

А.Ю. Зимогляд, А.И. Гуда, А.А. Журба, В.В. Ковтун

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК И КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

Аннотация. Произведено исследование зависимости коэффициента трения металлической пленки, к ее фрактальной размерности.

Ключевые слова: фрактальная размерность, фрактальный анализ, вакуум, металлические пленки, термическое нанесение в вакууме.

Введение и постановка задачи

Термическое напыление металлических пленок в вакууме применяется для нанесения слоев металлизации. Термическое напыление активно применяется в микроэлектронике и оптике. Было выявлено отличие в цвете поверхности пленок, от вакуума при нанесении пленок, на основании чего было принято решение изучить структуру и физические свойства этих пленок.

Цели

Целью данной работы является изучение влияния фрактальной размерности структуры металлических пленок на коэффициент трения.

Основная часть

Для получения функциональных покрытий, применяют достаточно обширный диапазон методов, как химических, так и физических. С помощью этих методов достигаются определенные свойства покрытий. Примером могут служить отражающие и просветляющие покрытия в оптике, проводящие и диэлектрические покрытия в электронике, жаростойкие покрытия в машиностроении. Данный список весьма обширен, и можно найти применение функциональных тонкопленочных покрытий почти везде от медицины до космических аппаратов.

Как метод получения функционального покрытия, было выбрано термическое напыление металла в вакууме. Данный метод характеризуется высокой скоростью осаждения металла, простотой, а

также возможностью получения толстых покрытий. К слову сказать, это один из первых методов получения металлических покрытий. Данный метод открыл Фарадей в 1887 году, при проведении эксперимента по пропусканию больших токов через проволоку в атмосфере инертного газа.

Напыление производилось в вакуумной камере ВУП – 4, металлом был выбран цинк, из – за его физико – химических свойств. Конденсация паров металла выполнялась на стеклянную подложку, которая предварительно проходила химическую очистку, с дальнейшей ионной очисткой. Все стеклянные подложки располагались на одном расстоянии от тигеля испарителя, выдерживалось одинаковое время испарения металла, изменялось только давление при нанесении.

После выполнения серии напыления металла на стеклянные подложки, было обнаружено отличие в структуре пленок. Отличие проявлялось в цвете поверхности пленки, который менялся от матового до зеркального (рис.1). Исходя из литературы по напылению металлов в вакууме, если произвести процесс напыления при недостаточном вакууме, полученное металлическое покрытие будет, как правило, неоднородным, пористым, возможно из – за газовых включений. Цвет покрытия будет отличаться от чистого металла, и поверхность будет матовой, вне зависимости от качества поверхности подложки. Так же возможно образование оксидов, нитридов и гидроксидов.



Рисунок 1 – Фотографии пленок нанесенных при разном давлении

Как писалось выше, недостаточный вакуум влияет на структуру полученной пленки, что и было, замечено в ходе исследования. Для рассмотрения структуры пленки более детально, был применен металлографический иммерсионный микроскоп МИМ – 8 М, с боко-

вой подсветкой. При боковой подсветке сильнее видна структура металлической пленки (рис.2).

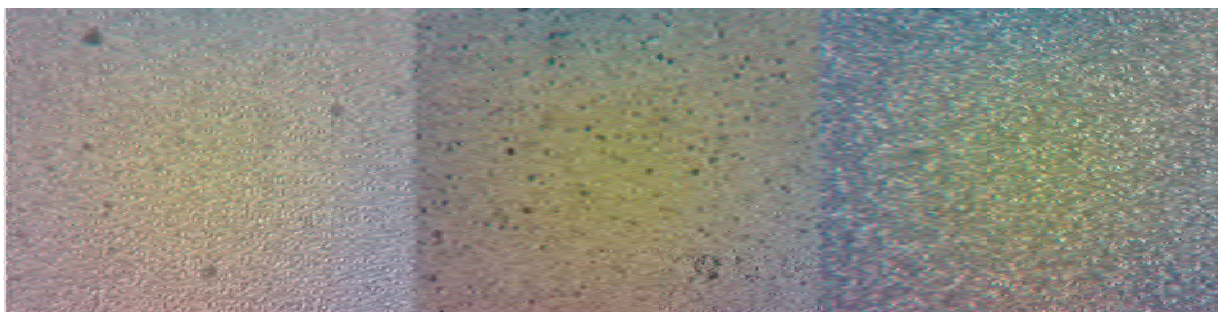


Рисунок 2 – Структура поверхности пленок слева направо при:
0,8 Па, 1,3 Па, 2,1 Па

Проводя визуальный анализ поверхности, с помощью микроскопа была замечена разница, было видно, что чем выше давление при нанесении, тем структура сложнее. И наоборот, чем ниже вакуум при нанесении, тем структура проще и однороднее.

Для связи структуры пленок с физическими свойствами было принято решение произвести замер на коэффициент трения пленок. Каждую пленку подвергали замеру на трение 5 раз, а потом брали среднее арифметическое. Потом по полученной связи давления и коэффициента трения был построен график (рис.3).

