

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Физика, математика және компьютерлік
ғылымдар сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Физика, математика
и компьютерные науки
Издается с 1997 года

ISSN 2959-068X

№ 3 (2023)
Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

Серия: Физика, математика и компьютерные науки

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ91VPY00046988

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области физики, математики,
механики и информатики

Подписной индекс – 76208

<https://doi.org/10.48081/USKE4479>

Бас редакторы – главный редактор

Глеукинов С. К., *д.ф-м.н., профессор*

Заместитель главного редактора

Испулов Н. А., *к.ф-м.н., профессор*

Ответственный секретарь

Жумабеков А. Ж., *PhD доктор*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Esref Adali,

PhD доктор, профессор (Турция);

Abdul Qadir Rahimoon,

PhD доктор, профессор (Пакистан);

Донбаев К. М.,

д.ф-м.н., профессор;

Демкин В. П.,

д.ф-м.н., профессор (Российская Федерация);

Жумадилаева А. К.,

к.т.н., профессор;

Ибраев Н. Х.,

д.ф-м.н., профессор;

Косов В. Н.,

д.ф-м.н., профессор;

Сеитова С. М.,

д.пед.н., профессор;

Шоканов А. К.,

д.ф-м.н., профессор

Омарова А. Р.,

технический редактор

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров
университета» обязательна

© Торайгыров университет

***Е. Н. Тельминов, Т. А. Солодова,
Ш. Т. Бердыбаева, А. Е. Курцевич**

Томский Государственный университет,
Российская Федерация, г. Томск
e-mail: entelminov@inbox.ru

ГЕНЕРАЦИЯ В ФОТОВОЗБУЖДАЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДНЫХ ЛАЗЕРАХ

Работы по поиску твердотельных лазерно-активных сред на красителях, имеющих характеристики, сравнимые с их жидкими аналогами, актуальны до сих пор. Одновременно с развитием твердотельных лазерных систем с лазерно-активными элементами в виде полимерных блоков, ведутся интенсивные работы по созданию органических тонкопленочных лазеров. В настоящее время требуются новые эффективные источники когерентного излучения, способные излучать одновременно несколько длин волн и не требующих экстремально высоких интенсивностей излучения. Они могут быть востребованы в таких областях, как сенсорика, спектроскопия одиночных молекул, эксперименты в области квантовой оптики, оптогенетике, биомедицине. Для успешной реализации эффективно излучающих тонкопленочных структур требуется обеспечить их хорошие волноводные свойства, предпочтительно используя относительно дешевые материалы и технологии создания таких лазерных структур.

В работе изложены принципы создания фотовозбуждаемых тонкопленочных органических волноводных лазеров. Созданы образцы лазеров на основе активного планарного волновода с лазерно-активной средой, состоящей из полиметилакрилата, допированного различными органическими красителями: пиррометен-567, Нильский красный, пиррометен-597, Хромен3. Изучены их генерационные характеристики. Показана возможность реализации органического волноводного лазера с возбуждением от одного источника накачки, генерирующего несколько длин волн одновременно.

Ключевые слова: лазер на красителе, планарный волновод, люминесценция, генерация, полиметилметакрилат.

Введение

Параллельно с развитием твердотельных лазерных систем с лазерно-активными элементами в виде полимерных блоков [1, 2] ведутся интенсивные работы по созданию органических тонкопленочных лазерных источников которые, в виду своей компактности, находят широкое применение в интегральной оптике и могут быть конкурентами неорганическим лазерным источникам излучения [3, 4]. Известны работы [5-8], в которых показана возможность создания эффективных твердотельных органических лазерных сред, излучающих в красном и желто-зелёном диапазоне спектра с возбуждением 2ой гармоникой (532 нм) YAG-Nd³⁺. Такие лазерные среды особенно интересны для такой области научных разработок, как детектирование химических соединений. Для расширения динамического диапазона и увеличения чувствительности в последнее время всё большее внимание уделяется применению тонкопленочных органических лазерно-активных сред в оптических химических сенсорах. Так, перевод люминесцентного сенсорного материала в пороговый режим вынужденного излучения позволяет повысить чувствительность устройства в среднем на 2 порядка [9].

