

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫСОКОГО КЛАССА ОБРАБОТКИ

Оценка качества поверхностей высокого класса обработки на сегодняшний день осуществляется главным образом на основании их оптических свойств. Научные представления об оптике поверхностей высокого класса обработки развивались преимущественно применительно к потребностям машиностроения, что было связано с решением вполне определенных практических задач. Применение полученных результатов в области микроэлектроники зачастую ставило исследователей в тупик. Это связано с тем, что, во-первых, качество поверхностей в микроэлектронике на порядок превышает качество поверхностей в машиностроении, и, во-вторых, в микроэлектронике проявляются эффекты значительно более тонкие. Это объясняется как использованием монокристаллических полупроводниковых материалов, свойства которых существенно отличаются от свойств металлов и других поликристаллических материалов, для которых были развиты научные представления, так и бурным развитием технологии микроэлектроники, что позволило получать поверхности более высокого класса обработки по сравнению с таковыми в машиностроении.

Отличительной особенностью несовершенств поверхности монокристаллов является их локальность и дискретность, а поликристаллических поверхностей – их относительно равномерное распределение по всей поверхности, что объясняется влиянием межзеренных границ и ориентации кристаллитов в поликристаллическом веществе на процесс полировки. Поверхность полированного поликристаллического материала поэтому можно с высокой степенью вероятности назвать шероховатой. Поверхность же полированного монокристаллического материала можно назвать шероховатой только до некоторой определенной стадии механической обработки. На более высоких стадиях подготовки поверхности монокристаллов, например, после газовой или химико-механической полировки, можно говорить только о дефектах поверхности, а не о ее шероховатости, поскольку процесс удаления материала с поверхности имеет иной характер. Шероховатость здесь, конечно же, имеет место. Однако характер ее локальный и ее наличие является следствием отклонений технологического процесса, т.е. является исключением. Шероховатость же поверхностей поликристаллических материалов является их внутренним присущим свойством и может быть снижена только путем уменьшения их зернистости вплоть до перехода к аморфному состоянию.



*С. Ф. Сенко*  
научный сотрудник

Основным недостатком большинства исследований поверхностей высокого класса обработки является методологический подход, заключающийся в том, что все микронеровности считаются равномерно распределенными по площади контролируемой поверхности. Выходные данные контроля являются интегральным параметром всей контролируемой площади. В действительности микронеровности носят локальный характер. Их необходимо рассматривать как топографические дефекты идеальной поверхности.

Оптимальным решением проблемы контроля топографических дефектов поверхностей высокого класса обработки является использование разработанного в ФТИ НАН Беларуси метода оптической топографии, который является оптическим аналогом рентгеновской топографии. Метод включает освещение контролируемого объекта коллимированным излучением оптического диапазона от точечного источника и наблюдение отраженного на белый экран или фотопластинку изображения. В месте наличия топографического дефекта на экране наблюдается изменение интенсивности освещения. По характеру распределения интенсивности отраженного света судят о наличии тех или иных топографических дефектов. Внешний вид оптической топограммы аналогичен рентгеновской топограмме. Основными достоинствами метода оптической топографии являются простота, возможность оперативного получения информации обо всех топографических дефектах, высокая разрешающая способность, отсутствие вредных технологических факторов, высокая производительность и, конечно же, тот факт, что данный метод является неразрушающим. Разрешающая способность метода по теоретическим оценкам при контроле дефектов, например, типа бугорков или ямок с размерами в плане порядка 1 мм составляет по высоте 6 нм.

Установка оптической топографии содержит точечный источник излучения оптического диапазона с блоком питания и управления, держатель образцов и экран. Свет от лампы падает на контролируемую поверхность, отражается от нее и попадает на экран. На экране появляется светотеневое пятно, форма которого соответствует форме контролируемой поверхности. Например, круглой контролируемой поверхности соответствует круглое световое пятно, прямоугольной контролируемой поверхности соответствует прямоугольное пятно, причем, размер светового пятна прямо пропорционален размеру контролируемой поверхности. Наличие топографического дефекта на контролируе-

личие топографического дефекта на контролируемой поверхности приводит к изменению угла отражения света, что на топограмме проявляется в изменении локальной освещенности дефектного участка. Это позволяет проводить дифференциальный контроль топографических дефектов поверхностей, т.е. определять конкретные виды дефектов и их вклад в несовершенство поверхности. В целом интенсивность изображения контролируемой поверхности в каждой конкретной точке отражает относительную координату ее высоты в этой точке. Методы идентификации полученных изображений в настоящее время развиты достаточно хорошо, поэтому анализ качества контролируемых поверхностей не представляет затруднений.

Размер изображения контролируемой поверхности зависит от расстояния от точечного источника света до контролируемой поверхности и от контролируемой поверхности до экрана. При этом размер дефектов пропорционален размеру изображения всей контролируемой поверхности.

Метод оптической топографии позволяет проводить контроль качества как непрозрачных объектов, так и прозрачных, т.е., как на отражение, так и на просвет. При контроле прозрачных объектов на экране формируется изображение одновременно обеих поверхностей (если обе поверхности являются отражающими). При этом видны дефекты объема, например, свиля, пузырьки, инородные включения и др., а также розетки механических напряжений. Сочетание контроля на отражение и на просвет дает более полную картину о наличии дефектов и их природе.

На рисунке в качестве примера приведены топограммы полупроводниковых кремниевых пластин (а, б) и стеклопластин для изготовления жидкокристаллических индикаторов (в, г) с различными топографическими дефектами. Качество поверхностей соответствует 14 классу обработки. Однако, как видно из топограмм, контролируемые поверхности далеки от совершенства. Поверхность кремниевой пластины (а) покрыта различными дефек-

тами. Темные точки, присутствующие в изобилии, являются бугорками, светлые - ямками, чередующиеся темные и светлые дуги - следы воздействия режущего диска при разделении слитка на пластины. Поверхность пластины (б) практически не содержит дефектов. Особенностью данной пластины является наличие своеобразного дефекта фаски, проявляющегося на топограмме в виде ореола. Топограмма стеклопластины (в) отражает наличие на ней следов вытягивания стекла из расплава. Стеклопластина (г) не содержит видимых дефектов, но является покоробленной в форме кресла, что отчетливо видно на топограмме. Таким образом, использование метода оптической топографии позволяет проводить дифференциальный контроль поверхностей высокого класса обработки, особенностью которых является наличие дискретных топографических дефектов.

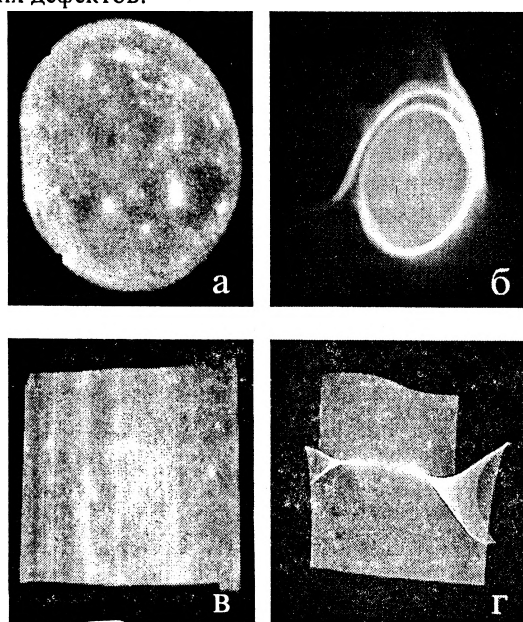
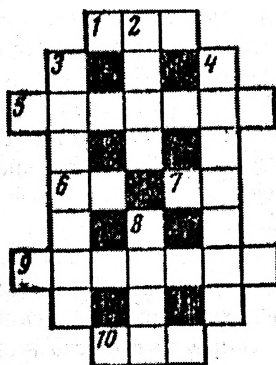


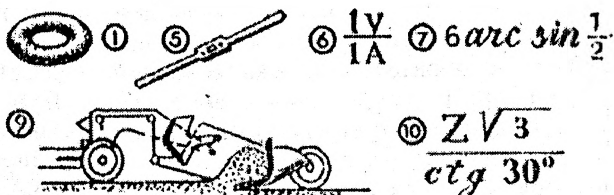
Рис. Пример топограмм поверхностей кремниевых пластин (а, б) и стеклопластин для изготовления ЖКИ (в, г) с топографическими дефектами.

### КРОССВОРД В РИСУНКАХ

Впишите в клетки кроссворда слова, значения которых даны в рисунках и формулах, и затем подсчитайте, сколько раз в клетках встречаются буквы "о", "к" и "ж". Вы получите число, зашифрованное буквой S.



ПО ГОРИЗОНТАЛИ:



ПО ВЕРТИКАЛИ:

