

4. Дворников О.В., Чеховский В.А., Дятлов В.Л., Богатырев Ю.В., Ластовский С.Б. Радиационно-стойкие аналоговые интегральные схемы // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2012. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. – М.: ИППМ РАН, 2012. С. 280-283.

5. Gilbert, B. A new wide-band amplifier technique / B. Gilbert // IEEE Transactions on Solid-State Circuits. – 1968. – Vol. 3, No 4. – P. 353–365.

ИЗМЕНЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ПЛАЗМЕ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА

Запорожченко Ю.В., Аксютц А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Котов Д.А. – канд. техн. наук, доцент

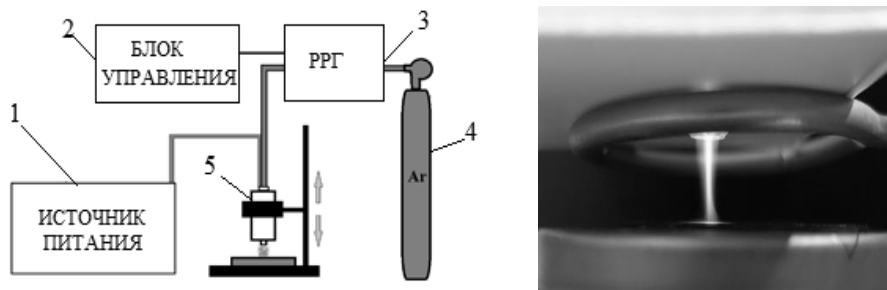
Поверхность кремниевой пластины обрабатывалась плазмой атмосферного давления. Обработка в плазме диэлектрического барьерного разряда привела к значительному увеличению адгезии. Адгезия измерялась как коэффициент трения. Зависимость коэффициента трения кремния от режимов обработки изучалась с помощью атомно-силового микроскопа.

Важную роль в науке и технике занимают процессы очистки поверхностей подложек и деталей различной природы, а также их модификация перед последующими технологическими процессами. Перспективной является обработка в плазме диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении. Ее важнейшей особенностью являются сочетание достоинств традиционной ионно-плазменной обработки с низкой себестоимостью таких процессов, обусловленной отсутствием необходимости в дорогостоящем вакуумном оборудовании.

Оценка изменения поверхностной адгезии кремния производилась на основе расчета сил воздействующих на кантилевер атомно-силового микроскопа.

Для проведения плазменной обработки использовался экспериментальный комплекс, состоящий из разрядной системы, системы питания и системы подачи рабочего газа (рисунок 1а).

Диэлектрический барьерный разряд формировался в устройстве коаксиального типа (рисунок 1б). Данная разрядная система позволяет формировать плазменный факел длиной до 3 см, с зоной обработки диаметром в 1 см. В качестве плазмообразующего газа используется аргон.



а
б
1 – Источник питания; 2 – блок управления индикации и питания; 3 – регулятор расхода газа; 4 – баллон;
5 – разрядная система

Рисунок 1 – Схематичное изображение экспериментального комплекса (а) и фото плазменного факела (б)

Оценка величины адгезии поверхности монокристаллического кремния проводилась на основе определения коэффициента трения с помощью атомно-силового микроскопа NT-206 [1].

Активация поверхности заключается в формировании химически активного поверхностного слоя за счет образования оборванных связей в процессе обработки. Для количественного описания влияния плазмы атмосферного разряда на свойства поверхности кремния проводилось исследование зависимости изменения коэффициента трения от времени обработки (при фиксированном расстоянии от источника плазмы) и от расстояния от источника плазмы до обрабатываемой поверхности (при фиксированном времени обработки).

Обработка проводилась при мощности разряда $P \approx 25$ Вт, расходе плазмообразующего газа $L \approx 300$ л/ч.

