

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕХАНИЗМА ТРИБОМЕТРИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ

Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский,  
Н.А. Ивлиев

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Прибор для измерения чистоты поверхности трибометрическим методом, предложенный в работах [1,2] позволяет осуществлять контроль чистоты поверхности подложек в диапазоне  $10^{-6}$ -  $10^{-9}$  г/см<sup>2</sup>, что соответствует технологически чистым поверхностям, используемым в микроэлектронике. Однако для данного прибора остается открытым вопрос о влиянии трибометрического взаимодействия на свойства исследуемой поверхности и выявление возможностей повышения разрешающей способности трибометрического прибора.

В настоящей работе приведены исследования поверхности подложки до и после трибометрического измерения на СЗМ Solver PRO-M [3]. Полученные АСМ изображения показали, что микрорельефы исходной поверхности и поверхности после трибометрического взаимодействия совпадают, в том случае если нагрузка подложки-зонда на контролируемую поверхность не превышает 0,3 кг. При превышении нагрузки более предельно допустимого (0,3 кг) возможно разрушение поверхности. При таком взаимодействии происходит механическое разрушение острых пиков и поверхность в области прохождения подложки – зонда сглаживается, что можно наблюдать визуально на микрофотографиях поверхности. Кроме того, в работе приведено АСМ изображение поверхности контролируемой подложки после трибометрического взаимодействия при угле между подложкой-зондом и контролируемой подложкой  $\beta > 6^{\circ}$ , на котором можно наблюдать царапины, образующиеся в результате взаимодействия острых боковых граней шлифованных торцов подложки-зонда с контролируемой поверхностью. В то же время измерения чистоты поверхности при углах  $40^{\circ} < \alpha \leq 60^{\circ}$  и  $\beta = 4 \dots 6^{\circ}$  соответствующих оптимальным диапазонам не приводят к разрушению механических свойств поверхности.

Предложено использовать в окнах шторки, формирующей с помощью прерывания светового потока измерительные импульсы, пропорциональные чистоте поверхности, дифракционные решетки с периодом решетки, определяемым по формуле

$$T = \frac{2\lambda R}{\sqrt{b^2 - \lambda^2}}.$$

При этом, при длине волны светодиода  $\lambda = 0,25$  мкм, ширине щели дифракционной решётки  $b = 10$  мкм, период решётки определяется упрощенно  $T=0.05R$  и при  $R=1$  мм он составит 50 мкм. Сравнительный анализ размеров отверстия в металлическом диске и периода дифракционной решетки позволяет сделать вывод: применение дифракционной структуры повышает разрешающую способность трибометрического прибора в 20 раз путем разбиения траектории скольжения подложки-зонда на участки протяженностью 50 мкм, в области которых и осуществляется измерение чистоты поверхности подложки.

Измеряемые прибором значения длительностей импульсов пропорциональные скорости перемещения подложки-зонда программное обеспечение переводит в численные значения концентрации загрязнений поверхности исследуемой подложки по формуле:

$$C_d = \left(1 - V_{sl}\right) C_{d\min} + C_{d\max} V_{sl} = \left(1 - \frac{\tau_0}{\tau}\right) C_{d\min} + C_{d\max} \frac{\tau_0}{\tau}.$$

Таким образом, в результате проведенных исследований, выявлены условия налагающие ограничения на вес подложкодержателя подложки-зонда, и экспериментально подтвержден неразрушающий характер трибометрического взаимодействия подложек при измерении чистоты поверхности в оптимальных режимах и значениях геометрических параметров расположения подложек. Показана возможность повышения разрешающей способности трибометрического прибора и дано выражение для перевода измеряемых величин в контролируемую величину чистоты поверхности.

#### Список использованных источников

1. Колпаков В.А., Колпаков А.И., Кричевский С.В. Устройство экспресс-контроля чистоты поверхности диэлектрических подложек // Ириборы и техника эксперимента. - 1995. №5. С.199-200.
2. Казанский Н.Л., Колпаков А. И., Колпаков В.А., Кричевский С.В., Ивлиев Н.А. Способ измерения чистоты поверхности подложек Заявка № 2005118279/28(020754) от 14.06.2005.
3. Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский, Н.А. Ивлиев. Исследование особенностей трибометрического взаимодействия диэлектрических подложек при экспресс-контроле степени чистоты их поверхности // Компьютерная оптика. 2007. - №31. С. 42-46.