

Рабочая программа
учебной дисциплины «Техно-
логические процессы консо-
лидации объемных наноматериалов и производства изделий»



Ф ТПУ 7.1-21/01

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего образования
«Томский политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ЕНМФ

 Ю.И. Тюрин

«02» 10 2009 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КОНСОЛИДАЦИИ ОБЪЕМНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ

Рабочая программа для направления

150600 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Факультет: естественных наук и математики (ЕНМФ)

Обеспечивающая кафедра: кафедра наноматериалов и нанотехнологий (НМНТ)

Курс 5

Семестр 10

Учебный план набора 2009 г.

Распределение учебного времени

Лекции	36	часов (ауд)
Лабораторные занятия	18	часов (ауд)
Практические занятия	18	часов (ауд)
Курсовой проект в __ семестре	—	часов (ауд)
Курсовая работа в __ семестре	—	часов (ауд)
Всего аудиторных занятий -	72	часа
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	108	часов
Общая трудоемкость -	180	часов
Экзамен в 10 семестре		
Зачет в _____ семестре		
Диф. зачет в ____ семестре		

Томск 2009 г.



ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Рабочая программа составлена на основе Образовательной программы подго-
товки магистров по направлению: 150600 «Материаловедение и технология но-
вых материалов»

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры нано-
материалов и нанотехнологий ЕНМФ «1» 10 2009 г. протокол № 7

2. Разработчики: профессор, д.т.н. О.Л. Хасанов
доцент, к.х.н. Г.В. Лямина

3. Зав. обеспечивающей каф. НМНТ


О.Л. Хасанов

4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом, выпускающими кафед-
рами, СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Зав. выпускающей каф. НМНТ


О.Л. Хасанов



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КОНСОЛИДАЦИИ ОБЪЕМНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ

150600 (м)

Кафедра НМНТ ЕНМФ

Хасанов Олег Леонидович

Тел.(3822)419147

Цель:

дать представление об основных технологических процессах, с помощью которых в настоящее время создаются консолидированные наноматериалы; ознакомить с перспективами и проблемами разработок в этой области.

Содержание:

Типы консолидированных наноматериалов. Структура и технологии нанокристаллических материалов: межзеренные границы, осаждение из газовой и жидкой фазы, отвердевание из расплава, интенсивная пластическая деформация, рекристаллизация. Порошковые технологии компактирования материалов: уплотнение порошков; уравнения прессования. Технологии пленок и покрытий, CVD – процессы. Технологии нанокompозитов: гибридные наноструктуры, армирование полимерных материалов, многослойные наноструктуры. Нанопористые материалы: цеолиты, пористый кремний, установки для спекания нанокерамики.

Курс 5 (10 сем.– экзамен)

Всего 180 ч., в т.ч. СР – 108 ч., АУД. – 72 ч.: лк. – 36 ч., пр – 18 ч., лр –18.



СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ		стр.
1. Цели и задачи учебной дисциплины.....	5	
2. Содержание теоретических разделов дисциплины.....	6	
3. Содержание практического раздела дисциплины.....	9	
4. Содержание лабораторных занятий	10	
5. Программа самостоятельной познавательной деятельности.....	11	
6. Текущий и итоговый контроль результатов обучения.....	14	
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	15	
Приложение 1. Календарно-тематический план дисциплины.....	17	
Приложение 2 Вопросы к зачету по дисциплине «Современные проблемы науки в области технологии наноматериалов».....	18	



1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины

дать представление об основных технологических процессах, с помощью которых в настоящее время создаются консолидированные наноматериалы; ознакомить с перспективами и проблемами разработок в этой области.

Задачи изучения дисциплины

После изучения курса «Технологические процессы консолидации объемных наноматериалов и производства изделий» студент должен:

Знать:

- структуру и основное содержание курса, а также взаимосвязь частей курса между собой;
- классификацию консолидированных наноматериалов;
- технологические принципы получения нанокристаллических материалов, пленок, покрытий, нанокомпозитов и нанопористых материалов, их преимущества и ограничения;
- базовые процессы порошковых технологий компактирования материалов.

Уметь:

- классифицировать консолидированные наноматериалы по их структуре и способам получения;
- самостоятельно квалифицированно эксплуатировать установки для компактирования и спекания нанопорошков.
- разрабатывать технологические процессы изготовления консолидированных наноматериалов и изделий, включая контроль за соблюдением техники безопасности;
- формулировать научно-техническую проблему в области разработки и изготовления консолидированных наноматериалов;
- осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по изучаемой дисциплине;
- представлять итоги самостоятельной работы в виде отчетов, докладов на семинарах, с использованием компьютерных презентаций.

Владеть:

- методами подготовки данных для составления обзоров, отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
- методами организации Интернет-ресурсов для сбора междисциплинарных знаний в области современной науки о наноматериалах, квалифицированного обобщения научных данных;
- технологиями компактирования и спекания нанопорошков.



2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ (Всего – 36 часов; 1 лекция – 2 часа)

№ лекции	СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ
МОДУЛЬ 1. КОНСОЛИДИРОВАННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ	
1	Тема 1. Консолидированные объемные наноматериалы. Нанокристаллические объемные материалы. Пленки и покрытия. Нанокompозиты. Нанопористые материалы. Проблемы формирования наноструктуры при консолидации объемных материалов.
2	Тема 2. Нанокристаллические материалы. Структурная иерархия твердых тел: макроскопические поли- и монокристаллы, аморфные материалы, нанокристаллические твердые тела. Вклад поверхностных свойств нанокристаллических твердых тел. Структура нанокристаллических материалов. Большая доля межзеренных границ. Структура межзеренных границ. Вакансии, дислокации, дефекты упаковки. Дальний и ближний порядок.
МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	
3	Тема 3. Осаждение из газовой фазы. Испарение (термическое, ионно-плазменное) материала в атмосфере инертного газа. Типы камер для получения нанокристаллических твердых тел путем конденсации в атмосфере инертного газа. Компактирование осажденного материала.
4	Тема 3 (продолжение). Получение беспористых нанокристаллических материалов ионно-плазменной конденсацией на подложке с регулируемой температурой. Схемы установок для электродного распыления.
5	Тема 4. Отвердевание из расплава. Охлаждение расплава спинингованием. Газовая атомизация. Охлаждение расплава с помощью высокоскоростного потока инертного газа.
6	Тема 5. Интенсивная пластическая деформация твердых тел. Кручение под квазигидростатическим давлением. Наковальни Бриджмена.
7	Тема 5 (продолжение). Равноканальное угловое прессование. Установка Сегала.
8	Тема 6. Рекристаллизация из твердого аморфного состояния Влияние специальных примесей, времени отжига и температуры на скорость и рекристаллизации. Влияние типа химической связи на степень рекристаллизации.



№ лекции	СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ
МОДУЛЬ 3. ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
9	<p>Тема 7. Методы синтеза нанокристаллических порошков. Газофазный синтез (конденсация паров). Плазмохимический синтез. Осаждение из коллоидных растворов. Золь-гель технологии. Термическое разложение и восстановление. Механосинтез. Детонационный синтез. Электровзрывные технологии.</p>
10	<p>Тема 8. Порошковые технологии компактирования материалов. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Типы прессов (гидравлические прессы). Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Установка Глейтера.</p>
11	<p>Тема 8 (продолжение). Ультразвуковое прессование. Ультразвуковые пресс-формы. Влияние ультразвукового воздействия на качество прессовки, параметры уплотнения и межчастичные связи. Схемы установок для крупномасштабного производства нанопорошков с последующим горячим компактированием. Типы печей для компактирования спеканием. Спекание в разряде плазмы.</p>
12	<p>Тема 9. Характеристики компактирования порошков. Этапы и граничные условия процесса уплотнения порошков. Уравнения прессования. Распределение давления вдоль оси прессования.</p>
13	<p>Тема 9 (продолжение). Оптимизация условий прессования. Кривые уплотнения и упругие свойства порошкового тела. Зависимость параметров прессовки от её упругих свойств. Параметры межчастичных связей. Оптимизация внешнего воздействия.</p>
МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ	
14	<p>Тема 10. Физические методы. Термическое испарение (активированное активное испарение, электронно-лучевой нагрев, лазерная обработка). Ионное осаждение (ионно-дуговое распыление, магнетронное распыление). Схемы установок магнетронного распыления, бинарного ионно-стимулированного осаждения, газотермического напыления.</p>
15	<p>Тема 11. Химические методы. Осаждение из газовой фазы (плазмосопрядаемые и плазмоактивируемые CVD – процессы, электронный циклотронный резонанс).</p>



№ лекции	СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ
МОДУЛЬ 5. НАНОКОМПОЗИТЫ. НАНОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
16	Тема 12. Наноконпозиты. Магнитные наночастицы. Наноферромагнетики. Мультислои с антиферромагнитной связью. Спиновые затворы. Зернистые сплавы. Мультислои с прерывистыми магнитными слоями. Гибридные наноструктуры с нанослоями и нанокластерами. Многослойные наноструктуры.
17	Тема 13. Нанопористые материалы. Субнанопористые мембраны на основе цеолитов. Молекулярные сита. Пористый кремний. Формирование изделий из нанокерамики методом горячего прессования.
18	Тема 13 (продолжение). Установка для спекания нанокерамики и наноконпозитов “Spark Plasma Sintering” SPS. Порораспределение и зернистость спечённой керамики. Параметры кристаллической структуры и прочностные свойства конструкционной керамики.



3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ (Всего 18 часов, 1 практическое занятие – 2 часа.)

Практические занятия дисциплины «Технологические процессы консолидации объемных наноматериалов и производства изделий» проводятся в виде семинаров. На семинаре предусмотрено несколько типов аудиторной работы: краткие устные сообщения, устные сообщения с использованием компьютерных презентаций, дискуссия по материалам лекций и индивидуальным заданиям, подготовленных в процессе самостоятельной работы, контрольные работы (тесты).

№	ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ
МОДУЛЬ 1. КОНСОЛИДИРОВАННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ	
1	Консолидированные объемные наноматериалы. Структурная иерархия твердых тел. Структура нанокристаллических материалов.
МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	
2	Осаждение из газовой и жидкой фаз. Отвердевание из расплава.
3	Интенсивная пластическая деформация твердых тел.
4	Рекристаллизация из твердого аморфного состояния. Контрольное тестирование по модулю 2 (1 час)
МОДУЛЬ 3. ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
5	Порошковые технологии компактирования материалов. Контрольное тестирование по модулю 3 (1 час)
МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ	
6	Физические и химические методы получения пленок и покрытий. Контрольное тестирование по модулю 4 (1 час)
МОДУЛЬ 5. НАНОКОМПОЗИТЫ. НАНОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
7	Полимерные материалы.
8	Наноккомпозиты.
9	Нанопористые материалы.



4. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ (Всего 18 часов)

№	ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	Часы
1	Лабораторная работа № 1 «Уплотнение сухих нанопорошков»	
	Ознакомление с техникой для прессования. (коллекторные и УЗ – пресс-формы; прессы, компьютеризованная установка (Mitutoyo ID-F125/150; ДМ 5001EY)).	2
	Уплотнение нанопорошков различных типов: Al_2O_3 , $ZrO_2 - Y_2O_3$, Cu.	3
	Построение кривых уплотнения нанопорошков различных типов.	1
	Итого	6
2	Лабораторная работа № 2 «Получение и свойства полимерных композиционных материалов на основе электропроводящих нанопорошков».	
	Получение покрытий на основе кремнийорганических полимеров и электропроводящих порошковых наполнителей.	3
	Изучение электропроводящих свойств полученных композиций.	3
	Итого	6
3	Лабораторная работа № 3 «Спекание нанокерамики и нанокомпозитов».	
	Ознакомление с установкой для спекания нанокерамики и нанокомпозитов “Spark Plasma Sintering” (SPS).	2
	Консолидация модельных наноматериалов различных типов: Cu, Cu/Al, Al_2O_3 , Al / Al_2O_3 . ФГМ – функциональные градиентные материалы. (FGM)	4
	Итого	6



5. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (Всего 108 часов)

При изучении дисциплины «Технологические процессы консолидации объемных наноматериалов и производства изделий» предусмотрено несколько типов внеаудиторной (самостоятельной) работы:

1. **Индивидуальные задания.** Выполняется в виде письменной работы (конспекта) по отдельным темам, которые не рассматриваются на лекции. Проводится с использованием ресурсов научно-технической библиотеки ТПУ и библиотечного фонда кафедры НМНТ.

2. **Подготовка устного сообщения.** Выполняется по выбранной преподавателем теме. Проводится с использованием ресурсов Internet, научно-технической библиотеки и библиотечного фонда кафедры. Студент делает сообщение на практике с использованием компьютерной презентации, выполненной в формате Microsoft Power Point.

3. **Подготовка к семинарам, контрольным работам** проводится по материалам лекций и индивидуальных заданий.

Содержание разделов дисциплины, выносимых на самостоятельное изучение, форма внеаудиторной работы (СР), предусмотренная по каждому разделу, и номер практического занятия (см. п. 3, РП) на котором проводится контроль выполненной самостоятельной работы представлены в табл. 1. В таблице 2 приведено распределение часов для отдельных типов СР.

