

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Измерительный комплекс для спектроскопии волноводного распространения света

УДК681.7.068.4:621.372.82

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б51	Чжан Бисюань		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Панин В.Ф.	д.т.н., профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 12.03.01 Приборостроение	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 12.03.01 Приборостроение

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P1	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
P2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельность	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
P3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег.

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		№800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
Р4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
Р5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования,	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	<p>тов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)</p> <p>29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)</p> <p>29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)</p> <p>40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)</p> <p>40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)</p> <p>40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8)</p> <p>CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)</p> <p>29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)</p> <p>29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)</p> <p>40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)</p> <p>40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)</p> <p>40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18)</p> <p>CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)</p> <p>29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)</p> <p>29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)</p> <p>40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)</p> <p>40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства опто-техники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) **Мойзес Б.Б.**

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
151Б51	Чжан Бисюань

Тема работы:

Измерительный комплекс для спектроскопии волноводного распространения света

Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.11.2018 г. №10079/С
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Измерительный комплекс для спектроскопии волноводного распространения света
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной ра-</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Обзор существующих методов измерения толщины и показателя преломления адгезионных пленок.2. Метод волноводного распространения света3. Подбор и компоновка оборудования.4. Порядок работы на измерительном комплексе

боты; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	
---	--

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Панин В.Ф.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева В.Н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		04.02.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б51	Чжан Бисюань		04.02.2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2019 г.	Раздел «Обзор существующих методов измерения толщины показателя преломления адгезионных пленок», Раздел «Исходные данные для разработки измерительного комплекса»	20
29.04.2019 г.	Раздел «Подбор и компоновка оборудования», «Порядок работы на измерительном комплексе»	40
07.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20
21.05.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		04.02.2019

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 12.03.01 Приборостроение	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н.		04.02.2019

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 151Б51	ФИО Чжан Бисюань		
Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Скамья оптическая ОСК-2ЦЛ – 2 990 900 руб. ЛГН-207А – 2200 руб. Гониометр Г-5 – 20000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Данная НИР аналогов не имеет (нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют) Минимальный размер оплаты труда (на 2017 год) составляет 7500 руб.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Данная НИР не подлежит налогообложению (п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ) Отчисления во внебюджетные фонды – 30 % от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка коммерческого потенциала НИИ и инновационного
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. Планирование научно-исследовательского исследования (цели и результат исследования, перечень работ, определение трудоемкости работ, построение графика работ) 2. Смета затрат на исследование
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и смета затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б51	Чжан Бисюань		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
151Б51	Чжан Бисюань

Институт	ИШНПТ	Кафедра	Материаловедения
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	«Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	При измерении толщины пленки и показателя преломления, на работников возможно воздействие следующих вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> - Микроклимат; - Производственный шум. А также опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> - Электрическое напряжение; - Пожаровзрывобезопасность
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.1.003-14 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные» ГОСТ 12.3.009-76 «Работы погрузочно-разгрузочные». ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ производственной среды	<i>Вредные факторы рабочей зоны:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Отклонение показателей микроклимата в помещении; - Повышенный уровень шума на рабочем месте; - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Нервно-психические перегрузки. <i>Опасный фактор рабочего места инженера-проектировщика:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Электробезопасность; - Пожаровзрывобезопасность;
----------------------------------	--

2. Организация рабочего пространства	<i>Место работы и объекты</i>
3. Экологическая безопасность:	<i>Во время работы над ВКР негативного воздействия на окружающую среду оказано не было.</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Пожар - наиболее типичная чрезвычайная ситуация для учебного корпуса является. Основные мероприятия, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества при пожаре.</i>
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: - Организация моторного поля; - Оптимальное размещение предметов труда и документации; - Подбор мебели для рабочего места для выполнения работ сидя.</i>
6. Охрана окружающей среды 6.1. Региональная безопасность 6.2. Защита атмосферы 6.3. Защита от шума 6.4. Защита от электромагнитных полей	<i>Беречь окружающую среду: - Переработка отходов - Используйте защитные очки - Акустическая панель - Экранирование источника излучения</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Проф. каф. ЭБЖ	Панин Владимир Филиппович	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б51	Чжан Бисюань		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Измерительный комплекс для спектроскопии волноводного распространения света» состоит из текстового документа, выполненного на 67 с. Текстовый документ содержит 14 рисунков, 9 таблиц, 33 источника.

Ключевые слова: показатель преломления, эффективный показатель преломления, волновод.

Объектом исследования является: измерительный комплекс для спектроскопии волноводного распространения света.

Цель работы – разработать измерительный комплекс для определения толщины и показателя преломления оптических покрытий.

В процессе исследования проводились: обзор существующих методов измерения толщины и показателя преломления адгезионных пленок; рассмотрены теоретические основы волноводного распространения света; составлена принципиальная схема измерительного комплекса; осуществлен подбор и компоновка оборудования, описан порядок работы на измерительном комплексе.

В результате исследования разработан измерительный комплекс для определения показателя преломления и толщины оптических покрытий.

Степень внедрения: в разработке.

Область применения: оптические покрытия, планарные волноводы оптического диапазона.

Экономическая эффективность/значимость работы: обеспечение точности измерения толщины и показателя преломления оптических покрытий и планарных волноводов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	16
1. Постановка задачи.....	17
2. Обзор существующих методов измерения толщины и показателя преломления адгезионных пленок	17
2.1. Метод кварцевого вибратора.....	18
2.2. Резистивный и ёмкостный методы.....	18
2.3. Ионизация молекулярного потока	19
2.4. Метод эллипсометрии	19
3. Метод волноводного распространения света.....	20
3.1. Основные законы геометрической оптики.....	20
3.1.1. Закон линейного распространения: равномерное распространение света.....	20
3.1.2. Закон отражения света и закон преломления.....	21
3.2. Полное отражение.....	22
3.3. Основные физические принципы волноводной фотоники.....	23
4. Исходные данные для разработки измерительного комплекса.....	25
5. Назначение и возможности измерительного комплекса, структура.....	25
5.1. Назначение и основные возможности измерительного комплекса.....	25
5.2. Структура измерительного комплекса	29
5.3. Методика измерений	30
5.4. Обработка результатов измерений.....	30
6. Подбор и компоновка оборудования	30
6.1. Описание приборов.....	30
6.1.1. Скамья оптическая ОСК-2ЦЛ	30
6.1.2. Лазер ЛГН-207А	31

6.1.3. Гониометр Г-5	34
6.1.4. Приспособление для крепления образцов	35
7. Порядок работы на измерительном комплексе.....	36
8. Проведение испытаний. Результаты	36
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	39
Введение.....	39
9.1. Потенциальные потребители результатов исследования	39
9.2. Планирование научно- исследовательских работ	40
9.3. Структура и порядок работ научного исследования.....	40
9.4. Определение трудоемкости работ.....	42
9.5. Смета научно- технического исследования	44
9.5.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	44
9.5.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментов	45
9.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	46
9.5.4. Страховые отчисления во внебюджетные фонды.....	48
9.5.5. Накладные расходы	48
9.5.6. Смета затрат научно- исследовательского проекта	49
10. Социальная ответственность.....	50
10.1 Анализ производственной среды	50
10.2. Микроклимат.....	52
10.3. Экологическая безопасность	54
10.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	56
10.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
10.6. Охрана окружающей среды	59
10.6.1. Региональная безопасность	60

10.6.2. Защита атмосферы.....	61
10.6.3. Защита от шума.....	61
10.6.4. Защита от электромагнитных полей.....	62
Заключение.....	64
Список литературы.	65

Введение

В 1970-х годах, благодаря крупным прорывам в области полупроводниковых лазеров и технологии оптических волокон, быстро развивались оптическая информационная наука и технологии, представленные оптической связью, оптической обработкой информации, считыванием оптических волокон, хранением и отображением оптической информации и т.д. Стал основой оптической информатики и науки. Одновременно с развитием оптоэлектронных технологий. Тенденция к интеграции оптических систем становится все более очевидной. Интегрированная оптика объединяет различные оптические волноводные устройства, светоизлучающие устройства, устройства модуляции, детекторные устройства и тому подобное на общей подложке чипа. Тем самым строится независимая функция фотоэлектрической системы.

Оптическая пленка относится к слою из одной или нескольких пленок, нанесенных на поверхность таких материалов, как оптическое стекло, оптические пластики, оптические волокна и кристаллы. Оптический компонент, который изменяет интенсивность, состояние поляризации и фазу проходящего или отраженного света на основе интерференционного эффекта света в пленке, является важным компонентом современных оптических приборов и оптических устройств. Развитие технологии оптических тонких пленок играет важную роль в продвижении и содействии модернизации науки и техники и миниатюризации машин. Оптические пленки широко используются в различных новых науке и технике.

Для разработки инструментов или компонентов с оптическими пленками в качестве важного компонента. Необходимо знать толщину и показатель преломления пленки. Поэтому я изучил метод измерения толщины пленки и показателя преломления.

1. Постановка задачи

Цель работы: разработать измерительный комплекс для измерения показателя преломления и толщины оптических покрытий.

Для этого были поставлены следующие задачи.

1. Обзор существующих методов измерения толщины и показателя преломления адгезионных пленок.
2. Рассмотреть метод волноводного распространения света.
3. Разработать принципиальную схему измерительного комплекса.
4. Произвести выбор и компоновку оборудования.

2. Обзор существующих методов измерения толщины и показателя преломления адгезионных пленок

Методы определения толщины пленок весьма разнообразны. Гравиметрические методы (микровзвешивание, метод кварцевого резонатора) основаны на измерении масс тонкопленочных покрытий, по которым затем рассчитываются толщины. Оптические методы основаны на интерференции, поскольку толщины пленок по порядку величины близки к длинам волн оптического излучения. Из других оптических методов важное значение в технологии микроэлектронных приборов приобрела так называемая эллипсо-метрия. Используются также электрические методы (в основном контроль электрического сопротивления для проводящих пленок и емкости для диэлектрических) и ряд других.

