

стекло ощутимо возрастает с увеличением содержания TiO_2 . Для исследуемых стекол значение T_{K-100} изменяется в пределах 330–420 °С, а это отвечает требованиям по электрическим характеристикам для ламп, используемых в осветительном и светосигнальном оборудовании для транспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. МКС 43.040.20 Правила ЕЭК ООН №37 (изменения №4). «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения ламп накаливания, предназначенных для использования в официальных утвержденных фарах механических транспортных средств и их прицепов». Пересмотрены 24 июня 2005 г, №28.
2. Коцик, И., Небрженский, И., Фандерлик, И. Окрашивание стекла. – М.: Стройиздат, 1983. – 211 с.
3. Ковчур, С.Г. Окрашивание стекла переходными и редкоземельными элементами. –Мн.: Университетское, 1993. –231 с.

УДК 621.81:621.781.8

Федосенко Т.Н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ВАКУУМНОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

*УО “Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины”
г. Гомель, Республика Беларусь*

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент Федосенко Н.Н.

В работе рассмотрены особенности автоматизации процессов нанесения функциональных тонкопленочных систем. Составлена программа на языке Pascal, обеспечивающая порядок включения узлов и агрегатов установки вакуумного нанесения покрытий в заданном режиме.

Основу современных технологических процессов производства функциональных элементов микро и нанoeлектроники составляют корпускулярно-фотонные и ионно-лучевые технологии.

Методы производства плёночных элементов базируются на осуществлении технологических процессов в условиях высокого вакуума. Промышленные установки, применяемые для получения высокого вакуума, в большинстве случаев не автоматизированы. Их работа требует запуска определённых систем с пульта управления и осуществляется в ручном или полуавтоматическом режиме с помощью оператора. Целью исследования является автоматизация работы типовой системы получения высокого вакуума.

Не смотря на прогресс в области вакуумных технологий, типовая схема откачки не изменилась в течение длительного времени и до сих пор применяется на всех технологических вакуумных установках.

Основной задачей являлась автоматизация откачки рабочей камеры до давления, равного $5 \cdot 10^{-7}$ мм. рт. ст., которая осуществляется по этапам:

1. Вывод на рабочий режим паромасляного насоса (3).

- Включить механический насос (8), терморпный датчик (9) измеряет давление. Когда давление достигнет $5 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст., открыть клапан предварительной откачки (7) и форвакуумный клапан (5) и откачивать до давления $5 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст., контролируемого терморпным датчиком (12).

- Когда давление внутри паромасляного насоса достигнет $5 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст., включить нагреватель (4). В течение 40-50 мин. паромасляный насос выводится на режим. При этом давление достигает $5 \cdot 10^{-7}$ мм.рт.ст. и контролируется ионизационным датчиком (13).

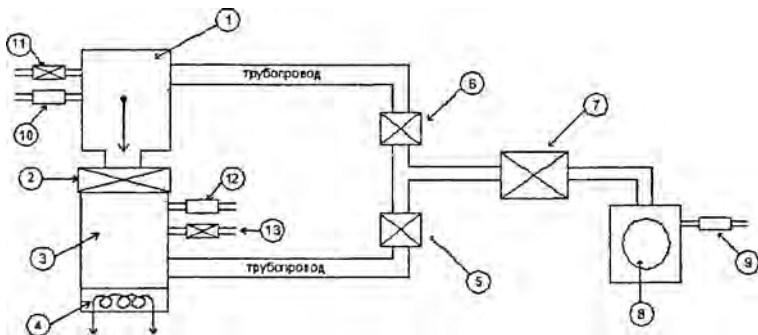


Рисунок 1 – Установка вакуумного нанесения покрытий

- 1 - рабочая камера для напылений (магнетрон, лазер, электронная пушка);
- 2 - высоковакуумный затвор; 3 - диффузионный (паромасляный) насос;
- 4 - нагреватель; 5 - форвакуумный клапан; 6 - байпасный клапан;
- 7 - клапан предварительной откачки; 8 - механический насос;
- 9 - терморпный датчик (измеряет давление до $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.);
- 10 - терморпный датчик; 11 - ионизационный датчик (измеряет давление до $1 \cdot 10^{-9}$ мм рт.ст.); 12 - терморпный датчик; 13 - ионизационный датчик

2. Предварительная откачка рабочей камеры (1).

