

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 14.07.2024 11:14:08
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«4» декабря 2024 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы и средства исследования и оптимизации
активируемых процессов и оборудования»

Направление подготовки - 11.04.03 «Конструирование и технология
электронных средств»

Направленность (профиль) – «Технологическое оборудование для производства изделий
микроэлектроники и микросистемной техники»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства
электронной компонентной базы»

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1. МСИО АПО Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий при исследовании и оптимизации активируемых процессов и оборудования	Знания: проблемных ситуаций при создании и функционировании технологического оборудования с активированными процессами обработки Умения: проработать стратегию исследования проблемной ситуации на основе системного подхода с формулированием целей и задач исследования. Опыт деятельности: планирование исследований проблемной ситуации и разработка методики их проведения с целью дальнейшей оптимизации активируемых процессов

Компетенция ПК-1 «Способен формулировать цели и задачи научных исследований, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач, делать научно-обоснованные выводы, готовить научные публикации и заявки на изобретения»

Обобщенная трудовая функция. Проведение научных исследований

Трудовая функция. Планировать научные исследования, определяя цели, задачи и методы исследования

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций
ПК-1. МСИО АПО Способен формулировать цели и задачи научных исследований активируемых процессов и оборудования, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы	- постановка целей и задач исследований активируемых процессов и оборудования; - выбор методик, выполнение исследований, анализ полученных данных,	Знания: методов проведения исследований параметров и характеристик, принципа и режимов работы узлов, блоков и активируемых процессов технологического оборудования. Умения: формулировать цели и задачи исследований,

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций
и средства решения сформулированных задач и делать обоснованные выводы	формулирование обоснованных выводов; - подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций и докладов на научные конференции по результатам выполненных исследований	выбирать методы и средства их реализации, анализировать результаты, делать выводы, оформлять отчеты и публиковать результаты. Опыт деятельности: по самостоятельному выполнению научных исследований, планированию экспериментов, применению теоретических и экспериментальных методов в области разработки активируемых процессов и оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Входные требования к дисциплине:

- знание основ процессов нанесения, травления, очистки и модификации материалов

и требований к техническим системам, устройствам и оборудованию для реализации вакуумно-плазменных технологий производства приборов микроэлектроники и микросистемной техники, а также знание основ процессов плазмообразования в газовых разрядах, физико-химических процессов в газоразрядной плазме и на обрабатываемой поверхности материала;

- умение применять знания разделов высшей математики и физики для описания физических закономерностей лежащих в основе функционирования исследуемых устройств и технологических процессов, а также умение анализировать активируемые процессы и параметры работы оборудования вакуумно-плазменной и электронно-ионной обработки;

- владение навыками использования программных средств для обработки экспериментальных данных, расчета и моделирования активируемых процессов и оборудования.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
2	3	7	252	16	16	24	160	Экз. (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1. Активируемые процессы и оборудование нанесения материалов	6	8	8	60	Защита лабораторных работ
					Тестирование (или контрольная работа)
					Контроль выполнения практико-ориентированных заданий (ПОЗ)
2. Активируемые процессы и оборудование травления материалов	4	8	8	50	Защита лабораторных работ
					Тестирование (или контрольная работа)
					Контроль выполнения практико-ориентированных заданий (ПОЗ)
3. Активируемые процессы и оборудование модификации и размерной обработки материалов	6	-	8	50	Тестирование (или контрольная работа)
					Контроль выполнения практико-ориентированного задания (ПОЗ)
					Сдача реферата по выбранной теме