В настоящее время существует большое количество полимерных оптических элементов на основе акрилатов и метакрилатов, которые допируются лазерно-активными органическими соединениями для получения лазерной генерации, обычно излучающие в видимом диапазоне спектра. При создании пленочных фотовозбуждаемых лазеров на первый план выступают адгезивные свойства полимеров при нанесении их на подложки, как правило, стеклянные. Среди полимерных материалов, используемых в квантовой электронике, ведущее место принадлежит полиметилметакрилату (ПММА), допированному органическими красителями.

При создании тонкопленочных лазеров необходимо решить ряд задач, среди которых на первое место выходит поиск высокоэффективного лазерного красителя с хорошей фотостабильностью, излучающего в заданном диапазоне. Решающую роль в создании эффективной лазерно-активной среды играет твердотельная матрица, которая должна хорошо сочетаться с лазерным красителем и иметь хорошие оптические свойства, как на длине волны генерации, так и на длине волны накачки, быть достаточно фотостабильной, при этом она должна иметь хорошую адгезию к подложке.

Кроме адгезионных свойств необходимо учитывать оптические свойства, а именно соотношение показателей преломления подложки и активного слоя. Для обеспечения волноводных свойств тонкопленочной структуры нужно учесть соотношения коэффициентов преломления слоев, наилучшим соотношением будет являться, когда показатель преломления активного

слоя больше показателя преломления подложки, т.е. $n_{cp} > n_{подложки}$ (1) и $n_{cp} > n_{воздуха}$ (2). В планарных волноводах сечение светового канала в одном измерении имеет размер, сравнимый с длиной волны света λ , а в другом - много больше λ . В этих условиях при явлении полного внутреннего отражения (ПВО) легко реализуется режим бегущей волны.

Важным является подбор условий накачки необходимых для осуществления режима генерации. С одной стороны, чем выше ее уровень, тем легче получить генерацию, а с другой - высокий уровень накачки способствует уменьшению ресурса работы. Кроме того, уровень накачки тесно связан с концентрационными характеристиками, геометрическими размерами поперечного сечения излучения и плотностью мощности накачки.

Материалы и методы

Мы стремились создать устройство лазера максимально технологически простым и низкой стоимости. Поэтому в качестве подложки пленочной структуры использовались дешевые предметные стекла для микроскопии, например: по ГОСТ 9284-75. Однако такие стекла имеют коэффициент преломления 1.51 и при использовании лазерно-активной сенсорной среды на основе полиметилметакрилата (ПММА) (коэффициент преломления 1.49) не может быть обеспечен волноводный режим распространения излучения по тонкопленочной структуре. В связи с этим требуется использование дополнительного тонкопленочного согласующего покрытия подложки.

В нашей работе мы использовали гидролизованый тетраэтоксисилан (ТЭОС), который имеет коэффициент преломления как у кварца 1,46. Это продукт крупнотоннажный и дешевый. Таким образом, предлагаемая конструкция сенсора на стеклянной подложке представляет собой трехслойную структуру с чередованием коэффициентов преломления слоев: $n= 1.51$ -подложка, $n=1.46$ -ТЭОС, $n=1.49$ -лазерно-активная среда на основе ПММА, $n=1.00$ -воздушная среда (рис.1). Роль дополнительного слоя: обеспечить хорошую адгезию активного слоя к подложке, выровнять поверхность подложки и обеспечить волноводный режим в планарной тонкопленочной структуре [10].

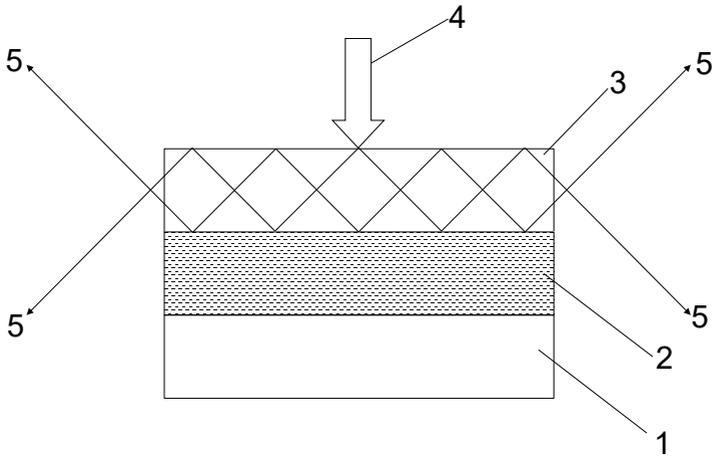


Рисунок 1 – Схематическое изображение волноводного органического планарного лазера: 1 – Прозрачная подложка предметное стекло для микроскопии; 2 – слой гидролизованного ТЭОС; 3 – тонкопленочная лазерно-активная среда ПММА+НК; 4 – излучение источника накачки; 5 – излучение лазерной генерации; б) фотография тонкопленочного лазера в режиме генерации

