, 1986, № 2. — С. 248–249.
117. Заявка ФРГ № 2938132.
118. Земский В.И., Колесников Ю.Л., Мешковский И.К. Свойства твердотельной активной среды с генерационными красителями // Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, вып. 6. — С. 331–335.
119. Иванов Н.Г., Лосев В.Ф., Наац Э.И., Рыжов В.В., Турчановский И.Ю., Ястремский А.Г. ХеС1-лазер с энергией генерации 200 Дж // Квантовая электроника, 1997, № 24. — С. 688–690.
120. Игнатъев В.Г., Токарева А.Н. Влияние осветителей ОКГ на характеристики излучения импульсных источников накачки // ЖПС, 1973, № 19. — С. 632–635.
121. Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии. — Л.: Химия, 1974. — 400 с.
122. Ищенко А.А. Лазерные среды на основе полиметиновых красителей // Квантовая электроника, 1994, т. 21, вып. 6. — С. 513–534.
123. Ищенко А.А. Строение и спектрально-люминесцентные свойства полиметиновых красителей. — Киев: Наукова Думка, 1994. — 232 с.
124. Кабанов М.В., Тринчук Б.Ф., Копылова Т.Н. и др. // Труды 5-й междунар. конф. «Перестраиваемые лазеры» (Байкал, 1989), Новосибирск: Наука, 1990, т. 1. — С. 272–276.
125. Калмыкова Е.А., Кузнецова Н.А., Калия О.Л. Фотодеструкция кумарина 47 в водных растворах  $\beta$ -циклодекстрина // Журн. физ. химии, 1990, № 64. — С. 3380–3381.
126. Карелин А.В., Широков Р.В. Кинетическая модель Хе-Sr-Н<sub>2</sub>-лазера ( $\lambda = 430,5$  нм) с накачкой жестким ионизирующим излучением // Квантовая электроника, 1997, № 24. — С. 419–422.
127. Каталог активных лазерных сред на основе растворов органических красителей и родственных соединений // Под ред. Б. И. Степанова. Минск: Институт физики АН БССР, 1977. — 239 с.
128. Килимчук Л.Е., Кузнецова Н.А., Калия О.Л. Образование супероксиданиона при облучении родаминов в спиртовых средах // Журн. физ. химии, 1992, № 66. — С. 800–801.
129. Кирсанов В.П. Предельные характеристики газоразрядных импульсных источников света. Дисс. ... к.т.н. — МЗЭВП, 1970.
130. Князев Б.А., Куликов Б.И., Лебедев С.В., Фокин Е.П. Мощные лазеры на красителях с повышенным ресурсом работы // Институт ядерной физики сибирского отд. АН СССР, препринт 80–208, Новосибирск, 1980.
131. Князев Б.А., Лебедев С.В., Фокин Е.П. Фотохимические эффекты в мощном лазере на растворе родамина 6Ж в изопропиловом

спирте с накачкой импульсными лампами // Квантовая электроника, 1979, № 6. — С. 2028–2031.

132. *Князев Б.А., Моралев В.М., Фокин Е.П.* // Оптика и спектроскопия, 1976, № 40. — С. 93.

133. *Коган Б.Я., Волков В.М., Лебедев С.А.* Сверхлюминесценция и генерация стимулированного излучения в условиях внутреннего отражения // Письма в ЖЭТФ, 1972, № 16. — С. 144–147.

134. *Коган Б.Я., Лебедев С.А.* Характеристики стимулированного излучения родамина 6Ж в условиях внутреннего отражения // Квантовая электроника, 1976, №3. — С. 2446–2448.

135. *Коган Б.Я., Чуркин В.Л.* О природе остаточных потерь в фототропных затворах // Оптика и спектроскопия, 1969, № 27. — С. 530–532.

136. *Козма Л., Фаркаш Э., Кечкемети И., Молнар М.* О природе фотопродуктов генерирующих красителей // Acta Phys. et Chem. Szeged., 1976, № 22. — С. 33–39.

