

Решения МГТУ им. Н.Э. Баумана и компании НПП «УВН» для тонкопленочной технологии оптической и электронной промышленности

*Д.В. Духопельников, Д.В. Кириллов, Е.В. Воробьев, С.Г. Ивахненко, В.С. Булычев,
В.А. Рязанов, О.И. Афонин*

*Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Научно-производственное предприятие «УВН»
E-mail: duh@bmstu.ru*

На российском рынке наблюдается дефицит отечественных установок для нанесения тонкопленочных покрытий для оптической и микроэлектронной промышленности. Для восполнения этого дефицита создано Научно-производственное предприятие «УВН». Компания НПП «УВН» совместно с МГТУ им. Н.Э. Баумана разрабатывает и производит весь спектр установок нанесения покрытий для оптической (установки серии Гамма), электронной (установки серии Бета) и машиностроительной (установки серии Сигма) отраслей, а также производит модернизацию устаревшего оборудования.

The solutions of BMSTU and Science and Production company “UVN” for the optical and electronic industry. D.V. Dukhopel'nikov, D.V. Kirillov, E.V. Vorob'ev, S.G. Ivakhnenko, V.S.Bulychev, V.A. Ryazanov, O.I. Afonin. There is a deficiency of domestic thin films coating setups for optical and microelectronics industry in the Russian market. Scientific and production company “UVN” has been established to fill this deficit. The “UVN” company jointly with Bauman Moscow State Technical University (BMSTU) develops and produces the full range of the technological setups in the fields of optics (“Gamma” series), electronics (“Beta” series) and machine building (“Sigma” series). The “UVN” company provides the services for modernization of the outdated equipment.

Тонкопленочные покрытия находят широкое применение во многих отраслях современного производства. В оптической промышленности покрытия применяются для обеспечения необходимых характеристик отражения, или пропускания оптических элементов в заданном диапазоне длин волн: просветляющие и отражающие покрытия, диэлектрические зеркала, узкополосные фильтры. При производстве радиоэлектронных компонентов покрытия используются для формирования активных и пассивных элементов, в том числе емкостей и резисторов, а также для создания проводников и контактных площадок. В машиностроении – в качестве износостойких, жаростойких, трибологических и др. слоев.

Растущие потребности промышленности в России требуют расширения парка высокотехнологичного оборудования. При этом в условиях санкций и ограничения поступления нового оборудования и комплектующих возникает необходимость импортозамещения. В то же время, доля отечественных установок для нанесения тонкопленочных функциональных покрытий на российском рынке сравнительно невысока. Например, в оптической промышленности значительную долю рынка занимает продукция белорусской компании «Изовак». Высокая стоимость зарубежного оборудования вынуждает потребителей использовать установки, произведенные еще в советские годы. Кроме того, крупные зарубежные производители напылительного оборудования поставляют установки «как есть» и не учитывают пожелания заказчика.

В этих условиях при участии коллективов ООО «Системные решения» и НОЦ «Ионно-плазменные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана было создано Научно-производственное предприятие «УВН» (НПП «УВН»). Постоянное сотрудничество с МГТУ им. Н.Э. Баумана дает компании доступ к новейшим достижениям в области ионно-плазменных технологий [1-3], а также возможность привлечения для решения нестандартных задач специалистов из любой технической отрасли. Все это позволяет компании в каждом конкретном случае ориентироваться на индивидуальные технические требования клиента и разрабатывать оборудование под него.

Компания НПП «УВН» разрабатывает и производит весь спектр установок нанесения покрытий для оптической (установки серии Гамма), электронной (установки серии Бета) и

машиностроительной (установки серии Сигма) отраслей, а также производит модернизацию устаревшего оборудования. Также компания разрабатывает и поставляет технологические устройства для нанесения тонкопленочных покрытий (магнетронные распылительные системы, резистивные и вакуумные дуговые испарители).

Установки для нанесения оптических покрытий Гамма-700 и Гамма-900.

Установка (рис. 1) предназначена для нанесения отражающих и многослойных интерференционных покрытий на оптические детали видимого диапазона, а также лазерных и ИК-приборов. Нанесение осуществляется методами электронно-лучевого испарения (SiO_2 , Al_2O_3 , MgF_2 , ThO_2 , ZnS , ZrO_2 , HfO_2 и др.), резистивного испарения (NaF , LiF , CaF_2 , MgF_2 , CeF_3 , PbF_2 , ZnS , CdS , ZnSe , CdTe , GeTe и др.) и магнетронного распыления (металлы, а также WO_3 , In_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 и др.). Установка оснащается ионными источниками для очистки поверхности изделий, а также для ионного ассистирования в процессе напыления.



Рис. 1. Установка Гамма-700.

Установки оснащаются системой контроля оптических характеристик наносимых покрытий в спектральном диапазоне от 200 нм до 5 мкм (в зависимости от технического задания). Измерение может осуществляться как по неподвижному образцу-свидетелю, так и по движущемуся рабочему изделию. В последнем случае измеряется только коэффициент пропускания. По желанию заказчика система контроля может быть одноволновой, или панорамной.

Вакуумная камера установок имеет D-образную форму и вакууммируется безмасляной откачной системой на базе турбомолекулярных и спиральных насосов. Предельное остаточное давление для чистой камеры после 30 минут откачки составляет не более 6×10^{-4} Па. Установка оснащается трех- или четырехканальной системой подачи газа.

