

во компонентов информативных перемещений в модели (1) обуславливает сложность модели и, соответственно, сложность решаемой задачи.

Список использованных источников

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. В.Н. Челомей. - М.: Машиностроение, 1980. – Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. Ф.М. Диментберга и К.С. Колесникова. - 1980. - 544с.
2. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Математические модели векторных многокомпонентных физических величин и метод многомерных тестов в оптических измерительных системах // Измерительная техника. - 2006. №12. С. 10-13.
3. Нестеров В.Н. Теоретические основы измерений составляющих векторных многокомпонентных физических величин // Измерительная техника. - 2004. №7.С. 12-16.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Обеспечение технологической чистоты поверхности подложек, используемых для изготовления изделий дифракционной оптики, является необходимым условием для изготовления качественного дифракционного микропрофиля дифракционных оптических элементов (ДОЭ).

При субмикронной ширине полосок микропрофиля возникает проблема соизмеримости размеров загрязнений на поверхности подложки с элементами топологии ДОЭ, что в конечном итоге приводит к возникновению искажений геометрических параметров микрорельефа в процессе плазмохимического травления. Данные загрязнения носят в основном органический характер и для их полного удаления с поверхности подложки наиболее целесообразно применение финишной очистки высоковольтным разрядом [1].

В настоящей работе проведен анализ характера загрязнений поверхности подложек в рабочей камере вакуумной установки типа УВН-2М-1 показавший, что в процессе вакуумной откачки на поверхности подложки формируется мономолекулярный слой загрязнений молекулами вакуумного масла $C_{33}H_{64}$ толщиной 1 нм.

Для удаления данного слоя плазмой высоковольтного разряда был проведен анализ механизмов формирования высоковольтного разряда, проведены исследования режимов работы газоразрядного прибора. Выяснено, что высоковольтный разряд наиболее стабилен в режимах соответствующ-

ших преобладанию α - процесса ($U < 1 \dots 1,2$ кВ, до $I < 10$ мА) и поэтому данные режимы работы ВГП наиболее оптимальны для осуществления процесса финишной очистки поверхности подложек диоксида кремния.

Исследование механизмов взаимодействия плазмы высоковольтного разряда с мономолекулярной пленкой вакуумного масла на поверхности подложки позволило разработать методику оценки остаточных загрязнений на поверхности после финишной очистки [1]. Предложена формула оценки:

$$C_d = \rho h - \frac{BM}{N_A} \left[(k_1 + k_3^C + k_3^H) \exp\left(\frac{U - U_{gr}}{U}\right) - 1 \right] Z(1 - Y) + \left[\Sigma_{\odot} Z I_n^2 (1 - Y) t, \right. \\ \left. + k_i^* k_1 Z (1 - Y) + k_e^* k_1 Y \right]$$

где $Z = \left(1 - \frac{d}{d_{\max}}\right) \frac{1}{qeS_K}$ - параметр конструкции ВГП;

$Y = \frac{\gamma_e \eta}{(1 + \gamma_e)} \exp[(\alpha - \alpha_n) d_{\max}]$ - обобщенный коэффициент плазменного

потока;

$$\Sigma_{\odot} = \frac{1}{1 + \frac{(k_1 + k_2^{NO})}{s_a J_n^{NO}}} + \frac{1}{1 + \frac{(k_1 + k_2^{NO_2})}{s_a J_n^{NO_2}}} + \frac{1}{1 + \frac{(k_1 + k_2^{N_2O})}{s_a J_n^{N_2O}}} + \frac{1}{1 + \frac{(k_1 + k_2^{O_2})}{s_a J_n^{O_2}}} - \text{обобщенный}$$

параметр степени заполнения поверхности активными частицами.

Экспериментальные исследования зависимости чистоты поверхности подложек от режимов облучения плазмой высоковольтного разряда позволили выявить оптимальные режимы финишной очистки высоковольтным разрядом (время облучения 10 секунд, ток разряда 3 мА, ускоряющее напряжение 1,2 кВ) [1]. Очистка поверхности подложек в данных режимах позволяет достигать технологической чистоты поверхности, что хорошо подтверждает сравнение зависимостей адгезии медных пленок к поверхности кварцевых подложек от времени их загрязнения без финишной очистки, после отжига структуры медная пленка загрязнение кварцевая подложка в высоковольтном разряде ($I = 100$ мА; $U = 2$ кВ; $t = 5$ мин) и после финишной очистки. Как показали экспериментальные зависимости, подложки прошедшие финишную очистку имеют максимальную адгезию пленок равную $18,3$ Н/мм², в то время как для подложек без финишной очистки значения адгезии изменяются от $16,5$ до 4 Н/мм², после отжига пленки потоком низкотемпературной плазмы адгезия увеличивается до $17,5$ Н/мм². Причем прямолинейный и равномерный характер зависимости с максимальной адгезией для подложек с разной степенью загрязнения но прошедших одинаковую финишную очистку в оптимальном режиме говорит о том, что в дан-

ном случае органические загрязнения полностью удаляются и формируется технологически чистая поверхность.

Применение разработанной методики финишной очистки поверхности подложек при ионно-химическом травлении диоксида кремния в газоразрядной плазме CF_4/O_2 позволило получить параметры поверхности микрорельефа значительно превосходящие аналогичные параметры микрорельефа, полученного с применением ВЧ плазмохимической очистки поверхности подложки. Микрорельеф отличается хорошей равномерностью и однородностью по всей площади поверхности подложки, без какого-либо проявления эффекта подтравливания с вертикальным профилем стенок, что достигается прецизионным уровнем чистоты поверхности равным 10^{-9} г/см^2 , измеренным трибометрическим способом [2].

Список использованных источников

1. Казанский Н.Л., Колпаков А. И., Колпаков В.А., Кричевский С.В. Метод оценки остаточной концентрации органических загрязнений на поверхности диоксида кремния. Неразрушающая диагностика чистоты поверхности диэлектрических подложек // Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції "АВІА-2007". Т.1.Київ: НАУ, 2007. - С. 14.5-14.8.

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО С ФУНКЦИЕЙ КОРРЕКЦИИ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

М.А.Ковалев, А.А.Сотников

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В настоящее время все более широкое применение находят гидросистемы, функциональную диагностику которых целесообразно проводить на основе анализа дисперсного состава частиц (концентрация и размер частиц) износа, генерируемых узлами трения в рабочую жидкость [1,2]. Анализируя количество и размер таких частиц в рабочей жидкости, можно достаточно точно прогнозировать состояние и остаточный ресурс того или иного агрегата и узла системы.

Для определения дисперсного состава частиц износа в рабочей жидкости наиболее широкое распространение нашли фотоэлектрические датчики встроенного контроля (ДВК) [1,2]. Напряжение на выходе такого ДВК имеет импульсную форму, причем амплитуда импульсов напряжения U на выходе ДВК связана с эквивалентным диаметром частиц d нелинейной зависимостью $U = k \cdot d^2$, где $k=0,004 \text{ В/мкм}^2$. Таким образом, зная амплитуду