

УДК 621.732

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ГАЗОВОГО ПИТАНИЯ УСТАНОВКИ
ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

А. Л. ГОЛОЗУБОВ, А. А. ГОЛОЗУБОВА

Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина
Мозырь, Беларусь

Исследования в области расширения технологии нанесения тонкоплёночных покрытий (ТП) показали принципиальную возможность применения плазменных технологий, существенно расширяющих область их использования. Покрытия, получаемые из плазмы, имеют незначительные посторонние примеси в своем составе и несовершенства роста, что делает невозможным их использование в электронной промышленности, в то же время такие ТП можно эффективно использовать в машиностроении, т. к. повышение степени несовершенства структуры вызывает улучшение эксплуатационных характеристик с точки зрения упрочняющих покрытий (микротвердость, износостойкость, адгезия). Для повышения эффективности процесса нанесения ТП необходимо уточнение предварительно принятых значений отношений расходов дополнительных реагентов. Основным реагентом является полиорганосилазан – основной источник кремния в реакционно-способной плазме. Ограничивающим условием здесь является режим истечения плазменной струи и ее температура.

В качестве управляющих факторов принимались расходы транспортирующего газа через емкости (независимые отсеки питателя), содержащие дополнительные неорганические реагенты. При этом общий расход транспортирующего газа (по результатам экспериментов) должен находиться в определенном интервале, который определялся из условия ламинарного истечения плазменной струи не только внутри плазмотрона, но и на расстоянии 15...20 мм за срезом сопла плазмотрона. Опытным путем определена верхняя граница расхода транспортирующего газа, которая составила 12...15 л/ч. Транспортирующий газ имеет своей целью доставку в реакционно-способную плазму необходимого количества реагентов в паровой фазе для их дальнейшего пиролиза. Транспортирование осуществляется за счет подачи в реакционную плазму аргона, насыщенного парами кремнийорганического соединения и дополнительных неорганических реагентов, продуваемого над поверхностью реагентов в отсеках специальных питателей. В качестве функции отклика (параметра оптимизации) была принята микротвердость композиции ТП-подложка, в полной мере характеризующая эксплуатационные свойства

упрочняемых поверхностей. Следует отметить, что непосредственной целью проведения полнофакторного эксперимента являлось определение соотношений между расходами дополнительных реагентов, а не вычисление абсолютных значений функции отклика. Микротвердость композиции ТП-подложка с точки зрения оценки свойств ТП является качественной характеристикой, которая вместе с тем позволяет достоверно судить о направлении изменения свойств ТП, с целью получения покрытий лучшего качества. В результате проведения ПФЭ 2^2 было получено уравнение для расчета микротвердости в зависимости от расхода транспортирующих газов, насыщенных парами дополнительных реагентов.

$$H_{\mu} = 8,973 + 0,3742 \cdot (Q1 \text{ реаг} - 3) + 0,7143 \cdot (Q2 \text{ реаг} - 3).$$

Учитывая одинаковый нулевой уровень, можно судить о соотношении расходов транспортирующих газов дополнительных реагентов по коэффициентам линейной модели, которые показывают, что расходы транспортирующих газов для аммиака и изопропилового спирта должны находиться в соотношении 1/2.

Полученные на основании исследования математической модели результаты являются важными исходными данными для оптимизации работы системы газового снабжения установки для нанесения тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий. Установленные в ходе анализа математической модели соотношения расходов дополнительных реагентов позволяют значительно упростить схему газового снабжения. Для упрощения системы подачи реагентов в реакционно-способную плазму возможно производить смешивание потоков до их поступления в плазмотрон, но после насыщения их парами реагентов. Таким образом, подаваемая смесь может в дальнейшем транспортироваться в плазмотрон по одному каналу, что значительно упрощает конструкцию плазмотрона [1–3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плазмотрон для плазмохимического нанесения покрытий: пат. ВУ 2306 / А. Л. Голозубов, Э. М. Пархимович, О. В. Иванина, А. Р. Андреев. – Оpubл. 16.03.1998.
2. Способ нанесения тонкопленочного покрытия на металлические изделия: пат. RU 2354743 / П. А. Тополянский, Н. А. Соснин, С. А. Ермаков. – Оpubл. 10.05.2009.
3. **Голозубов, А. Л.** Теоретические и технологические аспекты осаждения защитных тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий из дуговой низкотемпературной плазмы при атмосферном давлении / А. Л. Голозубов. – Мозырь: Белый ветер, 2011. – 200 с.