

**ПОДБОР РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАДИОЧАСТОТНОГО ИСТОЧНИКА ОПТИЧЕСКИ-
ЭМИССИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА GD-PROFILER 2 ДЛЯ АНАЛИЗА
ТОНКИХ ПЛЕНОК**

А.Д. Ломыгин

Научный руководитель: Р.С. Лаптев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

**SELECTION OF OPERATION MODES OF THE RADIO-FREQUENCY SOURCE OF GLOW
DISCHARGE OPTICAL EMISSION SPECTROMETER GD-PROFILER 2 FOR ANALYSIS OF THIN
FILMS**

A.D. Lomygin

Scientific Supervisor: R.S. Laptev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

Abstract. *Modern technologies cannot do without materials with special characteristics, some of these materials are coatings and thin films. Coatings and thin films are used in various areas ranging from optics to protective films from any effects. The characteristics of these films mainly depend on two factors of composition and structure. These factors must be carefully controlled, but one method of controlling the elemental composition is glow discharge spectrometry. This study aims to study the sputtering modes for a pulsed radio frequency source of a glow discharge spectrometer DG-Profilier 2.*

Введение. Тонкие пленки и покрытия применяются в различных областях техники, от микроэлектроники и оптики, до защитных покрытий от различных воздействий. Большинство физических свойств тонких пленок зависят от их характеристик, таких как химический состав и структура. Таким образом, для оптимизации желаемых свойств эти химические параметры обычно необходимо измерять адекватными аналитическими методами с низкими пределами обнаружения, хорошей воспроизводимостью и высоким боковым и глубинным разрешением. Тонкопленочный анализ методами профилирования глубины основан на эрозии поверхностей в результате бомбардировки частицами с высокой энергией, причем вещество непрерывно удаляется в зависимости от времени бомбардировки. Одним из таких методов является оптическая-эмиссионная спектрометрия тлеющего разряда (ОЭС-ТР) [1]. Данный метод используется для количественного и качественного анализа химического состава материалов. ОЭС-ТР - чувствительный метод к множеству химических элементов. Легкая конструкция установки, простота эксплуатации, возможность профилирования вплоть до глубины 200 мкм сделали данный метод достаточно актуальным для качественного и количественного химического анализа материалов.

Следовательно, **целью** данной работы является подбор режимов работы радиочастотного источника ОЭС-ТР для анализа тонких пленок.

Материалы и методы. Нано композитные покрытия осаждались методом магнетронного распыления Zr (чистота 99,99%), Nb (чистота 99,99%) и Ti (чистота 99,99%), Si (чистота 99,99%), C (чистота 99,99%) мишеней на подложку монокристаллического Si (100) или стекла. Общая толщина полученных покрытий составила 1-1.3 мкм, толщина индивидуальных слоев: 100/100 нм, 50/50 нм, 25/25 нм. Многослойная структура была получена путем поочередного открытия и закрытия затворов у каждой из мишени. Нанесение происходило в атмосфере аргона, без подогрева подложки. Для анализа химического состава покрытий и распределения слоев был использован спектрометр тлеющего разряда GD-Profilер 2. В ОЭС-ТР распыление и возбуждение являются двухэтапным процессом. Когда плоский образец помещается перпендикулярно к медной анодной трубке, уплотнительное кольцо плотно закрывает вакуумную камеру. Пространство, анод и полость между образцом и керамикой, вакуумируется, после чего в трубку поступает аргон. Под действием электрического поля ионы аргона ускоряются к образцу, обладая достаточной энергией для распыления образца. Распыленные частицы, в свою очередь, поступают в плазму и возбуждаются через соударения с высокоэнергетическими электронами и другими частицами. Возникающая оптическая эмиссия характеризует элементный состав образца [2]. ОЭС-ТР основан на обнаружении фотонов, испускаемых этими возбужденными состояниями в плазме, с помощью фотоумножителей или ПЗС в моно- или полихроматорах.

Результаты. Использование радиочастотного источника в импульсном режиме открывает большие возможности ОЭС-ТР, изменяя частоту и мощность можно добиться различных скоростей распыления, а также за счет импульсного режима появляется возможность распылять непроводящие материалы [3]. Подбор режимов работы импульсного радиочастотного источника проводился на наноразмерных тонких пленках на основе Zr/Nb и TiSiC.

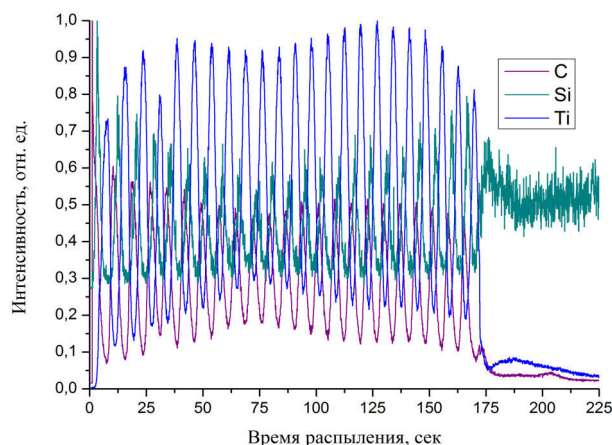


Рис. 1. Зависимость интенсивности сечения элементов от глубины распыления для наноразмерных 15 нм слоев Ti, Si и C на кремниевой подложке

