

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«14» июня 2015 г..

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Химия полупроводников

Уровень высшего образования:

Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки (специальность):

04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) ОПОП:

Неорганическая химия 02.00.01

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол № 3 от 24 апреля 2015 г.)

Москва 2015

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» на основе Образовательного стандарта, самостоятельно установленного МГУ имени М.В.Ломоносова (далее – ОС МГУ), утвержденного Приказом № 552 от 23.06.2014 г. по МГУ с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ от 31.08.2015 г..

Год (годы) приема на обучение 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018,
2018/2019, 2019/ 2020

1. Краткая аннотация: Основная цель курса - *ознакомление аспирантов с фундаментальными и практическими аспектами химии важного класса функциональных неорганических материалов. Методы получения и свойства полупроводниковых материалов будут рассмотрены последовательно для объемных кристаллов, тонких пленок и планарных структур, нитевидных и наноразмерных кристаллов. Особенностью курса является то, что он базируется на физико-химическом анализе фазовых превращений и строении Р-Т-х фазовых диаграмм соответствующих систем.*

- Создание у аспирантов физико-химической базы, необходимой для выбора полупроводниковых материалов на основе их зонной структуры, кристаллической и дефектной структуры.
- Умение анализировать Р-Т-х фазовые диаграммы с целью выбора условий синтеза кристаллов и пленок полупроводниковых материалов с заданными свойствами.
- Способность самостоятельно анализировать взаимосвязь «Состав-структура-свойство» для полупроводниковых материалов. Понимание роли атомных дефектов и примесей в формировании полупроводниковых свойств.

2. Уровень высшего образования– подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки, направленность: Неорганическая химия.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, «Дисциплины (модули)».

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-2. Способность планировать и проводить исследование свойств неорганических веществ комплексом физико-химических методов, интерпретировать и обобщать результаты исследований	Знать современное состояние науки в области химии полупроводников Владеть методами синтеза полупроводников с заданными свойствами, современными инструментальными методами исследования состава, строения и свойств полупроводников

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часа, из которых 58 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 50 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для освоения программы в специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Математический анализ», «Физика», «Физическая химия», «Кристаллохимия», а также спецкурсы, в которых излагались основы физико-химического анализа многокомпонентных систем и зонной теории электронного строения кристаллов.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них						из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов. П.	Всего		
Раздел 1. P-T-x фазовые диаграммы как основа направленного син-	27	10	5	-	-	-	15	12	-	12

теза полупроводников.										
Раздел 2. Химия дефектов в полупроводниковых соединениях	12	8	4	-	-	-	12	6	-	14
Раздел 3. Рост кристаллов и пленок полупроводников	27	10	5	-	-	-	15	12	-	12
Раздел 4. Нанокристаллические полупроводники	26	8	4				12	8		
Промежуточная аттестация зачет по курсу	16						4			12
Итого	108	36	18				58	38		50

8. Образовательные технологии

Наряду с традиционными лекциями, для предметного ознакомления аспирантов с возможностями современного программного обеспечения проводятся лекции-демонстрации. В преподавание дисциплины используются результаты исследований, полученные сотрудниками МГУ.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

10. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. С.С.Горелик, М.Я Дашевский. Материаловедение полупроводников и диэлектриков, Москва МИСИС 2003. С 479
2. Handbook of crystal growth ed D.T.J.Hurle, 1994 Elsevier science
3. Современная кристаллография, т.3, М Наука, 1980
4. А. Вест. Химия твердого тела, т.2. М.: Мир, 1988.

5. Суздаев И.П. Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Москва. КомКнига, 2006.
6. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников, Москва, Наука, 1977.
7. Semiconductor and metal nanocrystals. Edited by V.Klimov. New York, Marcel Dekker Inc. 2004.
8. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.

Вспомогательная литература

1. Мясоедов Б.Ф. Давыдов А.В. Химические сенсоры, возможности и перспективы. *Журнал аналитической химии*, 1990, т. 45, с. 1259-1278.
2. Власов Ю.Г. Твердотельные сенсоры в химическом анализе. *Журнал аналитической химии*, 1990, т. 45, с. 1279-1289
3. Мясников И.А., Сухарев В.Я., Куприянов Л.Ю., Завьялов С.А. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука, 1991.
4. Карпов Е.Ф., Басовский Б.И. Контроль проветривания и дегазации в угольных шахтах. М.: Недра, 1994.
5. Золотов Ю.А. Аналитическая химия в ИОНХ. *Журнал аналитической химии*, 1995, т. 50, с. 1223-1228.
6. Lead Calcogenides: Physics and Applications ed D.Khokhlov, Taylor and Francis, New York, 2003
7. Процессы реального кристаллообразования, М.Наука, 1977
8. О.Г.Козлова, Рост и морфология кристаллов. МГУ, 1972.
9. Рост кристаллов. Теория роста и методы выращивания кристаллов, под ред. Гудмана, М Мир, 1977
10. Р.Ф. Стрикленд-Консэбл, Кинетика и механизмы кристаллизации, Л, Недра, 1971
11. Р.Лодиз, Р.Паркер, Рост монокристаллов, М, Мир 1974

