

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
Кафедра инженерной психологии и эргономики

На правах рукописи  
УДК 658.5.012.14

Кондратенко  
Андрей Сергеевич

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПЕРСОНАЛА ОПТИЧЕСКИХ  
ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

АВТОРЕФЕРАТ  
на соискание академической степени  
магистра техники и технологии

1-59 81 01 – Управление безопасностью производственных процессов

Магистрант А.С. Кондратенко

Научный руководитель  
Г.Г. Гоцкий, кандидат  
экономических наук, доцент

Заведующий кафедрой ИПиЭ  
К.Д. Яшин, кандидат технических  
наук, доцент

Нормоконтролер  
О.В. Павловская,  
ассистент, магистр  
психологических наук, аспирант  
кафедры ИПиЭ

Минск 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие оптики многослойных тонкопленочных покрытий тесно связано с прогрессом в оптоэлектронике и квантовой электронике, оптическом приборостроении, спектроскопии и голографии. Интерференционные покрытия применяют для получения высоких коэффициентов отражения (зеркальные покрытия), для увеличения пропускания и контрастности (просветляющие покрытия), для спектрального и энергетического разделения и сложения оптических сигналов и их хроматической коррекции (узко- и широкополосные отрезающие фильтры), для изменения поляризации излучения (интерференционные поляризаторы).

Получение высококачественных и воспроизводимых по оптическим характеристикам тонкопленочных покрытий является одним из важнейших технологических процессов создания различных оптических приборов и изделий на их основе.

В последние годы достигнуты значительные успехи в разработке методов получения многослойных интерференционных покрытий по тонкопленочной технологии.

Однако при взаимодействии человека с техникой для него всегда существует потенциальная опасность, которая может служить универсальным свойством, характеризующим любую трудовую или производственную деятельность человека. Иллюзия безопасного труда может обернуться трагедией для работника, поскольку обеспечить абсолютную безопасность и нулевой риск в действующих в настоящее время сложных технических и технологических системах невозможно. В то же время отношение «человек - техника» было, есть и остается отношением «субъект труда - орудие труда». Любая машина (в том числе и электронная вычислительная машина) - это орудие труда, пользуясь которым человек достигает сознательно поставленной цели. Технические звенья системы «человек - машина» должны рассматриваться относительно этой деятельности человека как ее орудия. В современном производстве деятельность человека как оператора приобретает ведущее значение. В данной работе поставлены задачи изучить безопасные и эргономичные условия труда с целью минимизации рисков персонала на оптических тонкопленочных производствах.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Современная наука и техника развиваются стремительными темпами. Сегодня невозможно представить ни одну отрасль человеческой деятельности без так называемых хай тек технологии. Не исключением стали и тонкопленочные технологии в сфере оптических тонкопленочных покрытий. Однако, с ростом инноваций в производстве, растет и необходимость учета возможных рисков для персонала, который связан с данным производством.

В первой главе данной работы кратко рассматривается суть того, чем являются оптические покрытия, а именно: методика их расчета, материалы, которые используются при создании (на примере оптических просветляющих покрытий) и методы их получения.

Вторая глава представляет из себя эксперимент по усовершенствованию конкретного производственного метода создания оптических покрытий. Эксперимент проводился на базе конкретного производственного оборудования – установки электронно-лучевого испарения. Здесь так же были исследованы параметры покрытий, полученных с помощью усовершенствованного метода.

В третьей главе проводится анализ возможных рисков на оптическом тонкопленочном производстве. Здесь описываются основные принципы по обеспечению безопасных условий труда на производстве оптических покрытий. Так же анализируются подходы к проектированию основы тонкопленочных производств – производственных помещений с точки зрения безопасности, эргономичности и комфортности условий труда.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью моей магистерской диссертации являлась разработка мер по минимизации рисков персонала оптических тонкопленочных производств.

Основными задачами проекта являлось:

- 1. Изучить современное состояние дел в области оптической тонкопленочной технологии;
- Разработать инновационный способ получения оптических покрытий;
- Провести анализ возможных рисков персонала при работе на оптическом тонкопленочном производстве;
- Разработать мероприятия для создания безопасных и комфортных условий для персонала.

