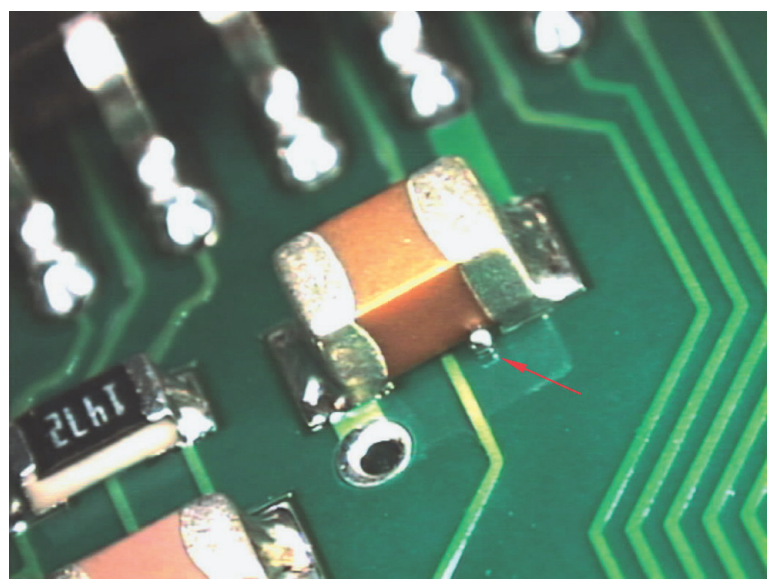


Dr. Hans Bell

Reflowlöten

Grundlagen, Verfahren,
Temperaturprofile und Lötfehler



EUGEN G. LEUZE VERLAG · D-88348 Bad Saulgau, Karlstraße 4

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen des Reflowlötens	11
1.1	Weichlötens/Weichlote	11
1.2	Homologe Temperatur	12
1.3	Struktur der Weichlote	13
1.4	Schmelzpunkt der Lote	15
1.4.1	Einfluss von Verunreinigungen	17
1.5	Intermetallische Phasen (IMZ)	19
1.6	Benetzung und Spreitung	24
1.7	Lötatmosphäre/Löten unter inerter Atmosphäre	31
2	Lotpasten und Schablonendruck	43
2.1	Eigenschaften von Lotpasten	43
2.2	Schablone und Pastendruck	51
2.2.1	Schablonenarten	53
2.2.1.1	Stufenschablonen	56
2.2.2	Pastendruck	57
2.2.3	Geschlossene Druckköpfe	61
2.2.4	Layout der Aperturen und Paddesign	62
2.2.4.1	Aperturen	62
2.2.4.2	Paddesign	67
3	Temperaturmessungen beim Weichlötens	71
3.1	Einleitung	71
3.2	Thermoelemente	73
3.2.1	Messgenauigkeit und Zeitverhalten (Alterungsverhalten) von Thermoelementen	76
3.3	Fixierung der Thermoelemente am Messort	77
4	Die Wärmeübertragung in Reflowlötanlagen	82
4.1	Einleitung	82
4.2	Kondensation, Dampfphasenlötens, Vapourphase-Lötens	83

4.3	Konvektion	89
4.4	Wärmeleitung	92
4.5	Strahlung, Infrarotlöten, Laserlöten, Lichtlöten	94
4.6	Die Wärmebilanz	98
5	Temperaturprofile und Prozesse	101
5.1	Die Bedeutung des Temperaturprofils	101
5.2	Die Parameter eines Reflowprofils	104
5.2.1	Vorheizzeit und Aufheizgradient	105
5.2.2	Maximale Temperatur	108
5.2.3	Zeit über Liquidus (Lötzeit)	109
5.2.4	Abkühlzeit und Abkühlgradient	111
5.3	Prozessparameter und Prozessmerkmale	113
5.3.1	Reflowprofil und Transportgeschwindigkeit	113
5.3.2	Reflowöfen mit mehreren Peak-/Lötzonen	115
5.3.3	Zykluszeit und Ofenlänge	116
5.4	Anlagenparameter	118
5.4.1	Das Querprofil (Breitenprofil)	118
5.4.2	Die thermische Trennung von Heizzonen	120
5.4.3	Der Einfluss der Unterheizung	121
5.4.4	Der Einfluss der Art der Wärmequelle	122
5.5	Die Bewertung von Reflowprofilen	125
5.6	Toleranzen im Prozess	127
5.7	Through Hole Reflow (THR), Pin in Paste, Pin in Hole Reflow	129
6	Reflowlötfehler – Ursachen und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung	137
6.1	Allgemeines	137
6.2	Lotbrücken	139
6.2.1	Lotbrücken durch Verwindung/Wölbung	139
6.2.2	Lotbrücken durch Leiterplattenfehler und Layoutmängel	140
6.2.3	Lotbrücken durch Prozessfehler	142
6.3	Nichtlötungen und Unterbelotungen	144
6.3.1	Nichtlötungen durch verschiedene Einflüsse	144
6.3.1.1	Nichtlötungen durch Verwindung/Wölbung	144
6.3.1.2	Nichtlötungen durch Benetzungsmängel und Phasenbildung	146
6.3.1.3	Nichtlötungen durch Prozessfehler und Layoutmängel	152

6.3.2	Tombstones	155
6.3.2.1	Die Entstehung von Tombstones	155
6.3.2.2	Der Einfluss des Versatzes (Mismatch)	159
6.3.2.3	Der Einfluss der Geometrie	159
6.3.2.4	Der Einfluss der Reflowprofilierung	162
6.3.2.5	Der Einfluss der Benetzung	163
6.4	Lotperlen (Solderbällchen) und Lotspritzer	166
6.4.1	Die Entstehung und Haftung von Lotperlen	166
6.4.2	Einflussmöglichkeiten auf die Lotperlenhäufigkeit beim Reflowlöten	176
6.4.3	Fazit	177
6.5	Voids (Lunker, Poren) in der Lötstelle	178
6.5.1	Allgemeines	178
6.5.2	Der Einfluss von Lotpasten und Reflowparametern	179
6.5.3	Der Einfluss der lötbaren Oberfläche	183
6.5.4	Voids in Microvias	184
6.5.5	Löten unter Vakuumeinfluss	185
6.6	Sonstige Fehler	186
6.6.1	Whisker	186
6.6.1.1	Allgemeines zum Whiskerproblem	186
6.6.1.2	Kupfersubstrate	187
6.6.1.3	Der Einfluss der Untermetallisierung	189
6.6.1.4	Eisen-Nickel-Substrate	191
6.6.1.5	Maßnahmen gegen Whisker	192
6.6.2	Der Black-Pad-Effekt	193
6.7	Bauelementeversatz und Selbstzentrierung (Selfalignment)	196
7	Stichwortverzeichnis	201
	Inserentenverzeichnis	207