

Рисунок 2 – автоколебания для  $j \leftrightarrow j$  переходов между рабочими уровнями среды

1. Svirina, L.P. A two-frequency gas laser with weakly anisotropic cavity / L.P. Svirina // Opt. Commun. – 1994. – Vol. 111, № 2. – P. 380–390.
2. Le Floch, A. Dynamics of laser eigenstates / A. Le Floch, G. Ropars, J.M. Lenormand, and R. Le Naour // Phys. Rev. Lett. – 1984. – Vol. 52, № 1. – P. 918–921.
3. Puccioni, J.P. Differences in polarization dynamics of the electromagnetic field in xenon and neon lasers / J.P. Puccioni, J.L. Lippi, N.B. Abraham, and F.T. Arecchi // Opt. Commun. – 1989. – Vol. 72. – P. 361–366.
4. Svirina, L.P. Spontaneous pulsations in gas class-A lasers with weakly anisotropic cavities / L.P. Svirina, V.G. Gudelev, and Yu. P. Zhurik // Phys. Rev. A – 1997. – Vol. 56, № 6. – P. 5053–5065.
5. Cotteverte, J.C. Dynamics of circularly polarized eigenstates in lasers with nonweak atomic coupling / J.C. Cotteverte, F. Bretenaker, and Le Floch A. // Opt. Lett. – 1991. – Vol. 16, № 8. – P. 572–574.

УДК 621.373.826

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ С ОБУГЛИВАНИЕМ

Усольцева А.В.

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова  
Ижевск, Российская Федерация*

Любая отрасль мировой экономики зависит от материалов и техники, используемых в процессе производства. В производстве используются различные материалы, одними из наиболее распространенных, используемых во многих сферах, с учетом функциональной, эстетической и экологической точек зрения, в первую очередь, выделяются натуральные материалы, термическое воздействие на которые сопровождается их почернением, уменьшением содержания водорода, кислорода и увеличением углерода (древесина, пластик, натуральная и искусственная кожа, кость и т.д.). Создание уникальной продукции высокого уровня напрямую связано с постоянным развитием и усложнением методов, используемых для разработки, а также с применением прогрессивных инновационных технологий производства. В таком случае результат работы будет определяться гармоничным развитием технических решений, использованных при разработке новой продукции. Довольно часто не удается реализовать потенциальные возможности с качеством продукции, предусмотренным проектом, в связи с недостаточной изученностью технологических возможностей инновационных наукоемких технологий и отсутствием технологических рекомендаций для их применения. Качество продукции обеспечивается выполнением соответствующих требований к качеству составляющих, точности выполнения технических условий, технологических режимов, размеров, отклонений от формы, взаимного расположения, состояния обработанных поверхностей.

Повышение качества поверхностного слоя является актуальной проблемой технологии, решение которой требует опережающего подхода

в условиях быстрого технического развития и рыночной экономики, породившей острую конкуренцию среди производителей. Большинство процессов поверхностной обработки материалов имеют термическую природу, любая структура, любое состояние материала определяется четырьмя основными характеристиками теплового состояния: температура нагрева, скорость нагрева, время нагрева, скорость охлаждения.

Широкое распространение в промышленности получают лазерные технологии. Эффективность лазерных технологий обусловлена высокой плотностью потока энергии лазерного излучения в зоне обработки, возможностью фокусировки излучения с помощью оптических систем в световой луч диаметром в сотые доли миллиметра, возможностью ведения технологических процессов в любой прозрачной среде, малой зоной прогрева, обеспечиваемой кратковременным воздействием излучения, а также возможностью бесконтактной подачи энергии к зоне обработки в замкнутом объеме. Посредством лазерного излучения осуществляют резку, сверление отверстий, термическую обработку, гравирование, маркирование и многие другие технологические операции. Лазерное излучение существенно превосходит другие источники энергии, что позволяет не только значительно увеличить производительность обработки, но и получать качественно новые результаты по свойствам поверхности обрабатываемых материалов. В этой связи лазерный луч как источник нагрева имеет как общие особенности, свойственные всем другим высококонцентрированным источникам, так и свои специфические преимущества. Тем не менее для поверхностной обработки материалов с обугливанием лазерное излучение применяется

недостаточно широко из-за отсутствия апробированных методик, наличия дополнительных требований по эстетическим свойствам, таким, как форма, рисунок, фактура и цвет. Ряд теоретических и практических вопросов остаются недостаточно изученными. В частности, не изучена взаимосвязь между технологическими режимами работы лазерного оборудования и характеристиками поверхности промышленных изделий, не исследована степень влияния отдельных эстетических показателей на интегральную оценку потребительских свойств промышленных изделий. Действующие нормативные документы опускают процедурные вопросы, связанные с организацией и проведением объективной оценки качества поверхности при обработке. Различное толкование терминов вносит дополнительную путаницу и имеет весьма серьезные последствия, сдерживающие широкое применение лазерных технологий для обработки органических материалов. Использование нормативных документов из смежных областей промышленности, в частности, полутонового клина, предназначенного для испытания факсимильной аппаратуры типа 2, подгруппы 1 по ГОСТ 12922-77, хотя она и совместима программно и аппаратно с лазерными установками, не всегда обосновано из-за возникновения дополнительных трудностей в реализации. Формирование критериев оценки с учетом физико-химических процессов, сопровождающих воздействие лазерного излучения на материал, дает не плохие результаты, позволяет повысить предсказуемость полученных результатов. Качество обработанной поверхности определяется отклонением физических и механических свойств верхнего слоя материала. Геометрическое качество поверхности при наличии на ней выступов, впадин, штрихов и других неровностей на малых участках определяет микрогеометрию поверхности. Процессы лазерной поверхностной обработки являются многофакторными и многокритериальными. Управлять процессом, меняя все факторы невозможно. Поэтому из всех названных факторов выделены основные, которые называются управляющими. На микрогеометрию поверхности при лазерном гравировании, в основном, влияют следующие факторы: технологические режимы (мощность лазерного излучения, скорость гравирования, разрешающая способность, частота импульсов, диаметр сфокусированного лазерного луча на материале), динамические характеристики устройства перемещения лазерного луча, механические свойства обрабатываемого материала.

Для расширения областей применения лазерного излучения для обработки промышленных изделий из материалов с обугливанием проведено исследование микронеровностей поверхности при лазерном

гравировании. Для этого использовалось воспроизведение полутонового клина по ГОСТ 24930-81, имеющего 15 ступеней оптической плотности на тангенциальном, радиальном и поперечном разрезах древесины хвойных и лиственных пород, натуральной и искусственной коже, кости, органическом стекле.

Учитывая микроструктуру, химический состав и физико-механические характеристики используемых материалов для проведения исследований выбрана лазерная установка на углекислом газе  $\text{CO}_2$ . Анализ изменений состояния поверхности проводился при изменении мощности лазерного излучения от 2 до 12 Вт, скорости движения лазерного луча от 10 до 180 см/с, разрешающей способности, количества линий на дюйм, от 100 до 1000 dpi., частоты импульсов излучения от 500 до 1000 Гц, диаметра сфокусированного лазерного луча на материале от 0,05 до 1,0 мм. угла падения лазерного луча от  $0^\circ$  до  $45^\circ$ , и комбинации этих режимов.

Для оперативного управления технологическим процессом, получения точных исходных данных, разработана система управления лазерным технологическим процессом обработки материалов в реальном масштабе времени. Функциональная схема системы представлена на рисунке 1.

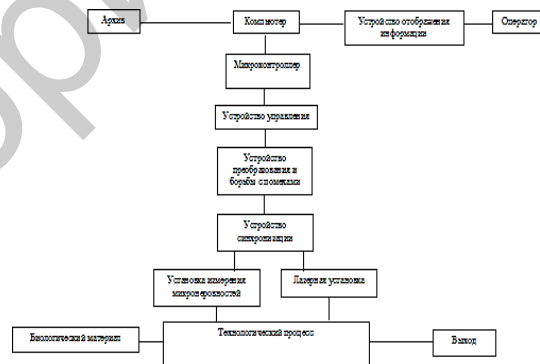


Рисунок 1 – Функциональная схема системы

Функционирование системы управления лазерным технологическим процессом осуществляется следующим образом. На начальном этапе формируется архив на основании базы данных изменения состояние поверхности материалов при лазерной обработке, функционально-корреляционных связей между характеристиками поверхности материала и параметрами лазерного излучения. Далее, на основании полученных статистических результатов, задаются режимы лазерной обработки, контролируются характеристики поверхности, при отклонении результатов от заданных производится коррекция.

Проведенные исследования показали, что, для достижения заданных параметров поверхности материалов с обугливанием при лазерной обработке

перспективно использование комплексного подхода, учитывающего существование функционально-корреляционных связей между параметрами, характеризующими технологию лазерной обработки и состояние поверхности материала. Проведенные исследования позволяют повысить эффективность применения лазерной техники при создании новых

технологий поверхностной обработки. Предлагаемый способ позволяет максимально сохранить уникальные индивидуальные свойства материала, успешно компенсировать имеющиеся естественные неоднородности материала и обеспечить стабильно высокие результаты при масштабном применении лазерных технологий.

УДК 535.37

### СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ФТОР-ФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ЭРБИЯ И ИТТЕРБИЯ

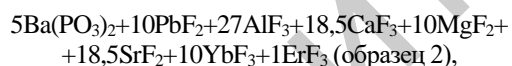
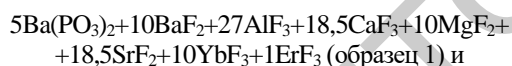
Ясюкевич А.С.<sup>1</sup>, Дернович О. П.<sup>1</sup>, Кулешов Н.В.<sup>1</sup>, Колобкова Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ «Оптических материалов и технологий» БНТУ, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) Санкт-Петербург, Российская Федерация

Генерация излучения в области спектра 1,5 мкм представляет значительный интерес для применений в системах оптоволоконной связи, для дальнометрии, так как излучение в этой области спектра является условно безопасным для зрения. Особый интерес здесь представляют стекла, активированные ионами эрбия, как активные среды для создания волоконных лазеров и усилителей. Состав стекляннной матрицы во многом определяет спектроскопические и физические свойства активной среды в целом.

В данной работе изучались спектроскопические характеристики эрбий-иттербиевых фторфосфатных стекол вида, которые отличаются наличием групп ВаF<sub>2</sub> и PbF<sub>2</sub>



с целью установить влияние состава стекляннной матрицы на спектроскопические характеристики ионов эрбия.

Синтез стекол осуществлялся при температуре 1050 С° в стеклоуглеродном тигле. Плотность образца 1 – 3,1 г/см<sup>3</sup>, образца 2 – 3,38 г/см<sup>3</sup>. Концентрации ионов Er<sup>3+</sup> и Yb<sup>3+</sup> в образце 1 – 1,5 · 10<sup>20</sup> см<sup>-3</sup> и 1,5 · 10<sup>21</sup> см<sup>-3</sup>, соответственно. Для образца 2 аналогичные величины составляли – 1,55 · 10<sup>20</sup> см<sup>-3</sup> и 1,55 · 10<sup>21</sup> см<sup>-3</sup>, соответственно.

Регистрация спектров поглощения производилась на спектрофотометре Cary 5000, а спектров люминесценции на экспериментальной установке, в состав которой входят набор фотоприемников на инфракрасную и видимую области спектра, монохроматор МДР 23, работающий под управлением компьютера, синхронный усилитель SR830.

На рис. 1 и 2 представлены спектры сечений поглощения образцов 1 и 2, обусловленные переходами с основного уровня <sup>4</sup>I<sub>15/2</sub> на более

высоколежащие для ионов эрбия и для перехода <sup>2</sup>F<sub>5/2</sub> → <sup>2</sup>F<sub>7/2</sub> иона иттербия. Как видно из этих рисунков, никаких существенных различий в спектрах для обоих образцов не наблюдается. Так же не наблюдается существенных различий для спектральных линий люминесценции в ИК (рис. 3) и видимой областях спектра (рис. 4).

Из этого можно сделать вывод, что ионы Ва и Pb не входят в ближайшее окружение ионов эрбия и иттербия и не влияют на их поглощательные и люминесцентные свойства.

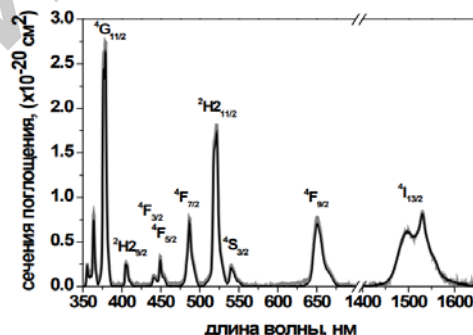


Рисунок 1 – Спектры сечений поглощения ионов Er<sup>3+</sup> в образцах 1 (серый цвет) и 2 (черный цвет). Основной уровень <sup>4</sup>I<sub>15/2</sub>

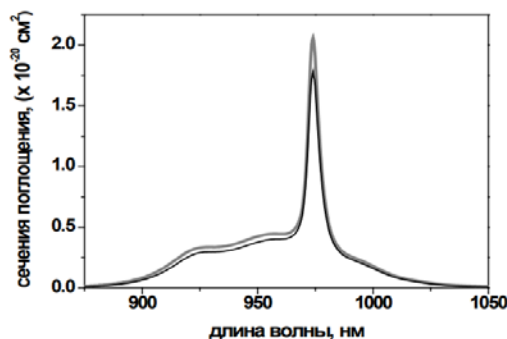


Рисунок 2 – Спектры сечений поглощения Yb<sup>3+</sup> в образцах 1 (серый цвет) и 2 (черный цвет) на переходе <sup>2</sup>F<sub>5/2</sub> → <sup>2</sup>F<sub>7/2</sub>

На основе спектров сечений поглощения (см. рис. 1, образец 1) был проведен расчет интенсивностей линий в спектре поглощения по