Свойства тонких пленок очень чувствительны к технологии их изготовления. Пленки, имеющие одинаковую толщину, в зависимости от условий их получения могут иметь совершенно различные удельные сопротивления, температурные коэффициенты сопротивления, диэлектрические потери, коэффициенты поглощения света и т. п. Поэтому в технологии ИС часто более важно не измерение тол-

щины пленки после ее получения, а возможность управлять толщиной в процессе нанесения.

2.1. Метод кварцевого вибратора

Измерение отклонения резонансной частоты на основе пьезоэлектрического кварцевого вибратора. Это отклонение связано с изменением массы при нанесении пленки на кварцевую пластину. Пьезоэлектрические свойства кварцевой пластины зависят, прежде всего, от ориентации кристалла среза относительно большой оси монокристалла. Все значения, фигурирующие в формуле, используемой для определения толщины пленки, являются известными параметрами кварцевой пластины и определяются некоторые погрешности.

2.2. Резистивный и ёмкостный методы

Этот метод контроля толщины пленки основаны на измерениях электрического сопротивления (для пленок проводящих материалов) или емкостных сопротивлений (для пленок диэлектрических материалов). Этот метод может применяться непосредственно во время процесса распыления. Для измерения толщины плёнки в рабочее пространство установки напыления рядом с рабочей подложкой устанавливают контрольную непроводящую подложку на края которой заранее нанесены проводящие контакты. Эта пластина включается в плечо мостовой схемы. По дисбалансу мостовой системы определяют процесс роста плёнки.

Недостатком этого метода является отсутствие точных данных по удельному сопротивлению мембраны, которые могут значительно отличаться от удельного сопротивления объемных образцов. Поэтому этот метод удобен для использования в технологии тонких пленок, когда желательно измерять толщину пленки, а не ее удельное сопротивление.

2.3. Ионизация молекулярного потока

Принцип действия устройства для измерения скорости осаждения пленки основан на частичной ионизации паров выбрасываемого вещества и измеряет результирующий ток, который пропорционален плотности молекулярного потока через рабочий объем датчика. Чтобы разделить молекулярный поток и остаточный газ, используется регулирование молекулярного потока. В измерительном устройстве переменная составляющая ионного тока датчика, пропорциональная скорости осаждения испаряющегося вещества, извлекается, усиливается, детектируется и подается на циферблатный индикатор, показания пропорциональны скорости осаждения и доставляются к неподвижной пленке осаждения Толщина цифрового интегратора.

2.4. Метод эллипсометрии

Метод основан на изменении поляризации света при отражении от тонкой прозрачной поверхности. При освещении подложки линейно-поляризационным светом составляющие излучения отражаются по-разному, в результате чего свет получается эллиптически поляризованным. Измерив эллиптичность отражённой волны, можно определить свойства плёнки.

Основная идея метода эллипсометрии состоит в том, что линейно поляризованный свет, создаваемый поляризатором, становится особым эллиптически поляризованным светом после ориентации на определенную четвертьволновую пластину и когда он проецируется на поверхность исследуемого образца, при условии, что поляризатор правильно выбран Направление пропускания света, которое отражается поверхностью исследуемого образца, будет линейно поляризованным светом. В соответствии с изменением состояния поляризации поляризованного света до и после отражения (включая изменение амплитуды и фазы) могут быть определены многие оптические свойства поверхности образца.

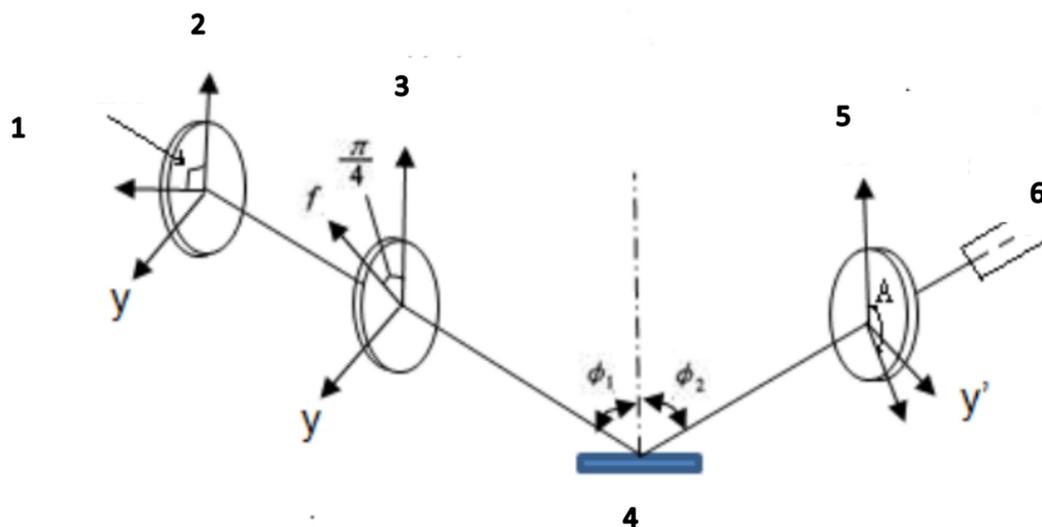


Рис.1. Схема экспериментального устройства

1. Монохроматический луч 2.Поляризатор 3.1/4Волновая пластина
4. Образец 5.Анализатор 6. Зонд

3. Метод волноводного распространения света

3.1. Основные законы геометрической оптики

3.1.1. Закон линейного распространения: равномерное распространение света

Под освещением точечного источника, за непрозрачным объектом

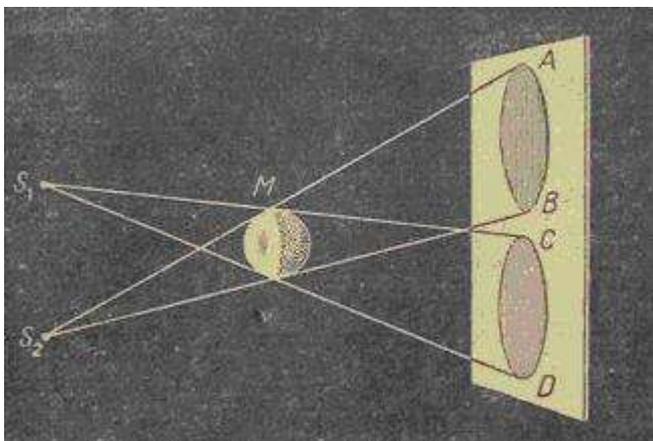


Рис. 2. Свет движется по прямой

3.1.2. Закон отражения света и закон преломления

Пусть среды 1, 2 будут прозрачными, однородными и изотропными, а их интерфейс - плоским. Когда пучок света падает на интерфейс средой 1, в общем случае это будет: линия и преломляющая линия, плоскость, образованная входным лучом и нормалью интерфейса, называется падающей поверхностью. Нормальная граница раздела и входящие лучи, отраженные линии и преломленные линии сформированы как i_1 , i_1' и i_2 , соответственно, называемые углом отражения и углом преломления.

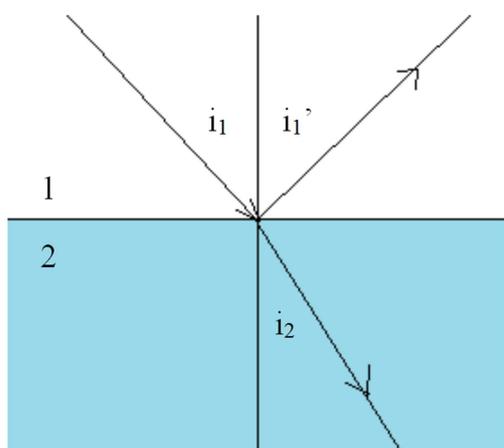


Рис. 3. Отражение и преломление света

(1) как отраженная линия, так и преломленная линия находятся на поверхности падения

(2) Угол отражения равен углу падения

$$i_1' = i_1 \quad (1)$$

(3) Отношение синуса к углу падения не зависит от угла падения угла падения и является постоянной величиной, связанной с длиной волны среды и света.

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{12} \quad (2)$$

Константа пропорциональности n_{12} становится показателем преломления второй среды относительно первой среды, и приведенная выше формула также называется законом Снелла. Показатель преломления любой среды относительно вакуума называется абсолютной массой часовой среды. Результаты эксперимента показывают, что относительный показатель преломления n_{12} двух сред 1, 2 равен отношению их соответствующих абсолютных показателей преломления n_1 и n_2 . Выраженный абсолютными показателями преломления n_1 и n_2 двух сред, Снелл может быть записан как

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (3)$$

3.2. Полное отражение

Когда свет испускается из оптически плотной среды в оптически приемлемую среду, $n_{12} < 1$ или $n_2 < n_1$, как видно из формулы (1) или (3), угол преломления i' больше угла падения i (рис. 3), когда угол падения увеличивается до определенного значения,

$$i_c = \sin^{-1}(n_2 / n_1) \quad (4)$$

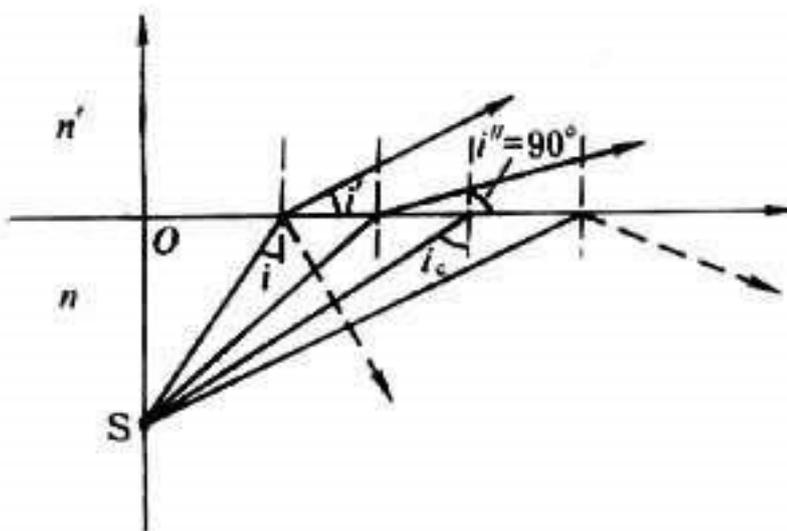


Рис. 4. Полное отражение

Угол преломления $i'' = 90^\circ$. Когда $i > i_c$, линия преломления исчезает и свет полностью отражается. Это явление называется Полное отражение, i_c называется критическим углом полного отражения.

