

УДК 62-982

СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРОБОЯ ТОНКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХСветлана Игоревна Егорова ⁽¹⁾, Алексей Дмитриевич Купцов ⁽²⁾*Магистр 1 года ⁽¹⁾, аспирант ⁽²⁾,**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: С. В. Сидорова,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Миниатюризация изделий и компонентов микро- и наноэлектроники повлекла за собой необходимость уменьшения слоев тонкопленочных покрытий при создании тонкопленочных устройств. При формировании комплекса проводящих и диэлектрических покрытий существует высокая вероятность диэлектрического пробоя в тонкопленочных температурных датчиках, формируемых на металлических подложках. Так как толщина наносимой на подложку диэлектрической пленки достаточно мала (80-100 нм), необходимо качественно подготовить металлическую поверхность и снизить шероховатость для обеспечения равномерности наносимого диэлектрического покрытия на примере датчика термосопротивления (рис. 1.). Одним из способов уменьшения шероховатости является предварительная ионная обработка металлической поверхности [1]. Таким образом, **целью** данной работы является исследование влияния параметров ионной обработки на качество получаемой поверхности. Для реализации данной цели поставлены следующие **задачи**: выявить параметры ионной обработки, влияющие на шероховатость поверхности; подобрать режим обработки, при котором достигается минимальная шероховатость; обеспечить отсутствие пробоя диэлектрического слоя.

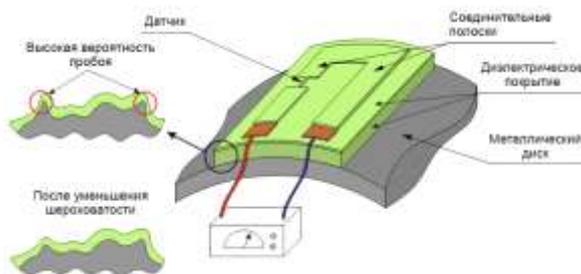


Рис.1. Схема датчика термосопротивления

Процесс ионного травления проводили в малогабаритной вакуумной установке МВТУ-11-МС и помощью ионного источника (ИИ), который испускает поток ускоренных ионов в направлении образца. При взаимодействии ионов с поверхностью атомами происходит ряд каскадных соударений, вследствие чего наблюдается распыление пиков и впадин поверхности. Исследование влияния параметров процесса на шероховатость поверхности проводилось на металлических образцах, предварительно очищенных в ультразвуковой ванне специальными составами чистящих компонентов. Расстояние от ИИ до образцов составляло 280 мм. Обработку ИИ проводили при давлении 0,2 Па, силе тока 30 мА и напряжении 2 кВ.

Одним из параметров процесса, влияющем на качество получаемой поверхности является время обработки. При длительной обработке происходит более глубокое травление поверхностного слоя образца, вследствие чего шероховатость увеличивается.

При проведении эксперимента выбран диапазон варьирования временем ионной обработки от 5 до 20 минут с шагом 5 минут. Другим параметром является угол падения ионного пучка, так как от этого зависит интенсивность распыления пиков и впадин поверхности (рис. 2.).

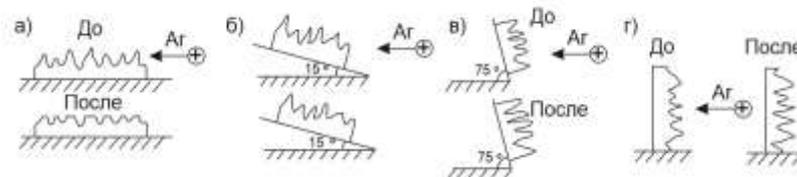


Рис. 2. Схемы ионной обработки: а – под углом 0 градусов; б – под углом 15 градусов; в – под углом 75 градусов; г – под углом 90 градусов

При обработке под углом 0 градусов пучок ионов распространяется параллельно образцу, вследствие чего большинство ионов не проникает вглубь материала, происходит мало соударений, вследствие чего шероховатость меняется незначительно. При обработке под углом 90 градусов наблюдается преимущественно распыление впадин поверхности и, как следствие, увеличение шероховатости образца [2]. Поэтому при проведении эксперимента выбран диапазон варьирования угла падения ионного пучка от 15 до 75 градусов с шагом 15 градусов. Результаты исследований представлены на рисунке 3.

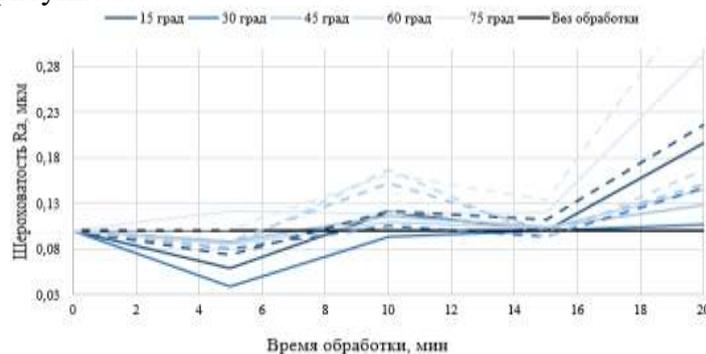


Рис.3. Зависимость параметра шероховатости от времени обработки и угла падения ионного луча при потоке 2 сссм (сплошная линия) и 4 сссм (пунктирная линия)

Исследование влияния параметров ионного травления показало, что шероховатость уменьшается при обработке под углами 15-45 градусов в течение 5-15 минут. Составленные уравнения регрессии (для всего диапазона варьирования параметрами: $Y=0,184+0,084X_1+0,048X_2$; для диапазона параметров, при котором наблюдается уменьшение шероховатости: $Y=0,115+0,052X_1-0,022X_2$, где Y – параметр шероховатости R_a , мкм; X_1 – время обработки, мин; X_2 – угол падения ионного луча, град) показывают, что поток рабочего газа не влияет на шероховатость поверхности при диапазоне варьирования от 2 до 4 сссм. Следует отметить, что наименьшей шероховатости ($R_a=39$ нм) можно достичь при обработке стального образца ИИ под углом 30 градусов в течение 5 минут.

Таким образом, использование ионной обработки в процессе создания изделий на стальных образцах позволяет значительно уменьшить параметр шероховатости (со 100 нм до 30 нм), что снижает вероятность диэлектрического пробоя и, как следствие, позволяет увеличить долговечность и надежность изделий.

Литература

- Егорова С.И., Купцов А.Д., Сидорова С.В. Влияние ионно-плазменной обработки на структуру и свойства поверхностей // МИКМУС. – М.: ИМАШ РАН, 2021.
- Купцов А.Д., Егорова С.И., Сидорова С.В. Ионно-плазменная модификация поверхности // Будущее машиностроения России. – М.: МГТУ, 2021.