

Рисунок 4 – Зависимость температуры чувствительного слоя от приложенного напряжения.

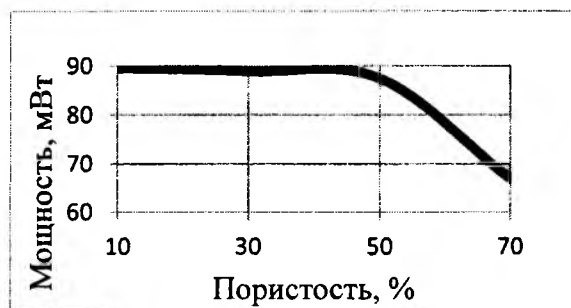


Рисунок 5 – Зависимость потребляемой мощности микросистемы от пористости подложки

Моделирование показало, что уровень термомеханических деформаций возникающих в кристалле микросистемы являются допустимым (рис. 6).

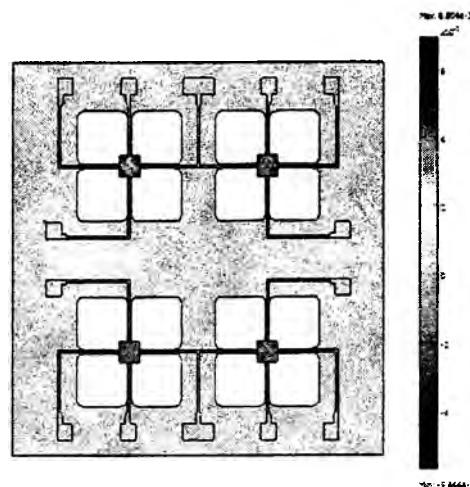


Рисунок 6 – Результаты моделирования термомеханических напряжений при напряжении питания микросистемы 2 В

УДК 53.082.5:621.373.826

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА ОТ ОБРАЗУЮЩЕЙ

Рыжевич А.А., Солоневич С.В., Смирнов А.Г., Лепарский В.Е.

Институт физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Профили поверхностей деталей, как правило, имеют неровности сложного характера, оказывающие существенное влияние на эксплуатационные показатели. Для определения наличия тех или иных видов неровностей [1] на поверхностях объектов разрабатываются специальные устройства, называемые профилометрами. Отдельной группой стоят бесконтактные профилометры, в т.ч. оптические, которые используют в качестве рабочего инструмента световое излучение. Большинство из них, как и в [2-3], предназначено только для контроля объектов с хорошо отражающей цилиндрической поверхностью сравнительно высокого качества и не позволяет определить отклонения от формы шероховатых объектов. Кроме того, они требуют наличия свободного пространства вокруг исследуемой поверхности объекта, что выполнить в условиях реального производства не всегда возможно. Измерение больших по размерам объектов с помощью устройств, подобных описанным в [2-3], также весьма затруднительно, поскольку при

создании оптической схемы необходимо использовать оптические элементы с размерами, превышающими диаметр исследуемого объекта.

Нами предложено устройство, назначением которого является неразрушающее бесконтактное измерение всех видов неровностей на объектах, закрепленных с возможностью контролируемого перемещения относительно источника излучения и регистрирующей системы, в том числе не дающих зеркального отражения, шероховатых, крупногабаритных, с поверхностями, имеющими в качестве образующей прямую, т.е. цилиндрическими, коническими и плоскими. Схема предложенного нами устройства для определения отклонения поверхности от образующей приведена на рис. 1. Устройство состоит из источника лазерного излучения 1, коллиматора 2, положительной цилиндрической линзы 3, микроскопа 4, CCD-камеры 5, аттенюатора 6, закрепленных на платформе 7, компьютера 8, сопряженного с CCD-камерой 5, с программами для записи и анализа зарегистриро-

ванных CCD-камерой 5 распределений интенсивности и системы для позиционирования исследуемого образца 9 и платформы 7 относительно друг друга. Устройство работает следующим образом. Исследуемый объект 9 и платформа 7 устанавливаются с помощью системы позиционирования таким образом, чтобы обеспечить возможность контролируемого поступательного смещения относительно друг друга в направлении, параллельном направляющей объекта, объекта и платформы 7 с установленными на нее источником лазерного излучения 1, коллиматором 2, линзой 3, микроскопом 4, CCD-камерой 5 и, опционально, аттенуатором 6. Световой пучок источника лазерного излучения 1 после уменьшения расходимости коллиматором 2 фокусируется цилиндрической линзой 3 в вытянутое фокусное пятно в плоскости образующей исследуемого объекта 9. Фокусное пятно вытянуто в направлении, перпендикулярном образующей объекта.

