

**Методология и опыт создания
объектов и инфраструктуры современного
микроэлектронного производства**

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2025

Компания ООО «СКТО ПРОМПРОЕКТ» основана в 2001 году ведущими специалистами, работающими на предприятиях электронной промышленности города Зеленограда.

Сегодня ООО «СКТО ПРОМПРОЕКТ» – это профессиональная строительная конструкторско-технологическая организация, предоставляющая услуги комплексного инженерно-строительного и технологического инжиниринга по реконструкции и техперевооружению высокотехнологичных предприятий и научных центров радиоэлектронной промышленности и межотраслевого приборостроения, здравоохранения, фармацевтики и биологии с «чистыми помещениями», включая производства нано и микроэлектроники, СВЧ электроники, силовой электроники, оптоэлектроники, фотоники, фотовольтаики, микромеханики, информатики и прикладного материаловедения, с «чистыми помещениями» классов 3/4/5/6/7/8/9 ИСО и A/B/C/D GMP.

**М54 Методология и опыт создания объектов
и инфраструктуры современного микроэлектронного производства**
Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2025. – 320 с. ISBN 978-5-94836-705-7
DOI: 10.22184/978-5-94836-705-7

В сборнике статей изложен систематизированный опыт и методология по вопросам создания объектов микроэлектронного производства, соответствующих чистых комнат, а также систем подготовки технологических сред и их подключения и подачи на технологическое оборудование.

Работа является коллективным трудом специалистов, практически занимавшихся указанными вопросами при создании и запуске микроэлектронного производства. Первая глава (Безгин Ф.Г., Журавлев В.Г., Картавцев В.С., Кундывус Д.С., Ранчин С.О.) описывает терминологию и алгоритм создания объектов электронной промышленности. Вторая глава (Маркин А.В., Ранчин С.О.) посвящена теории и практике создания чистых комнат. В третьей главе (Евдокимов В.Л., Ранчин С.О.) даны основные требования к технологическим средам при изготовлении структур кремниевых микросхем. Четвертая глава (Просий А.Д., Яснов В.С.) посвящена вопросам создания систем очистки и контроля газовых и жидкостных технологических сред в реальном производстве. В пятой главе (Просий А.Д., Кимрова А.П., Кузьмина Е.А., Глинский А.С.) описана методика и результаты ультра-следового анализа применяемой деионизованной воды. Шестая глава (Евдокимов В.Л., Ранчин С.О.) посвящена вопросам монтажа, подключения и испытаний линий подачи сред на технологическое оборудование.

Материалы книги, издающейся в формате сборника актуальных авторских статей, носят практический и конкретный характер. Комплексно освещенные методология и практический опыт могут быть использованы при создании и модернизации объектов и систем технологического обеспечения современных отечественных микроэлектронных и других прецизионных лабораторий и производств.

УДК 338.24:621.3.049.77

ББК 32.844.1

Содержание

Глава I. Методика создания микроэлектронных производств в радиоэлектронной промышленности с чистыми помещениями классов 1–6 ИСО при капитальном строительстве, реконструкции и техническом перевооружении	9
<i>Безгин Ф.Г., к.т.н Журавлёв В.Г., Картавцев В.С., Кундывус Д.С., Ранчин С.О.</i>	
1. Словарь терминов и определений, применяемых при капитальном строительстве, реконструкции, техническом перевооружении микроэлектронных производств в радиоэлектронной промышленности и межотраслевом приборостроении	9
Введение	9
1. Область применения	10
2. Структура словаря	10
3. Основные понятия Объектов капитального строительства, реконструкции, техперевооружения	10
4. Основные участники создания Объекта	14
5. Управление строительством	17
6. Инженерные изыскания и проектирование	17
7. Подготовка к строительно-монтажным работам	25
8. Строительный контроль	26
9. Авторский надзор	27
10. Строительно-монтажные работы	28
11. Создание инженерных систем	30
12. Завоз, сборка, подключение и пусконаладочные работы технологического оборудования	33
13. Сдача Объекта в эксплуатацию	37
14. Опытная эксплуатация Объекта	38
15. Нормативно-техническая документация в строительстве	41
2. Методика создания микроэлектронных производств в радиоэлектронной промышленности с чистыми помещениями классов 1–6 ИСО при капитальном строительстве, реконструкции и техническом перевооружении	43
Введение	43
Область применения	45
1. Группа задач для принятия решения о реализации Проекта и выделения инвестиций на создание Объекта	46
2. Организационно-подготовительная группа задач	53
3. Группа задач при инженерных изысканиях и проектировании	55
4. Группа задач при капитальном строительстве/реконструкции	62
5. Группа задач при монтаже инженерных систем, испытаниях и пусконаладочных работах	67

6. Группа задач при организации строительного контроля.....	68
7. Группа задач при завозе и установке, сборке, подключении, пусконаладочных работах комплектов технологического оборудования	69
8. Корректировка проектной документации	71
9. Приемка законченным строительством Объекта и приемка Объекта в эксплуатацию	71
10. Опытная эксплуатация Объекта и выпуск продукции	73
11. Нормативно-техническая документация	75
12. Приложения	77
Приложение № 1. Предварительная оценка необходимой общей площади и площади застройки производственного здания при создании Объектов микроэлектронных производств в процессе капитального строительства и реконструкции	77
Приложение № 2. Особенности расчета и выбора необходимого земельного участка при создании Объектов микроэлектронных производств в процессе капитального строительства и реконструкции	80
Приложение № 3. Исходные данные для разработки обоснований инвестиций в строительство	83
Приложение № 4. Необходимые основные и вспомогательные помещения под производственные нужды (справочно).....	86
Приложение № 5. Состав инженерных станций и инженерных систем создаваемого Объекта. Необходимость в площадях под их размещение (справочно)	88
Приложение № 6. Организационно-штатная структура службы эксплуатации инженерных станций и инженерных систем и необходимость в площадях под их размещение (справочно)	91
Приложение № 7. Перечень основных статей расходов при капитальном строительстве/реконструкции (справочно).....	93
Приложение № 8. Состав ходатайства (декларации) о намерениях инвестирования в строительство	95
Приложение № 9. Состав разделов Технического задания на создание Объекта (справочно)	98
Приложение № 10. Требования к качеству энергоносителей и технологических сред (справочно)	100
Приложение № 11. Предельные допустимые концентрации воздушно-молекулярных загрязнений в ЧПП (справочно)	102
Приложение № 12. Требования к параметрам вибрации в помещениях нано- и микроэлектроники (справочно)	103
Приложение № 13. Перечень токсичных и горючих газов, применяемых в микроэлектронном производстве (справочно)	105
Приложение № 14. Документы, необходимые для получения разрешения на строительство	107

Приложение № 15. Состав и основные требования к исполнительной документации	110
Приложение № 16. Схема Протокола чистоты	112
Приложение № 17. Содержание программы пусконаладочных работ.....	114
Приложение № 18. Содержание Методики испытаний подводящих к установкам трубопроводов газов на содержание кислорода, влаги и микрочастиц (справочно)	118
Приложение № 19. Категории электроснабжения по инженерным системам (справочно)	119
Приложение № 20. Перечень инженерных систем в составе автоматизированной системы управления и диспетчеризации (АСУД) (справочно)	121
Приложение № 21. Техническое задание на выполнение работ «Подключение технологического оборудования к системам энергетического и технологического обеспечения»	123
Приложение № 22. Технические требования к линиям подключения технологического оборудования (справочно).....	131
Приложение № 23. Технические требования из Методики испытаний инженерных сетей подключения технологического оборудования по специальным газам (пример, справочно).....	134
Приложение № 24. Содержание Руководства по эксплуатации инженерных систем и оборудования (справочно)	135
Приложение № 25. Программа обучения эксплуатации инженерной системы/оборудования.....	136
Приложение № 26. Перечень итоговой исполнительной документации для получения заключения о соответствии ЗОС по строительству/реконструкции объектов производственного, непромышленного назначения и линейных объектов.....	139
Глава II. Требования к качеству технологических сред в современном производстве микросхем.....	143
<i>Евдокимов В.Л., Ранчин С.О.</i>	
1. Особенности технологии микросхем субмикронных поколений	143
1.1. Структура с эпитаксиальным слоем и боковой изоляцией.....	144
1.2. Транзисторная структура	145
1.3. Многоуровневая система проводников	146
2. Требования к технологическим средам	148
2.1. Процессы жидкостной обработки.....	150
2.2. Процессы обработки в газовых средах	151
2.3. Требования к технологическим средам для фотолитографии.....	154
Заключение	155
Литература.....	156

