

УДК 53.082.531

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Чеботарев А.А. (Университет ИТМО)

Комисаров В.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., Синева Д.А. (Университет ИТМО)

Научные консультанты – к.т.н., Ахмадуллин Р.М. (АО «НПП «Сигнал»)

к.т.н., Кукушкин Д.Е. (Университет ИТМО)

В настоящей работе с помощью ПО Zemax OpticStudio построена и рассчитана оптическая схема лазерного датчика для детектирования и разрешения мелкогазмерных объектов для решения задач автоматизации систем управления технологическим процессом сборки устройства защиты от дугового пробоя. Проектирование произведено с учетом критериев, которые были получены по результатам экспериментального исследования свойств идентифицируемых объектов. Подобрана компонентная база для макетирования лазерного датчика с заданными характеристиками.

Введение. Так как массовое производство зависит от автоматизации процессов сборки радиоэлектронных устройств, а компонентная база и детали данных устройств уменьшаются в размерах по мере повышения их технических характеристик, возникает потребность в решениях, позволяющих обеспечить автоматические линии оборудованием и контрольно-измерительными приборами. При развитии такой технологии как техническое зрение, растет количество способов подсветки объектов на линии сборки и соответственно применяется все более широкий спектр излучения для идентификации объектов. Это означает, что для совместной работы оптического датчика и технического зрения необходимо использовать различный спектр решений и понимать особенности при идентификации объектов из разных материалов с различной геометрией.

В настоящей работе проведен анализ предлагаемых решений на рынке модулей контрольно-измерительных приборов и автоматики и систем технического зрения для автоматических систем управления технологическими процессами. Исходя из него можно сделать заключение, что определение металлического объекта размером 100–200 мкм, который будет находиться на фоне других объектов из пластмассы и металла, без использования высокоточных систем позиционирования не представляется возможным существующими стандартными модулями. Наиболее гибкая для тонкой настройки и способная решить эту задачу система технического зрения представляется нам экономически нецелесообразной, что обуславливает необходимость поиска новых технических решений.

Основная часть. Целью настоящей работы является подбор компонентной базы для лазерного датчика детектирования и разрешения мелкогазмерных объектов для решения задачи контроля наличия пружины изгиба (200 мкм) в изделии при сборке устройства защиты от дугового пробоя (УЗДП). Для достижения данной цели нужно решить следующие задачи:

1. Исследовать спектр отражения деталей УЗДП (пружины изгиба и близлежащих деталей) в диапазоне 350–900 нм
2. Определить пороги деформации деталей УЗДП
3. Смоделировать оптическую схему датчика в ПО Zemax
4. Произвести энергетический расчет оптической схемы в ПО Zemax

Для проведения экспериментов и оценки результатов использовалось следующее оборудование:

1. Спектрофотометр ЛОМО МСФУ-К (исследуемый спектральный диапазон 350–900 нм)

2. Оптический микроскоп Zeiss Axio Imager A1.m
3. Лазерный комплекс Мини-Маркер-2 включающий в себя импульсный иттербиевый волоконный лазер ($\lambda = 1.064$ мкм, $\tau = 4\text{--}200$ нс, $f = 1,6\text{--}99$ кГц, $P=20$ Вт), сканаторную систему и F-Theta объектив, поле обработки 100×100 мм (диаметр пятна 50 мкм в фокальной плоскости)

В качестве материалов исследования использовались детали УЗДП: 1. Корпус УЗДП; 2. Рычаг-коромысло; 3. Рычаг управления; 4. Рычаг двуплечный; 5. Пружина изгиба; 6. Ось (D2.0); 7. Ось (D1.5).

С помощью спектрофотометра ЛОМО МСФУ-К были измерены коэффициенты отражения деталей УЗДП. Наиболее подходящая длина волны для источника идентифицирующего излучения находится в диапазоне $750\text{--}825$ нм, где разница отражательных способностей деталей из пластика и металла максимальна и составляет порядка 25% . Была проведена серия экспериментов для изучения порогов деформации деталей. Для этого был использован лазерный комплекс Мини-Маркер-2. Образец был помещен на координатный стол в фокусе F-Theta объектива, далее на образец воздействовали лазерным излучением с длиной волны 1064 нм, с постоянной частотой следования импульсов 99 кГц, средней мощностью в диапазоне от $0,43\text{--}1,51$ Вт в течение $0,5$ с, длительность импульса составляла 100 нс, затем тоже самое повторяли для остальных образцов. Диаметры полученных кратеров на образцах были измерены путем микроскопии с помощью оптического микроскопа Axio Imager A1.m. По полученным зависимостям были определены пороговые плотности мощности деформации деталей. С помощью ПО Zemax OpticStudio были смоделированы несколько оптических схем датчика, наиболее подходящей оказалась схема с использованием непрерывного лазерного диода с длиной волны 808 нм мощностью 1 Вт с расходимостью 30° по быстрой оси и 9° по медленной оси, двух линз с фокусами 25 мм и фотоприемником с площадкой 10×10 мм.

Выводы. В работе исследован спектр отражения деталей УЗДП, порог их деформации, наименьшая пороговая плотность мощности деформации из всех деталей оказалась равна $1,7$ кВт/см². Путем моделирования нескольких оптических схем в ПО Zemax OpticStudio были определены оптимальные компоненты датчика и необходимое расстояние до пружины изгиба равное 105 мм. Также расчет оптической схемы показал, что при наличии пружины изгиба в области воздействия на фотоприемник приходит 5 мВт, а при её отсутствии $2,5$ мВт максимальная плотность мощности на пружине изгиба будет составлять $0,2$ кВт/см², что на порядок меньше наименьшей пороговой плотности мощности.

Авторы благодарят Физико-технический Мегафакультет Университета ИТМО за грантовую поддержку научных и исследовательских работ магистров и аспирантов (НИРМА).

Чеботарев А.А.

Подпись

Синев Д.А.

Подпись