

Требования по охране труда при выполнении технологического процесса по нанесению интерференционных покрытий на вакуумной установке Ortus-700Автушко Г.Л.¹, Богданович Д.А.², Мандик Н.С.²¹Белорусский национальный технический университет²ОАО «Пеленг»

С момента нанесения первых интерференционных оптических покрытий прошло уже много десятков лет, но, несмотря на это на сегодняшний день актуальность их разработки не уменьшается. Плёнки, нанесённые на преломляющие и отражающие грани оптических элементов, позволяют формировать требуемые, разнообразные, часто уникальные спектральные кривые, которые могут быть реализованы благодаря уникальному свойству тонкоплёночных систем. Этим уникальным свойством является интерференция света в плёнках, реализуемая практически для всех источников света, в виду малой длины когерентности источников излучения, необходимой для тонкослойных систем. Незначительная масса и относительная простота реализации (например, путём термического или электронно-лучевого испарения вещества в вакууме, осаждение покрытий из растворов или паров плёнкообразующих соединений и др.), позволяют широко применять интерференционные покрытия.

Существует несколько способов нанесения оптических покрытий - физические (вакуумные), химические и механические. К химическим можно отнести: нанесение покрытия из раствора, травлением, электролизом. К физическим: испарением в вакууме, с помощью газовой фазы, катодным (термическим) распылением, испарением с помощью электронного нагрева, кистью, пульверизатором или центрифугированием и.

Наряду с традиционным методом термического испарения, который применяется для получения пленок сульфидов и фторидов металла, широкое применение получил метод электронно-лучевого испарения, который позволяет получать пленки тугоплавких окислов металлов и полупроводников.

Многие испаряемые окислы металлов и полупроводников, используемые при электронно-лучевом испарении, поставляются на производство не в виде готовых таблеток оксидов, а в виде металлических пластин, которые требуют окисления при испарении. Для того чтобы получить оксид металла при ионно-лучевом испарении используются так называемые системы ассистирования, которые подают определённое количество кислорода или аргона на протяжении всего технологического процесса в вакуумную камеру. Инертные газы поступают на производство в баллонах, в сжатом виде, что требует от работников еще большей осведомленности для обеспечения безопасности. Все работы ведутся согласно Правилам по обеспечению безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением, утверждённых Постановлением МЧС Республики Беларусь от 28.01.2016 №7. Всегда необходимо помнить, что газы в баллоне под огромным давлением, поэтому нужно предостерегать их от падения, нагрева, также концентрированный кислород-это сильнейший окислитель, который в контакте с другими веществами образует горючие и взрывоопасные смеси. Для предотвращения взрыва баллонов также всегда необходимо проверять давление на манометрах на предмет утечки газа. Нельзя использовать баллоны рядом с источником огня, что также приведет к неизбежному взрыву.

При выполнении технологического процесса по нанесению интерференционных покрытий на вакуумной установке Ortus-700 соблюдаются следующие требования охраны труда: к эксплуатации, обслуживанию и ремонту вакуумно-технологического оборудования (далее – ВТО) допускаются лица, достигнувшие 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, аттестованные ООО "Изовак" по программе обучения эксплуатации и обслуживанию данного вида оборудования и изучившие весь комплект эксплуатационной документации на ВТО, входящие в "Ведомость эксплуатационных документов". Персонал освоил и прошёл аттестацию по курсам "Устройство и правило эксплуатации вакуумных установок", "Правила

техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей".

Во время эксплуатации ВТО персонал может подвергаться следующим опасным и вредным воздействиям:

- поражение электрическим током;
- механические повреждения;
- магнитное и электромагнитное излучение;
- ожоги при работе с нагревателями, механическим насосом;
- обморожение при работе с креосистемой;
- опасность взрыва и пожара;
- повышенный уровень шума и вибрации.

В связи с этим предъявлены высокие эргономические требования к оборудованию. Планировка размещения ВТО на вакуумном участке (далее – ВУ) обеспечивает беспрепятственный доступ ко всем узлам и блокам.

Для защиты от поражения электрическим током на составных частях вакуумной установки Ortus-700 предусмотрены заземляющие устройства и защитные экраны. Нельзя использовать ВТО при снятых защитных кожухах и щитах. Ключ для снятия блокировок всегда находится у человека, подготовленного к использованию и ремонту ВТО, ответственного за его обслуживание. При ремонте ВТО и его настройке вывешиваются предупреждающие и запрещающие знаки. Персонал неукоснительно соблюдает правила техники безопасности, такие как: не включать высокое напряжение при снятых высоковольтных кабелях, так же, как и оставлять без наблюдения ВТО, подключенное к системе электроснабжения. Периодически проверяется заземление ВТО. Сопротивление должно составлять порядка 0,1 Ом.