Обрабатываемые детали устанавливаются на вращающемся подложкодержателе. В зависимости от технического задания подложкодержатель может быть плоским, купольным, или планетарным. Установки оснащаются системой нагрева подложек до 350°C на базе кварцевых излучателей, или трубчатых нагревательных элементов. Контроль температуры осуществляется широкополосным пирометром.

Таблица 1. Технические характеристики установок серии «Гамма».

	Гамма-700	Гамма-900
Размеры вакуумной камеры (ш х в), мм	700x830	900x1200
Количество ЭЛИ	1, 2	2
Мощность электронного пучка ЭЛИ, кВт	до 6	до 12
Количество тиглей в ЭЛИ	1, 4	1, 4, 6, 8
Количество магнетронов	до 2	до 2
Предельное остаточное давление, Па	$6 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
Габаритные размеры (ш х г х в), мм	1300 x 2300 x 2500	1500 x 2400 x 2500
Масса, кг	1500	1900

Установки для нанесения покрытий на изделия радиоэлектронной техники Бета-500 и Бета-700.

Установка (рис. 2) обеспечивает нанесение проводящих, резистивных и полупроводниковых покрытий методом магнетронного распыления на подложки из керамики, полупроводников, стекла или металла при производстве радиоэлектронных компонентов: формирование прозрачных проводящих покрытий (ITO покрытия), контактных площадок, дорожек проводимости (Cu, Cr и др.), пассивных радиоэлектронных компонентов (резистивные сплавы, Cu, Cr, Ni, пермаллой), создание защитных и барьерных слоёв (TiN, AlN и др) и т.п. Магнетроны системы оснащены системой Magniflex™, которая позволяет стабильно получать тонкие плёнки с точно заданными параметрами вне зависимости от длительности техпроцесса. Очистка поверхности осуществляется источником ионов с замкнутым дрейфом электронов протяжённой или цилиндрической конфигурации.

Вакуумная камера имеет вертикально расположенную цилиндрическую конструкцию. Магнетроны и источник ионов размещены на днище камеры и позволяют при необходимости наносить многослойные покрытия и минимизировать попадание пылевых частиц на обрабатываемую подложку. Нагрев подложек до 400° С обеспечивается трубчатым электронагревателем или кварцевой лампой. Контроль температуры и сопротивления плёнки проводится по образцу-свидетелю на поворотном устройстве, что позволяет точно проводить контроль температуры подложек с точностью не хуже ± 5 градусов. Предусмотрено также измерение температуры подложек бесконтактным методом (широкодиапазонным пирометром).

Безмасляный вакуум обеспечивается с помощью формакумного многоступенчатого насоса Рутса и турбомолекулярного высоковакуумного насоса. Предельное остаточное давление для чистой камеры после 30 минут откачки составляет не более $6 \cdot 10^{-4}$ Па.



Рис. 2. Установка Бета-500.

Для работы установки необходимо только обеспечение электроэнергией. Система охлаждения установки имеет собственный замкнутый контур циркуляции теплоносителя и чиллер. Подключения к внешнему источнику воды и магистрали сжатого воздуха не требуется.

Таблица 2. Технические характеристики установок серии «Бета».

	Бета-500	Бета-700
Размеры вакуумной камеры (ш х в), мм	480 х 300	680 х 350
Материалы осаждаемых плёнок	Cr, Ti, Cu, Al, Ni, V, PC, пермаллой; ИТО (In ₂ O ₃ :Sn), Al ₂ O ₃ и др	
Количество одновременно распыляемых материалов	от 1 до 3	до 5
Количество подложек в загрузке (60 х 48 мм)	до 15	до 25
Равномерность толщины плёнки	не хуже 2 %	
Системы контроля свойств плёнки	Контроль температуры до 400 С (не хуже ± 5°), контроль сопротивления (не хуже ± 5 %)	
Количество каналов подачи газов	3	
Установочная мощность, кВт	10	15
Габаритные размеры (ш х г х в)	1700 х 850 х 2000	1850 х 850 х 2200
Масса, кг	900	1100

Заключение. Продукция компании НПП «УВН» позволит восполнить недостаток отечественных вакуумных напылительных установок для нанесения тонкоплёночных покрытий для оптической и электронной промышленности на российском рынке. Важным преимуществом нашей продукции является максимально широкое применение отечественных комплектующих, а также обширная собственная производственная база. Все это в совокупности с высокой квалификацией коллектива и широкими возможностями привлечения дополнительных специалистов позволяет качественно и в кратчайшие сроки производить напылительное оборудование любой сложности.

Литература

1. Д.В. Духопельников, Е.В. Воробьев, С.Г. Ивахненко, Р.В. Ахметжанов, В.А. Обухов, Г.А. Попов, С.А. Хартов. Методика визуализации и определения профиля эрозии поверхности, вызванной ионной бомбардировкой. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2016, №1, с. 15-21.
2. Д.В. Духопельников, В.А. Рязанов, Е.В. Воробьев, В.К. Абгарян, Г.А. Попов, С.А. Хартов. Эффективные коэффициенты распыления титана, нитрида титана и молибдена ионами азота и смеси азот–кислород. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2016, №12, с. 15-21.
3. Д.В. Духопельников, Д.В. Кириллов, В.С. Булычев. Характеристики кремниевых микрокапель в покрытиях, осажденных методом вакуумного дугового испарения. Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2015, №12, с 18-24.