

УДК 533.9.072

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ ИСТОЧНИКА ИОНОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ

Алексей Дмитриевич Купцов⁽¹⁾, Светлана Игоревна Егорова⁽²⁾, Анастасия Александровна Фельде⁽³⁾, Илья Евгеньевич Пименов⁽⁴⁾

*Аспирант 1 года⁽¹⁾, магистр 2 года⁽²⁾⁽⁴⁾, бакалавр 4 курса⁽³⁾,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: С.В. Сидорова,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в
машиностроении»*

Введение

Элементы, сформированные в многослойный кластер «металл-диэлектрик-полупроводник», создают из чередующихся пленок с толщиной от единиц до десятков и сотен нанометров [1]. При этом из-за разницы параметров решетки, коэффициентов термического расширения, поверхностного натяжения и других параметров многослойные структуры подвержены появлению остаточных напряжений [2].

Основным недостатком наличия остаточных напряжений является неустойчивое состояние, которое доходит до критического (разрушения) и приводит к появлению дефектов. Такими дефектами являются: растрескивание и сегментация (напряжения растяжения), отслоение и коробление (как напряжения растяжения, так и сжатия), гофрирование (напряжения сжатия), а также деформационный рельеф (как напряжения растяжения, так и сжатия).

Выделяют следующие причины образования остаточных напряжений в структурах: несоответствие решетки и моноэпитаксиальных слоев пленки (из-за релаксации структуры); поверхностное натяжение островковых зерен (появление сжимающих напряжений); коалесценция островков (появление растягивающих напряжений); диффузионная подвижность адатомов; появление и аннигилирование дефектов (из-за вакансий, дислокаций); фазовые превращения (из-за легирования, внедрения примесей) [2, 3].

Для уменьшения значения остаточных напряжений возможно использование источника ионов (ИИ), позволяющего воздействовать на качество покрытий. ИИ повышает скорости осаждения металлических покрытий при ионном ассистировании [5], увеличивает плотность упаковки осаждаемой пленки [6], очищает и активирует поверхность перед нанесением покрытий [7]. Что также способствует уменьшению остаточного напряжения в наносимых покрытиях.

При этом, автономные ИИ способны воздействовать на подложку и покрытия с различными энергетическими уровнями: ассистирование, очистка, травление. Количественную оценку энергетической составляющей ИИ возможно провести при помощи электрического зонда Ленгмюра.

Целью работы является получение зондовой вольтамперной характеристики, позволяющей определить локальные параметры невозмущенной плазмы.

Описание и постановка эксперимента

Эксперимент проводили на установке МВТУ-11-1МС. ИИ установлен на нижний фланец вакуумной камеры и имеет осевую симметрию с концентрично расположенными

детальями. ИИ под действием осевого магнитного поля испускает ионный столб цилиндрической формы по направлению снизу-вверх.

Геометрическое расположение точек измерения характеристик плазмы в плоскости ортогональной плоскости движения ионной плазмы показано на рисунке 1а. Высотные отметки точек для измерения приведены на рисунке 1б.

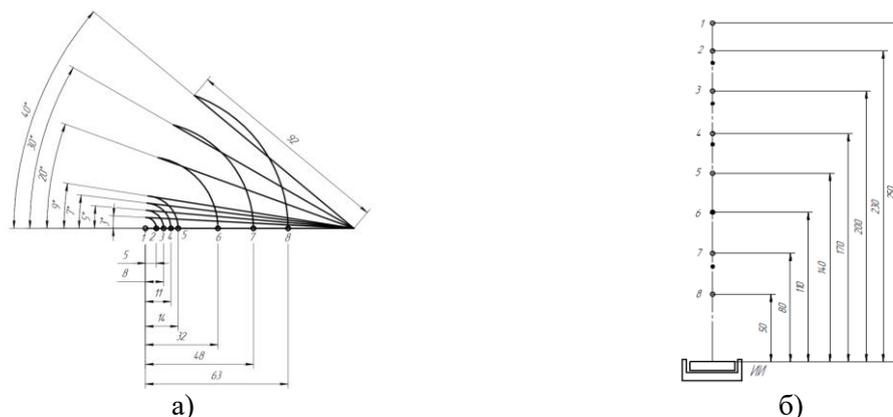


Рис. 1. Схема точек измерения

На технологическом оборудовании предусмотрен ввод вращения подложкодержателя, что позволяет в одном вакуумном цикле на одном расстоянии от ИИ провести измерения тока плазмы. Зонд располагали над источником ионов и поворачивали его на заданные углы согласно схеме. Такие положения точек будут соответствовать различному расстоянию от центра вращения.

Заключение

В результате проведения исследований получены количественные значения потенциала пространства электронной и ионной частей, определены концентрации и температуры ионов и электронов. Полученные данные позволяют скорректировать процесс формирования покрытий для уменьшения остаточных напряжений, учитывая положение образцов в камере при ионной обработке.

Литература

1. *Faraday M. X.* The Bakerian Lecture. —Experimental relations of gold (and other metals) to light //Philosophical Transactions of the Royal Society of London. – 1857. – №. 147. – С. 145-181.
2. *Шугуров А. Р.* Влияние кривизны границы раздела пленка/подложка на закономерности деформации и разрушения тонких металлических пленок и керамических покрытий при внешних воздействиях: дис. – Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 2016.
3. *Nix W. D. & other.* Crystallite coalescence: A mechanism for intrinsic tensile stresses in thin films //Journal of materials research. – 1999. – Т. 14. – №. 8. – С. 3467-3473.
4. *Бобровский, Н. М.* Инновационные технологии механической обработки деталей машин поверхностно-пластическим деформированием: учеб. пособие / Н.М. Бобровский, и др. – Тольятти: Изд-во ТГУ. – 2013. – 80 с.: обл. С. 13.
5. *Бобрович О. Г., Ташлыков И. С., Тульев В. В.* Влияние параметров ионно-ассистированного осаждения на формирование Me/si-структур //Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. – 2014. – №. 6 (170).
6. *Терещук О. И. и др.* Ионное ассистирование при нанесении вакуумно плазменных электродуговых покрытий на эндопротезы. – 2016.
7. *Kaufman H. R., Harper J. M. E.* Ion-assist applications of broad-beam ion sources //Advances in Thin Film Coatings for Optical Applications. – International Society for Optics and Photonics, 2004. – Т. 5527. – С. 50-68.