Сравнивая возможные методы создания оптических тонкопленочных покрытий и оборудование, используемое в них, а так же экономичность, производительность, качество получаемых пленок и возможность непосредственного контроля их параметров во время процесса, целесообразно остановиться на методе электронно-лучевого испарения. В экспериментальной части нашей работы, для получения просветляющего покрытия в спектральной зоне среднего ультрафиолета, мы использовали метод электронно-лучевого испарения с ионным ассистированием и без него и вели сравнительный анализ оптических характеристик покрытий. При этом, в обоих случаях использовали предварительный нагрев подложек и поддержание заданной температуры во время процесса.

Сравнивая, тем самым, два способа создания оптических просветляющих покрытий в средней ультрафиолетовой части спектра, можно отметить, что предпочтительным является ЭЛИ с ассистированием ИИ. Так как он устраняет ряд существенных недостатков классического ЭЛИ, описанных выше и при этом практически не теряет в производительности процесса. ЭЛИ с ассистированием ИИ подходит как для лабораторного так и для массового промышленного применения. Одна из основных проблем данного способа создания оптических покрытий – это инерционность процесса. В момент выключения ЭЛИ в объеме камеры все еще находится достаточное количество испаренного материала, который еще некоторое время долетает до подложки. Из-за чего, для получения точных толщин нужно корректировать момент выключения технологического оборудования.

На данной стадии разработки нового технологического процесса, проектировании нового и модернизации уже имеющегося оборудования и интеграции его в производство, необходимо учесть все производственные риски связанные с персоналом. Учет факторов внешней среды и нейтрализации

их возможного вредного воздействия должны начинаться уже при проектировании системы «человек - машина» и продолжаться в ходе ее эксплуатации. Кроме этого, следует предусмотреть систему профилактических мероприятий по защите человека от вредного воздействия нежелательных факторов внешней среды.

Человек, работающий в чистой зоне, в ходе работы практически не имеет возможность контактировать с внешней средой. Необходимо иметь в виду этот факт и оборудовать чистые комнаты соответствующими устройствами, а, в свою очередь, в комнатах отдыха должны быть продуманы условия как для полноценного послеобеденного отдыха, так и для кратковременных перерывов. Это могут быть какие-то минимальные спортивные конструкции: перекладины – турники, баскетбольные миникольца, настольные игры, где необходимо движение. Все это способствует умственной и физической разгрузке персонала, как следствие повышает эффективность трудовой деятельности.

Библиотека БГАУР

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над магистерской диссертацией были получены образцы оптических просветляющих покрытий с использованием усовершенствованного метода электронно-лучевого испарения. Проведены исследования спектральных характеристик образцов, исследование поверхностной и объёмной структуры полученных пленок.

Из анализа литературных источников и экспериментальных результатов было установлено, что для покрытий с более качественной морфологией структуры и с большей плотностью упаковки необходимо использовать ионное ассистирование при электронно-лучевом испарении вместо классического электронно-лучевого испарения, без ассистирования. Пленки, полученные данным методом, практически не подвержены влиянию влаги, а значит сохраняют свои оптические характеристики с течением времени. В ходе проведения экспериментов исследовались и оптимизировались технологические параметры работы напылительных устройств. При данной конфигурации технологических устройств и выбранных материалов покрытия с большим пропусканием и меньшим поглощением были получены образцы методом электронно-лучевого испарения с ионным ассистированием на установке «Ортус-700». Это говорит о предпочтительности применения данного метода на производстве при создании оптических тонкопленочных покрытий. Были сделаны выводы о целесообразности дальнейшего исследования данного метода осаждения и внедрения его в производство.

Следующим этапом работы – был анализ производства оптических тонкопленочных покрытий с точки зрения наличия рисков для персонала, занятого на данном производстве. Внесены предложения по обеспечению безопасной работы оператора вакуумной установки при работе на технологическом оборудовании. Детально проанализировано и исследовано оптическое производство с точки зрения проектирования соответствующих производственных помещений, которые носят название «чистые комнаты». На стадии проектирования были заложены соответствующие концепции с учетом технологических требований производства оптических тонкопленочных покрытий, а также требований безопасности, эргономичности и комфортности данного производства для персонала, занятого на нем.