

электромагнитными волнами клеточные мембраны ослабевают [7,8]. Следствие чего является то, что клеточные мембраны не могут предохранить клетку от проникновения вирусов, грибков и других микроорганизмов, также подавляется естественный механизм самовосстановления.

Для того, чтобы оценить влияние СВЧ-излучения, нами был поставлен следующий эксперимент: два одинаковых цветка на протяжении месяца поливали водой, разогретой в микроволновке, и обыкновенной водой. В результате наблюдения за комнатными растениями существенных различий между цветами мы не выявили. На основании чего был сделан вывод, что еда, разогретая в СВЧ-печи, не представляет опасности для живых организмов.

В настоящее время человечество неспособно полностью отказаться от использования СВЧ-волн, к тому же часть из них имеет природное происхождение. Поэтому каждому человеку необходимо самому следить за уровнем, окружающих его электромагнитных волн, уменьшая его, где это возможно (например, используя более современные модели сотовых телефонов и СВЧ-печи с высокой степенью экранизации). В настоящее время учёные всего мира ищут способ безопасного использования электромагнитных волн.

Список использованных источников:

1. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ / И. В. Лебедев – Москва: Высшая школа, 1970. – 9 с.
2. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Микроволновое_излучение. – Дата доступа: 01.04.2018
3. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ / И. В. Лебедев – Москва: Высшая школа, 1970. – 9 с.
4. Станков, В.М. Инфаркты и страсть: смена мировоззрения / В.М. Станков – Одесса: АО Бахва, 2009. – 98 с.
5. Бударков, В.А. Краткий радиэкологический словарь / Федеральная целевая программа «Гос. поддержка интеграции высшего образования и фундамент. науки на 1997-2000 годы». – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2000. – 256 с.
6. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы / А. Х. Тамбиев [и др.]; под ред.: Ю. В. Гуляева, А. Х. Тамбиева. – М: Радиотехника, 2003. – 176 с.
7. Андреева, А.П. Влияние СВЧ-излучения малой мощности на гемоглобин / А.П. Андреева, М.Г. Дмитриева, С. А. Ильина – 1971. – 121 с. – (Серия «Электроника СВЧ»; вып. 11)
8. Харвей, А. Ф. Техника сверхвысоких частот. Т.2 / А. Ф. Харвей. М.: Советское радио, 1965. – 784 с.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, ФОРМИРУЕМЫХ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Маргун Ю.С., Поваляева Н.И., Степанцов Е.В., Макаревич Я.С., Петрушкевич В.Р.

Ташлыкова-Бушкевич И.И. – к.ф.-м.н., доцент

Исследована микроструктура поверхности тонких металлических пленок Al и его бинарных сплавов с хромом и железом, сформированных ионно-ассистированным осаждением на стеклянных подложках, методом растровой электронной микроскопии (РЭМ). Проведен анализ полученных РЭМ изображений методом случайных секущих.

В настоящее время устойчивый научный интерес сохраняют технологии обработки поверхностей твердых тел, позволяющие решать прикладные практические задачи, связанные с улучшением физико-химических свойств поверхности имеющегося материала. Ионно-плазменные технологии обработки поверхности [1] широко используются для экономичной модификации и придания требуемых характеристик поверхностям твердых тел.

Для управления свойствами тонкопленочных металлических покрытий при их осаждении на подложку необходима диагностика поверхности системы покрытие / подложка. В данной работе обсуждаются экспериментальные результаты исследования с помощью РЭМ микроструктуры Al и его сплавов Al-Cr и Al-Fe, полученных методом ионно-ассистированного осаждения (ОПАСИ).

Эксперименты по ионно-ассистированному осаждению металлических пленок на стекло проводились с использованием вакуумного резонансного плазменно-дугового источника (вакуум 10^{-2} Па) [2] в двух режимах: при отсутствии ускоряющего потенциала и при $U=3$ кВ. В качестве электродов установки использовался чистый алюминий и сплавы Al-1.0 ат. % Cr, Al-1.5 ат. % Fe. Время осаждения покрытий составляло 3, 6, 9 ч (при $U=0$) и 10 ч (при $U=3$ кВ) при скорости осаждения покрытия ~ 0.1 нм/мин. В соответствии с методикой, предложенной Р. Sigmund [3], скорость «кристаллизации» (охлаждения каскадов) имела значение 10^{12} - 10^{13} К/с. Изучение микроструктуры поверхности образцов было выполнено с применением растрового электронного микроскопа марки LEO-1455 VP.

Данные исследования поверхности образцов методом РЭМ показали, что на поверхности тонких пленок присутствует микрокапельная фракция из наносимого покрытия. Для количественного анализа геометрии обнаруженных структурных элементов на поверхности рассматриваемых металлических пленок алюминия и его сплавов использовался один из стандартных методов стереометрической металлографии – метод случайных секущих [4].

По результатам статистической обработки РЭМ изображений были получены таблицы следующих

параметров: среднего измеренного диаметра, величины удельной поверхности и объемной доли микрокапельной фракции с относительной погрешностью 8 %. Объем выборки $x=20$. По полученным данным построены гистограммы распределения по размерным группам среднего измеренного диаметра наблюдаемых структур у наносимых металлических пленок, где по оси абсцисс отложены значения выбранного параметра каждой размерной группы, а по оси ординат – количество объектов с данным значением параметра, рисунок 1, 2. Установлено, что размер и плотность присутствующей на поверхности тонких металлических пленок микрокапельной фракции зависит от режима и времени осаждения покрытия. Как видно на рисунке 1, распределения средних измеренных диаметров микрокапельной фракции по размерным группам хорошо описываются бимодальным распределением: можно выделить два характерных максимума в каждом случае.

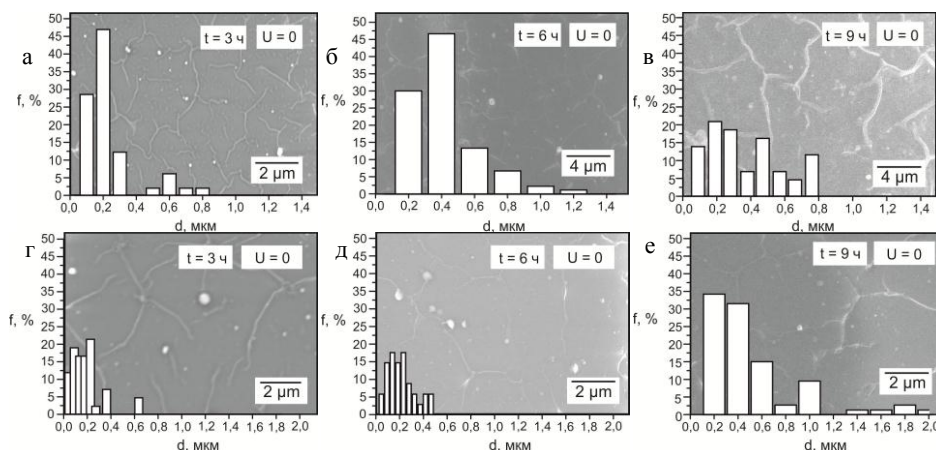


Рис. 1 - Распределение частиц микрокапельной фракции на поверхности тонких пленок сплавов Al-1.0 ат. % Cr (а-в) и Al-1.5 ат. % Fe (г-е) по размерным группам при U=0 в зависимости от времени осаждения покрытия

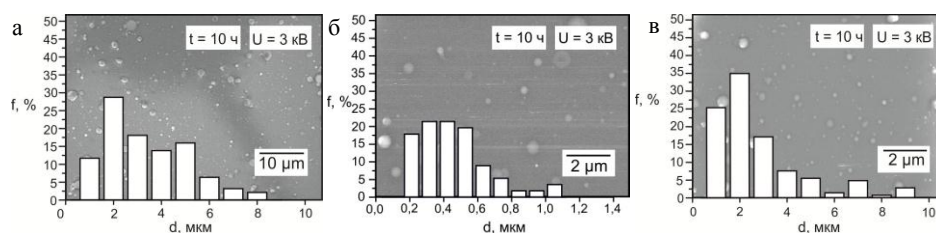


Рис. 2 - Распределение частиц микрокапельной фракции на поверхности тонких пленок Al (а) и сплавов Al-1.0 ат. % Cr (б) и Al-1.5 ат. % Fe (в) по размерным группам при U=3 кВ в зависимости от времени осаждения покрытия

Найдено, что средний измеренный диаметр микрокапельной фракции для пленок, полученных при $U=0$, возрастает в диапазоне от 0.2 ± 0.02 мкм до 0.4 ± 0.02 мкм для пленки Al - 1.0 ат. % Cr и в диапазоне от 0.18 ± 0.02 мкм до 0.52 ± 0.02 мкм для пленки Al - 1.5 ат. % Fe при увеличении времени осаждения покрытия с 3 до 9 часов. На поверхностях пленок, осажденных при $U=3$ кВ, формируются микрокапельные фракции значительно более крупные и частые, средний диаметр которых достигает значения 3.0 ± 0.02 мкм для системы Al/стекло при времени осаждения $t=10$ ч. Также для тонких пленок Al - 1.0 ат. % Cr и Al - 1.5 ат. % Fe наряду с увеличением d характерно возрастание объемной доли микрокапельной фракции V в зависимости от условий формирования пленок.

Шероховатость поверхности изделия является одним из ключевых параметров, определяющих условия его эксплуатации. На рисунке 3 представлены 3D гистограммы, наглядно демонстрирующие зависимость средней арифметической шероховатости (R_a) [5] металлической пленки, формируемой методом ОПАСИ, от наиболее вероятных размеров среднего диаметра микрокапельной фракции и условий формирования покрытия.