Когда критический угол полностью отражается, интенсивность света изменяется следующим образом: когда угол падения i приближается к критическому углу i_c от малого до большого, интенсивность преломленного света постепенно уменьшается, а интенсивность отраженного света постепенно увеличивается. После того, как i достигает или превышает критический угол i_c , интенсивность преломленного света уменьшается до нуля, а интенсивность отраженного света достигает 100%.

3.3. Основные физические принципы волноводной фотоники

Волноводная фотоника изучает различные явления, связанные с распространением света, его преобразованием в волноводной структуре и генерацией диэлектрических и полупроводниковых слоев на основе тонких (т. е. сравнимых с длиной волны λ). В настоящее время диапазон λ , наиболее интересный для интегральной оптоэлектроники, составляет от 0,1 до 10 мкм. Волноводная фотоника (интегральная оптоэлектроника) включает создание интегральных оптических схем, таких как интегральные схемы, на одной подложке. Эта интегрированная оптическая система имеет много преимуществ по сравнению с обычными оптическими системами "корпус". Прежде всего их можно сделать очень компактными - как по размеру, так и по весу. Во-вторых, они не боятся вибрации. Кроме того, они должны быть хорошо подключены к электронным и акустическим электрическим устройствам самолета. Для производства интегральной (плоской) оптики подходит хорошо разработанная планарная микроэлектроника.

Теперь мы кратко рассмотрим некоторые из основных физических принципов, на которых основана интегральная оптоэлектроника. Волновое распространение света в пленке происходит за счет полного внутреннего отражения (рис. 5).

Оптический волновод, например, может представлять тонкую диэлектрическую плёнку с коэффициентом преломления n_0 , нанесённую на подложку с коэффициентом преломления $n_1 < n_0$. Световой луч, падая на границу раздела плёнка-подложка под углом $\theta_0 > \theta_1$, где θ_1 — критический угол, испытывает полное внутреннее отражение. Точно так же он будет отражаться и от границы плёнка-воздух. Затухание, которое испытывает свет при таком распространении по плёночному волноводу, может быть очень малым — менее 0,1 дБ/см.

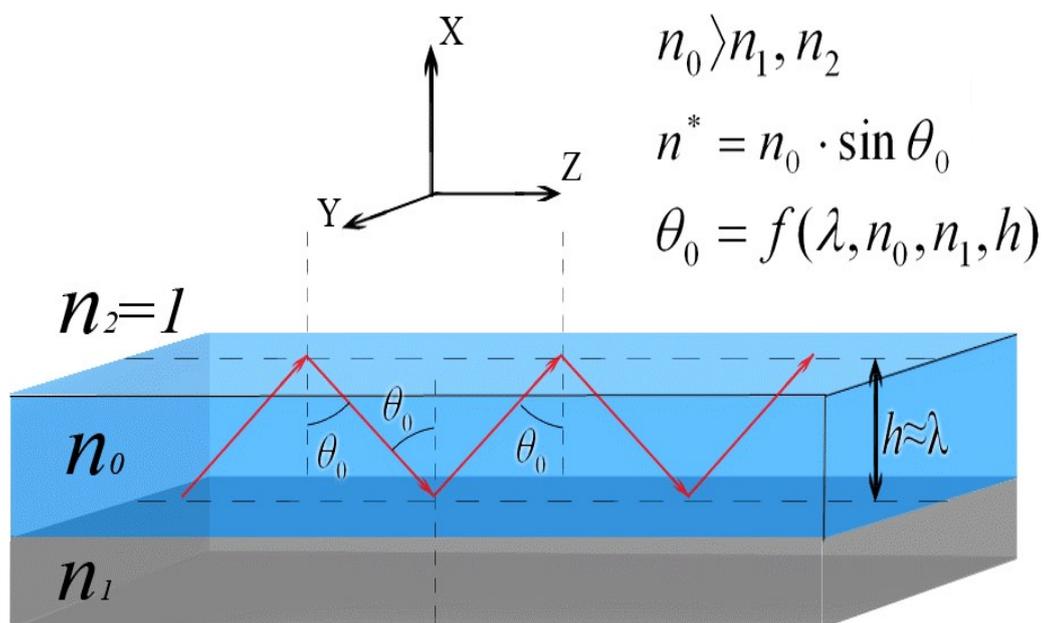


Рис. 5. — Тонкоплёночный волновод

Ввод излучения в волновод может осуществляться, например, с помощью помещённой на него с зазором δ призмы из материала с коэффициентом преломления n_3 (рис. 6). В месте контакта плёнки с призмой происходит нарушение полного внутреннего отражения (преломление), распространяющегося в призме света, в плёнку. Из закона Снеллиуса легко найти угол θ_3 :

$$\sin \theta_3 = \frac{n_0}{n_3} \cdot \sin \theta_0 \quad (5)$$

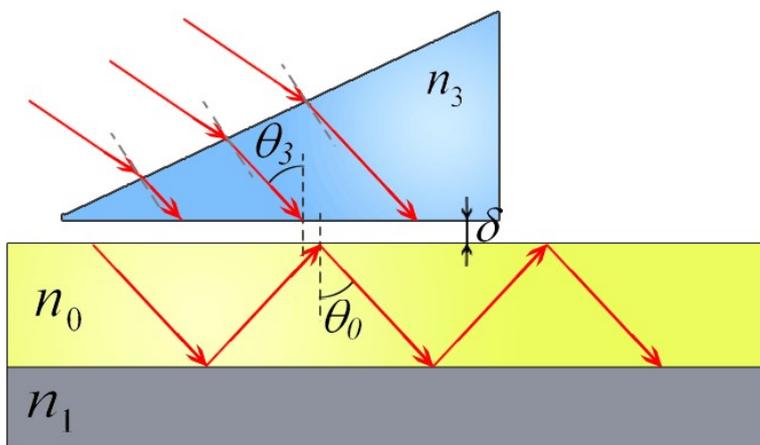


Рис. 6. — Призменный ввод излучения в оптический волновод

Обычно применяют призмы с $n_3 > n_0$, т.к. $\sin \theta_0$ может быть близок к единице. Связь между световыми полями в призме и плёнке осуществляется за счёт проникновения в плёнку экспоненциально спадающих полей, имеющих место при полном внутреннем отражении (часто это явление называют туннелированием, а такой ввод — туннельным).

4. Исходные данные для разработки измерительного комплекса

Измерительный комплекс предназначен для измерения показателя преломления n_0 и толщины h оптических покрытий методом волноводного распространения монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм, абсолютная погрешность измерения 10^{-5} .

5. Назначение и возможности измерительного комплекса, структура

5.1. Назначение и основные возможности измерительного комплекса

Измерения показателя преломления (п.п.) и его распределение по толщине (в неоднородных пленках) продолжает оставаться трудной задачей. Даже в однородных пленках определение п.п. решается неоднозначно и толщина должна получаться из независимых изменений. Интерференционный, профилометриче-

ский и эллипсометрический методы не дают однозначного характера вычисления показателя преломления и его толщинного распределения в пленках. Достижимая в этих методах точность изменений $1,5 \cdot 10^{-3}$ и невозможность решения для ряда систем как прямой так и обратной задачи потребовали развития теории волноводного распределения света.

Значительно повысилась точность определения параметров распределения показателя преломления в неоднородных пленках с развитием теории и практики волноводного распространения света. В однородных пленках значения п.п. п.п. находятся с предельной точностью 10^{-4} (рис. 7, а). В волноводном методе исследуемая однородная пленка с п.п. n_0 и толщиной h помещается на подложке с $n_2 < n_0$ и покровной средой с $n_1 < n_0$ (рис. 2). При углах падения θ , больших критического ($\cos \theta > n_1/n_0; n_2/n_0$) свет претерпевает полное внутреннее отражение на каждой границе раздела и распространяется в исследуемой пленке. Это соответствует распространению направленной моды. Продольная постоянная распространения моды β_B связана с углом зависимостью:

$$\beta_B = n_0 \cdot k \cdot \cos \theta = n_m^* \quad (6)$$

где: $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число;

n_m^* – эффективный п.п.;

m – номер распространяющейся моды.

С развитием теории и практики волноводного распространения света в пленках появилось понятие эффективной толщины приповерхностного слоя, исходя из изменения оптических свойств твердого материала от поверхности раздела в глубину. Световое поле распространяющегося волноводного света в слое представляет собой суперпозицию плоских волн, испытывающих полное внутреннее отражение от границ. В смежных со слоем средах поля спадают по экспоненциальному закону при удалении от границы слоя (рис.7) и движутся вдоль z с фазовой скоростью:

$$V_B = \frac{W_B}{\beta_p} \frac{C}{n_m^*} \frac{C}{n_o \sin q_m} \quad (7)$$

где β_p и n_m^* - постоянная распространения и эффективный показатель преломления волноводной оптической волны с номером m ; n_0 - показатель преломления однородного слоя; Θ_m - угол, под которым распространяется волна.