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Наименование и краткое содержание
1	1	2	Методы активации процессов обработки в интегрированных системах. Процессы и оборудование нанесения и травления материалов. Процессы и оборудование модификации материалов и размерной обработки: ионная имплантация, электронная и ионная литография.
	2	2	Методы и средства активации стадий процесса и оборудования нанесения материалов. Процессы и оборудование электроннолучевого, лазерного и дугового испарения материалов в вакууме. Процессы плазмообразования и разрядные системы. Процессы и оборудование ионного и ионно-плазменного распыления, химического осаждения из парогазовых смесей с плазменной активацией.
	3	2	Методы и средства исследования и оптимизации процессов и оборудования нанесения материалов. Исследование и оптимизация процесса формирования равномерной по толщине пленки. Анализ факторов, определяющих профиль наносимых пленок. Факторы, влияющие на процесс нанесения пленки. Общий вид модели процесса нанесения пленок и внутрикамерные устройства.
2	4	2	Методы и средства активации стадий процесса и оборудования травления материалов. Методы и средства активации стадий процесса и оборудования ионного, плазмохимического и ионно-химического травления материала.
	5	2	Методы и средства исследования и оптимизации процессов и оборудования травления материалов. Моделирование процессов и устройств ионного и плазмохимического травления. Источники плазмы высокой плотности. Моделирование источника индуктивно-связанной плазмы.
3	6	2	Методы и средства активации стадий процессов и оборудования модификации материалов. Методы и средства активации стадий процесса и оборудования ионной имплантации.
	7	2	Методы и средства активации стадий процессов и оборудования размерной обработки и модификации материалов. Методы и средства активации стадий процессов и оборудования электронно-лучевой и ионно-лучевой литографии. Формирование ионных пучков для безмасочной литографии.
	8	2	Интеграция активируемых процессов обработки и оборудования. Разработка кластерных систем для производства изделий микро- и наноэлектроники. Преимущества и конструктивные особенности кластерного оборудования. Особенности использования кластерных систем в производстве интегральных схем.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Теоретическое обоснование условий плазмообразования в вакуумно-плазменных системах ионного распыления материалов.
	2	2	Теоретическое обоснование условий локализации плазмы в магнетронных распылительных устройствах (МРУ).
	3	2	Занятие для контроля и консультации по выполнению ПОЗ
	4	2	Моделирование системы магнетронного распыления по критерию равномерности толщины наносимой пленки и эффективности процесса.
2	5	2	Моделирование коэффициента ионного распыления и параметров процесса ионного травления микроструктур.
	6	2	Занятие для контроля и консультации по выполнению ПОЗ
	7	2	Теоретическое обоснование условий активации химически активных частиц при плазмохимическом травлении.
	8	2	Теоретическое обоснование процесса плазмообразования в источнике индуктивно-связанной плазмы.
	9	2	Занятие для контроля и консультации по выполнению ПОЗ
3	10	2	Теоретическое обоснование процесса ионного легирования.
	11	2	Симуляция технологического цикла на установке ионного легирования программным комплексом интерактивной VR-лаборатории «Ионная имплантация».
	12	2	Занятие для контроля и сдачи ПОЗ

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы и краткое содержание
1	1	4	Исследование параметров процессов плазмообразования и распыления в магнетронной распылительной системе. Содержание: определение основных параметров магнетронного разряда; исследование условий локализации плазмы в магнетронном распылительном устройстве, определение и расчет основных факторов, влияющих на эффективность локализации.
	2	4	Исследование вольтамперных характеристик магнетронного распылительного устройства. Содержание: изучение влияния различных факторов на ВАХ магнетронного разряда; проведение экспериментальных и теоретических исследований ВАХ.
2	3	4	Исследование стадий Bosch-процесса на установке AMS 200. Содержание: изучение конструктивных особенностей установки AMS 200; исследование зависимости качества травления микроструктур от параметров процесса.
	4	4	Изучение источника радикалов «ИСТРА». Содержание: изучение конструктивных особенностей источника; моделирование и исследование рабочих и технологических параметров.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	10	Подготовка к лекциям №1, 2 и 3, практическим занятиям №1, 2 и 3: работа с учебниками и учебными пособиями, изучение текстов лекций и презентаций (электронная версия), сайтов интернет-ресурсов.
	10	Подготовка к лабораторной работе №1, изучение методических материалов по лабораторной работе, обработка результатов после выполнения лабораторной, подготовка отчета после выполнения лабораторной работы
	10	Подготовка к лабораторной работе №2, изучение методических

