

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Danksagung	6
1 Einleitung.....	13
1.1 Geschichte.....	13
1.2 Leiterplattenarten	16
2 Leiterplattendesign	22
2.1 Leiterplatten- und Baugruppendesign.....	24
2.2 Designrichtlinien.....	27
3 Basismaterial für Leiterplatten	32
3.1 Basismaterialarten und Eigenschaften	34
3.2 Basismaterialgrundstoffe	36
3.2.1 Harze.....	37
3.2.2 Trägermaterialien.....	37
3.2.2.1 Papier	37
3.2.2.2 Glasgewebe	37
3.2.3 Kupferfolien.....	39
3.3 Basismaterial-Herstellprozess.....	40
3.3.1 Lieferformate.....	42
3.3.2 Anforderungen an das Basismaterial.....	42
3.4 Basismaterial für Multilayer.....	43
4 Technologische Einzelverfahren	44
4.1 Mechanische Bearbeitungsverfahren	44
4.1.1 Schneiden und Sägen.....	44
4.1.2 Ritzen.....	46
4.1.3 Stanzen.....	48

4.1.4	Bohren	50
4.1.5	Fräsen.....	53
4.2	Reinigen der Oberfläche.....	55
4.2.1	Mechanische Reinigungsverfahren.....	56
4.2.2	Chemische Reinigungsverfahren	57
4.3	Aufbau des Leiterbildes	58
4.3.1	Siebdruck.....	59
4.3.2	Photoverfahren.....	62
4.3.3	Laserdirektbelichten	67
4.3.4	Laser-Direct Patterning Verfahren	68
4.4	Ätzen der Leiterplatte.....	69
4.4.1	Saure Ätzlösungen.....	71
4.4.2	Alkalische Ätzlösungen.....	72
4.4.3	Elektrolytisch chemisches Ätzverfahren	74
4.4.4	Ätzbild	75
4.5	Möglichkeiten der Kupferabscheidung	77
4.5.1	Chemische Durchverkupferung.....	77
4.5.2	Galvanische Verfahren	80
4.5.3	Direktmetallisieren	83
4.6	Lötstopplacksysteme.....	84
4.6.1	Strukturierte Lötstopppdrucke.....	85
4.6.2	Photosensible Lötstopplacke	87
4.6.3	Photopolymerer Lötstopptrockenfilm.....	92
4.6.4	Neue Lötstopptechnologien	93
4.6.5	Lötstopp-Besonderheiten.....	94
4.7	Veredeln und Schutz der Kupferoberfläche.....	97
4.7.1	Organische Schutzlacke	98
4.7.2	Metallische Schutzschichten.....	99
4.7.2.1	Zinn.....	103
4.7.2.2	Zinn/Blei-Legierung	104
4.7.2.3	Nickel.....	105
4.7.2.4	Gold	105
4.7.2.5	Silber.....	106
4.7.2.6	Palladium	106
4.8	Löt- und Lagerfähigkeit geschützter Kupferoberflächen	106
4.9	Abziehbare Lötstopplacke.....	108

4.10	Karbon-Leitlacke	109
4.11	Kennzeichen-Bestückungsdruck	111
4.12	Pluggen von Leiterplatten	114
4.12.1	Klassische Durchkontaktierungen und Vias	114
4.12.2	Sacklöcher und innenliegende Durchkontaktierungen	116
4.12.3	Verfahrensablauf Pluggen	116
5	Leiterplattenherstellverfahren	123
5.1	Einseitige starre Leiterplatten ohne Durchverkupferung	123
5.2	Doppelseitig starre Leiterplatten ohne Durchverkupferung	129
5.3	Doppelseitige starre Leiterplatten mit Durchverkupferung	131
5.3.1	Subtraktive Verfahren	133
5.3.1.1	Metallresist-Technik (Pattern Plating)	134
5.3.1.2	Metallresist-Strip-Technik	138
5.3.1.3	Nichem-Technik®	140
5.3.1.4	Tenting-Technik (Panel plating)	143
5.3.2	Kombinierte Subtraktiv-Additiv-Verfahren	145
5.3.2.1	Semiadditiv-Technik	146
5.3.2.2	Dünnschichtlaminat-Technik	149
5.3.2.3	PA-Technik oder NT 1-Technik	149
5.3.3	Volladditiv-Technik	150
5.3.3.1	CC 4-Verfahren	150
5.3.3.2	Photoformation-Technik (Photoadditiv-Technik)	154
5.4	Mehrschichtleiterplatten	154
5.5	Multilayer-Mehrlagenleiterplatten	156
5.5.1	Herstellverfahren	157
5.5.2	Besonderheiten	162
5.6	Hochfrequenz-Leiterplatten	165
5.7	Keramikleiterplatten	168
5.8	Wire-Wrap-Schaltungen	171
5.9	Multiwire-Schaltungen	172
5.10	Flexible und starrflexible Leiterplatten	177
5.10.1	Flexible Leiterplatte	177
5.10.1.1	Herstellverfahren für flexible Leiterplatten	179
5.10.1.2	Zweiseitig flexible Leiterplatten	181
5.10.1.3	Durchkontaktierte flexible Leiterplatten	181
5.10.1.4	Flexible Mehrlagenleiterplatten	181

