

Werkstoffkunde der Elektrotechnik

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

2., verbesserte Auflage

rf 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 Fehlordnungen bei reinen Stoffen	17
1.3.3.2 Fehlordnungen 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 Leitfähigkeit55
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
"v 3.4 Wiederholungsfragen	75
4 Elektrische Leiter76
4.1 Normalleiter.	76
4.2 Supraleiter.	80
4.3 Wiederholungsfragen.	81
15 Magnetische Leitfähigkeit82
• 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 Perminvärschleife	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 Hartmangetische 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-Mechanismiis	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 Polarisation	225
8.1.1 Elektronenpolarisation	226
8.1.2 Ionenpolarisation	227
8.1.3 Ordnungspolarisation	228
8.1.4 Grenzflächenpolarisation	229
8.2 Dielektrische Materialienleistung	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
93.1 Porzellan	251
93.2 Steatit	251
9.33 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