

С. В. Николаев, В. В. Пожар, М. И. Дзюбенко

Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины

12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина

E-mail: svn@ire.kharkov.ua

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ И ГЕНЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННЫХ КРАСИТЕЛЯМИ ПОЛИУРЕТАНОВ

В последнее время возрос интерес к исследованиям, направленным на создание эффективных твердотельных лазеров на красителях. Большая часть этих исследований посвящена синтезу твердых активных сред на основе прозрачных полимеров разной химической природы. Одним из классов полимеров, которые могут быть использованы в лазерных технологиях, есть полиуретан и его производные. По сравнению с другими типами полимерных сред полиуретановые среды исследованы гораздо меньше. В частности, это касается их оптических свойств. Работа посвящена изучению причин возникновения анизотропии показателя преломления полиуретановых активных сред и исследованию ее влияния на оптические и генерационные характеристики лазерных матриц. Установлено, что оптически анизотропное состояние среды обусловлено как внутренними напряжениями полиуретана в результате межмолекулярного взаимодействия, так и наведенными мощной накачкой термическими напряжениями. Показано, что оптическая анизотропия сред приводит к наличию в них локального двулучепреломления. Исследовано влияние наведенного поперечной накачкой двулучепреломления на поляризацию лазерного излучения. Установлено, что в таких условиях полиуретановые активные элементы генерируют поляризованное излучение даже при возбуждении неполяризованным светом. Ил. 5. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: твердотельный лазер на красителе, полиуретановая матрица, двулучепреломление, поляризация, поперечная накачка.

Интерес к исследованиям, направленным на создание эффективных твердотельных активных сред на красителях в последнее время значительно вырос. Это обусловлено практическими потребностями в твердотельных лазерах с управляемым спектром, особенно в твердотельных лазерах на красителях (ТЛК), которые рассматриваются как альтернатива традиционным жидкостным лазерам на красителях (ЖЛК) с точки зрения компактности конструкций, а также экологической и пожарной безопасности [1–4]. Значительная часть этих исследований посвящена созданию и совершенствованию твердых активных сред на основе активированных красителями прозрачных полимеров различной химической природы, среди которых твердые среды на основе полиуретана и его модификаций. В частности, доказана целесообразность использования прозрачного полиуретана в качестве твердой матрицы активных элементов ТЛК, предназначенных для генерирования импульсного излучения микросекундной длительности [5, 6]. При этом особое внимание было уделено изучению влияния оптических свойств полиуретановых сред на генерационные характеристики матриц. В результате было установлено, что при мощном несимметричном возбуждении в полиуретановых средах возникают значительные термооптические искажения, влияющие на спектр, энергию и направленность излучения ТЛК [7–9].

В свое время исследованию эффектов, связанных с термическими и механическими напряжениями твердотельных активных элементов лазеров с оптической накачкой было уделено много внимания. Выяснено, что в твердых аморфных средах возникновение разницы показателей преломления в некотором направлении сопровожда-

ется появлением внутренних напряжений, которые в свою очередь приводят к анизотропии распределения показателя преломления. В таком случае в среде должно возникать двулучепреломление [10]. Полагая, что подобный эффект должен возникать и в полиуретановых лазерных матрицах, мы провели исследование вероятных причин возникновения оптической анизотропии полиуретановых активных сред, приводящей к эффекту наведенного двулучепреломления, и исследованию его влияния на генерационные характеристики ТЛК.

1. Исследование двулучепреломления, наведенного ориентационной анизотропией среды в образцах полиуретановых матриц. Известно, что особенностью структуры аморфных полимеров, таких как полиметилметакрилат и полиуретан, есть наличие надмолекулярных образований в виде доменов [11]. Макромолекулы полимера в таком домене взаимно упорядочены, что приводит к локальной анизотропии домена. Если макрообразования распределены хаотически, то это не приводит к анизотропии среды в целом. Но под воздействием разных внешних факторов, которые обуславливают появление напряжений в среде, может возникать упорядоченная ориентация доменов, которая приводит к появлению анизотропии оптических характеристик образцов.

Процесс полимеризации полиуретановых компаундов сопровождается заметным сжатием вещества из-за возрастания силы взаимного притяжения образуемых макромолекул полимера. В то же время этому сжатию противодействуют силы взаимодействия внешнего слоя полимерного образца с материалом отливной формы (при наличии адгезии) или силы поверхностного натяжения на участках, которые не контактируют с

формой. Направление действия этих сил зависит от геометрии образца, а их совокупное действие приводит к появлению деформационной ориентации молекул полимера. Как уже отмечалось, возникновение ориентированного состояния полимера обуславливает локальную оптическую анизотропию образца, которая приводит к появлению эффекта двулучепреломления.

Для изучения этого эффекта был использован метод фотоупругости. Сквозь полиуретановые матрицы пропускалось поляризованное коллимированное излучение He-Ne-лазера, а изображения торцов образцов регистрировались через поляризационный фильтр, скрещенный с направлением поляризации зондирующего луча. Наблюдаемые картины представляли собой систему темных и светлых полос, являющуюся результатом интерференции когерентных обыкновенных и необыкновенных лучей, возникающих при наличии двулучепреломления. Темные полосы получили название изохром. По виду изохром можно судить о распределении ориентированных доменов в образце, поскольку каждая изохрома проходит через точки с одинаковой их ориентацией.

На рис. 1 представлены интерференционные картины для шести образцов матриц, изготовленных разными способами.

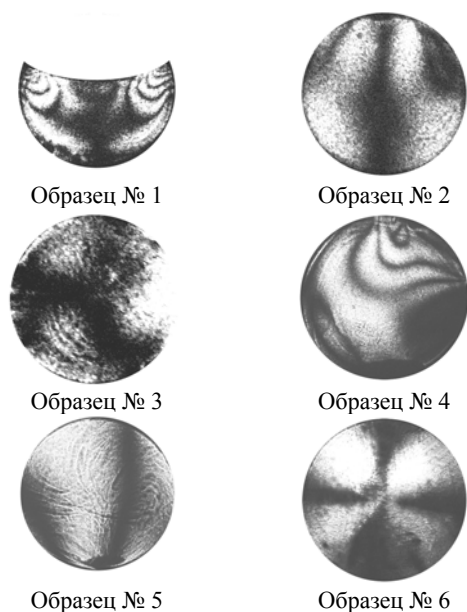


Рис. 1. Распределение напряжений в полиуретановых средах матриц, изготовленных разными способами

Образец № 1 – матрица из эластичного полиуретана Т-813, активированного Сульфородамином 101 с частичным заполнением кварцевой оболочкой с диаметром 15 мм и длиной 10 мм, изготовленная при 30 °С. Заливание формы осуществлялось с помощью шприца через небольшое отверстие в цилиндрической поверхности.

Образец № 2 – матрица из эластичного полиуретана Т-809, допированного Оксазином 17, с кварцевой оболочкой диаметром 20 мм и длиной 15 мм, изготовленная при 25 °С. Способ заливания аналогичен образцу № 1.

Образец № 3 – матрица из твердого полиуретана *Crystal Clear 204*, активированного Родамином 6G, сформированная при температуре 45 °С в длинной полиэтиленовой трубке диаметром 10 мм. После полимеризации отливку вынимали из формы и разрезали на части длиной 15 мм. Торцы полученных матриц полировались.

Образец № 4 – матрица из эластичного полиуретана Т-809, активированного Родамином 6G, изготовленная при температуре 40 °С путем заливания смеси через открытый торец кварцевой оболочки диаметром 30 мм и толщиной 5 мм с последующим наложением и зажатием второго окошка. По окончании процесса полимеризации стеклянные окошки отделены от полиуретана.

Образец № 5 – матрица из твердого полиуретана *Crystal Clear 204*, активированного Родамином 6G, изготовленная при 45 °С. Смесь заливали в стеклянную цилиндрическую форму диаметром 25 и толщиной 10 мм. Заливание формы осуществлялось с помощью шприца через небольшое отверстие в цилиндрической поверхности (на фото снизу). После затвердения полиуретана стеклянная оболочка удалена.

Образец № 6 – матрица из твердого полиуретана *Crystal Clear 204*, допированного Родамином 6G, изготовленная при температуре 45 °С путем заливания смеси через открытый торец акриловой оболочки диаметром 30 мм и толщиной 5 мм с последующим наложением и зажатием второго акрилового окошка. По окончании процесса полимеризации акриловые окошки отделены от полиуретана.

Хорошо видно, что характер внутренних напряжений полиуретановых сред зависит главным образом от способа изготовления образца. Поскольку матрицы имеют цилиндрическую форму, то можно было ожидать возникновения симметричного относительно оси цилиндра распределения напряжений при равномерном сжатии среды. Но в результате неравномерной адгезии полиуретана с материалом формы, а также при наличии любой неоднородности на границе формы и полиуретана симметрия напряжений может нарушаться. На деформационную ориентацию среды в образце № 1 влияет наличие отрицательного мениска в незаполненной зоне матрицы, а в образце № 4 – воздушный пузырек, который возник вблизи поверхности полиуретана. В образцах № 2 и 5 на распределение напряжений влияет наличие отвер-

стия в боковой стенке формы. И наконец, при отсутствии значительной неоднородности поверхности и адгезии полиуретана с материалом отливной формы, как в образцах № 3 и 6, интерференционная картина приближается к крестообразной, что свидетельствует о преимущественной ориентации напряжений в направлении оси цилиндра.

Важным следствием способности полиуретановых сред приобретать анизотропные свойства под воздействием напряжений сжатия или растяжения есть оптическая неравноценность локальных зон одной и той же матрицы. Каждая из таких зон, имея свою ориентацию оси анизотропии, будет по-разному влиять на состояние поляризации излучения, которое распространяется через эту зону. Так, пропуская луч He-Ne-лазера сечением 2 мм через разные зоны матрицы, мы наблюдали на выходе поворот плоскости поляризации прошедшего излучения на разные углы: от -30° до $+40^\circ$.

Таким образом, проведенные исследования показали, что полиуретановые среды, сформированные в виде объемных матриц, имеют ориентированное состояние. Главной причиной ориентированного состояния полиуретана является деформация растяжения (сжатия) под воздействием сил внутреннего и поверхностного взаимодействия молекул полимера между собой и с материалом формы. Оптическая анизотропия приводит к наличию локального двулучепреломления.

2. Исследование двулучепреломления, наведенного термическими напряжениями активной полиуретановой среды. Способность полиуретановых сред приобретать анизотропные свойства под воздействием напряжений сжатия или растяжения может существенно проявиться в условиях мощного резонансного возбуждения активированного красителями полиуретана, которое способно вызывать значительные термические напряжения среды.

Состояние поляризации излучения инвертированной среды полностью определяется характером взаимодействия вещества с действующим полем. Возникновение наименьшей поляризационной анизотропии в генерирующей среде должно существенно повлиять на состояние поляризации излучения. Поэтому, исследуя последнее, можно делать выводы об особенностях взаимодействия активного вещества с действующими на него полями.

Исследования поляризации излучения полиуретановых сред заключались в измерении энергии отдельных поляризационных компонент излучения поперечно возбуждаемых матриц в изотропных широкополосных резонаторах при

разных энергиях и разной поляризации излучения накачки. Лазер возбуждения был собран на основе коаксиальной лампы-кюветы ИНК 7/150 и мог излучать как неполяризованное, так и линейно поляризованное излучение. Последнее обеспечивалось установкой в резонатор лазера стеклянной пластины под углом Брюстера. Поляризационные компоненты излучения полиуретановых матриц выделялись с помощью дихроичного поляризационного фильтра, который мог вращаться на 90° в плоскости, ортогональной направлению распространения луча генерации. По данным измерений вычислялось значение степени поляризации $P = (E_{\max} - E_{\min}) / (E_{\max} + E_{\min})$, где E_{\max} и E_{\min} – энергии излучения сильной и слабой компонент соответственно.