Для исследования зависимости усиления эффекта от длительности обработки, время обработки варьировалось от 1 до 5 минут с интервалом в одну минуту. Расстояние между торцом разрядной системы и образцом – 10 мм. На основании полученных экспериментальных измерений атомно-силового микроскопа, путем усреднения значений отклонений зонда при проходе в прямом и обратном направлении, построен график зависимости коэффициента трения от времени обработки (рисунок 2).

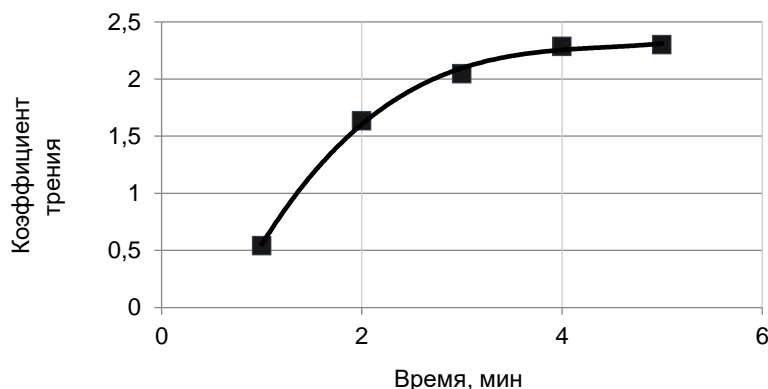


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента трения от времени обработки

Из представленной на рисунке 2 зависимости следует, что основной эффект от обработки достигается за 3 минуты, а далее наблюдается насыщение. Поэтому целесообразно производить обработку поверхности кремниевой пластины в течении не более 3-4 минут. Дополнительное увеличение времени обработки требует дополнительных затрат энергий без значительного увеличения адгезии.

Исследование зависимости коэффициента трения от расстояния между торцом разрядной системы и образцом проводилось при обработке в течении 4 мин. Расстояние изменялось в пределах от 5 до 35 мм.

Приведенная на рисунке 3 экспериментальная зависимость показывает наличие экстремумов. Это говорит о разных условиях обработки вдоль по сечению плазменного факела. Поэтому максимальное изменение коэффициента трения наблюдается при обработке на расстоянии 2-2,5 См. Данное расстояние соответствует видимой длине плазменного факела.

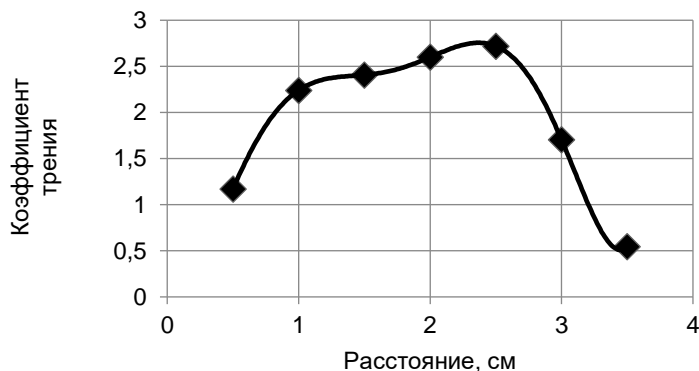


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента трения от расстояния

Такая зависимость, вероятно, обусловлена увеличением количества активных частиц в формируемом потоке при движении газа от торца разрядной системы.

В результате экспериментальных исследований зависимости силы трения от времени обработки установлено, что основной эффект от обработки достигается за 3–4 минуты. Это показывает, что обработка имеет большую эффективность при малых затратах энергии. Так же проведены исследования зависимости сил трения поверхности кремния при обработке в разных частях факела. Результаты показали, что максимальный эффект достигается на расстоянии 20 - 25 мм.

Список использованных источников:

1. Методическое пособие по выполнению лабораторной работы «Определение коэффициента трения различных поверхностей МЭМС-акселерометра производства НИИ радиоматериалов» / Минск: БНТУ, 2017. – 12 с.