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
		материалов по лабораторной работе, обработка результатов после выполнения лабораторной, подготовка отчета после выполнения лабораторной работы.
	6	Подготовка к контрольной работе №1
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (по теме ПЗ №1).
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (по теме ПЗ №2).
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (по теме ПЗ №3).
2	8	Подготовка к лекциям №4 и 5, практическим занятиям №4, 5 и 6: работа с учебниками и учебными пособиями, изучение текстов лекций и презентаций (электронная версия), сайтов интернет-ресурсов.
	10	Подготовка к лабораторной работе №3, изучение методических материалов по лабораторной, обработка результатов после выполнения лабораторной, подготовка отчета после выполнения лабораторной
	10	Подготовка к лабораторной работе №4, изучение методических материалов по лабораторной, обработка результатов после выполнения лабораторной, подготовка отчета после выполнения лабораторной
	6	Подготовка к контрольной работе №2
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (по теме ПЗ №4).
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (по теме ПЗ №5).
3	12	Подготовка к лекциям №6, 7 и 8, практическим занятиям №7 и 8: работа с учебниками и учебными пособиями, изучение текстов лекций и презентаций (электронная версия), сайтов интернет-ресурсов.
	6	Подготовка к контрольной работе №3
	8	Выполнение практико-ориентированного задания (по теме ПЗ №6).
	24	Подготовка и сдача реферата по выбранной теме: изучение сайтов интернет-ресурсов, написание и оформление реферата.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Сценарий дисциплины «Методы и средства исследования и оптимизации активируемых процессов и оборудования».

Модуль 1. Активируемые процессы и оборудование нанесения материалов.

- Конспект лекций и презентации №1, №2 и №3 по дисциплине.

- Методические указания по выполнению Лабораторной работы №1.
- Методические указания по выполнению Лабораторной работы №2.
- Методические указания к выполнению практико-ориентированного задания №1.
- Методические указания к выполнению практико-ориентированного задания №2.
- Методические указания к выполнению практико-ориентированного задания №3.

Модуль 2. Активируемые процессы и оборудование травления материалов.

- Конспект лекций и презентации №4 и №5 по дисциплине.
- Методические указания по выполнению Лабораторной работы №3.
- Методические указания по выполнению Лабораторной работы №4.
- Методические указания к выполнению практико-ориентированного задания №4.
- Методические указания к выполнению практико-ориентированного задания №5.

Модуль 3. Активируемые процессы и оборудование модификации и размерной обработки материалов

- Конспект лекций и презентации №6, №7 и №8 по дисциплине.
- Методические указания к выполнению практико-ориентированного задания №6.
- Методические указания к выполнению реферата.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Сырчин В.К. Технологические процессы и оборудование производства электронных средств: Часть 1 : Вакуумно-плазменные процессы и оборудование: учебное пособие / В.К. Сырчин, Н.М. Зарянкин, А.В. Виноградов. – М.: МИЭТ, 2011. - 168 с. - ISBN 978-5-7256-0630-0.
2. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Ионно-плазменные технологии : учебник для вузов / А. С. Сигов, В. И. Иванов, П. А. Лучников, А. П. Суржилов ; под редакцией А. С. Сигова. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 270 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7153-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537240> (дата обращения: 22.11.2020).
3. Лабораторный практикум по курсу "Моделирование технологических процессов" / Е.А. Артамонова [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М.: МИЭТ, 2018. - 108 с.
4. Берлин, Е. В. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии: руководство / Е. В. Берлин, Л. А. Сейдман. — Москва: Техносфера, 2010. — 528 с. — ISBN 978-5-94836-222-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110946> (дата обращения: 22.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Галперин В.А. Процессы плазменного травления в микро и нанотехнологиях: Учеб. пособие / В.А. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; Под ред. С.П. Тимошенкова. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 288 с. - ISBN 978-5-9963-0032-7

Периодические издания

1. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА / РАН. - Москва: ИКЦ Академкнига, 1972 - . - URL: <https://eivis.ru/browse/publication/79437> (дата обращения: 28.10.2024). - Режим доступа: по подписке.
2. НАНО- И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА: Ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М. : Новые технологии : Нано-микросистемная техника, 1999.
3. РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ = NANOTECHNOLOGIES IN RUSSIA / Федеральное агентство по науке и инновациям РФ, Парк-медиа. - М. : ИКЦ Академкнига, 2006 - . URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=10601> (дата обращения: 11.12.2024)

6. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека: сайт. URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>. (дата обращения: 31.10.2024) - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Электронно-библиотечная система Лань: сайт. - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 31.10.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. Электронно-библиотечная система Znanium: сайт. - URL: <https://znanium.ru> (дата обращения: 31.10.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение: основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>. Система ОРИОКС используется в дисциплине для уведомления студентов, обеспечения методическим материалом по дисциплине (для подготовки к занятиям и для самостоятельной работы), для размещения информации о графике проведения контрольных мероприятий и полученных оценках.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении контрольных мероприятий, и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в формах тестирования в ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>) или MOODLe.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Windows, Microsoft Office, браузер
Компьютерный класс, аудитория №4116	Компьютеры Raskat Station 930 (r9 7900X, B650, RAM 32Gb, SSD 1Tb, 16Gb A4000, 650W, NoOS) WR3/456 (+ клавиатура и мышь)	Microsoft Office Professional Plus 2013 (п. 15. Реестра ПО). Adobe Reader. Интерактивная VR-лаборатория «Ионная имплантация».
Аудитория 4114	Установки вакуумные ПМСТ-1 и УИТ-1 с исследуемыми узлами вакуумного и ионно-плазменного оборудования	Не требуется
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **УК-1. МСИО АПО** «Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий при исследовании и оптимизации активируемых процессов и оборудования»

ФОС по подкомпетенции **ПК-1.МСИОАПО** «Способен формулировать цели и задачи научных исследований активируемых процессов и оборудования, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач и делать обоснованные выводы».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина включает в себя: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельную работу студента (СРС) и контрольные мероприятия. Посещение всех занятий обязательно.

Модульное построение дисциплины предполагает последовательное изложение содержания модулей. Доступ к материалу следующего модуля не открывается, пока студент не освоит материал предыдущего. Освоение тем подтверждается сдачей контрольных работ и/или тестов по каждому модулю.

Лабораторные работы, как правило, проводятся в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения экспериментальных исследований и при защите полученных результатов. При выполнении лабораторных работ студенты получают навыки исследовательской и практической работы на технологическом оборудовании.

При проведении практических занятий студенты получают навыки моделирования и оптимизации активируемых процессов и оборудования. Причем по тематике практических занятий прорабатываются практико-ориентированные задания различной сложности, которые студенты выполняют в отведенное для этого время СРС с предоставлением и оценкой отчетов по выполненной работе с обоснованными выводами.

В дисциплине применяется также иммерсивный метод обучения с применением интерактивной VR-лаборатории «Ионная имплантация». VR-технология позволяет создать виртуальные двойники сложного оборудования, предоставляя студентам безопасную и доступную среду для изучения и отработки профессиональных навыков.

Основной СРС являются практико-ориентированные задания по темам практических занятий, которые позволяют студентам приобрести актуальные профессиональные компетенции в области исследования активируемых процессов и оборудования. Более подробно изложено в описании практико-ориентированных заданий (ПОЗ).

Результаты, полученные в ходе выполнения лабораторных работ, практико-ориентированного проекта и контрольных мероприятий, выгружаются студентами в свои электронные портфолио через систему ОРИОКС.

По завершению изучения дисциплины предусмотрен экзамен, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на балльно-рейтинговой системе.

Более подробно изложено в сценарии дисциплины, который выгружен в систему ОРИОКС.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительно-балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме – до 78 баллов), активность и посещаемость в семестре (в сумме до 12 баллов).

По завершению изучения дисциплины предусмотрен экзамен (10 баллов). Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложены в сценарии по дисциплине.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

Структура и график контрольных мероприятий доступен в журнале успеваемости в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/> .

РАЗРАБОТЧИК:

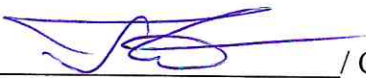
Профессор Института НМСТ, д.т.н.



/В.К. Сырчин/

Рабочая программа дисциплины «Методы и средства исследования и оптимизации активируемых процессов и оборудования» по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилю) «Технологическое оборудование для производства изделий микроэлектроники и микросистемной техники» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Ученого совета Института НМСТ 3 декабря 2024 года, протокол № 6.

Директор Института НМСТ

 / С.П. Тимошенко /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ  / А.Л. Переверзев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки  / Т.П. Филиппова /