

УДК 621.793.7(075)
ББК 30.61–5я7
Г79

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

*Рецензенты:
д-р техн. наук, проф. А. Ф. Гайсин
канд. техн. наук В. А. Усенко*

Гребенщикова М. М.
Г79 Плазменное оборудование для нанотехнологий : учебное пособие /
М. М. Гребенщикова, М. М. Миронов; Минобрнауки России, Казан.
нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. – 96 с.

ISBN 978-5-7882-3285-0

Приведены теоретические сведения о процессах плазменного получения покрытий, описание вакуумного и плазменного оборудования, применяемого для получения наноструктурированных покрытий, отечественного и зарубежного производства, технологические характеристики оборудования.

Предназначено для магистров направлений подготовки 28.04.02 «Наноинженерия» и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Подготовлено на кафедре плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов.

УДК 621.793.7(075)
ББК 30.61–5я7

ISBN 978-5-7882-3285-0

© Гребенщикова М. М., Миронов М. М., 2022
© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2022

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОКРЫТИЯХ	6
1.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКРЫТИЙ И СПОСОБОВ ИХ НАНЕСЕНИЯ.....	6
1.2. ПОКРЫТИЯ С НАНОСТРУКТУРОЙ	13
Глава 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ	18
2.1. УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ КОНДЕНСАЦИИ ИЗ ПЛАЗМЕННОЙ ФАЗЫ С ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКОЙ (КИБ)	18
2.2. УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ.....	26
2.3. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЕМКОСТНАЯ УСТАНОВКА.....	31
Глава 3. ОБЗОР РАБОЧИХ КАМЕР ДЛЯ ВАКУУМНОГО И ПЛАЗМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	34
3.1. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	34
3.2. ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА	35
3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ВАКУУМНЫХ КАМЕР	36
3.4. РАЗМЕРЫ (ОБЪЕМЫ) ВАКУУМНЫХ КАМЕР	37
3.5. ФУНКЦИОНАЛ ВАКУУМНЫХ КАМЕР	39
3.6. ФОРМЫ ВАКУУМНЫХ КАМЕР	39
3.7. НАЗНАЧЕНИЕ ВАКУУМНЫХ КАМЕР	41
3.8. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	43
3.9. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАКУУМНЫХ КАМЕР	45
3.10. ОБЗОР ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ	46
Глава 4. ЭЛЕКТРОСИЛОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ВАКУУМНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВОК НАНОТЕХНОЛОГИЙ	57
4.1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....	57
4.2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	58

4.3. ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАЗМОТРОН.....	60
4.4. ТРАНСФОРМАТОРЫ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	61
4.5. ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ	63
4.6. ПРИМЕРЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ПЛАЗМОТРОНОВ.....	69

Глава 5. ОСНАСТКА ВАКУУМНЫХ КАМЕР И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

79

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	79
5.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	82
5.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	84
5.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	88

ЛИТЕРАТУРА.....

95