

Содержание

Предисловие автора	18
--------------------------	----

Глава 1

Прессование МПП	23
1.1. Свойства склеивающих листов	24
1.1.1. Содержание связующего (наноса смолы)	24
1.1.2. Растворимость полутвержденной смолы	25
1.1.3. Текучесть смолы	26
1.1.4. Содержание летучих	28
1.1.5. Свойства склеивающих листов	28
1.1.6. Условия хранения склеивающих листов (прокладочных стеклотканей)	29
1.2. Подготовка слоев к прессованию	31
1.3. Комплектование пакетов для прессования МПП	34
1.4. Конструкции прессов и пресс-форм	34
1.5. Процессы прессования	39
1.6. Причины дефектов при прессовании и методы устранения	43

Глава 2

Сверление	47
2.1. Механическое сверление	47
2.1.1. Выбор и оценка качества сверл[4]	47
2.1.2. Сверление [4]	54
2.1.3. Фрезерование [4].	55
2.1.4. Влияние конструкции сверла на качество сверления.	58
2.1.5. Точность сверления.	58
2.1.6. Переточка сверл.	59
2.1.7. Режимы резания.	60
2.1.8. Характерные дефекты сверления	63
2.2. Бесстружечная обработка	64
2.2.1. Раскрой материалов.	64

2.2.2. Штамповка. . . . .	.65
2.2.3. Испытания материалов на штампуемость . . . . .	.65
2.3. Сверлильные станки . . . . .	.66
2.4. Химическое сверление . . . . .	.67
2.5. Лазерное сверление . . . . .	.67
2.5.1. Особенности лазерного излучения: . . . . .	.68
2.5.2. Воздействие мощного лазерного излучения на вещество . . . . .	.70
2.5.3. Воздействие лазерного излучения на материалы печатных плат . . . . .	.72
2.5.4. Физические процессы при лазерном сверлении . . . . .	.74
2.5.5. Современное состояние лазерного сверления печатных плат. . . . .	.76
2.6. Очистка отверстий. . . . .	.77
2.6.1. Химический способ . . . . .	.78
2.6.2. Перманганатная очистка . . . . .	.79
2.6.3. Гидроабразивная очистка. . . . .	.80
2.6.4. Плазмохимическая очистка . . . . .	.81
2.6.5. Двойное сверление. . . . .	.81
2.6.6. Контроль качества очистки . . . . .	.82

Глава 3

Химические и электрохимические процессы . . . . .	.83
3.1. Общие понятия . . . . .	.83
3.2. Понятия о процессах металлизации в технологиях печатных плат . . . . .	.85
3.3. Состояние поверхности промежуточных слоев . . . . .	.86
3.4. Природа сенсбилизации и активирования. . . . .	.87
3.4.1. Гетерогенные процессы химической металлизации . . . . .	.87
3.4.2. Двухстадийный процесс активации . . . . .	.89
3.4.3. Совмещенный раствор активации . . . . .	.92
3.4.4. Механизм процессов активации из совмещенных растворов . . . . .	.96

3.4.5. Улавливание палладия	97
3.4.5.1. Извлечение палладия из отработанных растворов. Вариант 1.	97
3.4.5.2. Извлечение палладия из отработанных растворов. Вариант 2.	98
3.4.6. Автоактивация.	98
3.4.7. Фотоактивирование.	99
3.4.8. Сенсактиватор в лаке.	99
3.5. Химическая металлизация	100
3.5.1. Растворы химического меднения	101
3.5.2. Природа дефектов при химической металлизации.	104
3.5.3. Корректирование растворов[9].	106
3.5.4. Утилизация сегнетовой соли.	107
3.5.5. Утилизация меди	107
3.5.6. Практика химического меднения [9].	108
3.5.7. Другие способы металлизации.	110
3.5.7.1. Меднение методом термолиза.	110
3.5.7.2. Химическое меднение в гипофосфитных растворах.	111
3.5.8. Химическая металлизация порошков.	111
3.5.9. Способы нанесения растворов на подложки.	112
3.5.10. Химическое никелирование.	113
3.6. Прямая металлизация [10]	115
3.6.1. История вопроса.	115
3.6.2. Сравнение химической и прямой металлизации.	116
3.6.3. Процессы очистки отверстий.	118
3.6.4. Системы прямой металлизации	119
3.6.5. Палладиевые системы.	120
3.6.5.1. Палладий-олово активатор с гальванической затяжкой.	120

