

Inhaltsverzeichnis

Physikalische Größen	11
Einleitung	17
1 Beschreibung des Rauschens im Zeitbereich	20
1.1 Das Schwankungsquadrat	21
1.2 Korrelation	22
1.3 Korrelationsfunktion	24
1.4 Autokorrelationsfunktion	26
1.5 Folge identischer, statistisch unabhängiger Impulse	29
1.6 Statistische Übergänge zwischen zwei Zuständen	33
2 Beschreibung des Rauschens im Frequenzbereich	42
2.1 Spektrale Leistungsdichte	42
2.2 Zusammenhang zwischen Autokorrelationsfunktion und spektraler Leistungsdichte	43
2.3 Folge identischer, statistisch unabhängiger Impulse	46
2.4 Kreuzspektrum	47
2.5 Schmalbandrauschen	48
3 Thermisches Rauschen	50
3.1 Phänomenologische Beschreibung	50
3.2 Berechnung des thermischen Rauschens nach dem Modell von Drude	52
3.3 Thermisches Rauschen passiver Netzwerke	55
3.4 Obere Frequenzgrenze des thermischen Rauschens	57
3.5 Gültigkeit der Beziehungen für thermisches Rauschen in aktiven Bauelementen	58
3.6 „Heiße“ Elektronen	59
4 Schrotrauschen	66
4.1 Phänomenologische Beschreibung	66
4.2 Leistungsspektrum des Schrotrauschens	67
4.3 „Schrotrauschen“ stromdurchflossener Widerstände	69

5	Generations-Rekombinations-Rauschen	70
5.1	Statistische Schwankungen von Ladungen	70
5.2	Ladungsschwankungen in Eigenleitungs- und Störstellen-Halbleitern	71
5.3	Generations-Rekombinations-Rauschen im Quasi-Gleichgewicht	78
5.4	Rauschen stromdurchflossener Widerstände	80
5.5	Generations-Rekombinations-Rauschen bei starker Abweichung vom thermischen Gleichgewicht	84
6	1/f-Rauschen	86
6.1	Zusammenhang zwischen der Dauer eines Elementarvorganges und dem Rauschspektrum	86
6.2	Energieinhalt von Rauschspektren	87
6.3	Hooge-Modell	89
6.4	McWhorter-Modell	90
7	Übertragung von Rauschen über elektrische Netzwerke	93
7.1	Übertragung über lineare Netzwerke	94
7.2	Übertragung über nichtlineare Netzwerke	97
7.3	Geometrieabhängigkeit des Rauschens homogener Proben	98
7.4	Impedanzfeldmethode	100
8	Kenngrößen rauschender linearer Vierpole	104
8.1	Ersatzschaltbilder	104
8.2	Rauschzahl	106
8.3	Rauschtemperatur	113
8.4	Rauschmaß	114
9	Rauschmeßtechnik	116
9.1	Meßprinzip	116
9.2	Messung der Rauschzahl	117
9.3	Rauschquellen	118
9.4	Korrelationsmeßmethode	120
9.5	Messung der Korrelation	122
9.6	Erforderliche Mindestmeßzeit	123
10	Dioden	125
10.1	Diffusionsbegrenzter Diodenstrom	127
10.2	Dioden mit Generation-Rekombination in der Raumladungszone	129
10.3	Schottky-Dioden und Tunnelioden	132
10.4	Rauschersatzschaltbild	134
10.5	Rauschzahl eines Diodenmischers	134
10.6	Tunneliodenverstärker	137
10.7	Parametrischer Verstärker	138

10.8	Gunn-Elemente	140
10.9	Vergleich von Rauschzahlen	142
11	Bipolare Transistoren	143
11.1	Schrotrauschen	143
11.2	Thermisches Rauschen und Ersatzschaltbild	149
11.3	Generations-Rekombinations-Rauschen ($1/f$ -Rauschen)	150
11.4	Rauschtemperatur eines Transistorverstärkers in Emitterschaltung	151
11.5	Rauschzahl eines Transistorverstärkers in Basisschaltung	155
11.6	Burst-Rauschen	159
12	Feldeffekttransistoren	161
12.1	Qualitative Beschreibung	161
12.2	Thermisches Kanalrauschen	162
12.3	Sperrschicht-FET	173
12.4	MOS-FET	177
12.5	MES-FET	178
12.6	Rauschzahl eines FET-Verstärkers	180
12.7	Betrieb bei tiefen Temperaturen	182
12.8	Ladungsverschiebungselemente	183
13	Empfang optischer Signale	190
13.1	<i>pn</i> -Fotodiode	191
13.2	Betriebsarten optischer Detektoren	193
13.3	Rauschquellen in Fotodetektoren	196
13.4	Schrotrauschen der Fotodiode, Quantenrauschen	198
13.5	Thermisches Rauschen, Verstärkerrauschen	199
13.6	Fotodioden mit internem Gewinn	200
13.7	Rauschersatzschaltbilder der Fotodiode	202
13.8	Signal-Geräusch-Verhältnis optischer Detektoren	202
13.9	NEP-Wert und Detektivität D	205
13.10	Fotoleiter	209
13.11	Mikrowellengepumpte Fotodetektoren	214
13.12	Überlagerungsempfang	217
13.13	Überblick über die erreichten NEP-Werte	219
14	Oszillatorrauschen	221
14.1	Beschreibungsgrößen für Oszillatorrauschen	221
14.2	Messung des Oszillatorrauschens	224
14.3	Vier- und Zweipol-Oszillatormodelle	225
14.4	Oszillatoren mit rascher Amplitudenbegrenzung	228
14.5	Oszillatoren mit langsamer Amplitudenregelung	237
14.6	Modulationsrauschen und Selbstgleichrichtung	239
14.7	Impattoszillatoren	241

14.8	Gunn-Oszillatoren	246
14.9	Laserdioden	247
15	Anhang	249
15.1	Stabilität negativer Widerstände	249
15.2	Zusammenhang zwischen Signal-Geräusch-Verhältnis und Fehlerrate für Digitalsignale	253
15.3	Berechnung der Rauschzahl einer Lawinenfotodiode	254
15.4	MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)	258
	Literatur	260
	Sachverzeichnis	269