Поскольку организация обратной связи в планарных волноводах (DFB-Distributed Feed Back или DBR-Distributed Bragg Reflector) достаточно затратна, в работе использовался простой вывод излучения с торца планарного волновода. В этом случае выходное излучение представляло усиленное спонтанное излучение с образующимися в процессе распространения по волноводу характерными ТЕ (Transverse electric) и ТМ (Transverse magnetic) модами, выходящими с двух сторон тонкопленочной структуры, рис.2.

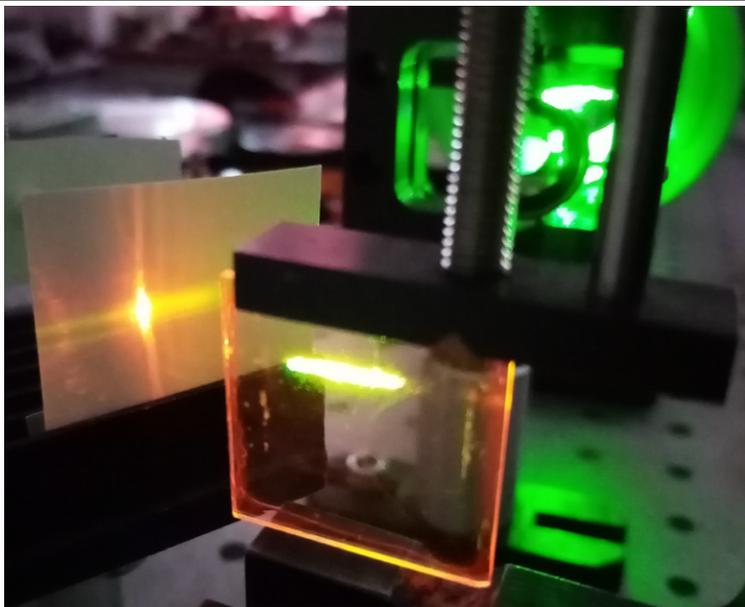


Рисунок 2 – фотография тонкопленочного лазера в режиме генерации

При толщине волновода около 1 мкм, как показывают оценки, возможно распространение только основной моды ТЕ и ТМ. Ширина спектральной линии генерации составляла 5-8 нм и соответствовала ширине спектральной линии неселективного низкодобротного резонатора для соответствующих блочных лазерных элементов.

Аппаратура и методика эксперимента

Спектрально-люминесцентные характеристики пленок регистрировались с помощью спектрофлуориметра CM 2203 (Solar). Для измерения энергетических характеристик пленок использовались измерители энергии OPHIR NOVA II и Gentec DUO с пьезоэлектрическими головками. Спектры регистрировались оптоволоконным спектрометром AvaSpec. Исследования зависимостей преобразования энергии накачки в излучение генерации производилось на лазерной установке, схема которой представлена на рис. 2. Накачка производилась второй гармоникой (532нм) или третьей гармоникой (355нм) YAG-Nd³⁺ лазера LQ 529 (Solar). В экспериментах реализована поперечная схема возбуждения.

Для изменения плотности мощности накачки применялась система нейтральных светофильтров. Оптическая система формировала геометрию накачки $0,4 \times 10$ мм.

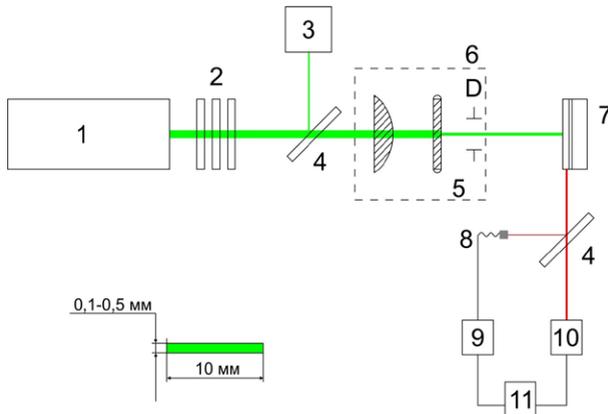


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки: 1 –АИГ-Nd3+-лазер, (355нм, 532нм) 2 – система неселективных светофильтров, 3 – Gentec EO ED-100A-UV, 4 – светоделительная пластина, 5 – система цилиндрических линз, 6 – диафрагма, 7 – многоволновый фотовозбуждаемый тонкопленочный органический лазер, 8 – оптоволоконно, 9 – спектрометр, 10 – Ophir NOVA II, 11 – персональный компьютер

После изготовления образцов лазерного сенсора измерялась толщина лазерно-активного слоя на интерференционном профилометре Micro XAM-100, толщина пленок образца составила 1,3 мкм.

Результаты и их обсуждение

На рис 4 представлены спектрально-люминесцентные и генерационные характеристики созданных образцов волноводных планарных лазеров на основе ПММА, допированного различными красителями (PM-567, Нильский красный, PM-597, Хромел 3)

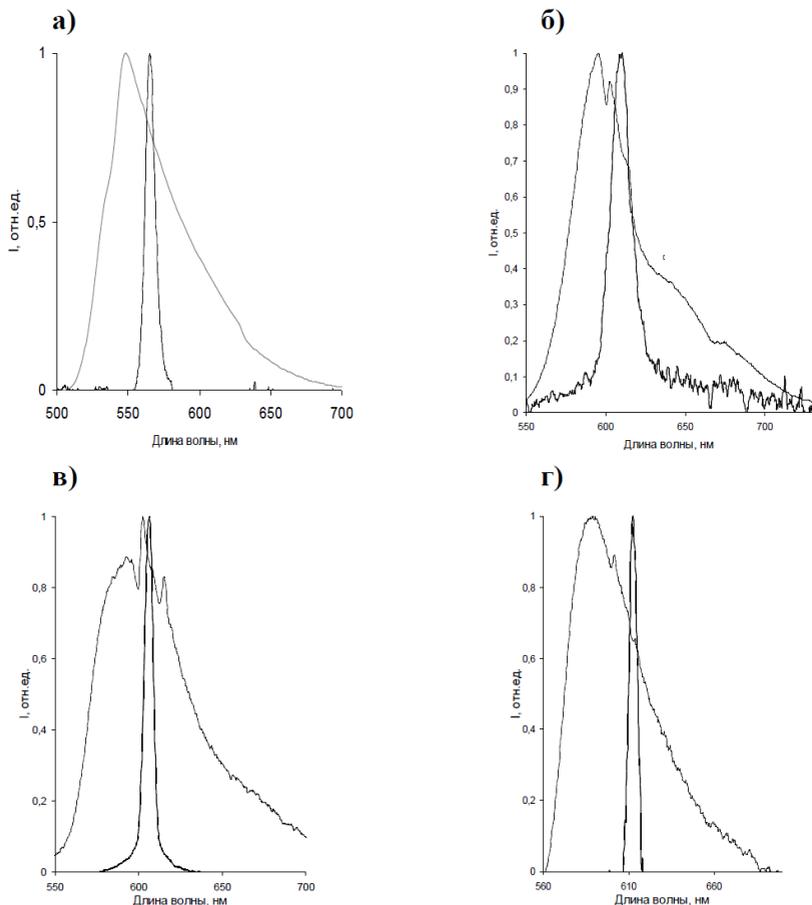


Рисунок 4 – Спектральные линии люминесценции и генерации а) PM567, б) НК, в) Хромен 3, г) PM597

Планарная конструкция фотовозбуждаемого лазера удобна тем, что можно собирать блоки из нескольких таких лазеров и возбуждать их от одного источника накачки одновременно. Это может быть полезно для некоторых приложений например в оптогенетике, где используются многоцветные импульсные источники излучения, при этом нет необходимости синхронизировать сигналы по времени. Схематическое изображение подобного лазера приведено на рисунке 5 [11].

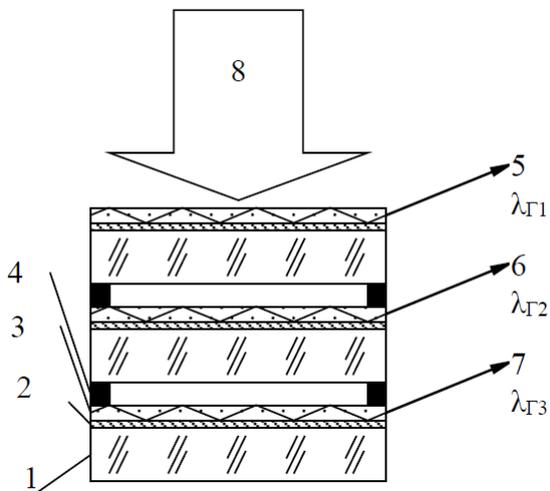


Рисунок 5 – Схематическое изображение конструкции многоволнового фотовозбуждаемого тонкопленочного органического лазера, где: 1 – прозрачная подложка; 2 – адгезионный слой; 3 – тонкопленочная лазерно-активная среда; 4 – прокладка, 5, 6, 7 – генерация на длинах волн $\lambda_{Г1}$, $\lambda_{Г2}$, $\lambda_{Г3}$ -соответственно, 8-источник накачки

Устройство работает следующим образом: при фотовозбуждении тонкопленочной лазерно-активной среды (3) от источника накачки (8) возникает генерация и распространяется в планарном волноводе, образованном дополнительным слоем (2), активной средой и воздушным промежутком. Так как активная среда представляет собой тонкую пленку люминофора в полимере, то часть непоглощенной энергии накачки проходит сквозь прозрачную, для длины волны накачки, подложку (1) первого отдельного лазерно-активного элемента, попадает на второй, затем на третий и т.д., накачивая их выше пороговой генерации. Вывод полезного сигнала (5,6,7) осуществляется с торцов планарных волноводов лазерно-активных элементов.

Авторами изготовлены четыре отдельных лазерно-активных элемента для демонстрации многолучевого тонкопленочного фотовозбуждаемого органического лазера на основе пиррометена 567, пиррометена 597, хромена-3 и дистирилбензола. Каждая из лазерно-активных сред наносилась на адгезивный слой, который в свою очередь был нанесен на стеклянную подложку 2×2 см. Отдельные лазерно-активные элементы сложены в стопу и разделены между собой воздушным промежутком посредством размещения

прокладок из тефлоновой пленки толщиной 0,25 мм, фигура 1. Оперативное изменение длины волны генерации производится заменой отдельного лазерно-активного элемента в стопе.

Авторы использовали два варианта стоп оптических лазерно-активных элементов состоящих из двух различных наборов отдельных лазерно-активных элементов на основе пиррометена 567, пиррометена 597, хромена-3 и дистирилбензола. Накачка осуществляется в поперечном варианте третьей гармоникой (355нм) АИГ-Nd3+ лазера с энергией в импульсе до 10 мДж, длительностью импульса 10 нс, частотой повторения до 10 Гц. Спектр излучения регистрировался лазерным спектрометром 3 AvaSpec-2048ULS (Avantes), энергия излучения измерителями Gentec EO ED-100A-UV и Ophir NOVA II.

На рис.6 приведены генерационные характеристики многоволнового тонкопленочного лазера

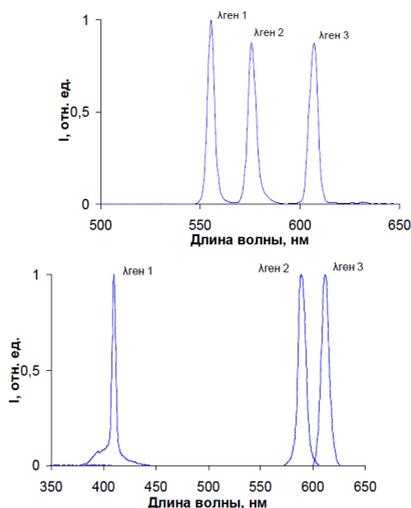


Рисунок 6 – (а,б) спектры генерации многолучевого органического лазера: а) 1 – длина волны генерации (556 нм) лазерной среды на основе пиррометена 567 (PM 567), 2 – длина волны генерации (576 нм) лазерной среды на основе пиррометена 597 (PM 597), 3 – длина волны генерации (607 нм) лазерной среды на основе хромена-3. б) 1 – длина волны генерации (410 нм) лазерной среды на основе дистирилбензола, 2 – длина волны генерации (576 нм) лазерной среды на основе пиррометена 597 (PM 597), 3 – длина волны генерации (607 нм) лазерной среды на основе хромена-3.