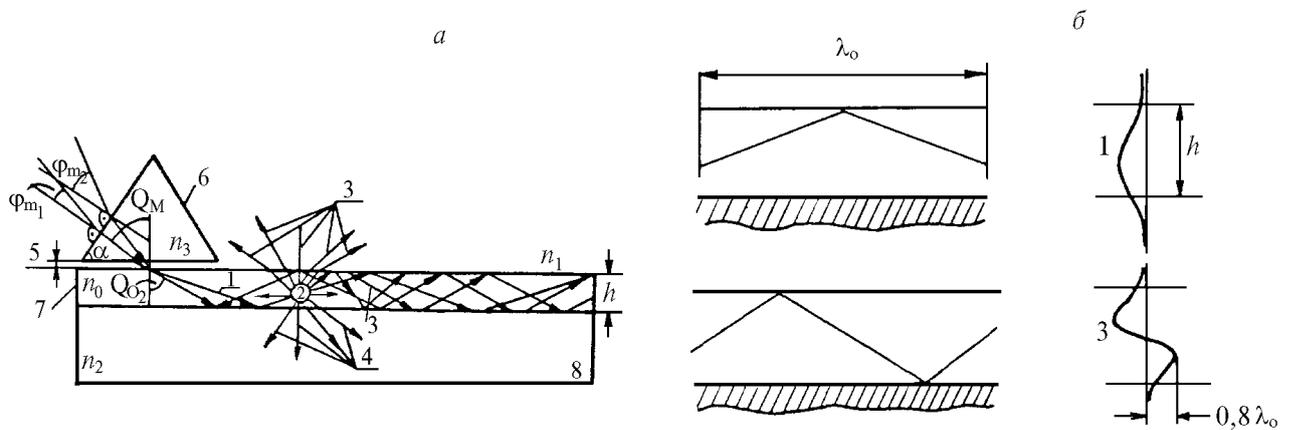


Рис. 7. Схема распространения (а) и распределения поперечного электрического поля (б) различных волноводных мод: $m = 0$ (1); $m = 1$ (3); подложка (4); излучательная (5); 2 - неоднородность; 6 - призма связи; 7 - однородный слой; 8 - подложка.

С увеличением m поле на границе слоя возрастает, а постоянные затухания и γ_2 уменьшаются, причем, основная часть мощности волноводной оптической волны переносится по однородному слою с эффективной толщиной для световой волны TE -поляризации $h_n = h + (1/\gamma_1) + (1/\gamma_2)$. Каждой волноводной оптической волне соответствуют свои n_m^* и угол φ_m , под которым свет распространяется в однородном слое. Эффективный показатель преломления связан с показателем преломления слоя n_0 , покровной среды n_1 и подлежащего кристалла n_2 характеристическим уравнением:

$$kh = \frac{1}{\sqrt{n_0^2 - n_m^{*2}}} \left\{ \pi m + \arctg \left[(n_0 / n_1)^\chi \sqrt{\frac{n_m^{*2} - n_1^2}{n_0^2 - n_m^{*2}}} \right] + \arctg \left[(n_0 / n_2)^\chi \sqrt{\frac{n_m^{*2} - n_2^2}{n_0^2 - n_m^{*2}}} \right] \right\} \quad (8)$$

где $m = 0, 1, 2, \dots$ - номер мода:

$$\chi = \begin{cases} 0, & \text{для } TE \text{ мод} \\ 2, & \text{для } TM \text{ мод} \end{cases} \quad (9)$$

Уравнение (8) позволяет определить n_0 и h однородного слоя из экспериментально измеренных n_m^* при известных n_1 и n_2 ($n_0 = 1$ и $n_2 = 2,220$ для LiNbO_3). При проведении исследований для возбуждения волноводных мод часто используют метод призмного ввода, в основе которого лежит эффект оптического туннелирования излучения через воздушный зазор между призмой и волноводом. Излучение направляется на основе призмы, пучок испытывает полное внутреннее отражение и в ней устанавливается режим моды стоячей волны (рис.7). Если зазор между призмой и волноводом мал, то экспоненциально затухающее поле моды призмы заходит в волновод и возбуждаются волноводные моды. Условия для согласования фазовых постоянных определяется из соотношения (5), откуда вытекает выражение для эффективных волноводных мод:

$$n_m = n_3 \sin\left[a + \arcsin\left(\frac{\sin \varphi_m}{n_3}\right)\right]. \quad (10)$$

Фиксация угла φ_m проводится по максимуму вводимой в волновод энергии обеспечивается измерением интенсивности отраженного от основания призмы луча. Связь призмы с волноводом обеспечивает ширину резонансной кривой возбуждения $60'' - 100''$ и среднеквадратичная погрешность определения n_m^* достигает 10^{-5} . Для измерения n_m^* используются призмы из GaP или SrTiO_3 с $n_3 > 3,0$, обращенная к поверхности кристалла часть которых имеет сферическую форму с радиусом кривизны ~ 8 м, обеспечивая зазор между ними.

Расчет толщины слоев производится на основании известных значений n_0^* и n_2^* для двух волноводных мод, а также показателя преломления необработанного кристалла n_2 и покровной среды ($n_1 = 1$). Подставляя n_0^* и $m=0$, n^* и $m = 1$ последовательно в уравнение (8) получается выражение:

$$\frac{1}{\sqrt{n_0^2 - n_m^{*2}}} \left[\operatorname{arctg} \sqrt{\frac{n_0^{*2} - n_1^2}{n_0^2 - n_0^{*2}}} + \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{n_0^{*2} - n_2^2}{n_0^2 - n_0^{*2}}} \right] -$$

$$- \frac{l}{\sqrt{n_0^2 - n_m^{*2}}} \left[\operatorname{arctg} \sqrt{\frac{n_1^{*2} - n_1^2}{n_0^2 - n_1^{*2}}} + \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{n_1^{*2} - n_2^2}{n_0^2 - n_1^{*2}}} \right] = 0 \quad (11)$$

Решая это уравнение численно, получаем значение n_0 , а затем из (8) определяем толщину слоя h . Если известны значения n_m^* для $m \geq 2$, то использование статистических методов обработки полученных результатов для n_0 и h , определенных для различных пар значений n_m^* , повышает точность определения этих величин.

5.2. Структура измерительного комплекса

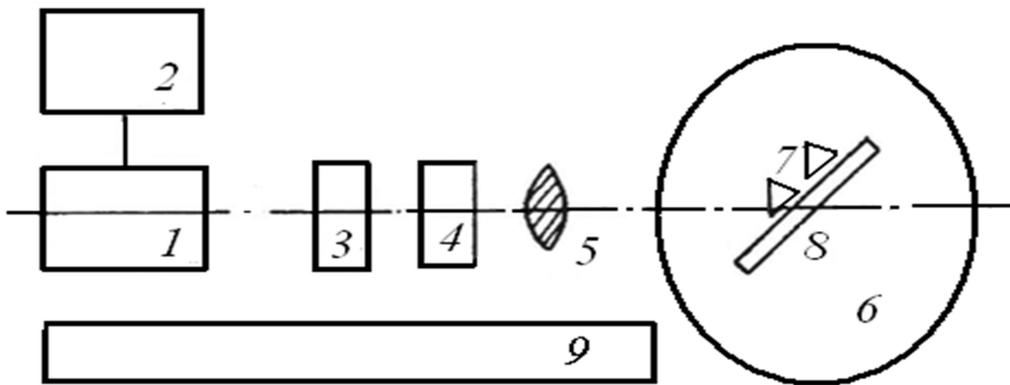


Рис. 8. Принципиальная схема для определения толщины и показателя преломления оксидных пленок:

1 - лазер ЛГН-207А; 2 - блок питания; 3 - поляризатор; 4 - двулучепреломляющий кристалл; 5 - линза; 6 - столик гониометра; 7 - призмы GaP; 8 - исследуемый образец; 9 - оптическая скамья

5.3. Методика измерений

Для измерения значения внешнего угла φ_m между входящим световым и нормалью к входной грани призмы волновод с призмой закрепляется в специальном приспособлении (рис.12) и устанавливается на столике оптического гониометра. регистрация введенной моды осуществляется визуально (по треку) или с помощью фотоприемника, размещенного вблизи выводной призмы.

5.4. Обработка результатов измерений

Расчет значений показателя преломления материала и толщины однородного слоя производится из дисперсионного уравнения (8) на основании известных значений эффективных показателей преломления хотя бы двух волноводных мод n^*_0 и n^*_1 , а также показателей преломления подложки и покровной среды. Подставляя n^*_0 и m_0 , и n^*_1 и m_1 последовательно в уравнение (8) и приравняв правые части, полученных выражений, приходим к трансцендентному уравнению относительно n_0 , которое решается численными методами, например итерационными. После вычисления значений n_0 из (8) определяется значение толщины слоя.

6. Подбор и компоновка оборудования

6.1. Описание приборов

6.1.1. Скамья оптическая ОСК-2ЦЛ

Предназначена для исследований оптических и оптико-электронных систем, а также отдельных оптических деталей по качеству изображения, для измерения оптических и пространственно-энергетических характеристик.

Оптическая скамья может быть использована для макетирования, сборки и юстировки различных оптических систем, для демонстрационно-учебных и научно-исследовательских работ.

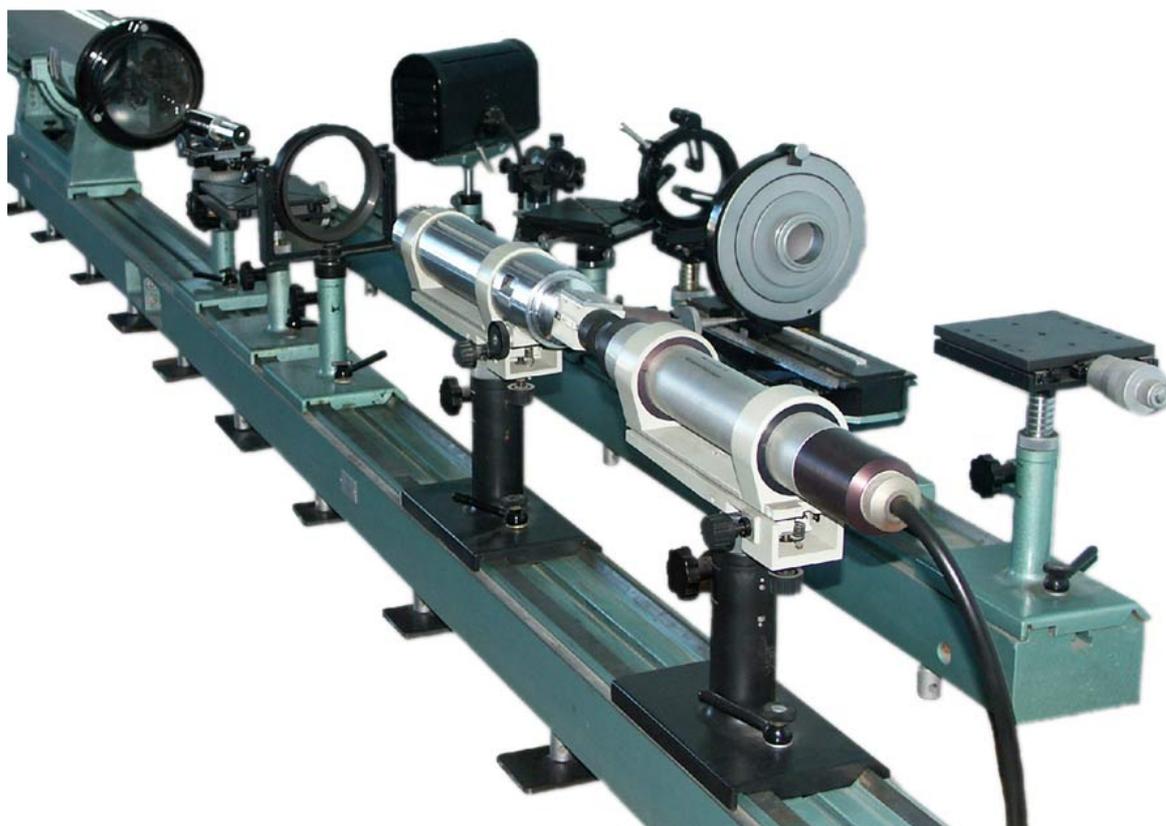


Рис. 9. Скамья оптическая ОСК-2ЦЛ

На базе этой оптической скамьи мы собираем оптическую схему измерительного комплекса.

6.1.2. Лазер ЛГН-207А

Описание

Источник когерентного монохроматического света с длиной волны $\lambda=0,63$ МКМ

Лазер ЛГН-207А представляет собой прибор, который широко применяется аппаратуре для излучения когерентного вида для газовых анализов и контроля оптического оборудования и полупроводников.



Рис. 10. Лазер ЛГН-207А

Технические характеристики

Параметры	Значение
Мощность лазерного излучения	не менее 1,5 мВт
Время готовности	30 мин
Относительная нестабильность мощности излучения за 8 час	5 %
Нестабильность оси диаграммы направленности излучения за 8 час	25 мкрад
Поляризация с соотношением мощностей	не менее 1:500
Диаметр пучка лазерного излучения на расстоянии 40 мм	0,52 мм
Расходимость лазерного излучения	1,85 мрад

Относительная мощность побочных пучков	1%
Длина волны лазерного излучения	6328 мкм
Одномодовый состав излучения	TEM00
Мощность лазерного излучения в процессе эксплуатации:	1,2 мВт
• За 10000 часов	0,8 мВт
• За 22000 часов	
Напряжение питающей сети	198 - 242 В
Наработка на отказ	10000 часов
Полный ресурс	22000 часов
Количество включений питающего напряжения	40000
Средний срок сохраняемости при хранении в нормальных условиях	10 лет
Габаритные размеры:	
• излучателя	диаметр 36 мм, длина 280мм
• источника питания	168x140x45 мм
Масса:	0,45 кг
• излучателя	0,58 (1,0) кг в зависимости от
• источника питания	исполнения

6.1.3. Гониометр Г-5

Общий вид гониометра



Рис. 11. Гониометр Г-5

Описание:

Гониометр Г-5 предназначен для измерения углов между нормальными к плоским полированным граням твердых прозрачных и непрозрачных тел и пирамидальности призм.

Гониометр Г-5 состоит из автоколлиматора, микроскопа, корпуса, столика с лимбом и осевой системой. Оптическая схема гониометра состоит из и отсчетной системы. Автоколлиматор представляет собой телескопическую систему с внутренней фокусировкой. Отсчетное устройство состоит из подсветки, стеклянного лимба, мостика, оптического микрометра и отсчетного микроскопа.

Характеристики гониометра Г-5:

- Увеличение автоколлиматора:40X
- Фокусное расстояние объектива, мм:400

- Световой диаметр объектива, мм:50
- Поле зрения автоколлиматора:50'
- Предел разрешения автоколлиматора:30"
- Предельная погрешность при изметении угла одним приемом:
.....5"
- Расстояние от оси до оправы объектива автоколлиматора, мм, не менее:
.....120
- Наибольшее расстояние от столика до оси объектива автоколлиматора, мм,
не менее:30
- Масса объекта помещаемого на столик, кг, не более:8
- Габаритные размеры, мм:610x260x370
- Масса, кг:30

6.1.4. Приспособление для крепления образцов

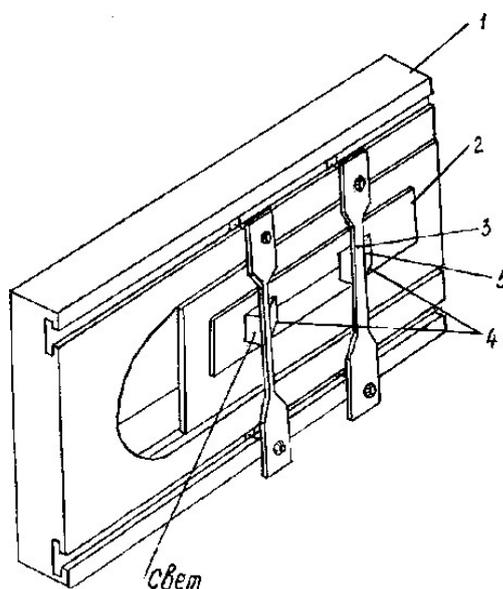


Рис. 12. Приспособление для крепления образцов при волноводном исследовании слоев и пленок:
1 - держатель; 2 - опорная пластина с образцом; 3 - прижимная планка; 4 - призма; 5 - луч света

7. Порядок работы на измерительном комплексе

Включаем лазер ЛГН-207А и прогреваем его в течение 30 мин. Переводим поляризатор в положение TE или TM , в зависимости какой тип световой электромагнитной волны нам нужен. Закрепляем образец с пленкой в специальном приспособлении и устанавливаем на столик гониометра (рис. 11). Добиваемся, чтобы в месте контакта призмы и пленки образовался наблюдаемый визуально воздушный зазор. С помощью коллиматора добивается узкого параллельного светового пучка и направляем его на грань призмы, перпендикулярно к ее поверхности. Фиксируем значение начального угла на гониометре и затем вращая столик гониометра против часовой стрелки добиваемся появления трека в пленке максимальной яркости и фиксируем значение угла. Из вычисленной разницы углов определяем значение φ_m . Далее повторяем указанную операцию нахождения получения φ_m для остальных мод.

8. Проведение испытаний. Результаты

В качестве примера ниже приведены результаты измерений n_m^* от m для пленок системы $SiO_2 - TiO_2$ в зависимости от разной концентрации TiO_2 и построена графические зависимости $n_m^{*2} = f(m)$, которая характерна для однородных по толщине пленок (рис. 10) и $n_0 = f(C_{TiO_2})$, из которой следует аддитивный вклад компонент пленки в показатель преломления n_0 и зависимость n_0 от температуры формирования пленки.

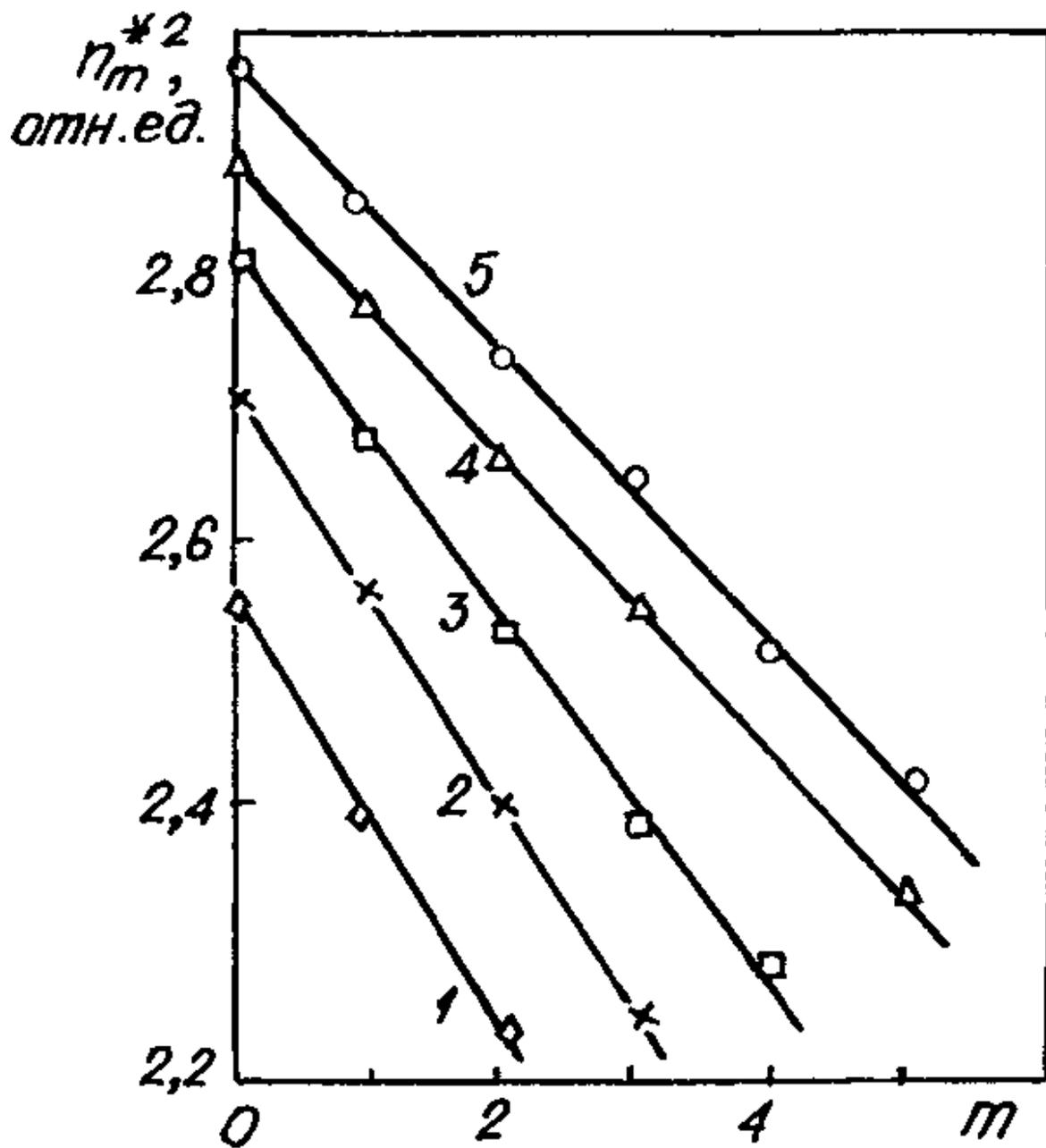


Рис. 10. Зависимость квадрата эффективного показателя преломления пленок системы SiO_2 - TiO_2 от номера моды при различном содержании TiO_2 (% моль): 1 – 30; 2 – 40; 3 – 36; 4 – 45; 5 – 50

