

JEITA

電子情報技術産業協会規格

Standard of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

JEITA ED-4359A

マイクロ波半導体デバイスの特性及び測定方法 Measuring Methods of Microwave Semiconductor Devices

2005年12月制定

2025年10月改正

作成

半導体製品技術委員会

Discrete Semiconductor Technical Committee

発行

一般社団法人 電子情報技術産業協会

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

目 次

1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
3.1 一般項目	1
3.1.1 周囲温度又はケース温度	1
3.1.2 保存温度 (T_{stg})	1
3.1.3 総消費電力 (P_{tot})	1
3.1.4 電源電圧 (V_{xxn})	1
3.1.5 出力電圧 (V_o)	2
3.1.6 入力電圧 (V_i)	2
3.1.7 端子電流 (I_{xxn})	2
3.2 バイポーラトランジスタ	2
3.2.1 接合温度 (T_j)	2
3.2.2 コレクタ・ベース間電圧 (V_{CB})	2
3.2.3 エミッタ・ベース間電圧 (V_{EB})	2
3.2.4 コレクタ・エミッタ間電圧 (V_{CE})	2
3.2.5 コレクタ電流 (I_C)	2
3.2.6 ベース電流 (I_B)	2
3.2.7 電流増幅率 (h_{21c})	3
3.2.8 コレクタ・ベース間降伏電圧 ($V_{(BR)CBO}$)	3
3.2.9 エミッタ・ベース間降伏電圧 ($V_{(BR)EBO}$)	3
3.2.10 コレクタ・エミッタ間降伏電圧 ($V_{(BR)CEO}$)	3
3.2.11 コレクタ・ベース間遮断電流 (I_{CBO})	3
3.2.12 エミッタ・ベース間遮断電流 (I_{EBO})	3
3.2.13 コレクタ・エミッタ間遮断電流 (I_{CEO})	3
3.2.14 接合・ケース間熱抵抗 ($R_{th(j-c)}$)	3
3.2.15 エミッタ接地帰還容量 (C_{re})	3
3.2.16 ベース接地出力容量 (C_{obs})	3
3.2.17 コレクタ・ベース間容量 (C_{cb})	3
3.3 電界効果トランジスタ	3
3.3.1 チャネル温度 (T_{ch})	3
3.3.2 ドレイン・ソース間電圧 (V_{DS})	3
3.3.3 ゲート・ソース間電圧 (V_{GS})	3
3.3.4 ピンチオフ電圧 (V_{GSoff})	3
3.3.5 ゲート・ソース間耐圧 ($V_{(BR)GS}$)	4
3.3.6 飽和ドレイン電流 (I_{DSS})	4
3.3.7 相互コンダクタンス (g_m)	4

3.3.8	チャンネル・ケース間熱抵抗 ($R_{th(ch-c)}$)	4
3.4	定格	4
3.4.1	一般	4
3.4.2	定格周囲温度 (T_{amb}) 又は定格ケース温度 (T_{case})	4
3.4.3	コレクタ・ベース間定格電圧 (V_{CBO})	4
3.4.4	コレクタ・エミッタ間定格電圧 (V_{CEO})	4
3.4.5	エミッタ・ベース間定格電圧 (V_{EBO})	4
3.4.6	ドレイン・ソース間定格電圧 (V_{DS})	4
3.4.7	ゲート・ソース間定格電圧 (V_{GS})	4
3.4.8	定格電源電圧	4
3.4.9	定格入力電力	4
3.4.10	出力負荷変動強度 (Ψ_R)	4
3.5	一般的マイクロ波特性項目	5
3.5.1	s パラメータ (S)	5
3.5.2	入力反射係数 ($ S_{11} $), 入力反射損失 (L_{r1})	5
3.5.3	出力反射係数 ($ S_{22} $), 出力反射損失 (L_{r2})	5
3.5.4	逆方向伝達係数 ($ S_{12} $) 及びアイソレーション ($ S_{12} ^2$)	5
3.5.5	順方向伝達係数 ($ S_{21} $) 及び 挿入電力利得 ($ S_{21} ^2$)	6
3.5.6	群遅延時間 ($t_{d(grp)}$)	6
3.5.7	最大発振周波数 (f_{max})	6
3.5.8	遷移周波数 (f_T)	7
3.5.9	電流利得遮断周波数 (f_c)	7
3.5.10	最大有能利得 ($G_{a(max)}$)	7
3.5.11	最大安定利得 ($G_{s(max)}$)	7
3.5.12	最大単方向電力利得 ($G_{u(max)}$)	7
3.5.13	雑音指数 (F)	8
3.5.14	付随利得 (G_{as})	8
3.5.15	雑音測度 (M)	8
3.5.16	最小雑音指数 (F_{min})	8
3.5.17	最小雑音時入力反射係数 (r_{Fmin})	8
3.5.18	(入力側換算) 等価雑音抵抗 (R_n)	8
3.5.19	雑音出力電力 (P_N)	8
3.5.20	最小変換雑音指数 ($F_{c(min)}$)	9
3.5.21	付随変換利得 (G_{ca})	9
3.6	電力増幅器	9
3.6.1	出力電力 (P_o)	9
3.6.2	電力利得 (G_p)	9
3.6.3	電力利得偏差 (ΔG_p)	9
3.6.4	線形利得 (G_{lin})	9
3.6.5	線形利得偏差 (ΔG_{lin})	9

3.6.6	1 dB 利得圧縮時出力電力 ($P_{o(1dB)}$)	9
3.6.7	1 dB 利得圧縮時電力利得 ($G_{p(1dB)}$)	9
3.6.8	電力付加効率 (η_{add})	9
3.6.9	コレクタ効率 (η_c)	9
3.6.10	ドレイン効率 (η_d)	10
3.6.11	n 次相互変調歪 (P_n/P_o)	10
3.6.12	相互変調歪積のインタセプトポイント入力電力 ($P_{i,n(IP)}$)	10
3.6.13	相互変調歪積のインタセプトポイント出力電力 ($P_{o,n(IP)}$)	10
3.6.14	n 次高調波歪 (P_{nth}/P_1)	10
3.6.15	AM-PM 変換係数 ($\alpha_{(AM-PM)}$)	10
3.6.16	リミット出力電力 ($P_{o(ltd)}$)	11
3.6.17	リミット出力電力平坦度 ($\Delta P_{o(ltd)}$)	11
3.6.18	利得可変範囲 (ΔG_{red})	11
3.6.19	出力負荷変動耐性 (Ψ_L)	11
3.6.20	入力負荷変動耐性 (Ψ_S)	11
3.6.21	出力負荷変動強度 (Ψ_R)	11
3.6.22	入力反射係数 (反射損失) ($ S_{11} $)	11
3.6.23	出力反射係数 (反射損失) ($ S_{22} $)	11
3.6.24	雑音出力電力 (P_N)	11
3.6.25	総合効率 (η_t)	11
3.7	周波数変換器	12
3.7.1	一般	12
3.7.2	変換利得 (G_C)	12
3.7.3	変換利得偏差 (ΔG_C)	12
3.7.4	LO/IF アイソレーション ($P_{LO}/P_{LO(IF)}$)	12
3.7.5	LO/RF アイソレーション ($P_{LO}/P_{LO(RF)}$)	12
3.7.6	RF/IF アイソレーション ($P_{RF}/P_{RF(IF)}$, $P_{IF}/P_{IF(RF)}$)	12
3.7.7	イメージ抑圧比 ($P_o/P_{o(im)}$)	12
3.7.8	側波帯抑圧比 ($P_o/P_{o(u)}$, $P_o/P_{o(d)}$)	13
3.7.9	LO 端反射損失 ($L_{ret(LO)}$)	13
3.7.10	RF 端反射損失 ($L_{ret(RF)}$)	13
3.7.11	IF 端反射損失 ($L_{ret(IF)}$)	13
3.7.12	出力電力 (P_o)	13
3.7.13	1 dB 利得圧縮時出力電力 (周波数変換器) ($P_{o(1dB)}$)	13
3.7.14	雑音指数 (F)	13
3.7.15	n 次相互変調歪 (P_n/P_o)	13
3.7.16	インタセプトポイント出力電力 ($P_{o,n(IP)}$)	13
3.7.17	インタセプトポイント入力電力 ($P_{i,n(IP)}$)	14
3.8	周波数分周器	14
3.8.1	出力電力 (P_o)	14

3.8.2	出力振幅 (V_o)	14
3.8.3	最小動作入力電力 ($P_{i,min}$)	14
3.8.4	最大動作入力電力 ($P_{i,max}$)	14
3.8.5	最小動作入力振幅 ($V_{i,min}$)	14
3.8.6	最大動作入力振幅 ($V_{i,max}$)	14
3.8.7	上限入力周波数 ($f_{i,max}$)	14
3.8.8	下限入力周波数 ($f_{i,min}$)	14
3.8.9	高レベルモジュラスコントロール入力電圧 (V_{CH})	14
3.8.10	低レベルモジュラスコントロール入力電圧 (V_{CL})	14
3.8.11	高レベルモジュラスコントロール入力電流 (I_{CH})	14
3.8.12	低レベルモジュラスコントロール入力電流 (I_{CL})	15
3.9	スイッチ	15
3.9.1	挿入損失 (L_{ins})	15
3.9.2	アイソレーション (L_{iso})	15
3.9.3	1 dB 挿入損失増加時出力電力 ($P_{o(1dB)}$) 及び 1 dB 挿入損失増加時入力電力 ($P_{i(1dB)}$)	15
3.9.4	端子反射損失 (L_{ret})	15
3.9.5	スイッチング時間 (t_{on} , t_{off} , t_r , t_f)	15
3.10	発振器	16
3.10.1	発振出力電力 ($P_{o,osc}$)	16
3.10.2	位相雑音 (ϕ_N)	16
3.10.3	制御電圧感度 (発振器, 電圧制御型) ($S_{f,v}$)	16
3.10.4	プッシング ($f_{osc,push}$)	16
3.10.5	プリング ($f_{osc,pull}$)	16
3.10.6	高調波 (発振器) (P_{nth}/P_1)	16
4	標準	17
4.1	トランジスタ	17
4.1.1	対象とするデバイスの区分	17
4.1.2	デバイスと適用する特性項目	17
4.2	増幅器	19
4.2.1	対象とするデバイスの区分	19
4.2.2	デバイスと適用する特性項目	19
4.3	周波数変換器	20
4.3.1	対象とするデバイスの区分	20
4.3.2	デバイスと適用する特性項目	20
4.4	周波数分周器	21
4.4.1	対象とするデバイスの区分	21
4.4.2	デバイスと適用する特性項目	21
4.5	スイッチ	22
4.5.1	デバイスと適用する特性項目	22

4.6	発振器	22
4.6.1	対象とするデバイスの区分	22
4.6.2	デバイスと適用する特性項目	23
5	測定条件	23
5.1	基準測定条件	23
5.1.1	電源	23
5.1.2	計器	23
5.1.3	基準測定条件	23
5.2	測定上の注意事項	24
5.2.1	一般	24
5.2.2	電氣的測定条件	24
5.2.3	静電気	24
5.2.4	計器の接地	24
5.2.5	バイアス電源	24
5.2.6	パルス測定	24
5.2.7	供試素子マウント	24
5.2.8	単位	24
6	マイクロ波特性測定方法	25
6.1	一般的マイクロ波特性測定方法	25
6.1.1	s パラメータ (s)	25
6.1.2	入力反射係数($ S_{11} $), 入力反射損失(L_{r1})	26
6.1.3	出力反射係数($ S_{22} $), 出力反射損失(L_{r2})	28
6.1.4	逆方向伝達係数 ($ S_{12} $) 及び アイソレーション ($ S_{12} ^2$)	31
6.1.5	順方向伝達係数 ($ S_{21} $) 及び 挿入電力利得 ($ S_{21} ^2$)	32
6.1.6	群遅延時間 ($t_{d(grp)}$)	33
6.1.7	最大発振周波数 (f_{max})	34
6.1.8	遷移周波数 (f_T)	35
6.1.9	電流利得遮断周波数 (f_c)	36
6.1.10	最大有能利得 ($G_{a(max)}$)	36
6.1.11	最大安定利得 ($G_{s(max)}$)	37
6.1.12	最大単方向電力利得 ($G_{u(max)}$)	37
6.1.13	最小雑音指数 (F_{min}) 及び 付随電力利得 (G_{as})	38
6.1.14	最小雑音指数 (F_{min}), 最小雑音時入力反射係数 (r_{Fmin}) 及び 等価雑音抵抗 (R_n)	40
6.1.15	雑音出力電力 (P_N)	42
6.1.16	1 dB 利得圧縮時出力電力 ($P_{o(1dB)}$) 及び 1 dB 利得圧縮時電力利得 ($G_{p(1dB)}$)	44
6.1.17	n 次相互変調歪 (P_n/P_o)	46
6.1.18	出力電力 (P_o), 電力利得 (G_p) 及び 効率	49
6.1.19	最小変換雑音指数 ($F_{c(min)}$) 及び変換電力利得 (G_{ca})	50
6.1.20	発振出力 (P_{osc})	54
6.1.21	出力負荷変動耐性 (Ψ_L)	55

6.1.22	入力負荷変動耐性 (Ψ_S)	58
6.1.23	出力負荷変動強度 (Ψ_R)	61
6.2	電力増幅器測定方法	62
6.2.1	出力電力 (P_o)	62
6.2.2	電力利得 (G_p)	63
6.2.3	電力利得偏差 (ΔG_p)	64
6.2.4	線形利得 (G_{lin})	64
6.2.5	線形利得偏差 (ΔG_{lin})	65
6.2.6	1 dB 利得圧縮時出力電力 ($P_{o(1dB)}$) 及び 1 dB 利得圧縮時電力利得 ($G_{p(1dB)}$)	66
6.2.7	電力付加効率 (η_{add}) 及び 総合効率 (η_t)	67
6.2.8	n 次相互変調歪 (P_n/P_o)	68
6.2.9	インタセプトポイント出力電力 ($P_{o,n(IP)}$) 及び インタセプトポイント入力電力 ($P_{i,n(IP)}$)	69
6.2.10	n 次高調波歪 (P_{nth}/P_1)	70
6.2.11	AM-PM 変換係数 ($\alpha_{(AM-PM)}$)	70
6.2.12	リミットアンプのリミット出力電力 ($P_{o(ltd)}$) 及び リミット出力電力平坦度 ($\Delta P_{o(ltd)}$)	72
6.2.13	利得可変範囲 (ΔG_{red})	73
6.2.14	出力負荷変動耐性 (Ψ_L)	73
6.2.15	入力負荷変動耐性 (Ψ_S)	76
6.2.16	出力負荷変動強度 (Ψ_R)	79
6.2.17	雑音指数 (F) 及び 付随利得 (G_{as})	80
6.2.18	隣接チャネル漏洩電力比 ($P_{adj}/P_{o(mod)}$)	82
6.2.19	入力反射係数 ($ S_{11} $), 入力反射損失 (L_{r1})	84
6.2.20	出力反射係数 ($ S_{22} $), 出力反射損失 (L_{r2})	84
6.2.21	雑音出力電力 (P_N)	84
6.2.22	総合効率 (η_t)	84
6.3	周波数変換器測定方法	85
6.3.1	変換利得 (G_c)	85
6.3.2	変換利得偏差 (ΔG_c)	86
6.3.3	出力電力 (P_o)	88
6.3.4	1 dB 利得圧縮時出力電力 ($P_{o(1dB)}$)	88
6.3.5	雑音指数 (F)	90
6.3.6	n 次相互変調歪 (P_n/P_o)	92
6.3.7	インタセプトポイント出力電力 ($P_{o,n(IP)}$) 及び インタセプトポイント入力電力 ($P_{i,n(IP)}$)	94
6.3.8	LO/IF アイソレーション ($P_{LO}/P_{LO(IF)}$)	96
6.3.9	LO/RF アイソレーション ($P_{LO}/P_{LO(RF)}$)	97
6.3.10	RF/IF アイソレーション ($P_{RF}/P_{RF(IF)}$), ($P_{IF}/P_{IF(RF)}$)	99
6.3.11	イメージ抑圧比 ($P_o/P_{o(im)}$)	102
6.3.12	側波帯抑圧比 ($P_o/P_{o(u)}$), ($P_o/P_{o(d)}$)	103
6.3.13	LO 端反射損失 ($L_{ret(LO)}$)	104
6.3.14	RF 端反射損失 ($L_{ret(RF)}$)	106

6.3.15	IF 端反射損失 ($L_{\text{ret(IF)}}$)	107
6.4	周波数分周器の測定方法	108
6.4.1	出力電力 (P_o)	108
6.4.2	出力振幅 (V_o)	109
6.4.3	最小動作入力電力 ($P_{i,\text{min}}$)	110
6.4.4	最大動作入力電力 ($P_{i,\text{max}}$)	112
6.4.5	最小動作入力振幅 ($V_{i,\text{min}}$)	113
6.4.6	最大動作入力振幅 ($V_{i,\text{max}}$)	114
6.4.7	上限入力周波数 ($f_{i,\text{max}}$)	115
6.4.8	下限入力周波数 ($f_{i,\text{min}}$)	116
6.4.9	高レベルモジュラスコントロール入力電圧 (V_{CH})	117
6.4.10	低レベルモジュラスコントロール入力電圧 (V_{CL})	119
6.4.11	高レベルモジュラスコントロール入力電流 (I_{CH})	119
6.4.12	低レベルモジュラスコントロール入力電流 (I_{CL})	120
6.5	スイッチ測定方法	121
6.5.1	一般	121
6.5.2	挿入損失 (L_{ins})	121
6.5.3	アイソレーション (L_{iso})	123
6.5.4	端子反射損失 (L_{ret})	123
6.5.5	1 dB 挿入損失増加時出力電力 ($P_{o(1\text{dB})}$) 及び 1 dB 挿入損失増加時入力電力 ($P_{i(1\text{dB})}$)	125
6.5.6	スイッチング時間 (t_{on} , t_{off} , t_r , t_f)	125
6.6	発振器測定方法	127
6.6.1	発振出力電力 ($P_{o,\text{osc}}$)	127
6.6.2	位相雑音 (ϕ_N)	128
6.6.3	制御電圧感度 ($S_{f,v}$)	130
6.6.4	プッシング ($f_{\text{osc,push}}$)	130
6.6.5	プリング ($f_{\text{osc,pull}}$)	131
6.6.6	n 次高調波 (P_{nth}/P_1)	132
7	慣用記号	134
8	附属書	140
8.1	マイクロ波半導体デバイスの取扱い	140
8.1.1	適用範囲	140
8.1.2	使用上の一般的注意事項	140
8.1.3	注意事項	140
8.2	ラベル・シンボル	142
8.3	マイクロ波半導体素子測定用供試素子マウントに関する一般的注意事項	143
8.3.1	適用範囲	143
8.3.2	供試素子マウントに関する要求事項	143
8.3.3	供試素子マウントを構成する場合の一般的注意事項	143

9 解説	148
9.1 s パラメータに関連する諸量	148
9.1.1 一般	148
9.1.2 y パラメータ, z パラメータ, h パラメータ, ABCDパラメータ, t パラメータ	148
9.1.3 電圧定在波比 (VSWR)	149
9.1.4 安定係数 (K)	149
9.1.5 単方向電力利得 (G_u)	149
9.1.6 最大単方向電力利得 ($G_{u(max)}$)	149
9.1.7 最大有能電力利得 ($G_{a(max)}$), 最大安定電力利得 ($G_{s(max)}$)	149
9.2 雑音パラメータ	150
9.2.1 一般	150
9.2.2 S/N 比, 有効雑音温度	150
9.2.3 雑音パラメータ	150
9.2.4 雑音測度	150
9.3 位相雑音	150
10 規格改正の経緯	151
10.1 改正の目的	151
10.2 改正の経緯	152
10.3 改正内容の概要	152
10.4 審議委員	152

電子情報技術産業協会規格

マイクロ波半導体デバイスの特性及び測定方法

Measuring Methods of Microwave Semiconductor Devices

1 適用範囲

この規格は、マイクロ波半導体デバイスの電气的性能の測定方法について規定する。なお、ここでいう半導体デバイスとは、個別素子及び集積回路をいい、チップ及びパッケージ入りの両タイプをいう。この規格に記されている測定システムの入力及び出力の特性インピーダンスは、指定がない限り 50 Ωとする。また、マイクロ波とは、一般的に 300 MHz から 300 GHz の周波数帯域をいう。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

- a) IEC 60747-1 Semiconductor devices. Discrete devices. Part 1: General
- b) IEC 60747-4 Semiconductor devices. Discrete devices. Part 4: Microwave diodes and transistors
- c) IEC 60747-7 Semiconductor devices. Discrete devices. Part 7: Bipolar transistors
- d) IEC 60747-8 Semiconductor devices. Discrete devices. Part 8: Field-effect transistors
- e) IEC 60747-16-1 Semiconductor devices. Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers
- f) IEC 60747-16-2 Semiconductor devices. Part 16-2: Microwave integrated circuits – Frequency prescalers
- g) IEC 60747-16-3 Semiconductor devices. Part 16-3: Microwave integrated circuits – Frequency converters
- h) IEC 60747-16-4 Semiconductor devices. Part 16-4: Microwave integrated circuits – Switches
- i) IEC 60747-16-5 Semiconductor devices. Part 16-5: Microwave integrated circuits – Oscillators
- j) IEC 60747-16-6 Semiconductor devices. Part 16-6: Microwave integrated circuits – Frequency multipliers
- k) JIS C 0617 電気用図記号
- l) JIS Z 8001-1 量及び単位—第1部：一般
- m) JIS Z 8301 規格票の様式及び作成方法

3 用語及び定義

3.1 一般項目

3.1.1 周囲温度又はケース温度

周囲の温度，又は，ケースの温度。

3.1.2 保存温度 (T_{stg})

デバイスが保存される温度。

3.1.3 総消費電力 (P_{tot})

デバイスが消費する総電力。

3.1.4 電源電圧 (V_{xxn})

‘n’番目の‘xx’端子に供給される直流電圧。