

УДК 621.3.049.77:621.793(075.8)  
В 191

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент *А. В. Гридчин*  
д-р физ.-мат. наук *О. В. Наумова*

**Васильев В. Ю.**

В 191 Технологии многоуровневой металлизации интегральных микросхем: учебное пособие / В. Ю. Васильев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. – 131 с.

ISBN 978-5-7782-4726-0

Рассмотрена совокупность вопросов, связанных с созданием многоуровневых систем металлизации интегральных микросхем по технологическим маршрутам, обобщенно называемым Back-End-Of-Line (BEOL). Охарактеризованы проблемы и решения создания проводящих и металлических тонких пленок, пленок диэлектрических материалов, проблемы и решения по планаризации поверхности интегральных микросхем. Рассмотрены вопросы получения конформных тонкопленочных покрытий на усложняющихся рельефах интегральных микросхем.

Может быть рекомендовано для обучения бакалавров и магистрантов по направлениям 11.03.04 и 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника», 28.03.01 и 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» в рамках семинаров по специальностям и дисциплинам, связанным с преподаванием физико-химических основ технологических процессов изделий микроэлектроники, микросистемной техники, микроэлектроники, а также для магистрантов и аспирантов по специальности 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи», технологов производства ИМС, исследователей в области нанотехнологий.

УДК 621.3.049.77:621.793(075.8)

ISBN 978-5-7782-4726-0

© Васильев В. Ю., 2022  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Вопросы для самопроверки по разделу «Введение».....	8
Дополнительная литература по технологиям и маршрутам ИМС.....	9
<b>Глава 1. Алюминиевая металлизация в ИМС .....</b>	<b>11</b>
1.1. Одноуровневая металлизация в ИМС .....	11
1.2. Усложнение системы металлизации в ИМС.....	15
1.3. Проблемы и решения для алюминиевой металлизации в ИМС.....	16
1.3.1. Общие сведения.....	16
1.3.2. Формирование контакта алюминия с кремнием.....	19
1.3.3. Разрушение металлизации из-за электромиграции .....	21
1.3.4. Разрушения в системе металлизации из-за механических напряжений.....	23
1.3.5. Коррозия алюминиевой металлизации в ИМС .....	27
1.3.6. Силицидирование областей контактов алюминий–кремний.....	28
1.4. Эволюционное развитие технологии алюминиевой металлизации.....	32
1.4.1. Проблемы и задачи.....	32
1.4.2. Элементы <i>plug</i> и <i>via</i> на основе алюминия .....	36
Вопросы для самопроверки по главе 1 .....	38
Дополнительная литература к главе 1 .....	38
<b>Глава 2. Революционные технологические решения для технологии многоуровневых систем металлизации ИМС.....</b>	<b>39</b>
2.1. Изменение задач и новые решения для ПМД.....	40
2.2. Формирование <i>plug/via</i> из вольфрама .....	44
2.3. Диффузионно-барьерные и вспомогательные слои в субмикронных ИМС.....	49
2.4. Планаризация поверхности ИМС в BEOL .....	54
2.5. <i>Etch-stop</i> слои в ИМС.....	66
Вопросы для самопроверки по главе 2.....	69
Дополнительная литература к главе 2 .....	70
<b>Глава 3. Многоуровневые системы металлизации ИМС на основе меди.....</b>	<b>71</b>
3.1. Общие сведения.....	71
3.2. Необходимость перехода к металлизации ИМС на основе меди .....	73
3.3. Реализация металлизации ИМС на основе меди .....	76

3.4. Примеры структур многоуровневых ИМС с медной металлизацией .....	83
Вопросы для самопроверки по главе 3 .....	87
Дополнительная литература к главе 3 .....	87
<b>Глава 4. Конформность тонких пленок на рельефах ИМС .....</b>	<b>88</b>
4.1. Формулировка проблемы .....	88
4.2. Краткий исторический аспект .....	90
4.3. Методология анализа роста пленок на рельефах ИМС .....	95
4.3.1. Основные типы аномалий роста тп в элементах рельефа ИМС .....	96
4.3.2. Типы структур ИМС .....	96
4.3.3. Образцы для анализа конформности осаждения .....	98
4.4. Объяснения причин неконформности осаждения ТП .....	100
4.4.1. Подход «поверхностная миграция» .....	100
4.4.2. Моделирование неконформности роста ТП .....	102
4.5. Взаимосвязь конформности осаждения и кинетики процессов ХОГФ .....	104
4.5.1. Краткое обобщение результатов кинетических исследований ХОГФ .....	104
4.5.2. Краткое обобщение исследований конформности роста ТП .....	107
4.5.3. Корреляция конформности тп и величин $k_{\text{eff}}$ .....	108
4.5.4. Количественная характеристика сложности элементов рельефа ИМС .....	110
4.5.5. Прогнозирование возможностей процессов ХОГФ с помощью характеристики элементов ИМС «сложность структуры» .....	112
4.5.6. Возможности управления конформностью роста ТП при ХОГФ .....	116
4.5.7. Возможности улучшения конформности роста ТП при PVD .....	116
Вопросы для самопроверки по главе 4 .....	118
Дополнительная литература к главе 4 .....	118
Библиографический список .....	119
Приложение .....	126