Результаты экспериментов показали, что при возбуждении неполяризованным светом все исследованные образцы матриц генерировали поляризованное излучение с разной степенью поляризации. При этом вектор преимущественной поляризации лежал в плоскости, ортогональной направлению пучка возбуждения. Следует отметить, что такая закономерность наблюдалась для всех типов полиуретановых сред, допированных разными красителями, и не зависела от характера первоначального распределения напряжений в матрицах.

Зависимости степени поляризации от энергии накачки для матриц на основе полиуретана *Crystal Clear 204* с разной концентрацией красителя Сульфородамин 101 показаны на рис. 2, а. Аналогичные зависимости для композита «полиуретан Т-809 + краситель Оксазин 1» приведены на рис. 2, б.

Характерной особенностью этих зависимостей является то, что при увеличении энергии возбуждения степень поляризации уменьшается. Графики также показывают, что изменение концентрации красителя тоже влияет на степень поляризации.

Характер этого влияния наглядно демонстрирует показанные на рис. 3 зависимости степени поляризации P от концентрации красителя C для активных сред, активированных Оксазином 1, измеренные при разных энергиях возбуждения E_p . На этом же графике приведены зависимости общей энергии генерации E_e от концентрации. Хорошо видно, что постепенное увеличение концентрации красителя сначала приводит к уменьшению степени поляризации, а затем к ее росту. В то же время энергетическая зависимость имеет противоположный характер, типичный для концентрационных зависимостей энергии излучения лазеров.

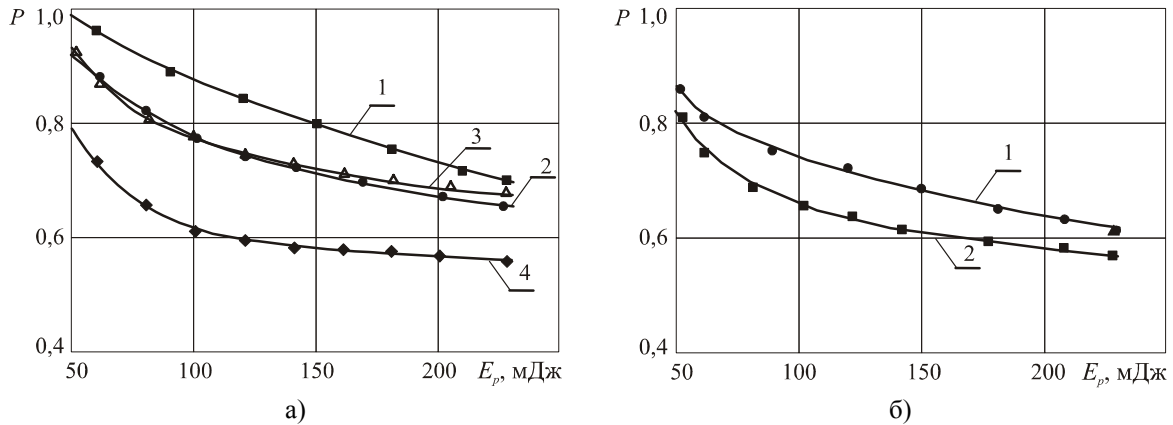


Рис. 2. Зависимости степени поляризации излучения от энергии возбуждения для матриц с разной концентрацией красителей С: а) – Сульфородамин 101: 1 – $C = 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л; 2 – $C = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л; 3 – $C = 3 \cdot 10^{-4}$ моль/л; 4 – $C = 5 \cdot 10^{-4}$ моль/л; б) – Оксазин 1: 1 – $C = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л; 2 – $C = 5 \cdot 10^{-4}$ моль/л

