

# Verformung und Schädigung von Werkstoffen der Aufbau- und Verbindungstechnik

Das Verhalten im Mikrobereich

Bearbeitet von  
Steffen Wiese

1. Auflage 2010. Buch. x, 518 S. Hardcover  
ISBN 978 3 642 05462 4  
Format (B x L): 15,5 x 23,5 cm  
Gewicht: 947 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Baukonstruktion, Baufachmaterialien](#)

Zu [Leseprobe](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of varying sizes, arranged in a slight arc. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

**beck-shop.de**  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

## Inhaltsverzeichnis

1	Problematik .....	1
1.1	Ausfälle in elektronischen Aufbauten .....	1
1.2	Rolle der Werkstoffuntersuchung im Entwicklungszyklus .....	4
1.3	Werkstoffverhalten und Miniaturisierung .....	8
1.4	Verformungsverhalten von Metallen .....	10
1.4.1	Bedeutung .....	10
1.4.2	Verformungsverhalten .....	12
1.5	Untersuchungsmethoden .....	15
1.6	Ziel der Arbeit .....	17
2	Untersuchungsgegenstand .....	19
2.1	Zusammenhang zwischen Gegenstand und Methodik der Untersuchung .....	19
2.2	Wesen und Entwicklung des Untersuchungsgegenstandes .....	22
2.2.1	Begriff der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik .....	22
2.2.2	Inhalt der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik .....	23
2.2.3	Entwicklung der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik ..	24
2.3	Architektur elektronischer Aufbauten .....	27
2.3.1	Grundkonzept und Aufbauhierarchie.....	27
2.3.2	Erste Verbindungsebene .....	29
2.3.3	Zweite Verbindungsebene .....	41
2.3.4	Architekturentwicklung .....	55
2.3.5	Strukturabmessungen in elektronischen Aufbauten .....	59
2.4	Thermisch-mechanische Problematik elektronischer Aufbauten .....	61
2.4.1	Ursachenherkunft .....	61
2.4.2	Grundlegende physikalische Ursachen .....	63
2.4.3	Aspekte der Architektur- und Entwicklungskonzeption .....	65
2.4.4	Werkstoffphysikalische Seiteneffekte .....	68
2.4.5	Belastungsszenarien .....	68
3	Struktur metallischer Werkstoffe .....	71
3.1	Zusammenhang zwischen Verformung und strukturellem Aufbau .....	71
3.2	Struktureller Aufbau .....	73
3.2.1	Strukturebenen .....	73
3.2.2	Atomarer Aufbau .....	78
3.2.3	Werkstoffgefüge .....	83
3.3	Legierungen .....	94
3.3.1	Formen von Legierungen .....	94
3.3.2	Eutektische Systeme .....	95
3.3.3	Systeme mit intermediären Phasen .....	99
3.3.4	Andere Systeme .....	100
3.3.5	Drei- und Vielstoffsysteme .....	103

3.4 Gefügeausbildung bei Erstarrung von Legierungen .....	104
3.4.1 Entstehung des Erstarrungsgefüges .....	104
3.4.2 Erstarrungsgefüge von Sn-Basis-Loten .....	113
3.5 Gefügeveränderung .....	134
3.5.1 Gefügeveränderung durch thermische Belastung .....	134
3.5.2 Gefügeveränderung durch thermisch-mechanische Belastung .....	139
4 Elastische Verformung .....	143
4.1 Phänomenologie der elastischen Verformung .....	143
4.2 Physikalischer Hintergrund der elastischen Verformung .....	144
4.2.1 Verzerrung des Kristallgitters .....	144
4.2.2 Nichtlinearität der elastischen Verformungsreaktion .....	146
4.3 Beschreibung der elastischen Verformung .....	147
4.3.1 Elastizitätsmodul .....	147
4.3.2 Die Querkontraktionszahl .....	151
4.3.3 Der Schubmodul .....	152
4.3.4 Der Bulkmodul .....	152
4.3.5 Richtungsabhängigkeit der elastischen Konstanten .....	153
4.3.6 Temperaturabhängigkeit der elastischen Konstanten .....	156
5 Plastische Verformung .....	157
5.1 Phänomenologie der plastischen Verformung .....	157
5.1.1 Erscheinungsformen .....	157
5.1.2 Verformungsmechanismenkartens .....	158
5.2 Kinetik der plastischen Verformung .....	160
5.2.1 Versetzungsbewegung .....	160
5.2.2 Versetzungskinetik .....	164
5.2.3 Bedeutung der Kinetik der Versetzungsbewegung für die Beschrei- bung und Charakterisierung der plastischen Verformung .....	172
5.3 Niedertemperaturplastizität .....	174
5.3.1 Merkmale .....	174
5.4 Hochtemperaturplastizität .....	179
5.4.1 Merkmale .....	179
5.4.2 Beschreibung des zeitabhängigen Verformungsverhaltens .....	182
5.4.3 Grundmechanismen .....	185
5.5 Wechselverformung .....	201
5.5.1 Merkmale .....	201
5.5.2 Beschreibung der Wechselverformung .....	203
5.5.3 Mechanismencharakteristik bei Wechselverformung .....	207
5.5.4 Materialgedächtniseffekte .....	211

6	Schädigung .....	213
6.1	Technische Ursachen von Ausfällen .....	213
6.2	Materialphysik der Schädigung .....	215
6.2.1	Problematik der Ursacheninterferenz .....	215
6.2.2	Wichtige nichtmechanische Schädigungsmechanismen .....	216
6.2.3	Mechanismen der mechanischen Schädigung von Werkstoffen .....	219
6.3	Modellierung der Materialschädigung .....	235
6.3.1	Problematik der Schädigungsmodellierung .....	235
6.3.2	Bruchmechanische Konzepte .....	236
6.3.3	Empirische Ermüdungsmodelle .....	261
6.3.4	Kontinuums-Schadensmechanik .....	269
7	Experimentelle Untersuchungsmethoden .....	273
7.1	Problematik der experimentellen Untersuchung .....	273
7.2	Entwicklung, Ziele und Verfahren der klassischen Werkstoffprüfung .....	275
7.2.1	Historische Entwicklung .....	275
7.2.2	Verfahren und Ziele .....	276
7.2.3	Entwicklung miniaturisierter Versuche .....	280
7.3	Werkstoffprüfung für stark miniaturisierte Proben .....	282
7.3.1	Grundproblematik .....	282
7.3.2	Besonderheiten der Prüfmaschinen für miniaturisierte Proben .....	283
7.4	Probekörper für miniaturisierte Versuche .....	306
7.4.1	Ziele der Probengestaltung .....	306
7.4.2	Idealisierte Bulkproben .....	309
7.4.3	Idealisierte Mikroproben .....	312
7.4.4	Reale Mikroproben .....	318
7.5	Realisierungen von Prüfmaschinen für miniaturisierte Proben .....	323
7.5.1	Prüfmaschinenkonzepte .....	323
7.5.2	Kleinlastprüfmaschinen .....	325
7.5.3	Prüfmaschinen für Scherversuche an kleinvolumigen Kontakten .....	333
7.5.4	Ring-Pin-Prüfmaschinen für Lot in Durchkontaktierungen .....	346
8	Experimentelle Ergebnisse .....	349
8.1	Bewertung des Datenmaterials .....	349
8.2	Einstoffsystem - Zinn .....	350
8.2.1	Auswahl des Datenmaterials .....	350
8.2.2	Elastische Eigenschaften .....	351
8.2.3	Instantanplastische Verformung .....	353
8.2.4	Kriechverhalten .....	355
8.3	Zweistoffsystem mit Mischkristallbildung - Zinn Blei .....	356
8.3.1	Auswahl des Datenmaterials .....	356
8.3.2	Elastische Eigenschaften .....	359
8.3.3	Instantanplastische Verformung .....	361
8.3.4	Kriechverhalten .....	369

- 8.3.5 Rissausbreitungsverhalten .....379
- 8.4 Zweistoffsystem mit Teilchenhärtung - Zinn Silber .....386
  - 8.4.1 Auswahl des Datenmaterials .....386
  - 8.4.2 Elastische Eigenschaften .....388
  - 8.4.3 Instantanplastische Verformung .....390
  - 8.4.4 Kriechverhalten .....394
- 8.5 Dreistoffsystem mit Teilchenhärtung - Zinn Silber Kupfer .....418
  - 8.5.1 Auswahl des Datenmaterials .....418
  - 8.5.2 Elastische Eigenschaften .....419
  - 8.5.3 Instantanplastische Verformung .....422
  - 8.5.4 Kriechverhalten .....425
  - 8.5.5 Rissausbreitungsverhalten an Flip-Chip-Kontakten .....445
- 9 Schlussfolgerungen und zukünftige Herausforderungen .....447
  - 9.1 Mechanik und Werkstoffphysik für die Elektronik .....447
  - 9.2 Der Größeneffekt in Werkstoffstrukturen elektronischer Aufbauten .....450
    - 9.2.1 Ausgangspunkt .....450
    - 9.2.2 Auswertung des Datenmaterials an Sn-basierten Loten .....452
    - 9.2.3 Bezug zur Werkstoffstruktur der Lotlegierungen .....458
    - 9.2.4 Schlussfolgerungen bezüglich der Mikrofügetechnologien .....460
  - 9.3 Modelle - Schnittstelle zwischen Experiment und Simulation .....461
  - 9.4 Gestaltung einer entwicklungsbegleitenden Werkstoffdatenermittlung .....467
    - 9.4.1 Erfordernisse .....467
    - 9.4.2 Retrospektive der eigenen Untersuchungen .....469
    - 9.4.3 Ableitungen für die Zukunft einer entwicklungsbegleitenden  
Werkstoffdatenermittlung .....471
- Literaturverzeichnis .....475
- Weiterführende Literatur zu den Kapiteln.....509
- Sachverzeichnis .....511