137. *Колесников Ю.Л.* Люминофоры, адсорбированные в пористых стеклах, для приборов квантовой электроники и оптоэлектроники (фотофизические свойства, синтез композиционных материалов): Автореферат дисс. ... докт. физ.-мат. н., СПб., 1999.

138. *Коновалов В.А., Павлович В.Л., Раевский Е.В.* Высокоэффективные импульсные лазеры на АИГ: Nd с преобразованием частоты излучения // Квантовая электроника, 2002, № 32. — С. 192–196.

139. *Копылова Т.Н., Майер Г.В., Соколова И.В.* // В кн. Элементная база оптико-электронных приборов // Под ред. В. Е. Зуева и М. В. Кабанова, Томск: МП «РАСКО», 1992. — С. 101–130.

140. *Копылова Т.Н., Кузнецова Р.Т., Фофонова Р.М., Самсонова Л.Г., Дегтяренко К.М.* // ЖПС, 1990, № 52. — С. 845.

141. *Коробов В.Е., Славнова Т.Д., Чибисов А.К.* Влияние спектрального состава накачки на механизм фотореакций родамина 6Ж // ЖПС, 1977, № 26. — С. 841–843.

142. *Коростелев К.П., Студенов В.И., Смирнов В.С.* К вопросу о влиянии растворителя на фотостабильность некоторых лазерных красителей // ЖПС, 1986, № 44. — С. 507–508.

143. *Коцубанов В.Д., Малкес Л.Я., Набойкин Ю.В. и др.* // Изв. АН СССР, сер. физ., 1968, № 32. — С. 1466–1470.

144. *Кравченко А.А., Маненков А.А., Матюшин Г.А. и др.* Высокоэффективные полимерные лазеры на красителях ксантенового ряда // Квантовая электроника, 1996, № 23. — С. 1075–1976.

145. *Красновский А.А.* // Изв. АН. — Серия физич., т. 42., 1978. — С.343.

146. *Круглик Г.С., Сендер С.Р., Скрипко Г.А.* // ЖПС, 1981, № 35. — С. 918–920.

147. Кузнецова Н.А., Каляя О.Л., Шевцов В.К., Лукьянец Е.А. Идентификация некоторых продуктов фотолиза родамина 6Ж // Журн. структурной химии, 1986, № 27. — С. 97–101.
148. Кузнецова Н.А., Лебедева Н.С., Иоффе Н.Т., Каляя О.Л., Лукьянец Е.А. Спектральная зависимость эффективности фотохимического генерирования радикалов в этанольных растворах родаминовых красителей // ЖПС, 1984, № 40. — С. 154–156.
149. Кузнецова Н.А., Салтыкова Л.Е., Сливка Л.К., Саввина Л.П., Шевцов В.К., Каляя О.Л. Фотопревращения родамина 6Ж в аэрированном этаноле // В сб. «Органические люминесцентные материалы». — Харьков: ВНИИ монокристаллов, 1989, вып. 24. — С. 94–100.
150. Кузнецова Н.А., Сливка Л.К., Каляя О.Л. Фотодеструкция родамина 6Ж в апротонных средах // Журн. общей химии, 1992, № 62. — С. 1141–1147.
151. Кузнецова Р.Т., Копылова Т.Н., Дегтяренко К.М. и др. Фотопроцессы в лазерных активных средах диапазона 400 нм. Фотохимические процессы // Квантовая электроника, 1996, № 23. — С. 793–800.
152. Куликов И.С. Термодинамика оксидов. Справочник. — М., «Металлургия», 1988. — 342 с.
153. Лазеры на красителях // Под ред. Ф.П. Шефера. — М.: Мир, 1976. — 329 с.
154. Лебедев С.А., Коган Б.Я. О величине усиления света при внутреннем отражении от инвертированной среды // Оптика и спектроскопия, 1980, № 48. — С. 1030–1034.
155. Лебедев С.А., Коган Б.Я. О механизме аномального отражения света от инвертированной среды // Оптика и спектроскопия, 1980, № 48. — С. 1183–1188.
156. Левин Б.М., Снегов М.И. О влиянии продуктов фотореакции на спонтанное и вынужденное излучение спиртовых растворов родамина 6Ж // Оптика и спектроскопия, 1975, № 38. — С. 925–927.
157. Мак А.А., Фромзель В.А., Щербаков А.А. Состояние и перспективы повышения эффективности твердотельных лазеров // Изв. АН СССР, серия физич., 1984, № 48. — С. 1466–1476.
158. Мак А.А., Щербаков А.А. К методике термодинамического расчета систем накачки ОКГ // Квантовая электроника, 1973, № 5(17). — С. 68–76.
159. Маршак И.С. Импульсные источники света. — М.: Госэнергоиздат, 1963.
160. Маршак И.С., Кирсанов В.П., Трошкин В.П. и др. Импульсная фотометрия. — Л.: «Машиностроение», 1969. — 122 с.
161. Маслов В.В., Дзюбенко М.И., Никитченко В.М. Исследование новых красителей для лазеров с ламповой накачкой // Институт радио-

