

Herbert Reichl (Hrsg.)

Direktmontage

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Herbert Reichl (Hrsg.)

Direktmontage

Handbuch über die Verarbeitung
ungehäuster ICs

Mit 218 Abbildungen



Springer

Prof. Dr. HERBERT REICHL
Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit
und Mikrointegration
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

ISBN 978-3-642-63775-9

Die Deutsche Bibliothek - CIP Einheitsaufnahme

Direktmontage: Handbuch für die Verarbeitung ungehäuster ICs / Hrsg.: Herbert Reichl. - Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Budapest; Hongkong; London; Mailand; Paris; Santa Clara; Singapur; Tokio: Springer, 1998

ISBN 978-3-642-63775-9 ISBN 978-3-642-58884-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-58884-6

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1998

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1998

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1998

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Einbandentwurf: Struve & Partner, Heidelberg

Satz: Camera ready Vorlage durch Autoren

SPIN: 10573160 62/3020 - 5 4 3 2 1 0 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort

Der Trend der Entwicklung der Mikroelektronik eröffnet neue Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Mobilkommunikation, Kfz-Technik, Meß- und Automatisierungstechnik und Medizin. Durch die Leistungsfähigkeit der Speicher und Prozessoren können ganze Systeme mit einem einzigen oder nur wenigen Chips realisiert werden. Zukünftig wird es möglich, über alternative Dateneingabeprinzipien (Sprache, Bild) auch kleinsten Systemen, die drahtlos mit Datennetzen verbunden sind, Informationen zuzuführen. Dies ist ein Grund, Systeme noch kleiner herzustellen, um den Forderungen der Mobilkommunikation Rechnung tragen zu können.

Für die Realisierung solch kleiner Produkte werden Systemintegrationsverfahren benötigt, die erlauben, diese Produkte mit extremer Miniaturisierung bei kleinstem Gewicht und größtmöglicher Zuverlässigkeit herzustellen. Mit der Direktmontage ungehäuster Halbleiter auf Substraten (z.B. COB, COF, MCM, CSP) wird diese Forderung erfüllt und eine neue Qualität in der Aufbau- und Verbindungstechnik (Systemintegration, Packaging) eingeführt.

Der Fachausschuß 4.9., Aufbau- und Verbindungstechnik der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM) hat sich entschlossen, die derzeit verfügbaren Ergebnisse aus den verschiedenen Technologiebereichen der Direktmontage ungehäuster Halbleiter zusammenzutragen und sie in Form eines Handbuches zu veröffentlichen.

Durch die Zusammenarbeit von Mitgliedern aus der Industrie und Wissenschaft konnten Neuentwicklungen frühzeitig aufgezeigt und gleichzeitig deren Umsetzung und Anwendbarkeit kritisch beurteilt werden. Neben den rein technischen Fragestellungen werden auch wirtschaftliche Überlegungen im vorliegenden Handbuch angesprochen. Weiterhin wird der Versuch einer Bewertung der einzelnen Verfahren unternommen und damit eine Hilfestellung zur Auswahl von entsprechenden Technologien gegeben.

Ich möchte mich im Namen der GMM bei allen Fachausschußmitgliedern und Autoren recht herzlich bedanken. Ich danke auch den Mitgliedern des Fachausschusses, die sich an der redaktionellen Arbeit beteiligt haben. Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Simsek für die Zusammenfassung der Beiträge und für ihr überaus großes Engagement.

Insgesamt bin ich beeindruckt, in welcher relativ kurzer Zeit es möglich war, dieses Handbuch zu erstellen.

Herbert Reichl
Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
Mitglied des Vorstandes der GMM
Leiter des Fachausschusses 4.9

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung

<i>H.-J. Hacke</i>	1
--------------------------	---

2 Chip und Chippräparation

2.1 Problematik der Nacktchipmontage

<i>H.-J. Hacke</i>	5
--------------------------	---

2.2 Waferausführung

<i>J. Wolf, H. Reichl</i>	8
---------------------------------	---

2.2.1 Charakterisierung der Siliziumwafer	8
---	---

2.2.2 Spezifikation von Silizium-Wafern	9
---	---

2.2.3 Metallisierungsschichten	11
--------------------------------------	----

2.2.4 Passivierungsschichten	13
------------------------------------	----

2.2.5 Designrichtlinien für Bondpads	15
--	----

2.3 Methoden der Bumperzeugung	17
--------------------------------------	----

2.3.1 Bumping unter Verwendung von umschmelzbaren Metallen/Legierungen

<i>C. Wenzel, E. Meusel</i>	18
-----------------------------------	----

2.3.1.1 Technologievarianten	18
------------------------------------	----

2.3.1.2 Fotolithografie für die Bumperzeugung	22
---	----

2.3.1.3 Abscheidung und Strukturierung der Unterbumpermetallisierung	25
--	----

2.3.1.4 Galvanische Bumperzeugung	30
---	----

2.3.1.5 Die vakuumtechnische Lotabscheidung	40
---	----

2.3.1.6 Lottransfer Verfahren

<i>J. Wolf, H. Reichl</i>	45
---------------------------------	----

2.3.1.7 Lotbumperstellung durch Drahtbonden	48
---	----

<i>E. Jung, H. Reichl</i>	48
---------------------------------	----

2.3.1.8 Bumping durch Plazieren von Lotkugeln und Aufschmelzen mit einem Laserpuls

<i>G. Azdasht, H. Reichl</i>	53
------------------------------------	----

2.3.1.9 Bumperzeugung durch Schablonendruck

<i>E. Reese, J. Kloeser</i>	55
-----------------------------------	----

2.3.2 Bumping mit nicht umschmelzbaren Metallen/Metallsystemen	63
--	----

2.3.2.1 Bumping mittels stromloser Metallabscheidung

<i>A. Ostmann, H. Reichl</i>	63
------------------------------------	----

2.3.2.2 Bumping mit nicht umschmelzbaren Metallen	
<i>L. Dietrich, G. Engelmann, J. Wolf, O. Ehrmann, H. Reichl</i>	67
2.3.2.3 Bumpferstellung durch Drahtbonden	
<i>E. Jung, H. Reichl</i>	79
2.3.3 Bumps auf Polymerbasis	
<i>R. Aschenbrenner, H. Reichl</i>	83
2.3.4 Spezielle Bumpptechnologien für III/V-Halbleiter	
<i>H. Richter</i>	87
2.4 Zusammenfassende qualitative Bewertung der Methoden	
<i>H. Richter</i>	90
2.5 Firmen/Institute mit Bumping Serviceleistungen	92

3 Montage- und Kontaktiertechnologien

3.1 Drahtkontaktierung (Chip and Wire)	
<i>K. D. Lang, F. Rudolf, K.-H. Segsa</i>	95
3.1.1 Verfahrenscharakteristika	96
3.1.2 Chipbeschaffenheit und Lieferform	98
3.1.3 Anforderungen an das Verdrahtungssubstrat	98
3.1.4 Chipbefestigung (Die-Bonden)	102
3.1.4.1 Löten	103
3.1.4.2 Eutektisches Legieren	103
3.1.4.3 Kleben	
<i>W. Keller, K.-H. Segsa</i>	103
3.1.5 Drahtbondverfahren	
<i>K. D. Lang, F. Rudolf, K.-H. Segsa</i>	109
3.1.5.1 Charakteristische Drähte	109
3.1.5.2 Ultraschallverfahren	111
3.1.5.3 Thermosonicbonden	114
3.1.5.4 Bondgeräte	116
3.1.6 Reparaturmöglichkeiten	120
3.1.7 Umhüllung	121
3.1.7.1 Anforderungen an Umhüllungsmaterialien	121
3.1.7.2 Glob-Top-Massen, Marktangebot	122
3.1.7.3 Ausrüstungen	123
3.1.7.4 Auftrags- und Härtetechnologie / Materialauswahl	124
3.1.7.5 Zuverlässigkeit	125
3.1.8 Prüfmethode(n)	127
3.1.9 Layoutregeln	133
3.1.10 Wertung der Gesamttechnologie	136
3.1.11 Firmen/Institute mit Serviceleistungen	137
3.2 Tape Automated Bonding (TAB)	
3.2.1 Verfahrenscharakteristika	
<i>H.-J. Hacke</i>	141
3.2.1.1 Höcker	141

3.2.1.2 Spider	142
3.2.1.3 Innenkontaktierung	143
3.2.2 Verwendete Bauelemente und Lieferform	144
3.2.3 Verwendete Verdrahtungselemente	147
3.2.4 Bauelementemontage	149
3.2.5 Reparaturmöglichkeiten	
<i>W. Möller</i>	154
3.2.6 Prüfmethoden	
<i>R. Leutenbauer, H.Reichl</i>	155
3.2.6.1 Prüfmethoden der Innenkontaktierung	155
3.2.6.2 Prüfmethoden der Außenkontaktierung	161
3.2.7 Layoutregeln	
<i>A. Simsek, H. Reichl</i>	164
3.2.7.1 Geometrie des Tapes	164
3.2.7.2 Entwurfsschritte	165
3.2.7.3 Film-Format	169
3.2.7.4 OLB-Fenster	169
3.2.7.5 Test-Pads	170
3.2.7.6 Inner-Lead-Bereich	171
3.2.7.7 Fan-Out-Bereich	172
3.2.7.8 Galvano-Rahmen	173
3.2.7.9 Thermomechanische Aspekte	174
3.2.8 Wertende Betrachtung der Gesamttechnologie	
<i>H.-J. Hacke</i>	174
3.2.9 Firmen / Institute mit Serviceleistungen	
<i>A. Simsek, H. Reichl</i>	177
3.3 Flipchip-Technologie	
3.3.1 Verfahrenscharakteristika	
<i>H. Richter</i>	178
3.3.2 Flipchip-Löten	180
3.3.2.1 Verwendete Bauelemente und Lieferform	180
3.3.2.2 Anforderungen an den Schaltungsträger	181
3.3.2.3 Bauelementemontage	184
3.3.2.4 Reparaturmöglichkeiten	186
3.3.2.5 Harzunterfüllung	187
3.3.2.6 Prüfmethoden	188
3.3.2.7 Layoutregeln	188
3.3.3 Alternative Flipchip-Verfahren	191
3.3.3.1 Thermokompressionsbonden	191
3.3.3.2 Flip Chip Klebetechnik	
<i>R. Aschenbrenner, H. Reichl</i>	193
3.3.4 Wertende Betrachtung der Gesamttechnologie	
<i>H. Richter</i>	203
3.3.5 Firmen/Institute mit Serviceleistungen	205

4 Modellierung und Simulation von Einbaufällen

4.1	Voraussetzungen für Modellbildung und Simulation	
	<i>R. Dümcke, H. Reichl</i>	207
4.1.1	Ziele	207
4.1.2	Methoden	208
4.1.3	Voraussetzungen	210
4.1.4	Aufwand	211
4.1.5	Grenzen der Verfahren	211
4.2	Methoden zur Simulation und Optimierung elektrischer Eigenschaften	
	<i>A. Simsek, H. Reichl</i>	213
4.2.1	Einleitung	213
4.2.2	Einflüsse der Chipverbindungen	213
4.2.3	Modellierungskonzept	222
4.2.4	Analyse und Modellierung	224
4.2.5	Vergleich der elektrischen Eigenschaften der Montage- technologien	226
4.3	Methoden zur Simulation und Optimierung thermischer Eigenschaften	
	<i>M. Töpfer, A. Kamp, B. Michel, H. Reichl</i>	228
4.3.1	Wärmeabfuhr	228
4.3.2	Physikalische Grundlagen thermischer Widerstände	229
	4.3.2.1 Die Wärmeleitung von Schichten	231
	4.3.2.2 Wärmeverteilung mit Hilfe von Wärmespreizern	233
	4.3.2.3 Wärmetransport aus dem System	236
4.3.3	Thermische Abschätzungen am Beispiel von Single Chip Aufbauten	239
	4.3.3.1 Abschätzung eines geklebten Chips	240
4.3.4	Thermische Abschätzung eines Flip Chip gebondeten Chips	247
4.4	Methoden zur Simulation und Optimierung mechanischer Eigenschaften	
	<i>F. Feustel, E. Meusel</i>	255
4.4.1	Einleitung	255
4.4.2	Methodik	255
4.4.3	Darstellung am Beispiel: Kontaktformoptimierung an einem FC-Kontakt	257
4.4.4	Hard- und Software-Anforderungen	261
4.5	Bewertung der Zuverlässigkeit an Beispielen	
	<i>A. Schubert, R. Dudek, B. Michel</i>	262
4.5.1	Einführende Bemerkungen	262
4.5.2	Simulation thermomechanischer Beanspruchungen	263
	4.5.2.1 Relevante Beanspruchungen	263
	4.5.2.2 Modellbildung	263
	4.5.2.3 Geometriebestimmung	264
	4.5.2.4 Charakterisierung der Materialeigenschaften	265
	4.5.2.5 Anwendung von Finite-Elemente-Softwaretools	267
4.5.3	Beispiel Hybridmodul mit Glob-Top-Abdeckung	269

