



Inhaltsverzeichnis

Hansgeorg Hofmann, Jürgen Spindler

Werkstoffe in der Elektrotechnik

Grundlagen - Struktur - Eigenschaften - Prüfung - Anwendung -
Technologie

ISBN (Buch): 978-3-446-43220-8

ISBN (E-Book): 978-3-446-43748-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43220-8>

sowie im Buchhandel.

Inhalt

| | |
|---|----|
| Verwendete Formelzeichen (Fz) mit Einheiten (E) und Abkürzungen | 13 |
| 1 Grundlagen | |
| 1.0 Überblick | 19 |
| 1.1 Atombau und Bindungen | 21 |
| 1.1.1 Elektronenverteilung im Einzelatom | 21 |
| 1.1.2 Bindungszustände | 24 |
| 1.1.2.1 Atombindung | 24 |
| 1.1.2.2 Ionenbindung | 29 |
| 1.1.2.3 Metallbindung | 31 |
| 1.2 Bildung von Ordnungszuständen in festen metallischen und nichtmetallischen anorganischen Werkstoffen | 34 |
| 1.2.1 Ideale Kristallstruktur | 36 |
| 1.2.2 Gittertypen | 37 |
| 1.2.3 MILLERSche Indizierung zur Angabe der Lage von Gitterebenen | 42 |
| 1.2.4 Reale Kristallstruktur | 43 |
| 1.3 Bildung von Ordnungszuständen in flüssigkristallinen Werkstoffen | 48 |
| 1.3.1 Nematische Phasen | 49 |
| 1.3.2 Cholesterische Phasen | 51 |
| 1.3.3 Smektische Phasen | 52 |
| 1.3.4 Kolumnare Phasen | 53 |
| 1.3.5 Ausblick | 53 |
| 1.4 Bildung von Phasen, Phasengleichgewichtsdiagramme | 55 |
| 1.4.1 Phasenübergang flüssig-fest und fest-flüssig; Schmelzen und Erstarren | 55 |
| 1.4.2 Zustandsdiagramme von metallischen Zweistoffsystemen | 59 |
| 1.4.2.1 Legierungen mit vollständiger Löslichkeit der Komponenten im flüssigen Zustand und Unlöslichkeit im festen Zustand (V-Diagramm) | 62 |
| 1.4.2.2 Legierung mit vollständiger Löslichkeit der Komponenten im flüssigen und völliger Löslichkeit im festen Zustand (Linsendiagramm) | 64 |
| 1.4.2.3 Legierungen mit vollständiger Löslichkeit der Komponenten im flüssi- gen und teilweiser Löslichkeit im festen Zustand (Mischungslücke) | 66 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 1 | 69 |
| 2 Das mechanische Verhalten von Werkstoffen | |
| 2.0 Überblick | 71 |
| 2.1 Ausgewählte mechanische und thermische Kenngrößen | 72 |
| 2.1.1 Mechanische Werkstoffkenngrößen | 72 |
| 2.1.1.1 Zugversuch nach DIN EN ISO 6892-1 für Metalle | 72 |
| 2.1.1.2 Zugversuch für Kunststoffe | 75 |
| 2.1.1.3 Härteprüfung | 77 |
| 2.1.1.4 Schlagfestigkeit | 78 |
| 2.1.2 Thermische Werkstoffkenngrößen | 79 |
| 2.2 Das Verformungsverhalten metallischer Werkstoffe | 82 |
| 2.2.1 Elastische und plastische Verformung | 82 |
| 2.2.2 Kristallerholung und Rekristallisation | 85 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 2.3 | Das Verformungsverhalten nichtmetallischer Werkstoffe | 90 |
| 2.3.1 | Das Verformungsverhalten polymerer organischer Werkstoffe | 90 |
| 2.3.2 | Das Verformungsverhalten nichtmetallischer anorganischer Werkstoffe | 93 |
| | Selbstkontrolle zu Kapitel 2 | 97 |
| 3 | Das elektrische Verhalten von Werkstoffen | |
| 3.0 | Überblick | 99 |
| 3.1 | Ursachen der elektrischen Leitfähigkeit im Festkörper | 99 |
| 3.2 | Leitungsmechanismen | 102 |
| 3.2.1 | Leiter | 102 |
| 3.2.2 | Nichtleiter | 105 |
| 3.2.3 | Halbleiter | 105 |
| 3.2.4 | Supraleiter | 107 |
| | Selbstkontrolle zu Kapitel 3 | 110 |
| 4 | Elektrochemisches Verhalten metallischer Werkstoffe | |
| 4.0 | Überblick | 111 |
| 4.1 | Redox-Reaktionen und das elektrochemische Potenzial | 111 |
| 4.2 | Galvanische Zellen | 116 |
| 4.2.1 | Zellen mit Metall-Anoden (Minuspol) | 119 |
| 4.2.2 | Zelle mit Li^+ -Ionen als Elektroden | 121 |
| 4.3 | Brennstoffzellen | 125 |
| 4.4 | Die Elektrolyse | 128 |
| 4.5 | Die elektrochemische Korrosion | 130 |
| | Selbstkontrolle zu Kapitel 4 | 134 |
| 5 | Leiterwerkstoffe | |
| 5.0 | Überblick | 136 |
| 5.1 | Der spezifische elektrische Widerstand | 136 |
| 5.2 | Werkstoffe für kompakte Leiter | 144 |
| 5.3 | Werkstoffe für Leitschichten und Schichtkombinationen | 155 |
| | Selbstkontrolle zu Kapitel 5 | 162 |
| 6 | Widerstandswerkstoffe | |
| 6.0 | Überblick | 163 |
| 6.1 | Werkstoffe für kompakte Widerstände | 163 |
| 6.1.1 | Präzisions- und Messwiderstände | 164 |
| 6.1.2 | Heizwiderstände (DIN 17470) | 165 |
| 6.1.3 | Werkstoffe für Dehnungsmessstreifen | 166 |
| 6.2 | Werkstoffe für Widerstandsschichten | 168 |
| | Selbstkontrolle zu Kapitel 6 | 172 |
| 7 | Kontaktwerkstoffe | |
| 7.0 | Überblick | 174 |
| 7.1 | Der bewegte Kontakt | 174 |
| 7.1.1 | Physikalische und chemische Vorgänge am Kontakt | 175 |
| 7.1.2 | Werkstoffe für bewegte Kontakte | 178 |
| 7.2 | Der feste Kontakt | 182 |
| | Selbstkontrolle zu Kapitel 7 | 189 |

| | |
|---|-----|
| 8 Halbleiterwerkstoffe | |
| 8.0 Überblick | 190 |
| 8.1 Werkstoffe für Sperrschicht gesteuerte Halbleiterbauelemente | 191 |
| 8.1.1 Leitungsmechanismen, die n- und p-Leitung | 193 |
| 8.1.2 Die spezifische elektrische Leitfähigkeit von Halbleiterwerkstoffen | 196 |
| 8.1.3 Vorgänge am p-n-Übergang | 198 |
| 8.1.4 Vorgänge in der p-n-p- bzw. n-p-n-Grenzschicht | 206 |
| 8.1.5 Vorgänge im Feldeffekttransistor (FET) | 208 |
| 8.2 Werkstoffe für Volumenhalbleiterbauelemente | 210 |
| 8.2.1 Werkstoffe für Fotowiderstände | 211 |
| 8.2.2 Werkstoffe für HALL-Sonden | 212 |
| 8.2.3 Werkstoffe für Thermistoren und Varistoren | 213 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 8 | 216 |
| | |
| 9 Isolierstoffe und dielektrische Werkstoffe | |
| 9.0 Überblick | 218 |
| 9.1 Elektrische Kenngrößen | 220 |
| 9.1.1 Spezifischer Durchgangswiderstand (Innenwiderstand) | 220 |
| 9.1.2 Oberflächenwiderstand | 221 |
| 9.1.3 Kriechstromfestigkeit | 222 |
| 9.1.4 Durchschlagfestigkeit | 222 |
| 9.2 Dielektrisches Verhalten | 225 |
| 9.2.1 Polarisierung und Polarisationsmechanismen | 225 |
| 9.2.2 Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl) | 228 |
| 9.2.3 Dielektrischer Verlustfaktor | 230 |
| 9.2.4 Temperatur- und Frequenzabhängigkeit | 231 |
| 9.3 Isolierstoffe | 233 |
| 9.3.1 Isolierstoffe für Kabel und Leitungen | 234 |
| 9.3.2 Isolierstoffe für elektronische Baugruppen und Bauelemente | 235 |
| 9.4 Dielektrika für Kondensatoren | 244 |
| 9.5 Dielektrika für Sensoren und Aktuatoren | 249 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 9 | 255 |
| | |
| 10 Supraleitende Werkstoffe | |
| 10.0 Überblick | 257 |
| 10.1 Werkstoffentwicklung und Anwendungsmöglichkeiten | 257 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 10 | 263 |
| | |
| 11 Magnetwerkstoffe | |
| 11.0 Überblick | 264 |
| 11.1 Das magnetische Verhalten von Werkstoffen | 264 |
| 11.1.1 Magnetische Größen | 264 |
| 11.1.2 Ursachen des Magnetismus | 266 |
| 11.2 Ferromagnetische Werkstoffe | 272 |
| 11.2.1 Hartmagnetische Ferromagnetika | 276 |
| 11.2.2 Weichmagnetische Ferromagnetika | 281 |
| 11.3 Ferrimagnetische Werkstoffe | 288 |
| 11.4 Magnetwerkstoffe für Speicher | 292 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 11 | 299 |

| | |
|--|-----|
| 12 Lichtwellenleiter | |
| 12.0 Überblick | 301 |
| 12.1 Physikalische Grundlagen | 301 |
| 12.2 Werkstoffe und Technologie | 306 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 12 | 311 |
| 13 Fertigungsverfahren in der Elektrotechnik und Elektronik | |
| 13.0 Überblick | 312 |
| 13.1 Verfahren der Si-Technologie | 312 |
| 13.1.1 Einkristallines Silizium | 312 |
| 13.1.2 Planartechnik | 315 |
| 13.2 Metallisierung von Dielektrika | 316 |
| 13.3 Leiterplattentechnik | 321 |
| 13.3.1 Allgemeines | 321 |
| 13.3.2 Technologische Varianten zur Leiterplattenherstellung | 323 |
| Selbstkontrolle zu Kapitel 13 | 331 |
| Lösungsteil | |
| Lösungen der Übungen | 332 |
| Lösungen zur Selbstkontrolle | 362 |
| Verwendete und weiterführende Literatur | 364 |
| Bildnachweis | 369 |
| Sachwortverzeichnis | 370 |