Таким образом, варьируя условия формирования покрытия методом ОПАСИ и изменяя элементный состав электродов можно получать покрытия с требуемой шероховатостью, а, значит, прогнозируемыми эксплуатационными свойствами. Результаты исследований поверхностной микроструктуры тонких металлических пленок инструментами стереометрической металлографии позволяют количественно оценить вклад физических параметров эксперимента на характер формируемого рельефа поверхности и степень ее шероховатости, а, значит, дать оценку качества формируемого металлического покрытия.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что выбор параметров при формировании покрытия методом ионно-ассистированного осаждения позволяет управлять процессами структурообразования покрытий, которые в конечном итоге определяют функциональные свойства пленок.

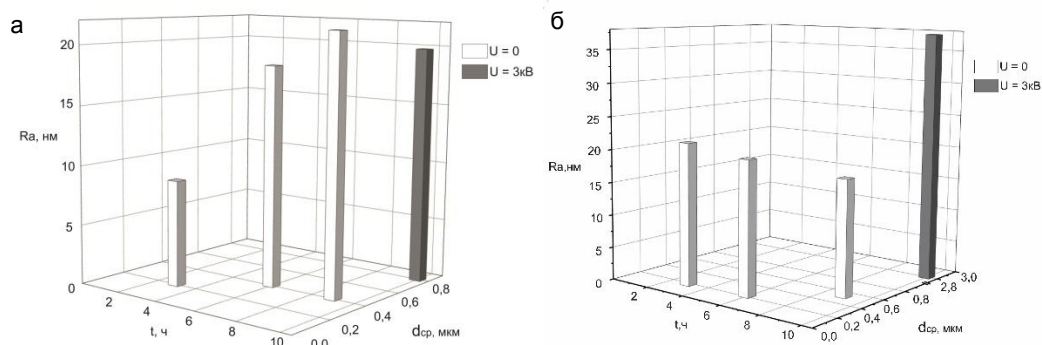


Рис. 3 – Зависимость средней арифметической шероховатости поверхности и среднего диаметра микрокапельной фракции пленок сплавов Al-1.0 ат. % Cr (а) и Al-1.5 ат. % Fe (б), формируемых на стеклянной подложке методом ОПАСИ от режима и времени осаждения покрытия

Авторы выражают признательность Яковенко Ю. С. (БГПУ) за помощь при выполнении исследования и обсуждение результатов.

Список использованных источников:

1. Пичугин В.Ф. Материаловедение поверхности и тонких пленок. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 173 с.
2. Ташлыков, И. С., Белый, И. М. Патент РБ №2324. 1С1 ВУ, С23 С4/12. С4/18, С14/16. Офици. бюл. гос. пат.ведом. 1, 30 (1999).
3. Sigmund, P. Energy density and time constant of heavy-ion-induced elastic-collision spikes / P. Sigmund // Appl. Phys. Lett. - 1974. - Vol. 25. - P. 169–171.
4. Салтыков, С. А. Стереометрическая металлография / С. А. Салтыков. — М.: Металлургия, 1976. — 272 с.
5. Ташлыкова - Бушкевич, И.И. Свойства поверхности тыльных и лицевых контактов фотоэлектронных преобразователей, осаждаемых пассивно и при ионном ассистировании / И.И. Ташлыкова-Бушкевич, Ю.С. Яковенко, И.А. Бушкевич, О.Г. Бобрович, И.С. Ташлыков // Материалы и структуры современной электроники: сб. науч. тр. VII Междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию каф. физики полупроводников и нанозлектроники, Минск, 12–13 окт. 2016 г. / редкол: В. Б. Оджаев (отв. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2016. — С. 123–126.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ТРАЕКТОРИЮ ДВИЖЕНИЯ СОЛНЦА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Петрушко Е.А.

Ташлыкова-Бушкевич И. И. - к. ф.-м. н., доцент.

Альтернативная энергетика развивается стремительными темпами. Наиболее популярными являются ветровая и солнечная энергетика. В данной статье будет рассмотрен один из способов модификации солнечных батарей.

Целью настоящего проекта является подтверждение опытным путём энергетической и экономической целесообразности использования роботизированных систем, учитывающих траекторию перемещения Солнца.

Солнечная энергия широко используется во многих областях: для естественного освещения помещений, при нагреве воды, сушке, иногда даже для приготовления пищи. Но наиболее значимое её использование – это производство электричества или тепла.

Классическая солнечная электростанция представляет собой совокупность солнечных батарей, установленных на неподвижной несущей конструкции. В течение светового дня Солнце перемещается по небесной сфере, в результате чего меняется угол падения солнечных лучей на поверхность солнечных батарей. Необходимым и обязательным условием получения максимальной мощности солнечной электростанции является угол падения солнечных лучей на поверхность солнечных батарей. В данном случае угол падения солнечных лучей должен быть максимально близок к 90°. Стационарно установленные солнечные батареи не позволяют отслеживать перемещение Солнца, в результате чего, солнечная электростанция теряет часть мощности, что увеличивает сроки окупаемости и ухудшает рентабельность подобных проектов. Поэтому было принято разработать роботизированную систему, учитывающую траекторию движения Солнца.

Для исследования и сравнения в работе была проведена оценка среднесуточной мощности стационарной батареи (Табл. 1). Контрольные значения напряжения, силы тока и мощности были зарегистрированы каждый час на протяжении светового дня.