3.6.5.2. Палладиевый/оловянный активатор с блескообразователем.	120
3.6.5.3. Оловянно-палладиевый активатор с ванилином.	121
3.6.5.4. Перевод палладия в сульфид.	121
3.6.5.5. Варьирование палладиевых процессов.	122
3.6.6. Системы на основе графита	122
3.6.6.1. Углеродные суспензии.	122
3.6.6.2. Графит.	123
3.6.7. Системы проводящих полимеров	123
3.6.8. Другие способы	123
3.6.9. Технология прямой металлизации J-Kem	124
3.6.9.1. Подготовка отверстий под металлизацию.	124
3.6.9.2. Прямая металлизация.	125
3.6.10. Общая оценка процессов прямой металлизации	127
3.7. Термические процессы металлизации	128

**Комплексные решения
для производства
печатных плат
и
выполнения
гальванических покрытий**

www.nmaee.ru



3.7.1. Вакуумная металлизация	128
3.7.2. Диффузионная металлизация.	129
3.7.3. Металлизация плакированием.	130
3.7.4. Металлизация вжиганием.	130
3.7.5. Процессы газотермического напыления.	130
3.7.6. Плазмотроны.	131
3.8. Электрохимическая металлизация	134
3.8.1. Законы электрохимической металлизации	135
3.8.2. Гальваника в технологии печатных плат.	137
3.8.3. Электролиты в производстве печатных плат	140
3.8.3.1. Электролиты меднения	140
3.8.3.2. Электролиты осаждения сплава олово-свинец	146
3.8.3.3. Электролит оловянирования.	156
3.8.4. Финишные покрытия.	157
3.8.4.1. Горячее облуживание	158
3.8.4.2. Покрытие ингибирующими органическими покрытиями	159
3.8.4.3. Иммерсионное золочение	160
3.8.4.4. Иммерсионное оловянирование	163
3.8.4.5. Иммерсионное серебрение	165
3.9. Контактные покрытия.	165
3.9.1. Контактное покрытие в слаботочных цепях	165
3.9.2. Свойства контактных покрытий	166
3.9.2.1. Золото и его сплавы	167
3.9.2.2. Палладий	168
3.9.2.3. Серебро и его сплавы	168
3.9.2.4. Олово	169
3.9.2.5. Другие контактные покрытия	169
3.9.2.6. Подслои	169
3.9.2.7. Электролиты для осаждения контактных покрытий	170
3.10. Оборудование для металлизации печатных плат	171

3.10.1. Интенсификация (агитация) процессов	171
3.10.2. Автооператоры	172
3.10.3. Электроды	174
3.10.4. Конструкции ванн	176
3.10.5. Нагрев ванн	177
3.10.6. Источники тока	178

Глава 4

Очистка поверхностей	181
4.1. Понятия об очистке поверхностей	181
4.2. Происхождение и классификация загрязнений	183
4.3. Моющие среды	185
4.3.1. Вода	185
4.3.2. Органические растворители	186
4.3.2.1. Введение	186
4.3.2.2. Избирательность растворяющей способности	186

ООО «Печатные платы»





РАЗРАБОТКА

- PCAD
- Gerber
- Orcad
- Protel



127055
г. Москва
ул. Суцьевская
дом 21

ИЗГОТОВЛЕНИЕ

- 2-6 слоев
- ДПП – 3 дня
- МПП – 5 дня
- покрытие ламелей
- серийное
- мелкосерийное
- срочное
- прототипы

тел./факс : (095) 787-65-01
(095) 787-65-02
(095) 787-65-03
www.pcbpro.ru
ppallpcb@sovintel.ru

