

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ



В. И. Иванов, П. А. Лучников, А. С. Сигов, А. П. Суржиков

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ. ЭЛЕКТРОННЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Под редакцией академика РАН А. С. Сигова

УЧЕБНИК



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Юрайт
ИЗДАТЕЛЬСТВО

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Список основных сокращений	5
Введение	6
В.1. Параметры и характеристики ВИИ	8
<i>Глава 1.</i> ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ	13
1.1. Упругое рассеяние электронов в веществе	13
1.2. Неупругое рассеяние электронов в веществе	18
1.2.1. Радиационные потери	18
1.2.2. Ионизационные потери	19
1.3. Пробег электронов в веществе	21
1.4. Вторичная электронная эмиссия	25
1.5. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	34
<i>Глава 2.</i> ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ИЗДЕЛИЙ РЭА	42
2.1. Электронная спектроскопия	43
2.2. Фотоэлектронная спектроскопия	44
2.3. Дифракция электронов	49
2.4. Электронная Оже-спектроскопия	52
2.5. Растровая электронная микроскопия	55
2.6. Вторично-ионная масс-спектроскопия.....	62
2.7. Рентгеновская дефектоскопия.....	65
2.8. Рентгеновская микроскопия.....	67
2.9. Рентгеноструктурный анализ.....	72
2.10. Пример методики проведения рентгенострук- турного анализа электрокерамики	74

Глава 3. НЕТЕРМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	79
3.1. Обратимые радиационные изменения в высокоомных материалах	79
3.1.1. Радиационная электропроводность	80
3.1.2. Накопление объемного заряда	82
3.1.3. Получение радиоэлектретов	89
3.2. Необратимые радиационные изменения в полимерных материалах	92
3.2.1. Модификация свойств полиэтилена	93
3.2.2. Применение радиационно-модифицированного полиэтилена	97
3.3. Электронная литография	104
3.3.1. Сущность процесса микролитографии	104
3.3.2. Устройства электронно-лучевой литографии	106
3.3.3. Электронные резисты	112
3.3.4. Проекционная электронная литография	117
3.3.5. Рентгеновская литография	119
3.4. Радиационная модификация металлов	130
3.5. Радиационная активация катодов электровакуумных приборов	145
3.5.1. Оксидные катоды	145
3.5.2. Вторично-эмиссионные катоды	169
3.6. Диффузионная сварка	171
Глава 4. ТЕРМИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	189
4.1. Параметры электронного луча	191
4.2. Тепловое воздействие электронного луча	192
4.2.1. Условия перехода к взрывному вскипанию материала	197

4.3.	Электронно-лучевая термообработка	205
4.4.	Электронно-лучевой локальный переплав	207
4.5.	Электронно-лучевая плавка	208
4.6.	Электронно-лучевая сварка	216
4.7.	Нанесение покрытий электронно-лучевым испарением	222
4.8.	Электронно-лучевая размерная обработка	229
4.9.	Электронно-лучевой отжиг	232

Глава 5. РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

234

5.1.	Радиационно-термическое спекание ферритовой керамики	237
5.1.1.	Радиационно-термическое спекание	237
5.1.2.	Уплотнение ферритовых прессовок	238
5.1.3.	Феноменология спекания ферритов	239
5.1.4.	Влияние нормализующего отжига пресс-порошков на РТ-уплотнение ферритов	245
5.1.5.	Изменения магнитных и электрических свойств ферритов при РТ-спекании	248
5.1.6.	Фазовые превращения в ферритах при РТ-спекании	259
5.1.7.	Радиационно-термические технологии в производстве радиокерамики	261
5.1.8.	Выводы	264

Глава 6. ПОЛУЧЕНИЕ УСКОРЕННЫХ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

266

6.1.	Основные узлы электронно-лучевых установок	268
6.1.1.	Электронные пушки	268
6.1.2.	Рабочая камера с вакуумной системой	276

6.1.3. Системы питания и управления	280
6.2. Ускорители электронов	281
6.2.1. Высоковольтные линейные ускорители электронов	283
6.2.2. Линейные резонансные ускорители	293
6.3. Промышленное технологическое лучевое оборудование	299
6.3.1. Электронно-лучевые установки	299
6.3.2. Техника безопасности	312
Литература	314
Список основных обозначений	316
Авторский коллектив.....	317
Содержание	318