12. . Периодическая литература

Журналы «Успехи химии», «Журнал неорганической химии», «Неорганические материалы», «Кристаллография», «Известия РАН. Серия химическая», «Физика твердого тела», Materials Chemistry, Mendeleev Communications, Scientific Reports, Journal of Materials Chemistry, Journal of Alloys and Compounds, Inorganic Chemistry, European Journal of Inorganic Chemistry, Chemistry - A European Journal, Journal of Crystal Growth

Интернет-ресурсы

materials.springer.com – доступ к различным базам данных по материаловедению

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
Базы данных NIST <http://www.nist.gov>

- Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории с возможностью подключения техники для демонстрации презентаций

Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте химического факультета <http://chem.msu.ru/>

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:

Д.х.н., профессор Гасков Александр Михайлович, gaskov@inorg.chem.msu.ru

Д.х.н., профессор ; Зломанов Владимир Павлович zlomanov@inorg.chem.msu.ru

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения приведены в п.5.
2. Образцы оценочных средств:
 - примеры контрольных вопросов:
 1. Определение полупроводниковых материалов, Электропроводность полупроводников, металлов и диэлектриков, Собственный полупроводник, концентрация носителей заряда в Si при 300K
 2. Кристаллическая структура кремния, германия, алмазоподобные полупроводники, Правило Музера -Пирсона
 3. Запрещенная зона, влияние E_g на электрические и оптические свойства материалов, прямозонные и непрямозонные полупроводники, определение, примеры. Оптические свойства полупроводников.
 4. Уровень Ферми, дать определение, Уровень Ферми в собственных и легированных полупроводниках
 5. Отклонение состава от стехиометрического. Точечные дефекты в полупроводниках АВ, обозначения, методы определения. Равновесие твердое-пар для PbSe.
 6. Особенности синтеза полупроводников, чем вызвана необходимость использования особо чистых веществ. Методы получения кристаллов из расплава. Рост кристаллов из пара. Роль пересыщения.
 7. Что такое эффекты Зеебека и Пельтье? В чем смысл безразмерной термоэлектрической добротности, через какие величины она выражается? Какие факторы влияют на теплопроводность твердых тел?

примеры домашних заданий:

1. Самостоятельно изучите по вспомогательной литературе основные методы роста кристаллов полупроводников.

2. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры установления взаимосвязи «состав – структура – свойство» для полупроводниковых материалов группы A₂B₆
 3. Самостоятельно изучите по периодической литературе примеры использования диаграмм фазовых равновесий в процессах раз- синтеза полупроводниковых материалов из расплава и пара..
 4. Самостоятельно изучите по вспомогательной и периодической литературе примеры особенности зонной диаграммы полупро- водников
- полный перечень вопросов к зачёту:
 1. Физические причины возникновения размерного эффекта в полупроводниках. Типичный спектр поглощения квантовых точек, основные типы переходов. Типы гетеропереходов в квантовых точках полупроводников.
 2. Коллоидный синтез квантовых точек полупроводников. Диаграмма Ла Мера. Основные реагенты и основные типы стабили- заторов для коллоидных квантовых точек A₂B₆.
 3. Понятие химического сенсора. Классификация химических сенсоров. Основные параметры химических сенсоров. Выбор ма- териалов для полупроводниковых газовых сенсоров. Обоснование преимуществ нанокристаллических материалов для га- зовых сенсоров. Основные приемы для изменения сенсорных характеристик полупроводниковых материалов.
 4. Кристаллическая структура кремния, германия, алмазоподобные полупроводники, Правило Музера -Пирсона
 5. Запрещенная зона, влияние E_g на электрические и оптические свойства материалов, прямозонные и непрямозонные полу- проводники, определение, примеры. Оптические свойства полупроводников.
 6. Уровень Ферми, дать определение, Уровень Ферми в собственных и легированных полупроводниках
 7. Отклонение состава от стехиометрического. Точечные дефекты в полупроводниках АВ, обозначения, методы определения. Равновесие твердое-пар для PbSe.
 8. Особенности синтеза полупроводников, чем вызвана необходимость использования особо чистых веществ. Методы получе- ния кристаллов из расплава. Рост кристаллов из пара. Роль пересыщения.
 9. Что такое эффекты Зеебека и Пельтье? В чем смысл безразмерной термоэлектрической добротности, через какие величины она выражается? Какие факторы влияют на теплопроводность твердых тел?
 10. Методы роста кристаллов и пленок полупроводников из расплава и пара.

Примеры ПКЗ.

Задание 1.

Предложите метод синтеза и обоснуйте соответствующие операционные параметры для получения полупроводникового материала группы A₄B₆

Задание 2.

На основании предложенной фазовой диаграммы определите условия синтеза полупроводникового соединения из расплава.

Задание 3.

Предложите метод синтеза нанокристаллических полупроводников A₂B₆ из раствора.

Задание 4

Предложите алгоритм установления взаимосвязи «состав – структура – свойство» для нанокристаллического полупроводникового материала. Обоснуйте выбор соответствующих методов исследования.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проводится по билетам; билет включает 2 вопроса. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Ведомость приема зачета подписывается членами комиссии.

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач