

Рисунок 3 – Поверхность пленок ПЭТФ, облученных ионами сурьмы с дозами: а – 200 мкКл; б – 2000 мкКл

Проведенные исследования показывают, что с увеличением дозы имплантируемой примеси

сурьмы в пленки ПЭТФ есть вероятность образования в имплантируемом тонком слое основного вещества кластеров сурьмы [3].

Литература

1. Копан М.Е., Аксянов И.Г. Узкополосная люминесценция полиэтилена и политетрафторэтилена в ближней ультрафиолетовой области спектра // Физика твердого тела, 2009, том 51, вып. 5, с. 1024–1027.
2. Primak W., Luthra J. Radiation blistering: Interferometric and microscopic observation of oxides, silicon, and metals. Journal of Applied physics 1966;37(6):2287–2294.
3. Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов: сб. науч. тр. / под ред. В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: ТГУ, 2014. – Вып. 6. – 484 с. (с. 95–100).

УДК 621.3.032.26(075.8)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Недабой Т.Д.¹, Шахлевич Г.М.²

¹Республиканский научно-практический центр медицинских технологий
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Обработка крупногабаритных заготовок, выполнение нескольких операций на одном оборудовании, а также необходимость управления несколькими устройствами для позиционирования пятна лазерного луча, имеющими разные интерфейсы, требуют совмещения систем дефлекции лазерного луча с приводами подач. Как следствие, необходим особый подход к построению архитектуры системы управления [1]. Повышенные требования к технологичности и универсальности установок, быстроте переключения режимов обработки и контролю параметров лазерного излучения потребовали включения в состав установки многофункциональных систем числового программного управления и программно-управляемых модулей, что обеспечивает снижение затрат на разработку и обслуживание установок для лазерной обработки.

Структурная схема системы автоматизированной подготовки программ управления элементами технологического модуля лазерного комплекса. Детальный анализ архитектуры систем ЧПУ показал, что для повышения эффективности обработки необходимо доработать схему автоматизированной подготовки программ управления элементами технологического модуля лазерного комплекса. На рисунке 1 представлена структурная схема доработанной системы управления технологическими процессами. представлена структура доработанной системы управления технологическими процессами.

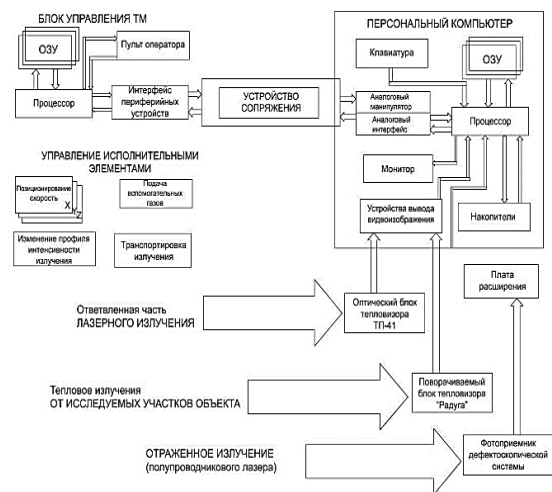


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления технологическими процессами

Основные функции предложенной системы управления близки к рассмотренной в [2]. Это:

- преобразование и передача данных, подготовленных в стандартных САПР, в программу управления исполнительными элементами: подачи вспомогательных газов, позиционирования, транспортировки излучения и изменения профиля его интенсивности;
- синтез программ управления и проведение соответствующих вычислений;
- отображение получаемого контура в системе координат плоскости обработки, определение

длины траектории перемещения и задание скорости позиционирования;

- трансляция команд управления на исполнительные элементы систем технологического модуля лазерного комплекса;

- передача программ управления в оперативное запоминающее устройство системы для хранения и последующего повторного исполнения;

- контроль и изменение профиля интенсивности лазерного излучения, формируемого динамическими фокусаторами (элементами компьютерной оптики);

- бесконтактный контроль температурного поля на поверхности обрабатываемых материалов в зоне воздействия энергетических потоков;

- изменение параметров энергетического, воздействия для проведения коррекции температурно-скоростных режимов обработки.