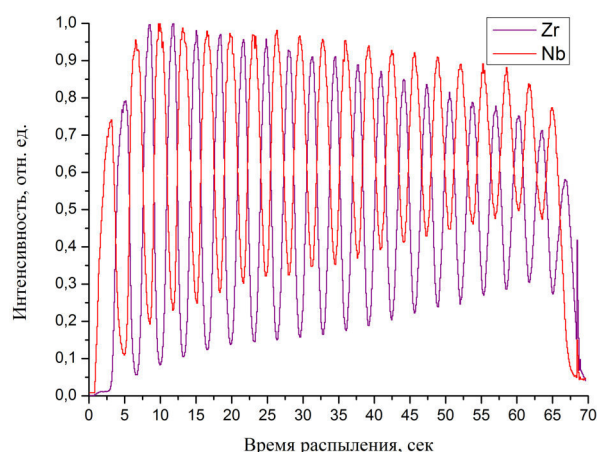


Рис. 2. Зависимость интенсивности сечения элементов от глубины распыления для наноразмерных металлических 25 нм слоев Zr и Nb на стеклянной подложке

Профилирование по глубине на рисунке 1 и 2 . производилось при следующих параметрах: давление - 550 Па и 650 Па, мощность - 40 Вт, частота - 4 кГц и 1кГц, коэффициент заполнения - 25%, соответственно.

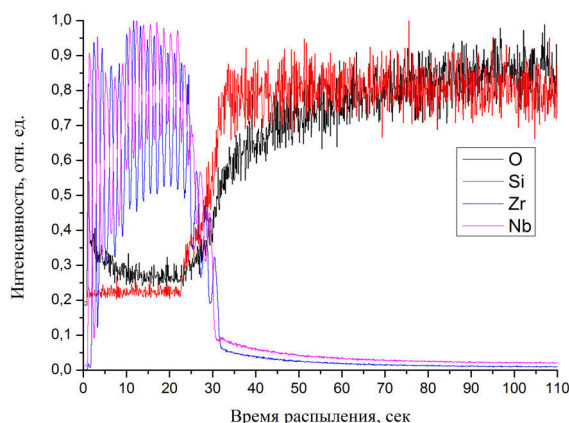


Рис. 3. Зависимость интенсивности сечения элементов от глубины распыления для наноразмерных металлических слоев Zr и Nb на стеклянной подложке вплоть до границы раздела "покрытие - подложка"

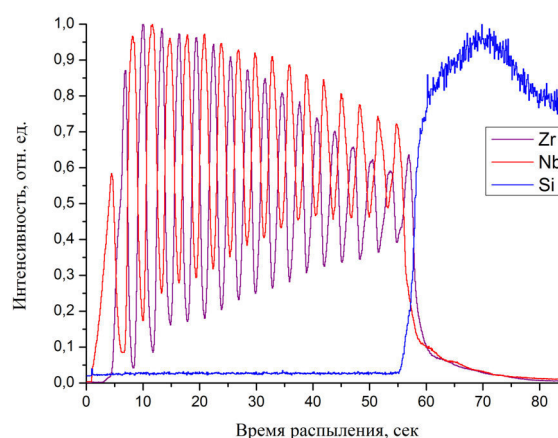


Рис. 4. Зависимость интенсивности сечения элементов от глубины распыления для наноразмерных металлических слоев Zr и Nb на кремниевой подложке вплоть до границы раздела "покрытие - подложка"

Профилирование по глубине на рисунке 3 и 4 . производилось при следующих параметрах: давление - 350 Па и 650 Па, мощность - 40 Вт и 75 Вт, частота - 10 кГц и 5кГц, коэффициент заполнения - 25 % и 50 %, соответственно.

Заключение. В результате данной работы были подобраны режимы работы импульсного радиочастотного источника оптически-эмиссионного спектрометра тлеющего разряда GD-Profilер 2 для анализа тонких пленок на полупроводниковых и керамических подложках. Параметры режимов: давление 350-700 Па, мощность радиочастотного источника 20-80 Вт, частота импульсов 1-10 кГц, коэффициент заполнения 6,25-50%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fernández B., Pereiro R., Sanz-Medel A. Glow discharge analysis of nanostructured materials and nanolayers—A review //Analytica chimica acta. – 2010. – Т. 679. – №. 1-2. – С. 7-16.
2. Нехин М., Кузнецов А., Шапон П. Спектрометр тлеющего разряда PROFILER-2-мощный аналитический инструмент послойного анализа материалов //Аналитика. – 2012. – Т. 5. – №. 4. – С. 34-43.
3. Wilke M. et al. Glow discharge optical emission spectroscopy for accurate and well resolved analysis of coatings and thin films //Thin Solid Films. – 2011. – Т. 520. – №. 5. – С. 1660-1667.