4. **Подготовка к защите лабораторных работ** включает оформление отчета и проработку теоретической части работы.

Таблица 1

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ, ВЫНОСИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ

№ семинара	ТЕМА И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА	Форма СР
МОДУЛЬ 1. КОНСОЛИДИРОВАННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ		
1	Тема 1. Консолидированные объемные наноматериалы. Тема 2. Нанокристаллические материалы. (По данному модулю не предусмотрено разделов, выносимых на СР)	Проработка лекций № 1–2.
МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ		
2	(Темы устного сообщения) Тема 3. Осаждение из газовой фазы.	1. Проработка лекций № 3 – 5



№ семинара	ТЕМА И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА	Форма СР
	<p>Испарение (лазерное, электронно-лучевое) материала в атмосфере инертного газа.</p> <p>Тема 4. Осаждение из жидкой фазы. Агрегирование наночастиц в растворе. Фильтрация, промывка, просушивание и компактирование полученного порошка.</p> <p>Тема 5. Отвердевание из расплава. Формование литьём. Сборка и заливка литейных форм, разливные ковши. Устройства для кокиля и отливки. Центробежное литье, литье под давлением, по выплавляемым моделям.</p>	<p>2. Индивидуальное задание № 1.</p> <p>3. Подготовка устного сообщения.</p>
3	<p><i>(Темы устного сообщения)</i></p> <p>Тема 6. Интенсивная пластическая деформация твердых тел. Прокатка, волочение. Прокатные станы. Инструменты для волочения. Всесторонняя ковка, штамповка. Оборудование для машинной ковки (молоты и прессы). 1.</p>	<p>1. Проработка лекций № 6 – 7</p> <p>2. Индивидуальное задание № 2.</p> <p>3. Подготовка устного сообщения</p>
4	<p>Тема 7. Рекристаллизация из твердого аморфного состояния</p> <p><i>(По данной теме не предусмотрено разделов, выносимых на СР)</i></p>	<p>Проработка лекции № 8.</p>
МОДУЛЬ 3. ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
5	<p>Тема 8. Методы синтеза нанокристаллических порошков. Упорядочение нестехиометрических соединений. Синтез высокодисперсных оксидов в жидких металлах. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.</p> <p>Тема 9. Порошковые технологии компактирования материалов. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования. Технологии послойного и селективного формирования объёмных наноматериалов.</p>	<p>1. Проработка лекций № 9 – 13.</p> <p>2. Индивидуальное задание № 3</p>
МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ		
6	<p>Тема 10. Физические методы. Ионное осаждение (ионно-лучевая обработка, имплантация).</p> <p>Тема 11. Химические методы. Термическое разложение (газообразные и конденсированные прекурсоры).</p>	<p>1. Проработка лекций № 14 – 15.</p> <p>2. Индивидуальное задание № 4</p>
МОДУЛЬ 5. НАНОКОМПОЗИТЫ. НАНОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ		
7	<p><i>(Темы устного сообщения)</i></p> <p>Тема 12. Полимерные материалы. Методы полимеризации</p>	<p>1. Индивидуальное задание № 5</p>



№ семинара	ТЕМА И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА	Форма СР
	зации и поликонденсации. Схемы лабораторных и промышленных установок для синтеза полимерных материалов. Влияние температуры, давления, природы мономера, инициатора и растворителя на свойства полимеров. Оптимизация условий синтеза полимерных материалов.	2. Подготовка устного сообщения.
8	Тема 13. Нанокompозиты. Армирование полимерных материалов. Огнестойкие пластмассы.	1. Проработка лекции № 16 2. Индивидуальное задание № 6
9	Тема 14. Нанопористые материалы. Технологии получения пористого кремния с помощью электрохимического травления.	1. Проработка лекций № 17 – 18. 2. Индивидуальное задание № 7

Таблица 2

Распределение часов выделенных для самостоятельной работы студентов

№ п/п	Направление самостоятельной работы студентов	Час/1	Часы
1	Выполнение индивидуальных заданий (7)	6	42
2	Подготовка устного сообщения (3)	6	18
3	Текущая проработка теоретического материала лекций (18)	2	36
4	Подготовка к контрольной работе (3)	2	6
5	Подготовка к защите лабораторной работы (3)	2	6
	ИТОГО:		108



6. ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Цель текущего контроля – проверка усвоения теоретического и практического материала, излагаемого лектором и преподавателем, ведущим практические занятия. Цель итогового контроля – оценка качества подготовки студента по данной дисциплине.

