

УДК 62-982, 621.893

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ РАСПЫЛЯЕМЫХ МИШЕНЕЙ MoS<sub>2</sub>Ван Синьсинь<sup>(1)</sup>, Хлобыстин Никита Андреевич<sup>(2)</sup>, Илларионов Алексей Иванович<sup>(3)</sup>*Аспирант 1 года обучения<sup>(1)</sup>, студент 4 курса<sup>(2)</sup>, студент 4 курса<sup>(3)</sup>**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: А.И. Беликов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Дисульфид молибдена (MoS<sub>2</sub>) обладает термической и химической стабильностью, высокой механической прочностью и высокой подвижностью носителей заряда. Особенно в вакууме и инертных газовых средах MoS<sub>2</sub> может быть нанесен на поверхность деталей, сохраняя при этом функциональные характеристики при определенных температурах (в вакууме до 600~700°C), а также в условиях высокорadioактивного излучения [1]. Метод магнетронного распыления, основанный на бомбардировке ионами мишени, широко распространен для получения пленок MoS<sub>2</sub>. Один из методов производства распыляемых мишеней - прессование порошка MoS<sub>2</sub>, в ходе которого неизбежно остаются некоторые остаточные газы, которые выделяются из мишени при бомбардировке в процессе распыления, что приводит к разбросу частиц мишени и снижению качества пленки. Следовательно, для оптимизации технологии изготовления высококачественных мишеней для магнетронного распыления необходимо оценить газовыделение из мишеней.

С целью изучения динамики газовыделения из мишеней в процессе их обезгаживания при длительном нахождении в вакууме, в работе подготовлен вакуумный экспериментальный стенд и отработана методика для количественной оценки характеристик газовыделения из мишеней.

Распыляемые мишени на основе MoS<sub>2</sub>, использованные в данной работе, были подготовлены холодным прессованием в соответствии с методом и режимом прессования, описанными в предыдущей работе [2].

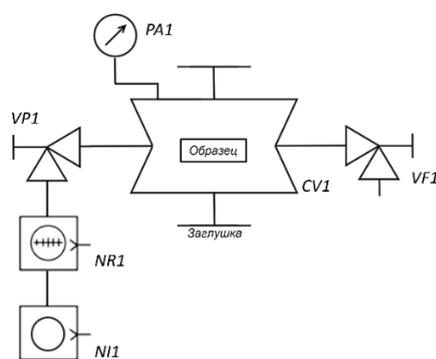


Рис. 1. Вакуумная принципиальная схема и внешний вид стенда для определения газовыделения мишеней

Для измерения газовыделения мишеней был подготовлен экспериментальный стенд, показанный на рисунке 1, который включает в себя следующие компоненты: PA1 – широкодиапазонный вакуумметр (WRG – S 14.5 – 36V 2W с контроллером ADC

Controller enhanced МКП, Edwards); *VPI* – угловой клапан с ручным приводом; *CVI* – вакуумная камера; *VFI* – клапан напуска атмосферы; *NR1* – высоковакуумный турбомолекулярный насос (ВГТН-050, ВЦМО); *NI1* – механический спиральный форвакуумный насос (УТР550-4F16А, ULVAC).

В данной работе проводится определение газовой выделенности мишеней методом постоянного объема, который определяет газовую выделенность путем измерения скорости, с которой давление внутри закрытой вакуумной камеры определенного объема повышается со временем [3]. На основе количества газовой выделенности, измеренного до и после размещения образца в закрытую вакуумную камеру, газовую выделенность образца рассчитывается как разность между газовой выделенностью вакуумной камеры с образцом и без образца.

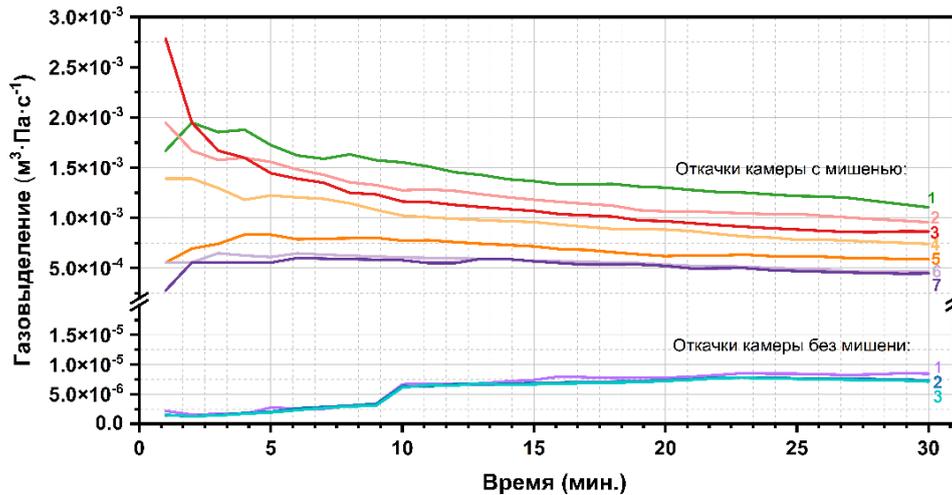


Рис. 2. Газовыделение камеры и мишеней MoS<sub>2</sub> в течение 30 минут.

Результаты показывают, что газовыделение из вакуумной камеры стабилизируется на уровне от  $7,14 \times 10^{-6}$  до  $8,43 \times 10^{-6}$  м³·Па·с⁻¹ после 30 минут выдержки. Газовыделение мишени имеет значительную разницу в 2 порядка по сравнению с газовой выделенностью вакуумной камеры. В ходе проведенных 7 тестов мишеней на газообразование было установлено, что процесс газовой выделенности из мишени подчиняется определенным кинетическим закономерностям. На начальном этапе теста наблюдается высокая скорость газовой выделенности, что объясняется наличием легкодоступных газовых компонентов, выделяющихся с поверхности мишени. С увеличением времени выдержки происходит десорбция газа из тела мишени, и скорость газовой выделенности снижается, газовыделение мишени демонстрирует постепенно уменьшающуюся и стабильную тенденцию.

Полученные результаты могут послужить основой для дальнейших углубленных исследований газовой выделенности распыляемых мишеней MoS<sub>2</sub> и внедрения улучшений в процесс получения пленок.

## Литература

1. Vazirisereshk M. R., Martini, A., Strubbe, D. A., & Baykara, M. Z. Solid lubrication with MoS<sub>2</sub>: a review //Lubricants. – 2019. – Т. 7. – №. 7. – С. 57.
2. Беликов А.И., Коробова Н.В., Никонов И.И., Берстнев М.В. Формирование комбинированных упрочняющих покрытий вакуумными ионными методами // Материалы 8-й Международной конференции «Пленки и покрытия – 2007». – С-Петербург, 2007. – С. 81-87.
3. Li W. et al. Outgassing analysis of testing products in ultra-high vacuum //Spacecraft Environment Engineering. – 2010. – Т. 27. – №. 6. – С. 735-738.