Компьютерная система управления технологическими процессами обработки материалов концентрированными энергетическими потоками является универсальной и позволяет реализовать сложные законы управления высокоэнергетическими технологическими процессами при проведении операций лазерной и комбинированной обработки различных конструкционных материалов, в том числе и законы управления с адаптацией. Имеется возможность включить ее в состав находящегося в эксплуатации оборудование различных фирм-производителей.

Благодаря реализации возможности синхронизации движения лазерного пучка в системе ЧПУ значительно повышается эффективность импульсной обработки. Процесс повышения автоматизации происходит за счет управления подачей и выводом материала, наличие базы данных параметров и наличие функций для ускорения рабочих процессов. Была доработана взаимосвязь между параметрами и вызовом процедур или функций. Для удобного управления лазерным оборудованием при необходимости возможно редактировать макет в графической программе и отправлять данные на программное обеспечение лазерного оборудования для обработки лазером.

Построение модели универсальной системы ЧПУ для управления режимами лазерной обработки. Применение современных систем ЧПУ, позволяющих совместить лазерный комплекс с приводами подачи, обосновано тем, что в итоге появляется возможность обработки заготовок с большими габаритами. Повышение эффективности и точности обработки обосновано развитием технологии многоуровневого синтеза, позволяющий быстро создавать прототипы для будущих изделий с характеристиками, близкими к оригинальным. При лазерной обработке для перемещения лазерного луча на плоскости могут использоваться следующие методы контроля:

- линейные / шаговые приводы, которые сразу получают параметры движения от интерполятора системы ЧПУ;

- устройства, реализующие внешнее управление движением. Такие устройства получают списки команд движения и сами обрабатывают движение луча в рабочем поле [3].

Структурная схема системы ЧПУ, в которой используются внешние устройства управления приведена на рисунке 2.

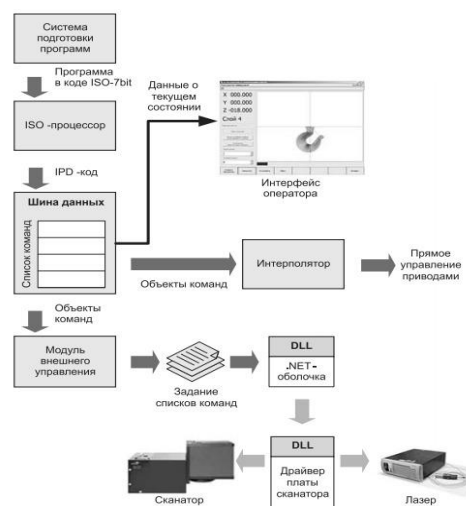


Рисунок 2 – Структурная схема системы ЧПУ

Анализ предложенной схемы управления показывает, что универсальная архитектура системы ЧПУ должна предусматривать одновременное применение обоих методов контроля, в том смысле, что позволяет реализовывать управление различными устройствами в рамках одной управляющей программы и использовать одну систему ЧПУ для разных технологий лазерной обработки (гравировка, послойный синтез и др.) без принципиальных изменений в ее архитектуре.

Алгоритм управления движением должен обладать синхронизацией движения с импульсами лазера в обрабатываемых точках для устранения остановок и обеспечением оптимальной скорости прохода точек в зависимости от допустимого ускорения по осям. Синхронизация движения подразумевает то, что путь между двумя рабочими точками должен быть пройден за строго определенное время, определяемое номинальной частотой лазера и ее допустимой погрешностью. При этом импульсы лампы накачки задаются системой ЧПУ, а не тактовым генератором лазера. Перед началом движения по очередному отрезку траектории вычисляются параметры профиля разгона/торможения (в виде трапеции). При этом сначала вычисляется максимальная конечная скорость в кадре (используется алгоритм look-ahead), а затем конечная и но-

минальная скорости корректируются так, чтобы общее время прохода кадра было кратно периоду импульсов лазера. Реализация подобного алгоритма позволила сократить время обработки изделий на 30–50% по сравнению со стандартной схемой управления.

Система ЧПУ для управления комплексным лазерным оборудованием была реализована в виде многооперационного обрабатывающего центра, реализующего гибридную технологию – механическая обработка в сочетании с лазерной. Кроме того, на поверхности изделия с помощью лазерного излучения могут быть нанесены специальные покрытия или произведена закатка отдельных участков. Механическая обработка на станке реализована за счет управления шестью координатами, две из которых отвечают за перемещение направляющих портального типа. Возможность обрабатывать сложные изделия за одну установку появляется при применении поворотного глобусного стола [4]. На станке также применяется лазер, который при механической обработке закрыт в специализи-

рованном отсеке, располагающемся на инструментальной головке. Варьируя мощность, площадь пятна фокусировки, время воздействия и режимы подачи различных газов и материалов в зону разогрева, можно выполнять множество разнообразных операций.

Литература

1. Вейко, В.П. Лазерные технологии: Учеб. пособие / А.А. Петров, В.П. Вейко. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 184 с.
2. Мурзин С.П. Компьютерная система управления технологическими процессами лазерной и комбинированной обработки материалов / Мурзин С.П. – Известия Самарского научного центра: Том 4, номер 1, 2002.- 127-132.
3. Сосонкин, В.Л. Системы числового программного управления / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М.: Логос-М, 2005. – 376 с.
4. Vázquez R.G., Murzin S.P. Joining of Aluminium Alloy by Laser Assisted Wetting // Lasers in Manufacturing and Materials Processing 2018. – Vol. 5. Is. 1. –P. 74-74.

УДК 535.24

КОМПАКТНЫЕ РЕФЕРЕНСНЫЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ С КОНИЧЕСКИМ ДИФFUЗНЫМ ОТРАЖАТЕЛЕМ

Данильчик А.В., Луценко Е.В., Никоненко С.В.

*Государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь*

В обычной метрологической практике оптической радиометрии в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне спектра, применяют эталонные (референсные) источники излучения: дейтериевые, кварцево-галогенные, ксеноновые и ртутные лампы. Каждому из этих типов ламп свойственны свои недостатки и преимущества, оказывающие существенное влияние на точность измерений. Дейтериевые лампы имеют относительно высокую стабильность излучения (не хуже 0,5 % за 8 ч работы) и относительно «гладкое» спектральное распределение мощности излучения в УФ диапазоне. Их основными недостатками являются малый межкалибровочный интервал (не более 50 ч), небольшое время жизни (до 1000 ч) и низкий уровень создаваемой спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО), не более $1 \cdot 10^8$ Вт·м⁻³. Ксеноновые лампы могут обеспечивать на много более высокий уровень освещенности, но имеют невысокую стабильность (не лучше 3 %) и неравномерное спектральное распределение излучения. Кварцево-галогенные лампы имеют высокую стабильность излучения и относительно «гладкое» спектральное распределение мощности излучения, но уровень СПЭО не превышает обычно 10^5 Вт·м⁻³ и 10^7 Вт·м⁻³ на длинах волн 250 и 400 нм со-

ответственно. Излучение ртутных ламп характеризуется наличием нескольких узких спектральных линий в УФ диапазоне спектра и нестабильностью излучения.

Одним из перспективных способов повышения точности оптических измерений в оптической радиометрии является использование референсных (эталонных) источников излучения, созданных на основе светодиодов (РСИИ), что обусловлено стабильностью и широким диапазоном мощности их излучения, хорошей воспроизводимостью основных оптических характеристик и долгим сроком службы. По этой причине в систему обеспечения единства измерений в области оптической радиометрии, в качестве вторичных и (или) рабочих эталонов, светодиоды введены с 2015 г. (ГОСТ 8.023-2014, ГОСТ 8.195-2013, ГОСТ 8.197-2013, ГОСТ 8.205-2014), что в определенной мере отражает прогресс в развитии светодиодных технологий. Однако следует отметить, что на сегодняшний день пока отсутствуют стандартизованные рекомендации по конструкции и характеристикам РСИИ. Но работа в этом направлении ведется, как в рамках технических комитетов СЕ, так и в метрологических национальных институтах [1–5].