

В. А. Емельянов

ТЕХНОЛОГИЯ

МИКРОМОНТАЖА
ИНТЕГРАЛЬНЫХ
СХЕМ

Минск
«Беларуская навука»
2002

УДК 621.3.049.77.002:539.293.001

ББК 32.844.1

Е 60

Р е ц е н з е н т ы:

доктор технических наук, профессор В. А. Сокол,
доктор физико-математических наук, профессор,
член-корреспондент НАНБ Ф. Ф. Комаров

П о д р е д а к ц и е й

доктора технических наук, профессора
В. В. Баранова

Емельянов В. А.

Е60 Технология микромонтажа интегральных схем / В. А.
Емельянов; Под ред. В. В. Баранова — Мн.: Бел. наука,
2002. — 335 с.

ISBN 985-08-0470-X.

В монографии рассмотрены характерные закономерности процессов формирования тонких пленок с заданными свойствами, адаптированными к последующим операциям маршрута, и комплекс новых конструктивно-технологических методов и средств обеспечения высококачественного микромонтажа кристаллов в серийном производстве БИС и других изделий микроэлектроники.

Предназначена для научных и инженерно-технических работников, а также для преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических вузов.

Рекомендована к изданию Советом Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

УДК 621.3.049.77.002:539.293.001

ББК 32.844.1

ISBN 985-08-0470-X

© Емельянов В. А., 2002

В 343118

ЦНБ им. Я. КОЛАСА НАН Беларуси

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Г л а в а 1. Материалы, типоконструкции и методы формирования тонкопленочных покрытий	7
1.1. Планарные контакты, межэлементные соединения и контактные площадки на основе алюминия и их особенности применительно к микромонтажу кристаллов БИС	9
1.2. Тонкопленочные покрытия на основе благородных металлов, никеля и бинарных сплавов	24
1.3. Эксплуатационные характеристики тонкопленочных покрытий кристаллов БИС	32
1.3.1. Коррозионная устойчивость тонкопленочных покрытий кристаллов	32
1.3.2. Электромиграция в металлизации на основе сплавов алюминия	37
1.4. Особенности проволочного микромонтажа кристаллов БИС	44
1.5. Аппаратное обеспечение сопряженных с микромонтажом технологических процессов	56
1.5.1. Структура автоматических линий нанесения гальванопокрытий	57
1.5.2. Источники питания гальванических ванн	59
1.5.3. Оборудование для локального нанесения покрытий	60
1.6. Выводы	62

Г л а в а 2. Теоретические основы процессов формирования функциональных тонкопленочных покрытий для микромонтажа кристаллов БИС	64
2.1. Концепция воспроизводимого микромонтажа кристаллов в производстве изделий микроэлектроники	65
2.2. Моделирование процесса термической обработки планарных тонкопленочных покрытий с помощью ИК-излучения	74
2.3. Выводы	81
 Г л а в а 3. Основные методы формирования функциональных тонкопленочных покрытий, микромонтажа кристаллов, методики исследований и испытаний	 83
3.1. Получение элементов планарных тонкопленочных покрытий	84
3.1.1. Пленки алюминия для двухуровневой металлизации	84
3.1.2. Особенности формирования углеродо- и алмазоподобных пленок при лазерном и ионном стимулировании	92
3.1.3. Методы формирования тонкопленочных покрытий при стимулирующем лазерном воздействии	96
3.2. Формирование непланарных тонкопленочных покрытий.	104
3.3. Методы микромонтажа кристаллов БИС	108
3.3.1. Ультразвуковая микросварка и микромонтаж кристаллов на ленточных носителях по стандартам фирмы LG	108
3.3.2. Термозвуковая микросварка золотой проволокой на медных рамках	114
3.3.3. Моделирование и оптимизация процесса ультразвуковой микросварки алюминиевых проволочных выводов на покрытиях из сплава никель-индий	117
3.3.4. Токовая стимуляция ультразвуковой микросварки алюминиевых выводов на никелевых покрытиях	123
3.4. Основные методики и результаты исследования технологических характеристик функциональных тонкопленочных покрытий и испытания прочности микромонтажных соединений	128

3.5. Выводы.....	144
Г л а в а 4. Состав, структура, физические свойства функциональных тонкопленочных покрытий и особенности процессов их формирования.....	148
4.1. Планарные тонкопленочные покрытия на основе алюминия, меди и углерода	149
4.1.1. Морфология, микроструктура и устойчивость к образованию бугорков металлизации на основе сплавов алюминия.....	149
4.1.2. Электрофизические характеристики элементов первого и второго уровней разводки.....	165
4.1.3. Устойчивость к коррозии металлизации на основе сплавов алюминия	178
4.1.4. Устойчивость к электромиграции металлизации на основе сплавов алюминия	182
4.2. Непланарные тонкопленочные покрытия на основе золота, сплавов никеля и олова.....	188
4.2.1. Кинетика и механизм катодного осаждения тонких пленок золота.....	188
4.2.2. Интенсификация процесса электроосаждения тонких пленок сплавов олова.....	214
4.2.3. Закономерности формирования и свойства тонких пленок сплава никель-индий и слоистых структур на основе никеля.....	220
4.3. Выводы.....	227
Г л а в а 5. Исследование показателей качества микромонтажных соединений	229
5.1. Стабильность характеристик соединений, полученных термокомпрессионной и ультразвуковой сваркой.....	230
5.2. Влияние на качество микромонтажных соединений толщины золотого покрытия и подготовительных операций.....	245
5.3. Влияние свойств и условий формирования никелевых покрытий элементов корпусов БИС на качество микросварных соединений.....	251

5.4. Выводы	256
Г л а в а 6. Технологическое оборудование для формирования функциональных тонкопленочных покрытий и микро-монтажа кристаллов	258
6.1. Устройство импульсной активации ультразвуковой микросварки и гальваническая магнитная подвеска	259
6.2. Устройства для формирования высококачественных электрохимических покрытий	263
6.3. Базовые конструктивно-технологические решения освоенных в серийном производстве изделий микроэлектроники .	281
6.4. Техничко-экономическая эффективность промышленного использования разработанных технологий выпуска конкурентоспособных изделий	302
6.5. Выводы	306
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	308
ЛИТЕРАТУРА	313