физики и электроники, препринт № 299, Харьков, 1986.

162. *Мешковский И.К., Клим О.В.* Эффект влияния лазерного излучения на электродиффузию молекулярных ионов в стержне пористого стекла // Письма в ЖТФ, 1997, т. 23, вып. 10. — С. 4–8.

163. *Мешковский И.К.* Композиционные оптические материалы на основе пористых матриц. Монография. — СПб., 1998. — С. 13–19.

164. *Микаэлян А.Л., Тер-Микаэлян М.Л., Турков Ю.Г.* Оптические генераторы на твердом теле. — М.: «Сов. Радио», 1967.

165. *Михнов С.А., Стрижнев В.С.* Возбуждение генерации родамина 6Ж стандартными импульсными лампами различных типов // ЖПС, 1972, № 17. — С. 38–42.

166. *Михнов С.А., Стрижнев В.С.* // ЖПС, 1972, № 17. — С. 38.

167. *Молчанова О.С.* Натриевоборосиликатные и пористые стекла. — М.: Оборонгиз, 1961. — 162 с.

168. *Мостовников В.А., Гиневич Г.Р., Ануфрик С.С., Шалимо А.Л.* Механизм фотодеструкции лазерных сред на основе этанольных растворов родаминовых красителей в ОКГ с ламповой накачкой // ДАН БССР, 1979, № 23. — С. 921–924.

169. *Мостовников В.А., Гиневич Г.Р., Шалимо А.Л.* Влияние кислорода на процесс фотодеструкции этанольных растворов родаминовых красителей, Докл. АН БССР, 1980, № 24. — С. 596–599.

170. *Мостовников В.А., Рубинов А.Н., Гиневич Г.Р., Ануфрик С.С., Абрамов А.Ф.* Восстановление генерационных свойств растворов красителей после их фотохимической деструкции // Квантовая электроника, 1976, № 3. — С. 2064–2067.

171. *Мостовников В.А., Рубинов А.Н., Гиневич Г.Р.* Восстановление генерационных свойств растворов красителей после их фотохимической деструкции. — Минск: Институт физики АН БССР, 1975. — 11 с.

172. *Мостовникова Г.Р.* Влияние строения молекул и фотохимических процессов на спектрально-люминесцентные и генерационные характеристики растворов кумариновых и родаминовых красителей, Автореферат дисс. ... канд. хим. наук. — Харьков, 1983. — 19 с.

173. *Науменко И.Г., Пелипенко В.П., Дзюбенко М.И., Шевченко В.В.* Эволюция пространственно-угловых характеристик лазеров на красителях с ламповой накачкой // Квантовая электроника, 1993, № 20. — С. 123–128.

174. *Науменко И.Г., Пелипенко В.П., Шевченко В.В., Дзюбенко М.И.* // Препринт ИРЭ АН УССР № 351. Харьков, 1987.

175. *Набойкин Ю.В., Огуцова Л.А., Подгорный А.П., Покровская Ф.С.* // Оптика и спектроскопия, 1969, № 27. — С. 307–309.

176. *Пелипенко В.П., Дзюбенко М.И., Шевченко В.В.* // ЖПС, 1985, № 43. — С. 901.

177. *Пелипенко В.П., Дзюбенко М.И., Шевченко В.В.* Исследование ламповых систем накачки мощных лазеров на растворах органических соединений // *Оптика и спектроскопия*, 1989, № 67. — С. 1195–1999.
178. *Пелипенко В.П., Дзюбенко М.И., Шевченко В.В.* // Препринт ИРЭ АН УССР № 273. Харьков, 1985.
179. *Пелипенко В.П., Дзюбенко М.И., Шевченко В.В.* // ПТЭ, 1988, № 4. — С. 165.
180. *Петрянов И.В.* Волокнистые фильтрующие материалы ФПП. — Изд-во «Знание», 1968.
181. *Рабинович В.А., Хавин З.Я.* Краткий химический справочник. — Л.: Химия, 1978.
182. *Родниченкова В.В., Цогоева С.А., Муравьева Т.М. и др.* // *Оптика и спектроскопия*, 1986, № 60. — С. 57–59.
183. *Рубинов А.Н., Смольская Т.И., Михнов С.А.* Влияние спектрального состава накачки на генерацию спиртового раствора родамина 6G // *ЖПС*, 1970, № 13. — С. 368–371.
184. *Рыжов В.В., Ястремский А.Г.* Эффективность эксимерных лазеров на молекулах галогенидов благородных газов, возбуждаемых электронным пучком // *Квантовая электроника*, 1979, № 6. — С. 2024–2027.
185. *Седов Л.И.* Методы подобия и размерности в механике. — М.: Наука, 1981.
186. *Смирнов В.С.* // *Оптика и спектроскопия*, 1983, № 55. — С. 118.
187. *Смольская Т.И., Жуковская А.И., Рубинов А.Н.* Влияние естественных примесей на генерационные характеристики раствора родамина 6Ж в этаноле // *ЖПС*, 1972, 17. — С. 775–780.
188. *Смольская Т.И., Рубинов А.Н., Асимов М.М.* Определение константы тушения триплетных состояний родамина 6Ж кислородом по характеристикам генерации // *Оптика и спектроскопия*, 1973, № 34. — С. 410–412.
189. *Смольская Т.И., Рубинов А.Н.* // *ЖПС*, 1972, № 16. — С. 618.
190. *Снегов М.И., Черкасов А.С.* Квантовые выходы обесцвечивания родаминовых красителей в обескислороженных растворах // *Журн. физ. химии*, 1974, № 48. — С. 462–464.
191. *Сперанская Т.А., Тарутина Л.И.* Оптические свойства полимеров. — Л., 1976. — 136 с.
192. *Стельмах М.Ф., Дмитриев Л.К., Михайлов В.С. и др.* Перестраиваемые лазерные и лазерные спектральные приборы с использованием акустооптических фильтров // *НПС*, 1984, т. 40, вып. 2. — С.181–189.
193. *Степанов Б.И., Рубинов А.Н., Мостовников В.А.* // *ЖПС*, 1967, т. 7. — С.116.
194. *Стрижнев В.С.* // *Квантовая электроника*, 1975, № 2. — С. 191.



195. Таблицы физических величин: Справочник // Под ред. акад. И. К. Кикоина. — М.: Атомиздат, 1976.

196. *Теренин А.Н.* Фотоника молекул красителей и родственных соединений. Л.: Наука, 1976. — 616 с.

197. Технология оптических деталей // Под ред. Семибратова А. Е. — М.: Машиностроение, 1979. — 280 с.

198. *Тюрин В.С., Альперович М.А., Митрохина Е.И., Головин В.И.* Лазеры на сложных органических соединениях // Тр. II конф., Душанбе, 1977. — С.76.

199. *Финкельбург В., Меккер Г.* Электрические дуги и термическая плазма. — М.: ИИЛ, 1961.

200. Франц. пат. № 2116803. Усовершенствование ламп-вспышек, применяемых для возбуждения жидкостных лазеров.

201. *Хейфец Л.И., Неймарк А.В.* Многофазные процессы в пористых средах. — М.: Химия, 1982. — 320 с.

202. *Шишовский А.А.* Прикладная физическая оптика. — М.: Физматгиз, 1961. — 822 с.

203. *Эммет Дж., Крупке У.Ф., Тренхольм Дж.Б.* Будущее мощных твердотельных лазерных систем // Квантовая электроника, 1983, № 10, № 5. — С. 44.

204. *Янайт Ю.А., Анисимов Ю.М., Пчелкин В.И.* Система ламповой накачки для лазеров на растворах органических соединений // ПТЭ, 1973, № 2. — С. 181–183.

205. *Aldag H.R., Dolotov S.M., Koldunov M.F. et al.* Efficient solid-state dye lasers based on polymer-filled microporous glass // Proc. SPIE 3929, 2000, p. 133–144.

206. *Alik T.H., Chandra S., Fox J., Swim C.* // Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 391.

207. *Altman J.C., Stoun R.E., Dunn B., Nashida F.* // IEEE Photon Techn. Letts., 1991, 3, p. 189.

208. *Anderson R.S., Hermes R.E., Matyushin G.A., et al.* // Proc. SPIE, 1998, 3265, p. 13.

209. *Anliker P., Gassman M., Weber H.* // Opt. Comm., 1972, 5, p. 137.

210. *Basting D., Ouw D., Shafer F.P.* // Opt. Comm., 1976, 18, p. 260.

211. *Bloomfield L.* // Opt. Comm., 1989, v.70, p.223.

212. *Born M., Wolf E.* Principles of optics. — Pergamon Press, 1964.

213. *Bowers M.S., Alik T.H., Chandra S., Hutchinson J.A.* // Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 366.

214. *Boyer J.H., Haag A., Soong M.L. et al.* // Appl. Optics, 1991, v.30, p.3788.

215. *Bricks J.L., Slominskii Yu.L., Kudinova M.A. et al.* // J. Photochtm. Photobio. A, 2000, v.132, p.193.

216. *Brown A.J.W., Sergoyan E.G., White F.F., Dodelszen M., Fisher C.H.*// XVIII Power Modulator Symposium (USA, 1988, paper 10.6)
217. *Burmalachi P., Pratesi R.*// Appl. Phys. Letters, 1973, 23, p. 475.
218. *Burmalachi P., Pratesi R.*// Opt. Comm., 1974, 11, p. 109.
219. *Chen J., Ge J., Hong Z.* Lasing properties of solid dye materials of Rhodamine B- and Rhodamine 6G-doped xerogels// Proc. SPIE, 3862, 1999, p. 288–291.
220. *Claesson S., Lindquist L., Arkiv Kemi*, 1958, 12, 1.
221. *Contnoir L.J.*// Appl. Opt., 1981, 20, p. 2331–2334.
222. *Costela A., et al.*// Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 351.
223. *Craxton R.S.*// Opt. Comm., 1980, 34, p. 474.
224. *Davenport W.E., Ehlich J.J., Neister S.E.*// Proc. Intern. Conf. on Lasers'89, New Orleans LA, 1989, p.408.
225. *Drake J.M., Tam E.M., Morse R.I.*// IEEE J. Quant. Electr., 1972, 8, p. 92–94.
226. *Drexhage K.H., Erikson G.E., Hawks G.H., Reynolds G.A.*// Opt. Comm., 1975, 15, p. 399–403.
227. *Duarte F.G.*// Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 329.
228. *Dyumaev K.M., Manenkov A.A., Maslyukov A.A., et al.*// J. Opt. Soc. Amer. B, 1992, 4, p. 143.
229. *Efendiev T.Sh., Rubinov A.N., Katarkevich V.M.* Generation of ultrashort pulses by a solid-state DFB dye laser under nanosecond excitation. – *Belarusskaya Nauka*, 40, 1996, p. 49–52.
230. *Ehrlich J.J., Taylor T.S.*// Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 373.
231. *Faney D.W., Schearer L.D.* A xenon pumped blue dye laser// IEEE I, 1978, v.Q-14, No4, p.220–221.
232. *Ferrer M.L., Acuna A.U., et al.*// Appl. Optics, 1994, 33, p. 2266.
233. *Fisher C.H., Kushner M.J., DeHart T.E., McDaniel J.P., Petr R.A., Ewing J.A.*// Appl. Phys. Letts., 1986, 48, p. 1574.
234. *Fleitz P.A., Seliskar C.J., Steppel R.N., et al.*// Laser Chem., 1991, v.11, p.99.
235. *Fletcher A.N.*// Appl. Phys., 1987, 43B, p. 155–160.
236. *Fletcher A.N., Pietrak M.E.* Laser dye stability. Part 10. Effect of DABCO on flashlamp pumping of coumarin dyes// Appl. Phys., 1985, B 37, p. 151–157.
237. *Fletcher A.N.* Laser dye stability. Part 9, Effect of a pyrex UV filter and cover gases// Appl. Phys., 1983, B 31, p. 19–26.
238. *Foussier J.P., Lougnot D.-J., Faure J.*// Chem. Phys. Lett., 1975, v.35, p.189.

239. *Furumoto H.W., Sesson H.L.*// Appl. Optics, 1969, 8, p. 1631.
240. *Furumoto H.W., Sesson H.L.*// J. Appl. Phys., 1969, 40, p. 4204.
241. *Garnov S.V., Klimentov S.M., Manenkov A.A., et al.*// Proc. SPIE, 1998, 3265, p. 306.
242. *Gerritsen J.W., Keet A.L., Ernst C.J., Witteman W.J.*// J. Appl. Phys., 1989, 65, p. 22.
243. *Gerritsen J.W., Keet A.L., Ernst C.J., Witteman W.J.*// Opt. Comm., 1990, 77, p. 395.
244. *Gollnick K.*// Adv. Photochemistry, 1968, v.6, p.1.
245. *Gromov D.A., Dyumaev K.M., Manenkov A.A., et al., J. Opt. Soc. Amer. B.*, 1985, 2, p. 1028.
246. *Haller W., Blackburn D.H., Wagstaff F.E., Charles R.J.* Metastable immiscibility surface in the system  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ // J.Amer.Ceram.Soc., 1970, v.53, No1, p.34–39.
247. *Haw L.C., Kwek K.H.* Solid-state Dye Laser Based on Coumarin 460-doped Poly(Vinyl Alcohol) Films, Department of Physics, Faculty of Science, University of Malaya. InterNet.
248. *Hänseh T.W.* Repetitively Pulsed Tunable Dye Laser for High Resolution Spectroscopy// Appl.Opt., 1972, vol.11, No4, p.895 – 898.
249. *Hermes R.E., Alik T.H., Chandra S., Hutchinson J.A.*// Appl. Phys. Letts., 1993, 63, p. 877.
250. *Hirth A., Volirath K. Fouassier*// Opt. Comm, 1973, 9, p. 139–145.
251. *Ihmelsh H., Engels B., Faulhaber K. et al.*// Chem.-Eur. J., 2000, v.6, p.2854.
252. *Iton U., Takakusa M., Moriya T., Saito S.*// Japan. J. Appl. Phys., 1977, 16, p. 1059–1060.
253. *Kaunkaran V., Ramamurthy P., Josephrajan T. et al.*// Spektrochim. Acta, 2002, v.A58, p.1443.
254. *Kolesnikov Yu.L., Meshkovskii I.K., Zemskii V.I.* Solid State Dye Lasers // In book: Photonics West'95. – SPIE Proceedings, V.2380. – San Jose, 1995, p. 298–305.
255. *Kravchenko Ya.V., Manenkov A.A., Matyushin G.A., et al.*// Proc. SPIE, 1997, 2986, p. 124.
256. *Kreller D.I., Kamat P.V.* Photochemistry of sensitizing dyes. Spectroscopic and redox properties of cresyl violet// J. Phys. Chem., 1991, 95, p. 4406–4410.
257. *Kuhl J., Telle H., Schrieder R., Brinkmann U.*// Opt. Comm., 1978, 24, p. 251–257.
258. *Langer J.S., Baron M., Miller H.D.* New computational method in the theory of spinodal decomposition// Phys.Rev., 1975, v.11, № 4, p.1417–1429.
259. *Lapouyade R., Kuhn A., Letard J.-F., Rettig W.* Chem. Phys. Lett.,

