

УДК 539.234+546.87

## СИСТЕМА СМЕШИВАНИЯ ГАЗОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОК ОКСИДОВ РЕАКТИВНЫМ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

К. ф.-м. н. К. В. Часовский, Д. Л. Березкин

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара  
covach@mail.ru

*Спроектирована и изготовлена система, позволяющая получать смесь реактивного и инертного газов для получения пленок оксидов металлов методом реактивного магнетронного распыления. Система смешивания позволяет управлять процессом получения пленок при помощи только одного дилатометрического натекателя.*

*Ключевые слова: магнетрон, распыление, пленки, подложкодержатель.*

Ранее нами сообщалось о создании комплекса, позволяющего получать пленки соединений металлов методом реактивного магнетронного распыления [1—4], для чего была изготовлена магнетронная приставка, системы стабилизации режимов распыления, а на базе вакуумного универсального поста ВУП-5 производили распыление пленок оксидов различных металлов.

Реализация метода реактивного магнетронного распыления требует использования смесей активного и реактивного газов. Количество реактивного газа, напускаемого в рабочий объем, определяет стехиометрию полученных пленок, следовательно, их физические свойства — структуру, микроструктуру, оптические и электрические свойства. Для поддержания необходимого режима работы магнетрона давление в рабочем объеме должно находиться в определенных пределах. При осаждении пленок оксидов часто требуется парциальное давление кислорода, намного меньшее, чем давление в рабочей камере, необходимое для поддержания режима распыления магнетроном. Для создания такого режима необходимо производить дозирование реактивного газа в определенной пропорции с инертным газом. Цель работы — разработка и реализация системы смешивания инертного и реактивного газов, которая позволит производить напуск газов в рабочий объем через один дилатометрический натекатель. В качестве реактивного газа использовался кислород, а в качестве инертного газа — спектрально-чистый аргон.

Схема, объясняющая взаимодействие элементов системы напуска газов, представлена на рис. 1. Порядок работы системы осуществлялся следующим образом. Перед началом система вакуумируется до давления 1,3—13 Па. Смешивание газов осуществляется в буферном объеме 2 предварительным напуском требуемой дозы газа. Дозирование осуществлялось сиффоном 9 с максимальным объемом около  $10^{-5}$  м<sup>3</sup>. Для создания требуемой смеси вначале открывали кран 7 и напускали кислород из баллона в сиффон 9. Затем, после открывания крана 6, газ из сиффона 9 поступал в буферный объем 2. Далее, открыв кран 4, напускали в сиффон 9 и буферный объем 2 из баллона 1 высокочистый аргон. Затем, после закрытия крана 4, открывался натекатель 8, с помощью которого в рабочем объеме устанавливалось необходимое давление реактивного газа. Экспериментально при помощи жидкости (этилового спирта) определена зависимость объема сиффона от его удлинения (рис. 2).

Поскольку при напуске кислорода и аргона удлинение сиффона одинаковое, можно говорить о равенстве давлений перед смешиванием газов, при этом кислород занимал объем сиффона  $V_C$ , а смесь аргона и кислорода — суммарный объем буферного баллона  $V_B$  и сиффона  $V_C$ .

Используя уравнение Менделеева—Клайперона, можно определить соотношение количества молей газов в смеси. Поскольку при напылении известно суммарное давление газов  $P_\Sigma$ , парциальное давление кислорода  $P_{O_2}$  можно определить из соотношения

$$P_{O_2} = \frac{V_C}{V_C + V_B} P_\Sigma.$$

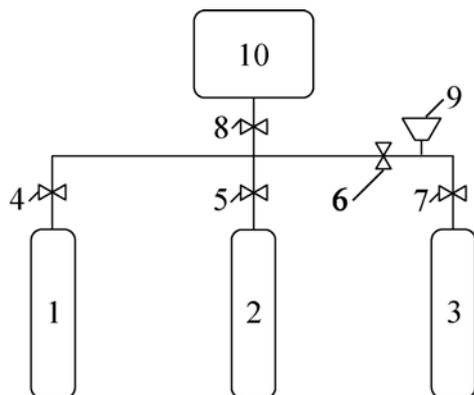


Рис. 1. Модернизированная система напуска газов вакуумного поста ВУП—5М; 1 — баллон с аргоном; 2 — буферный баллон; 3 — баллон с кислородом; 4—7 — краны; 8 — натекатель; 9 — сильфон; 10 — рабочий объем

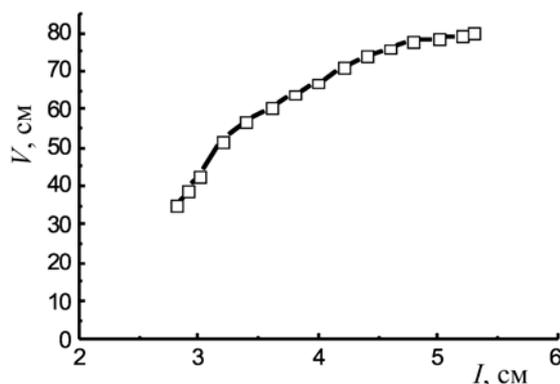


Рис. 2. График зависимости объема сильфона  $V$  от его удлинения  $l$

При создании постоянного давления смеси газов в рабочем объеме парциальное давление кислорода в рабочем объеме считалось постоянным. Измерение давления производилось с помощью манометрического термопарного преобразователя ПМТ-2, работающего в диапазоне  $2 \cdot 10^{-1}$ — $2 \cdot 10^{-3}$  мм. рт. ст., с погрешностью  $\pm 3\%$ . Измерительный прибор ПМТ-2 предварительно калибровали в высоком вакууме (порядка  $10^{-5}$  мм. рт. ст.).

Если сравнивать примененную нами систему с промышленной [5], то можно отметить, что точность поддержания давления реактивного газа в рабочем объеме в системе смешивания газов зависит только от точности управления одним dilatометрическим натекателем. Это упрощает задачу автоматического поддержания давления в рабочем объеме при получении пленок оксидов металлов [2—4].

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Часовский К. В. Система реактивного магнетронного распыления для получения пленок металлов и оксидов // Труды XVI международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, г. Одесса. — 2015. — С. 172.
2. Черненко И. М., Часовский К. В. Вакуумная технология получения тонких диэлектрических пленок. // Сборник докладов 4-го Международного симпозиума «Вакуумные технологии и оборудование». — Украина, г. Харьков. — 2001. — С. 324—327.
3. Черненко И. М., Часовський К. В., Катков В. Ф. Одержання плівок оксиду вiсмуту напилюванням у магнетронній системі // Фізика і хімія твердого тіла. — 2001. — Т. 2, № 4. — С. 719—722.
4. Черненко И. М., Часовський К. В., Тарасенко Ю. С. Напилювання і властивості плівок оксидів олова і цинку // VIII Міжнародна конференція з фізики і технології тонких плівок. — Україна, м. Івано-Франківськ. — 2001. — С. 225.
5. Игонин М. Е., Сулюкин В. Р., Михайлин В. Н. Система регулирования давления в ионно-плазменных установках. // Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства, оборудование. — 1981, вып. 3. — С. 37—39.

K.V. Chasovski, D.L. Berezkin

#### Gas mixing system for the production of oxides films by the reactive magnetron sputtering

The system that allows obtaining a mixture of reactive and inert gases for the production of metal oxid films by reactive magnetron sputtering was designed and constructed. The mixing system allows managing the process of obtaining films with only one dilatometric leak valve.

Keywords: *magnetron, sputtering, films, substrate-holder.*