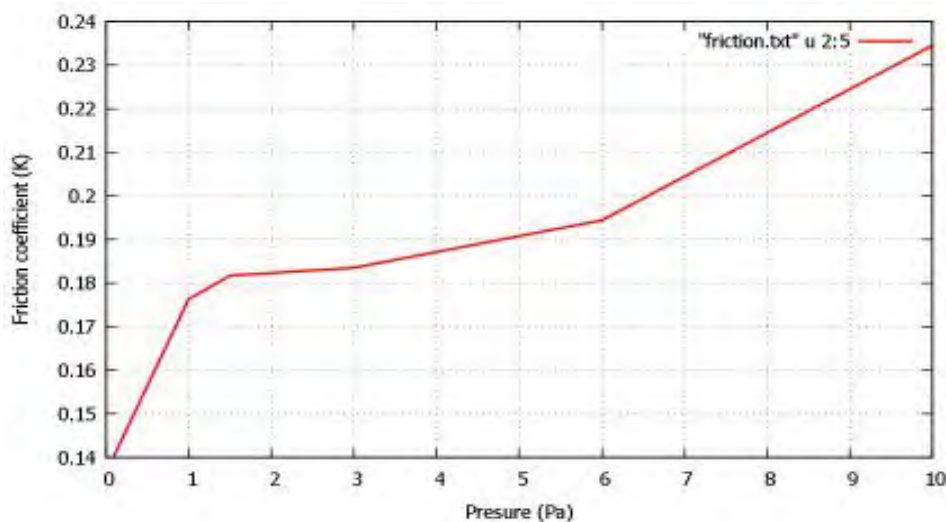


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента трения пленки от давления

Поскольку при разной структуре пленок, был разный коэффициент трения. Было принято решение изучить структуру этих пленок, с помощью методов обработки изображений.

Одним из методов обработки изображений, является метод нахождения фрактальной размерности. Данный метод, нашел свое при-

менение в материаловедении, при исследовании металлов. Поэтому его применение в исследовании цинка, весьма оправданно.

Для определения фрактальной размерности применялся алгоритм Box counting. Фрактальный анализ проводился в 2 средах в AnalysisFS и Imghead (рис.4,5).

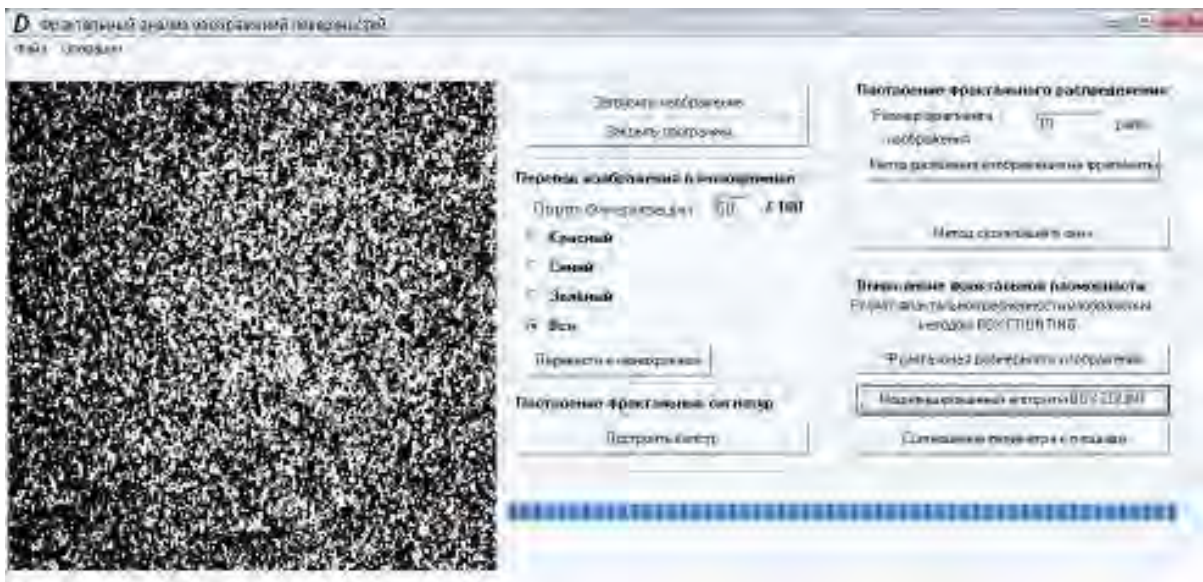


Рисунок 4 – Определение фрактальной размерности в среде AnalysisFS

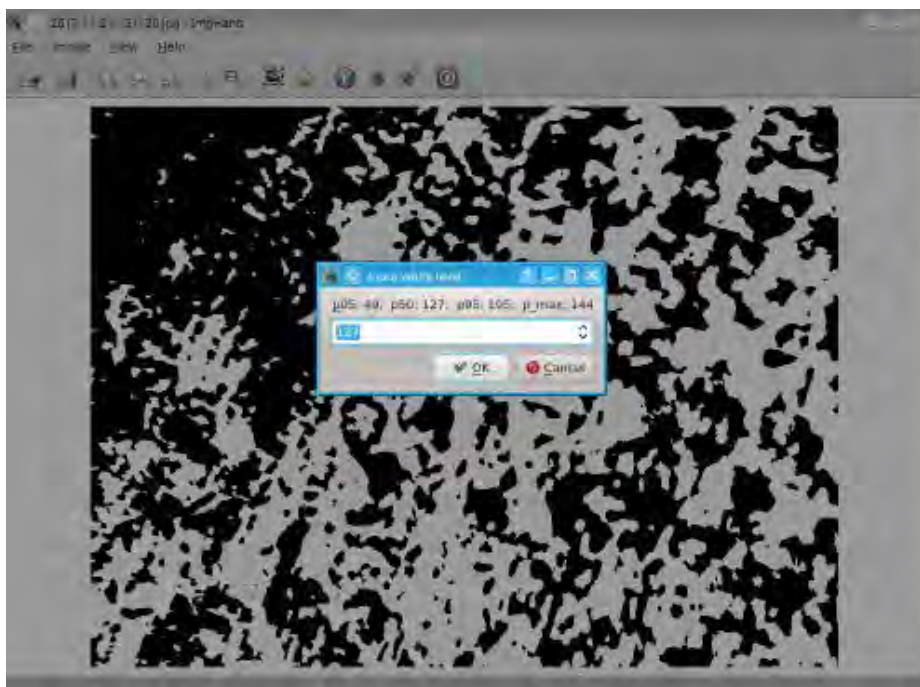


Рисунок 5 – Определение фрактальной размерности в среде Imghead

По полученным фрактальным размерностям каждой пленки был построен график. В этом графике была показана зависимость коэффициента трения к фрактальной размерности (рис.6).

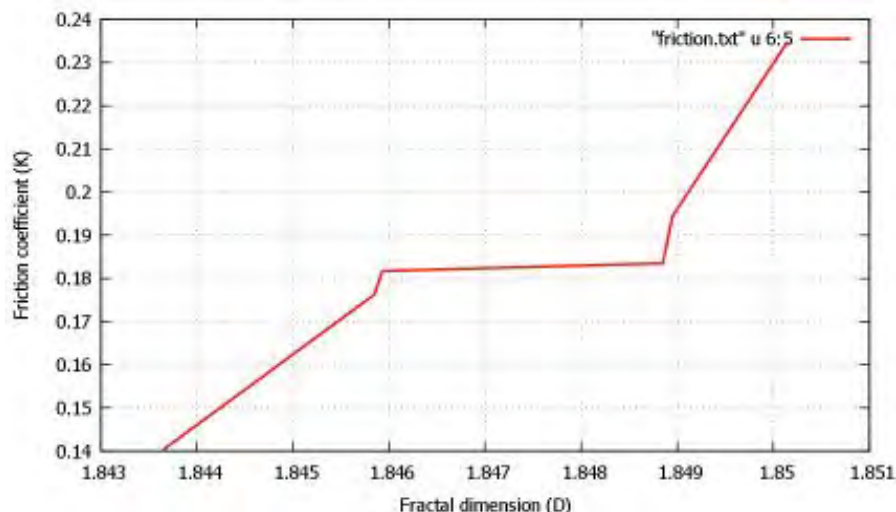


Рисунок 6 – Зависимость фрактальной размерности к коэффициенту трения

Вывод

Было установлена связь между фрактальной размерностью и коэффициентом трения полученных пленок. Так же было замечено, что давление при нанесении металлических пленок может влиять на функциональные свойства пленки, такие как коэффициент трения. Следовательно, можно создать покрытие с заданным коэффициентом трения, путем контроля давления при нанесении. Данные требуют дополнительного изучения, для определения закономерностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок / Б.С. Данилин // Энергоатомиздат, 1989. — 328 с.
2. Попов В. Ф. Процессы и установки электронно-ионной технологии/ В.Ф. Попов, Ю.Н. Горин // М.: Высш. шк., 1988. — 255 с.
3. Виноградов М.И. Вакуумные процессы и оборудование ионно - и электронно-лучевой технологии/ М.И. Виноградов, Ю.П. Маишев // М.: Машиностроение, 1989. — 56 с.
4. Mattox Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing: Film Formation, Adhesion, Surface Preparation and Contamination Control / Mattox, M. Donald // Westwood, N.J.: Noyes Publications, 1998 — 944p.
5. Powell Vapor Deposition. The Electrochemical Society series / F. Carroll, H. Joseph, Oxley, J. M. Blocher // New York: Wiley, 1966— 158 p.
6. Иванова В.С. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогоев. // М.: Наука, 1994. — 382 с.
7. Бунин И.Ж. Концепция фрактала в материаловедении. / И.Ж. Бунин, А.Г. Колмаков, В.Г. Встовский, В.Ф. Тереньтеев // Материаловедение. — 1999. — № 2 . — С. 19 – 26.