

Franzis Ingenieur-Elektronik

Dr. Guillermo Diaz-Santanilla

Technik der Solarzelle

Physikalische Grundlagen, Eigenschaften und Applikationen

Mit 47 Abbildungen und 17 Tabellen

Franzis'

Inhalt

Zusammenfassende Einleitung	11
1. Die Sonne	13
1.1 Die Sonnenstrahlung und ihre Ursache.	13
1.2 Auf der Spur der Sonnenenergie.	15
1.3 Physik des Sonneninneren.	18
1.4 Die Entwicklung der Sonne	25
2 Die Erdbevölkerung und das Weltenergieproblem	27
2.1 Problemstellung	27
2.2 Die Erdbevölkerung	27
2.3 Das Weltenergieproblem	32
2.4 Die Energievorräte.	33
2.5 Direkte Nutzung der Sonnenstrahlung	38
2.5.1 Die Photosynthese.	38
2.5.2 Der Thermo-Solar-Empfänger	38
2.5.3 Die Photovoltaik	38
3 Halbleiterphysik	40
3.1 Halbleiterstoffe.	40
3.2 Das Bändermodell	43
3.3 Das Fermi-Elektronengas und die Fermi-Verteilung	49
3.4 Leitung von Elektronen und Löchern im Halbleiter	52
3.5 Die Ladungsträgerdichte und die Lage der Fermikante	53
3.6 Die Dotierung.	56
3.6.1 Donatoren und der n-Halbleiter	58
3.6.2 Akzeptoren und der p-Halbleiter	58
3.7 Die Dichten von Donatoren und Akzeptoren	61
3.8 Der p-n-Übergang. Die Halbleiter-Diode	62
3.8.1 Thermisches Gleichgewicht	62
3.8.2 Eigenschaften der Halbleiter-Diode	63
3.8.2.1 Das elektrostatische Potential	63
3.8.3 Relaxationszeit und Diffusionslänge von Raumladungen	67
3.9 Der belastete p-n-Übergang. Die Strom-Spannungskennlinie	68

Inhalt

3.9.1	Sperr-Fall $U < 0$	70
3.9.2	Durchlaß-Fall $U > 0$	70
3.9.3	Die Strom-Spannungskennlinie.	71
3.10	Der Photoeffekt im p-n-Übergang	74
3.11	Der Wirkungsgrad des Photoeffekts im p-n-Übergang	77

4 Die Solarzelle 78

4.1	Der photovoltaische Effekt in der Solarzelle	78
4.2	Die Betriebsparameter der beleuchteten Solarzelle	80
4.2.1	Maximal verfügbare Betriebsleistung	80
4.2.2	Der Füllfaktor.	83
4.3	Der Wirkungsgrad	83
4.3.1	Spektrale Abhängigkeit des Wirkungsgrades	84
4.3.2	Erhöhung des Wirkungsgrades	86
4.4	Die Technik der Fertigung von Silizium-Solarzellen	88
4.5	Fortschritte in der Solarzellenforschung.	90
4.5.1	Silizium-Kristalle aus dem Bandzieh-Verfahren	90
4.5.2	Die Dünnschicht-Solarzellen	92
4.5.2.1	Die amorphe Si-Solarzelle	93
4.5.2.2	Die Cu_2S -CdS-Zelle	93
4.5.2.3	Die GaAs-Zelle	95
4.5.2.4	Die CdSe-Solarzelle	96
4.6	Anwendungsbereiche	96

5 Der photovoltaische Solargenerator 98

5.1	Die Schaltung von Solarzellen zum Solarmodul	98
5.2	Der Stromrichter.	98
5.3	Die atmosphärische Extinktion der Strahlung	101
5.4	Der Konzentrator	104
5.5	Die Speicherung der gewonnenen elektrischen Energie	107
5.5.1	Der Bleiakкумулятор	107
5.5.2	Die Wasserelektrolyse und die Speicherung der Energie im Wasserstoff.	109
5.5.2.1	Die Wasserelektrolyse	109
5.5.2.2	Die Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle	111
5.5.2.3	Wasserstoff als Energiespeicher.	112
	Die Wasserstofftechnologie	112
5.6	Photovoltaische Solargeneratoren in der Forschung und Erprobungsphase.	113
5.6.1	Ein Labormodell.	113
5.6.2	Solargeneratoren in der Erprobungsphase.	115

6 Erschließung der Sonnenenergie für den privaten Haushalt und die Zukunftsarchitektur	119
6.1 Die photovoltaische Anlage für den privaten Haushalt	119
6.2 Das Haus des Jahres 2000 und die Zukunftsarchitektur	119
6.3 Das Zukunftshaus in den Tropen	126
7 Photovoltaik und solare Wasserstoffanlage: die zukünftige Energiequelle der Menschheit	128
7.1 Einleitung	128
7.2 Ablösung der fossilen Brennstoffe durch unerschöpfliche Energiequellen	128
7.2.1 Die Kernenergie	130
7.2.1.1 Die Kernspaltung	130
7.2.1.2 Die Kernverschmelzung oder Kernfusion	132
7.2.1.3 Wirtschaftliche Betrachtung der Kernenergie	134
7.2.2 Die Sonnenstrahlungsenergie	135
7.2.2.1 Die Photosynthese	137
7.2.2.2 Der Thermo-Solar-Empfänger	138
7.2.2.3 Die Photovoltaik	140
7.3 Die Photovoltaik und die solare Wasserstoffanlage	143
7.3.1 Die Wasserstoffanlage	145
7.3.2 Vorteile der photovoltaischen solaren Wasserstoff-plantagenwirtschaft	150
7.3.2.1 Wasserstoffwirtschaft und Ökologie	150
7.3.2.2 Sozio-Politische Folgerungen	155
Anhang	157
A. 1 Wichtige physikalische Konstanten	157
A. 2 Energie und Leistung, Umwandlungsformeln und Maßeinheiten	158
A. 3 Energie- und Leistungsumwandlungsfaktoren	159
A. 4 Bildquellennachweis	160
Autorenverzeichnis	161
Literaturverzeichnis	163
Sachverzeichnis	167