

# СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАТРИЕВОЙ СОЛИ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И МАКСЕНА ( $\text{Ti}_3\text{C}_2$ ).

**Оводок Е.А., Позняк С.К., Мальтанова А.М., Ивановская М.И., Гаевская Т.В.**

*Научно-исследовательский институт физико-химических проблем БГУ, Минск, Беларусь*

Максены ( $\text{Ti}_3\text{C}_2$ ) являются новыми 2D материалами, использование которых перспективно в различных областях, таких как хранение энергии, материалы для защиты от электромагнитных помех, армированные композиты, газо- и биосенсоры, смазочные материалы, фото-, электро- и химические катализаторы [1]. Актуальной задачей является получение полимерных композитов, позволяющих сохранять электрические и оптические свойства частиц Максена. Использование натриевой соли полиакриловой кислоты (ПААNa) для создания полимерной матрицы композита, позволяет улучшать смачиваемость поверхности подложек, что способствует формированию однородных проводящих пленок Максена/ПААNa. Целью данной работы является получение тонких композитных пленок Максена/ПААNa и изучение их структуры и электрических свойств.

Коллоидный раствор Максена (5 г/л) смешивали с ПААNa в различных соотношениях и наносили на стеклянную подложку ( $S = 1,4 \text{ см}^2$ ) методом распыления. Количество наносимого материала контролировали по изменению массы подложки. Электрическое сопротивление образцов измеряли с помощью мультиметра APPA 505 True RMS двухточечным методом. По данным СЭМ толщина пленок Максена/ПААNa составляла около 500 нм.

Композитная пленка Максена(90 мас. %)/ПААNa характеризуется близким значением электрического сопротивления к пленке Максена ( $2,4 \times 10^{-6} \text{ Ом} \times \text{м}$ ). Снижение содержания Максена до 58 % приводило к увеличению сопротивления композита в 3,6 раза. Более резкий рост электрического сопротивления композита наблюдали при дальнейшем уменьшении содержания Максена в композите. Для образца Максена/ПААNa, содержащего 8 % Максена, сопротивление составляло  $2,3 \times 10^{-3} \text{ Ом} \times \text{м}$ .

Пленка чистого MXene характеризуется слоистой структурой. Отдельные  $\text{Ti}_3\text{C}_2$  2D-частицы накладываются друг на друга, что обеспечивает хороший контакт между ними и обуславливает низкое сопротивление пленок Максена. В пленочных композитах Максена/ПААNa сохраняется слоистая структура, при этом толщина слоев увеличивается. Толщина слоев в композитной структуре увеличивалась с увеличением количества полиэлектролитной добавки. Полиэлектролит ПААNa сорбируется на поверхности частиц Максена, с одной стороны ухудшая контакт между отдельными 2D-частицами и увеличивая сопротивление пленки Максена/ПААNa, с другой препятствует воздействию окружающей среды. Установлено, что при повышении влажности наблюдается резкий скачок сопротивления пленки Максена. Увеличение сопротивления композитных пленок Максена/ПААNa при повышении влажности происходит значительно медленнее.

Показали возможность использования пленок Максена/ПААNa для удаления обледенения с легких полимерных конструкций, путем приложения различных величин напряжения и контроля локального изменения температуры с помощью тепловизионной инфракрасной камеры.

Работа выполнена в рамках НИР 2.1.04.02 ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия», 2021–2025.

## Библиографические ссылки

1. Naguib M. et al. / Adv. Mater. 2021. Vol. 33. P. 2103393.