

УДК 681.782.44(045)

С.Р. ИГНАТОВИЧ, И.М. ЗАКИЕВ, В.И. ЗАКИЕВ

*Национальный авиационный университет, Киев, Украина***КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БЕСКОНТАКТНОГО ПРОФИЛОМЕТРА**

Представлены результаты использования бесконтактного интерференционного трехмерного профилометра для осуществления контроля качества поверхностей с нанометрической точностью. Даны предложения для более широкого использования бесконтактного интерференционного профилометра при контроле поверхности деталей авиационных ГТД, а также оптоволоконных разъемов, качества микросхем.

интерференция, профилометр, трехмерный профиль**Введение**

Почти все поверхности однородных материалов имеют дефекты, полученные в результате различных видов обработки, пластической деформации, нагревания, окисления и загрязнений. Атомы или молекулы, находящиеся в глубине материала и на его поверхности, имеют различное число связей. Атомы на поверхности являются неуравновешенными, поэтому поверхность обладает избытком энергии (поверхностная энергия). Для металлов это приводит к притягиванию поверхностным слоем точечных (вакансии) и линейных (дислокации) дефектов кристаллической решетки, что ведет к его разупрочнению. Поверхность конструкционных материалов подвергается окислительным процессам, под воздействием высоких температур поверхностный слой охрупчивается за счет диффузии с поверхности упрочняющих фаз (легирующих элементов) [1].

Механически обработанные, полированные или притертые поверхности металлических, полимерных и керамических материалов имеют большую или меньшую шероховатость. Все поверхности содержат нерегулярности: выпуклости и впадины, которые называют структурой или топографией поверхности. Даже в монокристаллических материалах разделенные поверхности имеют ступеньки скола. При усталости металлов локальное пластическое дефор-

мирование, обусловленное выходом дислокаций на поверхность, сопровождается экструзией и интрузией. Формируется деформационный рельеф поверхности, что является причиной зарождения микро трещин [2]. Таким образом, топография поверхности является важнейшим индикатором процессов повреждаемости и несет ценную диагностическую информацию о состоянии поверхностных свойств материалов и покрытий.

Формулирование проблемы. На сегодняшний день существуют достаточно информативные методы для диагностики качества поверхности [3]. Это, например, атомно-силовая, сканирующая и туннельная микроскопия. Однако все они имеют недостатки – испытуемый образец нуждается в тщательной подготовке, длительное время сканирования, высокая стоимость.

Этих недостатков лишен интерференционный профилометр, предназначенный для восстановления микро топографии поверхности методом обработки последовательности интерференционных данных при частично когерентном освещении [4].

Технические характеристики профилометра:
поле сканирования (X, Y), мкм.250×300;
разрешение по горизонтали (X, Y), мкм.0,15;
измеряемая высота рельефа (Z), мкм.до 80;
разрешение по вертикали (Z), нм.10;
время регистрации, мин.0,1–15.

Данный прибор позволяет строить двух- и трехмерное изображение поверхности, получать количественные характеристики рельефа поверхности, наблюдать интерференционные картины в белом и в монохроматическом свете [5].

Ниже приведены результаты практического использования интерференционного бесконтактного профилометра.

Решение проблемы

Повышенные требования к надежности деталей авиационных ГТД, работающих в экстремальных условиях термосилового нагружения, обуславливают необходимость проведения неразрушающего контроля для оценки их технического состояния. Объектом контроля должен быть поверхностный слой деталей, в котором процессы деформирования и разрушения более интенсифицированы по сравнению с остальным объемом материала. На рис. 1 приведена 2D-топография дефектного участка дорожки трения подшипника авиационного ГТД.

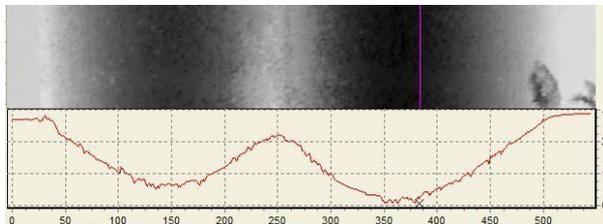


Рис. 1. Топография дефектного участка на поверхности дорожки трения подшипника

Бесконтактный профилометр может также применяться и для контроля других объектов, например для контроля геометрических параметров волоконно-оптических разъемов, которые используются в эндоскопах.

Чтобы гарантировать надежную работу и стабильность параметров волоконно-оптических средств в течение всего срока службы необходимо при их производстве обеспечить оптимальную форму оптических поверхностей, по которым осуществляется контакт в соединителях. [6].

На рис. 2 представлены 2D- и 3D-топографии торцов ферулов оптических разъемов.

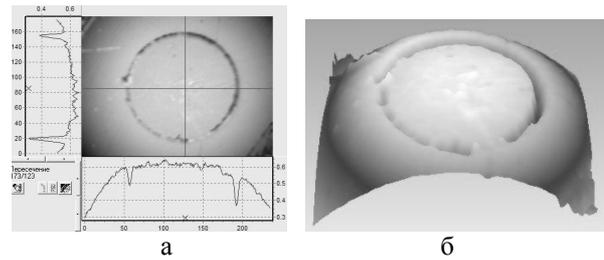


Рис. 2. (а) 2D- и (б) 3D-изображения оптоволоконного разъема.

