

Werkstoffkunde der Elektrotechnik

**Mit 206 Bildern, 48 Tabellen,
56 Beispielen und über 100 Aufgaben und
Wiederholungsfragen mit Lösungen**

2., verbesserte Auflage

ir[®] y

V

Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig /Wiesbaden

Inhaltsverzeichnis

1	Aufbau der festen Körper	1
1.1	Werkstoffe	1
1.2	Metalle	3
1.3	Kristalle	4
1.3.1	Elementarzelle	5
1.3.2	Millersche Indizes	11
1.3.3	Gitterfehler	17
1.3.3.1	Fehlorderungen bei reinen Stoffen	17
1.3.3.2	Fehlorderungen bei zusammengesetzten Stoffen	24
1.4	Wiederholungsfragen	27
2	Legierungen	28
2.1	Entstehung von Zustandsdiagrammen	28
2.2	Arten von Zustandsdiagrammen	31
2.2.1	Flüssig und fest beliebig löslich	31
2.2.2	Flüssig beliebig, fest gar nicht löslich	34
2.2.3	Flüssig beliebig, fest begrenzt löslich mit Mischungslücke (allgemeiner Fall)	37
2.2.4	Intermetallische Verbindungen	40
2.2.4.1	Beständige intermetallische Verbindungen	40
2.2.4.2	Unbeständige intermetallische Verbindungen	41
2.3	Reale Zustandsdiagramme	41
2.3.1	Blei-Zinn-Diagramm	41
2.3.2	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	42
2.4	Werkstoffkennzeichnung	45
2.4.1	Werkstoffkurzzeichen	45
2.4.2	Werkstoffnummern	46
2.5	Mikrostruktur	48
2.5.1	Röntgenuntersuchung	48
2.5.2	Schliffbilder	50
2.5.2.1	Schleifen und Polieren	50
2.5.2.2	Ätzen	51
2.6	Wiederholungsfragen	54

3 Elektrische Leitfähigkeit 55

3.1 Stromleitung	55
3.2 Supraleitung	60
3.2.1 BCS-Theorie	62
3.2.2 Stabilisierung	65
3.3 Halleffekt	67
3.3.1 Hallgenerator	70
3.3.2 Feldplatte	72
3.4 Wiederholungsfragen	75

4 Elektrische Leiter 76

4.1 Normalleiter	76
4.2 Supraleiter	80
4.3 Wiederholungsfragen	81

15 Magnetische Leitfähigkeit 82

5.1 Modellvorstellung zum Magnetismus	84
5.2 Verhalten von Materie im Magnetfeld	86
5.2.1 Diamagnetismus	86
5.2.2 Paramagnetismus	87
5.2.3 Ferromagnetismus	87
5.2.4 Antiferromagnetismus	89
5.2.5 Ferrimagnetismus	89
5.3 Magnetisierung	91
5.4 Magnetisierungskurve	95
5.4.1 Verluste	98
5.4.2 Hystereseschleifen	103
5.4.2.1 Normale Hystereseschleife	103
5.4.2.2 Rechteckschleife	103
5.4.2.3 Perminvorschleife	104
5.4.2.4 Isopermschleife	104
5.4.2.5 Arbeitsbereiche der Hystereseschleife	105
5.4.3 Permeabilität	106
5.4.3.1 Anfangspermeabilität	106
5.4.3.2 Wechselfeldpermeabilität	106
5.4.3.3 Effektive Permeabilität	107
5.4.3.4 Reversible Permeabilität	109
5.4.3.5 Impulspermeabilität	110
5.4.3.6 Komplexe Permeabilität	111

5.4.4 Verzerrungen durch die Hystereseschleife	114
5.4.4.1 Rayleighschleife	114
5.4.4.2 Stromverzerrungen	117
5.5 Larmorfrequenz	119
5.6 Wiederholungsfragen	121
6 Magnetika	122
6.1 Metalloxide (Ferrite)	122
6.2 Weichmagnetika	123
6.2.1 Metalle	123
6.2.2 Legierungen	124
6.2.2.1 Amorphe Metalle	131
6.2.2.2 Magnetische Abschirmung	133
6.2.2.3 Kernbleche	136
6.2.3 Weichmagnetische Ferrite	140
6.2.3.1 Arten weichmagnetischer Ferrite	142
6.2.3.2 Kernformen	142
6.3 Hartmagnetika (Dauermagnete)	148
6.3.1 Entmagnetisierungskennlinie	148
6.3.2 Hartmagnetische Legierungen	152
6.3.3 Hartmagnetische Metalloxide (Ferrite)	155
6.3.4 Dauermagnetberechnung	156
6.4 Impulsbetrieb	161
6.4.1 Impulsübertrager	163
6.4.2 Impulsspeicherung	169
6.5 Wiederholungsfragen	174
7 Halbleiter	175
7.1 Halbleiter-Mechanismen	175
7.1.1 Leiterdefinition	180
7.1.2 Dotierung	185
7.1.3 Umdotierung	189
7.2 Einkristalle	190
7.2.1 Reinheitsanforderungen	190
7.2.2 Reindarstellung von Halbleitermaterialien	191
7.2.3 Zonenschmelzen	192
7.2.4 Kristallziehen	197
7.2.5 Verarbeitung der Einkristalle	200
7.3 p-n-Übergang	200
7.3.1 Legierungstechnologie	201
7.3.2 Planartechnologie	202

7.3.3 Epitaxie	208
7.3.4 Ionenimplantation	210
7.4 Stoffe mit Halbleitereigenschaften	210
7.4.1 Elementhalbleiter	211
7.4.2 Verbindungshalbleiter	213
7.5 Leitungstyp	218
7.5.1 Halleffekt bei Dotierung	218
7.5.2 Halleffekt bei gemischter Dotierung	220
7.5.3 Thermokraft	222
7.6 Wiederholungsfragen	224

8 Dielektrische Eigenschaften 225

8.1 Modellvorstellung zur dielektrischen Polarisisation	225
8.1.1 Elektronenpolarisation	226
8.1.2 Ionenpolarisation	227
8.1.3 Ordnungspolarisation	228
8.1.4 Grenzflächenpolarisation	229
8.2 Dielektrische Materialeinteilung	231
8.2.1 Ferroelektrika	231
8.2.2 Piezoelektrika	232
8.2.3 Pyroelektrika	233
8.3 Elektrische Materialeinteilung	234
8.3.1 Isolatoren	234
8.3.2 Kondensatoren	237 *
8.4 Wiederholungsfragen	244

9 Dielektrika 245

9.1 Natürliche anorganische Dielektrika	245
9.1.1 Glimmer	245
9.1.2 Quarz	246
9.1.3 Gase	248
9.2 Natürliche organische Dielektrika	249
9.2.1 Papiere	249
9.2.2 Textilstoffe	250
9.2.3 Öle	250
9.3 Künstliche anorganische Dielektrika	250
9.3.1 Porzellan	251
9.3.2 Steatit	251
9.3.3 Titanate	251

9.4 Künstliche organische Dielektrika	252
9.4.1 Zellulosekunststoffe	c. 252
9.4.2 Polykondensationsprodukte	252
9.4.3 Polymerisationsprodukte	253
9.4.4 Silikone	255
 Lösungen zu den Aufgaben.	 257
 Antworten zu den Wiederholungsfragen.	 272
 Literaturhinweise.	 279
 Sachwortverzeichnis.	 281