

коэффициентов трения ( $K_{тр}$ ) и сил адгезии ( $F_{адг}$ ) методом АСМ, а также установление связи между этими параметрами.

Регистрируя латеральное отклонение и нормальный изгиб кремниевой консоли, рассчитали коэффициент трения и силу адгезии между зондом и поверхностью контактной площадки (таблица 1).

Таблица 1— Результаты измерений шероховатости и вычислений  $K_{тр}$  и  $F_{адг}$

Материал	Козф. трения	Шероховатость, нм	Сила адгезии, нН
Фольга Al	0,85	47,4	237,4
Пленка Al 200 нм	0,27	5,3	218,1
Пленка Al 50 нм	0,03	2,7	926,0
Пленка Al 20 нм	0,03	2,3	255,9
Фольга Cu	0,11	57,9	2523,2
Пленка Cu 350 нм	0,85	37,2	2537,8
Фольга латуни	0,02	72,8	2054,3

Исходя из наименьших значений  $K_{тр}$  и  $F_{адг}$ , низких значений шероховатости наилучшие условия контакта обеспечат тонкие пленки алюминия.

УДК 681.586

## ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МИКРОМОТОРЫ

Студент гр. 11310112 Заневский В.А.

Канд. техн. наук, доцент Кузнецова Т.А.

Белорусский национальный технический университет

С развитием систем управления в нано- и микросистемной технике возрастает потребность в устройствах для точного позиционирования элементов таких систем. Перспективными направлениями создания двигателей для нано- и микроперемещений являются актюаторы пьезоэлектрического и пьезомагнитного типа. Они открывают большие возможности их использования без существенных затрат мощности.

Актюатор — исполнительное устройство или его активный элемент, преобразующий один из видов энергии в другую, что приводит к выполнению определенного действия, заданного управляющим сигналом. Пьезоактюатор, в основе работы которого заложен пьезоэлектрический эффект, преобразует электрическую энергию в механическую. По принципу действия пьезоактюаторы можно разделить на ударного, деформационного и силового типа. Главным преимуществом

пьезоэлектрических актюаторов является беспрецедентная точность позиционирования. Кроме того, они надежны, долговечны, обладают отличным быстродействием, развивают высокие ускорения и сочетают большое развиваемое усилие с компактностью. Так же способны работать при низких температурах и в вакууме. В статическом состоянии, даже под воздействием больших нагрузок, актюаторы не потребляют энергию. Существуют пьезоактюаторы, способные работать при криогенных температурах. Актюаторы с керамической изоляцией идеальны для работы в условиях сверхвысокого вакуума. Основными сферами применения пьезоактюаторов являются: компьютерная техника, полупроводниковое производство и микроэлектроника, точная механика, микробиология, медицина, оптика, фотоника, нанометрология, автомобильная, авиакосмическая промышленность.

В работе сравниваются устройство и принцип действия резонансного актюатора фирмы NST, дорезонансный пьезодвигатель созданный в ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В. Проценко», пьезоактюатор, применяемый в качестве устройства конвекционного охлаждения, патента США № 7538476. Проведены расчеты хода пьезоэлектрических актюаторов разных моделей.

УДК 621

## **МДП-ТРАНЗИСТОРЫ СО ВСТРОЕННЫМ КАНАЛОМ**

Студентка гр. 11304112 Семененко Ю.А.

Д-р техн. наук, профессор Сычик В.А.

Белорусский национальный технический университет

Среди многочисленных разновидностей полевых транзисторов можно выделить два основных класса: полевые транзисторы с затвором в виде р-п перехода и полевые транзисторы с затвором, изолированным от рабочего полупроводникового объема диэлектриком. Приборы этого класса так же называют МДП-транзисторами.

Основной особенностью полевых транзисторов является их высокое входное сопротивление, которое может достигать  $10^9 - 10^{10}$  Ом. Таким образом, эти приборы можно рассматривать как управляемые потенциалом, что позволяет на их основе создавать схемы с чрезвычайно низким потреблением энергии в статическом режиме. Последнее особенно существенно для электронных статических микросхем памяти с большим количеством запоминающих ячеек.