

СВАРКА, РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 539.235:669

В. А. ВАСИН, канд. техн. наук, Е. Н. ИВАШОВ, д-р техн. наук,

С. В. СТЕПАНЧИКОВ, канд. техн. наук

Московский государственный институт электроники и математики

(технический университет)

E-mail: unims@miem.edu.ru

Повышение равномерности нанесения тонких пленок в вакууме

Разработана математическая модель сложных перемещений исполнительного устройства автоматизированного вакуумного технологического оборудования, позволяющая управлять равномерностью нанесения тонких пленок с целью ее повышения. Приведены технологические преимущества *l*-координатных исполнительных устройств в сравнении с планетарными компоновками и основные пути управления и повышения равномерности нанесения тонких пленок в вакууме.

An actuating device complex motion mathematical model of automated vacuum processing equipment is developed. The model allows for controlling evenness of the thin filming aimed at improving its evenness. Manufacturing advantages of the coordinate actuating devices compared to planetary design are given, as well as main ways of controlling and improving vacuum thin film deposition evenness.

Ключевые слова: электронная техника, приборы, нанесение тонких пленок, вакуумное оборудование

Key words: electronic engineering, devices, thin film deposition, vacuum equipment

Существенное повышение эксплуатационных характеристик оборудования для производства приборов электронной техники достигается благодаря применению *l*-координатных исполнительных устройств [1]. Кинематические и функциональные возможности данных устройств на шесть степеней подвижности позволяют эффективнее использовать их в автоматизированном вакуумном оборудовании для нанесения тонких пленок [2].

Исходные предпосылки при разработке математической модели сложных перемещений *l*-координатного исполнительного устройства для процесса осаждения вещества:

— поток испаряемого вещества и связанная с ним толщина осажденного слоя конденсата на поверхности неподвижной подложки подчиняются закону Кнудсена;

— временная нестабильность испарителя мала и поэтому скорость осаждения вещества в любой точке подложки считается постоянной во времени;

— миграция атомов на поверхности подложки и вторичное их испарение с поверхности подложки незначительно.

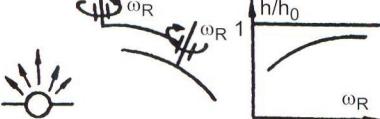
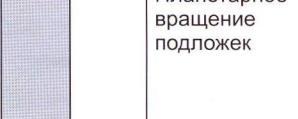
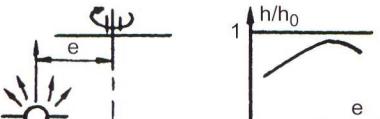
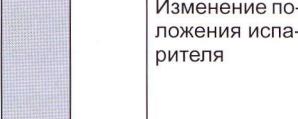
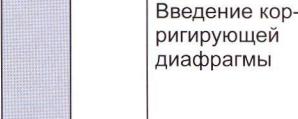
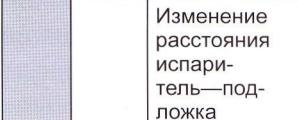
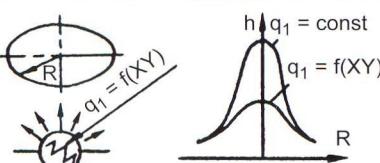
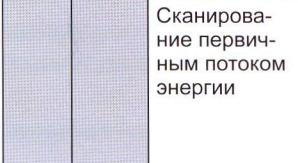
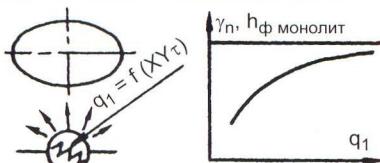
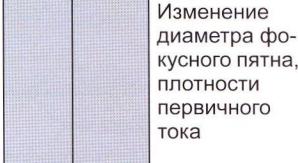
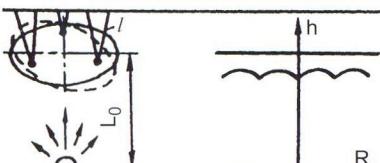
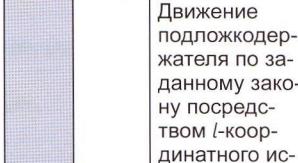
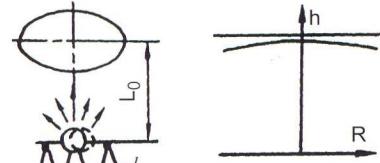
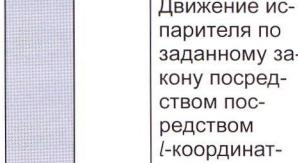
С учетом приведенных предпосылок рассмотрим движение исполнительного устройства (рис. 1). Введем две системы координат: неподвижную $O\xi\eta\zeta$ и подвижную O_1xyz , связанную с подложкой M . Точка O_1 совпадает с центром тяжести подложки M .