Глава III. Подготовка, очистка и контроль технологических сред	157
Просий А.Д., Яснов В.С.	
Введение	157
1. Деионизованная вода	157
1.1. Общее описание процесса получения деионизованной воды	158
1.2. Характеристики исходной воды для станции деионизованной воды	166
1.3. Методы предварительной очистки воды от загрязнений	171
1.4. Очистка, основанная на мембранной технологии	175
1.5. Процессы мембранной технологии	179
1.6. Метод обратного осмоса	181
1.7. Наночистка	185
1.8. Электродеионизация	186
1.9. Ионный обмен	190
1.10. Дегазация	195
1.11. Обработка воды ультрафиолетом	198
2. Жидкостные химические реактивы для разработок и производства изделий микро- и нанoeлектроники	199
Введение	199
2.1. Качество химреактивов	202
2.2. Доставка химреактива до места использования	207
2.3. Системы доставки химреактивов на место их использования	209
2.4. Смеси и растворы химреактивов	218
2.5. О конфигурации систем доставки химреактивов (CDS)	219
2.6. Пусконаладочные работы, испытания и приемка (ввод в эксплуатацию систем доставки химреактивов)	221
2.7. Рекомендации по испытаниям систем доставки	222
Заключение	225
Литература	225
3. Специальные электронные газы	226
Введение	226
3.1. Система обеспечения газами	226
3.2. Распределительные боксы и панели	229
3.3. Технологические трубопроводы	229
4. Аналитическое обеспечение производства технологических сред	231
Введение	231
4.1. Магистральные газы	232
4.2. Воздушная атмосфера чистых производственных помещений	235
4.3. Некоторые соображения по контролю параметров сверхчистой деионизованной воды (СЧДВ) и жидких химреактивов (х/р) (см. требования ИТРС)	236
4.4. Лабораторный контроль параметров жидких технологических сред	240

Заключение	243
Литература.....	244
Глава IV. Ультраследовой анализ сверхчистой деионизованной воды	
на уровне единицы нг/л и ниже	245
<i>Просий А.Д., Кузьмина Е.А., Кимрова А.П., Глинский А.С.</i>	
1. Отбор и транспортировка проб	246
2. Пробоподготовка	248
3. Анализ	248
Заключение	252
Литература.....	252
Глава V. Вопросы подключения технологического оборудования	
к системам инфраструктуры.....	253
<i>Евдокимов В.Л., Ранчин С.О.</i>	
Введение	253
1. Организационный этап работ	255
1.1. Назначение предприятием Заказчика специалистов, ответственных за подключение технологического оборудования	255
1.2. Разработка технического задания и приложений для конкурса на работы.....	255
1.3. Организация Заказчиком конкурса на работы, выбор Исполнителей	255
1.4. Выделение площадей и энергоресурсов для складских, подготовительно-монтажных и офисных помещений для Исполнителей.....	259
1.5. Согласование приоритетов подключения оборудования, порядка взаимодействия участников и мониторинга работ	259
1.6. Передача Исполнителю исходной документации	261
2. Проектная документация на линии подключения.....	265
2.1. Разработка проектной документации	265
2.2. Проверка и согласование проектной документации	296
3. Предмонтажные работы и подготовка оборудования к подключению	299
3.1. Размещение технологического оборудования	299
3.2. Проверка готовности к монтажным работам.....	300
3.3. Идентификация точек подключения	301
3.4. Трассировка линий	302
4. Монтаж линий подключения к оборудованию	304
4.1. Подготовка сборок ЗРА и опорных конструкций.....	304
4.2. Монтаж линий и приемка из монтажа	311
5. Испытания и аттестация линий	313
5.1. Разработка и согласование процедур испытаний	313
5.2. Протоколы испытаний и аттестации	315