Разрешение получаемого изображения достаточно высокое для того, чтобы вместе с общей формой торца ферула видеть довольно мелкие детали рельефа поверхности. После того как в цифровом виде определена форма поверхности, рассчитываются ее геометрические параметры – радиус полировки, смещение вершины, заглупление волокна и др. Рассчитанные параметры сравниваются с заранее введенными в компьютер предельными значениями и автоматически формируется заключение о качестве поверхности – соответствует она или не соответствует предъявляемым требованиям.

При изготовлении современных интегральных схем очень важным является контроль технологических процессов. Хорошо организованный контроль обеспечивает высокий процент выхода качественной продукции. Успешный контроль изготовления интегральных микросхем в основном зависит от процесса производства и заключается в измерении и визуальной проверке основных операций технологического процесса с последующим использованием полученной информации для корректирования технологических режимов.

Применение разработанного профилометра, который включает в себя оптический микроскоп, значительно повышает производительность и снижает затраты связанные с контролем интегральных микросхем.

Ниже приведено несколько примеров использования бесконтактного профилометра при контроле изделий микроэлектроники (рис. 3).

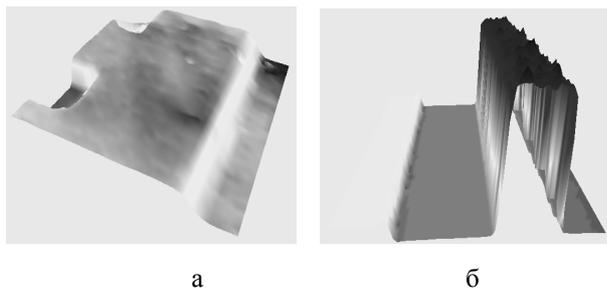


Рис.3. 3.D топографии подложки монокристалла кремния (а) и усилителя мощности (б)

Бесконтактный интерференционный трехмерный профилометр можно использовать в такой бурно развивающейся во всем мире области как наноиндентирование и склерометрия. С его помощью имеется возможность количественно определять в реальном масштабе времени восстановленную глубину отпечатка после снятия нагрузки, вычислять объем вытесненного материала, получать двух и трехмерную топографию испытываемой поверхности (рис. 4).

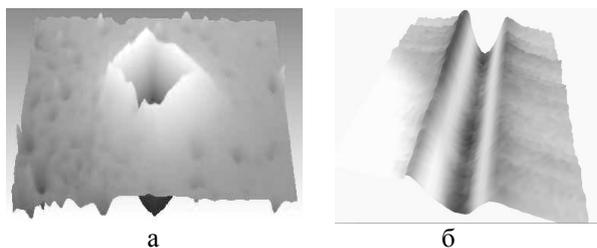


Рис. 4. 3D топографии отпечатка индентора на поверхности (а) и царапины на поверхности стали (б)

В заключение, для подтверждения широких возможностей профилометра, на рис.5 представлены результаты измерения участка поверхности CD-ROM диска, у которого размеры питов (ямок) строго регламентированы и по глубине составляют половину длины волны лазерного светодиода, т.е. 0,4 мкм.

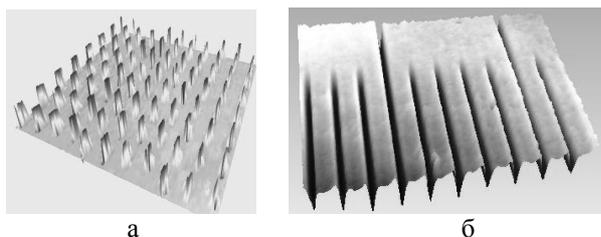


Рис. 5. Топографии поверхностей компакт-диска (а) и объект-микрометра (б)

Таким образом, бесконтактный интерференционный трехмерный профилометр может использоваться для контроля качества CD-ROM носителей.

Заключение

Бесконтактный интерференционный трехмерный профилометр может успешно применяться в материаловедении, машиностроительной промышленности, микроэлектронике, при наноиндентировании и т.д.

Литература

1. Владимиров В.И. Физическая природа разрушения металлов. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
2. Горицкий В.М., Терентьев В.Ф. Структура и усталостное разрушение металлов. – М.: Металлургия, 1980. – 208 с.
3. Miyoshi K. Surface characterization techniques: an overview. – NASA/TM –2002-211497, Glenn Research Center of NASA. – July 2002. – 45 p.
4. Игнатович С.Р., Закиев И.М., Закиев В.И. Методика бесконтактной регистрации поверхностного рельефа объектов в трехмерном нанометрическом диапазоне // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2005. – № 4 (20) – С. 46-49.
5. Игнатович С.Р., Закиев И.М., Карускевич О.М., Закиев В.И. диагностика усталостной поврежденности методом бесконтактной регистрации поверхностного рельефа объектов в нанометрическом диапазоне // *Матер. 13-й междунар. конфер. «Современ. методы и средства неразруш. контроля и тех. диагностики»*, Ялта, 3.11.2005. – С. 80-82.
6. Базакуца П.В., Черчель Л. Интерферометрический метод измерения параметров оптических разъемов // *Измерительная техника*. – 2004. – №. 1. – С. 42-45.

Поступила в редакцию 20.05.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.В. Щепетов, Национальный авиационный университет, Киев.