Текущий контроль осуществляется путем сдачи индивидуальных заданий, выполненных в отведенное для самостоятельной работы время, выполнения устных сообщений и контрольных работ. Контрольные работы проводятся в часы, отведенные для практических занятий.

Программа итогового контроля (экзамена) приведена в приложении к настоящей программе.



7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Список литературы

Основная литература

1. Хасанов, О.Л.. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: учебное пособие. / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, З.Г. Бикбаева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 196 с.
2. Хасанов, О.Л. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов: учебное пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, В.В. Полисадова, А.П. Зыкова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 149 с.
3. Хасанов, О.Л. Метод коллекторного компактирования нано- и полидисперсных порошков: учебное пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, А.А. Качаев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 102 с.
4. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие для вузов по направлению подготовки дипломир. спец. 651800 "Физ. материаловедение" / Андриевский, Р.А., Рагуля, А.В. - М.: Академия, 2005. – 187 с.
5. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы - М.: Физматлит, 2000. – 224 с.
6. Головин Ю. И.. Введение в нанотехнику. — М.: Машиностроение, 2007. – 496 с. (в библиотечном фонде каф. НМНТ).
7. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии - М.: Физматлит, 2005. – 410 с.
8. Кобаяси Н.. Введение в нанотехнологию. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 134 с. (в библиотечном фонде каф. НМНТ)

Дополнительная литература

9. Оськин, В.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие. / В.А. Оськин, В.В. Евсиков. Кн. 1. М.: КолосС, 2006. – 448 с.
10. Карпенков, В.Ф. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие. / В.Ф. Карпенков, Л. Г. Баграмов, В.Н. Байкалова и др. Кн. 2. М.: КолосС, 2006. – 312 с.
11. Слущинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников, - Москва, 2002 г. - 376 с.



12. Пул Ч. Нанотехнологии : уч. пособие. — М. : Техносфера, 2006. — 336 с. (в библиотечном фонде каф. НМНТ)
13. Сергеев, Г.Б. Нанохимия. Химия - М.: Книжный дом университет, 2006. - 333 с.
14. Кормилицын О. П.. Механика материалов и структур нано- и микро-техники : уч. пособие. — М. : Академия, 2008. — 217 с.
15. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006.

7.2.Электронные ресурсы

1. Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]:
<http://www.nanoware.ru/>
2. Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]:
www.nanometer.ru
3. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]:
<http://nanodigest.ru/>
4. Нанобиотехнология. [Электронный ресурс]:
http://community.livejournal.com/ru_nanobiotech
5. Российский электронный НАНОЖУРНАЛ. [Электронный ресурс]:
<http://www.nanorf.ru/>
6. Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: <http://nano-info.ru/>
7. Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]:
<http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

КАЛЕНДАРНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ»

№ п/п	Наименование модуля	Лекции (час.)	Практики (час)	Лабораторные работы	СР (час)
1	Консолидированные наноматериалы	4	2	—	4
2	Методы изготовления нанокристаллических материалов	12	6	—	38
3	Порошковые технологии	10	2	12	22
4	Технологии пленок и покрытий	4	2	—	12
5	Нанокompозиты. Нанопористые материалы	6	6	6	32
ИТОГО:		36	18	18	108

Всего 180 ч., в т.ч. СР – 108 ч., АУД. – 72 ч.: лк. – 36 ч., пр – 18 ч., лр –18.



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КОНСОЛИДАЦИИ ОБЪЕМНЫХ
НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ»**

МОДУЛЬ 1. КОНСОЛИДИРОВАННЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

1.1. Консолидированные объемные наноматериалы. Нанокристаллические объемные материалы. Пленки и покрытия. Наноккомпозиты. Нанопористые материалы. Магнитные наночастицы.

1.2. Проблемы формирования наноструктуры при консолидации объемных материалов.

1.3. Нанокристаллические материалы.

1.3.1. Структурная иерархия твердых тел: макроскопические поли- и монокристаллы, аморфные материалы, нанокристаллические твердые тела. Вклад поверхностных свойств нанокристаллических твердых тел.

1.3.2. Структура нанокристаллических материалов. Большая доля межзеренных границ. Структура межзеренных границ. Вакансии, дислокации, дефекты упаковки. Дальний и ближний порядок.

МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Осаждение из газовой фазы.

