

DOI: 10.32864/polymmattech-2019-5-1-5-5

## Конформные полимерные покрытия из газовой фазы

Е. М. Толстопятов<sup>+</sup>

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

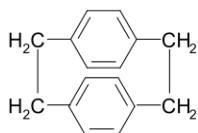
Формирование конформных полимерных покрытий, то есть покрытий равной толщины на всех участках поверхностей сложного рельефа с применением лаковых технологий сопряжено с комплексом проблем. Из-за сил поверхностного натяжения чрезмерное количество лака концентрируется в капиллярах, зазорах, внутренних углах, в то время как острые кромки, наружные углы остаются практически непокрытыми. Вследствие усадки лакового слоя при испарении растворителя или полимеризации возникают механические напряжения, передающиеся на микроразмерные элементы объекта, что в ответственных изделиях недопустимо.

Очевидный выход состоит в применении метода газофазной полимеризации (ГП), когда плёнообразующее вещество полимеризуется при адсорбции на поверхности без образования промежуточного жидкого состояния. Способность к хемосорбции изначально инертному веществу придают путём его активации непосредственно перед контактом с покрываемым объектом. При этом к степени химической активности адсорбтива предъявляются противоречивые требования — она должна быть не слишком высокой, чтобы не обеднялся поток плёнообразователя к труднодоступным для газа местам объекта вследствие расхода его на ближние участки, и не слишком низкой, чтобы обеспечить приемлемую производительность нанесения покрытия. Разработана теория, количественно описывающая скорость полимеризации и конформность покрытий в труднодоступных местах — узких каналах с геометрически регулярным поперечным сечением [Tolstopyatov E. M. J. Phys. D: Appl. Phys., 2002, vol. 35, no. 13, pp. 1516–1525; no. 21, pp. 2723–2730].

Среди технологий, базирующихся на ГП, наиболее известной и хорошо разработанной является технология конформных покрытий на основе полимеризации соединений семейства *n*-ксилилена [Ширшова В. Лакокрас. матер. и их применение. 2008. № 1–2. С. 44–47; № 3. С. 25–29]. В качестве прекурсора используют твёрдый при комнатной температуре инертный циклический димер *n*-ксилилена. Сублимируясь при температуре 130...160 °С, он создаёт газовый поток при давлении в несколько Па. Конверсия димера в активные бирадикалы происходит в результате пиролиза при контакте с нагретой до 550...700 °С поверхностью. Другой вариант конверсии, разложение димера в разрядной плазме,

позволяет снизить температуру реактора до 170...200 °С. Поток активных бирадикалов *n*-ксилилена полимеризуется в виде тонкого конформного слоя на всех доступных для газа участках покрываемых объектов, имеющих комнатную температуру. Свойства поли-*n*-ксилиленовых (ППК) покрытий зависят от используемых прекурсоров, различающихся заместителем в бензольном кольце и/или метиленовых группах. Все полимеры ППК семейства являются превосходными диэлектриками, обладают высокой стойкостью к большинству органических растворителей, кислотам и щелочам. Сплошность конформного покрытия достигается уже при нанометровых толщинах, при этом полностью отсутствует усадка плёнки вследствие полимеризации. Благодаря этим достоинствам конформные ППК покрытия эффективны в микро-нанозлектронике (внутрикорпусное капсулирование микросхем, *low-k* изоляция), медицинской технике (имплантаты, хирургические материалы), фармакологии (лекарства пролонгированного действия), оптике, мембранной технике, археологии, архивном деле.

Единственным недостатком технологии ППК в настоящее время является высокая стоимость исходных материалов. По этой причине ППК покрытия применяют преимущественно в тех отраслях, где потребность в качестве и надёжности является первостепенной: в военной, авиакосмической технике. Однако, технология синтеза *n*-циклофанов совершенствуется, что в перспективе приведёт к снижению их стоимости. Кроме того, появляются альтернативные соединения с подобными свойствами [см., например Gupta M., Gleason K. K. Thin Solid Films, 2009, vol. 517, pp. 3547–3550]. Это определяет перспективность исследований как в области синтеза исходных материалов для ГП, так и расширения области использования конформных покрытий.



2008. № 1–2. С. 44–47; № 3. С. 25–29]. В качестве прекурсора используют твёрдый при комнатной температуре инертный циклический димер *n*-ксилилена.



Толстопятов Е. М. — д.т.н., доцент, член редколлегии

<sup>+</sup> E-mail: tolstopyatov@mpri.org.by