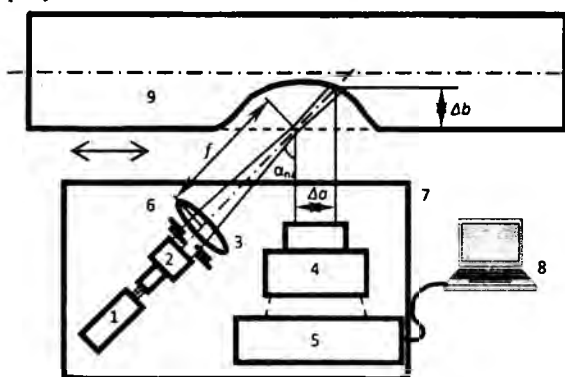


Рисунок 1 – Оптическая схема устройства

Аттенуатор 6 опционально, т.е. при необходимости, выводит интенсивность лазерного излучения, попадающего на приемник CCD-камеры 5, в диапазон ее линейного восприятия. Световое пятно на поверхности объекта увеличивается с помощью микроскопа 4 и регистрируется CCD-камерой 5, сопряженной с компьютером 8. С помощью соответствующей программы на компьютере определяется начальное положение фокусного светового пятна на участке поверхности объекта, совпадающем с заданной образующей. Положение фокусного пятна определяется координатой центра гауссовой функции, построенной в качестве аппроксимирующей к зарегистрированному распределению интенсивности. После этого системой позиционирования производится смещение объекта и платформы 7 относительно друг друга вдоль образующей объекта на определенное заданное расстояние Δl и вновь определяется положение светового пятна. При наличии неровности на поверхности объекта фокусное пятно смещается отно-

сительно оси микроскопа 4. По смещению пятна определяется отклонение от образующей поверхности в месте падения светового пучка. Затем цикл смещение-регистрация-определение отклонения повторяется вдоль заданного участка объекта, благодаря чему определяется профиль исследуемого объекта вдоль линии, описанной световым пятном на поверхности объекта при поступательном смещении объекта 9 и платформы 7 относительно друг друга. Затем, если объект цилиндрический или конический, он проворачивается на малый угол таким образом, чтобы обеспечить необходимое разрешение, и серия измерений вдоль заданной образующей объекта повторяется. Если объект имеет плоскую поверхность, после проведения измерений вдоль одной линии, объект перемещается поступательно в направлении, перпендикулярном образующей, на величину, обеспечивающую необходимое разрешение, после чего происходит очередная серия измерений. Посредством расчета профиля объекта по линии вдоль образующей определяются макронеровности и волнистость. Микронеровности детали, т.е. шероховатость определяются по методике, описанной в [1], основанной на подсчете значительных колебаний интенсивности вдоль любой прямой линии на распределении интенсивности в сечении отраженного поверхностью пучка, поскольку отраженный не зеркально гладкой, т.е. шероховатой поверхностью световой пучок имеет распределение интенсивности в виде спеклов с определенным средним размером. Чем больше микронеровности, тем мельче спеклы.

Один экземпляр устройства изготовлен и проверен в работе. Изменяя увеличение регистрирующей системы микроскоп-CCD-камера, с помощью изготовленного образца устройства можно измерять отклонения поверхности от образующей не менее, чем на 5 мм в обе стороны с абсолютной погрешностью, не превышающей 1% от заданного диапазона измерений. Разрешение устройства как вдоль образующей, так и в перпендикулярном ей направлении определяется техническими характеристиками используемой системы позиционирования. В изготовленном образце устройства разрешение в обоих направлениях составляет 10 мкм. На рис. 2 показано сравнение измеренного с помощью изготовленного устройства профиля объекта в месте дефекта (круглые точки – измеренные через каждые 0,5 мм значения отклонения, тонкая сплошная линия – результат сглаживания методом Савицкого-Галая линии профиля, построенной по экспериментальным значениям величины отклонения поверхности от образующей) с обобщенной огибающей дефекта (пунктирная линия). Построенный по измеренным с помощью устройства отклонениям поверхности объекта от

заданной образующей профиль объекта хорошо соответствует реальной конфигурации поверхности объекта на линии измерения в месте дефекта и характеризует макронеровности и волнистость объекта.

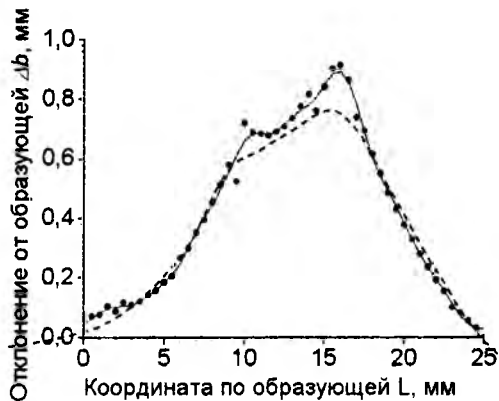


Рисунок 2 – Сравнение зарегистрированного устройством профиля поверхности с обобщенной пунктирной огибающей дефекта

Поскольку рабочим инструментом в устройстве является световое излучение, не требуется механического контакта с поверхностью исследуемого объекта. Поэтому предлагаемое устройство применимо для контроля и количественных измерений отклонения от формы цилиндрических, конических и плоских объектов с целью проверки качества изделий и диагностики

УДК 535:628.373.8, 535:548

АПОДИЗАТОР ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДВУОСНОГО КРИСТАЛЛА

Рыжевич А.А., Солоневич С.В., Хило Н.А., Казак Н.С.

Институт физики НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

При использовании лазерных пучков зачастую требуется плавно регулировать диаметр их поперечного сечения. Конструкция подавляющего большинства лазеров не позволяет этого сделать непосредственно. Для увеличения диаметра пучка обычно применяют телескопы. Телескопы при увеличении поперечного размера пучка уменьшают его расходимость, но при уменьшении – увеличивают, что в большинстве случаев нежелательно.

Для уменьшения диаметра пучка применяют также круглые диафрагмы, однако их применение влечет за собой сильные дифракционные искажения в распределении интенсивности пучка. Кроме того, круглые диафрагмы имеют фиксированный размер, что не позволяет оперативно перестраивать диаметр выходного пучка. Применение ирисовых диафрагм позволяет плавно изменять размер пучка, однако не избавляет от дифракционных искаже-

двигающихся рабочих узлов с изнашивающейся рабочей поверхностью в промышленности, например, прокатных валов или прессов, в том числе нагретых, в условиях реального производства

1. Глеч, Л.А. Контроль качества поверхностей деталей лазерным излучением / Л.А. Глеч // 3б. наук. пр. / Вид-во СевНТУ. – Севастополь, 2009. – Вип. 11 : Оптимізація виробничих процесів (Оптимизация производственных процессов). – С. 166-168.
2. Солоневич, С.В. Лазерный профилометр на основе конических световых пучков для определения качества цилиндрических поверхностей / С.В. Солоневич, А.А. Рыжевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2006. – № 5. – С. 112-114.
3. Устройство измерения профиля цилиндрических и конических поверхностей: пат. 9654 Респ. Беларусь, МПК8 G 01B 9/12 / В.Н. Белый, Н.С. Казак, М. Кренинг, А.Г. Машенко, П.И. Ропот, Н.А. Хило ; заявитель ГНУ «Институт физики Б.И. Степанова НАН Беларуси» – № а 20050262 ; заявл. 21.03.05 ; опубл. 30.08.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4. – С. 148-149.

ний. В избежание дифракционных искажений для уменьшения диаметра лазерного пучка во многих случаях применяют так называемые аподирующие диафрагмы различных конструкций [1-5], коэффициент пропускания которых плавно изменяется в зависимости от радиальной координаты за счет, например, соответствующего изменения коэффициентов поглощения и/или отражения. «Мягкие» диафрагмы, как правило, имеют фиксированные размеры. Актуальной является задача изменять диаметр выходного лазерного пучка, не увеличивая при этом его расходимость и не внося нежелательных искажений в его распределение интенсивности.

В настоящей работе описан созданный авторами преобразователь на основе двuosного кристалла, позволяющий решать эту и некоторые другие задачи по формированию световых пучков. Оптическая схема преобразователя приведена на рис. 1.