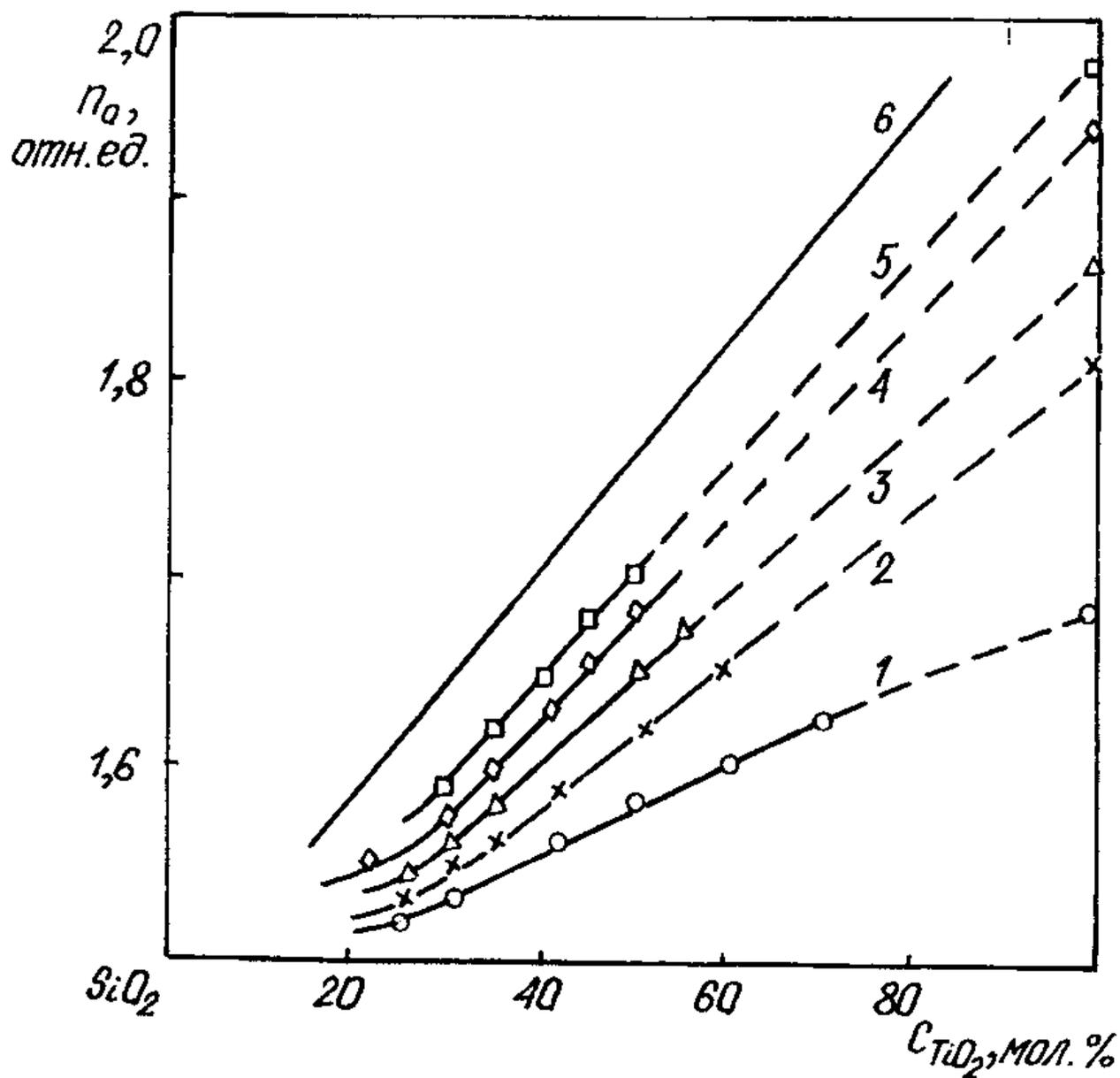


Рис. 11. Зависимость показателя преломления пленок системы $SiO_2 - TiO_2$ на стекле (n_0 = отн. ед.) от содержания в пленкообразующих растворах TiO_2 при различных температурах формирования ($^{\circ}C$): 1 - 50; 2 - 100; 3 - 150; 4 - 200; 5 - 350; 6 - расчетная кривая

9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Оптическая пленка относится к слою из одной или нескольких пленок, нанесенных на поверхность материала, такого как оптическое стекло, оптический пластик, оптические волокна и кристаллы. Оптические компоненты, которые изменяют интенсивность проходящего или отраженного света на основе интерференционных эффектов света в пленке, состояний поляризации и фаз, являются важными компонентами современных оптических приборов и оптических устройств. Развитие технологии оптических тонких пленок играет важную роль в продвижении и продвижении модернизации науки и техники и миниатюризации машин. Оптические пленки широко используются во множестве новых наук и технологий. Разработка инструментов или компонентов с использованием оптических пленок в качестве важного компонента. Необходимо знать толщину и показатель преломления пленки. Поэтому необходимо изучить более точный и удобный метод измерения толщины пленки и показателя преломления.

9.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Измерения показателя преломления (п.п.) и его распределение по толщине (в неоднородных пленках) продолжает оставаться трудной задачей. Даже в однородных пленках определение п.п. решается неоднозначно и толщина должна получаться из независимых изменений. Интерференционный, профилометрический эллипсометрический методы не дают однозначного характера вычисления показателя преломления и его толщинного распределения в пленках. Достижимая в этих методах точность изменений $1.5 \cdot 10^{-3}$ и невозможность решения для целого ряда систем как прямой так и обратной задачи потребовали развития теории волнового распределения света.

Значительно повысилась точность определения параметров распределения показателя преломления в неоднородных пленках с развитием теории и практики волноводного распространения света. В однородных пленках значения n находятся с предельной точностью 10^{-4} . Наиболее перспективные продукты связи, отображения и хранения в оптоэлектронной информационной индустрии неотделимы от оптических пленок, таких как проекторы, цифровые камеры, DWDM и фильтры DFF для оптической связи и т.д. Оптических пленок. Производительность этих продуктов во многом определяет конечную производительность этих продуктов. Оптические пленки все чаще используются в космических детекторах, интегральных схемах, биочипах и лазерных устройствах. Он играет важную роль в развитии науки и техники.

9.2. Планирование научно- исследовательских работ

Предполагаемые работы планируются следующим образом:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ.

9.3. Структура и порядок работ научного исследования

Для начала необходимо определить участников проводимого исследования. Таковыми являются профессор отделения материаловедения (или руководитель), студент группы 151Б51. Каждой выполняемой работе соответствует исполнитель, обладающей определенной должностью.

Таблица 1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания ВКР	1	Определение направления исследования	Руководитель
	2	Составление задания	Руководитель
	3	Согласование задания с исполнителем	Руководитель, студент
Выбор направления исследований	4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических обоснований	Руководитель, студент
	7	Разработка технологии изготовления	Студент
	8	Изготовление	Студент
	9	Ознакомление с методами оптического анализа	Руководитель, студент
	10	Оптический анализ	Студент
	11	Оптимизация параметров	Студент
	12	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, руководитель
Оформление отчета по НИР	14	Представление результатов для отчета по НИР	Студент
	15	Анализ результатов отчета, выводы	Студент

9.4. Определение трудоемкости работ

Так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости разработки, трудоемкость определяется для каждого из участников экспертным путем в человеко- днях по следующей формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min t} + t_{\max t}}{5}$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i - ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i - ой работы, чел.-дн.

Работы руководителя и студента выполняются параллельно, тогда продолжительность одной работы будет равна:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Переведем длительность каждого из этапов в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} ,$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кз}} - T_{\text{вз}} - T_{\text{пз}}} = \frac{365}{365 - 57} = 1.19$$

где $T_{\text{кз}}$ - кол-во календарных дней в году;

$T_{\text{вз}}$ - кол- во выходных дней в году;

$T_{\text{пз}}$ - кол-во праздничных дней в году.

Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Временные показатели научного исследования

№ раб.	Содержание работ	t_{\min} , дн.	t_{\max} , дн.	$t_{\text{ож}}$, чел.-дн.	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность, календ. дн.
1	Определение направления исследования	1	3	1,8	0,9	1
2	Составление задания	2	3	2,4	1,2	1
3	Согласование задания с исполнителем	1	2	1,4	0,7	1
4	Подбор и изучение материалов по теме	5	7	5,8	2,9	3
5	Календарное планирование работ по теме	2	3	2,4	1,2	2
6	Проведение теоретических обоснований	3	5	3,8	1,9	3
7	Разработка технологии изготовления	9	13	10,6	5,3	6
8	Изготовление	2	4	2,8	1,4	2
9	Ознакомление с методами оптического анализа	3	5	3,8	1,9	3
10	Оптический анализ	2	3	2,4	1,2	2
11	Оптимизация параметров	4	6	4,8	2,4	3
12	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	3	2,4	1,2	2
13	Оценка эффективности полученных результатов	2	3	2,4	1,2	2
14	Представление результатов для отчета по НИР	14	20	16,4	8,2	10
15	Анализ результатов отчета, выводы	5	8	6,2	3,1	4
Итого						45

9.5. Смета научно- технического исследования

В этом разделе необходимо достоверно отобразить абсолютно все вид расходов, которые были произведены во время выполнения научно- технического исследования. Затраты группируются по следующим статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для экспериментов;
- основная зарплата исполнителей задания;
- дополнительная зарплата;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

9.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

В этом разделе должны быть учтены все материалы, которые при выполнении задания. Это может быть сырье и материалы, которые требуются для выполнения исследования, покупные материалы для полного функционального обеспечения процесса, запасные части и приспособления.

