

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ АНОДНОГО ОКСИДА ТИТАНА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ВСТРОЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД

Кольченко К.Т., Томашевич Л.П., Кисель А.А., Манцевич Д.А.

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

Лазарук С.К. – д-р физ.-мат. наук

В работе рассмотрен ряд требований к покрытиям титановых имплантатов, а также рассмотрено влияние состава электролита на формирование анодного оксида титана, обеспечивающий отрицательный встроенный электрический заряд.

Титан является основным материалом при изготовлении медицинских имплантатов, так как отличается высокой прочностью и самое главное - устойчив к коррозии в агрессивных средах человеческого организма за счет образования оксидной пленки на поверхности металла [1].

Однако к сегодняшним титановым протезам, особенно к имплантатам длительной носки, которые используются в сердечно-сосудистой, стоматологической и ортопедической хирургии предъявляется новый ряд требований. Эти требования связаны с оксидной пленкой, которая в свою очередь является биоактивной по отношению к среде организма. Пленка должна быть наноструктурирована, что значительно увеличивает протеиновое взаимодействие и последующую адгезию клеток, а также быть отрицательно заряженной, что делает данный материал тромборезистентным. Эти требования позволяют исключить опасность тромбообразования, значительно улучшить трофику кости, процессы остеогенеза и снизить до минимума вероятность отторжения имплантатов [2].

Одним из самых перспективных и распространенных методов получения наноструктурированных пленок  $TiO_2$  является анодное оксидирование титана. В этом методе можно осуществлять контроль электрических параметров (тока или напряжения), свойств электролита, длительности процесса анодирования. Все это дает возможность получать однородные по структуре и физическим свойствам пленки. Метод достаточно прост и дешев, позволяет получать пленки непосредственно на подложке, что крайне выгодно с технологической точки дальнейшего применения материала.

Был проведен ряд экспериментов по формированию оксидных пленок титана электрохимическим анодированием. Для изучения влияния условий формирования анодного оксида, обеспечивающий отрицательный встроенный электрический заряд, были использованы разные электролиты, сам процесс проводился в разных режимах анодирования. Электролиты выбирались из расчета, что при диссоциации будут образовываться нужные анионы, которые и будут влиять на измеряемый в дальнейшем потенциал. В качестве электролитов использовались следующие растворы: 1% раствор хлорида натрия, раствор 1% лимонной кислоты, смешанной с 1% раствором хлорида натрия в пропорции 99:1, раствор йодированной соли хлорида натрия и 0,1% раствор йода. Плотность подаваемого тока варьировалась от 10 до 15  $mA/cm^2$  для образования равномерной пленки по всей поверхности образца и для избегания образования протравленных участков.

Наблюдается общая закономерность для всех полученных образцов в разных электролитах: чем больше было напряжение формовки и длительнее сам процесс анодирования, тем больше вероятность перехода потенциала в отрицательную область с большим по модулю значением.

Для образцов, которые были проанодированы в электролитах с содержанием хлорида натрия, на поверхности наблюдались участки травления, которые при длительном анодировании и высоких напряжениях формовки являлись основной причиной пробоя. Однако при оптимальном режиме анодирования ионы хлора способствовали получению отрицательного потенциала. Об этом влиянии анионов можно судить из полученных результатов: в растворе лимонной кислоты, смешанной с раствором хлорида натрия, потенциал редко уходил в область отрицательных значений, а при повторных измерениях спустя несколько дней наблюдался только положительный потенциал, но в растворе хлорида натрия без добавления лимонной кислоты отрицательного значения было легче добиться и при повторных значениях полученный результат сохранялся дольше. Однако полученная пленка с осажденным на ней хлором не сохраняла нужного свойства длительное время и следующие образцы были проанодированы в электролитах, которые при последующей диссоциации дадут другой значимый анион – йод. Результаты были значительно лучше в сравнении с электролитами без йода. Однако при повторных измерениях только образцы, полученные в 0,1% раствора йода, сохраняли требуемый результат долгое время.

### Список использованных источников:

1. Рожнова О.М., Павлов В.В., Садовой М.А. Биологическая совместимость медицинских изделий на основе металлов, причины формирования патологической реактивности (обзор иностранной литературы) // Бюллетень сибирской медицины. 2015. №4.
2. Литвиненко В.Н. Материалы лекции по дисциплине «Материаловедение и биосовместимые материалы» // Биомедицинская инженерия и электроника. 2015. №3 (10).