

УДК 62-97+ 533.924

ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭЛАСТИЧНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Анастасия Александровна Фельде

*Магистр 1 курса,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: С.В. Сидорова,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в
машиностроении»*

Для многих технологических процессов важен контроль температуры. Термодатчики имеют разное исполнение и особенности эксплуатации. Например, для наиболее точных показаний термометры необходимо плотно прижимать к измеряемой поверхности, что достаточно сложно при измерении температуры изогнутой поверхности [1]. Для промышленных, спортивных и других отраслей, где требуется постоянный контроль температуры, в том числе на неровных поверхностях, актуально создание эластичного датчика с малыми погрешностями измерения, способного заменить бесконтактные [2]. Можно варьировать и площадь чувствительного элемента, чтобы снимать интегральные значения показаний температуры поверхности, а не значение температуры в точке.

Важно сделать электроды для снятия показаний тонкими, чтобы сохранить гибкость эластомера. Такие электроды можно сформировать методом магнетронного распыления в вакууме. При этом необходимо влиять на топологию эластомера, чтобы улучшить адгезию между эластомером и слоем металлизации [3]. Пирозлектрические свойства активируются обработкой чувствительного элемента в плазме.

Цель работы – разработка технологии изготовления чувствительного элемента эластичного термометра.

Спроектированный пирозлектрический датчик [4] состоит из эластичного материала с частицами титаната бария и с двух сторон нанесенными электродами. Принцип действия основан на изменении показания емкости сегнетоэлектрика, которое связано с изменением температуры измеряемой поверхности.

Для достижения цели необходимо определить последовательность технологических операций, отработать режимы обработки эластомера и нанесения на него слоя металлизации, провести экспериментальные исследования.

Первоначально отработана технология для улучшения адгезии металлизированного слоя меди и эластомера. Предложено проводить ионное травление автономным источником ионов на установке МВТУ-11-1МС (при мощности 60 Вт, потоке аргона 2 сссм, давлении $1,3 \cdot 10^{-3}$ Па) и в плазме аргона на установке плазмо-химического травления TRION (при мощности 250 Вт, потоке аргона 50 сссм, давлении 50 Па).

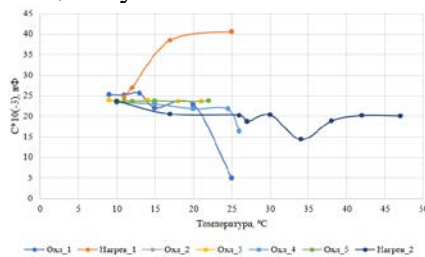
После ионно-плазменной обработки образцы были исследованы на атомно-силовом микроскопе (АСМ). Получены АСМ-изображения и оценены параметры шероховатости. До обработки наблюдается слабо развитая структура с небольшими впадинами. Шероховатость поверхности при этом – 3,9 мкм. Другой образец эластомера из той же партии был обработан ионным источником. Шероховатость поверхности – 3,3 мкм. При этом поверхность сильно развита, наблюдается морщинистость возвышенностей, сглаживание впадин. Следующий образец обработан

в плазме аргона. Имеет большую шероховатость и более выраженные впадины. Шероховатость поверхности – 5,35 мкм.

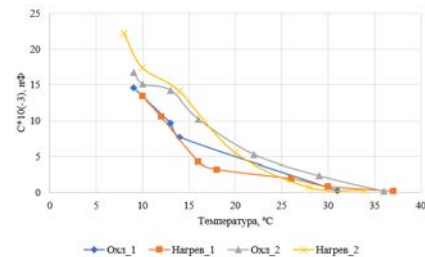
Анализируя полученные АСМ-изображения, можно отметить, что поверхность необработанного ионным лучом эластомера имеет менее развитую структуру, более гладкие выступы. После обработки поверхность становится более развитой, может увеличиваться шероховатость, рельеф становится волнообразным, появляются глубокие впадины.

Для проверки работы чувствительного элемента эластичного термометра после ионно-плазменной обработки был собран стенд, включающий LCR-станцию и термопару. На предметном стекле закреплена термопара и образец чувствительного элемента. Низкие температуры обеспечиваются с помощью льда, а высокие – горячей водой. Стоит отметить, что емкость чувствительного элемента изменялась достаточно быстро, что говорит о высокой степени чувствительности датчика.

Зависимость емкости от температуры образца, обработанного источником ионов (рисунок, а), не соответствует теоретической кривой. Большинство кривых представляют собой прямую, их емкость не изменяется при повышении/понижении температуры. Это говорит о неэффективности использования источника ионов для поляризации чувствительного элемента.



а



б

а – обработанного источником ионов; б – обработанного в индуктивно связанной плазме

Экспериментальные зависимости емкости от температуры при нагреве и охлаждении

Тем временем зависимость емкости от температуры образца после обработки в TRION (рисунок, б) соответствует теоретической кривой. При уменьшении температуры емкость чувствительного элемента увеличивается, а при увеличении температуры – уменьшается.

Технология изготовления чувствительного элемента датчика температуры заключается в последовательном применении различных технологических операций в вакууме для получения свойств, таких как: улучшение адгезии, возможность снятия показаний с помощью тонкопленочных электродов, проявление пироэффекта.

Литература

1. Журов А. Датчики температуры // Современная электроника. – 2006. – №. 6. – С. 22-24.
2. Новиков Н.Н. К вопросу о переносе воды в сосуде с переменной структурой плотности. // Доклады АН СССР. – 1972, Т.115. – №3. – С. 174-182.
3. Купцов А. Д. и др. Модификация поверхностей изделий наноинженерии для уменьшения остаточных напряжений //Вакуумная наука и техника. – 2022. – С. 253-262.
4. Фельде А.А., Егорова С.И., Купцов А.Д., Сидорова С.В. Оценка влияния ионной обработки эластичного материала для применения в изделиях электроники. Одиннадцатая Российская студенческая научно-техническая конференция «Вакуумная техника и технология»: материалы конференции (18-20 апреля 2023 г.); Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ. – 2023. – 204 с.