Расчет материальных затрат производится по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}$$

где m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T - коэффициент, который учитывает транспортно- заготовительные

Материальные затраты, произведенные для выполнения данного научно- технического исследования, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Электроэнергия	кВт/ч	40	2,7	108
Канцелярские товары				330
Расходные материалы	Шт.	1	1000	1000
Связь			450	900
Итого:				2338

9.5.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментов

В данном разделе учитываются все затраты, которые связаны с приобретением оборудования, необходимого для проведения работ по исследовательской работе. Но для данного исследования оборудование отдельно не приобреталось, поэтому следует рассчитать амортизацию оборудования, которое уже было в наличии и использовалось для экспериментов.

Расчет амортизации производится по следующей формуле:

$$Z_{об} = \frac{(Ц \cdot F_{\phi})}{F_H \cdot F_{CC}}$$

где Ц - цена оборудования, руб.;

F_H- номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч.;

F_{CC} - срок службы оборудования, год;

F_{Φ} - фактическое время занятости оборудования в ВКР, ч.

$$F_H = (365 - T_{вых}) \cdot t_{раб} = (365 - 118) \cdot 8 = 1976ч.$$

Амортизация использовавшегося оборудования представлена в таблице 4.

Таблица 4. Затраты на амортизацию оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Цена ед. оборудования, руб.	Срок службы, год	Время занятости, ч.	Затраты на амортизацию, руб.
1	ОСК-2ЦЛ	2990900	20	50	3784
2	ЛГН-207А	2200	5	50	11
3	Гониометр Г-5	20000	20	50	25
				Итого:	3820

9.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается основная заработная плата всех участвующих в выполнении работы дипломной работы. Данные об окладе в зависимости от трудоемкости работ служат основой для расчета заработной платы.

$$Z_{осн} = Z_{дн.} \cdot T_p,$$

где T_p - продолжительность работ, выполняемых научно- техническим сотрудником, раб. дн.; $Z_{дн.}$ - среднедневная заработная плата сотрудника, руб.

$$Z_{дн.} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\Phi}}$$

где Z_m - месячный оклад сотрудника, руб.; М- количество месяцев без отпуска в течение года; Fд- действительный годовой фонд времени научно- технического персонала, раб. дн.

Таблица 5. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные дни; -праздничные дни	56	56
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	261	261

Месячный должностной оклад сотрудника рассчитывается следующим образом:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d)k_p$$

где Z_{mc} - заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_{np} - премиальный коэффициент, равный 0,3; k_d - коэффициент доплат и надбавок в диапазоне от 0,2-0,5; k_p - районный коэффициент равный 1,3.

Таблица 6. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_t	Z_{tc} , руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m	$Z_{дн.}$	T_p	$Z_{осн}$
Руководитель	ППС 4	1	36800	0,3	0,2	1,3	71760	2162	15	32430
Студент	ППС 1	1	9893	0,3	0,2	1,3	19291	529	49	25921
Итого:										58351

9.5.4. Страховые отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления в этой статье производят согласно нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Отчисления считаются следующим образом:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Таблица 7. Отчисления во внебюджетные фонды каждого исполнителя работы

Исполнитель	Основная зарплата, руб.	$Z_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	32 430	8 789
Студент	25 921	7025
Итого:		15 814

9.5.5. Накладные расходы

В этой статье учитываются все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов. Определим величину накладных расходов по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{НР}},$$

где $k_{\text{НР}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{\text{накл}} = 19\,796 \cdot 0,16 = 6527 \text{ руб.}$$

9.5.6. Смета затрат научно- исследовательского проекта

Все расчеты, произведенные в предыдущих статьях, являются основой для формирования бюджета научно- исследовательского проекта. Определение бюджета затрат на НТИ по каждой статье приведен в таблице 8.

Таблица 8. Смета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	2 338	
2. Амортизация на специальное оборудование	3820	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58 351	Суммарная величина обоих исполнителей
4. Отчисления во внебюджетные фонды	15 814	Суммарная величина обоих исполнителей
5. Накладные расходы	6 527	
6. Смета затрат НТИ	86850	

В данном разделе бакалаврской работы был проведен анализ потенциальных потребителей разработки, выполнено планирование исследовательских работ и бюджета НТИ, определена эффективность научно- технического исследования.

Планирование исследовательских работ показало, что для выполнения всего исследования необходимо затратить 45 дней. Следовательно, работа может быть выполнена менее чем за 3 месяца. Наиболее продолжительным этапом является написание отчета о работе.

Бюджет данного исследования составил 86850 рублей. Основные затраты составляют заработная плата и амортизация используемого оборудования.

Исследование довольно ресурсоэффективно, то есть с точки зрения ресурсопотребления экономически целесообразно.

10. Социальная ответственность

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра проводится разработка метода измерения толщины пленки и показателя преломления.

В этом разделе ВКР рассматриваются вопросы по определению и назначению условий работы инженера-конструктора. Рабочее место находится в помещении офиса, работа ведется преимущественно за ЭВМ.

Цель данного раздела – создание условий для работника, общества и окружающей среды, удовлетворяющих технике безопасности, нормам санитарии, эргономики, экологической и пожарной безопасности.

10.1 Анализ производственной среды

Измерения показателя преломления (п.п.) и его распределение по толщине (в неоднородных пленках) продолжает оставаться трудной задачей. Даже в однородных пленках определение п.п. решается неоднозначно и толщина должна получаться из независимых изменений. Интерференционный, профилометрический и эллипсометрический методы не дают однозначного характера вычисления показателя преломления и его толщинного распределения в пленках. Достижимая в этих методах точность изменений $1,5 \cdot 10^{-3}$ и невозможность решения для ряда систем как прямой так и обратной задачи потребовали развития теории волнового распределения света.

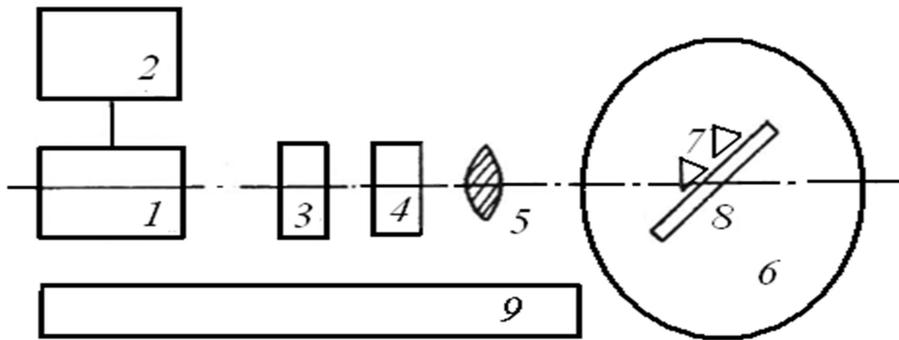


Рис.12. Принципиальная схема для определения толщины и показателя преломления оксидных пленок:

1 - лазер ЛГН-207А; 2 - блок питания; 3 - поляризатор; 4 - двулучепреломляющий кристалл; 5 - линза; 6 - столик гониометра; 7 - призмы GaP; 8 - исследуемый образец; 9- оптическая скамья

Для измерения значения внешнего угла φ_m между входящим световым и нормалью к входной грани призмы волновод с призмой закрепляется в специальном приспособлении (рис. 14) и устанавливается на столике оптического гониометра. регистрация введенной моды осуществляется визуально (по треку) или с помощью фотоприемника, размещенного вблизи выводной призмы.



Рис.13. Лазер ЛГН-207А представляет собой прибор, который широко применяется аппаратуре для излучения когерентного вида для газовых анализов и контроля оптического оборудования и полупроводников.

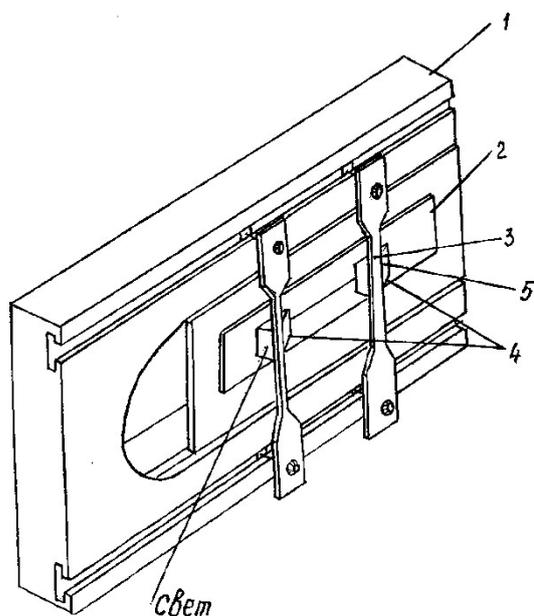


Рис. 14. Приспособление для крепления образцов при волноводном исследовании слоев и пленок:
1 - держатель; 2 - опорная пластина с образцом; 3 - прижимная планка; 4 - призма; 5 - луч света

Основным фактором, представляющим опасность для человека, выполняющего диагностику, является то, что лазерное устройство ЛГН-207А может иметь неисправный компонент. Короткие замыкания и т. Д. Могут привести к электрическим током. Работа в течение долгих часов может генерировать много тепла и вызывать дискомфорт у персонала.