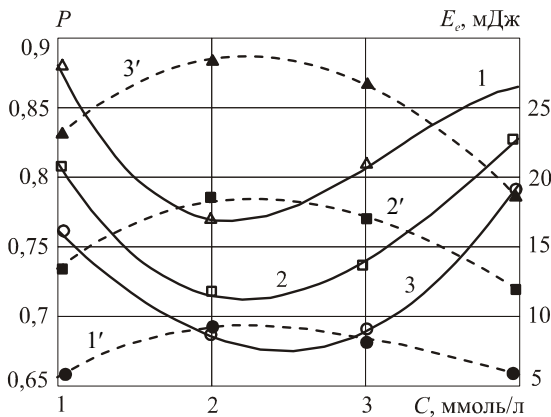


Рис. 3. Зависимости степени поляризации P (1–3) и энергии излучения E_c (1'–3') полиуретановых сред, активированных Сульфородамином 101, от концентрации красителя: 1, 1' – $E_p = 50$ мДж; 2, 2' – $E_p = 120$ мДж; 3, 3' – $E_p = 200$ мДж

Проведенные измерения позволяют сделать общий вывод, что при мощном несимметричном возбуждении помещенные в резонатор матрицы на основе композитов «полиуретан-краситель» генерируют поляризованное излучение. Направление вектора сильной поляризационной компоненты всегда ортогонально к плоскости распространения возбуждающего излучения и не зависит от состава композита.

Причиной обнаруженного эффекта можно считать возникновение градиента показателя преломления среды в результате неравномерного локального нагрева вещества за счет нерадиационной составляющей распада возбужденных состояний красителя. В конечном итоге в среде возникают локальные термические напряжения, которые порождают анизотропию показателя преломления, то есть возникает эффект наведенного двулучепреломления. При этом в условиях несимметричной накачки локальные оптические оси анизотропной среды должны лежать в плоскости возбуждения, то есть ортогонально к оси

резонатора. Активный элемент напоминает одноосный кристалл, через который перпендикулярно к его оптической оси проходят лучи неполяризованного излучения.

Это излучение распадается на обыкновенный и необыкновенный лучи с взаимно ортогональными поляризациями, имеющими разные значения показателя преломления. Один из этих лучей, для которого показатель преломления больше, будет сильнее отклоняться от оси резонатора, а следовательно, излучение соответствующей поляризации будет иметь большие потери. Лазер при таких условиях будет генерировать частично поляризованное излучение, т. е. он становится подобным лазеру с внутррезонаторным поляризатором. Это подтвердили измерения энергии генерации матриц на основе полиуретана *Crystal Clear 204*, активированного Сульфородамином 101 с концентрацией $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, при возбуждении неполяризованным и линейно поляризованным излучением ЖЛК. При поляризованной накачке вектор поляризации возбуждающего излучения согласовывался с ориентацией вектора поляризации излучения матрицы, а степень поляризации излучения накачки составляла 0,98. Результаты измерений представлены на рис. 4.

Видно, что энергия генерации ТЛК при накачке линейно поляризованным излучением, поляризация которого совпадает с поляризацией излучения генерации, выше, чем при возбуждении неполяризованным светом. Такая закономерность характерна для лазеров с поляризационно-анизотропным резонатором и обусловлена существованием поляризационной анизотропии коэффициента усиления активной среды.

Для подтверждения этого предположения и объяснения экспериментально обнаруженных зависимостей степени поляризации генерируемого излучения от энергии возбуждения и концентрации красителя можно воспользоваться резуль-

татами выполненного ранее теоретического анализа процесса усиления излучения в активной среде лазера с поляризационно-анизотропным резонатором [12].