СБОРКА

- поверхностный монтаж
- монтаж в отверстия
- смешанный монтаж

4.3.2.3. Оптимальная скорость испарения	186
4.3.2.4. Минимальная токсичность	187
4.3.2.5. Воспламеняемость и взрывоопасность	188
4.3.2.6. Основные типы растворителей	188
4.3.2.7. Нефтяные или алифатические углеводороды	189
4.3.2.8. Ароматические углеводороды	189
4.3.2.9. Скипидары	190
4.3.2.10. Спирты	191
4.3.2.11. Сложные эфиры (ацетаты)	192
4.3.2.12. Простые эфиры	193
4.3.2.13. Кетоны	193
4.3.2.14. Хлорированные углеводороды	193
4.3.3. Растворители и загрязнения	196
4.3.3.1. Смеси растворителей	196
4.3.3.2. Пожаробезопасные смеси растворителей	197
4.3.3.3. Водные растворы технических моющих средств	198
4.4. Интенсификация процессов очистки	199
4.5. Ультразвуковая очистка. Теория и практика	201
4.5.1. Введение	201
4.5.2. Что такое ультразвук?	202
4.5.2.1. Ультразвук (УЗ)	202
4.5.2.2. Теория звуковых волн	203
4.5.3. Технологическое применение ультразвука	205
4.5.3.1. Принципы ультразвуковой очистки	205
4.5.3.2. Механизмы очистки и отмывки	206
4.5.3.3. Комплексные загрязнения	207
4.5.3.4. Ультразвуковое оборудование	208
4.5.4. Системы УЗ-очистки	212
4.5.5. Обеспечение максимального эффекта очистки	213
4.6. Технология ультразвуковой очистки	215
4.7. Контроль качества очистки	217

Глава 5

Элементы электрических соединений	221
5.1. Структура межсоединений	221
5.2. Сопротивления элементов межсоединений	223
5.3. Диагностирование качества соединений	228
5.3.1. Выбор режима контроля	228
5.3.2. Неразрушающий контроль соединений	230
5.4. Термомеханическая модель разрушения соединений ...	232
5.4.1. Линейные модели термомеханических напряжений	233
5.4.2. Нелинейности характеристик прочности материалов	236
5.4.3. Нелинейная модель термомеханических деформаций	238
5.5. Качество металлизации	239
5.5.1. Металлизация	240
5.5.2. Химическая металлизация	242

РОСТ-А
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И МОНТАЖА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ



117342, г. Москва, ул. Бутлерова, 15
Тел.: +7 (095) 334-9461 Факс: +7 (095) 334-9611 E-mail: pcb@pcb.ru www.pcb.ru

5.5.3. Дефекты гальванопокрытий	245
5.5.4. Химические методы контроля толщины покрытий.	245
5.5.5. Физические методы контроля толщины и плотности покрытий.	249
5.5.6. Сопротивление металлизированных отверстий . . .	256
5.5.7. Реологические свойства медного гальванопокрытия.	262
5.5.8. Металлографический анализ элементов межсоединений.	266
5.5.9. Контроль качества контактных гальванопокрытий.	270
5.6. Контроль параметров линий связи	274

Глава 6

Электрическая изоляция цепей печатных плат	277
6.1. Природа электропроводности композиционных диэлектриков	277
6.1.1. Зависимость сопротивления от температуры	277
6.1.2. Сопротивление композиционных диэлектриков	278
6.1.3. Сопротивление и природа диэлектриков	279
6.1.4. Сопротивление и влага	280
6.2. Сопротивления электрической изоляции печатных плат	280
6.2.1. Критерии работоспособности и качества изоляции	280
6.2.2. Расчет сопротивления изоляции печатных плат	281
6.2.3. Сопротивление изоляции МПП	283
6.3. Общая модель отказов изоляции слаботочной аппаратуры	284
6.3.1. Электрохимическая форма отказов	284

6.3.2. Схема электрохимического процесса отказа изоляции	285
6.3.3. Имитация электрохимического процесса отказа	287
6.4. Частная модель отказов изоляции МПП	287
6.4.1. Дефекты электроизоляционной конструкции МПП	287
6.4.2. Микрополости – основной источник отказов изоляции МПП	289
6.4.3. Ускоренные испытания изоляции	290
6.5. Электрическая прочность изоляции	292
6.5.1. Дефекты изоляции	292
6.5.2. Формы электрического пробоя изоляции.	292
6.5.3. Тепловая форма пробоя изоляции МПП.	294
6.5.4. Вольт-секундная характеристика электрической прочности дефектной изоляции МПП.	296
6.6. Влияние климатических факторов на уровень изоляции	298

