

качестве защитного слоя, мы демонстрируем возможность контролировать кристаллографическое направление краев наноленты. Широкая применимость этого метода демонстрируется изготовлением полевых электрических транзисторов из MoS₂, WS₂, WSe₂ и графеновых нанолент (смотреть рисунок 1), которые по своей природе не страдают от переходного сопротивления и проблем с перколяцией сети. Полученные наноленты демонстрируют отличные оптические и электрические свойства, присущие их монокристаллической структуре. Электрические характеристики показывают высокую подвижность и очень большие токи для различных дихалькогенидов переходных металлов, несмотря на их экстремально маленькую ширину ($W < 20$ нм).

Также, мы исследуем возможность нанесения на края наноленты плазмонных частиц, прокладывая путь к разработке плазмонных сенсорных и оптоэлектронных устройств на основе нанолент.

Список литературы

1. Yagmurcukardes M, Peeters FM, Senger RT, Sahin H. Nanoribbons: From fundamentals to state-of-the-art applications. Applied Physics Reviews. 2016;3: 041302.
2. Houtsma RSK, de la Rie J, Stöhr M. Atomically precise graphene nanoribbons: interplay of structural and electronic properties. Chem Soc Rev. 2021;50: 6541–6568.
3. Jolly A, Miao D, Daigle M, Morin J-F. Emerging bottom-up strategies for the synthesis of graphene nanoribbons and related structures. Angew Chem Weinheim Bergstr Ger. 2020;132: 4652–4661.
4. Chen S, Kim S, Chen W, Yuan J, Bashir R, Lou J, et al. Monolayer MoS₂ Nanoribbon Transistors Fabricated by Scanning Probe Lithography. Nano Lett. 2019;19: 2092–2098.
5. Chen Z, Narita A, Müllen K. Graphene nanoribbons: On-surface synthesis and integration into electronic devices. Adv Mater. 2020;32: e2001893.
6. Zhou Y, Loh KP. Making patterns on graphene. Adv Mater. 2010;22: 3615–3620.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА НА ИНГИБИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА АКРИЛОВОГО ЛАКА ОТ КОРРОЗИИ СТАЛИ Ст3

ЛЯНСИ ЧЭНЬ, И.Н. ШЕВЧЕНКО

Томский политехнический университет

E-mail: clx02121818@163.com

В настоящее время активно разрабатываются ингибиторы коррозии, в состав которых включают наночастицы металлов и их соединений. Наночастицы включают в состав полимерных покрытий, создают многослойные органо-неорганические покрытия, добавляют в состав жидких ингибиторов [1 – 4]. Наночастицы усиливают барьерные свойства ингибиторов, улучшают адгезионные свойства покрытия.

Ранее мы использовали оксиды металлов, полученные методом распылительной сушки в качестве добавок к растворам органических ингибиторов [5]. В настоящей работе мы провели апробацию полимерных покрытий, в состав которых включали наночастицы.

Целью данной работы является оценка защитных свойства ингибитора на основе наночастиц оксида цинка, полученных на установке Nano Spray Dryer B-90, и акрилового лака для защиты стали Ст3 от коррозии.

Готовили ингибитор и наносили его на поверхность стали двумя способами:

– смешивали акриловый лак (HUSKY) с наночастицами оксида цинка, используя ультразвуковую ванну (5 минут) и вихревой смеситель (2 минуты), затем наносили на поверхность металла и оставляли для испарения растворителя в течении 10 минут;

– на поверхность стали наносили водную суспензию оксида цинка, оставляли на 15 минут для испарения воды, а затем наносили лак и оставляли сушить образцы при комнатной температуре в течении 10 минут.

Концентрация частиц оксида цинка составляла 0.15 % масс.

Испытания покрытий проводили методами гравиметрии (концентрированная кислота) и потенциометрии (разбавленные электролиты). Для оценки эффективности ингибитора коррозионные испытания проводили для стали без ингибитора и металла, покрытого лаком, не содержащим наночастицы.

Потерю массы стальных образцов измеряли в среде $\text{HNO}_3:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O} = 2:3:5$ (об.%) через равные промежутки времени, рисунок 1. Покрытие лаком закономерно приводит к усилению коррозионной защиты. Добавление наночастиц оксида цинка увеличивает степень защиты, при этом способ с последовательным нанесением компонентов ингибитора более предпочтителен. Видимо, предварительное нанесение наночастиц оксида на поверхность позволяет сформировать менее дефектный приповерхностный слой и улучшить адгезию акрилового лака к поверхности стали. В пользу этого предположения свидетельствует воспроизводимость результатов между тремя параллельными опытами, которая отражена доверительным интервалом, рисунок 1. Видно, что его величина в среднем в 5,2 раза меньше, чем для стали с лаком без наночастиц.

