

$$Q = \frac{\delta_0}{\lambda_0},$$

где:  $\delta_0$  - удлинение собираемого изделия до затяжки.

#### Список использованных источников

1. Гельфанд М.Л., Ципенок Д.И. Сборка резьбовых соединений.-М.: Машиностроение, 1987.-109с.
2. Биргер И.А., Иоселевич Г.Б. Резьбовые соединения. – М.: Машиностроение, 1973.-156 с.
3. Будняк З.А., Гусев А.А. Обеспечение качества соединения и надежности работы автоматических сборочных машин// Механизация и автоматизация производства.-1983.-№11.-С.10-13.

## ТРИБОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК

С.В. Кричевский, Н.А. Ивлиев

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

При создании элементов микро- и нанозлектроники объекты атомных размеров, находящиеся на поверхности твердого тела, испытывают действие периодического кристаллического потенциала подложки, равномерность которого, в частном случае, зависит от степени загрязнения поверхности. Очевидно, что при создании приборов пониженной размерности необходим высокоточный контроль количества атомов, адсорбированных на поверхности.

Методы трибометрии позволяют контролировать чистоту поверхности подложек в диапазоне  $10^{-7}$ - $10^{-9}$  г/см<sup>2</sup> [1], что соответствует технологически чистым поверхностям, используемым в микроэлектронике, дифракционной оптике и нанозлектронике.

В настоящей работе рассматривается трибометрическое устройство, реализующее взаимодействие двух диэлектрических подложек, расположенных под углом друг к другу. Это позволяет использовать для калибровки измерений чистоты поверхности коэффициенты трения скольжения и покоя.

Исходя из представлений о поверхностных электронных состояниях (ПЭС) шоклиевского типа (для полупроводников IV группы), сильная зависимость коэффициента трения скольжения от числа адсорбированных атомов обусловлена наличием оборванных связей и ненасыщенных валентностей на поверхности подложки [2]. В том случае, если в одной точке пространства окажутся два типа акцепторных ПЭС, принадлежащих к

разным поверхностям, существует вероятность образования устойчивой химической связи, подчиняющаяся статистике Ферми-Дирака. Структурная схема участка поверхности приведена на рис. 1.

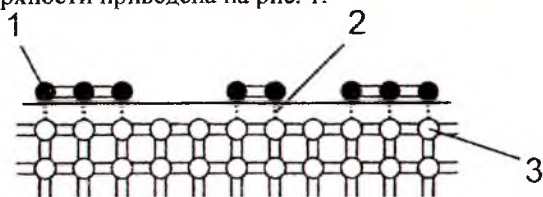


Рис. 1. Структурная схема участка поверхности:

1 – атомы адсорбата; 2 – силовые линии связи ПЭС; 3 – матричные атомы кристалла

В результате адсорбции происходит уменьшение числа активных центров, способных к обмену электронами. Латеральное взаимодействие подложек, согласно теории адгезионного трения, можно представить в виде двух элементарных актов: резкий обрыв старых связей и лавинообразное появление новых [3]. Таким образом, коэффициент трения покоя в зависимости от числа образовавшихся связей определяется из соотношения:

$$\mu = \frac{N_{св} E_{св}}{Nd}, \quad (1)$$

где  $E_{св}$  – энергия адгезии;  $d$  – длина элементарного акта скольжения;  $N$  – сила реакции опоры,  $N_{св}$  – число связей.

После образования первого мономолекулярного слоя внешними оказываются менее сорбционно-активные стороны молекул адсорбата, вследствие чего, сила связи между матричными атомами одной поверхности и атомами загрязнения другой пренебрежимо мала [4] по сравнению с силой между матричными атомами. С позиции теории реакции первого порядка скорость образования химических связей в зависимости от числа атомов, вступивших во взаимодействие равна:

$$\frac{dN_{св}}{dt} = fN_0W, \quad (2)$$

где  $f$  – частота колебания атомов;  $N_0$  – количество атомов, вступивших во взаимодействие;  $W$  – вероятность образования химической связи.

Величина коэффициента трения покоя, рассчитанная по полученному выражению, для случая атомарно-чистых поверхностей отличается от экспериментального значения на 20%. Такое расхождение обусловлено отсутствием в данной модели учета шероховатости поверхности.

При латеральном перемещении зонда, расположенного под углом к исследуемой подложке, возможно механическое разрушение поверхности, поэтому были проведены исследования на сканирующем зондовом

микроскопе (СЗМ) Solver PRO-M фирмы "НТ-МДТ", налагающие ограничения на массу подложкодержателя зонда [5].

Таким образом, экспериментальное определение значений коэффициента трения на элементарных актах скольжения, позволят не изменяя физико-химические свойства поверхности определить тип и количество атомов, загрязняющих поверхность.

#### Список использованных источников

1. Патент Российская Федерация. Способ измерения чистоты поверхности подложек [Текст]/ Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.В. Колпаков, Кричевский С.В., Ивлиев Н.А. – №2307339, опубликован 27.09.07, бюл. №27-56.

2. Киселев В.Ф. Основы физики поверхности твердого тела [Текст]/ Киселев В.Ф., Козлов С.Н., Зотеев А.В. – М.: Издательство Московского университета, 1999. – 284с.

3. Г.В.Детков. Нанотрибология: экспериментальные факты и теоретические модели [Текст]// УФН, Том 170, №6, 2000.- С. 585–618.

4. Колпаков В.А. Механизм адгезии в структурах металл-диэлектрик после бомбардировки потоком заряженных частиц [Текст] // Физика и химия обработки материалов. 2006. – №5. – С. 41-48.

5. Казанский Н.Л. Исследование особенностей трибометрического взаимодействия диэлектрических подложек при экспресс-контроле чистоты их поверхности [Текст]/ Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.В. Колпаков, Кричевский С.В., Ивлиев Н.А. //Компьютерная оптика. 2007. – №31. – С.42-46.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДАТЧИК КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

Н.Е. Конюхов, А.В.Воронцов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Датчики крутящего момента (ДКМ) нашли широкое применение для управления технологическими процессами соединения резьбовых изделий, а также в буровых установках семейства УКБ 12/25 для буровых скважин в горных породах шнековым способом до 15 м и твердосплавными коронками -до 25 м.

В первом случае, усилия затяжки резьбовых элементов, а значит и напряжения в болтах, шпильках, стягиваемых деталях и узлах в значительной мере определяют надежность работы конструкции в целом. Во втором случае, датчики крутящего момента необходимы для контроля максимального значения крутящего момента  $M_{кр}$ , превышение которого может привести к срезу бурильной трубы и заклиниванию бурильного инструмента. Надежность работы резьбовых соединений в значительной мере определяется следующими показателями: