

На основании полученных результатов измерений можно сделать вывод о том, что единой зависимости между толщиной пленки и твердостью не обнаружено – она не одинакова для разных материалов, что также подтверждается работой других авторов [3, 4]. Также сделано предположение, что в рамках проведенного эксперимента, помимо погрешности измерения, весомый вклад внес способ определения твердости покрытий по патенту [4].

В ходе данной работы проведен обзор методов получения покрытий TiNi pAlCo®, установки PLATIT π80, реализуемого на ней метода дугового испарения, и некоторых ее особенностей. Нанесены и исследованы покрытия TiN и pAlCo® на подложки из кремния.

В дальнейшем планируется продолжение исследования покрытий различных материалов, получаемых на установке, и поиск подходящих режимов нанесения пленок с точки зрения требований по твердости, шероховатости, адгезии, толщине покрытий.

Литература

1. Панфилов Ю. В. Нанесение тонких пленок в вакууме // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 3. С. 76–80.
2. Руководство по эксплуатации Platitπ80, 2003-2011.
3. Быков Ю. А., Карпухин С. Д., Бойченко М. К., Чепцов В. О. Способ определения твердости покрытия: пат. 2222801 Российская Федерация. 2004.
4. Усеинов А., Кравчук К., Масленников И. Индентирование. Измерение твердости и трещиностойкости покрытий // Наноиндустрия Сер. Контроль и измерение. 2013. № 7. С. 48–56.
5. Дубинин С. А., Баклыков Д. А. Формирование тонкопленочных покрытий на установке PLATIT π80. [Электронный ресурс] // Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии»: материалы конференции, 4 – 7 апреля, 2017, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана. – М.: ООО «КванторФорм», 2017.– № гос. регистрации 0321701287.– URL: studvesna.ru?go=articles&id=1896 (дата обращения: 30.05.2017).

Получение металлических пленок различной структуры на установке УВН-1М

М.А. Пронин, С.В. Сидорова, Ю.В. Панфилов
МГТУ им Н. Э. Баумана, Москва, 2-ая Бауманская, д.5
e-mail: mr.mikle2207@mail.ru

Рассмотрены и проанализированы варианты конструкции рабочей вакуумной камеры для лабораторной малогабаритной установки. Проведен обзор получения тонкопленочных покрытий разной структуры и различными методами вакуумного нанесения. Приведены рекомендации по выбору режимов формирования тонкопленочных покрытий различной структуры.

Obtaining of metal films of different structures on the UNV-1M set-up. M.A. Pronin, S.V.Sidorova, Yu.V. Panfilov. The vacuum chambers design options for laboratory equipment are viewed and analyzed. A review of thin-film coatings of different structures and different methods of vacuum application is presented. Recommendations for choosing modes of thin-film coatings formation of various structures are given.

Введение

Тонкопленочное покрытие или тонкая плёнка—слой материала, толщина которого находится в диапазоне от долей нанометра (моноатомного слоя) до нескольких микрометров [1]. Область применения в зависимости от материала тонкой пленки распространяется от микроэлектроники, оптики, машиностроения до биологии, медицины и декоративных целей [2].

Структура тонкопленочного покрытия определяет его свойства, а возможность получать заданную структуру покрытия обеспечит необходимые потребительские свойства: светопотери для лазерных зеркал, прочность для *микроэлектромеханических (МЭМС)* устройств, проводящие свойства для структур с *высокотемпературной сверхпроводимостью (ВТСП-структуры)* и для интегральной электроники [3].

Для получения пленки заданной структуры необходимо знать зависимость структуры пленки от режимов ее нанесения. Однако, существующие модели роста пленки не позволяют получить универсальную зависимость. Необходимо иметь зависимость структуры пленки от параметров технологического процесса, которыми можно варьировать непосредственно во время нанесения пленки. К таким параметрам относятся скорость осаждения пленкообразующих атомов или молекул, их энергия и температура подложки. Температура подложки задает величину поверхностной энергии, а, следовательно, длину диффузии адатомов по поверхности подложки и коэффициент аккомодации частиц. Увеличение температуры подложки способствует очистке ее поверхности за счет десорбции примеси, активизирует процесс осаждения атомов в позициях, сопряженных с кристаллической решеткой подложки, приводит к увеличению поверхностной и объемной диффузии, способствующей сглаживанию несоответствия, которое возникает при росте соседних зародышей [4].

На кафедре «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н. Э. Баумана была сконструирована, а затем модернизирована установка вакуумного нанесения типа УВН-1М [1], которая предназначена для исследовательских работ в области технологии нанесения тонких пленок в вакууме.

Лабораторное оборудование для получения тонкопленочных покрытий в вакууме

Вакуумная установка модульного типа, представленная на рис.1, создана по прототипу установки вакуумного нанесения типа УВН-1 [5] и предназначена для исследовательских работ в области технологии нанесения тонких пленок в вакууме.

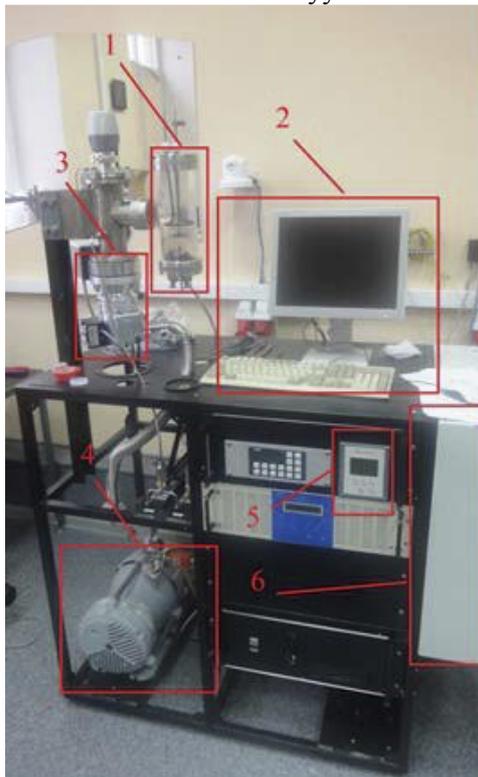


Рис. 1. Общий вид установки: 1 – камера, 2 – центральный контроллер (ПК), 3 – турбомолекулярный насос (EdwardsEXT75D с затвором-бабочкой (VATSer.15)), 4 – спиральный форвакуумный насос (EdwardsnXDS10), 5 – контроллер ТМН, 6 – шкаф энергообеспечения.

Недостатком данной конструкции является то, что возникает необходимость модернизации технологических фланцев под существующие технологические модули; силы, приходящиеся на переходное соединение, будут растягивать соединение и возможно натекание в камеру. Преимуществом данной камеры является большой внутренний объем камеры, что позволит проводить эксперименты с габаритными образцами; дополнительный фланец позволит расширить функционал установки.

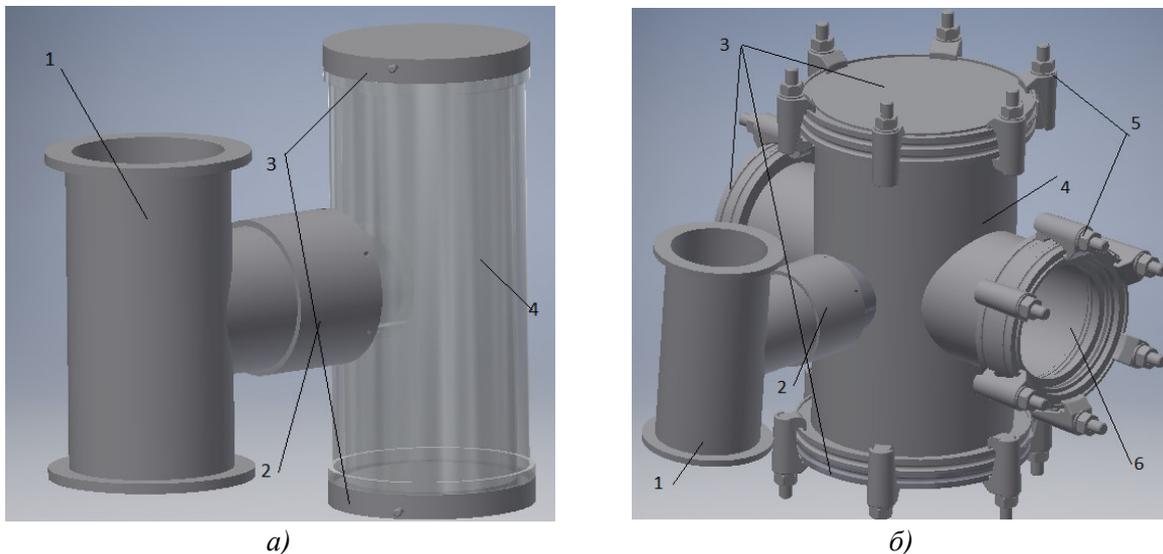


Рис. 2. D-модели Т-образной камеры из кварцевого стекла (а) и камеры в форме «крест» из стали 12Х18Н10Т (б):

1 – промежуточная камера; 2 – переходник; 3 – фланец; 4 – рабочая камера; 5 – трубины; 6 – смотровое окно.



Рис. 3. D-модель Т-образной рабочей камеры из стали 12Х18Н10Т.

Для анализа всех рассмотренных вариантов исполнений камер для установки УВН-1М, в таблице приведены преимущества и недостатки.

На основе проведенного анализа (таблица 1) можно сделать вывод, что вариант камеры из стали 12Х18Н10Т Т-образной формы является более предпочтительным, так как стоимость такой камеры низкая, при этом нет необходимости переделывать технологические модули.

Таблица 2 - Анализ вариантов исполнения рабочих камер для УВН-1М

Камера	Стеклопанельная	Металлическая	«Крест»
Мех. обрабатываемость	-	+	+
Свариваемость	-	+	+
Газовыделение	среднее	малое	малое
Наглядность проводимых процессов	++	+	+
Шероховатость	низкая	высокая	высокая
Быстрота смены фланцев	+	+	-
Стоимость	средняя	низкая	высокая

Поэтому для реализации выбран вариант изготовления рабочей камеры из стали 12Х18Н10Т Т-образной формы для установки УВН-1М, подготовленная конструкторская документация отдана на изготовление.

Выбор метода и режимов формирования пленки на основе виртуального эксперимента

Проведенный литературный обзор по нанесению пленок различных материалов со структурой от рентгеноаморфной до квазимонокристаллической методами физического и химического осаждения позволил создать универсальную диаграмму (рис. 4), которая позволит выбрать метод и технологические режимы для формирования необходимой структуры пленки из широкого спектра материалов.

Для удобства визуализации метода энергомассопереноса были отложены точки в двухмерной системе координат: «скорость нанесения–подложка» и отмечена структура полученной пленки при данных параметрах.

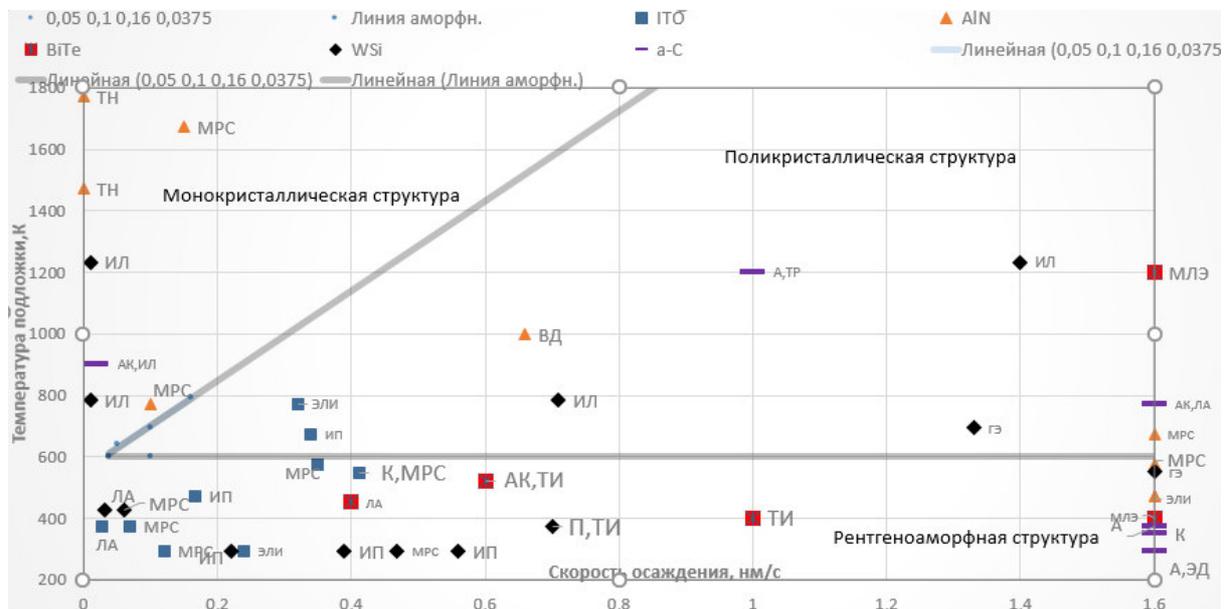


Рис. 4. Взаимосвязь режимов нанесения (скорость осаждения, температура подложки) и структуры тонких пленок из разных материалов, полученных разными методами.

Были проанализированы такие материалы: теллурид висмута (BiTe), силицид вольфрама (WSi), оксид индий-олово (ИТО), алмазоподобный углерод (а-С), нитрид алюминия (AlN). Анализировались следующие методы нанесения тонких пленок в вакууме (рисунок 4): МРС – магнетронная распылительная система, ИП – ионное плазменное распыление, ИЛ – ионно-лучевое распыление, ЭЛИ – электронно-лучевое испарение, ГЭ – газофазная эпитаксия, ЛА – лазерная абляция, МЛЭ – молекулярно-лучевая эпитаксия, ВД – вакуумно-дуговое осаждение, ТН – термохимическая нитризация; структура пленки: монокристаллическая,

поликристаллическая, аморфная (рентгеноаморфная). Если указана структура пленки, то она стоит первой в подписи, вторым приведен метод нанесения.

На основе данных зависимостей и технических параметров установки можно сделать вывод, что на установке УВН-1М можно получать пленки преимущественно рентгеноаморфной структуры для методов термического испарения и магнетронного распыления. Получение монокристаллической и поликристаллической структуры не представляется возможным, так как нагрев подложки свыше 600 К сложно реализуемо на данной установке. Например, на установке УВН-1М можно получать пленки оксида индий-олова рентгеноаморфной структуры, или аморфно-кристаллическую пленку теллурида висмута.

В дальнейшем планируется составление более подробной карты для возможностей установки УВН-1М и не только, в которой будут отражены дополнительные технологические режимы.

Литература

1. Химическая энциклопедия. — М.: Большая Российская энциклопедия. С. 607–608.
2. Панфилов Ю.В. «Электронные, ионные и плазменные технологии». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
3. A. C. Zettlemoyer «Structure and Properties of Thin Films». J. Am. Chem. Soc. 82 (16), pp 4440–4440, 1960.
4. Технология тонких пленок (справочник). Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко, Т. 2. М., «Сов. радио», 1977, 768 с.
5. Сидорова С. В., Чабанов А. А. Вакуумная установка модульного типа для исследования процессов формирования тонкопленочных наноструктур // Сб. трудов 1 Всеросс. школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых по напр. «Наноинженерия». М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. С. 96–100.

Исследование поверхности модифицированных в плазме трековых мембран методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии

*В.А. Алтынов, Л.И. Кравец, *А.Б. Гильман*

Дубна, Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, 141980 ул. Жолио-Кюри, 6

**Москва, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук, 117393 ул. Профсоюзная, 70
e-mail: altynov@cv.jinr.ru*

Методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии исследована химическая структура наноразмерных слоев политетрафторэтилена, осажденных на поверхности трековых мембран из полиэтилентерефталата и полипропилена путем магнетронного распыления и электронно-лучевого диспергирования полимера в вакууме.

Investigation of the surface of the track membranes modified by plasma using the X-ray photoelectron spectroscopy. V.A. Altynov, L.I. Kravets, A.B. Gilman. The chemical structure of nanoscale layers of polytetrafluoroethylene films deposited on the surface of track membranes from poly(ethylene terephthalate) and polypropylene by and electron-beam dispersion of the polymer in vacuum has been studied by magnetron sputtering and X-ray photoelectron spectroscopy.

В настоящее время для модифицирования свойств полимерных пленок, мембран, волокон и т. п. используют нанесение на поверхность тонких, в том числе наноразмерных, слоев полимеров иной химической природы. Такое модифицирование позволяет изменять