Коррозионные диаграммы регистрировали в трех средах: кислой (0,1 М HCl), нейтральной (3,5 % NaCl) и щелочной (0,1 М NaOH) на потенциостате CorrTest CS310. Потенциодинамические кривые представлены на рисунке 2, а параметры коррозии в таблице 1.

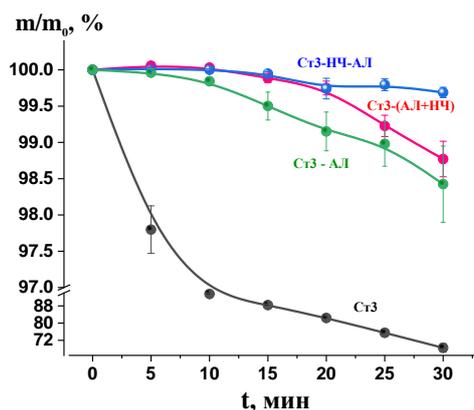


Рисунок 1 – Изменение массы Ст 3 с ингибиторами в смеси $\text{HNO}_3:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}=2:3:5$

В растворе 0.1 М соляной кислоты наблюдается смещение потенциалов коррозии при нанесении акрилового лака на поверхность стали в область более электроотрицательных значений. Судя по значениям потенциала, лак делает сталь менее коррозионно-устойчивой.

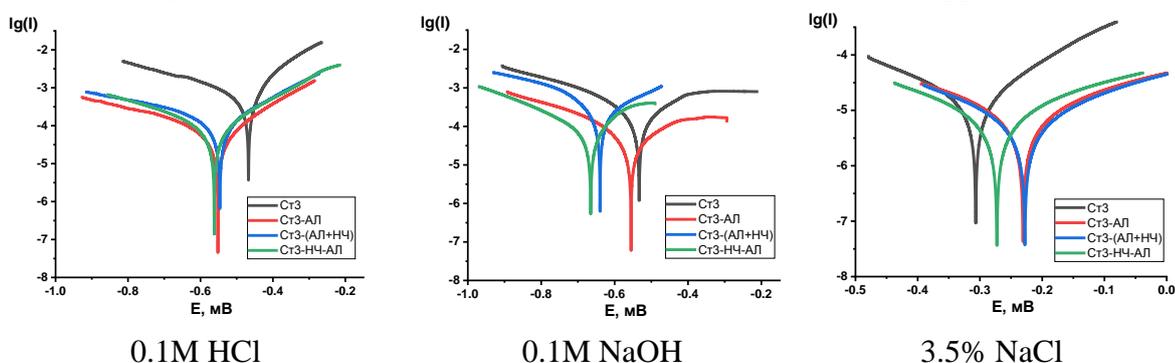


Рисунок 2 – Потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3, обработанной ингибитором в различных средах

Однако, исходя из значений токов и скоростей коррозии, лак позволяет существенно усилить коррозионную защиту. При этом добавление оксида цинка в лак не приводит к дальнейшему снижению токов коррозии. Разные способы нанесения ингибитора незначительно сказываются на результатах эксперимента.

В растворе 0.1 М гидроксида натрия также наблюдается смещение потенциалов коррозии при нанесении акрилового лака на поверхность стали в область более электроотрицательных значений. Как и в случае кислой среды, исходя из значений потенциалов, можно сделать вывод, что лак делает сталь менее коррозионно-устойчивой. Но при анализе значений токов и скоростей коррозии видно, что лак позволяет существенно усилить коррозионную защиту. При этом добавление оксида цинка в лак приводит к увеличению скорости коррозии металла при использовании первой методики по сравнению с чистым лаком. Использование второй методики нанесения ингибитора позволяет добиться снижения скорости коррозии на 100 мкА, однако полученное значение оказывается выше, чем при использовании чистого лака.

Таблица 1 – Параметры коррозии стали Ст3 в трех растворах, измеренные в режиме потенциодинамических испытаний

Параметр	Ст3			Ст3-АЛ			Ст3-(АЛ+НЧ)			Ст3-НЧ-АЛ		
	HCl	NaOH	NaCl	HCl	NaOH	NaCl	HCl	NaOH	NaCl	HCl	NaOH	NaCl
$I_{кор}$, мкА	536	418	14,0	83,7	200	14,1	111,5	1481	13,4	86,7	309	17,0
$v_{корр}$, мм/см ²	5,795	4,895	0,174	2,125	1,605	0,166	1,202	10,26	0,157	1,131	2,44	0,197
$-E_{кор}$, мВ	0,465	0,629	0,321	0,551	0,573	0,163	0,507	0,762	0,264	539	0,607	0,275

В растворе 3.5% хлорида натрия наблюдается смещение потенциалов коррозии в область более электроположительных значений для всех покрытий. Исходя из полученных значений потенциалов, лак делает сталь более коррозионно-устойчивой.

Однако, полученные значения токов коррозии демонстрируют отсутствие антикоррозионного эффекта от ингибитора в нейтральной среде. Это, вероятно, связано с тем, что в данной среде коррозия протекает медленно и влияние ингибитора не очень заметно.

Исходя из полученных результатов в рамках работы, можно сделать заключение, что акриловый лак с добавлением частиц оксида цинка может быть рекомендован в качестве ингибитора для эксплуатации в разбавленных растворах сильных электролитов.

Благодарности

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

Список литературы

1. Lei Y., Qiu Z., Tan N., Du H., Li D., Liu J., Liu T., Zhang W., Chang X. Polyaniline/CeO₂ nanocomposites as corrosion inhibitors for improving the corrosive performance of epoxy coating on carbon steel in 3.5% NaCl solution // Progress in Organic Coatings. – 2020. – V.139.
2. Mekeridis E.D., Kartsonakis I.A, Kordas G.C. Multilayer organic–inorganic coating incorporating TiO₂ nanocontainers loaded with inhibitors for corrosion protection of AA2024-T3 // Progress in Organic Coatings – 2012. – V.73. – P.142-148.
3. Jain P., Patidar B., Bhawsar J. Potential of Nanoparticles as a Corrosion Inhibitor: A Review // Journal of Bio- and Tribo-Corrosion. – 2020. Vol. 6. No. 2.
4. Aboorvakani R., Kennady-Vethanathan C.J., Madhu K.U. Influence of Zn concentration on zinc oxide nanoparticles and their anti-corrosion property // Journal of Alloys and Compounds. 2020. Vol. 834.

5. Лямина Г.В., Шевченко И.Н., Данилова Т.В. Разработка ингибитора коррозии на основе суспензий наночастиц оксида цинка для сталей в кислых средах. Бутлеровские сообщения. – 2022. Т.71. №7. С.20-28.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПТФЭ И ВДФ-ТеФЭ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА

У.В. ЧЕРНОВА, Е.Н. БОЛЬБАСОВ

Томский политехнический университет

E-mail: chernova489@gmail.com

В современной хирургической практике заживление ран слизистой оболочки полости рта является актуальной проблемой. Несмотря на то, что она обладает высоким регенераторным потенциалом [1, 2] незакрытые раневые дефекты данной локализации подвержены повторному инфицированию и травматизации, вследствие чего происходят рубцевание, образование свищей и гипоплазия нижней трети лица [3, 4]. Актуальным является разработка и введение в практику новых материалов для закрытия открытых раневых дефектов слизистой оболочки полости рта, которые могли бы предотвратить развитие послеоперационных осложнений.

В настоящем исследовании было проведено сравнение физико-химических и медико-биологических свойств параэлектрических мембран из политетрафторэтилена (ПТФЭ) и пьезоэлектрических мембран из сополимера винилиденфторида и тетрафторэтилена (ВДФ-ТеФЭ), сформированных методом электроспиннинга в качестве мембран для закрытия дефектов слизистой оболочки ротовой полости.

Для изготовления ПТФЭ мембран использовали прядильные растворы, полученные смешиванием водного раствора поливинилового спирта с водной суспензией ПТФЭ, для приготовления ВДФ-ТеФЭ мембраны готовился 6% мас. раствор сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом в смесевом растворителе. При помощи установки для электроспиннинга осуществлялось формирование композитных мембран на вращающийся сборочный коллектор. После этого в муфельной печи проводилась закалка мембраны из политетрафторэтилена путем ее нагревания до 330 °С, выдерживания при температуре 330 °С в течение 10 минут и последующего охлаждения до комнатной температуры и кристаллизация ВДФ-ТеФЭ мембраны при температуре 100 °С в течение 12 часов.

Были проведены физико-химические исследования, а именно: определение морфологии поверхности, рентгеноструктурный анализ и измерение краевого угла смачивания. Анализ СЭМ-изображений поверхности позволяет сказать, что режимы формирования мембран подобраны оптимально: переплетающиеся между собой волокна мембран формируют структуру с открытой взаимосвязанной пористостью, характер распределения полимерных волокон по диаметру у полимерных мембран обоих типов нормальный. На рентгенограмме видно, что мембраны, изготовленные из ПТФЭ, проявляют параэлектрические свойства, а мембраны, изготовленные из ВДФ-ТеФЭ, – пьезоэлектрические свойства. Поверхность мембран не смачивается водой и проявляет гидрофобные свойства.

Для определения медико-биологических свойств был выполнен тест на цитотоксичность, а также изучено влияние полученных полимерных мембран на регенерацию слизистой оболочки полости рта белых крыс линии Wistar. Изучение влияния полимеров на жизнеспособность фибробластов показало, что полимеры не содержат значимых количеств