Испарение (термическое, ионно-плазменное, лазерное, электронно-лучевое) материала в атмосфере инертного газа. Типы камер для получения нанокристаллических твердых тел путем конденсации в атмосфере инертного газа. Компактирование осажденного материала. Получение беспористых нанокристаллических материалов ионно-плазменной конденсацией на подложке с регулируемой температурой. Схемы установок для электродного распыления.

2.2. Осаждение из жидкой фазы. Агрегирование наночастиц в растворе. Фильтрация, промывка, просушивание и компактирование полученного порошка.

2.3. Отвердевание из расплава. Охлаждение расплава спиннингованием. Газовая атомизация. Охлаждение расплава с помощью высокоскоростного потока инертного газа. Формование литьём. Сборка и заливка литейных форм, разливочные ковши. Устройства для кокиля и отливки. Центробежное литье, литье под давлением, по выплавляемым моделям.

2.4. Интенсивная пластическая деформация твердых тел. Кручение под квазигидростатическим давлением. Наковальни Бриджмена. Равноканальное угло-



вое прессование. Установка Сегала. Прокатка, волочение. Прокатные станы. Инструменты для волочения. Всесторонняя ковка, штамповка. Оборудование для машинной ковки (молоты и прессы).

2.5. Рекристаллизация из твердого аморфного состояния

Влияние специальных примесей, времени отжига и температуры на скорость и рекристаллизации. Влияние типа химической связи на степень рекристаллизации.

МОДУЛЬ 3. ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3.1. Методы синтеза нанокристаллических порошков. Газофазный синтез (конденсация паров). Плазмохимический синтез. Осаждение из коллоидных растворов. Золь-гель технологии. Термическое разложение и восстановление. Механосинтез. Детонационный синтез. Электровзрывные технологии. Упорядочение нестехиометрических соединений. Синтез высокодисперсных оксидов в жидких металлах. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

3.2. Порошковые технологии компактирования материалов. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Типы прессов (гидравлические прессы). Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Установка Глейтера. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования. Ультразвуковое прессование. Ультразвуковые пресс-формы. Влияние ультразвукового воздействия на качество прессовки, параметры уплотнения и межчастичные связи. Схемы установок для крупномасштабного производства нанопорошков с последующим горячим компактированием. Технологии послойного и селективного формирования объемных наноматериалов. Типы печей для компактирования спеканием. Спекание в разряде плазмы.

3.3. Характеристики компактирования порошков. Этапы и граничные условия процесса уплотнения порошков. Уравнения прессования. Распределение давления вдоль оси прессования. Оптимизация условий прессования. Кривые уплотнения и упругие свойства порошкового тела. Зависимость параметров прессовки от её упругих свойств. Параметры межчастичных связей. Оптимизация внешнего воздействия.

МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ

4.1. Физические методы. Термическое испарение (активированное активное испарение, электронно-лучевой нагрев, лазерная обработка). Ионное осаждение (ионно-дуговое распыление, магнетронное распыление, ионно-лучевая обра-



ботка, имплантация). Схемы установок магнетронного распыления, бинарного ионно-стимулированного осаждения, газотермического напыления.

4.2. Химические методы. Осаждение из газовой фазы (плазмосопроводяемые и плазмоактивируемые CVD – процессы, электронный циклотронный резонанс.). Термическое разложение (газообразные и конденсированные прекурсоры).

МОДУЛЬ 5 НАНОКОМПОЗИТЫ. НАНОПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Полимерные материалы. Методы полимеризации и поликонденсации. Схемы лабораторных и промышленных установок для синтеза полимерных материалов. Влияние температуры, давления, природы мономера, инициатора и растворителя на свойства полимеров. Оптимизация условий синтеза полимерных материалов.

5.2. Наноконпозиты. Магнитные наночастицы. Наноферромагнетики. Мультислои с антиферромагнитной связью. Спиновые затворы. Зернистые сплавы. Мультислои с прерывистыми магнитными слоями. Гибридные наноструктуры с нанослоями и нанокластерами. Армирование полимерных материалов. Огнестойкие пластмассы. Многослойные наноструктуры.

5.3. Нанопористые материалы.

Субнанопористые мембраны на основе цеолитов. Молекулярные сита. Пористый кремний. Технологии получения с помощью электрохимического травления. Формирование изделий из нанокерамики методом горячего прессования. Установка для спекания нанокерамики и наноконпозитов “Spark Plasma Sintering” (SPS). Порораспределение и зернистость спечённой керамики. Параметры кристаллической структуры и прочностные свойства конструкционной керамики.