Проведенные испытания показали, что при создании многолучевого тонкопленочного фотовозбуждаемых органического лазера возможно получение нескольких спектральных длин волн лазерного излучения от одного источника накачки и оперативное изменение спектрального состава излучения многолучевого фотовозбуждаемого органического лазера.

Заключение

В работе используется простая дешевая технология формирования планарного активного волновода на стеклянных подложках.

Созданы органические волноводные лазеры на основе активного планарного волновода с лазерно-активной средой состоящей из ПММА, допированного различными красителями: РМ-567, Нильский красный, РМ-597, ХроменЗ. Изучены их генерационные характеристики. Показана возможность реализации органического волноводного лазера с возбуждением от одного источника накачки, генерирующего несколько длин волн одновременно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аймуханов, А. К., Ибраев, Н. Х., Селиверстова, Е. В., Копылова, Т. Н., Гадилов, Р. М., Тельминов, Е.Н., Солодова, Т. А., Дегтяренко, К. М., Табакаев, Д. С., Понявина, Е.Н., Алексева, В. И., Маринина, Л. Е., Савина, Л. П. Спектрально-люминесцентные и генерационные свойства органических люминофоров красного диапазона спектра // «Оптика атмосферы и океана». – 2013 – Т 26 (10). – С. 871–876.

2 Tel'minov E. N. et al. Solid-state organic laser with a wavelength tuning range of 78 nm // Quantum Electronics. – 2022. – Vol. 52. – №. 2. – 182 p.

3 Mhibik O., Chénais S., Forget S. et al. Inkjet-printed vertically emitting solid-state organic lasers // Journal of Applied Physics. – 2016. – Vol. 119. – №17. – 173101 p.

4 Telminov E. N., Nikonova E. N., Solodova T. A., Kopylova T. N., Berdybaeva Sh. T., Semaan R. Thin-film organic structures lasing in yellow-green spectral range // Russian Physics Journal. – 2019. – Vol. 61. – №12. – P. 2293–2299.

5 Minaev B. F., Valiev R. R., Nikonova E. N. et al. Computational and Experimental Investigation of the Optical Properties of the Chromene Dyes // Journal of Physical Chemistry A. – 2015. – Vol. 119 (10).– P. 1948–1956.

6 Minaev B. F., Valiev R. R., Nikonova E. N. et al. Computational and Experimental Investigation of the Optical Properties of the Chromene Dyes // Journal of Physical Chemistry A. – 2015. – Vol. 119 (10).– P. 1948–1956.

7 **Kopylova T. N., Telminov E. N., Tabakaev D. S., Gadirov R. M., Nikonova E. N., Solodova T. A., Sidorov O. I., Yurtov E. V., Muradova A. G., Zaitseva M. P.** Phenalemine 512 lasing in thermosetting polymers // Russian Physics Journal. 2017. Т. 59. № 10. С. 1599–1603.

8 **Копылова, Т. Н., Ануфрик, С. С., Майер, Г. В., Солодова, Т. А., Тельминов, Е. Н., Дегтяренко, К. М., Самсонова, Л. Г., Гадиров, Р. М., Никонов, С. Ю., Понявина, Е. Н., Тарковский, В. В., Сазонко, Г. Г.** Исследование характеристик твердотельных активных сред на основе пиррометена 567 // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55. – № 10. – С. 32–37.

9 **Wang Y., Yang Y., Turnbull G., Samuel I.** Explosive Sensing Using Polymer Lasers // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2012. – P. 103–110

10 **Тельминов, Е. Н. и др.** патент на изобретение RU 2666181 С2, номер заявки : 2016150444, патентообладатели : НИ ТГУ, Тонкопленочный фотовозбуждаемый органический лазер на основе полиметилметакрилата, (2018).