Менее вредные факторы включают шум во время работы оборудования, а также возможность света и загрязнения окружающей среды. Шум на рабочем месте, уровень которого увеличивается при отказе оборудования, может раздражать сотрудников и повышать их утомляемость. Из-за использования лазерного оборудования длительное наблюдение или случайное попадание лазерного излучения прямо в глаза может привести к ухудшению зрения.

10.2. Микроклимат

К параметрам микроклимата производственных помещений относят температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха.

Данные параметры оказывают значительное влияние на профессиональную деятельность человека и на надежность работы средств вычислительной техники. Поэтому выход значений этих параметров за установленные пределы считается

недопустимым (табл. 9).

К основным мероприятиям по оздоровлению климата в производственном помещении относят: отопление помещений и правильную организацию вентиляции и кондиционирование воздуха (естественным или механическим путём).

Требования по подаваемому наружному воздуху установлены следующие:

- при объёме помещения до 20м^3 на человека – не менее 30м^3 в час на человека;
- при объёме помещения более 40м^3 на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Таблица 9. Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	Оптимальная граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Оптимальная граница	Допустимый максимум	Оптимальная	Допустимый максимум
Холодный	22-24	24,5	21	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	26	22	40-60	55	0,1	0,2

Для поддержания указанных санитарных норм достаточно иметь:

- естественную неорганизованную вентиляцию помещения и местный кондиционер;
- установки полного кондиционирования воздуха, обеспечивающие постоянство температуры, относительную влажность, скорость движения и чистоту воздуха;
- систему центрального отопления для обеспечения заданного уровня температуры в зимний период согласно СНиП-41-01-2003.
- систему водяного отопления в аудитории в зимний период для поддержания необходимой температуры, которая отличается надежностью в

эксплуатации и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах.

При выполнении работ по установке устройств систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо соблюдать требования пожарной безопасности в помещении исследовательской лаборатории.

10.3. Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке;

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-

стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые в со-став основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

В-третьих, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

1. Мониторы с электронно-лучевыми трубками необходимо сдать для переработки в ближайший специализированный центр переработки или передать его изготовителю для дальнейшего рециклинга.
2. Использовать услуги профессиональной компании по рециклингу, которая может приехать и забрать все приборы, которые планируется сдать в переработку.
3. Можно обратиться в местный муниципалитет по вопросу переработки электроники.

10.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории В (наличие твердых сгораемых вещей).

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильными размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

1. Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
2. Обучение персонала правилам техники безопасности;
3. Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рублик, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

10.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с ор-

ганизованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спин-

ки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Снижению психофизических и нервно-эмоциональных нагрузок способствует правильная организация рабочего места.

При разработке программы пользователь работает на ПЭВМ более 50% рабочего времени.

При организации рабочего места пользователя следует учитывать данные антропометрии, т.е. движения должны быть сконцентрированы группы мышц были нагружены равномерно и исключены лишние произвольные движения.

При организации рабочего места следует учитывать удобство положения дисплея, клавиатуры, системного блока, а также зоны досягаемости рук, которые установлены на основании антропометрических данных человеческого тела и дают возможность рационально разместить как по горизонтали, так и по вертикали монитор, клавиатуру, системный блок, устройства и т.п.

10.6. Охрана окружающей среды

Правовая основа охраны окружающей среды в РФ изложена в законе РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991).

Требования охраны окружающей среды установлены в Основах законодательства РФ «Об охране здоровья граждан» (1993) и в законе РФ «О защите прав потребителей» (1992) .

Основным видом нормативно-правовых актов по охране окружающей среды является система стандартов «Охрана природы» [25].

10.6.1. Региональная безопасность

Важный аспект организации производства – региональная безопасность, главная задача которой – сокращение или полное исключение загрязнения окружающей среды.

Отходы, с которыми сталкиваются в исследовательской лаборатории, связаны с отработанным гидравлическим маслом, которое не может утилизироваться без определенного комплекса мер.

Гидравлическое масло используется в различных гидравлических системах. Восстановление использованного гидравлического масла проходит в несколько этапов:

- тщательная очистка – удаление твердых загрязняющих частиц и молекулы воды. Последние выпариваются. Температура кипения воды ниже, чем температура кипения масла, поэтому достаточно нагреть его до ста градусов;
- добавление в масло различных химических веществ, которые способствуют его лучшей очистке. За счет этого оно увеличивается в объеме и становится пригодным для дальнейшей фильтрации;

- фильтрация масла – масло проходит через ряд мембран. Каждая из них выполняет свою функцию. Некоторые нагревают смесь, другие просеивают ее. В процессе вязкая и густая масса разжижается и восстанавливается. Иногда масло, которое получается в итоге, по своим свойствам превосходит отработанное сырье. Его можно использовать повторно, например, в автомобильных гидравлических механизмах.

10.6.2. Защита атмосферы

Для защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий предусмотрены следующие меры:

- переход к малоотходным и безотходным производствам;
- совершенствование технологических процессов и применение нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду;
- экологическая экспертиза всех видов производств и промышленной продукции;
- замена токсичных отходов на нетоксичные;
- замена не утилизируемых отходов на утилизируемые;
- последствия промышленного загрязнения окружающей среды.

10.6.3. Защита от шума

Шум в окружающей среде создается одиночными или комплексными источниками, находящимися снаружи или внутри здания .

Под воздействием шума, превышающего 85-90 дБ, снижается слуховая чув-

ствительность. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление и может привести к ухудшению слуха .

Для снижения шума предусмотрены следующие методы:

- уменьшение шума в источнике;
- изменение направленности излучения;
- рациональная планировка предприятий и цехов;
- акустическая обработка помещений;
- уменьшение шума на пути его распространения.

10.6.4. Защита от электромагнитных полей

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови.

В результате выполненной выпускной квалификационной работы разработана математическая модель, которая функционирует на ЭВМ. Рассмотрим влияние ЭВМ на окружающую среду.

Ряд исследований, проводимых различными организациями здравоохранения, показал, что излучения, сопровождающие работу электронно-лучевого мони-

тора компьютера, могут существенно сказываться на здоровье человека. Особенно вредным оказалось действие на человека излучения очень низкой частоты. Вероятнее всего, человеку никогда не удастся полностью избежать пагубного влияния передовых технологий на свое здоровье, но, безусловно, необходимой задачей в этом случае является сведение вредных факторов к минимуму.

Заключение

В данной работе был проведен литературный обзор методов измерения толщины и показателя преломления адгезионных пленок: кварцевого вибратора, резистивный, ёмкостный, интерференционный, профилометрический, эллипсометрический, волноводного распространения света, ионизации молекулярного потока.

Интерференционный, профилометрический и эллипсометрический методы не дают однозначного характера вычисления показателя преломления и его толщинного распределения в пленках. Достижимая в этих методах точность изменений $1,5 \cdot 10^{-3}$ и невозможность решения для целого ряда систем как прямой так и обратной задачи. Значительно повысилась точность определения параметров распределения показателя преломления в неоднородных пленках с развитием теории и практики волноводного распространения света. В однородных пленках значения п.п. находятся с предельной точностью 10^{-4} .

Разработана принципиальная схема для определения толщины и показателя преломления оксидных пленок.

Проведены выбор и компоновка необходимого оборудования.

Представлена методика измерения показателя преломления и толщины оксидных пленок.

Проведен экономический расчет затрат на разработку измерительного комплекса.

Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности при эксплуатации измерительного комплекса.

Список литературы.

1. Унгер Х.Г. Планарные и волоконные оптические волноводы. - М.: Мир,1980. - 486 с.
2. Унгер Х. Г. Планарные и волоконные оптические волноводы. М.: Мир, 1980. - 665с.
3. Сергеев А.Н., Осадчев Л.А., Фролова М.Н., Сутулин С.Н., Бородин Ю.В. Однородные и неоднородные планки оксидных систем // Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы.- М.: ЦНИИ "Электроника". - 1989.- Выпуск 2 2 (1430).- 63 с.
4. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов.-М.: Мир,1984.-5 12с.
5. Hocrer G.B., Burne W.K. Modes in diffused waveguides of arbitrary index profile// IEEE J. Quant. Electron.-1975.-vol. QE-11.-N6.- с.270-276.
6. Pupuchon M.etal. Improved ray vepresentation for planar optical waveguides// Optical communications.-1975.-v.13.-N2.- с.418-424
7. Абрамович М.А., Стиган Л. Справочник по специальным функциям. -М.: Наука,1979.- 625с.
8. Charlier T. et al. Elaboration optical waveguides with accurate control of the refractove index profile// 8-th European microwave seminar.-1978.-с.802-807.
9. Фролова М.Н. Исследование оксидных волноводов и разработка регистрирующих устройств на их основе: Автореферат канд.дисс.-Томск,1989.
10. Тамир Т. Интегральная оптика. – Москва: "Мир", 1978.
11. Барноски М. Введение в интегральную оптику. – Москва: "Мир", 1977.

12. Семенов А.С., Смирнов В.Л., Шмалько А.В. Интегральная оптика, для систем передачи и обработки информации. – Москва: "Радио и связь", 1990.
13. Снайдер А., Лав Д. Теория оптических волноводов. – Москва: "Радио и связь", 1987.
14. Никоноров Н.В. Стекла для ионного обмена в интегральной оптике: современное состояние и тенденции дальнейшего развития (обзор). – Физика и Химия стекла, 1999, т.25, N1, с. 21-69.
15. Никоноров Н.В., Шандаров С.М. Волноводная фотоника, 2008.- с.15-16.
16. ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
18. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003.

21. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 13 с.
22. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.
23. СП52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. М.: 2011.
24. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) М.: Стандартиформ, 2008.
25. Р 2.2.2006-05. Руководство гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
26. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартиформ, 2013.
27. ГОСТ 12.1.009-76 межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда.
28. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – СПб.: ДЕАН, 2013. –704с.
29. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охраны природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
30. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об охране окружающей среды"
31. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
32. Статья 219 ТК РФ. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда
33. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"