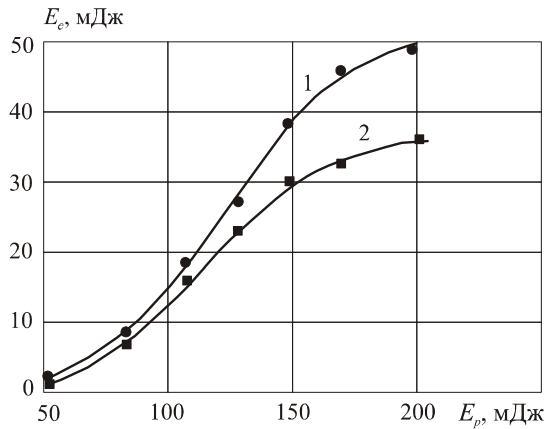


Рис. 4. Зависимости энергии генерации Сульфородамина 101 в полиуретане от энергии накачки при возбуждении линейно поляризованным 1 и неполяризованным 2 излучением

В частности, было установлено, что в активной среде лазера с поляризационно-анизотропным резонатором возникает поляризационная анизотропия коэффициента усиления. При этом коэффициент усиления «слабой» компоненты больше, чем «сильной», а степень анизотропии коэффициента усиления зависит от величины превышения накачкой порогового значения. В работе показано, что в рамках упрощенной модели активной среды лазера на красителе и стационарном приближении процесса генерации эту зависимость можно описать соотношением

$$D = \frac{(3\beta \arctg \sqrt{a}) / \sqrt{a} - 3}{(3\beta \arctg \sqrt{a}) / \sqrt{a} + 1},$$

где $\beta = W / W^*$ – кратность превышения скорости накачки W порогового значения W^* ; $a = 3c \sigma_{em}(v_e) u_e \tau_s^{-1}$ – отношение вероятностей вынужденных и спонтанных переходов. Здесь c – скорость света; $\sigma_{em}(v_e)$ – сечение вынужденного излучения на частоте генерации v_e ; u_e – объемная плотность фотонов излучения генерации; τ_s – время жизни возбужденного состояния. На рис. 5 приведен заимствованный из работы [12] график этой зависимости, рассчитанной для среды на Родамине 6G, из которого видно, что с увеличением превышения порога степень анизотропии растет.

Большая величина коэффициента усиления «слабой» компоненты приводит к деполаризации излучения лазера. Поскольку степень анизотропии растет при увеличении превышения накачкой порогового значения, то и деполаризация будет увеличиваться. Это позволяет объяснить экспериментально обнаруженные зависимости

степени поляризации излучения полиуретановых матриц от мощности возбуждения, концентрации красителя и других параметров среды, которые влияют на соотношение энергии возбуждения и пороговой энергии генерации.

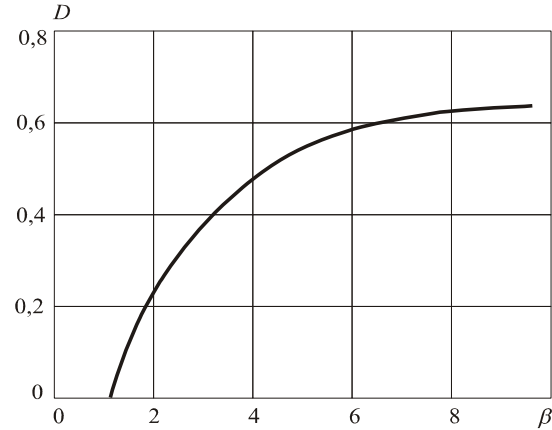


Рис. 5. Зависимость степени анизотропии коэффициента усиления от величины превышения порога

Очевидно, что при увеличении мощности накачки степень превышения порога растет и этим обусловлено уменьшение степени поляризации излучения возбужденных сред. Изменение концентрации красителя в композите также изменяет порог генерации. При этом всегда существует оптимальная концентрация красителя в активной среде, при которой порог возникновения генерации минимален. В этом случае лазер генерирует излучение с максимальной энергией и наименьшей степенью поляризации. Соответственно, если концентрация изменяется в любую сторону от оптимальной, порог растет, а вместе с тем растет и степень поляризации излучения.

Выводы. Впервые исследованы эффекты, связанные с оптической анизотропией среды, наведенной термическими и механическими напряжениями в твердотельных лазерных матрицах на основе активированного красителями полиуретана.

Установлено, что имеющие доменную структуру полиуретановые среды в процессе формирования лазерных матриц приобретают ориентированное состояние, следствием которого является возникновение оптической анизотропии среды. Причиной этого является деформация растяжения (сжатия) под воздействием сил взаимодействия молекул полиуретана между собой и материалом формы. Показано, что оптическая анизотропия приводит к наличию локального двулучепреломления.

Исследованы поляризационные характеристики лазерного излучения ТЛК при несимметричной накачке. Установлено, что в таких условиях полиуретановые активные элементы генерируют поляризованное излучение даже при возбуждении неполяризованным светом. Сделано

предположение, что это вызвано эффектом наведенного двулучепреломления и наличием градиента показателя преломления, в результате чего полиуретановая среда приобретает свойства поляризационного углового селектора, а резонатор лазера становится поляризационно-анизотропным. Правильность предположения подтверждается проведенным ранее теоретическим анализом особенностей процесса усиления излучения в лазерах с поляризационно-анизотропным резонатором, в результате которого установлено, что в активной среде такого лазера возникает поляризационная анизотропия коэффициента усиления, степень которой определяется величиной превышения накачки порогового значения. Это объясняет экспериментально обнаруженные зависимости степени поляризации излучения полиуретановых матриц от мощности возбуждения, концентрации красителя и других параметров активных сред, которые влияют на соотношение энергии возбуждения и пороговой энергии генерации.

Библиографический список

1. *Tunable Laser Applications* / ed. F. J. Duarte. – 2nd ed. – N. Y.: CRC Press, 2009. – 444 p.
2. *Kranzeilbinder G. Organic solid-state dye lasers* / G. Kranzeilbinder, G. Leising // *Rep. Prog. Phys.* – 2000. – **63**, N 5. – P. 729–762.
3. *Polymeric solid-state dye lasers: recent developments* / A. Costela, R. García-Moreno, R. Sastre et al. // *Phys. Chem. Chem. Phys.* – 2003. – **5**, N 21. – P. 4745–4763.
4. *Solid-state polymeric dye lasers* / S. Sunita, V. R. Kanetkar, G. Sridhara et al. // *J. of Luminescence.* – 2003. – **101**, N 4. – P. 285–291.
5. *Безродный В. И.* Активные лазерные среды на основе окрашенного полиуретана / В. И. Безродный, А. А. Ищенко // *Квантовая электрон.* – 2000. – **30**, № 12. – С. 1043–1048.
6. *Николаев С. В.* Лазерная генерация микросекундных импульсов на полиуретановых матрицах, активированных красителями / С. В. Николаев, В. В. Пожар, М. И. Дзюбенко // *Квантовая электрон.* – 2006. – **36**, № 8. – С. 758–762.
7. *Николаев С. В.* Генерационные характеристики оксазиновых красителей в твердых полиуретановых матрицах / С. В. Николаев, В. В. Пожар, М. И. Дзюбенко // *Радиофизика и электрон.* сб. науч. тр. / Ин-т радиофизики и электрон. НАН Украины. – X, 2009. – **14**, № 3. – С. 358–365.
8. *Николаев С. В.* Лазерные свойства активной среды на основе Сульфородамина 101, внедренного в промышленный полиуретановый компаунд / С. В. Николаев, В. В. Пожар, М. И. Дзюбенко // *Квантовая электрон.* – 2010. – **40**, № 12. – С. 1112–1115.
9. *Николаев С. В.* Исследование особенностей генерации твердотельных лазеров на красителях при поперечном способе возбуждения / С. В. Николаев, В. В. Пожар, М. И. Дзюбенко // *Радиофизика и электрон.* – 2011. – **2(16)**, № 2. – С. 55–62.
10. *Быков В. П.* Лазерные резонаторы / В. П. Быков, О. О. Силичев. – М.: Физматлит, 2004. – 320 с.
11. *Сперанская Т. А.* Оптические свойства полимеров / Т. А. Сперанская, Л. И. Тарутина. – Л.: Химия, 1976. – 136 с.
12. *Николаев С. В.* Дихроизм коэффициента усиления активной среды лазеров на красителях с поляризованным излучением / С. В. Николаев, В. В. Пожар // *Оптика атмосферы и океана.* – 1998. – **11**, № 2–3. – С. 198–201.

Рукопись поступила 30.04.2014.

S. V. Nikolaev, V. V. Pozhar, M. I. Dzyubenko

THE INFLUENCE OF REFRACTIVE INDEX ANISOTROPY ON THE OPTICAL AND EMISSION CHARACTERISTICS OF LASER MATRICES ON THE BASIS OF THE DYE-DOPED POLYURETHANES

Recently, an intensive growth of interest in the investigations directed at the creation of efficient solid-state dye lasers has been observed. The significant part of these studies is dedicated to synthesizing solid active media on the basis of the transparent polymers of different chemical origin. Polyurethane and its derivative substances is one of the classes of polymers that can be applied in laser technology. Compared to other kinds of polymer media the polyurethane substrates are investigated much less. In particular, this concerns their optical properties. This work is dedicated to the study of the reasons for the appearance of the anisotropy of the refractive index of polyurethane active media and its influence on the optical and emission characteristics of laser matrices. It is established that the optically anisotropic state of medium is caused both by internal stresses of polyurethane as a result of intermolecular interaction and thermal stresses induced by powerful pumping. It is shown that the optical anisotropy of media leads to the presence of local birefringence in them. The influences of the birefringence induced by transverse pumping on the polarization of the laser emission were investigated. It is established that under such conditions the polyurethane active elements generate polarized radiation even during the excitation by the nonpolarized light.

Key words: solid-state dye laser, polyurethane matrix, birefringence, polarization, transverse pumping.

С. В. Николаев, В. В. Пожар, М. И. Дзюбенко

ВПЛИВ АНІЗОТРОПІЇ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ НА ОПТИЧНІ ТА ГЕНЕРАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНИХ МАТРИЦЬ НА ОСНОВІ АКТИВОВАНИХ БАРВНИКАМИ ПОЛІУРЕТАНІВ

Останнім часом зріс інтерес до досліджень, спрямованих на створення ефективних твердотільних лазерів на барвниках. Більшу частину цих досліджень присвячено синтезу твердих активних середовищ на основі прозорих полімерів різної хімічної природи. Одним із класів полімерів, які можуть бути використані в лазерних технологіях, є поліуретан і його похідні. У порівнянні з іншими типами полімерних середовищ поліуретанові середовища досліджені значно менше. Зокрема, це стосується їх оптичних властивостей. Роботу присвячено вивченню причин виникнення анизотропії показника заломлення поліуретанових активних середовищ і дослідженню її впливу на оптичні та генераційні характеристики лазерних матриць. Встановлено, що оптично анізотропний стан середовища зумовлений як внутрішніми напруженнями поліуретану внаслідок міжмолекулярної взаємодії, так і наведеними потужним накачуванням термічними напруженнями. Показано, що оптична анізотропія середовищ приводить до наявності в них локального двопронезаломлення. Досліджено вплив наведеного поперечним накачуванням двопронезаломлення на поляризацію лазерного випромінювання. Встановлено, що за таких умов поліуретанові активні елементи генерують поляризоване випромінювання навіть при збудженні неполяризованим світлом.

Ключові слова: твердотільний лазер на барвниках, поліуретанова матриця, двопронезаломлення, поляризація, поперечне накачування.