- Закреть клапан форвакуумный клапан (5), открыть байпасный клапан (6). Предварительная откачка проводится по схеме: рабочая камера (1) → байпасный клапан (6) → клапан предварительной откачки (7)

- Когда давление, контролируемое терморпным датчиком (10) в рабочей камере достигнет $5 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст., начинают высоковакуумную откачку.

3. Высоковакуумная откачка.

- Закреть байпасный клапан (6), открыть форвакуумный клапан (5), открыть высоковакуумный затвор (2).

- Осуществление высоковакуумной откачки происходит по схеме: рабочая камера (1) → высоковакуумный затвор (2) → паромасляный насос (3) → форвакуумный клапан (5) → клапан предварительной откачки (7) → механический на-

сос (8). Давление контролируется ионизационным датчиком (11). Откачка продолжается, пока давление в рабочей камере не станет равным $5 \cdot 10^{-7}$ мм. рт. ст.

Программа автоматизации составлена на языке Pascal, при этом были использованы следующие данные:

1. Быстрота откачки объекта S_o – объём газа, поступающий в единицу времени из объекта в трубопровод при давлении P_1 в откачиваемом объекте:

$$S_o = V_o/t.$$

2. Быстрота действия S_H – объём газа, поступающий в насос в единицу времени при впускном давлении P_2 :

$$S_H = V_H/t.$$

3. Проводимость для молекулярного режима течения газа в трубопроводе круглого сечения определяется:

$$U_M = 38,2 \cdot (T/M)^{1/2} \cdot (d^3/l), \quad [м/с^3],$$

где T – температура газа, К;

M – молекулярная масса газа;

d и l – диаметр и длина трубопровода, м.

4. Уравнения, связывающие основные параметры вакуумной системы S_H и S_o , называются основными уравнениями вакуумной техники:

$$S_o = U \cdot \{(P_1 - P_2)/P_1\}; \quad \{\text{формула 1}\}$$

$$S_o = S_H \cdot U / (S_H + U). \quad \{\text{формула 2}\}$$

Известны следующие параметры: P_1 – начальное давление; V – объём откачиваемого объекта; v_n – объём рабочей камеры механического насоса; S – быстрота откачки объекта; T – температура газа, К; M – молекулярная масса газа; d – диаметр трубопровода; L – длина трубопровода.

Опираясь известными данными, можем вывести формулу, по которой будет изменяться давление в откачиваемом объекте:

Так как $S_H = V_H/t$, то из формулы 2 получим:

$$S_o = (U \cdot V_H/t) / (V_H/t + U) \quad \{\text{формула 3}\}$$

Приравняв формулу 1 и 3, получим:

$$U \cdot \{(P_1 - P_2)/P_1\} = (U \cdot V_H/t) / (V_H/t + U);$$

$$(P_1 - P_2)/P_1 = (V_H/t) \cdot \{t / (V_H + U \cdot t)\};$$

Выражаем P_1 :

$$P_1 = P_2 / (1 - V_H / \{V_H + U \cdot t\});$$

$$P_1 = P_2 \cdot (V_H + U \cdot t) / U \cdot t$$

Из формулы $S_o = V_o/t$ можем выразить время:

$$t = V_o / S_o$$

Изменение объёма воздуха происходит по формуле:

$$V = V_o - V_H,$$

так как за одно всасывание из первоначального объёма воздуха в откачиваемом объекте уходит объём, равный объёму рабочей камеры механического насоса.

Создана программа автоматизации работы типовой системы откачки, обеспечивающая порядок включения узлов и агрегатов установки в заданном режиме. Программа позволяет исключить ручное управление системой откачки, при этом не требуется вмешательство оператора.