

УДК 621.3.049.75.002.72

ББК 32.843

М94

Рецензент: доктор техн. наук, профессор *А. М. Медведев*

Мылов Г.В.

М94 Печатные платы: выбор базовых материалов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 172 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0486-6.

Систематизирована обширная информация об основных материалах и компонентах, используемых при изготовлении печатных плат различного типа. Изложены методологические основы применения и испытаний базовых материалов печатных плат. Рассмотрены вопросы технологичности материалов в производстве печатных плат и сборок. Представлена концепция обеспечения надежности входного контроля поступающих в производство материалов и комплектующих. Даны практические методики входного контроля компонентов.

Для специалистов, будет полезна аспирантам и студентам.

ББК 32.843

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Научное издание

Мылов Геннадий Васильевич

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ: ВЫБОР БАЗОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Монография

Компьютерная верстка Ю. Н. Чернышова

Обложка художника О. В. Карповой

Подписано в печать 26.01.2015. Формат 60×88/16. Уч. изд. л. 10,75.

Тираж 500 экз. (2-й завод 100 экз.)

ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»

ISBN 978-5-9912-0486-6

© Г. В. Мылов, 2015, 2016

© НТИ «Горячая линия – Телеком», 2016

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Анализ развития технологии печатных плат ...	5
1.1. Особенности российского производства печатных плат	5
1.1.1. Первый ряд преимуществ	5
1.1.2. Второй ряд преимуществ	6
1.2. Обоснование организации собственного производства	7
1.3. Строительство собственного производства	8
1.4. Правила взаимоотношений заказчика и производителя	11
1.4.1. P-CAD или GERBER	12
1.4.2. Универсальность	12
1.4.3. Ответственность	12
1.4.4. Безопасность	12
1.4.5. Свобода действий	13
1.4.6. Рекомендации по конструированию печатных плат применительно к автоматизированной сборке	13
1.4.7. Оформление конструкторской документации	18
Глава 2. Базовые материалы для печатных плат с жест-	
кой основой	21
2.1. Общие понятия и технические характеристики базовых материалов	21
2.2. Свойства, используемые для классификации базовых материалов	29
2.2.1. Температура стеклования T_g	29
2.2.2. Температура разложения T_d	32
2.3. Материалы типа FR-4	34
2.3.1. Многоликий FR-4	34
2.3.2. Долговечность FR-4	34
2.4. Идентификация композиционных материалов	35
2.5. Идентификации препрегов по IPC-4101	39
2.6. Процессы изготовления фольгированных диэлектри-	
ков и препрегов	40
2.6.1. Традиционный процесс изготовления фольгированных диэлектриков	41

2.6.2. Изготовление препрега	41
2.6.3. Изготовление фольгированных диэлектриков	43
2.6.4. Прямой нагрев током непрерывной ленты фольги ...	44
2.6.5. Непрерывный процесс изготовления	45
2.7. Фольги	46
2.7.1. Электролитическая фольга(ED foil — electrodeposited copper foil)	46
2.7.2. Шероховатость	48
2.7.3. Покрытия, создающие термический барьер	49
2.7.4. Фольга с обработкой со стороны барабана (DSTF) или фольга с обработанной обратной стороной (RTF)	51
2.7.5. Катаная отожженная медная фольга	51
2.7.6. Чистота и удельное сопротивление медной фольги ...	52
2.7.7. Пассивационные и антиоксидантные покрытия	52
2.7.8. Аппретирование	53
2.8. Другие типы фольг	53
2.8.1. Фольга с двусторонней обработкой (DTF — Double- Treated Copper Foil)	53
2.8.2. Тонкомерная фольга	53
2.8.3. Резистивные фольги	54
2.8.4. Фольги из других металлов	54
2.9. Связующие	55
2.10. Температурные фазовые переходы в полимерах	55
2.11. Эпоксидные смолы	56
2.12. Другие связующие	58
2.12.1. Эпоксидные композиции	58
2.12.2. Бисмалеимид триазин (BT — Bismaleimide Triazine) ..	58
2.12.3. Цианатный полиэфир	58
2.12.4. Полиимиды	59
2.12.5. Полибензимидазолы и полибензоксазолы	60
2.12.6. Полисульфоны	60
2.12.7. Сложные полиэфиры	60
2.12.8. Ненасыщенные олигоэфиры (полиэфиры)	61
2.12.9. Простые полиэфиры	61
2.12.10. Политетрафторэтилен	61
2.12.11. Фенолоальдегидные смолы	62
2.13. Добавки	62
2.13.1. Отвердители и ускорители отверждения	63
2.13.2. Ингибиторы горения	63
2.13.3. Механизм ингибирования горения	63
2.13.4. Системы, не содержащие галогенов	65

2.14. УФ блокаторы и флуоресцирующие добавки	66
2.15. Армирующие наполнители композиционных мате- риалов	67
2.16. Составы электротехнических стекол	67
2.17. Стеклые волокна	68
2.18. Номенклатура пряж	69
2.18.1. Система U.S.	69
2.18.2. Система TEX/Metric	70
2.19. Стеклые ткани	70
2.20. Другие накопители	72
2.20.1. Стеклый шпон	72
2.20.2. Арамидные волокна	72
2.20.3. Ортогонально ориентированные волокна стеклово- локна	73
2.20.4. Бумага	73
2.20.5. Микропористый тефлон (PTFE)	73
2.20.6. Неармирующие наполнители	74
2.21. Распространенные типы фольгированных материалов	74
2.21.1. Гетинакс (ГФ)	74
2.21.2. Эпоксидный гетинакс	74
2.21.3. Эпоксидный стеклотекстолит (СФ, G-10)	74
2.21.4. Нагревостойкий эпоксидный стеклотекстолит (СФН)	75
2.21.5. Нагревостойкие огнестойкие эпоксидные стеклотек- столиты (FR)	75
2.21.6. Полиэфирные текстолиты	75
2.21.7. Полиимид и цианатный полиэфир армированные на- гревостойкими тканями	76
2.21.8. Комбинации материалов	76
2.21.9. Склеивающие материалы (препреги)	77
2.22. Свойства фольгированных материалов	78
2.22.1. Физико-механические свойства	78
2.22.2. Прочность сцепления фольги с диэлектриком	86
2.22.3. Электрические характеристики	89
2.22.4. Размерная стабильность тонких фольгированных стеклотекстолитов	98
Глава 3. Материалы для гибких и гибко-жестких печат- ных плат	106
3.1. Востребованные характеристики материалов для ГП и ГПЖ	106
3.1.1. Стабильность размеров	106
3.1.2. Термостойкость	107
3.1.3. Сопротивление разрыву	107

3.1.4. Электрические характеристики	107
3.1.5. Гибкость	107
3.1.6. Низкое влагопоглощение	107
3.1.7. Стойкость к химическим воздействиям	107
3.1.8. Повторяемость характеристик от партии к партии ...	108
3.1.9. Несколько поставщиков	108
3.1.10. Низкая стоимость	108
3.2. Основные элементы структуры материалов для ГП и ГЖП	108
3.2.1. Материал основания ГП	109
3.2.2. Металлическая фольга	109
3.2.3. Фольгированные диэлектрики	109
3.2.4. Адгезивная пленка	110
3.2.5. Покровные слои	110
3.2.6. Фотопроявляемые покровные слои	110
3.2.7. Защитные покрытия	111
3.2.8. Соединительные слои	111
3.2.9. Литьевые адгезивные пленки	111
3.2.10. Липкие пленки 1	111
3.2.11. Материалы жестких конструкций ГЖП	112
3.3. Характеристики материалов ГП фирмы Hitachi	112
Глава 4. Технологичность материалов в производстве печатных плат и сборок	118
4.1. Учет процесса производства печатных плат	120
4.2. Способность к поглощению влаги	120
4.3. Конструкция печатной платы и коэффициент термического расширения	121
4.4. Состояние слоев перед прессованием диэлектрика ...	123
4.5. Прессование диэлектрика	124
4.6. Сверление отверстий	125
4.7. Очистка отверстий	125
4.8. Финишные покрытия	126
4.9. Соображения по пайке печатных плат	126
Глава 5. Испытания базовых материалов печатных плат	129
5.1. Новые проблемы	130
5.1.1. Относительно диэлектриков	130
5.1.2. Относительно надежности печатных плат	130
5.1.3. Относительно характеристик качества печатных плат	131
5.2. Новые стандарты	131
5.3. Промышленные стандарты	132

5.3.1. IPC-TM-650	132
5.3.2. Технические условия на базовые материалы по IPC ..	132
5.3.3. ASTM	133
5.3.4. NEMA	133
5.3.5. Стандарты МЭК	133
5.4. Стратегии испытаний фольгированных диэлектриков	134
5.4.1. Процесс первоначальной оценки материала	134
5.4.2. Сравнение данных	135
5.4.3. Двухуровневая стратегия испытаний	136
5.5. Начальные испытания (первый этап)	137
5.5.1. Внешний вид поверхности	137
5.5.2. Прочность медной фольги на отрыв	138
5.5.3. Термоудар припоем	138
5.5.4. Температура стеклования	139
5.5.5. Температура термодеструкции	139
5.6. Полная оценка материала	140
5.6.1. Механические испытания	140
5.7. Термомеханические испытания	142
5.7.1. Температура стеклования	142
5.7.2. Коэффициент температурного расширения (КТР) ...	146
5.8. Электрические характеристики	148
5.8.1. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r (диэлектрическая постоянная D_c) и тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta$ (коэффициент потерь D_f)	148
5.8.2. Удельные поверхностное и объемное сопротивления ..	149
5.8.3. Пробой диэлектрика	149
5.9. Другие свойства диэлектриков	149
5.9.1. Горючесть	150
5.9.2. Водопоглощение	150
5.10. Дополнительные испытания	151
Глава 6. Концепция обеспечения надежности входного контроля материалов и комплектующих, посту- пающих в производство	152
6.1. Используемые понятия о входном качестве	152
6.2. Назначение и сущность входного контроля	153
6.3. Надежность входного контроля	155
6.4. Стоимость входного контроля	158
6.4.1. Отсутствие входного контроля	158
6.4.2. Стопроцентный контроль	159
6.4.3. Выборочный контроль	159
6.4.4. Графическое выражение стоимости контроля	159

6.4.5. Отсутствие входного контроля и стопроцентный контроль	161
6.4.6. Отсутствие входного контроля и выборочный контроль	161
6.4.7. Стопроцентный контроль и выборочный контроль ...	162
6.5. Оптимальная стратегия входного контроля	162
Литература.....	164
Приложение	167