В точке $O_i(\xi_i, \eta_i, \zeta_i)$ находится испаритель, при работе которого вещество осаждается на подложку со скоростью

$$V = \frac{\mu \cos \beta \cos \gamma}{\pi j L^2},$$

где μ — поток вещества, г/с; β — угол между направлением луча испарителя, соединяющего точку O_i и элементарную площадку и нормалью к поверхности элементарной подложки; γ — угол между направлением луча испарителя, соединяющего точку O_i и элементарную площадку нормально к поверх-

Таблица 2

Способ	Управление потоком		Конструктивное исполнение
	мас-сы	энер-гии	
			Планетарное вращение подложек
			Изменение положения испарителя
			Введение корректирующей диафрагмы
			Изменение расстояния испаритель—подложка
			Сканирование первичным потоком энергии
			Изменение диаметра фокусного пятна, плотности первичного тока
			Движение подложкодержателя по заданному закону посредством l-координатного исполнительного устройства
			Движение испарителя по заданному закону посредством l-координатного исполнительного устройства

Обозначения.  — есть,  — нет.

Технологические преимущества *l*-координатных исполнительных устройств по сравнению с обычными планетарными компоновками приведены в табл. 1.

Таким образом, с помощью *l*-координатных исполнительных устройств можно воспроизводить любой закон движения, с любой заданной толщиной нанесенного слоя исходя из заданного закона распределения толщины нанесенного слоя.

Наряду с перемещением подложкодержателя возможно также перемещение источника испаряемого материала по заданному закону движения, что также обеспечивается применением *l*-координатных исполнительных устройств.

Процессом осаждения вещества [3] можно управлять изменением пространственно-временных характеристик потока массы и первичного энергопотока, функции распределения температуры по поверхности испарения, закона сканирования первичным потоком энергии по поверхности испарения и закона перемещения приемной поверхности относительно поверхности испарения. Основные пути реализации этих возможностей приведены в табл. 2.

Таким образом, для управления и повышения равномерности нанесения тонких пленок в современном автоматизированном вакуумном технологическом оборудовании целесообразно применение *l*-координатных исполнительных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исполнительные устройства на основе *l*-координат для работы в условиях вакуума и чистых технологических средах / Е. Н. Ивашов, В. М. Ляпин, М. И. Некрасов, С. В. Степанчиков // Технология материалов и средства автоматизации в производстве изделий электронной техники. М.: МИЭМ, 1989. С. 50—53.
2. Ивашов Е. Н. Применение *l*-координатных исполнительных устройств в напылительном оборудовании // Автоматическое оборудование и технология производства изделий электронной техники. М.: МИЭМ, 1991. С. 33—37.
3. Производство тонкопленочных структур в электронном машиностроении: Учебник для вузов. В 2 т. / А. Т. Александрова, Е. Н. Ивашов, С. В. Степанчиков и др. М.: Машиностроение, 2006. Т. 1. 462 с.