4.5.4	Mechanisch-thermische Zuverlässigkeit von Chipkarten.....	273
4.5.4.1	Prinzipieller Aufbau von Chipkarten.....	273
4.5.4.2	Belastungsanalyse an Chipkarten mittels Finite- Elemente-Simulation.....	275
4.5.4.3	Lokale Deformationsanalyse an Chipkarten mittels MicroDAC-Verfahren im Rasterelektronenmikroskop	279
5	Produktbeispiele aus den Montagetechnologien	
<i>H. Kergel</i>		281
5.1	Elektronischer Schlüssel.....	281
5.2	Elektrischer Rasierapparat.....	283
5.3	Magnetsensor.....	285
5.4	Chipkarten.....	286
5.5	Hörgerät.....	289
5.6	Computer-Interface.....	291
6	Vergleich der Eigenschaften der Montagetechnologien	
<i>W. Möller, H. Reichl</i>		293
6.1	Allgemeines.....	293
6.2	Anwendungen.....	294
6.3	Kosten und Aufwand.....	295
6.4	Bewertungskriterien.....	299
6.4.1	Elektrische Eigenschaften.....	299
6.4.2	Mechanische und thermomechanische Eigenschaften.....	299
6.4.3	Thermische Eigenschaften.....	300
6.4.4	Ausbeute der Fertigungsverfahren.....	300
6.4.5	Langzeit- Zuverlässigkeit.....	301
6.5	Tabellarischer Vergleich der Kontaktierungstechniken.....	303
7	Ausblick auf verwandte Montageverfahren	
<i>H. Oppermann, H. Reichl</i>		307
7.1	Ball Grid-Array.....	307
7.1.1	Gehäusetypen.....	309
7.1.1.1	Plastik BGA.....	310
7.1.1.2	Tape BGA.....	312
7.1.1.3	Keramik BGA.....	313
7.1.1.4	Metall BGA.....	314
7.1.2	Elektrisches Verhalten.....	315
7.1.3	Thermisches Verhalten.....	315
7.1.4	Herstellung und Verarbeitung.....	315
7.1.4.1	Lotkugelbestückung.....	315
7.1.4.2	Leiterplattenlayout.....	316
7.1.4.3	Lotauftrag.....	318

7.1.4.4	Montage	318
7.1.4.5	Koplanarität	319
7.1.4.6	Lötprozeß	319
7.1.4.7	Feuchteaufnahme	319
7.1.4.8	Zuverlässigkeit	320
7.1.4.9	Ausbeute	320
7.1.4.10	Test und Inspektion	321
7.1.4.11	Reperaturverfahren	321
7.1.5	Standardisierung	322
7.1.5.1	PBGA	322
7.1.5.2	TBGA	323
7.1.5.3	CBGA/CCGA	323
7.2	Chip Size Package	323
7.2.1	Gehäusetypen	324
7.2.1.1	Flexible Schaltungsträger	324
7.2.1.2	Starre Schaltungsträger	325
7.2.1.3	Angepaßte Lead-Frames	326
7.2.1.4	Molded CSP	326
7.2.1.5	Wafer-Level CSP	327
7.2.1.6	TCP Lead-Frame	328
Literatur	331
Autoren	349
Sachverzeichnis	357