

Программное обеспечение позволяет осуществлять ввод исходных данных на диск, запись и чтение их с диска, а также определять шероховатость поверхности. В состав программного обеспечения входят восемь файлов. Тестирование разработанного программного обеспечения показало его высокую эффективность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинов В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 367с. 2. Кудинов В.А. Информационный подход к проблеме малых перемещений в станках/ В.Э.Пуш, Л.И.Шутова / Тр. 3-го междунар. конгр. КТИ-96. – М., 1996. – С.82–84. 3. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. –Мн: ДизайнПро, 1997. – 640с. 4. Справочник технолога машиностроителя. Т.1, /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. –М.: Машиностроение, 1986. – 656с.

УДК 620.179.118.4

В.А. Зеленин, А.С. Сенько, С.Ф. Сенько

### **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫСОКОГО КЛАССА ОБРАБОТКИ**

*Физико-технический институт Национальной Академии Наук  
Минск, Беларусь*

Современный уровень развития точного приборостроения, машиностроения, микроэлектроники, и др. отраслей промышленности предъявляет все более высокие требования к исходным материалам, в частности, к качеству обработки поверхностей ответственных деталей. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость постоянного совершенствования и разработки новых методов контроля качества поверхностей, дефекты которых влияют на выход годных и параметры изготавливаемых изделий. Метрологическое обеспечение изготовления деталей с поверхностями высокого качества базируется в настоящее время в основном на применении узкоспециализированных методов контроля.

Критерием высокого качества поверхностей, наряду с соответствием требованиям к размерам и форме, является отсутствие на них дефектов. Наличие дефектов поверхности приводит к браку изделий, например, снижает процент выхода годных кристаллов при изготовлении ИС.

Общим недостатком существующих методов контроля качества поверхности является оценка интегральных ее характеристик, например, шероховатости, неплоскостности и др. [1]. Эти методы не позволяют установить природу и причины возникновения дефектов, что в ряде случаев приводит к необоснованному росту материальных

затрат на повышение качества изделий. Дальнейшее развитие методов контроля должно основываться на неразрушающей дифференциальной диагностике дефектов, т.е. на установлении связи между конкретным типом дефектов и порождающими его причинами.

В связи с этим наиболее привлекательным неразрушающим методом контроля качества поверхности высокого класса обработки является метод оптической топографии [2]. Сущность метода заключается в освещении контролируемой поверхности коллинеарным излучением оптического диапазона и наблюдении отраженного света на специальном экране. В местах локализации дефектов угол отражения света изменяется, и на экране возникают их светотеневые изображения. Метод обладает высокими разрешающей способностью и производительностью. Однако, несмотря на возможность одновременного контроля всех топографических дефектов (по сути, микронеровностей), метод не позволяет получать количественные данные о дефектности контролируемой поверхности. Эта проблема может быть решена только с помощью компьютерной обработки и расшифровки оптических топограмм [4].

Целью настоящей работы является разработка метода неразрушающей дифференциальной диагностики качества поверхностей высокого класса обработки.

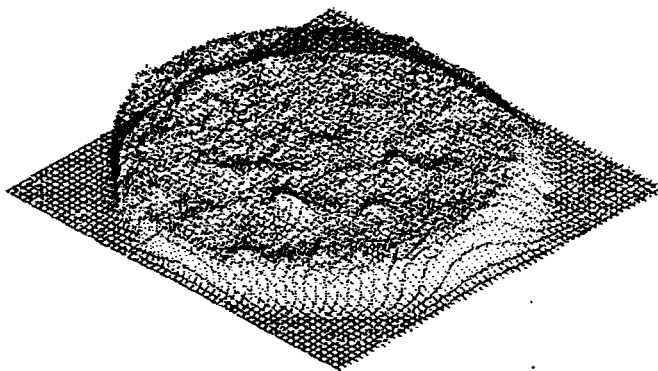
Поставленная цель реализована путем модернизации метода оптической топографии за счет введения компьютерной обработки полученной информации. Сущность обработки заключается в дифференцировании полученных изображений, что и дало название методу.

Известно, что для получения достаточно резкого изображения рельефа поверхности необходимо, чтобы максимальная разность хода лучей, несущих изображение некоторого ее участка не превышала  $\lambda/4$ , т.е.

$$2R_z \cos \varphi \leq \lambda_{cp} / 4,$$

где  $R_z$  – шероховатость поверхности;  $\varphi$  – угол падения луча;  $\lambda_{cp}$  – средняя длина волны [1]. В нашем случае  $\lambda_{cp} = 540$  нм,  $\varphi < 30^\circ$ , следовательно  $R_z \leq 60$  нм. Т.е. метод позволяет наблюдать и идентифицировать дефекты на поверхностях, параметр шероховатости  $R_z$  которых не превышает 60 нм. Теоретическая разрешающая способность метода по высоте дефектов на порядок выше и составляет 6 нм [3].

Предварительные исследования показали высокую эффективность данного метода по сравнению с существующими. Высокая наглядность и информативность метода позволяет проводить дифференциальную диагностику качества поверхности по типам и видам дефектов, дифференцировать их по причинам возникновения. Развитие и расширение применения метода позволит значительно повысить качество разработок в различных областях промышленности при меньших затратах.



*Рис. 1. Топография контролируемой поверхности после компьютерной обработки.*

На рис.1. представлен пример изображения поверхности круглой пластины с шероховатостью  $R_z < 50$  нм диаметром 200 мм. Применение метода дифференциальной диагностики позволило установить причину брака пластины – большое количество заполированных участков – выступов. Полученное изображение позволяют судить о локализации этих выступов и их размере.

Развитие дифференциальной диагностики дефектов поверхностей позволит сократить затраты на повышение качества изготавливаемых изделий в различных областях промышленности – точном приборостроении и машиностроении, электронике, оптике и в др. Метод существенно повышает оперативность процесса контроля различных поверхностей на наличие дефектов. Изображение контролируемой поверхности на экране монитора формируется в течение нескольких с после внесения объекта в рабочую зону контроля.

Оперативное выявление с помощью данного метода причин формирования дефектов поверхностей позволит принимать адекватные меры по их устранению, что сократит затраты на производство и снизит себестоимость продукции. Замена разрушающих методов контроля на неразрушающий позволяет получить дополнительную экономию, так как разрушающие методы приводят в негодность контролируемые объекты. При этом повышается также экологическая безопасность за счет исключения вредных выбросов (например, паров кислот при проведении металлографического контроля), имеющих место при контроле разрушающими методами.

Высокая эффективность контроля наряду с невысокой стоимостью оборудования и высокой производительностью позволяет проводить оперативный количественный контроль микрогеометрических параметров поверхностей. Программное обеспечение предусматривает пакетную обработку данных, что значительно ускоряет процесс получения информации при массовом производстве.

Таким образом, использование данной системы позволит осуществлять дифференциальную диагностику поверхностей с параметром шероховатости  $R_z < 50$  нм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.–191 с. 2. Сенько С.Ф., Зеленин В.А. Оптическая топография – новый метод контроля материалов электронной техники // Известия Белорусской инженерной академии. № 1(9)/2. – 2000. – С.167–169. 3. Hahn S. et al. Characterization of mirror-like wafer surfaces using magic mirror method. J. of Crystal Growth. – 1990. – V. 103, № 1–4, p. 423–432. 4. Сенько А.С., Сенько С.Ф., Зеленин В.А.. Компьютерная диагностика топографических дефектов полупроводниковых пластин // Материалы докладов Международной научно-технической конференции “Новые технологии изготовления многокристалльных модулей”. 25–29 сентября 2000 г., Минск – Нарочь, Беларусь. – Мн., 2000. – С.136.

УДК 621.37/39:534

В.М. Колешко, В.В. Баркалин, Е.В. Польшкова

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ И АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПЛЕНОК

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

В настоящее время в различных областях микротехники и технологии все более широкое применение находят алмазоподобные пленки (АПП), обладающие рядом ценных с прикладной точки зрения свойств, недостижимых при использовании других материалов. Свойства АПП существенно зависят от параметров технологического процесса их получения, что связано со способностью атомов углерода образовывать прочные химические связи различного характера, отличающиеся типом  $sp$ -гибридизации. Получаемые пленки обычно гетерофазны и содержат следующие фазы: 1) алмазная ( $sp^3$ -гибридизация); 2) графитовая ( $sp^2$ ); 3) полимерная ( $CH_{n=1,2,3}$ ,  $sp^2$  и  $sp^1$ ); 4) карбин. Свойства углеродных пленок могут существенно отличаться от свойств как алмаза, так и графита, варьируясь в этом диапазоне, при этом химические потенциалы углеродных фаз различаются слабо, что приводит к высокой вероятности термодинамических переходов между ними. Это качество углеродных пленок позволяет ставить задачу технологического управления их параметрами для создания “интеллектуального” углеродного материала для использования в составе интеллектуальных микроэлектромеханических систем (МЭМС), в частности, акустоэлектронных [1,2].