11 **Тельминов, Е. Н. и др.** патент на изобретение RU 2721584, номер заявки : 2019140644, патентообладатели : НИ ТГУ, Многоволновый фотовозбуждаемый тонкопленочный органический лазер, (2020).

REFERENCES

1 **Ajmuxanov, A. K., Ibraev, N. X., Seliverstova, E. V., Kopylova, T. N., Gadirov, R. M., Telminov, E. N., Solodova, T. A., Degtyarenko, K. M., Tabakaev, D. S., Ponyaivina, E. N., Alekseeva, V. I., Marinina, L. E., Savina, L. P.** [Spektral'no-lyuminescentny'e i generacionny'e svoystva organicheskix lyuminoforov krasnogo diapazona spektra] Spectral-luminescent and lasing properties of organic phosphors in the red spectral range // «Optics of the Atmosphere and Ocean». – 2013 – Т 26 (10). – p. 871–876.

2 **Telminov, E. N. et al.** Solid-state organic laser with a wavelength tuning range of 78 nm // Quantum Electronics. – 2022. – Vol. 52. – №. 2. – 182 p.

3 **Mhibik O., Chénais S., Forget S. et al.** Inkjet-printed vertically emitting solid-state organic lasers // Journal of Applied Physics. – 2016. – Vol. 119. – №17. – 173101 p.

4 **Telminov E. N., Nikonova E. N., Solodova T. A., Kopylova T. N., Berdybaeva Sh. T., Semaan R.** Thin-film organic structures lasing in yellow-green spectral range // Russian Physics Journal. – 2019. – Vol. 61. – № 12. – P. 2293–2299.

5 **Minaev B. F., Valiev R. R., Nikonova E. N. et al.** Computational and Experimental Investigation of the Optical Properties of the Chromene Dyes // Journal of Physical Chemistry A. – 2015. – Vol. 119 (10). – P. 1948–1956.

6 **Minaev B. F., Valiev R. R., Nikonova E. N. et al.** Computational and Experimental Investigation of the Optical Properties of the Chromene Dyes // Journal of Physical Chemistry A. – 2015. – Vol. 119 (10). – P. 1948–1956.

7 **Kopylova T. N., Telminov E. N., Tabakaev D. S., Gadirov R. M., Nikonova E. N., Solodova T. A., Sidorov O. I., Yurtov E. V., Muradova A. G., Zaitseva M. P.** Phenalemine 512 lasing in thermosetting polymers // Russian Physics Journal. 2017. T. 59. № 10. P. 1599–1603.

8 **Kopylova T. N., Anufrik S. S., Majer G. V., Solodova T. A., Telminov E. N., Degtyarenko K. M., Samsonova L. G., Gadirov R. M., Nikonov S. Yu., Ponyavina E. N., Tarkovskij V. V., Sazonko G. G.** [Issledovanie xarakteristik tverdotelnyx aktivnyx sred na osnove pirrometena 567]

9 **Wang Y., Yang Y., Turnbull G., Samuel I.** Explosive Sensing Using Polymer Lasers // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2012. – P. 103–110

10 **Telminov E. N. i dr.** [patent na izobrenie RU 2666181 C2, nomer zayavki : 2016150444, patentoobladateli: NI TGU, Tonkoplenochnyj fotovozbuzhdaemyj organicheskij lazer na osnove polimetilmetakrilata, (2018)] patent for invention RU 2666181 C2, application number : 2016150444, patent holders: NI TSU, Thin-film photoexcited organic laser based on polymethyl methacrylate, 2018.

11 **Telminov E. N. i dr.** [patent na izobrenie RU 2721584, nomer zayavki : 2019140644, patentoobladateli : NI TGU, Mnogovolnovyj fotovozbuzhdaemyj tonkoplenochnyj organicheskij lazer, (2020)] patent for invention RU 2721584, application number : 2019140644, patent holders : NI TSU, Multi-wavelength photoexcited thin-film organic laser, 2020.

Принято к изданию 15.09.23.

***E. N. Telminov, T. A. Solodova, Sh. T. Berdybaeva, A. E. Kurtsevich**

Tomsk State University, Russian Federation, Tomsk.

Accepted for publication 15.09.23.