Все работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту ВТО ведутся, как минимум, двумя лицами, имеющим право работать на ВТО.

Также стоит отметить, что комплект эксплуатационной документации и паспорт на ВТО хранятся в определенном месте, известном персоналу.

При эксплуатации ВТО соблюдаются все требования ГОСТ 12.3.043. - 90 «Процессы производственные нанесения оптических покрытий на детали. Общие требования безопасности».

Прекращается эксплуатация ВТО при:

- 1) поврежденных элементах системы охлаждения (фитингах, трубках охлаждения, пробках);
- 2) повреждении высоковольтного провода, со следами окисления или коррозии, а также при повреждении, окислении или коррозии заземляющего провода;
- 3) отключенных блокировках.

Общие требования безопасности при подготовке ВТО к эксплуатации соответствуют ГОСТ 12.3.002-2014 «Системы стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности.», ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»; общие требования по электробезопасности - ГОСТ 12.1.019 и ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования».

По способу защиты от поражения электрическим током ВТО относится к классу 01 по ГОСТ 12.2.007.0 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», согласно данному стандарту к классу 01 относятся изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию и элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания.

При работе с ВТО следует ознакомиться с предупреждающими знаками в соответствии с ГОСТ 14.4.026 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики», которые нанесены на составные части и предупреждают о той или опасности.

Также важно помнить об опасных производственных факторах во время выполнения технологического процесса по нанесению оптических покрытий. Для большей безопасности оператора у установки помещается резиновый электроизоляционный коврик. Во время технологического процесса составные части ВУ, а также механический и турбомолекулярный насосы нагреваются до высоких температур, что может стать причиной термических ожогов. Во избежание этого необходимо дать нагретым поверхностям остыть до температуры, не превышающей 45°C, согласно санитарным нормам и правилам «Требования к микроклимату рабочих мест в производственные и офисные помещения» и гигиеническому нормативу «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013г. № 33. Также, операторы, в обязательном порядке, пользуются защитными тканевыми перчатками.

Очистка вакуумной камеры, а также внутрикамерной оснастки - подложкодержателя, заслонки окна передней двери, заслонки электронно-лучевых испарителей от налёта осаждаемых материалов - производится одновременно двумя сотрудниками под вытяжной вентиляцией, выполненной согласно СН 4.02.03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», либо с использованием пылесоса или других подручных средств. При выполнении очистки, а также при завершении технологического процесса в камере могут накапливаться газы, которые образуются при испарении веществ, поэтому при открывании вакуумной камеры операторам необходимо пользоваться респираторами типов ШБ-1 «Лепесток» и РПГ-67А.

По окончании работы перекрываются магистрали подачи технологических газов во избежание взрыва баллонов, также операторы отсоединяют от сети вакуумную установку и все дополнительные системы.

Работники, имеющие заболевания сердечнососудистой системы и находящиеся на вакуумном участке с кардиостимуляторами и подобной медицинской аппаратурой, вживлённой в организм, предупреждены о наличии магнитного излучения и им рекомендовано держаться от оборудования на безопасном расстоянии.

При испарении осаждаемых материалов возникает опасность УФ и рентгеновского излучения. Для минимизации воздействия его на оператора при наблюдении через смотровое окно за технологическим процессом предусмотрено специальное защитное стекло марки ТФ 5. ТФ переводится как тяжёлый флинт и относится к одному из основных типов оптических стекол – флинтам. Основой флинтов является тройная система из оксидов кремния, свинца и калия, также в состав входят оксид бора алюминия и бария. Благодаря определённому сочетанию данных элементов стекла марки ТФ: ТФ5 и ТФ105, характеристики которых регламентированы согласно ГОСТ 13659-78 «Стекло оптическое бесцветное. Физико-химические характеристики. Основные параметры», поглощает ионизирующее излучение. С целью безопасности на вакуумной установке есть средства сигнализации: визуальная и звуковая, которые информируют о нарушениях нормальной работы установки, для экстренной остановки системы на передней двери располагается кнопка аварийной установки.

Таким образом, требования промышленной безопасности и гигиены труда на вакуумном участке при выполнении технологического процесса по нанесению интерференционных покрытий на вакуумной установке Ortus-700 предполагают создание таких условий труда для работающих, которые оградили бы их от чрезмерной утомляемости, производственного травматизма, исключили бы вероятность отравлений, ранений, ожогов, поражений электрическим током.