

УДК 539.23:621.38.049.77(075.8)
В 191

Рецензенты:

Величко А.А., д-р техн. наук, профессор,
кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники,
Новосибирский государственный технический университет
Лебедев М.С., канд. хим. наук, лаборатория функциональных пленок
и покрытий, ФГБУН Институт неорганической химии
им. А.В. Николаева СО РАН

Васильев В.Ю.

В 191 Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники: учебное
пособие / В.Ю. Васильев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 107 с.

ISBN 978-5-7782-3915-9

Рассмотрены вопросы методологии и технологии создания тонких пленок (ТП) неорганических материалов осаждением из газовой фазы для использования в технологиях микро- и нанoeлектроники. Пособие создано на основе исследовательской и публикационной активности автора в течение 40 лет; развиты и обобщены результаты исследований, начатых в 1970-х годах в Институте физики полупроводников Академии наук СССР и исследовательских отделах предприятий электронной промышленности г. Новосибирска. Рассмотрена совокупность вопросов, связанных с методологией и технологией получения высококачественных ТП для изделий микроэлектроники, показана возрастающая роль ТП технологий в технологических маршрутах изготовления изделий, рассмотрены тенденции развития, типы и характеристики оборудования для процессов производства ИМС, технологические процессы получения различных ТП материалов на основе кремния, свойства ТП материалов.

Учебное пособие разработано в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Семинары по специальности», образовательная программа: 11.04.04. «Электроника и нанoeлектроника», магистерская программа «Микро- и нанoeлектроника». Рекомендуется также для обучения бакалавров и магистрантов по направлениям 11.03.04 и 11.04.04 («Электроника и нанoeлектроника»), 28.03.01 и 28.04.01 («Нанотехнологии и микросистемная техника») в рамках семинаров по специальностям и по дисциплинам, связанным с преподаванием физико-химических основ технологических процессов изделий микроэлектроники, микросистемной техники, нанoeлектроники.

Также рекомендуется для аспирантов по специальности 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», представляет интерес для технологов производства ИМС, исследователей в области нанотехнологий.

УДК 539.23:621.38.049.77(075.8)

ISBN 978-5-7782-3915-9

© Васильев В.Ю., 2019
© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Основные тенденции развития методов ХОГФ тонких пленок из газовой фазы.....	5
Заключение по главе 1	18
Вопросы для самопроверки по главе 1	18
Дополнительная литература к главе 1.....	19
Глава 2. Общая характеристика методов ХОГФ.....	20
2.1. Тонкослойные материалы в ИМС	20
2.2. Краткие физико-химические основы ХОГФ	23
2.3. Химические реакции.....	26
2.4. Основные функциональные зависимости ХОГФ.....	27
2.5. Проблематика ХОГФ для технологий ИМС	30
2.5.1. Исходные химические вещества.....	31
2.5.2. Конструкция реакционных камер для ХОГФ.....	33
2.5.3. Макродефектность тонких пленок	36
2.5.4. Покрытие ступенек и заполнение узких зазоров	38
2.5.5. Контроль качества и оптимизация процессов ХОГФ.....	39
Заключение по главе 2	42
Вопросы для самопроверки по главе 2	42
Дополнительная литература к главе 2.....	42
Глава 3. Параметры аппаратуры и процессов ХОГФ	43
3.1. Аппаратура для ХОГФ	43

3.2. Основные параметры процессов ХОГФ в проточных реакторах	45
3.3. Характеристики вакуумных систем установок ХОГФ	47
3.3.1. Вакуумные насосы	47
3.3.2. Измерение давления	48
3.3.3. Регулировка давления	49
3.3.4. Проверка герметичности вакуумных установок	51
3.4. Температурные режимы оборудования ХОГФ	52
3.5. Плотность ВЧ-мощности при плазменном осаждении	53
3.6. Методика осаждения ТП в проточных реакторах	53
Вопросы для самопроверки по главе 3	58
Дополнительная литература к главе 3	58
Глава 4. Методология и исследования кинетики роста тонких пленок при ХОГФ	59
4.1. Упрощенный подход к исследованиям кинетики осаждения ТП	59
4.2. Исследования кинетики ХОГФ в реакторах идеального вытеснения	62
4.2.1. Трубчатые изотермические реакторы	62
4.2.2. Исследование кинетики ХОГФ в индивидуальных реакторах	67
4.3. Оценки кинетических характеристик процессов ХОГФ	69
4.4. Исследования кинетики ХОГФ в промышленных реакторах	72
4.4.1. Трубчатые изотермические реакторы	72
Заключение по главе 4	75
Вопросы для самопроверки по главе 4	76
Дополнительная литература к главе 4	77
Глава 5. Обобщения и практические рекомендации для решения технологических задач	78
5.1. Обобщения исследований кинетики роста кремний-содержащих ТП	78
5.2. Управление процессами ХОГФ	84
5.2.1. Высокоскоростные реакции ХОГФ – процессы группы Д	84
5.2.2. Низкоскоростная реакция ХОГФ – процессы групп А–В	85
5.3. Общие закономерности взаимосвязи кинетики роста и свойств ТП	89

5.4. Импульсные процессы ХОФГ	90
5.5. Импульсные процессы АСО	92
Заключение по главе 5	97
Вопросы для самопроверки по главе 5	97
Дополнительная литература к главе 5	98
Библиографический список	99