GENERATION IN PHOTOEXCITED ORGANIC WAVEGUIDE LASERS

Work on the search for solid-state laser-active media on dyes with characteristics comparable to their liquid counterparts is still relevant. Simultaneously with the development of solid-state laser systems with laser-active elements in the form of polymer blocks, intensive work is underway to create organic thin-film lasers. Currently, new efficient coherent radiation sources are required that can emit several wavelengths simultaneously and do not require extremely high radiation intensities. They can be in demand in such areas as sensorics, spectroscopy of single molecules, experiments in the field of quantum optics, optogenetics, biomedicine. For the successful implementation of effectively emitting thin-film structures, it is necessary to ensure their good waveguide properties, preferably using relatively cheap materials and technologies for creating such laser structures.

The paper outlines the principles of creating photoexcited thin-film organic waveguide lasers. Laser samples based on an active planar waveguide with a laser-active medium consisting of polymethylacrylate doped with various organic dyes: pyrromethene-567, Nile red, pyrromethene-597, Chromen3 were created. Their generation characteristics have been studied. The possibility of implementing an organic waveguide laser with excitation from a single pump source generating several wavelengths simultaneously is shown.

Keywords: dye laser, planar waveguide, luminescence, generation, polymethylmethacrylate.

***Е. Н. Тельминов¹, Т. А. Солодова², Ш. Т. Бердібаева³, А. Е. Курцевич⁴**

^{1,2,3,4}Томск мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы, Томск қ.

Басып шығаруға 15.09.23 қабылданды.

ФОТОҚОЗДЫРЫЛАТЫН ОРГАНИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДЫ СУ ЛАЗЕРЛЕРІНДЕ ГЕНЕРАЦИЯЛАУ

Сұйық аналогтарымен салыстыруға болатын сипаттамалары бар бояғыштардағы қатты күйдегі лазерлік белсенді орталарды іздеу жұмыстары бүгінгі күнге дейін өзекті. Полимерлі блоктар түріндегі Лазерлік белсенді элементтері бар қатты күйдегі лазерлік жүйелердің дамуымен бір мезгілде органикалық жұқа пленкалы лазерлерді құру бойынша қарқынды жұмыстар жүргізілуде. Қазіргі уақытта бірнеше толқын ұзындығын бір уақытта шығаруға қабілетті және өте жоғары сәулелену қарқындылығын қажет етпейтін жаңа тиімді когерентті сәулелену көздері қажет. Олар сенсорлық, бір молекулалы спектроскопия, кванттық оптика, оптогенетика, биомедицина саласындағы тәжірибелер сияқты салаларда сұранысқа ие болуы мүмкін. Тиімді сәулеленетін жұқа пленкалы құрылымдарды сәтті жүзеге асыру үшін олардың жақсы толқындық қасиеттерін қамтамасыз ету қажет, мұндай лазерлік құрылымдарды құрудың салыстырмалы түрде арзан материалдары мен технологияларын қолданған жөн.

Жұмыста фотоқоздыратын жұқа қабықшалы органикалық толқынды су лазерлерін құру принциптері көрсетілген. Әр түрлі органикалық бояғыштармен толықтырылған полиметилакрилаттан тұратын Лазерлік белсенді ортасы бар белсенді жазықтық толқын өткізгіш негізінде лазер үлгілері жасалды: пиррометен-567, Ніл қызыл, пиррометен-597, Хромен3. Олардың генерациялық сипаттамалары зерттелді. Бір уақытта бірнеше толқын ұзындығын тудыратын бір сорғы көзінен қозған органикалық толқынды су лазерін енгізу мүмкіндігі көрсетілген.

Кілтті сөздер: бояғыш лазер, жазық толқын өткізгіш, люминесценция, генерация, полиметилметакрилат.

Теруге 15.09.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
7,50 Мб RAM
Шартты баспа табағы 10,07. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс № 4135

Сдано в набор 15.09.2023 г. Подписано в печать 29.09.2023 г.
Электронное издание
7,50 Мб RAM
Усл.печ.л. 10,07. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка Е. Е. Калихан
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 4135

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайгыров университеті» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайгыров университеті» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
+7(718)267-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik.tou.edu.kz
<https://vestnik-pm.tou.edu.kz/>