1993, v.208, p.48.

260. *Lepaja Sh., Strub H., Lougnot D.-J., Naturforsch. Z.* 1983, v.A38, p.56.
261. *Lobentanzner H., Polland H.J.* Optics Commun., 1987, v.62, p.35.
262. *Mack M.E.*// Appl. Optics, 1974, p 46.
263. *Mahoney R.P., Koch T.H.* Borohydride anion exchange resin stabilisation of flash-lamp pumped coumarin dye lasers// J. Photochem. and Photobiol. A: Chem., 1991, 61, p. 389–397.
264. *Maeda M.*// Appl. Phys., 1978, 15, p. 191.
265. *Maeda M., Ishino O., Okada T., Miyazoe J.*// Japan Journ. Appl. Phys., 1975, 14, p. 1975.
266. *Mandl A., Klimek D.E.* 400 mJ, Long Pulse ( $>1 \mu\text{s}$ ) Solid State Dye Laser// Solid State Dye Laser Technology Workshop, 1994, VA, USA.
267. *Mandl A., Zavriev A., Klamek D.E.*// Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 362.
268. *Marling J.B., Gregg D.W., Wood L.*// Appl. Phys. Letters, 1970, 17, p. 527.
269. *Merkel B.B., Kearns D.R.* J. Am. Chem. Soc., 1972, v.94, p.7244.
270. *Meshkovsky I.K., Zemsky V.I., Kolesnikov Y.L.* Solid state active elements of pulse dye laser, Proc. Of the international conference on LASERS'98.
271. *Oliver J.S., Sarnes F.S.*// Proceedings of the IEEE, 1971, 59, p. 638.
272. *Onstott J.R.*// Appl. Phys. Lett., 1977, 31, p. 818-820.
273. *Pacheco D.P., Burke J.G., Aldag H.R., Ehrlich J.J.*// Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p. 791.
274. *Pappalardo R., Samelson H., Lempicki A.* Long-pulse laser emission from rhodamine 6G// IEEE J. Quant. Electr., 1970, QE 6, p. 716–725.
275. *Pappalardo R., Samelson H., Lempicki A.* Long-pulse laser emission from rhodamine 6G using cyclooctatetraene// Appl. Phys. Letters, 1970, 16, p. 267.
276. Patent US № 3659225/ Furumoto H.W., Sesson H.I.
277. Patent US № 484 533 Cartridge for extending the lifetime of dyes in dye lasers/Koch T.H., Mahoney R.P., 1990.
278. *Peterson O.G., Snavely B.B.*// Appl. Phys. Letts, 1968, 12, p. 238–240.
279. *Polland H.J., Elsaesser T., Seilmeier A. et al.*// Appl. Phys. B, 1983, v.32, p.53–57.
280. *Ponomaryov O.A., Borovkov A.V., Doroshenko A.O. et al.*// Mol. Eng., 1994, v.3, p.343.
281. *Popov S., Kaivola M., Nyholm K.*// Proc. Intern. Conf. Laser'95, McLean, South Carolina, STS Press, 1996, ptA, p 367.

282. *Pratesi R., Ronchi L.*// *Optica Acta*, 1976, 23, p. 933.
283. *Reich S., Neumann G.*// *Appl. Phys. Lett.*, 1974, 25, p. 119–121.
284. *Reisfeld R.* *Smart Optical Materials by Sol-Gel Method*// [www.sol-gel.com](http://www.sol-gel.com).
285. *Rose D.*// *Optical spectra*, 1970, 4, p. 43–47.
286. *Rosocha L.A., Bowling P.S., et al.*// *Laser and Particle Beams*, 1986, 4, p. 55.
287. *Rubinov A.N., Altshuler G.B., Meshkovskij I.K.* *Tunable Distributed-Feedback Laser Based on Dye Doped Microporous Quartz Glass*// *Appl. Phys.*, 1983.
288. *Russel J.A., Pacheco D.P., Russell W.H., et al.* *Laser threshold and efficiency measurements off solid-state dye lasers operating in the near-infrared under microsecond pumping*// *SPIE Proc. Solid State Lasers XI*, 4630, 2002.
289. *Scala-Valero C., Doizi D. Guillaumet*// *Tetrahedron Lett.*, 1999, v.40, p.4803.
290. *Seka W., Jacobs S.D., Rizzo J.E., Moni R., Craxton R.S.*// *Opt. Comm.*, 1980, 34, p. 469.
291. *Shafer F.P.*// *Angew. Chem.*, 1970, 82, p. 25–29.
292. *Shafer F.P.*// *Appl. Phys.*, 1986, 39, p. 1.
293. *Shafer F.P.* – In: *Tunable lasers and applications*, Berlin-Heidelberg-N.Y., Springer-Verlag, 1976, p. 50.
294. *Shank C.V.*// *Revs. Mod. Phys.*, 1975, v.47, p.649.
295. *Shmidt W., Shafer F.P.*// *Z. Naturforsch.*, 1967, 22a, p. 1563.
296. *Snavely B.B.*// *Proc. IEEE*, 1969, 57, p.1374.
297. *Snavely B.B., Schafer F.P.* *Feasibility of CW operation of dye lasers*// *Phys. Lett.*, 1969 28A, p. 728–729.
298. *Soffer B.H., McFarland B.B.*// *Appl. Phys. Lett.*, 1967, v.10, p. 166.
299. *Soffer B.H., McFarland B.B.*// *Appl. Phys. Letts*, 1967, v. 10, p. 266–267.
300. *Sorokin P.P., Lankard J.R.*// *IBM J. Res. Develop.*, 1967, 11, p. 148.
301. *Sorokin P.P., Lankard J.R.*// *J. Chem. Phys.*, 1968, 48, p. 4726–4741.
302. *Sryvidya N., Ramamurthy P., Ramakrishna V.T.*// *Spektrochim. Acta*, 1998, v.A54, p.245.
303. *Telle H., Brinkmann U., Raue R.*// *Opt. Comm.*, 1978, 24, p. 33–38.
304. *Telle H., Brinkmann U., Raue R.*// *Opt. Comm.*, 1978, 24, p. 248–250.
305. *Ulrich R., Weber H.P.*// *Appl. Opt.*, 1972, 11, p. 428–434.
306. *Wang H., Gampel L.*// *Opt. Comm.*, 1976, 18, p. 444–446.

307. Wang Xiao-Mei, Zhou Yu-Fang, Yu Wen-Tao, et al.// J. Mater. Chem., 2000, v.10, p.2698.
308. Winters B.H., Mandelberg H.J., Mohr W.B. Photochemical products in coumarine laser dyes// Appl. Phys. Lett., 1974, 25, p. 723–725.
309. Ye C., Lam K.S., Lo D.// Appl. Phys. B, 1997, 65, p. 109.