5.10.2	Starrflexible Leiterplatten.....	182
5.10.3	Semiflexible Leiterplatten.....	186
5.11	Formschaltungen.....	186
5.12	Gespritzte Leiterplatte.....	187
5.12.1	Herstellverfahren für gespritzte Leiterplatten.....	189
5.12.2	Zweikomponentenspritzgießen.....	189
5.12.3	Heißprägen.....	191
5.12.4	Maskenbelichtungsverfahren.....	193
5.12.5	Laser-Direkt-Strukturierung.....	194
5.12.6	Folienhinterspritzen.....	196
5.12.7	Flamecon®-Verfahren.....	197
5.13	Leiterplatten in einem Arbeitsgang.....	197
5.14	Heatsink-Leiterplatten.....	198
5.14.1	Leiterplatten mit Wärmeleitblechen.....	199
5.14.2	Leiterplatten mit Wärmeleitpaste.....	200
5.14.3	Leiterplatten mit höherer Kupferstärke (Dickkupfer).....	202
5.14.4	Metallkernleiterplatten.....	205
5.14.5	Leiterplatten mit integriertem Kühlkreislauf.....	209
5.15	Leiterplatten mit tiefliegenden Leiterschichten.....	210
6	Kontrolle und Reparatur von unbestückten Leiterplatten.....	211
6.1	Wareneingangskontrolle.....	212
6.2	Fertigungskontrolle.....	213
6.2.1	Prozesskontrolle.....	220
6.3	AOI-Prüfung und elektrische Kontrolle.....	221
6.3.1	Röntgenkontrolle.....	224
6.3.2	Impedanzkontrollierte Leiterplatten.....	224
6.4	Optische Endkontrolle und Versand.....	226
6.5	Reparatur von unbestückten Leiterplatten.....	230
7	Bauteilebestückung auf Leiterplatten.....	232
7.1	Bauteile.....	234
7.1.1	Bedrahtete Bauteile.....	236
7.1.2	Oberflächenmontierte Bauteile.....	237
7.1.3	Bauteileverpackungen.....	241
7.2	Bestückungstechnik.....	242
7.2.1	Handbestückung.....	244

7.2.2	Maschinenbestückung	246
7.3	Schablonendruck	251
7.4	Verbindungstechnologie	254
7.4.1	Löttechnik – Massenlötverfahren	254
7.4.1.1	Wellenlöten	256
7.4.1.2	Reflow-Löten	259
7.4.2	Selektivlötverfahren	266
7.4.2.1	Handlöten	266
7.4.2.2	Laserlöten	267
7.4.2.3	Impulslöten	269
7.4.2.4	Minischwalllöten	269
7.4.2.5	Heißluftlöten	272
7.4.3	Einpresstechnik	272
7.4.3.1	Bohrdurchmesser der Bohrhülse	274
7.4.3.2	Oberflächenschutz	274
7.4.3.3	Restring-Kupferhülse	275
7.4.3.4	Einpressvorgang	275
7.4.3.5	Vorteile der Einpresstechnik	275
7.4.4	Klebertechnik	276
7.4.4.1	Elektrisch leitfähige Klebstoffe	278
7.4.5	Bonden	280
7.5	Bestückungskontrolle und Fehler	283
7.5.1	Fehler beim Bestücken und Löten	284
7.5.2	Testverfahren	286
7.5.2.1	Optische Testverfahren	287
7.5.2.2	Elektrische Testverfahren	289
7.6	Nutzentrennen	294
7.7	Baugruppenreinigung	295
8	Schutz der Baugruppe	298
8.1	Schutzlacke	299
8.2	Vorbehandlung der Baugruppe	302
8.3	Verfahren der Schutzlackbeschichtung	302
8.4	Lacktrocknung	306
8.5	Prüfen der Beschichtung	307
9	Normen und Richtlinien	309

Richtlinien.....	309
IPC www.ipc.org	309
FED www.fed.de	311
VDI www.VDI.de	311
VDE www.VDE.de	311
Normen	311
DIN www.din.de	311
DKE www.dke.de.....	311
CEN www.cen.eu.....	311
CENELEC www.cenelec.org.....	312
ISO www.ISO.org.....	312
IEC www.IEC.ch.....	312
ANSI www.ansi.org	312
DoD www.dsp.dlo.mil	312
EIA www.eia.org	312
NEMA www.nema.org	312
Beuth-Verlag www.beuth.de	312
UL www.ul.com	312
Werknorm	313
Arbeitsbücher.....	313
Literatur.....	314
Stichwortverzeichnis.....	318
Abbildungsverzeichnis.....	331
Inserentenverzeichnis.....	338