ТелеРем www.telerem.ru smd@telerem.ru

КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРАФАРЕТОВ
 DIP МОНТАЖ
 SMD МОНТАЖ
 ПРОВЕРКА
 НАСТРОЙКА



(095)739-07-27; (095)536-87-37

6.6.1. Сопротивление изоляции при нагреве	298
6.6.2. Сопротивление изоляции при увлажнении	299
6.6.3. Цикличность увлажнения	302
6.7. Защита поверхности печатных плат	302
6.7.1. Механизмы влагозащиты	302
6.7.2. Защита электроизоляционными лаками	303
6.7.3. Осмотические явления	303
6.7.4. Общие требования к лаковой защите	305
6.7.5. Долговременность лаковой защиты	306
6.8. Измерения электроизоляционных характеристик	308

Глава 7

Электрическое тестирование печатных плат	311
7.1. Критерии качества печатных плат для электрического тестирования	311
7.1.1. Критерии качества соединений.	313
7.1.2. Критерии качества изоляции.	315
7.1.3. Критерии автоматического контроля электрических параметров печатных плат.	316
7.2. Электрическое тестирование	317
7.2.1. Принципы контактирования с тестируемыми платами.	317
7.2.2. Матричные тестеры	319
7.2.2.1. Матричная система контактирования	319
7.2.2.2. Контактное поле матричных тестеров («ложе гвоздей»)	321
7.2.2.3. Коммутаторы	323
7.2.2.4. Средства измерения	324
7.2.3. Последовательная система контактирования	326
7.2.4. «Летающие матрицы»	328
7.2.5. Контактующие зонды	329
7.2.6. Базирование тестируемых заготовок	331
7.2.7. Программное обеспечение	332
7.2.7.1. Исходные данные	332
7.2.7.2. Использование эталонной платы	332

7.2.7.3. Использование Gerber данных	333
7.2.7.4. Использование CAD-CAM данных	333
7.2.8. Сопоставление средств электрического тестирования	334

Глава 8

Контроль по признакам внешнего вида	337
8.1. Критерии контроля по признакам внешнего вида	337
8.1.1. Фотошаблоны.	337
8.1.2. Трафаретная печать	338
8.1.3. Фотолитография	340
8.1.4. Травление рисунка	341
8.2. Оптическое тестирование	345
8.2.1. Оптическая микроскопия	345
8.2.1.1. Источник света и конденсор	346
8.2.1.2. Предметный столик	347
8.2.1.3. Выбор объектива	347

Группа PS-ELECTRO



ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И МОНТАЖ

NEW! **ОПП, ДПП - 1-2 дня! МПП - 3-5 дней!**
 для заказов: market@pselectro.ru
 с пометкой "Суперэкспресс"

ЭЛЕКТРОКОННЕКТ (головной офис)
 г. Новосибирск, 630117, ул. Арбузова 1/1
 тел/факс (383-3) 36-10-01, 36-10-03
 e-mail: order@pselectro.ru, web: <http://www.pselectro.ru>

г. Москва, ООО "Печатные Платы"
 ул. Сущевская 21, тел/факс (095) 787-6501, 787-6502, 787-6503
 e-mail: ppalpcb@sovintel.ru

г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский филиал
 ООО "Электронект", ул. 6-я Советская 24, оф. 210,
 тел/факс (812) 274-97-91, 271-56-87,
 e-mail: pselectr@peterlink.ru

г. Екатеринбург, ООО "КТЦ КЭБ"
 ул. Белинского, 140/2, тел/факс (343) 251-29-69, 260-36-71
 e-mail: cbk@ceb.e-burg.ru



8.2.1.4. Формирование и регистрация изображения . . .	348
8.2.1.5. Монокулярное и бинокулярное наблюдение . . .	349
8.3. Распознавание объектов изображения	350
8.3.1. Компьютерная обработка изображений	350
8.3.2. Принципы работы АОИ	350
8.3.3. Контроль печатных плат с помощью АОИ	352
8.4. Сопоставление методов тестирования	353
8.4.1. Оптический метод.	354
8.4.2. Электрический метод.	354
8.4.2.1. Матричное тестирование («ложе гвоздей»)	354
8.4.2.2. «Летающие шупы»	354
8.4.2.3. Сопоставительные характеристики методов тестирования	355
8.5. Примеры распознавания дефектов оптическим тестером	355
Литература	357