

TOSHIBA

高周波用半導体デバイス

トランジスタ・FET・セルパック編

株式会社 **東芝** セミコンダクター社

- 当社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、一般に半導体製品は誤作動したり故障することがあります。当社半導体製品をご使用いただく場合は、半導体製品の誤作動や故障により、生命・身体・財産が侵害されることのないように、購入者側の責任において、機器の安全設計を行うことをお願いします。
なお、設計に際しては、最新の製品仕様をご確認の上、製品保証範囲内でご使用いただくと共に、考慮されるべき注意事項や条件について「東芝半導体製品の取り扱い上のご注意とお願い」、「半導体信頼性ハンドブック」などをご確認ください。
- 本資料に掲載されている製品は、一般的電子機器（コンピュータ、パーソナル機器、事務機器、計測機器、産業用ロボット、家電機器など）に使用されることを意図しています。特別に高い品質・信頼性が要求され、その故障や誤作動が直接人命を脅かしたり人体に危害を及ぼす恐れのある機器（原子力制御機器、航空宇宙機器、輸送機器、交通信号機器、燃焼制御、医療機器、各種安全装置など）にこれらの製品を使用すること（以下“特定用途”という）は意図もされていませんし、また保証もされていません。本資料に掲載されている製品を当該特定用途に使用することは、お客様の責任でなされることとなります。

本資料に掲載されている製品の材料には GaAs（ガリウム砒素）が使われているものがあります。その粉末や蒸気は人体に対し有害ですので、破壊、切断、粉碎や化学的な分解はしないで下さい。

本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社および第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。

本資料に掲載されている製品を、国内外の法令、規則および命令により製造、販売を禁止されている応用製品に使用することはできません。

本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。

まえがき

平素は、東芝半導体製品のご愛顧を賜り厚くお礼申し上げます。

さて、このたび2005年度版半導体データブック「高周波用半導体デバイス：トランジスタ・FET・セルパック編」が完成しましたのでご案内いたします。

なお、「高周波用半導体デバイス編」は「ダイオード編」「トランジスタ・FET・セルパック編」「パワーデバイス編」に分冊していますので、用途に応じてご利用頂きたく併せてご案内申し上げます。

今日、ICの分野ではLSI化・超LSI化・デジタル化・ASIC化などさまざまな変化が見られ、システムのオンシリコン化が進んでいます。しかし、高周波増幅・低雑音増幅・高周波高出力増幅などの分野では、まだまだ個別半導体に一步を譲るのが実状であります。

本資料は、かかる分野への応用に適したトランジスタ・ダイオード群を中心に、その電気的特性のみならず応用回路例、実装例なども盛り込み電気的・機械的設計に役立つよう編集してあります。ほかのデータブック・マニュアルなどとともに、システム設計にご活用いただければ幸いです。

当社では、引き続きかかる分野での技術開発改良を進めてまいり、あらゆるご要望におこたえしてまいりたいと存じます。今後ともご指導、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

2005年 2月

総目次

[1]	掲載品種一覧表	7
[2]	用途別, 外囲器別選択早見表	13
[3]	主要特性一覧表	21
[4]	推奨ブロック図	41
[5]	最大定格および電気的特性の定義	55
	1. 最大定格の定義	57
	2. 電気的特性の定義	63
[6]	解 説	71
	1. 高周波トランジスタのパラメータ	73
	2. 利得と安定度	87
	3. 高周波用3端子MOS FET	91
	4. デュアルゲートMOS FETのAGC	92
	5. 相互変調 (Inter modulation) と混変調 (Cross modulation) ...	98
	6. 包装形態	101
	7. 参考パッド寸法	133
[7]	取り扱い上のご注意とお願い	141



[8]	個別規格	173
	トランジスタ	175
	FET	663
	複合型トランジスタ	809
	セルパック	881
[9]	パッケージ外観図	991
[10]	保守品種一覧表	999
[11]	廃止品種一覧表	1003

[1] 掲載品種一覧表

[1] 掲載品種一覧表

品 番	現品表示	ページ	品 番	現品表示	ページ
2SA1245	MD	176	2SC4251	HF	341
2SC380TM	C380TM	180	2SC4252	HO	344
2SC941TM	C941TM	187	2SC4253	HH	347
2SC1923	C1923	191	2SC4915	Q□ (□…R, O, Y)	350
2SC2216	C2216	197	2SC5064	MA□ (□…O, Y)	354
2SC2347	C2347	200	2SC5065	MA□ (□…O, Y)	360
2SC2349	C2349	203	2SC5066	M1/M2 (…O/Y)	366
2SC2498	C2498	206	2SC5066FT	M1/M2 (…O/Y)	372
2SC2668	C2668	210	2SC5084	MC□ (□…O, Y)	374
2SC2669	C2669	216	2SC5085	MC□ (□…O, Y)	380
2SC2670	C2670	222	2SC5086	M5/M6 (…O/Y)	386
2SC2714	Q□ (□…R, O, Y)	226	2SC5086FT	M5/M6 (…O/Y)	392
2SC2715	R□ (□…R, O, Y)	233	2SC5087	C□ (□…O, Y)	394
2SC2716	F□ (□…R, O, Y)	239	2SC5088	MC□ (□…O, Y)	400
2SC2717	C2717	197	2SC5089	MD□ (□…R, O)	406
2SC2753	C2753	243	2SC5090	MD□ (□…R, O)	412
2SC2995	C2995	246	2SC5091	M7/M8 (…R/O)	418
2SC2996	G□ (□…R, O, Y)	252	2SC5091FT	M7/M8 (…R/O)	424
2SC3098	MB	258	2SC5092	D□ (□…R, O)	426
2SC3099	MC	262	2SC5093	MD□ (□…R, O)	432
2SC3120	HB	266	2SC5094	ME□ (□…R, O)	438
2SC3121	HC	270	2SC5095	ME□ (□…R, O)	444
2SC3123	HE	273	2SC5096	M9/MA (…R/O)	450
2SC3124	HF	277	2SC5096FT	M9/MA (…R/O)	456
2SC3125	HH	280	2SC5097	E□ (□…R, O)	458
2SC3268	C3268	283	2SC5098	ME□ (□…R, O)	464
2SC3429	ME	288	2SC5106	MF□ (□…O, Y)	470
2SC3547A	HI	292	2SC5107	MF□ (□…O, Y)	475
2SC3605	C3605	295	2SC5108	MB/MC (…O/Y)	480
2SC3606	MH	300	2SC5108FT	MB/MC (…O/Y)	485
2SC3607	MH	306	2SC5109	MG□ (□…O, Y)	487
2SC3862	HL	312	2SC5110	MG□ (□…O, Y)	492
2SC4214	HN	315	2SC5111	MD/ME (…O/Y)	497
2SC4215	Q□ (□…R, O, Y)	319	2SC5111FT	MD/ME (…O/Y)	502
2SC4244	HN	323	2SC5317FT	MT	504
2SC4245	HB	327	2SC5319	MT	506
2SC4246	HC	331	2SC5322	MU	511
2SC4247	HI	334	2SC5322FT	MU	513
2SC4250	HE	337	2SC5463	MX/MY (…O/Y)	515






品番	現品表示	ページ	品番	現品表示	ページ
2SC5464	MX/MY (…O/Y)	518	MT3S06T	AC	552
2SC5464FT	MX/MY (…O/Y)	520	MT3S06U	AC	556
2SK161	K161	664	MT3S07FS	04	558
2SK192A	K192A	669	MT3S07S	AD	560
2SK210	Y□ (□…Y, G, B)	674	MT3S07T	AD	562
2SK211	K□ (□…O, Y, G)	679	MT3S07U	AD	566
2SK241	K241	685	MT3S08FS	05	568
2SK302	T□ (□…O, Y, G)	691	MT3S08T	TH	570
2SK709	K709	696	MT3S11T	TR	572
2SK710	K710	699	MT3S12T	TJ	574
2SK711	RB□ (□…G, L, V)	702	MT3S150P	MP	576
2SK881	K□ (□…O, Y, G)	705	MT3S35FS	20	580
2SK882	T□ (□…Y, G)	711	MT3S35T	Q2	583
2SK1771	UB	716	MT3S36FS	21	586
2SK1875	RB□ (□…G, L, V)	721	MT3S36T	Q3	589
3SK195	UJ	724	MT3S37FS	22	592
3SK199	UM	729	MT3S37T	Q4	595
3SK207	UR	734	MT3S41FS	26	598
3SK225	UT	739	MT3S41T	Q7	601
3SK226	UU	745	MT3S45FS	29	604
3SK232	UO	750	MT3S45T	R4	607
3SK249	UO	753	MT4S03A	MR	610
3SK256	UR	758	MT4S03AU	MR	612
3SK257	UT	764	MT4S04A	AE	614
3SK258	UU	770	MT4S04AU	AE	616
3SK259	UI	775	MT4S06	AC	618
3SK260	UH	781	MT4S06U	AC	620
3SK291	UF	787	MT4S07	AD	622
3SK292	UV	793	MT4S100T	P6	624
3SK293	UF	798	MT4S100U	P6	628
3SK294	UV	804	MT4S101T	P7	631
MT3S03AFS	00	522	MT4S101U	P7	635
MT3S03AS	MR	524	MT4S102T	P8	638
MT3S03AT	MR	526	MT4S102U	P8	642
MT3S03AU	MR	531	MT4S104T	P1	646
MT3S04AFS	01	533	MT4S104U	P1	650
MT3S04AS	AE	535	MT4S32U	U4	654
MT3S04AT	AE	537	MT6C03AE	AM	810
MT3S04AU	AE	542	MT6C03AS	AM	812
MT3S05FS	02	544	MT6C04AE	AL	814
MT3S05T	TK	546	MT6C04AS	AL	816
MT3S06FS	03	548	MT6L03AE	TA	818
MT3S06S	AC	550	MT6L03AT	TA	820

品番	現品表示	ページ	品番	現品表示	ページ
MT6L04AE	AV	822	MT6L65FS	1F	878
MT6L04AT	<u>AV</u>	824	TA4000F	<u>UA</u>	882
MT6L05FS	32	826	TA4001F	U9	885
MT6L52AE	AK	828	TA4002F	U8	888
MT6L53E	WY	830	TA4004F	U1	891
MT6L53S	WY	832	TA4011AFE	U3	896
MT6L54E	ZD	834	TA4011FU	U3	898
MT6L54S	ZD	836	TA4012AFE	U4	901
MT6L55E	AR	838	TA4012FU	U4	903
MT6L55FS	12	840	TA4014FC		906
MT6L55S	AR	842	TA4014FE	<u>UH</u>	908
MT6L56E	AS	844	TA4014FT	<u>U6A</u>	910
MT6L56S	AS	846	TA4015FE	UJ	912
MT6L57AE	AW	848	TA4015FT	<u>U6B</u>	914
MT6L57AS	AW	850	TA4016AFE	U1	916
MT6L57AT	<u>AW</u>	852	TA4017FT	<u>U5</u>	921
MT6L58AE	AX	854	TA4018F	4018F	925
MT6L58AS	AX	856	TA4019F	4019F	931
MT6L58AT	<u>AX</u>	858	TA4101F	4101F	936
MT6L59E	<u>IC</u>	860	TA4107F	4107F	939
MT6L59T	<u>IC</u>	862	TA4205FC		944
MT6L61AE	TE	864	TA4303F	TA4303F	947
MT6L61AS	TE	866	TG2006F	2006	954
MT6L61AT	<u>TE</u>	868	TG2210FT	UL	959
MT6L62AE	TF	870	TG2211FT	UM	964
MT6L62AS	TF	872	TG2213S	UP	971
MT6L62AT	<u>TF</u>	874	TG2214S	UQ	977
MT6L64FS	19	876	TG2216TU	US	983

[2] 用途別, パッケージ別 選択早見表











[2] 用途別, パッケージ別選択早見表

1. TV チューナ用トランジスタ

用途			パッケージ				
			Super-Mini (SOT-23 MOD./ TO-236 MOD.)	Ultra Super-Mini	Super-Mini Quad (SOT-143 MOD.)	USQ	PW-Mini
							
UHF	RF	MOS			3SK199 3SK207 3SK232 3SK291	3SK256 3SK249 3SK293	
		Bipolar		2SC4244	2SC4214		
	MIX	Bipolar	2SC3120 2SC3862	2SC4245			
	OSC	Bipolar	2SC3120 2SC3121 2SC3547A	2SC4245 2SC4246 2SC4247			
VHF	RF	GaAs HBT					*MT3S150P
		MOS			3SK195 3SK225 3SK226 3SK292	3SK259 3SK257 3SK258 3SK294	
	MIX	Bipolar	2SC3123	2SC4250			
		MOS				3SK260	
	OSC	Bipolar	2SC3124	2SC4251 2SC4252			








*: 新製品

2. VHF~UHF 帯トランジスタ







用途		パッケージ									
		TO-92	Power-Mini (SOT-89)	Super-Mini (SOT-23 MOD. TO-236 MOD.)	Ultra Super-Mini	SSM	TESM	fSM	Super-Mini Quad. (SOT-143 MOD.)	USQ	TESQ
											
VHF~UHF Low Noise Amp	NPN・TR	2SC2498		2SC3098 2SC3099 2SC5064	2SC5065	2SC5066	2SC5066FT				
		2SC2753 2SC3605	2SC3268 2SC3607	2SC3429 2SC5084 2SC5089 2SC5094	2SC5085 2SC5090 2SC5095	2SC5086 2SC5091 2SC5096	2SC5086FT 2SC5091FT 2SC5096FT		2SC5087 2SC5092 2SC5097	2SC5088 2SC5093 2SC5098	
							2SC5317FT 2SC5322FT 2SC5464FT			2SC5319	
				2SC5463 MT3S06U MT3S07U	MT3S06S MT3S07S	MT3S06T MT3S07T MT3S14T *MT3S16T MT3S35T MT3S36T MT3S37T MT3S41T MT3S45T	MT3S06FS MT3S07FS *MT3S14FS *MT3S16FS MT3S35FS MT3S36FS MT3S37FS MT3S41FS MT3S45FS	MT4S06 MT4S07	MT4S06U	MT4S32U MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T
VHF~UHF OSC	NPN・TR			2SC3547A 2SC5106 2SC5109	2SC4247 2SC5107 2SC5110 *MT3S03AU *MT3S04AU	2SC5108 2SC5111 *MT3S03AS *MT3S04AS	2SC5108FT 2SC5111FT MT3S03AT MT3S04AT MT3S05T MT3S08T MT3S11T MT3S12T	MT3S03AFS MT3S04AFS MT3S05FS MT3S08FS *MT3S11FS *MT3S12FS *MT3S106FS	MT4S03A MT4S04A	MT4S03AU MT4S04AU	

*: 新製品

3. AM/FM チューナ用トランジスタ

用途			パッケージ						
			TO-92	Mini	Super-Mini (SOT-23 MOD. /TO-236 MOD.)	Ultra Super-Mini	SSM	Super-Mini Quad. (SOT-143 MOD.)	USQ
									
FM	RF	Dual Gate MOS						3SK195 3SK225 3SK226 3SK292	3SK257 3SK258 3SK294
		Single Gate MOS						2SK1771	
		Cascode MOS		2SK241	2SK302	2SK882			
		Cascode J-FET		2SK161	2SK211	2SK881			
		Single Gate J-FET		2SK192A	2SK210				
		Bipolar	2SC1923	2SC2668	2SC2714	2SC4215	2SC4915		
	MIX	Dual Gate MOS							3SK260
		Bipolar	2SC1923	2SC2668	2SC2714	2SC4215	2SC4915		
	OSC	Single Gate J-FET		2SK192A	2SK210				
		Bipolar	2SC1923	2SC2668 2SC2995	2SC2714 2SC2996	2SC4215	2SC4915		
	IF	Bipolar	2SC380TM	2SC2669 2SC2995	2SC2715 2SC2996				
	AM	RF	Single Gate J-FET	2SK709	2SK710	2SK711	2SK1875		
Bipolar			2SC941TM	2SC2670	2SC2716				
CONV		Bipolar	2SC380TM 2SC941TM 2SC1815	2SC2669 2SC2670 2SC2458	2SC2715 2SC2716 2SC2712		2SC4116		
		IF	Bipolar	2SC380TM 2SC1815	2SC2669 2SC2458	2SC2715 2SC2712	2SC4116		

4. 複合素子

用途	パッケージ					
	SMV	FM8	TU6	ES6	sES6	fS6
						
AM RF (with AGC)	HN3G01J					
VHF~UHF Low Noise Amp			MT6L03AT MT6L04AT	MT6C03AE MT6C04AE MT6L03AE MT6L04AE MT6L52AE MT6L53E MT6L54E MT6L55E MT6L56E MT6L57AT MT6L58AT MT6L59T MT6L61AT MT6L62AT	MT6C03AS MT6C04AS MT6L53S MT6L54S MT6L55S MT6L56S MT6L57AS MT6L58AS MT6L61AS MT6L62AS	MT6L05FS MT6L53FS MT6L54FS MT6L55FS MT6L56FS MT6L57AFS MT6L58AFS MT6L61AFS MT6L62AFS MT6L63FS MT6L64FS MT6L65FS MT6L66FS MT6L67FS MT6L68FS MT6L75FS MT6L76FS MT6L77FS

5. セルパック

用途	パッケージ											
	SMQ	SMV (SSOP5-P -0.95)	SM6 (SSOP6-P -0.95)	SM8 (SSOP8-P- 0.65)	SSOP20-P -225-1.00	USV (SSOP5-P- 0.65)	TU6	ES6	sES6	ESV	UF6	CS6
用途												
Diff. Wide Band Amp			TA4000F									
VHF~UHF Wide Band Amp	TA4001F TA4002F	TA4004F				TA4011FU TA4012FU			TA4016AFE	TA4011AFE TA4012AFE		
VHF~UHF Amp MIX			TA4100F									
VHF~UHF DBM				TA4101F TA4107F								
Power Amp				#TG2006F								
SPDT SWICH						TG2210FT #TG2211FT			#TG2213S #TG2214S		#TG2216TU	
ATT												
BS CONV IC					TA4303F							
TCXO						TA4014FT TA4015FT	TA4014FE TA4015FE					TA4014FC
VCO												TA4205FC

#: GaAs

[3] 主要特性一覽表

[3] 主要特性一覧表

1. TV チューナ用トランジスタ

用途	品番	最大定格			電 気 的 特 性												パッケージ	
		V _{CEO} (V)	I _C (mA)	P _C (mW)	h _{FE}		f _T (Typ.)		G _p (G _C -)/NF (Typ.)				C _{re} (C _{rb} ▲) (pF)	C _{ob} (pF)				
					V _{CE} (V)	I _C (mA)	(MHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	(dB/dB)	V _{CC} (V)	I _C (mA)			V _{AGC} (V)	f (MHz)		
VHF RF	#MT3S150P	8	90	650	100~200	5	50	1700	5	50	10/0.95	5	10	—	1000	0.85	1.15	PW-MINI
VHF MIX	2SC3123	20	50	150	40~300	10	5	1400	10	5	23°/3.8	12	3	—	200	0.4	—	S-MINI
	2SC4250	20	50	100	40~300	10	5	1400	10	5	25°/4.3	12	3	—	200	0.45	—	USM
VHF OSC	2SC3124	15	50	150	40~200	3	8	1100	10	8	—	—	—	—	—	—	0.9	S-MINI
	2SC4251	15	50	100	40~200	3	8	1100	10	8	—	—	—	—	—	—	0.9	USM
	2SC4252	12	30	100	40~250	10	5	2000	10	5	—	—	—	—	—	—	1.05	USM
UHF RF	2SC4214	20	20	150	40min.	3	1	850	3	1	15/2.8	4.5	—	2	800	0.3▲	—	SMQ
	2SC4244	20	20	100	40min.	3	1	850	3	1	17/4	4.5	—	2	800	0.4▲	—	USM
UHF MIX	2SC3862	15	50	150	40~200	10	5	2400	10	2	—	—	—	—	—	0.6	—	S-MINI E.B.Rev
UHF MIX/OSC	2SC3120	15	50	150	40~200	10	5	2400	10	2	17°/8	10	2	—	800	0.6	—	S-MINI
	2SC4245	15	50	100	40~200	10	5	2400	10	2	17°/8	10	2	—	800	0.6	—	USM
UHF OSC	2SC3121	15	50	150	60~320	3	8	1500	10	8	—	—	—	—	—	—	0.9	S-MINI
	2SC3547A	12	30	150	35~130	10	5	4000	10	10	—	—	—	—	—	—	1.05	S-MINI
	2SC4246	15	50	100	60~320	3	8	1500	10	8	—	—	—	—	—	—	0.9	USM
	2SC4247	12	30	100	35~130	10	5	4000	10	10	—	—	—	—	—	—	1.05	USM
PIF AMP	2SC3125	25	50	150	20~200	10	10	600	10	10	—	—	—	—	—	—	1.1	S-MINI
	2SC4253	25	50	100	20~200	10	10	600	10	10	—	—	—	—	—	—	1.1	USM

#: GaAs HBT

2. TV チューナ用 FET

用途	品番	最大定格			電 気 的 特 性												パッケージ
		V _{DS} (V _{GD0}) (V)	I _D (mA)	P _D (mW)	I _{DSS}		Y _{fs} @1 kHz (Typ.)			G _{PS} (G _{CS} ²)/NF (NF _{CS} ²) (Typ.)							
					(mA)	V _{DS} (V)	V _{G1S} / V _{G2S} (V)	(mS)	V _{DS} (V)	I _D (mA)	V _{G2S} (V)	(dB/dB)	V _{DS} (V)	I _D (mA)	V _{G2S} (V)	f (MHz)	
VHF RF/MIX	3SK195	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4	13	6	10	4	27/1.1	6	10	4	200	SMQ
	3SK225	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	21	6	10	4.5	22/2.0	6	10	4.5	500	SMQ
	3SK226	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	13	6	10	4.5	27/1.1	6	10	4.5	200	SMQ
	3SK257	13.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	21	6	10	4.5	22/2.0	6	10	4.5	500	USQ
	3SK258	13.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	13	6	10	4.5	27/1.1	6	10	4.5	200	USQ
	3SK260	15	30	100	3~14	6	0/3	27	6	10	3	24.5°/3.3°	6	—	—	200	USQ
	3SK292	12.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	23.5	6	10	4.5	21.5/1.8	6	10	4.5	500	SMQ
	3SK294	12.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	23.5	6	10	4.5	21.5/1.8	6	10	4.5	500	USQ
UHF RF/MIX	3SK199	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4	21.5	6	10	4	19.5/1.9	6	10	4	800	SMQ
	3SK207	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	21.5	6	10	4.5	19.5/1.9	6	10	4.5	800	SMQ
	3SK232	12.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	21	6	10	4.5	20/1.5	6	10	4.5	800	SMQ
	3SK249	12.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	21	6	10	4.5	20/1.5	6	10	4.5	800	USQ
	3SK256	13.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	21.5	6	10	4.5	19.5/1.9	6	10	4.5	800	USQ
	3SK259	15	30	100	0~0.1	6	0/3	18.5	6	10	3	19/2.6	6	10	3	800	USQ
	3SK291	12.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	27	6	10	4.5	23/1.5	6	10	4.5	800	SMQ
	3SK293	12.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	27	6	10	4.5	23/1.5	6	10	4.5	800	SMQ

3. VHF~UHF 帯トランジスタ

用途	品番	最大定格			電 気 的 特 性													パッケージ
		V _{CEO} (V)	I _C (mA)	P _C (mW)	C _{ob} (pF)	C _{re} (pF)	f _T (Typ.)			S _{21e} ² (Typ.)			NF (Typ.)					
							V _{CE} (V)	I _C (mA)	(GHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)		
VHF~UHF AMP	2SA1245	-8	-30	150	0.75	0.6	4	-5	-10	9.5	-5	-10	1	3	-5	-3	1	S-MINI
	2SC2498	20	50	300	1.15	0.75	3.5	10	10	14.5	10	10	0.5	2.5	10	5	0.5	TO-92
	2SC2753	12	70	300	1.1	0.65	5	10	20	10.5	10	20	1	1.7	10	5	1	TO-92
	2SC3098	20	50	150	1.15	0.75	3.5	10	10	14.5	10	10	0.5	2.5	10	5	0.5	S-MINI
	2SC3099	20	30	150	0.9	0.6	4	10	10	15.0	10	10	0.5	1.7	10	3	0.5	S-MINI
	2SC3268	12	70	☆800	1.05	0.7	5	10	20	9.5	10	20	1	2	10	5	1	PW-MINI
	2SC3429	12	70	150	0.85	0.57	5	10	20	10.5	10	20	1	1.7	10	5	1	S-MINI
	2SC3605	12	80	600	1.2	0.75	6.5	10	20	10	10	20	1	1.1	10	5	1	TO-92
	2SC3607	12	80	☆800	1.15	0.8	6.5	10	20	9.5	10	20	1	1.1	10	5	1	PW-MINI
	2SC5064	12	30	150	0.7	0.45	7	5	10	12	5	10	1	1.1	5	3	1	S-MINI
	2SC5065	12	30	100	0.7	0.45	7	5	10	12	5	10	1	1.1	5	3	1	USM
	2SC5066	12	30	100	0.7	0.45	7	5	10	12	5	10	1	1.1	5	3	1	SSM
	2SC5066FT	12	30	100	0.7	0.45	7	5	10	12	5	10	1	1.1	5	3	1	TESM
	2SC5084	12	80	150	1.1	0.7	7	10	20	11	10	20	1	1.1	10	5	1	S-MINI
	2SC5085	12	80	100	1.0	0.7	7	10	20	11	10	20	1	1.1	10	5	1	USM
	2SC5086	12	80	100	0.9	0.6	7	10	20	11	10	20	1	1.1	10	5	1	SSM
	2SC5086FT	12	80	100	0.9	0.6	7	10	20	11	10	20	1	1.1	10	5	1	TESM
	2SC5087	12	80	150	1.1	0.65	7	10	20	13	10	20	1	1.1	10	5	1	SMQ
	2SC5088	12	80	100	1.1	0.65	7	10	20	13	10	20	1	1.1	10	5	1	USQ
	2SC5089	10	40	150	0.7	0.5	10	8	20	7.5	8	20	2	1.7	8	5	2	S-MINI
	2SC5090	10	40	100	0.7	0.5	10	8	20	7.5	8	20	2	1.7	8	5	2	USM
	2SC5091	10	40	100	0.7	0.5	10	8	20	7.5	8	20	2	1.7	8	5	2	SSM
	2SC5091FT	10	40	100	0.7	0.5	10	8	20	7.5	8	20	2	1.7	8	5	2	TESM
	2SC5092	10	40	150	0.7	0.45	10	8	20	9.5	8	20	2	1.8	8	5	2	SMQ
	2SC5093	10	40	100	0.65	0.45	10	8	20	9.5	8	20	2	1.8	8	5	2	USQ
	2SC5094	10	15	150	0.55	0.4	10	6	7	7	6	7	2	1.8	6	3	2	S-MINI
	2SC5095	10	15	100	0.5	0.4	10	6	7	7.5	6	7	2	1.8	6	3	2	USM
	2SC5096	10	15	100	0.45	0.4	10	6	7	8	6	7	2	1.8	6	3	2	SSM
	2SC5096FT	10	15	100	0.45	0.4	10	6	7	8	6	7	2	1.8	6	3	2	TESM
	2SC5097	10	15	150	0.5	0.35	10	6	7	10	6	7	2	1.8	6	3	2	SMQ
	2SC5098	10	15	100	0.5	0.34	10	6	7	10	6	7	2	1.8	6	3	2	USQ
	2SC5317FT	5	20	100	0.6	0.4	13	3	15	9	3	15	2	1.3	3	5	2	TESM
	2SC5319	5	20	100	0.6	0.4	16	3	15	11.5	3	15	2	1.3	3	5	2	USQ
	2SC5322	5	10	100	0.4	0.3	13	3	7	10	3	7	2	1.4	3	3	2	SSM
	2SC5322FT	5	10	100	0.4	0.3	13	3	7	10	3	7	2	1.4	3	3	2	TESM
	2SC5463	12	60	100	0.8	0.55	7	8	15	12	8	15	1	1.1	8	5	1	USM
2SC5464	12	60	100	0.8	0.55	7	8	15	12	8	15	1	1.1	8	5	1	SSM	
2SC5464FT	12	60	100	0.8	0.55	7	8	15	12	8	15	1	1.1	8	5	1	TESM	
MT3S03AFS	5	40	50	—	0.75	10	3	10	8.5	3	20	2	1.7	1	5	2	fSM	
MT3S03AS	5	40	100	—	0.75	10	3	10	8	3	20	2	1.4	3	7	2	SSM	
MT3S03AT	5	40	100	—	0.75	10	3	10	8	3	20	2	1.4	3	7	2	TESM	
MT3S03AU	5	40	100	—	0.75	10	3	10	8	3	20	2	1.4	3	7	2	USM	
MT3S04AFS	5	40	50	—	0.8	7	3	7	13	3	20	1	1.3	1	5	1	fSM	
MT3S04AS	5	40	100	—	0.8	7	3	7	12.5	3	20	1	1.2	3	7	1	SSM	
MT3S04AT	5	40	100	—	0.8	7	3	7	12.5	3	20	1	1.2	3	7	1	TESM	

☆: Assembled on Al₂O₃ substrate (250 mm² × 0.8 mm)

用途	品番	最大定格			電気的特性													パッケージ
		V _{CEO} (V)	I _c (mA)	P _c (mW)	C _{ob} (pF)	C _{re} (pF)	f _T (Typ.)			S _{21e} ² (Typ.)			NF (Typ.)					
							V _{CE} (V)	I _c (mA)	(GHz)	(dB)	V _{CE} (V)	I _c (mA)	f (GHz)	(dB)	V _{CE} (V)	I _c (mA)	f (GHz)	
VHF~UHF AMP	MT3S04AU	5	40	100	—	0.8	7	3	7	12.5	3	20	1	1.2	3	7	1	USM
	MT3S05FS	5	40	50	—	0.9	4.5	1	5	12	3	20	1	1.4	1	5	1	fSM
	MT3S05T	5	40	100	—	0.9	4.5	1	5	11.5	3	20	1	1.4	1	5	1	TESM
	MT3S06FS	5	15	50	—	0.25	10	3	5	9.5	3	7	2	1.7	1	3	2	fSM
	MT3S06S	5	15	60	—	0.25	10	3	5	9.5	3	7	2	1.6	3	3	2	SSM
	MT3S06T	5	15	60	—	0.25	10	3	5	9.5	3	7	2	1.6	3	3	2	TESM
	MT3S06U	5	15	60	—	0.25	10	3	5	9.5	3	7	2	1.6	3	3	2	USM
	MT3S07FS	5	25	50	—	0.4	12	3	10	10	3	15	2	1.6	1	5	2	fSM
	MT3S07S	5	25	100	—	0.4	12	3	10	9.5	3	15	2	1.5	3	5	2	SSM
	MT3S07T	5	25	100	—	0.4	12	3	10	9.5	3	15	2	1.5	3	5	2	TESM
	MT3S07U	5	25	100	—	0.4	12	3	10	9.5	3	15	2	1.5	3	5	2	USM
	MT3S08T	8	40	100	—	0.55	4.5	1	5	13.5	3	20	1	1.4	1	5	1	TESM
	MT3S14FS	2.5	30	50	—	0.5	11	1	5	9	3	15	2	1.7	1	5	2	fSM
	MT3S14T	2.5	30	70	—	0.5	11	1	5	9	3	15	2	1.7	1	5	2	TESM
	MT3S18T	8	20	100	—	0.4	6	1	5	14	3	15	1	1.4	1	5	1	TESM
	MT3S35FS	4.5	24	100	0.30	0.15	20	3	10	13	3	10	2	1.4	3	2	2	fSM
	MT3S35T	4.5	24	100	0.46	0.21	20	3	10	13	3	10	2	1.4	3	3	2	TESM
	MT3S36FS	4.5	36	100	0.37	0.21	19	3	15	12.5	3	15	2	1.3	3	3	2	fSM
	MT3S36T	4.5	36	100	0.55	0.26	19	3	15	12.5	3	15	2	1.3	3	3	2	TESM
	MT3S37FS	4.5	50	100	0.49	0.30	19	3	20	12	3	20	2	1.2	3	3	2	fSM
	MT3S37T	4.5	50	100	0.66	0.35	19	3	20	12	3	20	2	1.2	3	3	2	TESM
	MT3S41FS	4.5	80	100	0.72	0.46	15	3	20	10	3	20	2	1.2	3	5	2	fSM
	MT3S41T	4.5	80	100	0.90	0.55	15	3	20	10	3	20	2	1.2	3	5	2	TESM
	MT3S45FS	4.5	30	100	0.53	0.28	18	3	20	12.5	3	20	2	1.1	3	6	2	fSM
	MT3S45T	4.5	30	100	0.66	0.33	18	3	20	12.5	3	20	2	1.1	3	6	2	TESM
	MT4S03A	5	40	150	—	0.7	10	3	10	9	3	20	2	1.4	3	7	2	SMQ
	MT4S03AU	5	40	100	—	0.7	10	3	10	9	3	20	2	1.4	3	7	2	USQ
	MT4S04A	5	40	150	—	0.75	7	3	7	13.5	3	20	1	1.2	3	7	1	SMQ
	MT4S04AU	5	40	100	—	0.75	7	3	7	13.5	3	20	1	1.2	3	7	1	USQ
	MT4S06	5	15	60	—	0.23	10	3	5	11.5	3	7	2	1.6	3	3	2	SMQ
	MT4S06U	5	15	60	—	0.23	10	3	5	11.5	3	7	2	1.6	3	3	2	USQ
	MT4S07	5	25	150	—	0.4	12	3	10	10.5	3	15	2	1.5	3	5	2	SMQ
	MT4S100T	3	15	45	0.41	0.14	23	2	10	17	2	10	2	0.72	2	5	2	TESQ
	MT4S100U	3.0	15	45	0.41	0.14	22	2	10	16	2	10	2	0.72	2	5	2	USQ
	MT4S101T	3	10	30	0.34	0.1	23	2	7	17	2	7	2	0.8	2	5	2	TESQ
	MT4S101U	3.0	10	30	0.34	0.10	21	2	7	16	2	7	2	0.8	2	5	2	USQ
MT4S102T	3	20	60	0.43	0.17	25	2	15	16	2	15	2	0.58	2	10	2	USQ	
MT4S102U	3	20	60	0.43	0.17	24	2	15	15	2	15	2	0.58	2	10	2	TESQ	
MT4S104T	3	10	30	0.26	0.09	25	2	7	18	2	7	2	0.67	2	5	2	USQ	
MT4S104U	3	10	30	0.26	0.09	23	2	7	17	2	7	2	0.67	2	5	5	TESQ	
MT4S32U	4.5	15	67.5	0.4	0.2	16	3	10	13.5	3	10	2	1.4	3	3	2	USQ	

用途	品番	最大定格			電気的特性												パッケージ	
		V _{CEO} (V)	I _C (mA)	P _C (mW)	C _{ob} (pF)	C _{re} (pF)	f _T (Typ.)			S _{21e} ² (Typ.)			NF (Typ.)					
							V _{CE} (V)	I _C (mA)	(GHz)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)		f (GHz)
VHF-UHF OSC	2SC3547A	12	30	150	1.05	—	4	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	S-MINI
	2SC4247	12	30	100	1.05	—	4	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	USM
	2SC5106	10	30	150	0.75	0.5	6	5	5	11	5	5	1	—	—	—	—	S-MINI
	2SC5107	10	30	100	0.75	0.5	6	5	5	11	5	5	1	—	—	—	—	USM
	2SC5108	10	30	100	0.7	0.5	6	5	5	11	5	5	1	—	—	—	—	SSM
	2SC5108FT	10	30	100	0.7	0.5	6	5	5	11	5	5	1	—	—	—	—	TESM
	2SC5109	10	60	150	0.9	0.7	5	5	5	10	5	5	1	—	—	—	—	S-MINI
	2SC5110	10	60	100	0.9	0.7	5	5	5	10	5	5	1	—	—	—	—	USM
	2SC5111	10	60	100	0.9	0.7	5	5	5	10	5	5	1	—	—	—	—	SSM
	2SC5111FT	10	60	100	0.9	0.7	5	5	5	10	5	5	1	—	—	—	—	TESM
	MT3S03AFS	5	40	50	—	0.75	10	3	10	8.5	3	20	2	1.7	1	5	2	fSM
	MT3S04AFS	5	40	50	—	0.8	7	3	7	13	3	20	1	1.3	1	5	1	fSM
	MT3S05FS	5	40	50	—	0.9	4.5	1	5	12	3	20	1	1.4	1	5	1	fSM
	MT3S08FS	8	40	50	—	0.55	4.5	1	5	14	3	20	1	1.4	1	5	1	fSM
	MT3S11FS	6	40	50	—	0.65	6	1	5	6.5	3	20	2	2.4	1	5	2	fSM
	MT3S11T	6	40	100	—	0.65	6	1	5	6.5	3	20	2	2.4	1	5	2	TESM
	MT3S12FS	6	40	50	—	0.7	7	1	5	7	3	20	2	1.7	1	5	2	fSM
	MT3S12T	6	40	100	—	0.7	7	1	5	7	3	20	2	1.7	1	5	2	TESM
	MT3S18T	8	20	100	—	0.4	6	1	5	14	3	15	1	1.4	1	5	1	TESM
	*MT3S106FS	6	80	100	0.9	0.5	8.5	1	10	8	1	10	2	1.2	1	10	2	fSM

*: 新製品

4. AM/FM チューナ用トランジスタ

用途	品番	最大定格			電 気 的 特 性							パッケージ
		V _{CEO} (V)	I _C (mA)	P _C (mW)	h _{FE}		f _T Typ. (Min)			C _{re} (C _{ob}) (pF)		
					V _{CE} (V)	I _C (mA)	(MHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)			
FM RF, MIX/OSC	2SC1923	30	20	100	40~200	6	1	550	6	1	0.7	TO-92
	2SC2668	30	20	100	40~200	6	1	550	6	1	0.7	MINI
	2SC2714	30	20	100	40~200	6	1	550	6	1	0.7	S-MINI
	2SC4215	30	20	100	40~200	6	1	550	6	1	0.7	USM
	2SC4915	30	20	100	40~200	6	1	550	6	1	0.7	SSM
FM OSC	2SC2995	30	50	200	40~240	6	1	350	6	1	0.9	MINI
	2SC2996	30	50	150	40~240	6	1	350	6	1	0.9	S-MINI
FM IF/AM CONV, IF	2SC380TM	30	50	300	40~240	12	2	(100)	10	1	(2.0)	TO-92
	2SC2669	30	50	200	40~240	12	2	(100)	10	1	(2.0)	MINI
	2SC2715	30	50	150	40~240	12	2	(100)	10	1	(2.0)	S-MINI
AM RF, CONV	2SC941TM	30	100	400	40~240	12	2	(80)	10	2	2.2	TO-92
	2SC2670	30	100	200	40~240	12	2	(80)	10	2	2.2	MINI
	2SC2716	30	100	150	40~240	12	2	(80)	10	2	2.2	S-MINI
AM CONV, IF	2SC1815	50	150	400	70~700	6	2	(80)	10	1	(2.0)	TO-92
	2SC2458	50	150	200	70~700	6	2	(80)	10	1	(2.0)	MINI
	2SC2712	50	150	150	70~700	6	2	(80)	10	1	(2.0)	S-MINI
	2SC4116	50	150	100	70~700	6	2	(80)	10	1	(2.0)	USM

5. AM/FM チューナ用 FET

用途	品番	最大定格			電 気 的 特 性											パッケージ	
		V _{DS} *V _{GDS} (V _{GDO}) (V)	I _D (I _c) (mA)	P _D (mW)	I _{DSS}		Y _{fs} @1 kHz (Typ.)				G _{rs} (G _{CS} ²)/NF (NF _{CS} ²) (Typ.)						
					V _{DS} (V)	V _{G1S} / V _{G2S} (V)	V _{DS} (V)	I _D (mA)	V _{G2S} V _{GS} (V)	(mS)	V _{DS} (V)	I _D (mA)	V _{G2S} (V _{GS}) (V)	f (MHz)			
FM RF, MIX	3SK195	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4	13	6	10	4	27/1.1	6	—	4	200	SMQ
	3SK225	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	21	6	10	4.5	22/2.0	6	10	4.5	500	SMQ
	3SK226	13.5	30	150	0~0.1	6	0/4.5	13	6	10	4.5	27/1.1	6	10	4.5	200	SMQ
	3SK257	13.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	21	6	10	4.5	22/2.0	6	10	4.5	500	USQ
	3SK258	13.5	30	100	0~0.1	6	0/4.5	13	6	10	4.5	27/1.1	6	10	4.5	200	USQ
FM RF	2SK241	20	30	200	1.5~14	10	0	10	10	—	(0)	28/1.7	10	—	(0)	100	MINI
	2SK302	20	30	150	1.5~14	10	0	10	10	—	(0)	28/1.7	10	—	(0)	100	S-MINI
	2SK882	20	30	100	3~14	10	0	10	10	—	(0)	28/1.7	10	—	(0)	100	USM
	2SK161	(-18)	(10)	200	1~10	10	0	9	10	—	(0)	18/2.5	10	—	(0)	100	MINI
	2SK211	(-18)	(10)	150	1~10	10	0	9	10	—	(0)	18/2.5	10	—	(0)	100	S-MINI
	2SK881	(-18)	(10)	100	1~10	10	0	9	10	—	(0)	18/2.5	10	—	(0)	100	USM
	2SK1771	12.5	30	150	0~0.1	8	0	15	8	10	—	23/1.0	8	16	—	100	SMQ
FM RF, OSC	2SK192A	(-18)	(10)	200	3~24	10	0	7	10	—	(0)	24/1.8	10	—	(0)	100	MINI
	2SK210	(-18)	(10)	100	3~24	10	0	7	10	—	(0)	24/1.8	10	—	(0)	100	S-MINI
AM RF	2SK709	*-20	(10)	300	6~32	5	0	25	5	—	(0)	—/0.5	5	1	R _g 1 kΩ	1 kHz	TO-92
	2SK710	*-20	(10)	200	6~32	5	0	25	5	—	(0)	—/0.5	5	1	R _g 1 kΩ	1 kHz	MINI
	2SK711	*-20	(10)	150	6~32	5	0	25	5	—	(0)	—	—	—	—	—	S-MINI
	2SK1875	*-20	(10)	100	6~32	5	0	25	5	—	(0)	—	—	—	—	—	USM

6. AM チューナ用複合トランジスタ

用途	品番	VGDS	IG	VCEO	IC	PT	IDSS			Yfs (Typ.)			hFE		CONTENTS	パッケージ	
		(V)	(mA)	(V)	(mA)	(mW)	(mA)	VDS (V)	VGS (V)	(mS)	VDS (V)	VGS (V)	VCE (V)	IC (mA)			
AM RF	HN3G01J	-20	10	50	150	200	6~32	5	0	25	5	0	120~400	6	2	2SK711 + 2SC2712	SMV

パッケージ: SMV (SSOP5-P-0.95)

7. VHF~UHF 帯用複合トランジスタ

用途	品番	tr	V _{CEO} (V)	I _C (mA)	PC [▲] (mW)	h _{FE}			f _T Typ.			NF Typ.			組み合わせ	パッケージ	
						V _{CE} (V)	I _C (mA)	(GHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)			
																	80~160
VHF/UHF Low Noise Amp.	MT6C03AE		5	40	100	80~160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS × 2	ES6
	MT6C04AE		5	40	100	80~160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS × 2	ES6
	MT6L03AE		5	40	100	80~160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS × 2	ES6
	MT6L03AT		5	40	200	80~160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS × 2	TU6
	MT6L04AE		5	40	100	80~160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS × 2	ES6
	MT6L04AT		5	40	200	80~160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS × 2	TU6
	MT6L52AE	Q1	5	40	100	80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS	ES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS	
	MT6L53E	Q1	5	15	100	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	ES6
		Q2	5	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S05T	
	MT6L53FS	Q1	5	15	50	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	*MT3S06FS	fS6
		Q2	5	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	*MT3S05FS	
	MT6L53S	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	sES6
		Q2	5	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S05T	
	MT6L54E	Q1	5	15	100	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	ES6
		Q2	8	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S08T	
	MT6L54FS	Q1	5	15	50	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	*MT3S06FS	fS6
		Q2	8	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	*MT3S08FS	
	MT6L54S	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	sES6
		Q2	8	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S08T	
	MT6L55E	Q1	5	25	150	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	ES6
		Q2	5	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S05T	
	MT6L55FS	Q1	5	25	50	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	1	5	2	*MT3S07FS	fS6
		Q2	5	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	*MT3S05FS	
	MT6L55S	Q1	5	25	150	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	sES6
		Q2	5	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S05T	
	MT6L56E	Q1	5	25	150	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	ES6
		Q2	8	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S08T	
MT6L56FS	Q1	5	25	50	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	*MT3S07FS	fS6	
	Q2	8	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	*MT3S08FS		

▲: Total PC

用途	品番	tr	V _{CEO} (V)	I _C (mA)	PC [▲] (mW)	hFE		f _T Typ.			NF Typ.			組み合わせ	パッケージ		
						V _{CE} (V)	I _C (mA)	(GHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)			f (GHz)	
VHF/UHF Low Noise Amp	MT6L56S	Q1	5	25	150	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	sES6
		Q2	8	40		80 to 140	1	5	4.5	1	5	1.4	1	5	1	MT3S08T	
	MT6L57AE	Q1	5	15	100	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	ES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS	
	MT6L57AFS	Q1	5	15	50	70 to 140	1	5	10	3	5	1.7	1	3	2	*MT3S06FS	fS6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.3	1	5	1	*MT3S04AFS	
	MT6L57AS	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	sES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS	
	MT6L57AT	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	TU6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S04AS	
	MT6L58AE	Q1	5	15	100	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	ES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS	
	MT6L58AFS	Q1	5	15	50	70 to 140	1	5	10	3	5	1.7	1	3	2	MT3S06FS	fS6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.7	1	5	2	MT3S03AFS	
	MT6L58AS	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	sES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS	
	MT6L58AT	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	TU6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS	
	MT6L59E	Q1	5	15	100	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	ES6
		Q2	5	25		70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	
	MT6L59T	Q1	5	15	150	70 to 140	1	5	10	3	5	1.6	3	3	2	MT3S06S	TU6
		Q2	5	25		70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	
	MT6L61AT	Q1	5	25	200	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	TU6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S03AS	
MT6L61AE	Q1	5	25	100	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	ES6	
	Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S03AS		
MT6L61AS	Q1	5	25	150	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	sES6	
	Q2	5	40		80 to 160	1	5	7	3	7	1.2	3	7	1	MT3S03AS		
MT6L62AT	Q1	5	25	200	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	TU6	
	Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS		

▲: Total PC

用途	品番	tr	V _{CEO} (V)	I _C (mA)	PC [▲] (mW)	hFE			f _T Typ.			NF Typ.			組み合わせ	パッケージ	
						V _{CE} (V)	I _C (mA)	(GHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)			
																	70 to 140
VHF/UHF Low Noise Amp	MT6L62AE	Q1	5	25	100	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	ES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS	
	MT6L62AS	Q1	5	25	150	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	3	5	2	MT3S07S	sES6
		Q2	5	40		80 to 160	1	5	10	3	10	1.4	3	7	2	MT3S03AS	
	MT6L63FS	Q1	5	25	50	70 to 140	1	5	12	3	10	1.5	1	5	2	MT3S07FS	fS6
		Q2	6	40		100 to 160	1	5	6	1	5	2.4	1	5	2	MT3S11FS	
	MT6L64FS	Q1	4.5	24	50	70 to 140	3	10	20	3	10	1.4	3	2	2	MT3S35FS	fS6
		Q2	6	40		100 to 160	1	5	6	1	5	2.4	1	5	2	MT3S11FS	
	MT6L65FS	Q1	4.5	36	50	70 to 140	3	10	20	3	10	1.3	3	2	2	MT3S36FS	fS6
		Q2	6	40		100 to 160	1	5	6	1	5	2.4	1	5	2	MT3S11FS	
	MT6L66FS	Q1	4.5	36	50	70 to 140	3	10	20	3	10	1.3	3	2	2	MT3S36FS	fS6
		Q2	6	40		100 to 160	1	5	7	1	5	1.7	1	5	2	MT3S12FS	
	MT6L67FS	Q1	4.5	50	50	70 to 140	3	20	19	3	20	1.2	3	3	2	MT3S37FS	fS6
		Q2	6	40		100 to 160	1	5	7	1	5	1.7	1	5	2	MT3S12FS	
	MT6L68FS	Q1	5	15	50	70 to 140	1	5	10	3	5	1.7	1	3	2	MT3S06FS	fS6
		Q2	6	40		100 to 160	1	5	6	1	5	2.4	1	5	2	MT3S11FS	
MT6L75FS																	

▲: Total PC

8. VHF~UHF 帯用セルパック

用途	品番	I _{CC}		S ₂₁ ² Typ.			NF Typ.			BW Typ.		PO Typ. (PoldB)				パッケージ
		(mA)	V _{CC} (V)	(dB)	V _{CC} (V)	f (MHz)	(dB)	V _{CC} (V)	f (MHz)	(GHz)	V _{CC} (V)	(dBmW)	V _{CC} (V)	f (MHz)	Pi (dBmW)	
VHF to UHF wide band amp	TA4001F	18	5	12.5	5	500	5.2	5	500	2.4	5	2	5	500	0	SMQ
VHF to UHF wide band amp	TA4002F	14	5	23	5	500	4.7	5	500	1.3	5	5	5	500	0	SMQ
VHF to UHF wide band amp	TA4004F	3.1	2	10.5	2	500	4.2	2	500	1.2	2	0	2	500	0	SMV
UHF wide band amp	TA4011FU	3.5	2	10	2	1500	6.5	2	1500	2.4	2	(-6)	2	1500	—	USV
UHF wide band amp	TA4012FU	6.5	2	12	2	1500	6	2	1500	2.0	2	(0)	2	1500	—	USV
UHF wide band amp	TA4011AFE	3.5	2	10	2	1500	6.5	2	1500	2.4	2	(-6)	2	1500	—	ESV
UHF wide band amp	TA4012AFE	6.5	2	12	2	1500	6	2	1500	2.0	2	(0)	2	1500	—	ESV
UHF wide band amp	TA4016AFE	6	2	19	2	1500	4.5	2	1500	3.2	2	(-7)	2	1500	—	ES6
VHF wide band amp	TA4017FT	19	5	13	5	45	3	5	45	1	5	2	5	45	-10	TU6
VHF gain control amp	TA4018F	28	5	11	5	45	11.5	5	45	—	—	-9	5	45	-20	SM8
VHF wide band amp	TA4019F	35	5	30	5	45	8	5	45	0.3	5	-5	5	45	-35	SM8

用途	品番	I _{CC} Typ. (mA)	P _D (mW)	G _{MIX} /N _F MIX (dB/dB)	G _{MIX} /N _F MIX				パッケージ
					V _{CC} (V)	f _{RF} (MHz)	f _{LO} (MHz)	f _{IF} (MHz)	
VHF~UHF DBM	TA4101F	5.7	*300	-3.5/9.0	5	800	860	60	SM8
VHF~UHF DBM	TA4107F	29.5	*370	-0.5/12	4.5	1000	950	50	SM8

*: 2.5 cm² × 1.6 t ガラスエポキシ基板実装時

パッケージ: SMV (SSOP5-P-0.95), SM8 (SSOP8-P-0.65), USV (SSOP5-P-0.65)

用途	品番	I _{CC} Typ.		f (MHz)*	V _{OUT} (V _{pp})*	F _S (ppm)*	パッケージ
		(mA)	V _{CC} (V)				
TCXO	TA4014FT	1.2	3	10~30	1.2	±0.1	TU6
	TA4014FE	1.2	3	10~30	1.2	±0.1	ES6
	TA4014FC	1.2	3	10~30	1.2	±0.1	CS6
	TA4015FT	1.3	3	10~30	1.2	±0.1	TU6
	TA4015FE	1.3	3	10~30	1.2	±0.1	ES6

*: 参考値 f: 発振周波数範囲, F_S: 電源電圧変動

9. BS チューナ用セルパック

用途	品番	I _{CC} Typ. (mA)	G _C (dB)*	NF (dB)*	P _O (sat) (dBmW)*	IP3 (dBmW)*	Posc (dBmW)*
BS Conv.	TA4303F	74	18	15	10	17	-8

*: V_{CC} = 5 V (Amp), V_{CC} = 5.0 V (OSC)

10. GaAs セルパック

スイッチ用ラインアップ

	TU6	UF6	sES6
低電力スイッチ	TG2210FT ◎TG2211FT		TG2213S TG2214S
中電力スイッチ	—	TG2216TU	—

◎ インバータ内蔵型

スイッチ用主要特性

項目	パッケージ	回路	用途	特性
TG2210FT	TU6	SPDT	汎用 Bluetooth Class2.3	Loss = 0.4dB, ISL = 30dB, Pi1dB > 18dBm
◎TG2211FT	TU6	SPDT	汎用 Bluetooth Class2.3	Loss = 0.4dB, ATT = 25dB, Pi1dB = 23dBm インバータ回路内蔵
TG2216TU	UF6	SPDT	無線 LAN、PHS Bluetooth	Loss = 0.4dB, ISL = 27dB, Po1dB = 30dBm
TG2213S	sES6	SPDT	汎用 Bluetooth Class2.3	Loss = 0.3dB, ISL = 27dB, Pi1dB = 23dBm
TG2214S	sES6	SPDT	汎用 Bluetooth Class2.3	Loss = 0.3dB, ISL = 27dB, Pi1dB = 23dBm TG2213S の逆制御論理品

◎ インバータ内蔵型

PHS 用パワーアンプ

項目	パッケージ	回路	用途	特性 (標準値)
TG2006F	SM8	GaAs リニア パワーアンプ	PHS 用パワーアンプ 1.9 GHz 帯増幅	P _o > 21dBm, G _p = 23dB @F = 1.9 GHz, V _d = 3 V, I _t = 130mA

11. シリコンゲルマニウムトランジスタ

- 新シリコンゲルマニウムトランジスタ
- USQ パッケージに加えより小型の TESQ パッケージ
- 低雑音指数、高トランジション周波数

高周波特性

特 性 品 番	f _T (Typ.)			S _{21e} ² (Typ.)				NF (Typ.)			
	(GHz)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)	(dB)	V _{CE} (V)	I _C (mA)	f (GHz)
* ¹ MT4S101U	21	2	7	16	2	7	2	0.8	2	5	2
* ¹ MT4S101T	23			17							
* ¹ MT4S100U	22	2	10	16	2	10	2	0.72	2	5	2
* ¹ MT4S100T	23			17							
* ² MT4S102U	24	2	15	15	2	15	2	0.58	2	10	2
* ² MT4S102T	25			16							
* ² MT4S104U	23	2	7	17	2	7	2	0.67	2	5	5
* ² MT4S104T	25			18							

*¹: SiGe

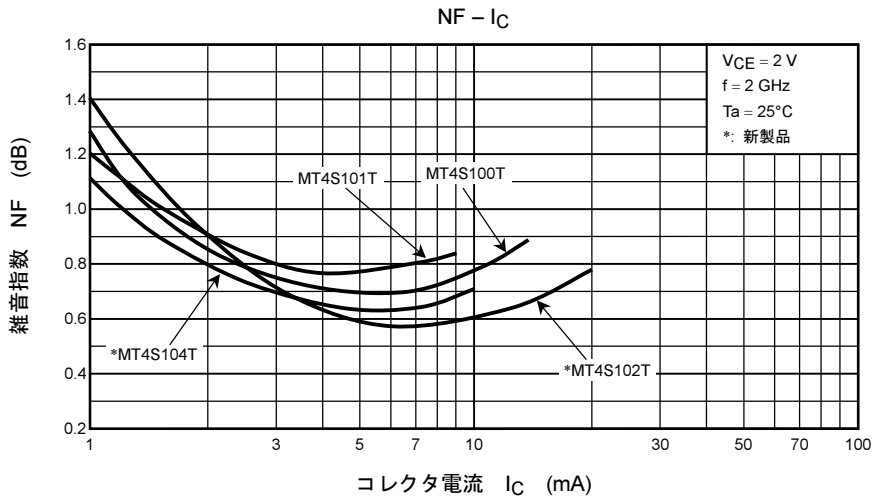
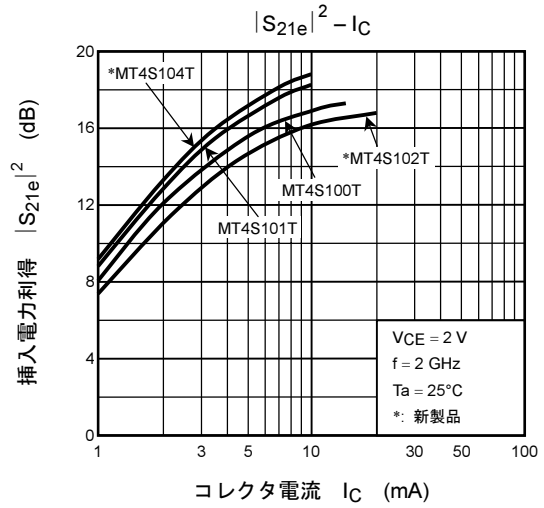
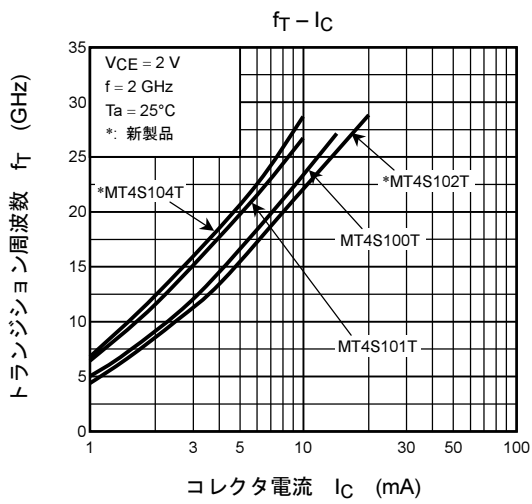
*²: 新製品

ラインアップ

パッケージ	USQ	TESQ
f _T = 21 GHz 低電圧動作タイプ	* ¹ MT4S101U	* ¹ MT4S101T
f _T = 22 GHz 低電圧動作タイプ	* ¹ MT4S100U	* ¹ MT4S100T
f _T = 25 GHz 低電圧動作タイプ	* ² MT4S102U	* ² MT4S102T
	* ² MT4S104U	* ² MT4S104T

*¹: SiGe

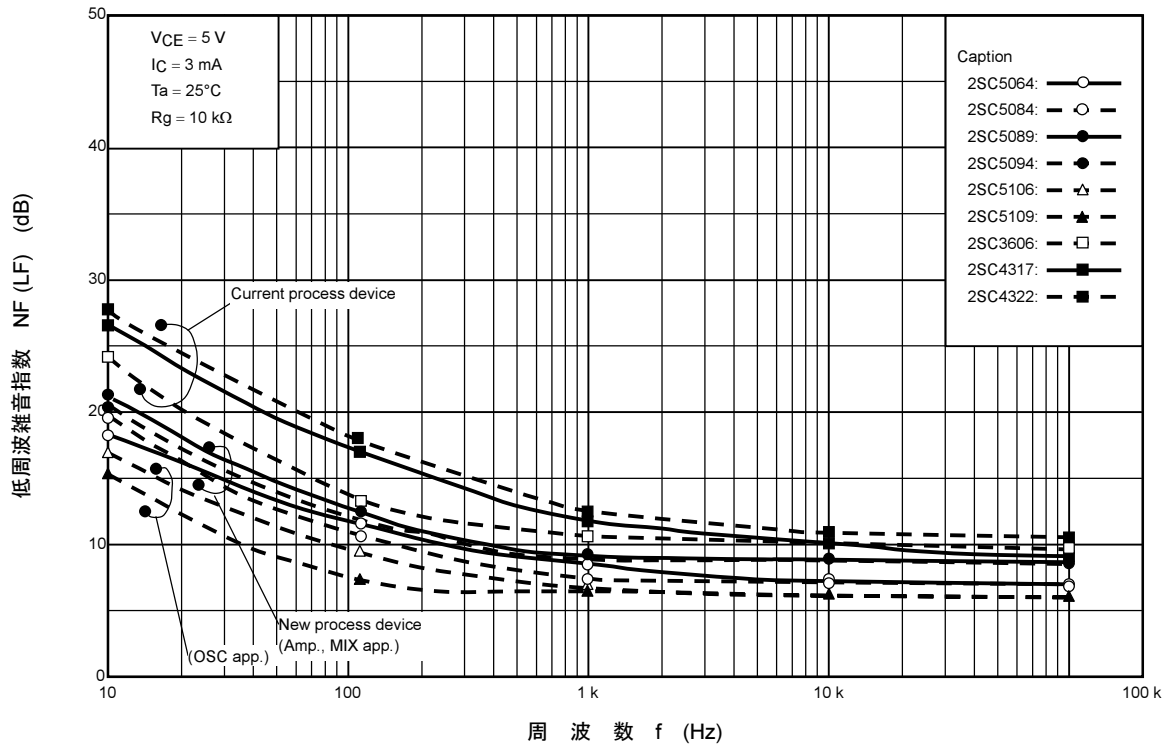
*²: 新製品



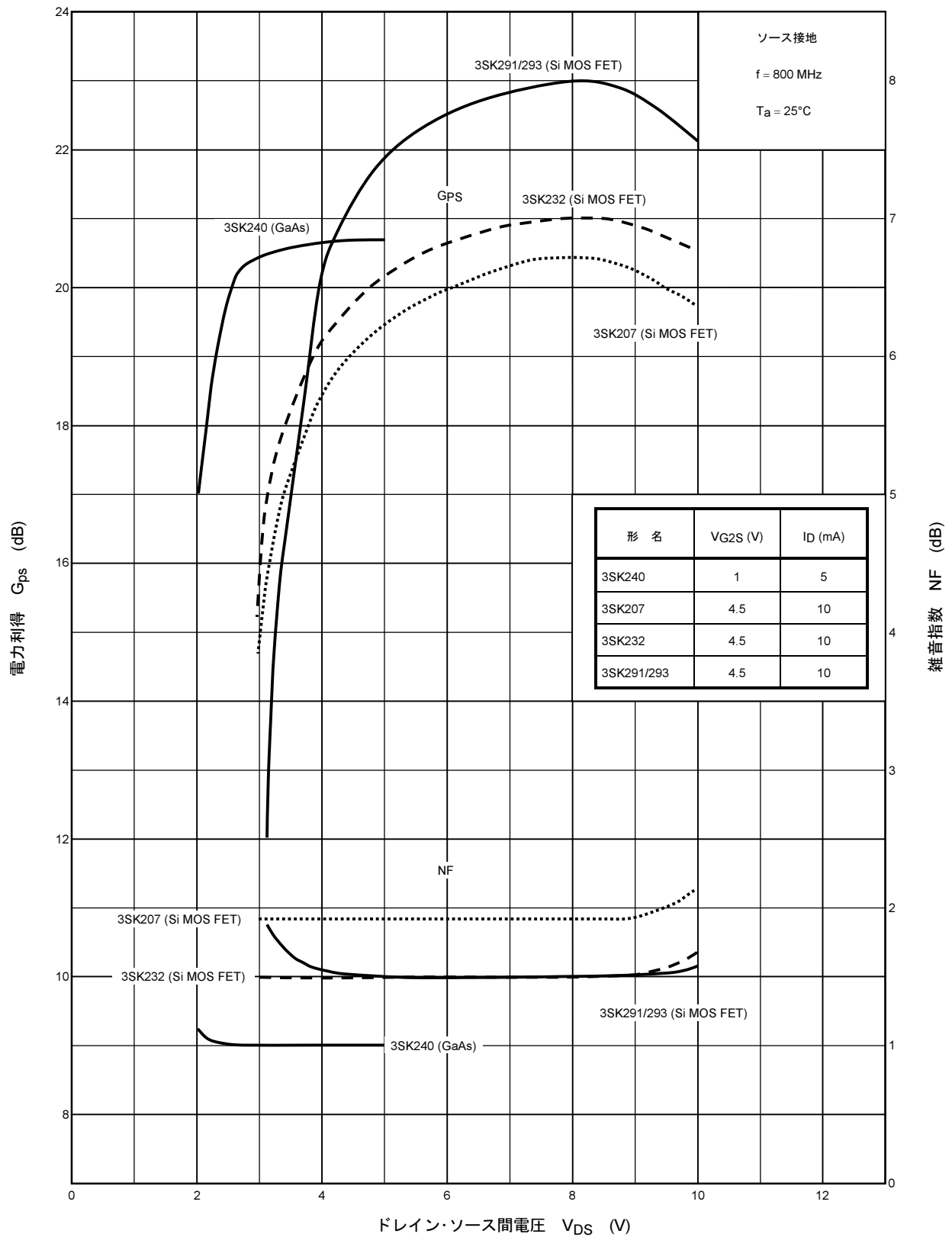
12. マイクロ波トランジスタ 低周波雑音特性

高周波トランジスタ

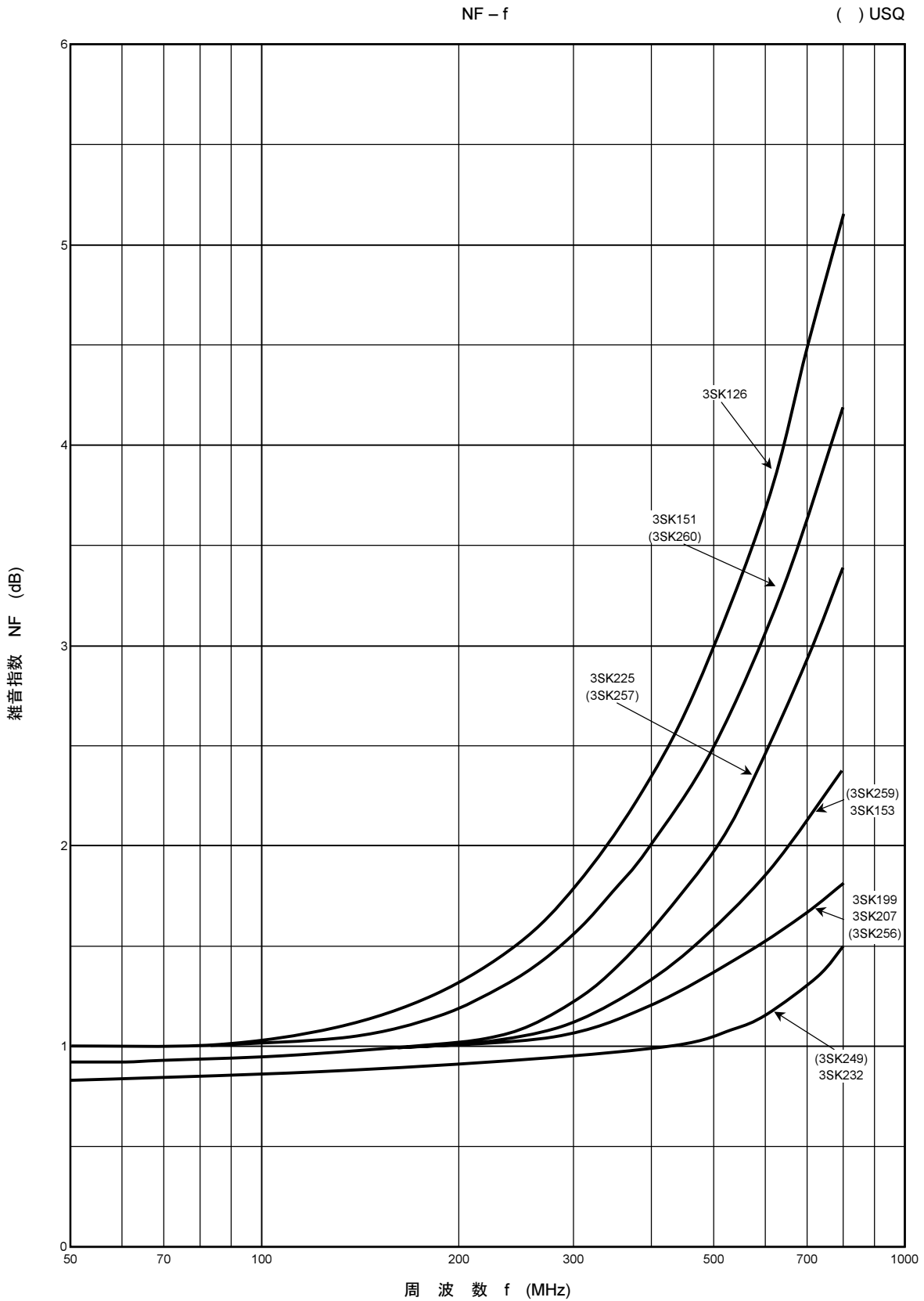
低周波雑音指数の比較データ



13. デュアルゲートFET G_{ps} , $NF-V_{DS}$ 特性



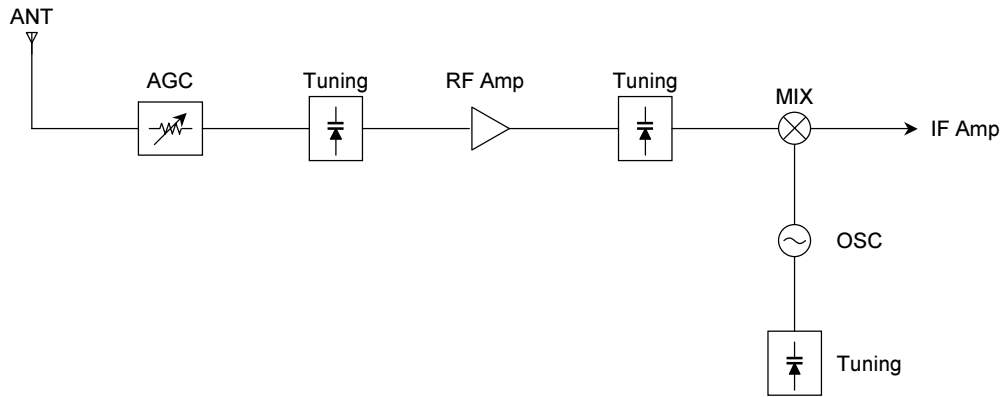
14. デュアルゲートFET NF-f 特性一覧



[4] 推奨ブロック図

[4] 推奨ブロック図

1. AM チューナ用高周波デバイス



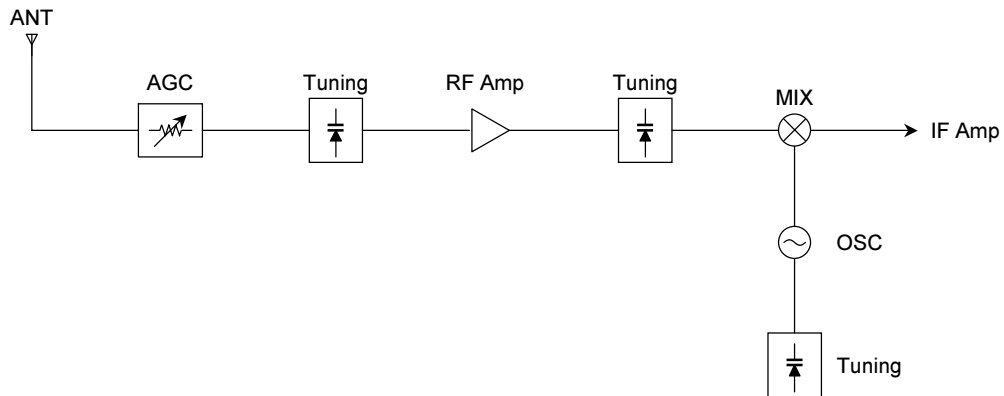
アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番	
AGC	PIN Diode	Single	S-MINI	1SV128
			USC	1SV271 1SV307
			ESC	1SV308 JDP2S01E JDP2S04E
			TESC	JDP2S01T JDP2S02T
		Double	S-MINI	1SV172
			SMQ	1SV237
			USM	1SV252
		USQ	1SV312 JDP4P02U	

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Tuning	Tuning Varicap	MINI	1SV102 1SV149-B
		FM8	HN1V01H HN1V02H HN2V02H

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
MIX	Bipolar transistor	TO-92	2SC380TM 2SC941TM
		MINI	2SC2669 2SC2670
		S-MINI	2SC2715 2SC2716

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
AGC	Bipolar transistor	MINI	2SC2458
		S-MINI	2SC2712
RF Amp	J-FET	TO-92	2SK709
		MINI	2SK710
		S-MINI	2SK711
		USM	2SK1875
AGC+RF Amp	Multi-chip-transistor	SMV	HN3G01J

2. FM チューナ用高周波デバイス



アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番	
AGC	PIN Diode	Single	S-MINI	1SV128
			USC	1SV271 1SV307
			ESC	1SV308 JDP2S01E JDP2S04E
			TESC	JDP2S01T JDP2S02T
	Double	S-MINI	1SV172	
		SMQ	1SV237	
		USM	1SV252	
		USQ	1SV312 JDP4P02U	

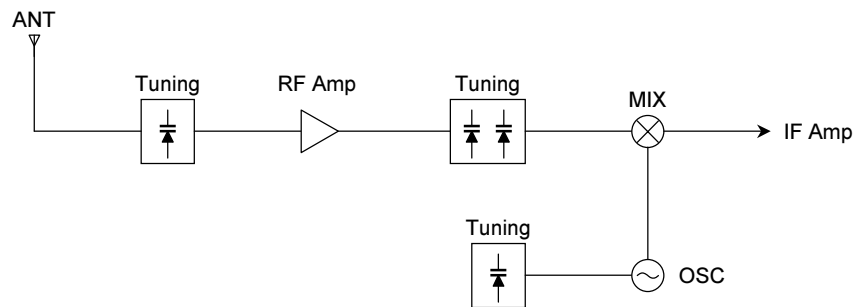
アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番	
Tuning	Tuning	Single	MINI	1SV101
		Double	S-MINI	1SV225 1SV228 JDV3C11
	AFC Varicap Diode	Single	S-MINI	1SV160

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
RF Amp	Dual Gate MOSFET	SMQ	3SK195
			3SK225 3SK226
			USQ
		Single Gate MOSFET	MINI
	S-MINI		2SK302
	USM		2SK882
	SMQ		2SK1771
	Bipolar transistor		MINI
		S-MINI	2SC2714
		USM	2SC4215
	J-FET	MINI	2SK161 2SK192A
		S-MINI	2SK211 2SK210
USM		2SK881	

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番	
MIX	Bipolar transistor	Dual Gate MOSFET	USQ	3SK260
		MINI	2SC2668	
		S-MINI	2SC2714	
		USM	2SC4215	
		SSM	2SC4915	

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
OSC	J-FET	MINI	2SK192A
		S-MINI	2SK210
	Bipolar transistor	MINI	2SC2668 2SC2995
		S-MINI	2SC2714 2SC2996
		USM	2SC4215
		SSM	2SC4915

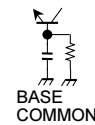

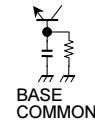

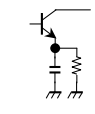
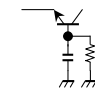
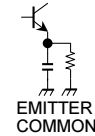
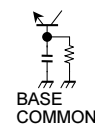
3. TV/VTR チューナ用高周波デバイス



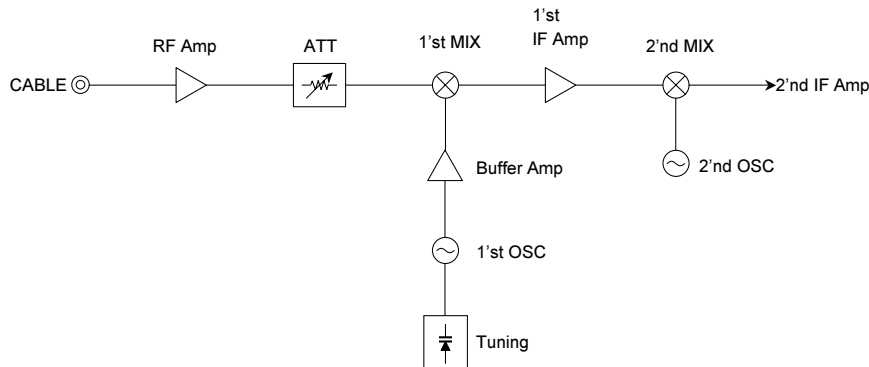
アプリケーション	タイプ	バンド	パッケージ	品番
Tuning	Varicap Diode	Wide Band VHF	USC	1SV215 1SV262 1SV288 1SV231 1SV232 1SV269 1SV302
			ESC	1SV282 1SV290 1SV283 1SV303
			S-MINI (double type)	1SV242
	AFC Diode	VHF to UHF	USC	1SV216
			UHF	USC 1SV214 ESC 1SV278
RF Amp	Dual Gate FET	VHF (wide band)	SMQ	3SK195 3SK225 3SK226 3SK292
			USQ	3SK259 3SK257 3SK258 3SK294
		UHF	SMQ	3SK199 3SK207 3SK232 3SK291
			USQ	3SK256 3SK249 3SK293
MIX	Dual Gate FET	VHF and Wide Band VHF	USQ	3SK260 3SK259
		UHF	S-MINI	1SS295 (double)
	USC		1SS315	
	TESC		JDH2S01T	
	Schottky Diode	SSM	*JDH3D01S (double)	
fSC	JDH2S01FS			

*: 新製品

アプリケーション	タイプ	バンド	回路図	パッケージ	品番
Tuning	Band SW	VHF and Wide Band VHF	 ANODE COMMON	USC	1SS314
				ESC	1SS381
				sESC	JDS2S03S
			 CATHODE COMMON	S-MINI	1SS269 1SS268
				USM	1SS313
				USM	1SS312
SSM	1SS364				

アプリケーション	タイプ	バンド	回路図	パッケージ	品番
RF Amp	Bipolar transistor	UHF	 <p>BASE COMMON</p>	USM	2SC4244
				SMQ	2SC4214
OSC	Bipolar transistor	VHF (wide band)	 <p>COLLECTOR COMMON</p>	USM	2SC4251 2SC4246 2SC4252
				S-MINI	2SC3124 2SC3121
		UHF	 <p>BASE COMMON</p>	USM	2SC4246
				S-MINI	2SC3121
			 <p>COLLECTOR COMMON</p>	USM	2SC4247
				S-MINI	2SC3547A
MIX	Bipolar transistor	VHF (wide band)		USM	2SC4250 2SC4245
				S-MINI	2SC3123 2SC3120
				USM	2SC4253 2SC4251 2SC4246
				S-MINI	2SC3125 2SC3124 2SC3121
		UHF	 <p>EMITTER COMMON</p>	S-MINI	2SC3120 2SC3862
				S-MINI	2SC3547A
			 <p>BASE COMMON</p>	USM	2SC4245
				USM	2SC4247

4. CATV コンバータ用高周波デバイス



アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
RF Amp	Bipolar transistor	SMQ	2SC5087
			MT4S03A MT4S04A
		USQ	MT4S03AU MT4S04AU MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U
TESQ	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T		

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
ATT	Pin Diode	Single	S-MINI 1SV128
			USC 1SV271 1SV307
			ESC 1SV308 JDP2S01E JDP2S04E
			TESC JDP2S01T JDP2S02T
			USQ JDP2S01U JDP2S02U
		Double	S-MINI 1SV172
			SMQ 1SV237
			USM 1SV252
			USQ 1SV312 JDP4P02U
			TESQ JDP4P02AT

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
1st MIX	Schottky Diode	Single	S-MINI 1SS154
			fSC JDH2S01FS
		Double	S-MINI 1SS271
			SSM *JDH3D01S

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
1st IF Amp	Bipolar transistor	S-MINI	MT3S03A MT3S04A
			SMQ MT4S03A MT4S04A MT4S06 MT4S07
		USQ	MT4S03AU MT4S04AU MT4S06U MT4S07U
			Si Dual Gate MOSFET
	USQ	3SK249 3SK293 3SK294	

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
2nd MIX	Schottky Diode	SMQ 1SS239	
		S-MINI 1SS154 (single) 1SS271 (double)	
	Si Dual Gate MOSFET	SMQ 3SK199 3SK232 3SK291	
		USQ 3SK249 3SK293	
	Cell Pack	SM8 TA4107F	

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Buffer Amp	Bipolar transistor	S-MINI	MT3S03A MT3S04A
			SMQ MT4S03A MT4S04A MT4S06 MT4S07
		USQ	MT4S03AU MT4S04AU MT4S06U MT4S07U

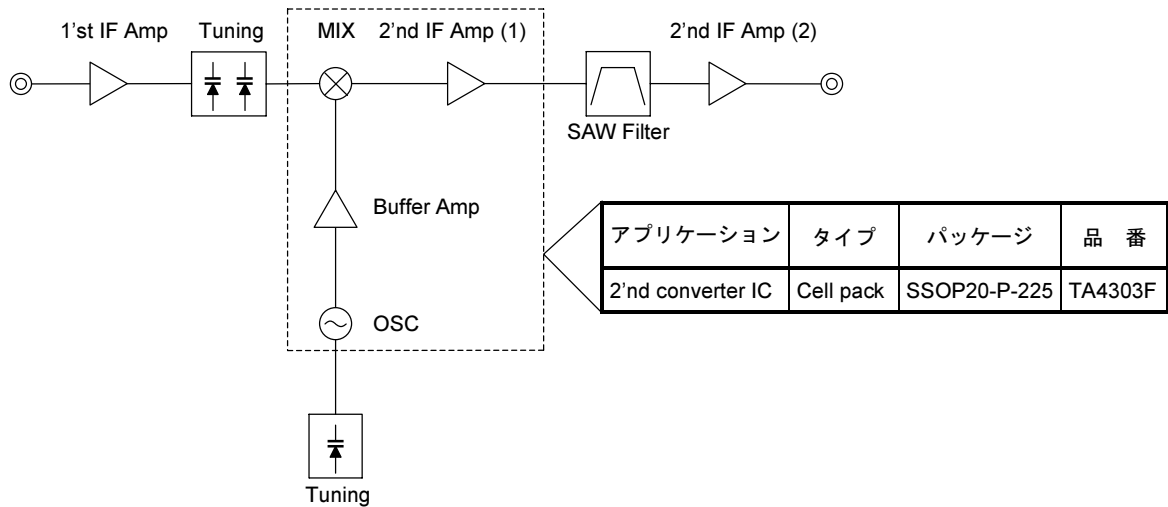
アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
1st OSC	Bipolar transistor	S-MINI	2SC5084 MT3S03A MT3S04A
			USM MT3S03AU MT3S04AU

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Tuning	Tuning Varicap	USC 1SV214 1SV230	
		ESC 1SV278	

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
2nd OSC	Bipolar transistor	USM 2SC4246	
		S-MINI 2SC3121	

*: 新製品

5. SHF 2nd コンバータ用高周波デバイス



アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
1'st IF Amp	Bipolar transistor	SMQ	MT4S03A MT4S04A MT4S06 MT4S07 2SC5092
		USQ	2SC5088 2SC5093 2SC5319 MT4S06U MT4S07U MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U
		TESQ	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
2'nd IF Amp (1)	Bipolar transistor	SMQ	2SC5092
		S-MINI	2SC5089
	Cell Pack	SMQ	TA4002F
		SMV	TA4003F

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
2'nd IF Amp (2)	Cell Pack	SM6	TA4000F
		TU6	TA4017FT
		SM8	TA4018F
			TA4019F

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Tuning	Preselector and Tuning Varicap Diode	USC	1SV245 1SV287
		ESC	1SV309 1SV291

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Buffer Amp	Bipolar transistor	SMQ	2SC5092
		USQ	2SC5088 2SC5093 2SC5319

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
MIX	Bipolar transistor	SMQ	2SC5087 2SC5092
	Schottky Diode	S-MINI	1SS154 (single) 1SS271 (double)
		SSM	*JDH3D01S (Duble)
		fSC	JDH2S01FS
Cell Pack	SM8	*TA4107F	

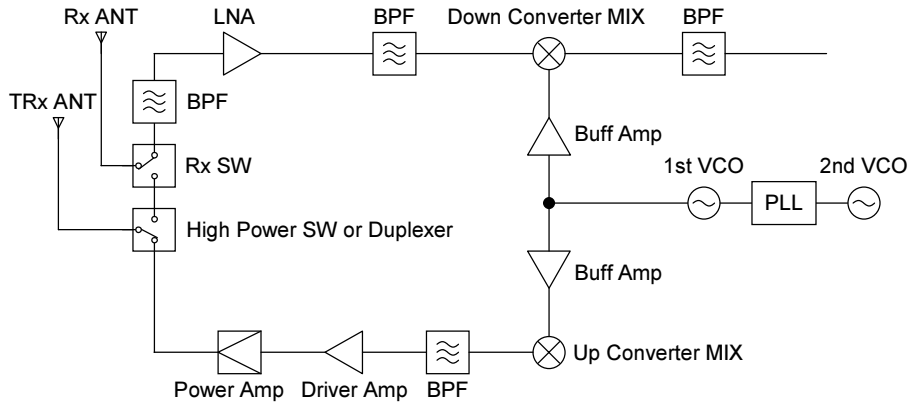
アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
OSC	Bipolar transistor	S-MINI	2SC5089

*: 新製品

パッケージ: SMV (SSOP5-P-0.95)

SM6 (SSOP6-P-0.95)

6. 800 MHz 帯アナログ/デジタルセルラー用高周波デバイス



アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Power Amp (JAPAN CDMA)	Module	5-6B	S-AU84
Power Amp (US CDMA)	Module	5-6B	S-AU85

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Power Amp	Si MOSFET	PW-MINI	2SK2854 2SK2855

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Rx SW	GaAs Cell Pack	TU6	TG2210FT TG2211FT
		USC	ISS314
	PIN Diode	ESC	ISS381
		fSC	JDP2S02AFS *JDP2S05FS
		sESC	JDS2S03S

*: 新製品

アプリケーション	タイプ	パッケージ	品番
Buff Amp	Si Cell Pack	SMV	TA4003F TA4004F
			ESV

アプリケーション	パッケージ	USC	TESC
	タイプ		
Detector	SBD	1SS315	JDH2S01T

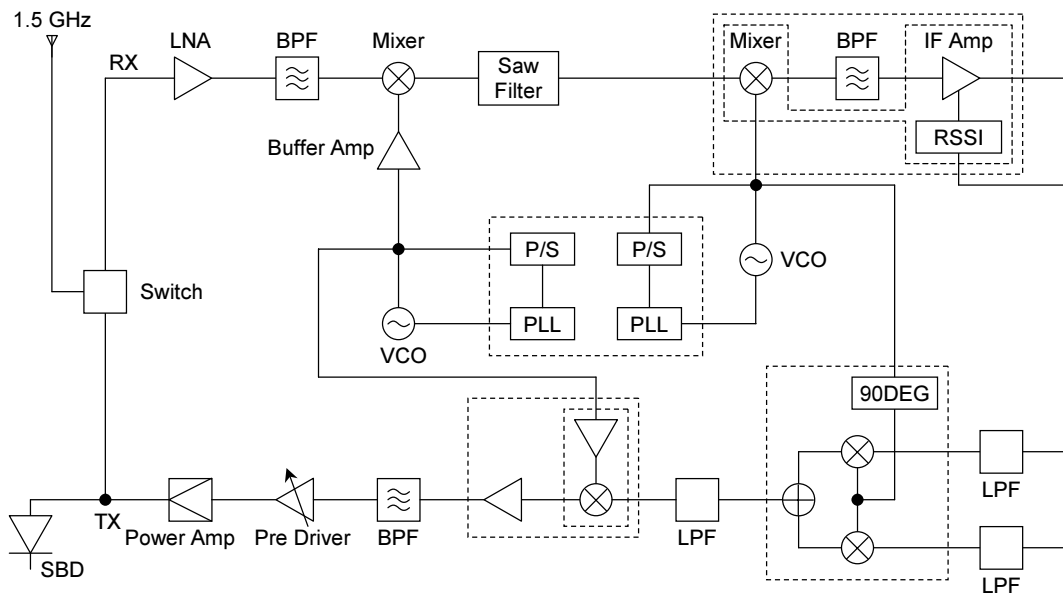
パッケージ	TESM	fSM	SMQ	USQ
アプリケーション				
LNA, Buff Amp	2SC5066FT 2SC5086FT 2SC5091FT 2SC5096FT MT3S03AT MT3S06T MT3S07T MT3S14T *MT3S17T *MT3S18T MT3S35T MT3S36T MT3S37T MT3S41T	MT3S03AFS MT3S06FS MT3S07FS MT3S14FS *MT3S17FS *MT3S18FS MT3S35FS MT3S36FS MT3S37FS MT3S41FS	2SC5087 2SC5092 2SC5097 MT4S06 MT4S07	2SC5088 2SC5093 2SC5098 MT4S06U MT4S07U MT4S32U
MIX	2SC5066FT 2SC5086FT 2SC5108FT 2SC5111FT	—	2SC5087	2SC5088
VCO	2SC5086FT 2SC5464FT 2SC5066FT 2SC5108FT 2SC5111FT MT3S03AT MT3S04AT MT3S05T MT3S06T MT3S07T MT3S08T MT3S11T MT3S12T MT3S14T	MT3S03AFS MT3S04AFS MT3S05FS MT3S06FS MT3S07FS MT3S08FS *MT3S11FS *MT3S12FS *MT3S14FS	—	—

*: 新製品

Varicap Diode

パッケージ	USC	ESC	sESC	fSC
アプリケーション				
VCO	1SV229 1SV270 1SV276 1SV304 1SV310	1SV279 1SV281 1SV284 1SV305 1SV311	JDV2S06S JDV2S08S JDV2S09S	JDV2S06FS JDV2S08FS JDV2S09FS

7. PDC (1.5 GHz) 高周波ブロック



アプリケーション	パッケージ		TESM	fSM	USQ	TESQ
	タイプ					
LNA, Buff Amp	Bipolar transistor		2SC5317FT 2SC5322FT MT3S06T MT3S07T MT3S14T *MT3S17T *MT3S18T MT3S35T MT3S36T MT3S37T MT3S41T MT3S45T	MT3S06FS MT3S07FS *MT3S14FS *MT3S17FS *MT3S18FS MT3S35FS MT3S36FS MT3S37FS MT3S41FS MT3S45FS	2SC5319 MT4S06U MT4S07U	
Mixer (down)	Bipolar transistor		2SC5317FT 2SC5322FT 2SC5086FT			
VCO	Bipolar transistor		MT3S03AT MT3S04AT MT3S06T MT3S07T MT3S08T MT3S11T MT3S12T MT3S14T *MT3S18T MT3S35T MT3S36T MT3S37T MT3S41T MT3S45T	MT3S03AFS MT3S04AFS MT3S06FS MT3S07FS MT3S08FS *MT3S11FS *MT3S12FS *MT3S14FS *MT3S18FS MT3S35FS MT3S36FS MT3S37FS MT3S41FS MT3S45FS		

アプリケーション	パッケージ		ESC	sESC	fSC
	タイプ				
VCO	VCD		JDV2S05E 1SV285 1SV305 1SV311 1SV314 1SV329	JDV2S05S JDV2S07S JDV2S08S JDV2S09S JDV2S10S JDV2S13S	JDV2S05FS JDV2S07FS JDV2S08FS JDV2S09FS JDV2S10FS JDV2S13FS

アプリケーション	パッケージ		ESV
	タイプ		
Buff Amp	Si Cell pack		TA4011AFE TA4012AFE

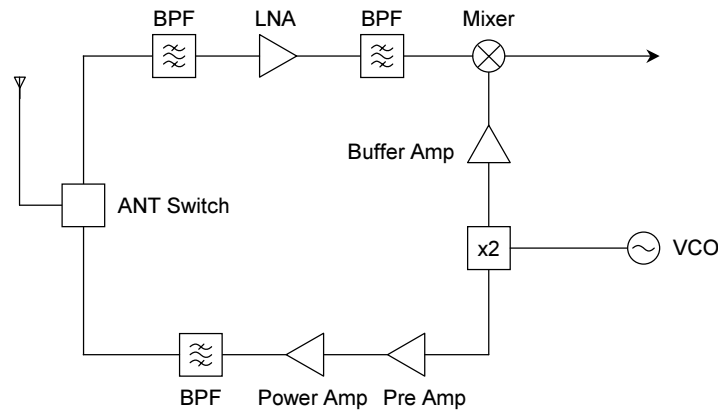
アプリケーション	パッケージ		TU6
	タイプ		
RF Switch	GaAs Cell pack		TG2211FT

アプリケーション	パッケージ		USC	TESC	fSC	SSM
	タイプ					
Detector	SBD		1SS315	JDH2S01T	JDH2S01FS	*JDH3D01S

*: 新製品

*: 新製品

8. 900 MHz、2.4 GHz および 5.8 GHz 帯コードレス電話用高周波デバイス

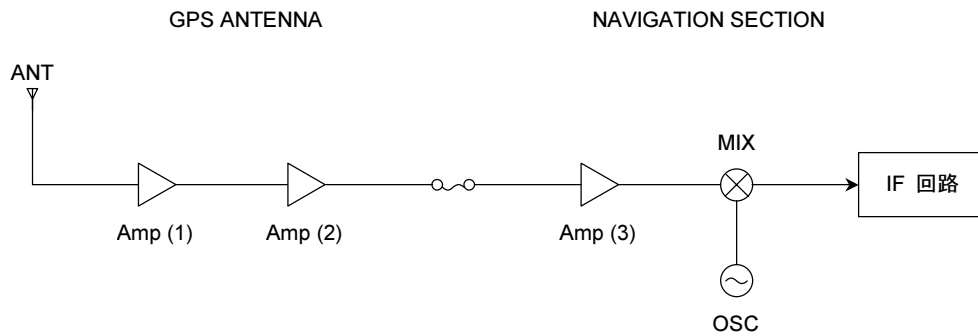


アプリケーション	パッケージ	USC	ESC	sESC	fSC	CST2	USM	SSM	TESM	SMQ	USQ	TESQ
	周波数帯											
ANT Switch	900 MHz	1SV271 1SV307	JDP2S04E 1SV308	JDP2S02AS	JDP2S02AFS	*JDP2S02ACT						
	2.4 GHz	1SV271 1SV307	JDP2S04E 1SV308	JDP2S02AS	JDP2S02AFS *JDP2S05FS	**JDP2S05CT						
	5.8 GHz				*JDP2S05FS	**JDP2S05CT						
VCO	900 MHz	1SV214 1SV229 1SV276 1SV304 1SV310 1SV313	1SV278 1SV279 1SV284 1SV305 1SV311 1SV314	JDV2S06S JDV2S08S JDV2S09S	JDV2S06FS JDV2S08FS JDV2S09FS							
	2.4 GHz		JDV2S01E JDV2S02E JDV2S05E	JDV2S01S JDV2S02S JDV2S05S JDV2S16S JDV2S19S JDV2S20S	JDV2S01FS JDV2S02FS JDV2S05FS JDV2S16FS JDV2S19FS JDV2S20FS							
	5.8 GHz		JDV2S02E	JDV2S02S *JDV2S17S JDV2S20S *JDV2S22S	JDV2S02FS *JDV2S17FS JDV2S20FS *JDV2S22FS							
VCO Buffer Amp Mixer Power Amp Pre Amp LNA	900 MHz						2SC5065 2SC5085 MT3S06U *MT3S16U	2SC5066 2SC5086 MT3S06S	2SC5066FT 2SC5086FT MT3S06T *MT3S16T *MT3S17T *MT3S18T	2SC5087 MT4S06	2SC5088 MT4S06U	
	2.4 GHz						MT3S06U	MT3S06S	2SC5317FT MT3S06T *MT3S17T *MT3S18T MT3S35T	MT4S06	2SC5319 MT4S06U	MT4S32U
	5.8 GHz								MT3S35T MT3S37T		MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T

*: 新製品

** : 開発中

9. GPS 高周波ブロック



GPS Antenna Section

アプリケーション	パッケージ		ES6	USQ	TESQ
	タイプ				
Amp (2)	Bipolar transistor			2SC5319 MT4S32U MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T
	Si Cell-Pack	*TA4016AFE			

*: 新製品

Navigation Section

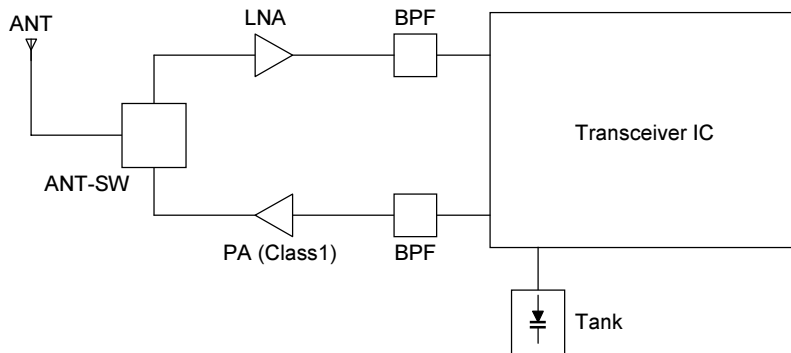
アプリケーション	パッケージ		SMQ	USQ	TESQ
	タイプ				
Amp (3)	Bipolar transistor		MT4S06	2SC5319 MT4S06U MT4S32U MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T
Mixer, OSC	Bipolar transistor		MT4S06	2SC5319 MT4S06U	

*: 新製品

アプリケーション	パッケージ		ESC	sESC	fSC
	タイプ				
OSC	Varicap Diode		1SV314	JDV2S10S	JDV2S10FS
			1SV329	JDV2S13S	JDV2S13FS
			JDV2S01E	JDV2S01S	JDV2S01FS
			JDV2S02E	JDV2S02S	JDV2S02FS
			JDV2S05E	JDV2S05S	JDV2S05FS
			JDV2S16S	JDV2S16S	JDV2S16FS
			*JDV2S17S	*JDV2S17S	*JDV2S17FS
	JDV2S19S	JDV2S19S	JDV2S19FS		
	JDV2S20S	JDV2S20S	JDV2S20FS		
	*JDV2S22S	*JDV2S22S	*JDV2S22FS		

*: 新製品

10. 2.4 GHz 無線 LAN、Bluetooth



ANT-SW

アプリケーション	タイプ	品番
For Class 1	GaAs MMIC	TG2216TU
For Class 2, 3	GaAs MMIC	TG2210FT
	GaAs MMIC	◎TG2211FT
	GaAs MMIC	TG2213S
	GaAs MMIC	TG2214S
All Class	Pin Diode	JDP2S01AFS
	Pin Diode	JDP2S02AFS

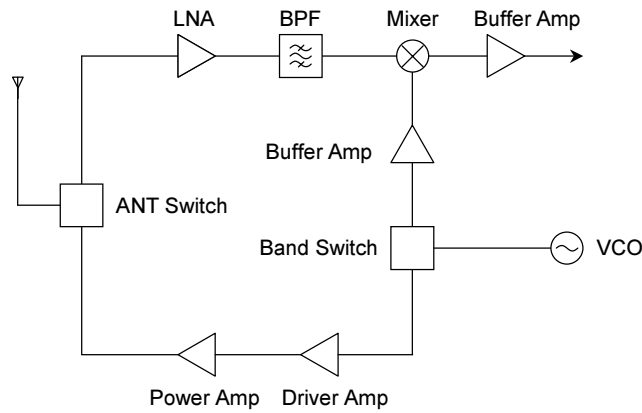
◎: インバータ回路内蔵

アプリケーション	パッケージ		USQ	TESQ
	タイプ			
LNA	Bipolar transistor		2SC5319 MT4S32U MT4S100U MT4S101U *MT4S102U *MT4S104U	MT4S100T MT4S101T *MT4S102T *MT4S104T

*: 新製品

アプリケーション	パッケージ		ESC	sESC	fSC
	タイプ				
VCO	Varicap Diode	1SV314	JDV2S10S	JDV2S10FS	
		1SV329	JDV2S13S	JDV2S13FS	
		JDV2S01E	JDV2S01S	JDV2S01FS	
		JDV2S02E	JDV2S02S	JDV2S02FS	
		JDV2S05E	JDV2S05S	JDV2S05FS	
			JDV2S16S	JDV2S16FS	
			JDV2S19S	JDV2S19FS	
			JDV2S20S	JDV2S20FS	

11. FRS, GMRS 用高周波デバイス



アプリケーション	パッケージ		USC	ESC	sESC	fSC	CST2	USM	SSM	TESM	SMQ	USQ
	タイプ											
ANT Switch	FRS, GMRS		1SS314 1SV271 1SV307	1SS381 JDP2S04E 1SV308	JDS2S03S JDP2S02AS	JDP2S02AFS *JDP2S05FS	*JDP2S02ACT					
VCO			1SV214 1SV229 1SV276 1SV304	1SV278 1SV279 1SV284 1SV305 1SV282A	JDV2S06S JDV2S08S	JDV2S06FS JDV2S08FS						
VCO Driver Buffer Amp Mixer LNA									2SC5065 2SC5085 MT3S06U *MT3S16U	2SC5066 2SC5086 MT3S06S	2SC5066FT 2SC5086FT MT3S06T *MT3S16T *MT3S17T *MT3S18T	2SC5087 MT4S06

*: 新製品

アプリケーション	パッケージ		PW-MINI	PW-X
	タイプ			
Power Amp	FRS		2SK3078A *2SK3656	
	GMRS			2SK3079A *2SK3756

*: 新製品

**[5] 最大定格および
電気的特性の定義**

[5] 最大定格および電気的特性の定義

1. 最大定格の定義

1.1 最大定格 (バイポーラトランジスタ)

- 1) コレクタ・ベース間電圧 (V_{CB0})
規定の周囲温度において、エミッタ開放時のコレクタ接合の逆方向に印加できる電圧の最大許容値です。
- 2) コレクタ・エミッタ間電圧 (V_{CEO})
規定の周囲温度において、ベース開放時のコレクタ接合の逆方向に印加できる電圧の最大許容値です。
- 3) エミッタ・ベース間電圧 (V_{EB0})
規定の周囲温度において、コレクタ開放時のエミッタ接合の逆方向に印加できる電圧の最大許容値です。
- 4) コレクタ電流 (I_C)
規定の周囲温度において、コレクタに流すことができる電流の最大許容値です。ベース・エミッタの状態に関係なく定格値を超える電流を流すことはできません。
- 5) ベース電流 (I_B)
規定の周囲温度において、ベースに流すことができる電流の最大許容値です。コレクタ・エミッタの状態に関係なく定格値を超える電流を流すことはできません。
- 6) コレクタ損失 (P_C)
規定の周囲温度において、指定された放熱条件での、コレクタ接合で消費することができる電力の最大許容値です。周囲温度の上昇に伴い減少します。また、放熱条件（素子単体あるいは基板実装状態など）により値が大きく異なるので十分な注意が必要です。
- 7) 接合温度 (T_j)
動作時における、接合部温度の最大許容値です。この値の範囲内で素子の消費電力値、動作温度範囲を設定する必要があります。
- 8) 保存温度 (T_{stg})
非動作時に保存し得る周囲温度の許容範囲です。この値の範囲内での保存による、特性の劣化がないことを保証しています。

1.2 最大定格 (接合型 FET, GaAs MESFET, MODFET)

- 1) ゲート・ドレイン間電圧 (V_{GDO} , V_{GDS})
規定の周囲温度において、ソース開放時 (V_{GDO}) またはソース・ドレイン短絡時 (V_{GDS}) のゲート・ドレイン間接合の逆方向に印加できる電圧の最大許容値です。
- 2) ゲート・ソース間電圧 (V_{GS})
規定の周囲温度において、ドレインを規定の状態にしたときにゲート・ソース間接合の逆方向に印加できる電圧の最大許容値です。
- 3) ゲート電流 (I_G)
規定の周囲温度において、ゲートに流すことができるゲート接合順電流の最大許容値です。ソース、ドレインの状態に関係なくゲートに本定格値以上の電流を流すことはできません。
- 4) 許容損失 (P_D)
規定の周囲温度において、指定された放熱条件での、ドレイン接合およびチャネルで消費することができる電力の最大許容値です。周囲温度の上昇に伴い減少します。また、放熱条件 (素子単体あるいは基板実装状態など) により値が大きく異なるので十分な注意が必要です。
- 5) チャネル温度 (T_{ch})
動作時における、チャネル部温度の最大許容値です。この値の範囲内で素子の消費電力値、動作温度範囲を設定する必要があります。
- 6) 接合温度 (T_j)
動作時における、接合部温度の最大許容値です。この値の範囲内で素子の消費電力値、動作温度範囲を設定する必要があります。
- 7) 保存温度 (T_{stg})
非動作時に保存し得る周囲温度の許容範囲です。この値の範囲内での保存による、特性の劣化がないことを保証しています。

1.3 最大定格 (MOS 型 FET)

1) ドレイン・ソース間電圧 (V_{DS})

規定の周囲温度において、ゲートを規定の状態にしたとき、ドレイン・ソース間に印加できる電圧の最大許容値です。ゲートの開放状態ではゲート・ソース間に浮遊電圧が発生しやすく、不用意な過大 I_D が流れ破壊する恐れがあるので注意が必要です。

2) ゲート・ソース間電圧 (V_{GS})

規定の周囲温度において、ドレインを規定の状態にしたとき、ゲート・ソース間に印加できる電圧の最大許容値です。規格値に±が付いている場合は、両方向に電圧を印加することができます。

3) ドレイン電流 (I_D)

規定の周囲温度において、ドレインに流すことができる電流の最大許容値です。

4) 許容損失 (P_D)

規定の周囲温度において、指定された放熱条件での、チャンネルで消費することができる電力の最大許容値です。周囲温度の上昇に伴い減少します。また、放熱条件（素子単体あるいは基板実装状態など）により値が大きく異なるので十分な注意が必要です。

5) チャンネル温度 (T_{ch})

動作時における、チャンネル部温度の最大許容値です。この値の範囲内で素子の消費電力値、動作温度範囲を設定する必要があります。

6) 接合温度 (T_j)

動作時における、接合部温度の最大許容値です。この値の範囲内で素子の消費電力値、動作温度範囲を設定する必要があります。

7) 保存温度 (T_{stg})

非動作時に保存し得る周囲温度の許容範囲です。この値の範囲内での保存による、特性の劣化がないことを保証しています。

1.4 最大定格 (小信号増幅用 IC、ミキサ用 IC、発振用 IC)

- 1) 電源電圧 (V_{CC})
電源端子と GND 端子間に印加できる電圧の絶対最大値です。
- 2) 電源電流 (I_{CC})
電源端子と GND 端子間に電圧を印加したときに、全回路に流すことができる電流の絶対最大値です。
- 3) 許容損失 (P_D)
規定の周囲温度において、IC 単体で消費することができる電力の最大許容値です。周囲温度の上昇に伴い減少します。また、放熱条件 (基板実装状態等) により値が大きく異なるので十分な注意が必要です。
- 4) 動作温度 (T_{opr})
動作時における、周囲温度の許容範囲です。この範囲内で使用すると、正常に動作することを保証しています。なお、電気的特性の規格値は規定の周囲温度における値であり、この動作温度 (T_{opr}) のすべての範囲で満足するものではありません。
- 5) 接合温度 (T_j)
動作時における、接合部温度の最大許容値です。この値の範囲内で素子の消費電力値、動作温度範囲を設定する必要があります。
- 6) 保存温度 (T_{stg})
非動作時に保存し得る周囲温度の許容範囲です。この値の範囲内での保存による、特性の劣化がないことを保証しています。

1.5 最大定格 (電力増幅用 IC)

- 1) 電源電圧 (V_{DD})
電源端子と GND 端子間に印加できる電圧の絶対最大値です。
- 2) ゲート電圧 (V_{GG})
ゲート端子と GND 端子間に印加できる電圧の絶対最大値です。
- 3) 入力電力 (P_i)
入力端子に入力できる電力の最大許容値です。
- 4) 許容損失 (P_D)
規定の周囲温度において、IC 単体で消費することができる電力の最大許容値です。周囲温度の上昇に伴い減少します。また、放熱条件 (基板実装状態など) により値が大きく異なるので十分な注意が必要です。
- 5) 動作温度 (T_{opr})
動作時における、周囲温度の許容範囲です。この範囲内で使用すると、正常に動作することを保証しています。なお、電気的特性の規格値は規定の周囲温度における値であり、この動作温度 (T_{opr}) のすべての範囲で満足するものではありません。
- 6) 保存温度 (T_{stg})
非動作時に保存し得る周囲温度の許容範囲です。この値の範囲内での保存による、特性の劣化がないことを保証しています。

1.6 最大定格 (スイッチ用 IC)

- 1) 電源電圧 (V_{DD})
電源端子と GND 端子間に印加できる電圧の絶対最大値です。
- 2) 制御電圧 (V_C) または (V_{CON})
制御端子と GND 端子間に印加できる電圧の絶対最大値です。
- 3) 入力電力 (P_i)
PF 端子に入力できる電力の最大許容値です。
- 4) 許容損失 (P_D)
規定の周囲温度において、IC 単体で消費することができる電力の最大許容値です。周囲温度の上昇に伴い減少します。また、放熱条件 (基板実装状態など) により値が大きく異なるので十分な注意が必要です。
- 5) 動作温度 (T_{opr})
動作時における、周囲温度の許容範囲です。この範囲内で使用すると、正常に動作することを保証しています。なお、電気的特性の規格値は規定の周囲温度における値であり、この動作温度 (T_{opr}) のすべての範囲で満足するものではありません。
- 6) 保存温度 (T_{stg})
非動作時に保存し得る周囲温度の許容範囲です。この値の範囲内での保存による、特性の劣化がないことを保証しています。

2. 電気的特性の定義

2.1 電気的特性 (高周波バイポーラトランジスタ)

項 目	記 号	機 能 説 明
コレクタしゃ断電流	I_{CBO}	エミッタ開放時に、コレクタ・ベース接合の逆方向に規定の電圧を印加したときに流れるコレクタ電流
エミッタしゃ断電流	I_{EBO}	コレクタ開放時に、エミッタ・ベース接合の逆方向に規定の電圧を印加したときに流れるエミッタ電流
コレクタ・エミッタ間降伏電圧	$V_{(BR)CEO}$	エミッタ接地、ベース開放にて、規定のコレクタ電流を流したときに発生するコレクタ・エミッタ間降伏電圧
直流電流増幅率	h_{FE}	エミッタ接地にて、規定のコレクタ電圧印加時に、規定のコレクタ電流 (I_C) を流しうるベース電流 (I_B) とコレクタ電流との比を表します (I_C/I_B)
帰還容量	C_{re}	エミッタ接地にて、コレクタ・ベース間に規定の直流電圧を印加したときのコレクタ・ベース間の等価容量
コレクタ出力容量	C_{ob}	ベース接地にて、コレクタ・ベース間に規定の直流電圧を印加したときのコレクタ・ベース間の等価容量
$C_c \cdot r_{bb'}$ 積	$C_c \cdot r_{bb'}$	ベース接地、規定のコレクタ電圧にて、規定のエミッタ電流を流したときの、コレクタ・ベース間容量 (C_c) とベース広がり抵抗 ($r_{bb'}$) との積
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	エミッタ接地、規定のベース電流にて、規定のコレクタ電流を流しうるコレクタ電圧
ベース・エミッタ間飽和電圧	$V_{BE(sat)}$	エミッタ接地、規定のコレクタ電流にて、規定のベース電流を流しうるベース電圧
トランジション周波数	f_T	エミッタ接地、規定のコレクタ電圧、規定のコレクタ電流にて、電流利得 $ h_{FE} $ が 1 となる周波数
挿入電力利得	$ S_{21e} ^2$	規定のバイアス、規定の入力信号および規定のインピーダンス負荷における順方向挿入利得
電力利得	G_{pe}	入出力回路を利得整合に調整した時の小信号電力利得
雑音指数	NF	入力回路を雑音整合に、出力回路を利得整合に調整したときの雑音指数

2.2 電気的特性 (接合型 FET, GaAs MESFET, MODFET)

項 目	記 号	機 能 説 明
ゲートしゃ断電流	I_{GSS}	ソース接地、ドレイン・ソース間短絡にて、規定のゲート電圧を印加したときに流れるゲート電流
ゲート・ドレイン間降伏電圧	$V_{(BR) GDO}$	ドレイン接地、ソース開放にて、規定のゲート電流を流したときに発生するゲート・ドレイン間降伏電圧
ドレイン電流	I_{DSS}	ソース接地、ゲート・ソース間短絡にて、規定のドレイン電圧を印加したときに流れるゲート電流
ゲート・ドレイン間しゃ断電圧	$V_{GS (OFF)}$	ソース接地にて、規定のドレイン電圧を印加したときに、規定のドレイン電流が流れうるゲート電圧
順方向電圧アドミタンス	$ Y_{fs} $	ソース接地、規定のゲート電圧、ドレイン電圧、周波数にて、 $\Delta I_D / \Delta V_{GS}$ で得られるアドミタンス
入力容量	C_{iss}	ソース接地、ドレイン・ソース間短絡 (交流短絡) にて、規定のゲート電圧、ドレイン電圧、周波数にて動作時の、ゲート・ソース間の等価容量
帰還容量	C_{rss}	ソース接地、規定のゲート電圧、ドレイン電圧、周波数にて動作時のゲート・ドレイン間の等価容量
電力利得	G_{ps}	入出力回路を利得整合に調整したときの小信号電力利得
NF 最小時電力利得	G_a	入力回路を雑音整合に、出力回路を利得整合に調整したときの電力利得
雑音指数	NF	入力回路を雑音整合に、出力回路を利得整合に調整したときの雑音指数

2.3 電気的特性 (MOS 型 FET)

項 目	記 号	機 能 説 明
ゲートしゃ断電流	I_{GSS}	ソース接地、ドレイン・ソース間短絡にて、規定のゲート電圧を印加したときに流れるゲート電流
ソース・ドレイン間電圧	V_{DSX}	ソース接地、規定のゲートオフバイアス電圧にて、規定のドレイン電流を流したときに発生するソース・ドレイン間電圧
ソース・ドレイン間降伏電圧	$V_{(BR)DSX}$	ソース接地、規定のゲートオフバイアス電圧にて、規定のドレイン電流を流したときに発生するソース・ドレイン間降伏電圧
ドレイン電流	I_{DSS}	ソース接地、ゲート・ソース間短絡にて、規定のドレイン電圧を印加したときに流れるドレイン電流
ゲート・ソース間しゃ断電圧	$V_{GS(OFF)}$	ソース接地にて、規定のドレイン電圧を印加したときに、規定のドレイン電流が流れうるゲート電圧
順方向伝達アドミタンス	$ Y_{fs} $	ソース接地、規定のゲート電圧、ドレイン電圧、周波数にて、 $\Delta I_D / \Delta V_{GS}$ で得られるアドミタンス
入力容量	C_{iss}	ソース接地、ドレイン・ソース間短絡 (交流短絡) にて、規定のゲート電圧、ドレイン電圧、周波数にて動作時の、ゲート・ソース間の等価容量
帰還容量	C_{rss}	ソース接地、規定のゲート電圧、ドレイン電圧、周波数にて動作時のゲート・ドレイン間の等価容量
電力利得	G_{ps}	入出力回路を利得整合に調整したときの小信号電力利得
雑音指数	NF	入力回路を雑音整合に、出力回路を利得整合に調整したときの雑音指数

2.4 電気的特性 (小信号増幅用 IC)

項 目	記 号	機 能 説 明
電源電流	I_{CC}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときに全回路に流れる電流
電力利得	$ S_{21} ^2$	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの順方向伝達係数
アイソレーション	$ S_{12} ^2$	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの逆方向伝達係数
入力リターンロス	$ S_{11} ^2$	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの入力反射係数
出力リターンロス	$ S_{22} ^2$	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの出力反射係数
雑音指数	NF	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの雑音指数
周波数帯域幅	BW	規定の周波数における電力利得 $ S_{21} ^2$ に対し、3dB down の周波数
出力電力 1dB 圧縮ポイント	P_{O1dB}	小信号レベルの入力電力に対する出力電力の相関から算出される理想の出力電力と、入力電力を増加したときの実際の出力電力の差が 1dB 低くなる時の実際の出力電力
最大出力	P_O	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの最大出力

2.5 電気的特性 (ミキサ用 IC)

項 目	記 号	機 能 説 明
電源電流	I_{CC}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときに全回路に流れる電流
変換利得	G_{MIX}, G_C, C_{Gain}	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの周波数変換した出力レベルと入力レベルとの電力比
変換雑音指数	NF	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの変換雑音指数
三次相互変調歪	IM3	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの周波数変換に必要な電力と三次相互変調歪との電力比
入力 IP3	IIP3	変換利得と IM3 を用い下式により算出されます: $IIP3 = Pin + IM3/2$
最大出力	P_O	規定の温度において、規定のバイアス、規定の入力信号およびインピーダンス負荷にしたときの最大出力

2.6 電気的特性 (発振用 IC)

項 目	記 号	機 能 説 明
電源電流	I_{CC}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときに全回路に流れる電流
OSC B 端子電圧	V_{OSCB}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときの OSC B 端子電圧
OSC E 端子電圧	V_{OSCE}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときの OSC E 端子電圧
Buff B 端子電圧	V_{BuffB}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときの Buff B 端子電圧
Fout 端子電圧	V_{FOUT}	規定の温度において、電源端子に規定の電圧を印加したときの Fout 端子電圧

2.7 電気的特性 (電力増幅用 IC)

項 目	記 号	機 能 説 明
周波数範囲	f_{RANGE}	高周波デバイス特性が保証される周波数範囲
トータル電流	I_t	規定の出力電力レベルにおいて、定格電源電圧を各 V_{DD} 端子に印加したときの電源電流の合計
ゲート電流	I_G	定格電源電圧を V_G 端子に印加したときの電源電流
出力電力	P_O	規定の電力入力時の出力電力
小信号利得	G_p	規定の電力入力時の電力利得
隣接チャネル漏洩電力比	ACPR (ACLR)	規定の入力電力、電源電圧、制御電圧において、規定の帯域電力と隣接チャネルに漏洩する電力の比
ハーモニック	$2f_0$	規定の周波数において、定格電力を入力し、かつ定格電源電圧とゲート電圧を印加したときの二次高周波
	$3f_0$	規定の周波数において、定格電力を入力し、かつ定格電源電圧とゲート電圧を印加したときの三次周波数
入力 VSWR	$VSWR_{\text{in}}$	定格電力を入力し、かつ定格電源電圧とゲート電圧を印加したときの、入力側電圧定在波比
出力 VSWR	$VSWR_{\text{out}}$	規定の電力を入力し、かつ定格電源電圧とゲート電圧を印加したときの、出力側電圧定在波比
耐負荷特性	—	規定の周波数において、定格電力を入力し、かつ定格電源電圧とゲート電圧を印加したときに、規定の負荷 VSWR のあらゆる位相で動作中、異常のないこと
安定度	—	規定の周波数において、定格電力を入力し、かつ定格電源電圧とゲート電圧を印加したときに、規定の負荷 VSWR の全位相で動作後の安定度 (例: 異常発振のないこと)

2.8 電気的特性 (スイッチ用 IC)

項 目	記 号	機 能 説 明
挿入損失	L_{oss}	スイッチ ON 時に、端子間に定格電力を入力した場合の減衰度
アイソレーション	I_{SL}	スイッチ OFF 時に、端子間に定格電力を入力した場合の絶縁度
スイッチング時間	t_{sw}	スイッチ切替時に、高周波電力レベルが 10% から 90% まで変化する時間
電源電流	I_{DD}	規定の電源電圧を V_{DD} 端子に印加したときの電源電流
制御電流	I_C	規定の制御電圧を V_{con} 端子に印加したときの制御電流
1dB 利得圧縮時出力電力	P_{O1dB}	規定の制御電圧において、入力電力の増加にともなう理想の出力レベルと、実際の出力電力の差が 1dB 低くなるときの、実際の出力電力
1dB 利得圧縮時入力電力	P_{I1dB}	規定の制御電圧において、入力電力の増加にともなう理想の出力レベルと、実際の出力電力の差が 1dB 低くなる時の入力電力
隣接チャネル漏洩電力比	ACPR	規定の入力電力、電源電圧、制御電圧において、規定の帯域電力と隣接チャネルに漏洩する電力の比

[6] 解 説

[6] 解 説

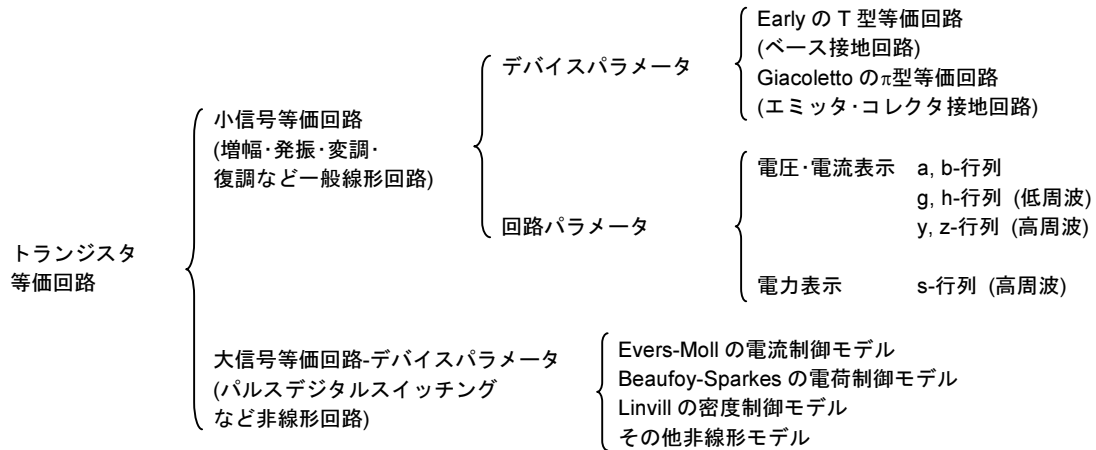
1. 高周波トランジスタのパラメータ

トランジスタの等価パラメータには、素子の内部動作機構と密接に対応するデバイスパラメータと、トランジスタを1つの端子回路網とみなし、マトリックスで表示された回路パラメータとがあります。

また、取り扱う信号（振幅）の大小により、小信号等価回路（アナログ回路）と大信号等価回路（デジタル回路）とに分類されます。

このような等価回路には非常に多くのものが発表されており、回路設計者は各種等価回路の適用範囲および使用限界に十分注意して、使用することが必要です。表 1.1に現在よく用いられている等価回路の一覧表を示しますが、ここでは一般的な小信号等価回路について説明します。

表 1.1 トランジスタ等価回路一覧表



1.1 デバイスパラメータ

1.1.1 Early の T 型等価回路

図 1.1に Early の T 型等価回路を示します。
 図 1.1において、

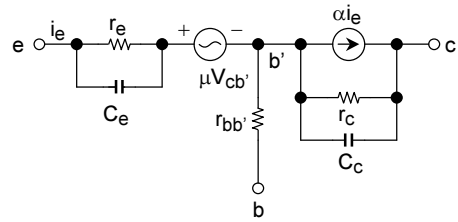


図 1.1 Early の T 型等価回路

r_e : エミッタ抵抗

エミッタ・ベース接合の順方向抵抗で、次式によって表されます。

$$r_e = \frac{kT}{qI_E} (\Omega) \dots \dots \dots (1)$$

- k : ボルツマン定数 (1.38×10^{-23} J/K)
- T : 絶対温度 (K)
- q : 電子の電荷量 (1.60×10^{-19} C)
- I_E : エミッタ電流 (A)

常温 (300 K) では、エミッタ電流を mA で表すと (1) 式は次式のようにになります。

$$r_e = \frac{26}{I_E \text{ (mA)}} (\Omega) \dots \dots \dots (2)$$

C_e : エミッタ容量 ($C_{T_e} + C_{D_e}$)

エミッタ・ベース接合の空乏層容量と拡散容量との和として表されます。一般に空乏層容量は拡散容量に比較して非常に小さく、無視できます。空乏層容量 C_{T_e} 拡散容量 C_{D_e} は次式で表されます。

$$C_{T_e} = A_e \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \epsilon q n N}{\phi_0 - V_{b'e}}} \text{ (F)} \dots \dots \dots (3)$$

- A_e : エミッタ接合面積 (m^2)
- ϵ : 誘電率
- nN : 高比抵抗側の多数キャリア濃度 (m^{-3}) (この場合は NPN)
- ϕ_0 : 接触電位差 (平衡時の電位障壁) (V)
- $V_{b'e}$: 接合の両端にかかる電位 (V)

$$C_{D_e} = \frac{qI_E W^2}{2kTD} \text{ (F)} \dots \dots \dots (4)$$

- W : ベース幅 (m)
- D : 少数キャリアのベース領域における拡散係数 (m^2/s)

μ : 電圧帰還率 (Early 定数)

Early 効果として知られている定数で、ベース幅変調パラメータです。

$$\mu = \frac{kT d_c}{3qW (\phi_0 - V_{b'e})} \dots \dots \dots (5)$$

- d_c : コレクタ空乏層の幅 (m)

r_c : コレクタ抵抗

これも一種のベース幅変調パラメータで、次式で表されます。

$$r_c = \frac{1}{I_E \left(\frac{\partial \alpha}{\partial V_{b'e}} \right)} (\Omega) \dots\dots\dots (6)$$

r_c の値は通常 1~2 M Ω 程度です。

C_c : コレクタ容量

エミッタ容量と同じく、コレクタベース接合の空乏層容量と拡散容量の和で表されます。が、一般に拡散容量は空乏層容量に比較して非常に小さく、無視してさしつかえない、空乏層容量は次式で表されます。

$$C_{TC} = A_C^3 \sqrt{\frac{\epsilon_2 q a}{12 (\phi_0 - V_{b'e})}} (F) \dots\dots\dots (7)$$

A_C : コレクタ接合面積 (m²)

a : 不純物濃度勾配 (m⁻⁴)

$V_{b'e}$: コレクタ接合にかかる電位 (V)

通常 1~10 pF の値を示します。

α : 直流電流増幅率

Early の T 型パラメータの中、周波数依存性を認めている唯一のパラメータであり、次式で表されます。

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + j\omega C_e r_e}$$

$$f_\alpha = \frac{1}{2\pi C_e r_e}$$

従って、

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + j \frac{f}{f_\alpha}} \dots\dots\dots (8)$$

α_0 : 低周波における α の値

f_α : α しや断周波数 (α が α_0 より 3 dB 低下する周波数)

図 1.2に α の周波数軌跡を示します。ところが実際に α を測定すると、周波数が f_α に近づくに従って理論値と実測値とのずれが大きくなってきます。これは Early の等価回路が物理現象の第 1 次近似にあるためです。

これを補正するため Thomas-Moll は余剰位相 m を導入し、次式を与えています。

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + j \frac{f}{f_\alpha}} \exp\left(-jm \frac{f}{f_\alpha}\right) \dots\dots\dots (9)$$

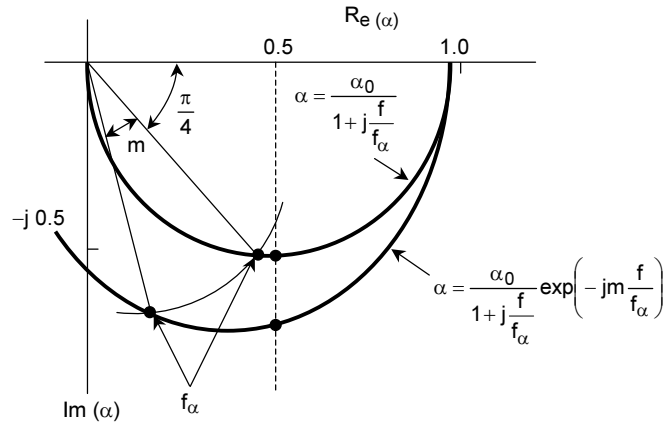


図 1.2 α の周波数軌跡

上式は周波数が f_α よりも低いところで実測値とよく一致します。

r_{bb}' : ベース拡がり抵抗

実際にトランジスタ作用に寄与するベース領域の中心から外部ベース端子までの抵抗であり、トランジスタの形状寸法およびベースの比抵抗などによって決定されます。

$$r_{bb}' \approx \frac{qB}{8 \pi W} \ (\Omega) \dots\dots\dots (10)$$

qB : ベース領域の比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

エミッタ接地の場合の直流電流増幅率 (β) は π 型等価回路より、

$$\beta = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0} \frac{1}{1 + j\omega C_{b'e} r_{b'e}} = \frac{\beta_0}{1 + j\omega C_{b'e} r_{b'e}}$$

f_α の場合と同様に、 β の絶対値が $\beta_0 / \sqrt{2}$ になる周波数を β しや断周波数 f_β と定義しますと、次式で表されます。

$$f_\beta = \frac{1}{2 \pi C_{b'e} r_{b'e}}$$

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + j \frac{f}{f_\beta}} \dots\dots\dots (11)$$

1.1.2 Giacoletto のπ型等価回路

図 1.3にπ型等価回路を示します。この等価回路は本質的には前述した Early の T 型等価回路に等しいものです。Early の T 型等価回路との差異は、各パラメータが原則的には、周波数特性を持たないという点です。

表 1.2 T 型等価回路定数と π型等価回路定数との関係

π型等価回路定数	T 型等価回路定数
$C_{b'e}$	C_e
$r_{be'}$	$\frac{r_e}{1 - \alpha_0}$
$C_{b'c}$	C_c
$\frac{1}{r_{b'c}}$	$\frac{1}{r_c} - \frac{\mu(1 - \alpha_0)}{r_e}$
r_{ce}	$\frac{r_e}{\mu}$
g_m	$\frac{\alpha_0}{r_e}$
$r_{bb'}$	$r_{bb'}$

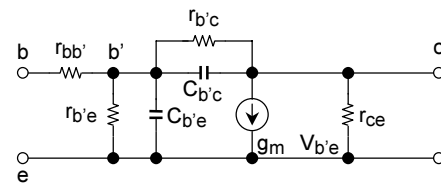


図 1.3 π型等価回路

T 型等価回路の定数とπ型等価回路の定数は表 1.2のような関係になります。

各パラメータの物理的意味も理解しやすく、一般的に広く用いられています。実際に回路計算に用いる場合には、周波数範囲などを考慮し、図 1.3の基本型を多少簡略化して用いるのが便利でしょう。

1.1.3 FETの種類と構造

FETはゲートの構造によって大きく2つに分類できます。

- 接合形 FET (ジャンクションゲート)
- MOS 形 FET (絶縁ゲート)

これらの構造図を図 1.4に示します。

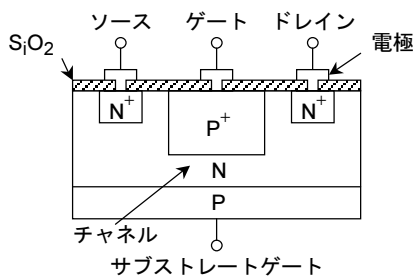
接合形 FETはゲートチャネル間がPN接合によって構成されるものですが、ゲートチャネル間がMetal (金属), Oxide (酸化膜), Semiconductor (半導体) の3層で形成されているのがMOS形です。

また、ドレイン電流が流れる半導体部がP型かN型かによってPチャネル形、Nチャネル形と区別されます。

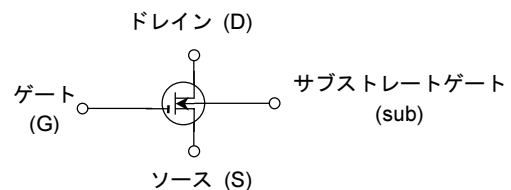
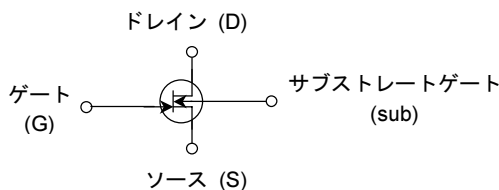
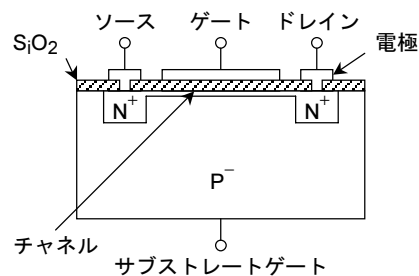
図 1.4の構造図はすべてNチャネル形です。

さて、接合形とMOS形ではそれぞれ長短ありますが、MOS形では構造上ゲートが絶縁されているため静電気で非常に破壊しやすく、何らかの保護対策をしない限り取り扱いには細心の注意が必要です。

(1) 接合形 FET



(2) MOS 形 FET



※ サブストレートゲートは通常ゲートあるいはソースに接続される。

※ サブストレートゲートは通常ソースに接続される。

図 1.4 FETの構造と記号

ただ、最近のMOS FETのほとんどがゲートに破壊防止用の保護ダイオードが挿入されており、通常の取り扱いで破壊することは非常に少なくなっています。

この点、接合形は通常の取り扱いで破壊することはまったくなく、バイポーラトランジスタと同様に扱っても問題ありません。

MOS形のほとんどは高周波回路、チョップ回路などに使用されています。これは、MOS形が接合形に比較し、混変調、相互変調特性が良好であることや、チョップ回路に使用した際、スパイクが小さいこと、スイッチングスピードが速いことによります。

高周波回路でFETを使用するには安定な利得を得るため、内部帰還容量を極力小さくする必要があります。このため回路的な対策としてFETをカスコード接続して使用していた時期もあります。

最近では、2つのFETを内部でカスコード接続したカスコードFETやデュアルゲートMOS FETの出現によりその問題も解決されております。

図 1.5はカスコード FET の構造と等価接続図を示したものです。つまり、FET 内部に 2 つのジャンクションゲートを持ち、ドレインに近い方のゲートはサブストレートゲートに接続し、ソース接地の FET とゲート接地の FET が 2 つ形成された形となります。

これにより、ドレインからの帰還分は交流的に接地され、帰還容量の小さな FET となります。

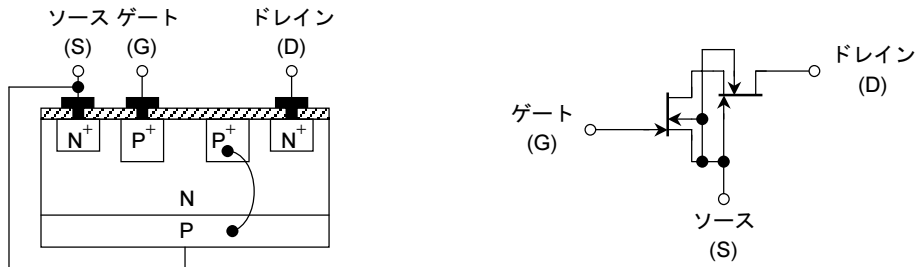


図 1.5 カスコード FET の構造と等価接続図

図 1.6はデュアルゲート MOS FET の構造と等価接続図を示したものです。原理的にはカスコード FET と同一で、この場合はゲート 2 を取り出し、高周波増幅回路使用時、交流的には接地し、直流的には正のバイアス電圧を印加します。また、ミキサ回路に使用の際はゲート 2 を注入端子として使用することもできます。

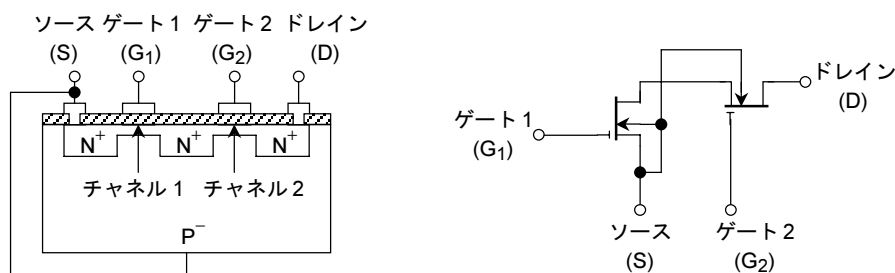


図 1.6 デュアルゲート MOS FET の構造と等価接続図

カスコード FET, デュアルゲート MOS FET の記号は図 1.7のとおりです。

(1) 接合型カスコード FET

(2) デュアルゲート MOS FET

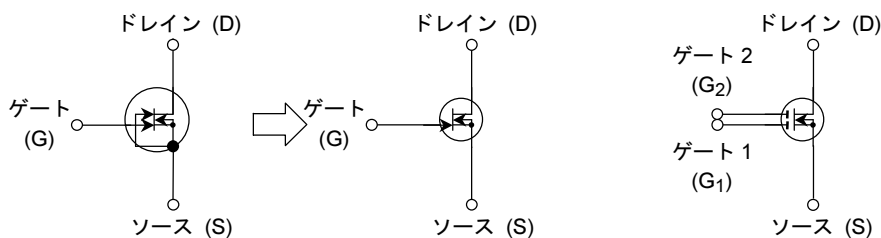


図 1.7 接合型カスコード FET, デュアルゲート MOS FET 記号

その他 FET として、パワー FET, GaAs FET などがあります。

1.1.4 FET の等価回路

FET もバイポーラトランジスタと同様に等価回路で表せます。図 1.8は等価回路をその構造と対応づけて模型的に示したものです。

これを見やすくするために等価回路として書き直したのが図 1.9 (a) で、さらに実用的な簡易型の等価回路に直したのが図 1.9 (b) です。

ここに示された C_{GD} , C_{GS} , C_{DS} は寄生容量であり、その値は比較的小さいので、VHF 帯以上で使用する場合を除き考えなくても差しつかえない程度です。

ただし、パワーFET, high $|y_{fs}|$ FET のように電極間容量が大きい素子については低周波で使用する場合でも十分考慮する必要があります。

また、チョップ回路に使用する FET は C_{GD} , C_{GS} の容量差が小さいことがスパイク防止のため必要なので、この場合も例外となります。

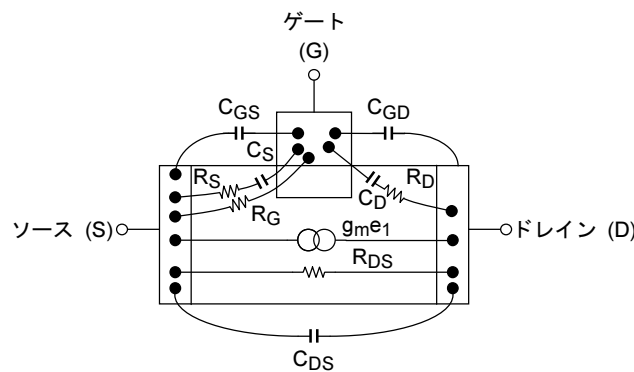


図 1.8 FET の構造と対応した等価回路

(a) 等価回路

(b) 簡易化した等価回路

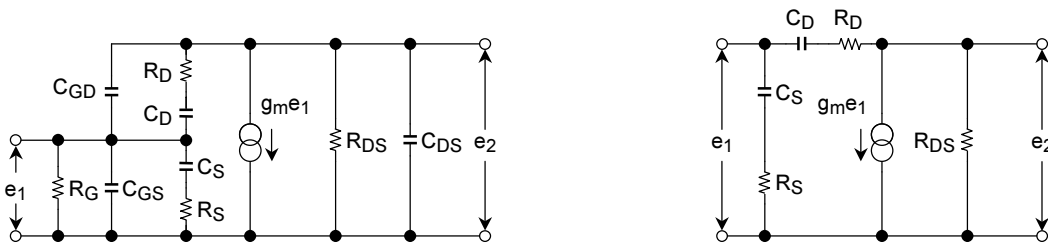


図 1.9 等価回路

この等価回路は、FET の構造と対応づけられ、しかも周波数に依存しない基本的なパラメータによって表示されているので、FET の性質をよく表しています。例えば、簡易型等価回路でわかるように、直流の入力抵抗は無限大で実用上無視でき、 C_D は内部帰還容量で、高周波における不安定要素となることが分かります。

低周波においては容量は無視できますから、入力抵抗は無限大で、出力抵抗は R_{DS} に等しくなります。

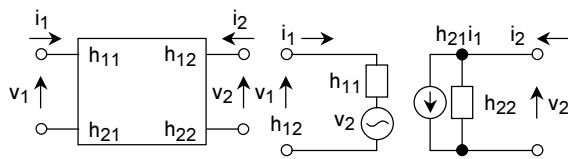
1.2 回路パラメータ

1.2.1 電圧電流表示

トランジスタを1つの4端子回路網とみなし、その物理的性質とは無関係に端子の電気的特性のみによって記述する方法です。

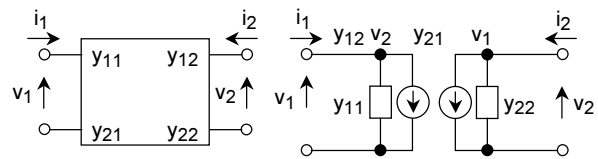
入力電圧、電流と出力電圧、電流との関係を示すマトリックスには、表 1.1に示すように、6つの型(a, b, g, h, y, z 行列)があります。この中で比較的よく用いられるのが h パラメータと y パラメータです。

図 1.10に h パラメータ、図 1.11に y パラメータの定義を示します。エミッタ接地およびベース接地の区別は i, r, f, o の後に e または b を付けて表示します。



$$\begin{pmatrix} v_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_i & h_r \\ h_f & h_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

図 1.10 h パラメータによる回路表示



$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_i & y_r \\ y_f & y_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

図 1.11 y パラメータによる回路表示

各パラメータの物理的意味は図 1.10、図 1.11の定義からも明らかですが、次に示すような内容をもっています。

- hi: 入力インピーダンス
- hr: 逆方向電圧帰還率
- hf: 順方向電流増幅率
- ho: 出力アドミタンス
- yi: 入力アドミタンス
- yr: 逆方向伝達アドミタンス
- yf: 順方向伝達アドミタンス
- yo: 出力アドミタンス

上記2つのパラメータ表示で、h パラメータは低周波領域において、y パラメータは高周波領域において多く用いられます。

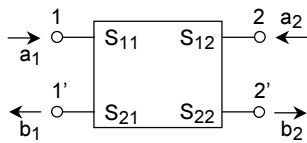
1.2.2 電力表示

導波管，空洞共振器などマイクロ波回路における電波の反射、伝達などの現象は S 行列（散乱行列）を用いて取り扱うのが一般的です。

半導体製品の周波数限界が拡大するにつれて、その回路表示にも S 行列が使用されることが多くなっています。

S 行列の定義を図 1.12 に示します。各パラメータの物理的意味は次に示す内容を持っています。

- S₁₁: 入力反射係数
- S₁₂: 逆方向透過係数
- S₂₁: 順方向透過係数
- S₂₂: 出力反射係数



トランジスタの接地方法により、e または b を付して表示するのは y パラメータ、h パラメータのときと同じです。

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_i & S_r \\ S_f & S_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

図 1.12 S パラメータによる回路表示

表 1.3 パラメータの相互変換表

	[H]	[Y]	[S]
[H]	$\begin{matrix} h_i & h_r \\ h_f & h_o \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{1}{y_i} & -\frac{y_r}{y_i} \\ \frac{y_f}{y_i} & \frac{y_i y_o - y_r y_f}{y_i} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{(1+S_i)(1+S_o) - S_r S_f}{(1-S_i)(1+S_o) + S_r S_f} & \frac{2S_r}{(1-S_i)(1+S_o) + S_r S_f} \\ \frac{-2S_f}{(1-S_i)(1+S_o) + S_r S_f} & \frac{(1-S_o)(1-S_i) - S_r S_f}{(1-S_i)(1+S_o) + S_r S_f} \end{matrix}$
[Y]	$\begin{matrix} \frac{1}{h_i} & -\frac{h_r}{h_i} \\ \frac{h_f}{h_i} & \frac{h_i h_o - h_r h_f}{h_i} \end{matrix}$	$\begin{matrix} y_i & y_r \\ y_f & y_o \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{(1+S_o)(1-S_i) + S_r S_f}{(1+S_i)(1+S_o) - S_r S_f} & \frac{-2S_r}{(1+S_i)(1+S_o) - S_r S_f} \\ \frac{-2S_f}{(1+S_i)(1+S_o) - S_r S_f} & \frac{(1+S_i)(1-S_o) + S_r S_f}{(1+S_i)(1+S_o) - S_r S_f} \end{matrix}$
[S]	$\begin{matrix} \frac{(h_i-1)(h_o+1) - h_r h_f}{(h_i+1)(h_o+1) - h_r h_f} & \frac{2h_r}{(h_i+1)(h_o+1) - h_r h_f} \\ \frac{-2h_f}{(h_i+1)(h_o+1) - h_r h_f} & \frac{(1+h_i)(1-h_o) + h_r h_f}{(h_i+1)(h_o+1) - h_r h_f} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{(1-y_i)(1+y_o) + y_r y_f}{(1+y_i)(1+y_o) - y_r y_f} & \frac{-2y_r}{(1+y_i)(1+y_o) - y_r y_f} \\ \frac{-2y_f}{(1+y_i)(1+y_o) - y_r y_f} & \frac{(1+y_i)(1-y_o) + y_r y_f}{(1+y_i)(1+y_o) - y_r y_f} \end{matrix}$	$\begin{matrix} S_i & S_r \\ S_f & S_o \end{matrix}$

表 1.4 h パラメータの変換公式一覧表

		必要な h パラメータ					
		ベース接地		エミッタ接地		コレクタ接地	
既知の h パラメータ	ベース接地	/		$\frac{h_{ib}}{1 + h_{fb}}$	$\frac{\Delta h_b - h_{rb}}{1 + h_{fb}}$	$\frac{h_{ib}}{1 + h_{fb}}$	1
	エミッタ接地			$\frac{-h_{fb}}{1 + h_{fb}}$	$\frac{h_{oh}}{1 + h_{fb}}$	$\frac{-1}{1 + h_{fb}}$	$\frac{h_{ob}}{1 + h_{fb}}$
	コレクタ接地			$\frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}}$	$\frac{\Delta h_e - h_{re}}{1 + h_{fe}}$	h_{ie}	$1 - h_{re}$
	エミッタ接地	$\frac{-h_{fe}}{1 + h_{fe}}$	$\frac{h_{oe}}{1 + h_{fe}}$	$-(1 + h_{fe})$	h_{oe}		
	コレクタ接地	$\frac{-h_{ic}}{h_{fc}}$	$\frac{-\Delta h_c - 1}{h_{fc}}$	h_{ic}	$1 - h_{rc}$		
	ベース接地	$\frac{-(1 + h_{fc})}{h_{fc}}$	$\frac{h_{oc}}{h_{fc}}$	$-(1 + h_{fc})$	h_{oc}		

$\Delta h_e = h_{ie} \cdot h_{oe} - h_{re} \cdot h_{fe}$, $\Delta h_b = h_{ib} \cdot h_{ob} - h_{rb} \cdot h_{fb}$, $\Delta h_c = h_{ic} \cdot h_{oc} - h_{rc} \cdot h_{fc}$

表 1.5 Y パラメータの交換公式一覧表

		必要な y パラメータ					
		ベース接地		エミッタ接地		コレクタ接地	
既知の Y パラメータ	ベース接地	/		Σy_b	$-(Y_{rb} + Y_{ob})$	Σy_b	$-(Y_{ib} + Y_{ob})$
	エミッタ接地			$-(Y_{fb} + Y_{ob})$	Y_{ob}	$-(Y_{ib} + Y_{rb})$	Y_{ib}
	コレクタ接地			Σy_e	$-(Y_{re} + Y_{oe})$	Y_{ie}	$-(Y_{ie} + Y_{re})$
	エミッタ接地	$-(Y_{fe} + Y_{oe})$	Y_{oe}	$-(Y_{ie} + Y_{fe})$	Σy_e		
	コレクタ接地	Y_{oc}	$-(Y_{fc} + Y_{oc})$	Y_{ic}	$-(Y_{ic} + Y_{rc})$		
	ベース接地	$-(Y_{rc} + Y_{oc})$	Σy_c	$-(Y_{ic} + Y_{rc})$	Σy_c		

$\Sigma y_e = Y_{ie} + Y_{re} + Y_{fe} + Y_{oe}$

$\Sigma y_b = Y_{ib} + Y_{rb} + Y_{fb} + Y_{ob}$

$\Sigma y_c = Y_{ic} + Y_{rc} + Y_{fc} + Y_{oc}$

表 1.6 h パラメータの T 型パラメータによる表示

	ベース接地		エミッタ接地
h_{ib}	$\frac{r_e + r_{bb'} \left((1 - \alpha_0) + j \frac{f}{f_\alpha} \right)}{1 + j (f/f_\alpha)}$	h_{ie}	$r_{bb'} + \frac{r_e}{(1 - \alpha_0) + j (f/f_\alpha)}$
h_{rb}	$j2\pi f C_c r_{bb'}$	h_{re}	$2\pi f_\alpha C_c r_e \frac{j \frac{f}{f_\alpha}}{(1 - \alpha_0) + j (f/f_\alpha)}$
h_{fb}	$\frac{-\alpha_0}{1 + j (f/f_\alpha)}$	h_{fe}	$\frac{\alpha_0}{(1 - \alpha_0) + j (f/f_\alpha)}$
h_{ob}	$j2\pi f C_c$	h_{oe}	$2\pi f_\alpha C_c \frac{j \frac{f}{f_\alpha} \left(1 + j \frac{f}{f_\alpha} \right)}{(1 - \alpha_0) + j (f/f_\alpha)}$

表 1.7 y パラメータの T 型パラメータによる表示

	ベース接地		エミッタ接地
Y_{ib}	$\frac{1 + j \frac{f}{f_\alpha}}{r_e + j r_{bb'} \frac{f}{f_\alpha}}$	Y_{ie}	$\frac{(1 - \alpha_0) + j \frac{f}{f_\alpha}}{r_e + j r_{bb'} \frac{f}{f_\alpha}}$
Y_{rb}	$-2\pi f_\alpha C_c \frac{j \frac{f}{f_\alpha} \left(1 + j \frac{f}{f_\alpha} \right)}{\frac{r_e}{r_{bb'}} + j \frac{f}{f_\alpha}}$	Y_{re}	$-2\pi f_\alpha C_c \frac{r_e}{r_{bb'}} \frac{j \frac{f}{f_\alpha}}{\frac{r_e}{r_{bb'}} + j \frac{f}{f_\alpha}}$
Y_{fb}	$-\frac{\alpha_0}{r_e + j r_{bb'} \frac{f}{f_\alpha}}$	Y_{fe}	$\frac{\alpha_0}{r_e + j r_{bb'} \frac{f}{f_\alpha}}$
Y_{ob}	$2\pi f_\alpha C_c \frac{j \frac{f}{f_\alpha} \left(1 + \frac{r_e}{r_{bb'}} + j \frac{f}{f_\alpha} \right)}{\frac{r_e}{r_{bb'}} + j \frac{f}{f_\alpha}}$	Y_{oe}	$Y_{ob} \text{ に同じ}$

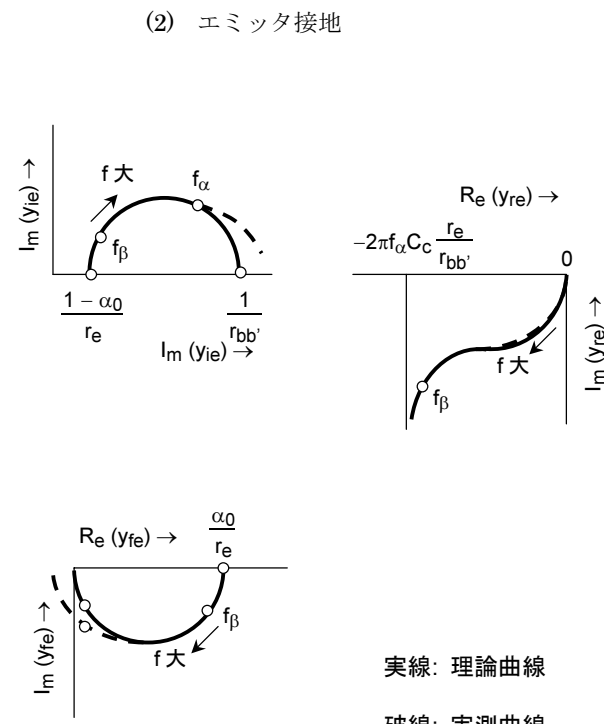
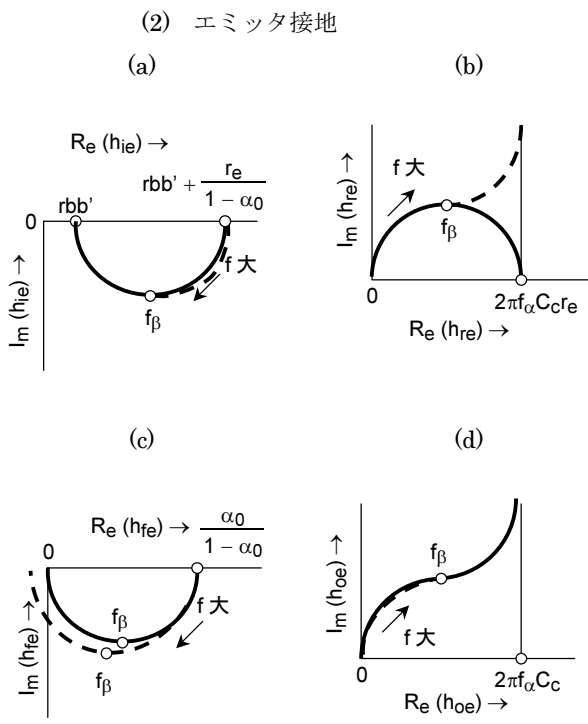
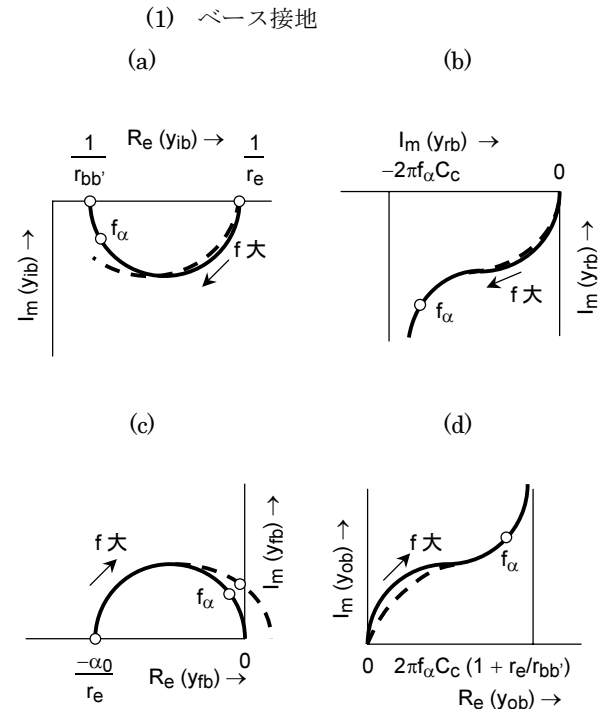
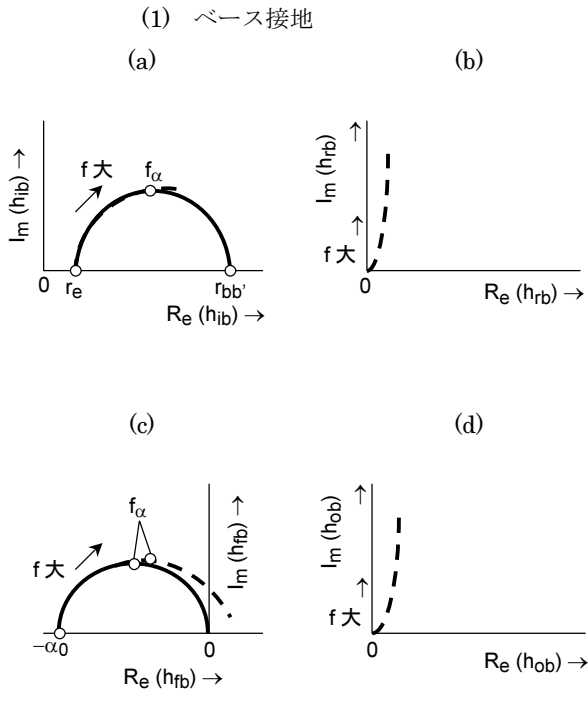


図 1.13 h パラメータの周波数軌跡

図 1.14 y パラメータの周波数軌跡

回路パラメータの相互の関連、接地変換などについては、表 1.3, 表 1.4, 表 1.5を参照してください。図 1.13, 図 1.14は表 1.6, 表 1.7より得られる h パラメータおよび y パラメータの周波数軌跡を示したものです。

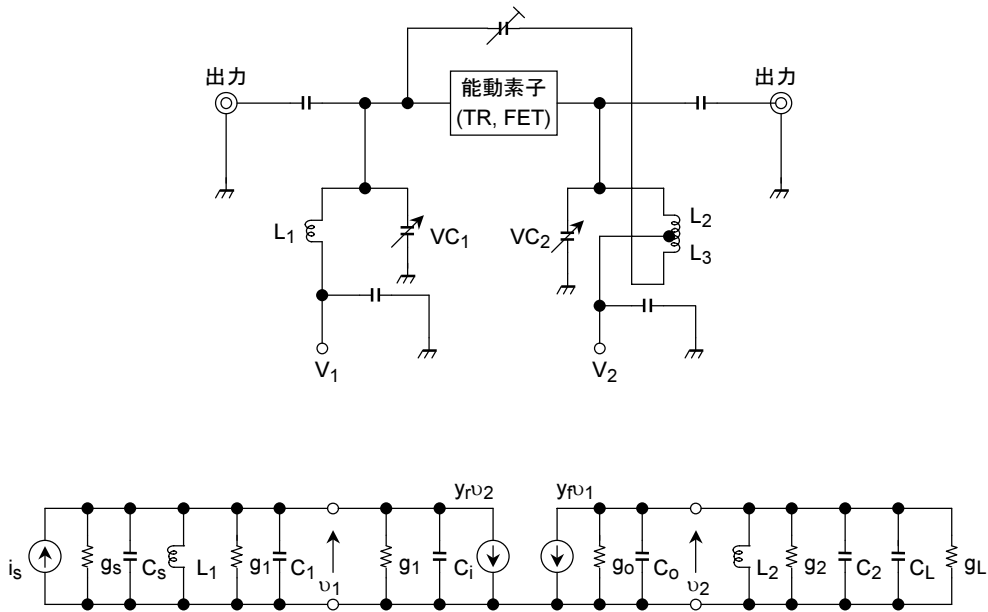
上述した各パラメータは動作点、温度などによって変動するものであり、回路設計者はその大体の傾向をつかんで設計する必要があります。

2. 利得と安定度

図 2.1はトランジスタ、FET の高周波増幅基本回路とその等価回路を示したものです。

この増幅回路が中心周波数に同調したときキャパシタンス分が打ち消され、コンダクタンス分だけ残り、図 2.2の等価回路で表すことができます。

ここで、中和をとった場合、あるいはカスケード FET のように帰還容量が小さな能動素子は、 $|y_r| \approx 0$ と考えることができ、入出力コイルの無負荷 Q を大とし、損失コンダクタンス g_1, g_2 を無視した場合、図 2.3のような簡単な等価回路となります。



- i_s : 信号定電流源
- g_s, C_s : 信号源コンダクタンス, 容量
- g_i, C_i : 入力コンダクタンス, 容量
- L_1, L_2 : 入出力同調インダクタンス
- g_o, C_o : 出力コンダクタンス, 容量
- g_1, g_2 : 入出力コイルの損失コンダクタンス
- g_L, C_L : 負荷コンダクタンス, 容量
- C_1, C_2 : 入出力外部付加容量

図 2.1 高周波増幅基本回路とその等価回路

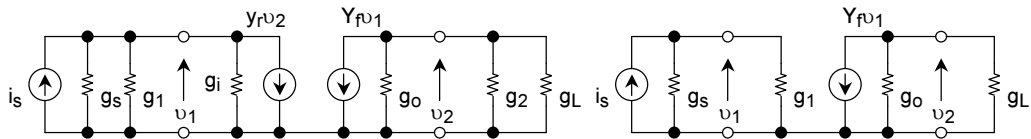


図 2.2 同調周波数における等価回路

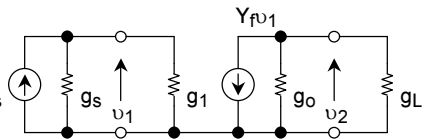


図 2.3 一方向化された等価回路

ここで、この等価回路を利用し、この回路の伝達利得を求めます。

$$G_p = \frac{P_o}{P_i(\max)} = \frac{|v_2|^2 g_L}{|i_s|^2 / 4g_s} \dots\dots\dots(1)$$

また、

$$v_2 = \frac{y_f v_1}{g_o + g_L}, i_s = -v_1 (g_s + g_i) \text{ より、}$$

$$G_p = \frac{4 |y_f|^2 g_s g_L}{(g_s + g_i)^2 (g_o + g_L)^2} \dots\dots\dots(2)$$

となります。

この伝達利得 G_p は $g_s = g_i, g_L = g_o$ のとき、すなわち入出力のマッチングを取ったときに最大となります。

$$G_p(\max) = \frac{|y_{fs}|^2}{4g_i g_o} \dots\dots\dots(3)$$

$G_p(\max)$ は最大有能電力利得 (MAG) と呼ばれ素子の一方向化と入出力マッチングを完全に行ったとき、始めて得られる利得です。

そこで実際には安定度も考慮した電力利得、すなわち安定利得を考えなくてはなりません。

能動素子単体の安定係数 S は、

$$S = \frac{2g_i \cdot g_o}{1 + \cos(\phi_r + \phi_f) |y_r| \cdot |y_f|} \dots\dots\dots(4)$$

ここで ϕ は y パラメータの位相角で

$$\begin{cases} \phi_r = \tan^{-1}(b_r/g_r) \\ \phi_f = \tan^{-1}(b_f/g_f) \end{cases}$$

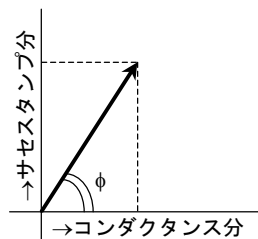


図 2.4 位相角図

素子の y パラメータから安定係数を計算し、 $s > 1$ なら入出力回路に関係なく安定であるが、 $s \leq 1$ の場合は、入出力回路によって発振の危険があります。

高周波増幅回路における安定係数 S は素子の入出力におけるコンダクタンスの和を G_i, G_o として次のように表します。

$$S = \frac{2}{1 + \cos(\phi_r + \phi_f)} \cdot \frac{G_i \cdot G_o}{|y_r| |y_f|} \dots \dots \dots (5)$$

ここで、 $G_i = g_s + g_1 + g_i$

$$G_o = g_0 + g_2 + g_L$$

この S と素子単体の安定係数 s とは、次に示す関係があります。

$$\begin{aligned} S &= \frac{G_i G_o \cdot s}{g_i g_o} \\ &= \left(1 + \frac{g_s + g_1}{g_1}\right) \left(1 + \frac{g_L + g_2}{g_o}\right) \cdot s \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

$$S \geq s$$

すなわち、 g_s, g_L あるいは g_1, g_2 を大きく選ぶことにより、回路として安定度を増すことができるわけです。

入出力マッチングをとった場合は、コイルの損失コンダクタンス (g_1, g_2) = 0 としても、

$$\begin{cases} G_i = g_s + g_i = 2g_i \\ G_o = g_0 + g_L = 2g_o \end{cases}$$

すなわち、

$$S = 4s$$

となり、素子単体の安定度の 4 倍の安定度が得られます。

この安定度 S を考慮した電力利得は次式で与えられます。

$$G_p = \frac{1}{S} \cdot \frac{2}{1 + \cos(\phi_r + \phi_f)} \cdot \frac{|y_f|}{|y_r|} \dots \dots \dots (7)$$

上式を変形すると、

$$G_p = \frac{4}{S} \cdot \frac{2}{1 + \cos(\phi_r + \phi_f)} \cdot \frac{g_i \cdot g_o}{|y_r| |y_f|} \cdot \frac{|y_f|^2}{4g_i g_o} \dots \dots \dots (8)$$

$$= \frac{4s}{S} \cdot G_p(\text{max}) \dots \dots \dots (9)$$

S の値は普通 4 以上選ばばよいとされていますので $S \geq 4$ とします。

$$G_p \leq s \cdot G_p(\text{max}) \dots \dots \dots (10)$$

となり、 $s \leq 1$ の安定利得は、MAG に素子単体の安定係数 s を乗じた値まで得ることができます。

表 2.1は高周波用 TR, FET の MAG、 $S = 4$ のときの G_p を示したものです。

表 2.1 利得と安定度 (例)

$f = 100 \text{ MHz}$

		MAG (dB)	s	G_{ps} (dB)
TR	2SC1923	34.9	0.030	19.6
J-FET	2SK192A	26.9	0.023	10.5
	2SK161	26.4	0.265	20.7
MOS FET	2SK241	34.0	0.120	24.8

回路による対策で一般的なのが中和回路を設けることにより帰還分を打ち消す方法です。

図 2.5にその一例を示します。

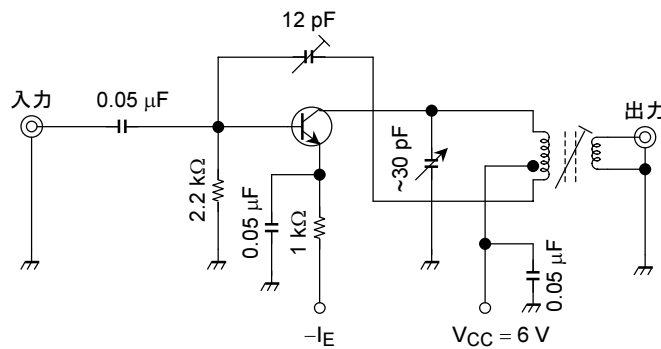


図 2.5 2SC380TM 10.7 MHz 増幅回路

もう 1 つは、カスケード接続により帰還容量を低下させ安定させる方法です。

図 2.6がカスケード接続の回路例です。

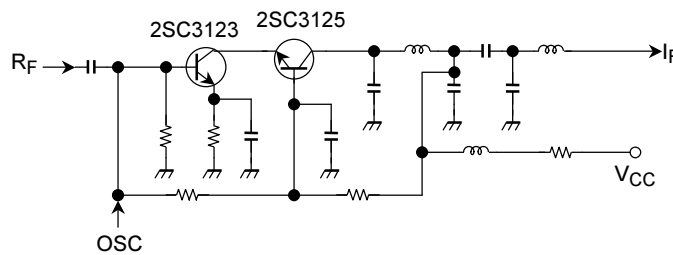


図 2.6 TV チューナ VHF MIX 回路

能動素子による対策として、トランジスタの場合、ファラディシールドによる方法があります。

FET においては前述のカスケード接続を素子内部で等価的に行ったカスケード FET, デュアルゲート MOS FET がこれに相当します。

3. 高周波用 3 端子 MOS FET

3 端子 MOS FET は時代を先どりした、新しいタイプの MOS FET です。

これまで高周波用 MOS FET と言えばデュアルゲート MOS FET が一般的でした。

デュアルゲート MOS FET はゲート 2 を有効活用することにより、接合形 FET やバイポーラ・トランジスタに比べ、いくつかの特性的メリットを引き出すことができます。

一般的なゲート 2 端子の効果的利用法は、高周波増幅回路における AGC 端子や混合回路における局部発振信号の注入端子があります。

しかし、図 3.1 のような例もあります。図 3.1 は Hi-Fi チューナの高周波増幅回路例を示したものです。

同図におけるゲート 2 端子は必要な利得を得るための直流固定バイアス端子にすぎません。

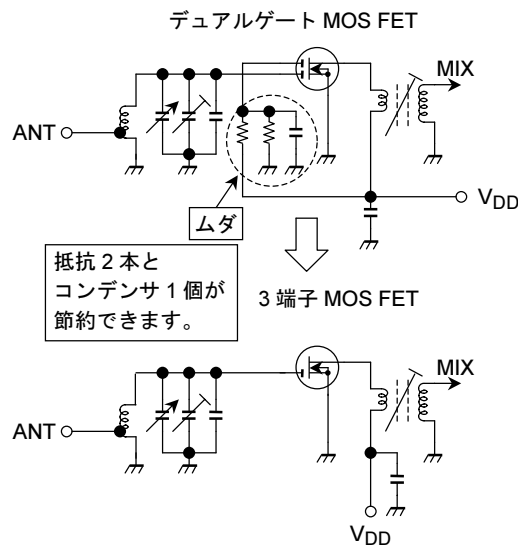


図 3.1

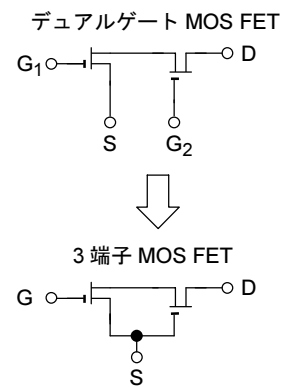


図 3.2

仮に、デュアルゲート MOS FET のゲート 2 バイアス電圧が、零の状態で良好な特性が得られるならば、ゲート 2 はアースすれば良い訳です。しかし、実際にはゲート 2 端子を +3~5 V 位でバイアスする必要があります。

このために要する受動部品として最低、抵抗 2 本とコンデンサ 1 本が必要となります。

3 端子 MOS FET はその必要がありません。

しかも、デュアルゲート MOS FET と同等の特性が得られます。

3 端子 MOS FET はデュアルゲート MOS FET のゲート 2 をソースに接続したカスコード接続となります。

また、ゲート 2 側のチャネルコントロールにより、ゲート 2 零バイアスの状態でも十分な特性が得られるように特殊な配慮がされています。

さらに当社独自の製法によりボンディング回数を減らすなどして信頼性の向上を計っております。

外圍器は FM チューナの小型化に対応すべく、ミニモールド (2SK241)、スーパーミニ (2SK302)、ウルトラスーパーミニ (2SK882) の 3 種類を準備しました。

4. デュアルゲート MOS FET の AGC

4.1 デュアルゲート MOS FET の AGC 回路例

デュアルゲート MOS FET の AGC (automatic gain control) は、ゲート 2 のバイアスを変化させることにより行います。この種の用途は、TV (VHF/UHF), FM チューナの RF 段がほとんどです。図 4.1 に一般的なバイアス回路例を示します。

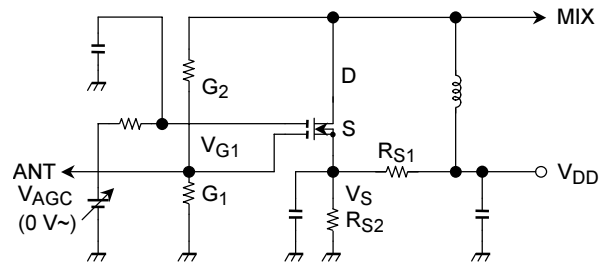


図 4.1 デュアルゲート MOS FET の AGC 回路例

上記回路における設計のポイントは、 V_{G1} と V_S の設定です。つまり、デュアルゲート MOS FET においては、ゲート 2 の V_{AGC} による I_D - V_{G1S} 動作点軌跡が、 V_{G1} , V_S の設定により決定され、この I_D - V_{G1S} 動作点軌跡と、Gain Reduction-混変調特性とに深いかわりがあるからです。従って、以下、 I_D - V_{G1S} 動作点と混変調特性との関係を説明します。

4.2 混変調特性, $|y_{fs}|$, I_D と V_{G1S} の関係

I_D , $|y_{fs}|$ - V_{G1S} 特性に対する混変調 (妨害信号レベル)- V_{G1S} 特性は、代表例として図 4.2 のようになります。

この図から理解できるとおり、 $|y_{fs}|$ - V_{G1S} 特性中 ($V_{G2S} = \text{const}$) 1%混変調特性の悪い部分が、A, B, C の3箇所あり、良い部分は、D, E, F の3箇所あります。

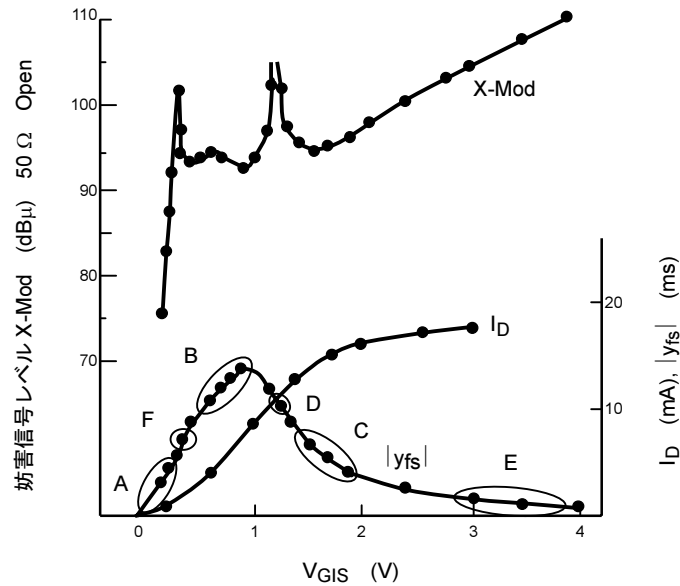


図 4.2 I_D , $|y_{fs}|$, X-Mod- V_{G1S} 特性

つまり、 $|y_{fs}|$ - V_{G1S} 特性で、非常にわん曲した部分は、 $|y_{fs}|$ の2次 (I_D の3次)成分が大きいため悪く、直線に近い部分は、 $|y_{fs}|$ の2次成分が小さいため良い、ということは容易に推察できます。

4.2.1 A 点

デュアルゲート MOS FET の前段 FET が OFF 状態に近づく部分で、シングルゲート FET およびバイポーラトランジスタのリバース AGC の場合と同様 GR (gain reduction) の大きい所で混変調特性が非常に悪いのが特徴です。従って、デュアルゲート FET において、ゲート 2 により AGC をかけるとき、GR を大きくとった場合のゲート 1 の動作点が A の領域にあることは、非常に好ましくなく、絶対に避けなければなりません。

4.2.2 B 点

I_D - V_{G1S} (or $|y_{fs}|$ - V_{G1S}) 特性上、前段 FET 特性の支配的な A, F 点に対し、後段 FET の影響を受け始める部分であり、デュアルゲート FET である限り、かならず存在する点です。この点の V_{G1S} の位置は、 V_{G2S} が小さくなるに従い V_{G1S} (OFF) に近づき、またこの点の混変調も悪くなる傾向にあります。しかしながら、この点は実用上 GR の小さいうち (V_{G2S} の大きいうち) に通過するので、チューナ実装上では、RF 以後の MIX などの混変調に埋もれますので、ほとんど問題になりません。

4.2.3 C 点

I_D - V_{G1S} (or $|y_{fs}|$ - V_{G1S}) 特性上、後段 FET の影響を受け始める B 点から、さらに後段 FET が支配的になる直前の部分で、B 点同様デュアルゲート FET である限りかならず存在する点です。この点の V_{G1S} 上の位置は、 V_{G2S} に対し B 点と同様の動きをし、混変調も同様の傾向を示します。しかしながら、この点は、B 点と異なり、GR = 10~30 dB で通過するため、素子の混変調が悪いと、チューナ特性上も問題となります。

4.2.4 D 点, F 点

D 点, F 点は、 V_{G1S} に対し両サイドに混変調の悪い A, B 点および B, C 点があるがゆえに存在するものです。つまり、 I_D を V_{G1S} でテーラー展開したとき、3 次成分/1 次成分の符号が A, B 点および B, C 点で反転することにより必然的に、3 次成分/1 次成分 = 0 となるためです。また、この点は、前記理由から V_{G1S} の領域も非常に狭く、かつ、両サイドの混変調が悪いことから、 V_{G2S} に対しこの点を動作ポイントとして追っていくことは、非常に難しいといえます。従って、混変調特性 (妨害信号レベル vs GR) において、混変調の非常によい所があるという程度に考えた方がよいと思われます。

4.2.5 E 点

I_D - V_{G1S} (or $|y_{fs}|$ - V_{G1S}) 特性上、後段 FET 特性が支配的な部分です。この部分は、GR の大きい所で混変調が良いことが特長であり、デュアルゲート FET の最もメリットの出る部分です。この部分の V_{G1S} 上の位置は、 V_{G2S} が小さくなるに従い C 点が V_{G1S} (OFF) に近づくことにより、 V_{G1S} 領域は広がります。

以上より、 V_{G2S} により AGC をかける場合、デュアルゲート FET のメリットを生かすためには、GR の大きい所での V_{G1S} 動作ポイントが E 点に来るようデバイス設計しなければならないといえます。

4.3 デュアルゲート FET における AGC 回路設計

デュアルゲート FET の混変調特性を考慮した AGC 回路設計は、 V_{AGC} ($\approx V_{G2S}$) に対する I_D - V_{G1S} 動作点軌跡の設定にはかかなりません。従って、実測例を用い、 I_D - V_{G1S} 動作点軌跡と混変調特性の関係を示します。実例としては、TV VHF チューナ RF 用のデュアルゲート MOS FET 3SK126 を使用します。

図 4.3 の動作点軌跡①は、 V_{G2S} が小さい所 (GR の大きい所) で E 点に達しない悪い例ですが、図 4.4 の 1% 混変調特性も GR の大きい所で悪い結果となっています。それに対し、動作点軌跡②、③は、 V_{G2S} の小さい所で E 点に達しますので、1% 混変調特性も GR の大きい所で非常に良くなります。また、B 点 (図 4.4 で $GR = 4$ dB 付近) および C 点 (図 4.4 で $GR = 15$ dB 付近) についても、動作点軌跡①に比べ②、③は良くなっていますが、これは、③、②、①の順に V_{G2S} の大きい所で B 点、C 点を動作点が通過するためです。従って、 GR の大きい所で混変調の非常に良い E 点に動作点軌跡が来るよう (②および③) 設計すれば、自動的にすべての GR ポイントで混変調特性は良くなります。

以上の考察を基に図 4.1 の回路を用い、3SK126 の場合の V_{G1} , V_S , R_{S1} , R_{S2} を実際に求めてみます。

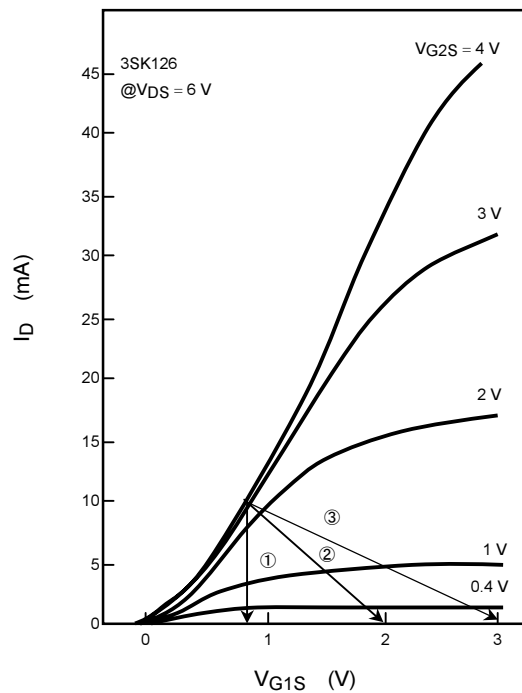


図 4.3 I_D - V_{G1S} 動作点軌跡

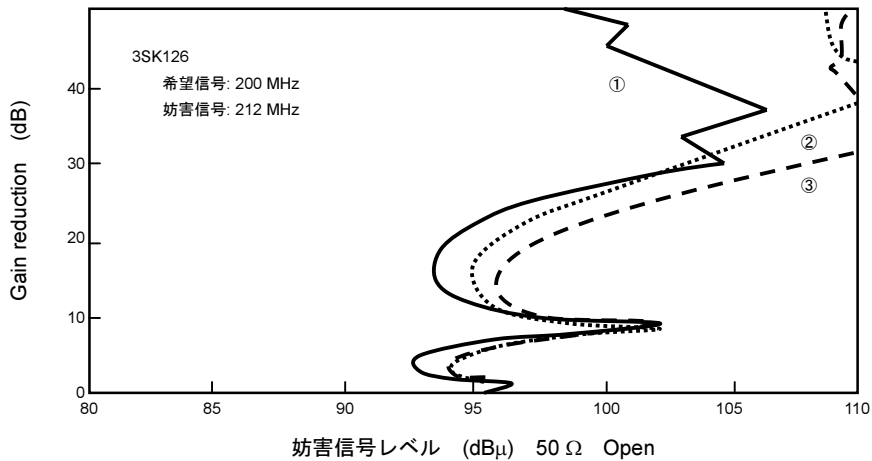


図 4.4 1%混交調特性

まず、 $V_{AGC} = 0\text{ V}$ の状態で FET を完全に OFF 状態にしなければなりませんので $V_{S|ID=0}$ は、余裕をみて次のように決めます。

$$V_{S|ID=0} = 1 - V_{G2S}(\text{OFF}) (\text{V}) \dots\dots\dots (1)$$

次に V_{G1} については、 $V_{AGC} = 0$ かつ $V_{S|ID=0} = 1 - V_{G2S}(\text{OFF})$ の状態で、 $V_{G1S} (= V_{G1} - V_{S|ID=0})$ が E 点になることが必要ですので、図 4.3を参考に動作軌跡③を採用しますと、 V_{G1} は次のようになります。

$$V_{G1S} = V_{G1S}(\text{OFF}) + 3\text{ V} \dots\dots\dots (2)$$

ゆえに、

$$V_{G1} = V_{G1S}(\text{OFF}) + V_{S|ID=0} + 3\text{ V} \dots\dots\dots (3)$$

(3) 式に (1) 式を代入すると、

$$V_{G1} = 4\text{ V} + V_{G1S}(\text{OFF}) (\text{V}) \dots\dots\dots (4)$$

となります。

また、 $GR = 0\text{ dB}$ において $V_{G2S} = 3\text{ V}$, $I_D = 10\text{ mA}$ とすると、 $V_{AGC\text{ max}}$, R_{S1} , R_{S2} は次のように決まります。

$$R_S = R_{S1} R_{S2} / (R_{S1} + R_{S2}) \dots\dots\dots (5)$$

$$V_{G1S|V_{G2S}=3\text{ V}, I_D=10\text{ mA}} = V_{G1} - (V_{S|ID=0} + R_S \times 10\text{ mA}) \dots\dots\dots (6)$$

$$V_{G2S} = V_{AGC\text{ max}} - (V_{S|ID=0} + R_S \times 10\text{ mA}) = 3 (\text{V}) \dots\dots\dots (7)$$

ゆえに、

$$R_S = (V_{G1} - V_{S|ID=0} - V_{G1S|V_{G2S}=3\text{ V}, I_D=10\text{ mA}}) / 10\text{ mA} (\Omega) \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{AGC\text{ max}} = 3 + V_{S|ID=0} + R_S \times 10\text{ mA} (\text{V}) \dots\dots\dots (9)$$

と、設計が完了します。

ではここで、図 4.3を参考に $V_{G1S}(\text{OFF}) = 0 \text{ V}$, $V_{G2S}(\text{OFF}) = 0 \text{ V}$,
 $V_{G1S} = 0.92 \text{ V}$ (@ $V_{G2S} = 3 \text{ V}$, $I_D = 10 \text{ mA}$) とすると、 $V_{S|I_D=0}$, V_{G1} , R_S , V_{AGC} 範囲は、

$$V_{S|I_D=0} = 1 \text{ V}$$

$$V_{G1} = 4 \text{ V}$$

$$R_S = 208 \Omega$$

$$V_{AGC} = 0 \text{ V} \sim 6.08 \text{ V}$$

また、 $G_R = 0 \text{ dB}$ ($V_{G2S} = 3 \text{ V}$, $I_D = 10 \text{ mA}$) における V_{DS} を 6 V とすると V_{DD} は下記となります。

$$V_{DD} = V_{S|I_D=0} + R_S \times 10 \text{ mA} + V_{DS|V_{GS}=3 \text{ V}, I_D=10 \text{ mA}}$$

$$= 1 \text{ V} + 2.08 \text{ V} + 6 \text{ V}$$

$$= 9.08 \text{ V}$$

最後に R_{S1} , R_{S2} を求めます。

$$R_S = R_{S1} R_{S2} / (R_{S1} + R_{S2}) = 208 \Omega \dots \dots \dots (10)$$

$$V_{S|I_D=0} = V_{DD} R_{S2} / (R_{S1} + R_{S2}) = 9.08 \times R_{S2} / (R_{S1} + R_{S2}) = 1 \text{ V} \dots \dots \dots (11)$$

(10) 式を (11) 式で割ると、

$$R_{S1} / 9.08 = 208$$

$$\therefore R_{S1} = 208 \times 9.08 = 1.89 \text{ k}\Omega$$

従って R_{S2} は、

$$R_{S2} = 234 \Omega$$

となります。

以上で、混変調特性を考慮した Dual Gate FET の AGC 回路設計が完了しました。

5. 相互変調 (Inter modulation) と混変調 (Cross modulation)

一般に半導体増幅素子 (バイポーラトランジスタ, FET) は、出力電流と入力電圧に下記の関係があります。

$$I_C = a_0 + a_1 V_{be} + a_2 V_{be}^2 + a_3 V_{be}^3 + a_4 V_{be}^4 + a_5 V_{be}^5 + \dots \quad (1)$$

(FET の場合は、 $I_C \Rightarrow I_d$, $V_{be} \Rightarrow V_{gs}$ とする)

ここで、角周波数 ω_1, ω_2 なる 2 信号が入力されたとき、出力の周波数成分は、 $V_{be}^2, V_{be}^3 \dots$ などにより、いろいろな成分を持つことになります。

以下、計算式を示します。まず、入力信号は下式となります。

$$V_{be} = V_1 \sin \omega_1 t + V_2 \sin \omega_2 t \dots \quad (2)$$

ここで、(2) 式を (1) 式に代入します。ただし、簡単にするため V_{be}^3 まで考えます。

$$I_C = a_0 + a_1 (V_1 \sin \omega_1 t + V_2 \sin \omega_2 t)$$

$$+ \frac{1}{2} a_2 (V_1^2 + V_2^2) - \frac{1}{2} a_2 (V_1^2 \cos 2\omega_1 t + V_2^2 \cos 2\omega_2 t) \pm a_2 V_1 V_2 \cos (\omega_1 \mp \omega_2) t$$

$$+ \frac{3}{4} a_3 (V_1^3 \sin \omega_1 t + V_2^3 \sin \omega_2 t) - \frac{1}{4} a_3 (V_1^3 \sin 3\omega_1 t + V_2^3 \sin 3\omega_2 t)$$

$$+ \frac{3}{4} a_3 \{ V_1^2 V_2 \sin (\mp 2\omega_1 - \omega_2) t + V_1 V_2^2 \sin (\mp 2\omega_2 - \omega_1) t \}$$

$$+ \frac{3}{2} a_3 \{ V_1^2 V_2 \sin \omega_2 t + V_1 V_2^2 \sin \omega_1 t \} \dots \quad (3)$$

(3) 式中 $\{ \dots \}$ の項が相互変調成分であり、 $\{ \dots \}$ の項が混変調成分です。ここで、(3) 式をスペクトラムで表すと図 5.1 となります。

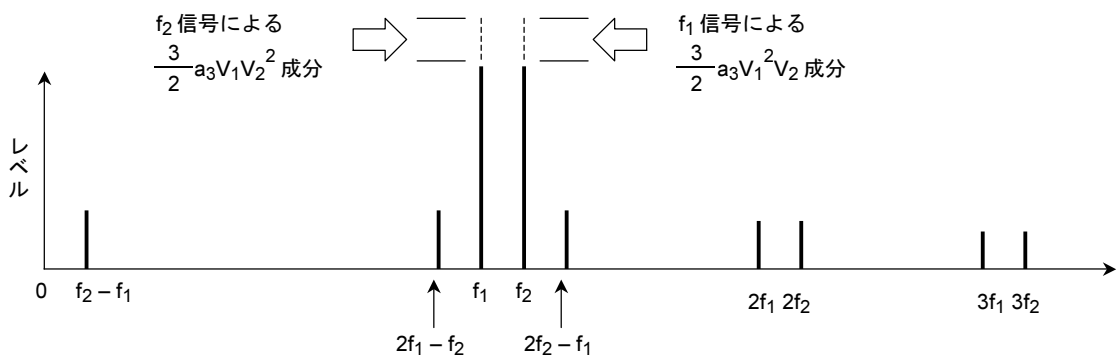


図 5.1

5.1 相互変調

隣接 2 信号 (f_1, f_2) の両サイドに、2 信号の差だけ離れてあらわれる周波数成分 ($2f_1 - f_2, 2f_2 - f_1$) を言います。一般にこの項は、IM3 次歪と言います。

送信機として相互変調が問題となるのは、SSB, FM 変調送信機において、相互変調が悪いと、隣接チャネルに信号が混信することになります。

チューナとして相互変調が問題となる状況は、放送局 (f_1, f_2, f_3) がある場合に、 f_1 なる局に同調しているとき、 f_2, f_3 の信号レベルが大きく、 $f_1 = 2f_2 - f_3$ or $f_1 = 2f_3 - f_2$ なる関係があると、 f_1 信号が、ほかの f_2, f_3 信号により妨害を受けます。

相互変調の測定および表現は、下記条件となります。

- (1) 入力信号 f_1, f_2 は同レベルで入力する。
- (2) IM3 次歪は、 f_1 (or f_2) の出力レベルと $2f_1 - f_2$ (or $2f_2 - f_1$) の出力レベルの差 (dB) で表します。

また、IM3 次歪の入力レベル (or 出力レベル) に対する依存性は、大きくなるに従い悪くなる傾向にあります。

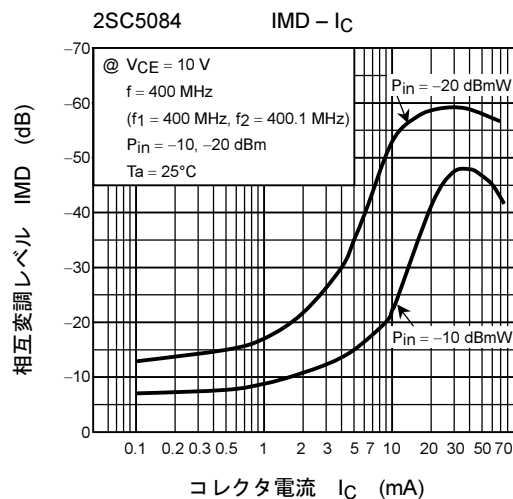


図 5.2 相互変調特性 (2SC5084)

5.2 混変調

隣接 2 信号 (f_1, f_2) があるとき、 f_1 (or f_2) 信号に f_2 (or f_1) 信号が乗ってくる成分を言います。例えば、無変調信号 f_1 に同調しているとき、変調された f_2 信号が f_1 信号に乗ってくることにより、検波出力に f_2 の変調信号があらわれます。

テレビチューナとして問題になる状況は、隣接放送局 (f_1, f_2) がある場合に、 f_1 なる局に同調しているとき、強い信号 f_2 なる局の映像信号および音声信号が出力に乗ってくるため、 f_1 局の映像および音声に妨害を受けます。

混変調の測定および表現は下記条件となります。

- (1) 希望信号を f_1 、妨害信号を f_2 とするとき、 f_1 信号は無変調、 f_2 信号は 1 kHz にて 30% AM 変調します。

$$e_1 = E_1 \sin \omega_1 t$$

$$e_2 = E_2 (1 + m_2 \cos \omega_2 t) \sin \omega_2 t$$

注: m_2 : 妨害信号変調度 (0.3)

ω_2 : 変調角周波数 ($f_2 = 1$ kHz)

- (2) e_1, e_2 を入力することにより、出力には、(3) 式により f_1 成分として下式成分が出ます。

$$I_C \approx a_1 E_1 (1 + 3 \cdot \frac{a_3}{a_1} \cdot m_2 E_2^2 \cos \omega_2 t) \sin \omega_1 t$$

上式のとおり、本来無変調であるべき希望信号 f_1 が、妨害信号 f_2 により、

$$m_K = 3 \cdot \frac{a_3}{a_1} \cdot m_2 \cdot E_2^2$$

なる変調度で変調されることとなります。

一方、変調された希望信号は次式で表されます。

$$I_C = a_1 E_1 \{1 + m_1 \cos \omega_1 t\} \sin \omega_1 t$$

注: m_1 : 希望信号変調度 (0.3)

ω_1 : 変調角周波数 ($f_1 = 1$ kHz)

従って、混変調指数は、

$$K_C = \frac{m_K}{m_1} = \frac{3a_3 m_2 E_2^2}{a_1 m_1}$$

となります。一般に混変調は、 $K_C = 0.01$ となる妨害信号レベル E_2 で表します。

従って、 $m_1 = 0.3, m_2 = 0.3$ とすると、

$$E_2 = \sqrt{\frac{1}{300} \cdot \frac{a_1}{a_3}}$$

となります。上式からわかるとおり、歪成分の小さいもの (a_3 の小さいもの) ほど E_2 は大きくなりますので、混変調による妨害を受けにくくなります。

6. 包装形態

6.1 包装形態一覧

6.1.1 スーパーミニタイプ (S-MINI, SMQ, SMV (SSOP5-P-0.95), SM6 (SSOP6-P-0.95)),
 ウルトラスーパーミニタイプ (USM, USQ, USV, US6), スモールスーパーミニタイプ (SSM),
 超薄型エクストリームスーパーミニ (TESM), 超薄型ウルトラスーパーミニタイプ (TU6)

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観	
エンボス方式	TE85L			3000 pcs /リール (注 1)
	TE85L2 (S-MINI・SMV・USMのみ)			10000 pcs /リール

注 1: TESM は 4000 pcs/リール

6.1.2 スーパーミニタイプ可変容量ダイオード

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		ペア組	包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観		
エンボス方式	TPH2			○	3000 pcs /リール
	TPH3			×	
	TPH4			○	
	TPH6			○	600~3000 pcs /リール
	TPH7			○	3000 pcs /リール

6.1.3 ウルトラスーパーミニコアキシャルタイプ (USC)

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		ペア組	包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観		
エンボス方式	TPH2			○	2400~3000 pcs/リール
	TPH3			×	3000 pcs /リール
	TPH4			○	2400~3000 pcs/リール

6.1.4 エクストリームスーパーミニコアキシャルタイプ (ESC)
超薄型エクストリームスーパーミニコアキシャルタイプ (TESC)

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		ペア組	包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観		
エンボス方式	TPH2			○	3200~4000 pcs/リール
	TPH3			×	4000 pcs /リール
エンボス方式	TPL2			○	6400~8000 pcs/リール
	TPL3			×	8000 pcs /リール

6.1.5 フラットミニタイプ (FM8)

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観	
エンボス方式	TE12L			1000 pcs /リール

6.1.6 フラットスーパーミニタイプ (SM8) (SSOP8-P-0.65)

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観	
エンボス方式	TE12L			3000 pcs /リール

6.1.7 ミニタイプ (MINI)

包装形態	テーピング 仕様表示	包 装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観	
つづら折り 方式	TPE4	<p>引き出し方向 12.7 引き出し方向</p> <p>12.7</p>		5000 pcs /カートン

6.1.8 エクストリームスーパーミニタイプ (ES6) (sES6)

包装形態	テーピング 仕様表示	包 装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観	
エンボス方式	TE85L	<p>4</p> <p>8</p> <p>4</p>		4000 pcs /リール

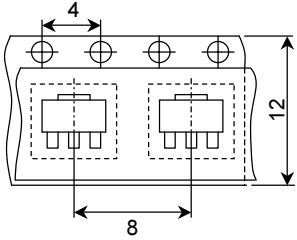
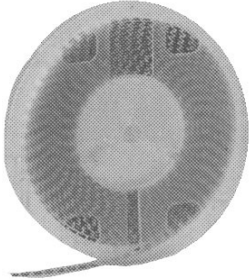
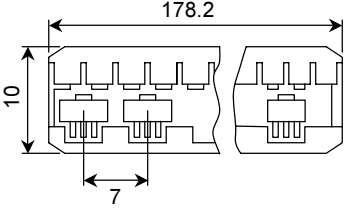

6.1.9 エクストリームスーパーミニコアキシャルタイプ (sESC)

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		ペア組	包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観		
エンボス方式	TPH3			×	5000 pcs / リール
	TPL3				


6.1.10 PW-X タイプ

包装形態	テーピング仕様表示	包 装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外 観	
エンボス方式	TE12L			1000 pcs / リール

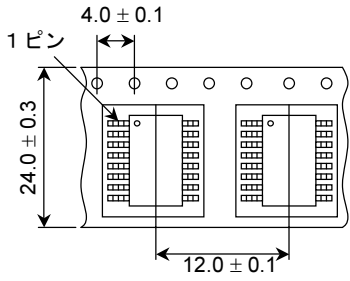

6.1.11 パワーミニトランジスタ (PW-MINI)

包装形態	テーピング仕様表示	包装		包装単位	
		形状寸法 (単位: mm)	外観		
テーピング	パック型	TE12L			1000 pcs / リール
マガジン	横型	—			25 pcs / マガジン

6.1.12 TO-92/MINI デバイス

テーピング仕様表示	適用外形	仕様概要	包装数量	外観
TPE2	TO-92 (2-5F)	つづら折り方式	3000 pcs	
TPE4	MINI (2-4E)	つづら折り方式	5000 pcs	

6.1.13 シュリンクスモールアウトラインパッケージタイプ (SSOP20-P-225-1.0)

包装形態	テーピング仕様表示	包装		包装単位
		形状寸法 (単位: mm)	外観	
エンボス方式	EL			2000 pcs / リール

6.2 TO-92, MINI トランジスタのフォーミング寸法図

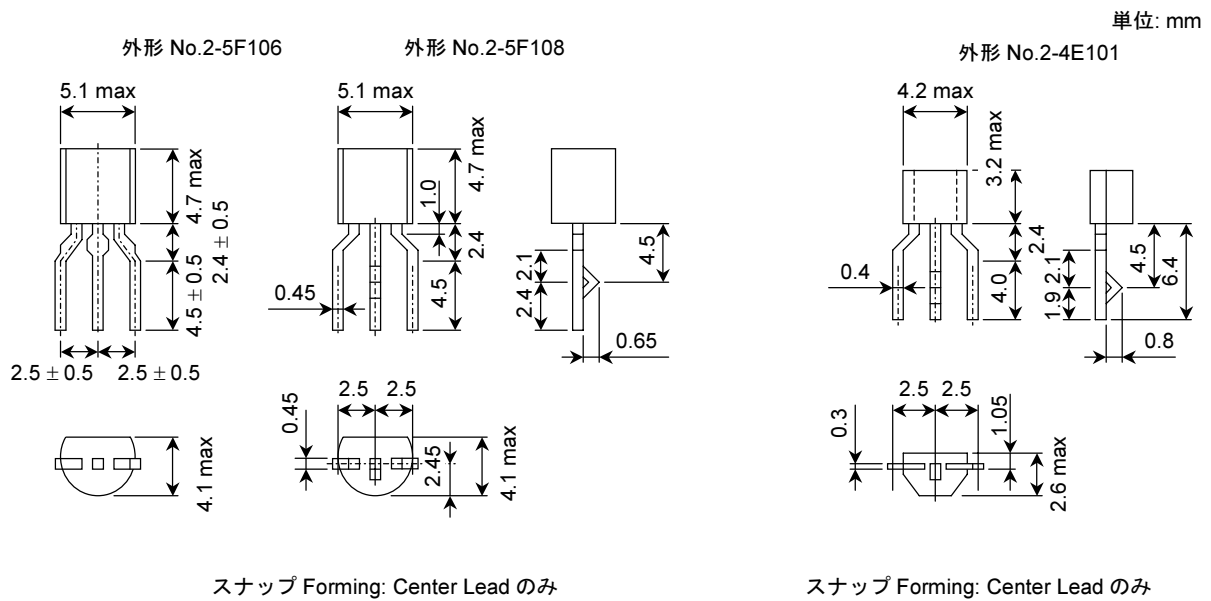


図 6.1 TO-92 トランジスタのフォーミング寸法図

図 6.2 MINI トランジスタのフォーミング寸法図

6.3 テーピング寸法図

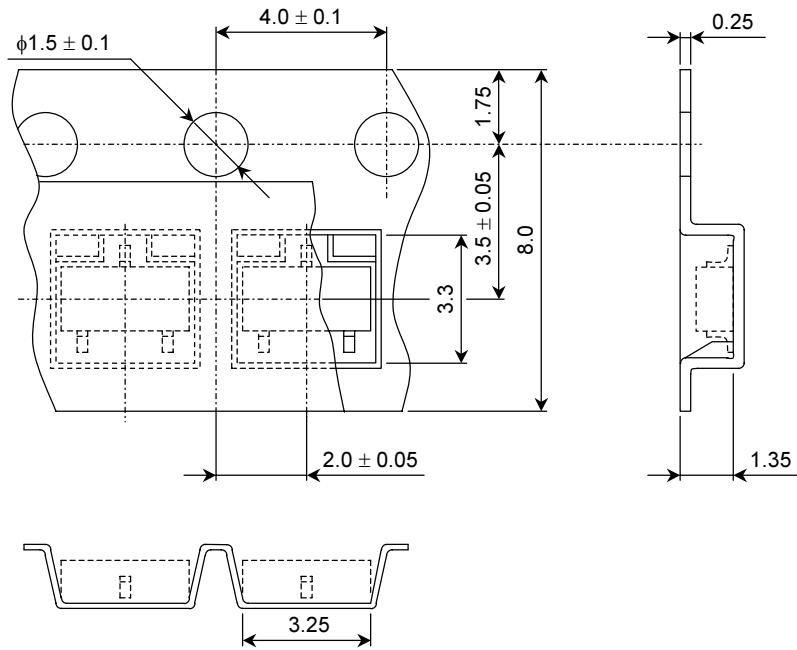
6.3.1 スーパーミニタイプテーピング (3 端子タイプ)…(S-MINI)

3 端子タイプスーパーミニトランジスタ FET/ダイオードテーピング仕様です。

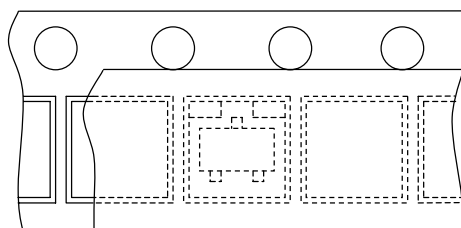
TE85L 方式を以下に示します。

スーパーミニタイプ新テーピング形状寸法図 (例) TE85L

単位: mm

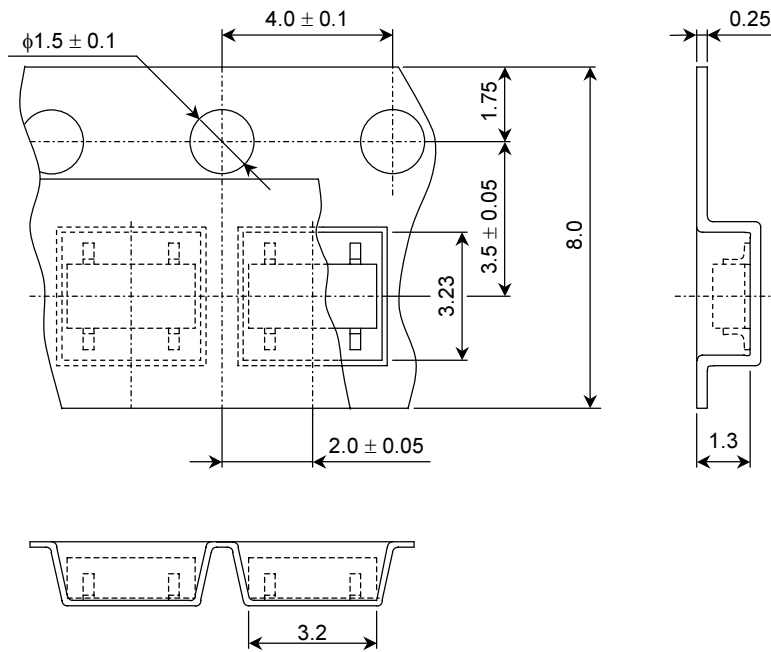


デバイス方向

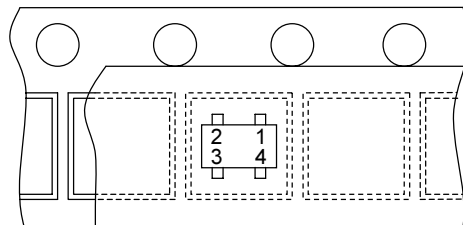


6.3.2 スーパーミニタイプテーピング (4端子タイプ)…(SMQ)

単位: mm

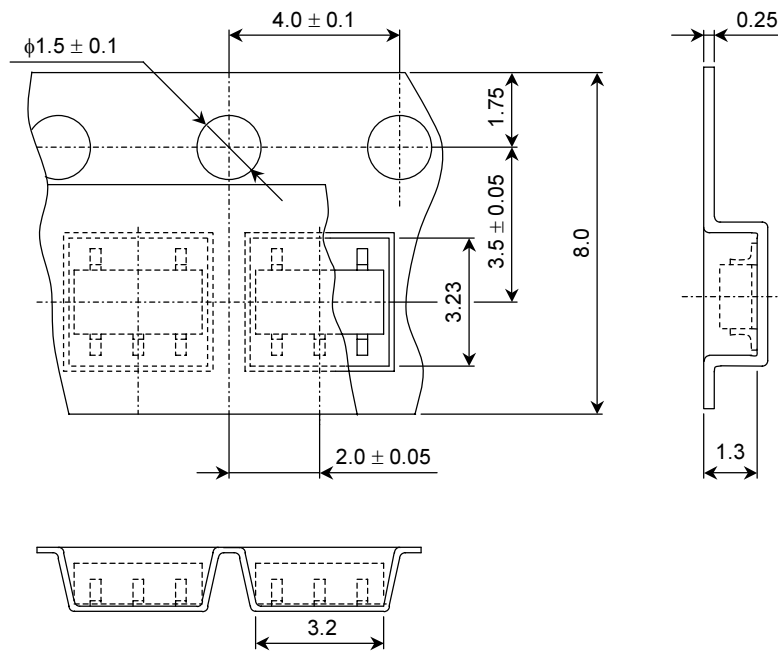


デバイス方向

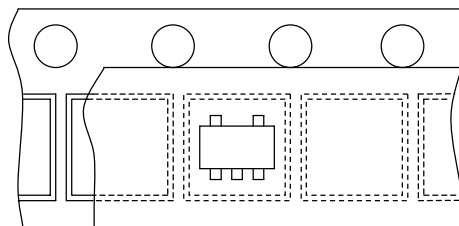


6.3.3 スーパーミニタイプテーピング (5 端子タイプ)…(SMV) (SSOP5-P-0.95)

単位: mm

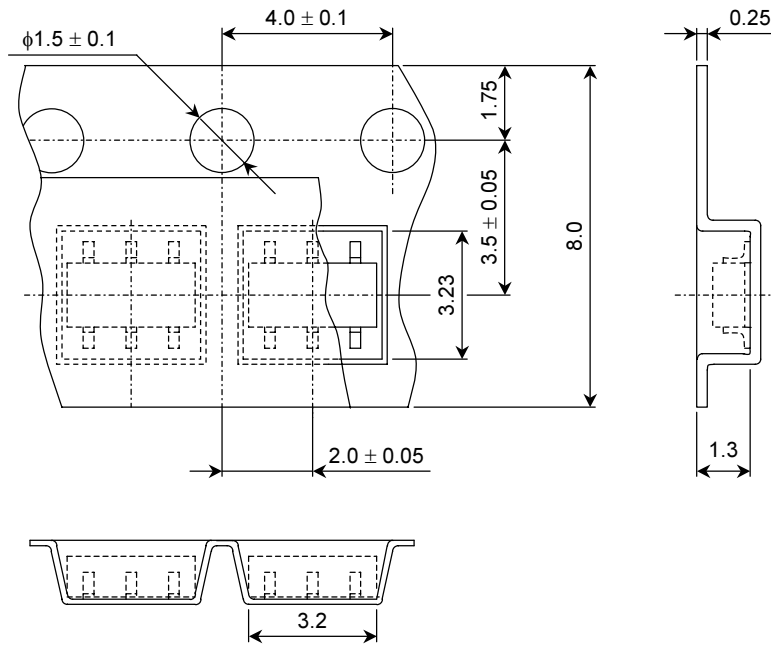


デバイス方向



6.3.4 スーパーミニタイプテーピング (6 端子タイプ)…(SM6) (SSOP6-P-0.95)

単位: mm

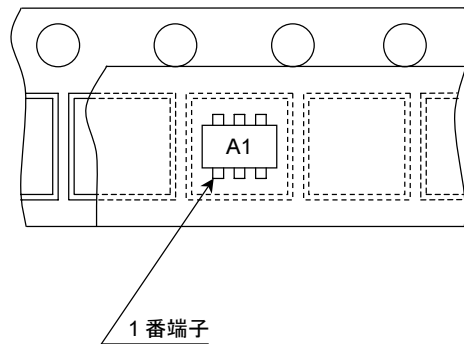


デバイス方向

L: TE85L とする。

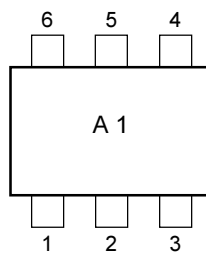
N: 方向性がないものを TE85N とする。(注)

注: 同一品種の点対称構成品のテーピングは TE85N となります。



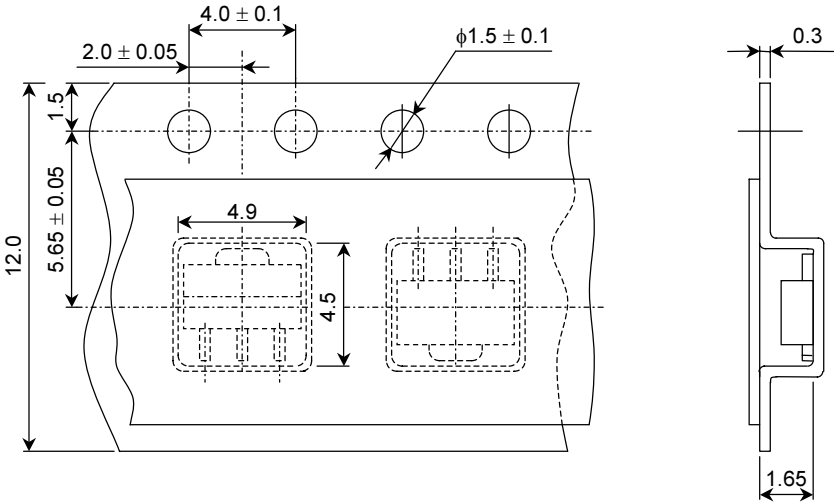
マークの左下が 1 番端子となります。

(例) Top view

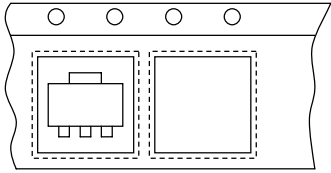


6.3.5 パワーミニタイプテーピング…(PW-MINI)

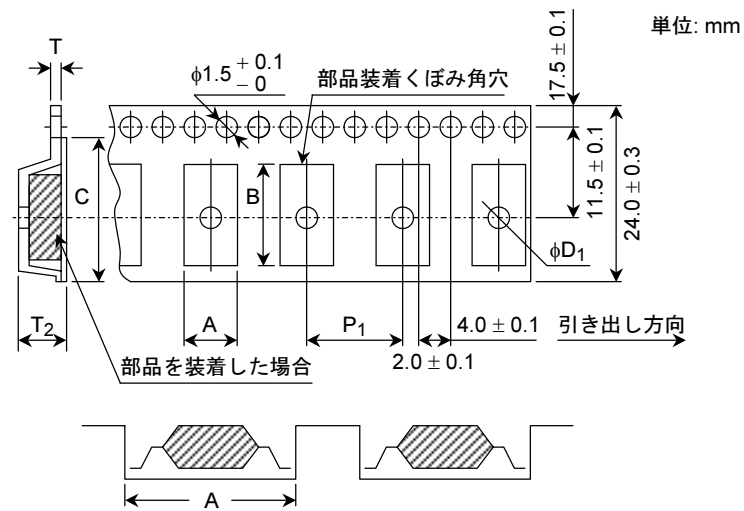
単位: mm



トランジスタ方向

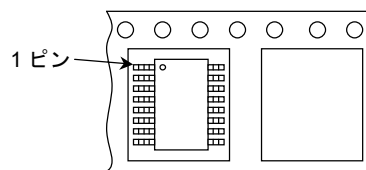


6.3.6 シュリンクスモールアウトラインパッケージタイプテーピング…(SSOP20-P-225)



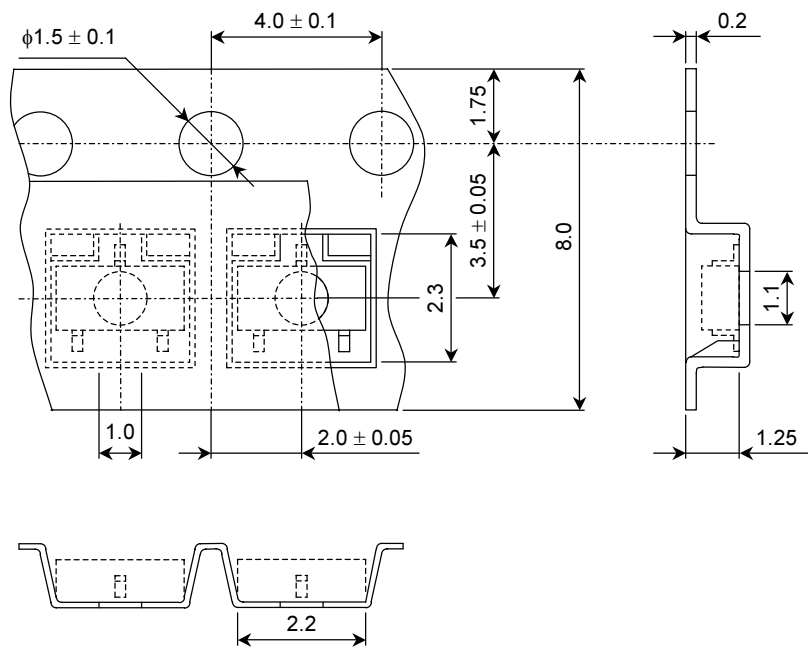
- A : 6.9 ± 0.2 mm
- B : 10.5 ± 0.2 mm
- C : 21.0 mm
- D₁: 16.5 ± 0.1 mm
- P₁: 12.0 ± 0.1 mm
- T : 0.3 ± 0.1 mm
- T₁: 2.2 ± 0.1 mm

デバイス方向

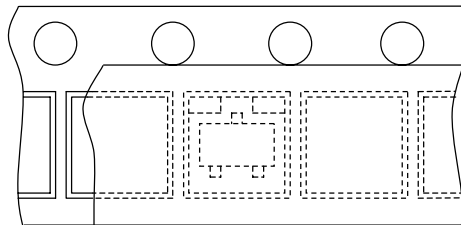


6.3.7 3端子ウルトラスーパーミニタイプテーピング…(USM)

単位: mm

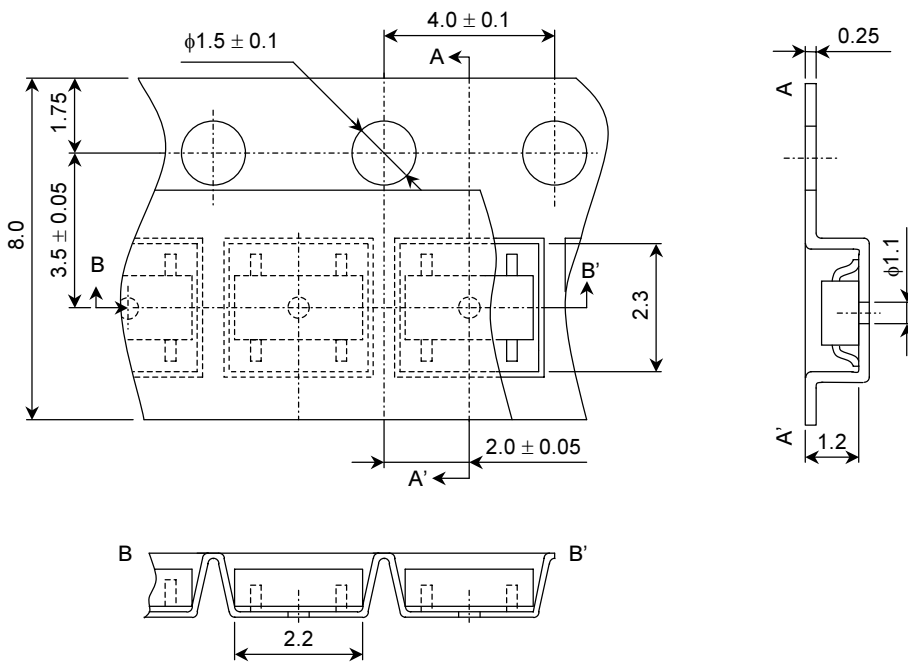


デバイス方向

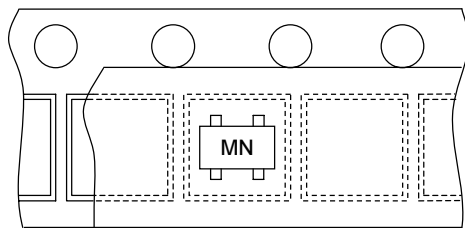


6.3.8 4端子ウルトラスーパーミニタイプテーピング…(USQ)

単位: mm

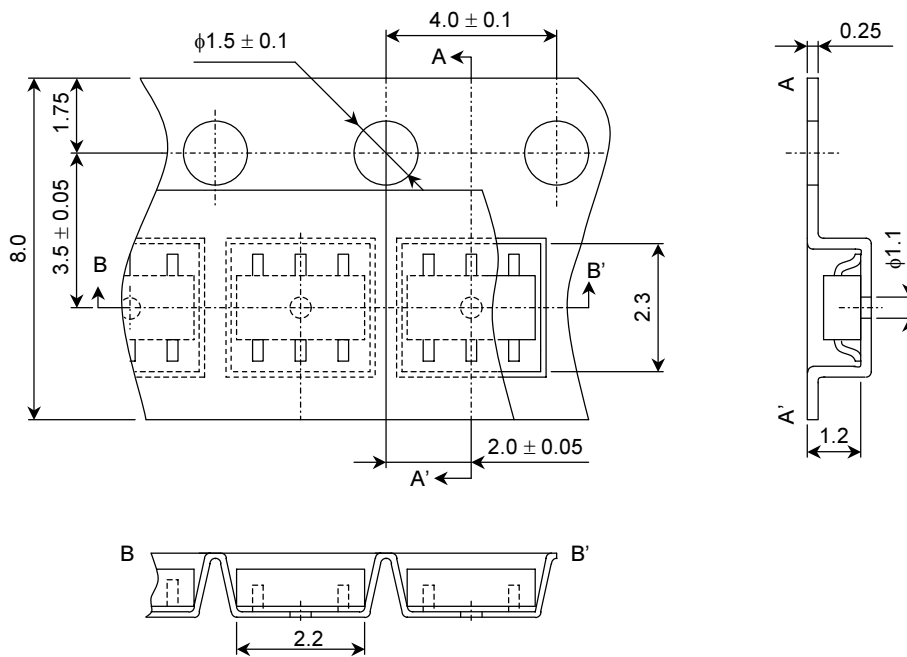


デバイス方向

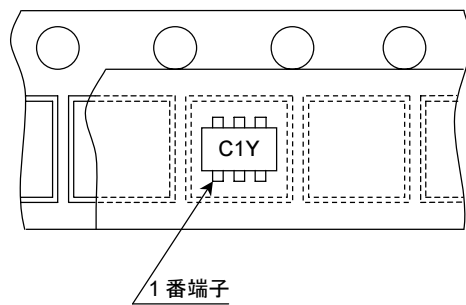


6.3.9 6 端子ウルトラスーパーミニタイプ…(US6)

単位: mm

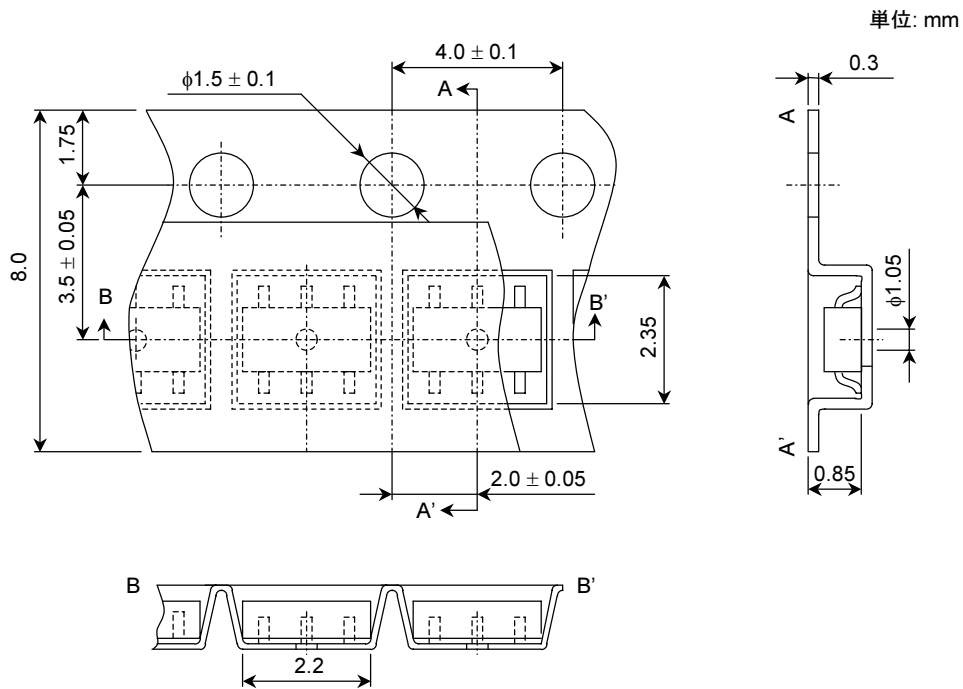


デバイス方向

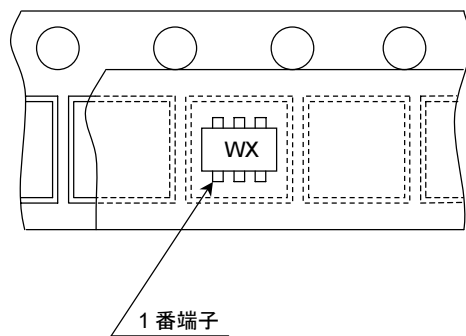


注: 同一品種の点対称構成品にはテーピング 1 リール内に L, R 方向の製品が混存する TE85N テーピングがあります。

6.3.10 6 端子薄型ウルトラスーパーミニタイプ…(TU6)

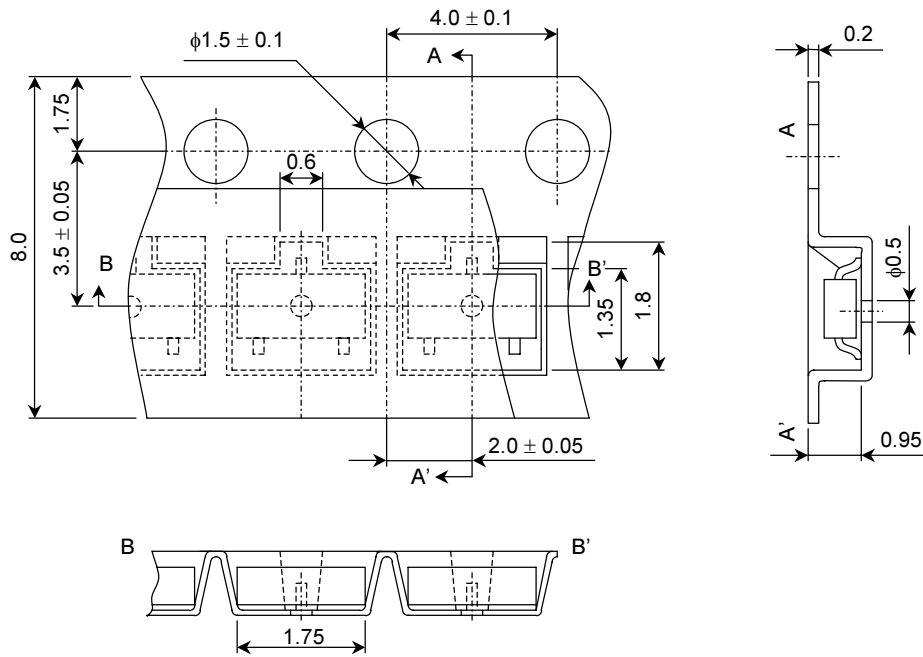


デバイス方向

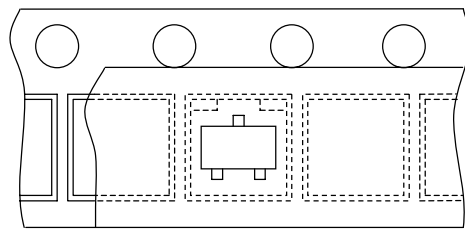


6.3.11 スモールスーパーミニタイプテーピング…(SSM)

単位: mm

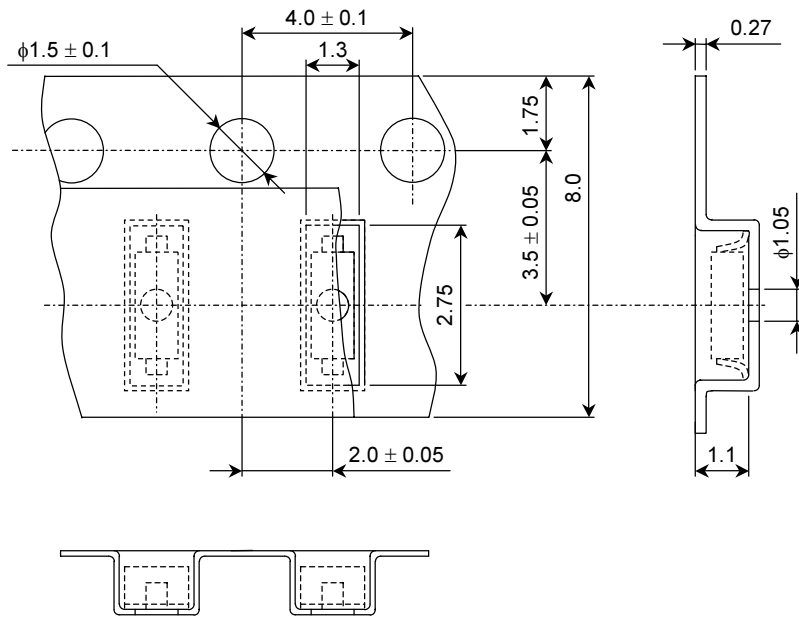


デバイス方向

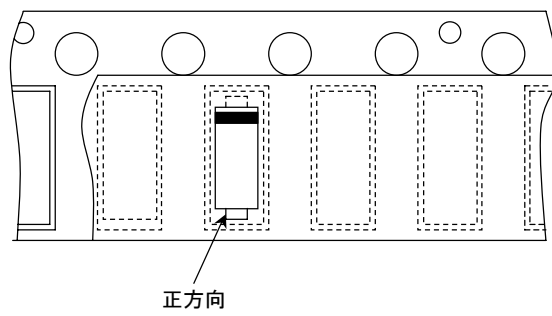


6.3.12 ウルトラスーパーミニコアキシャルタイプテーピング…(USC)

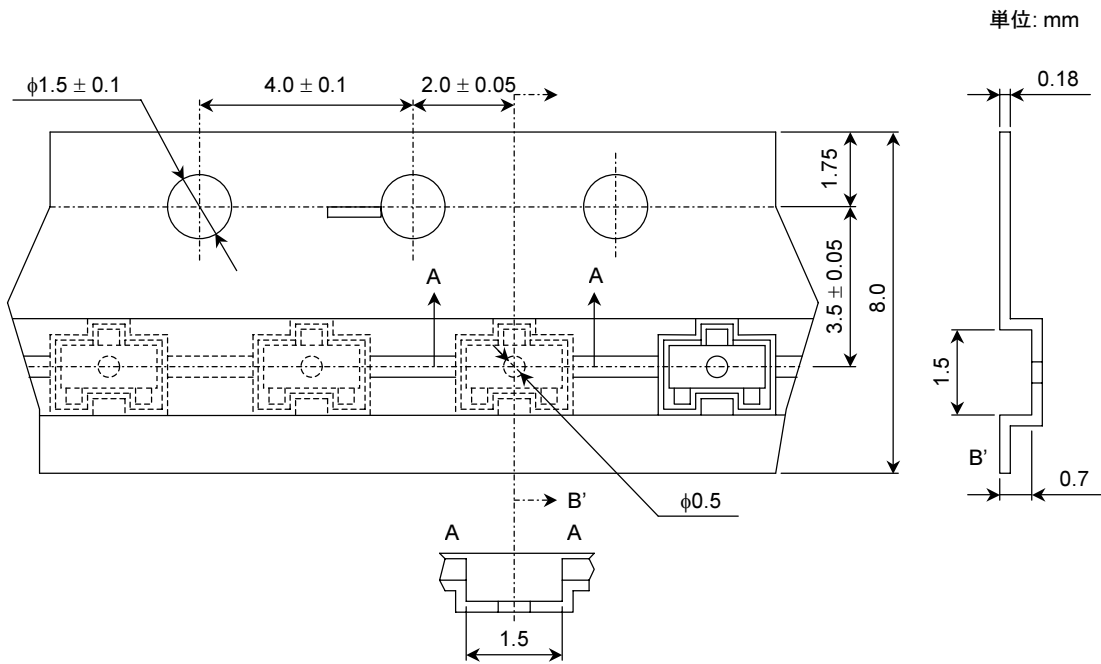
単位: mm



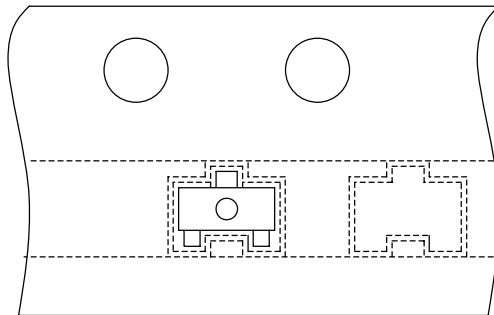
デバイス方向



6.3.13 超薄型エクストリームスーパーミニタイプテーピング…(TESM)



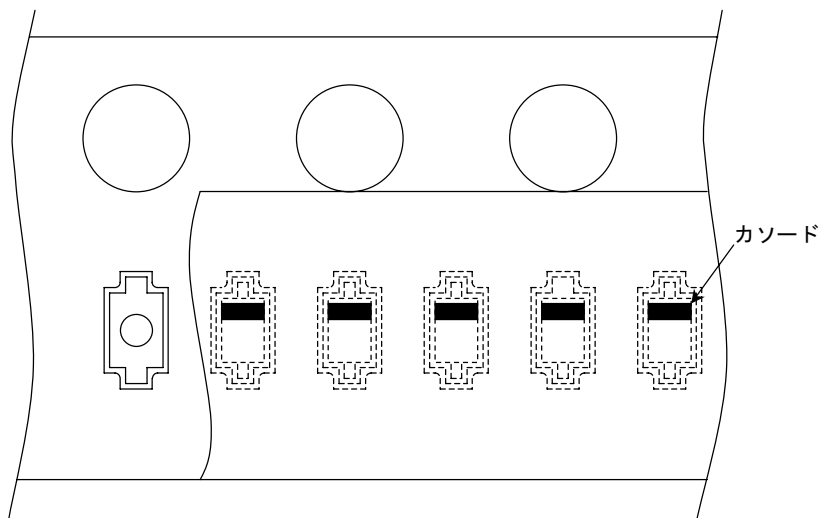
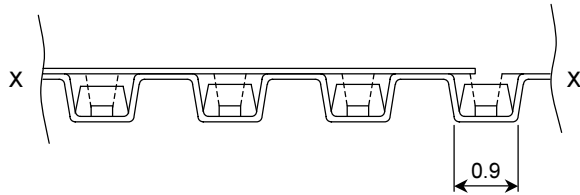
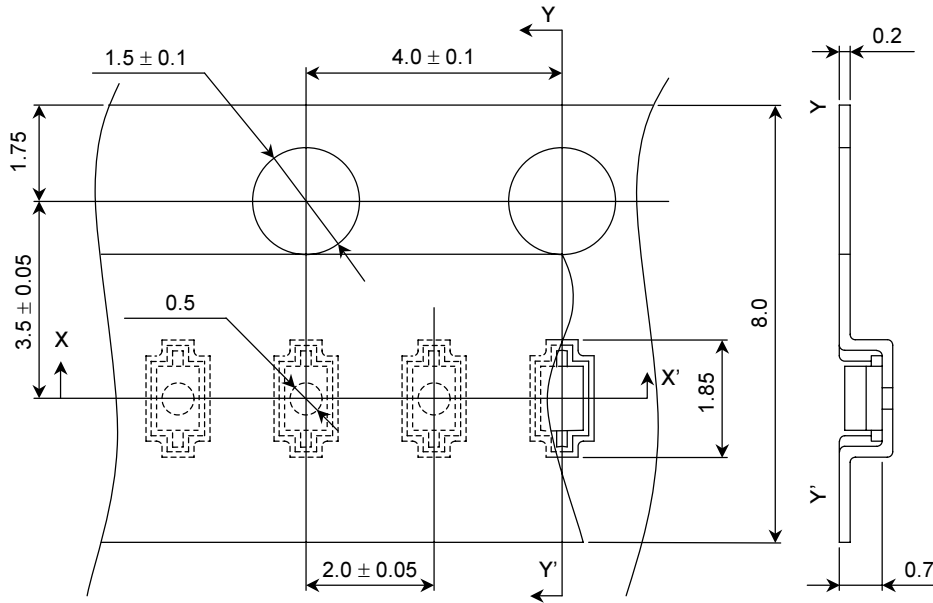
デバイス方向



6.3.14 エクストリームスーパーミニコアキシャルタイプテーピング…(ESC)
薄型エクストリームスーパーミニコアキシャルタイプテーピング…(TESC)

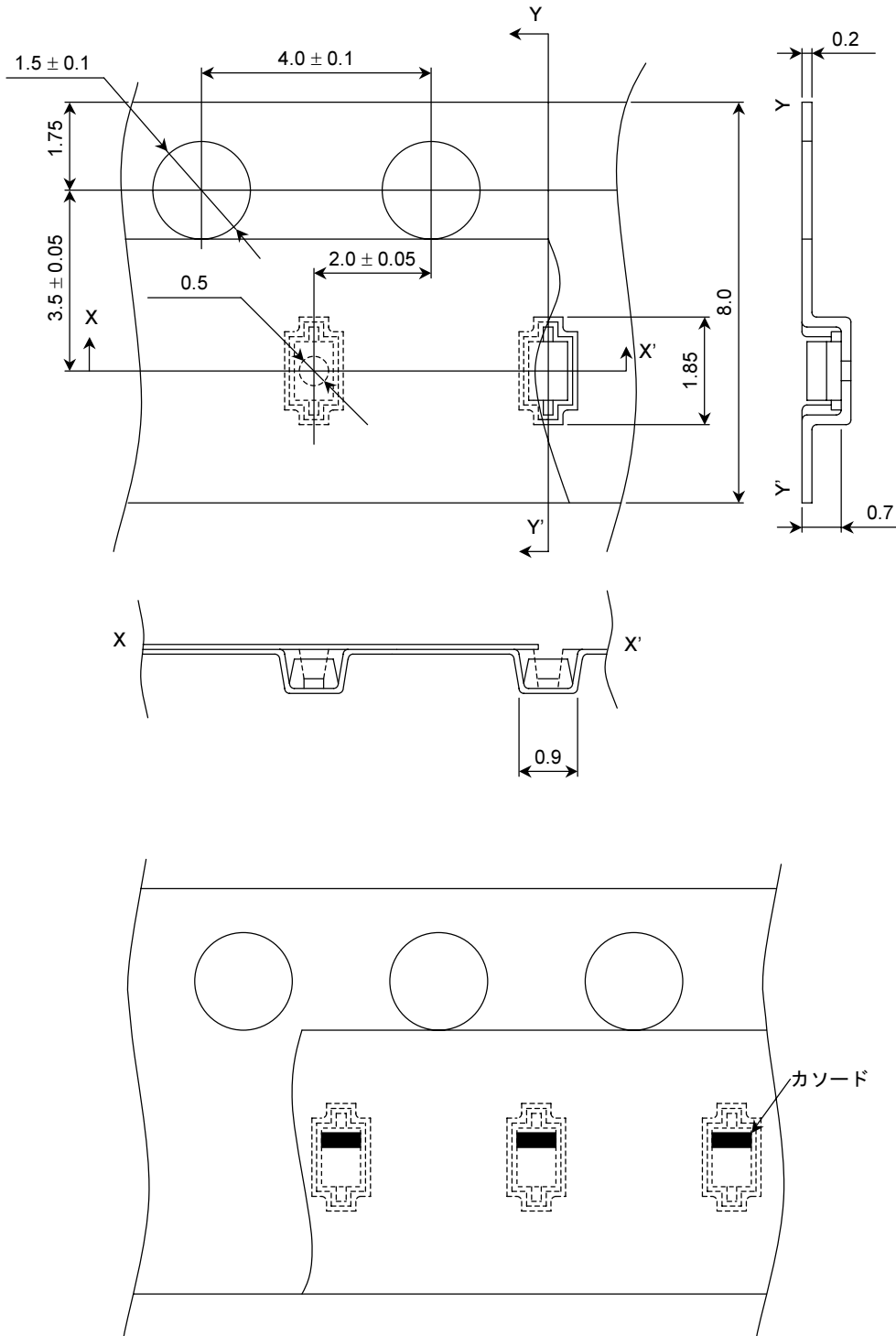
2 mm ピッチ

単位: mm

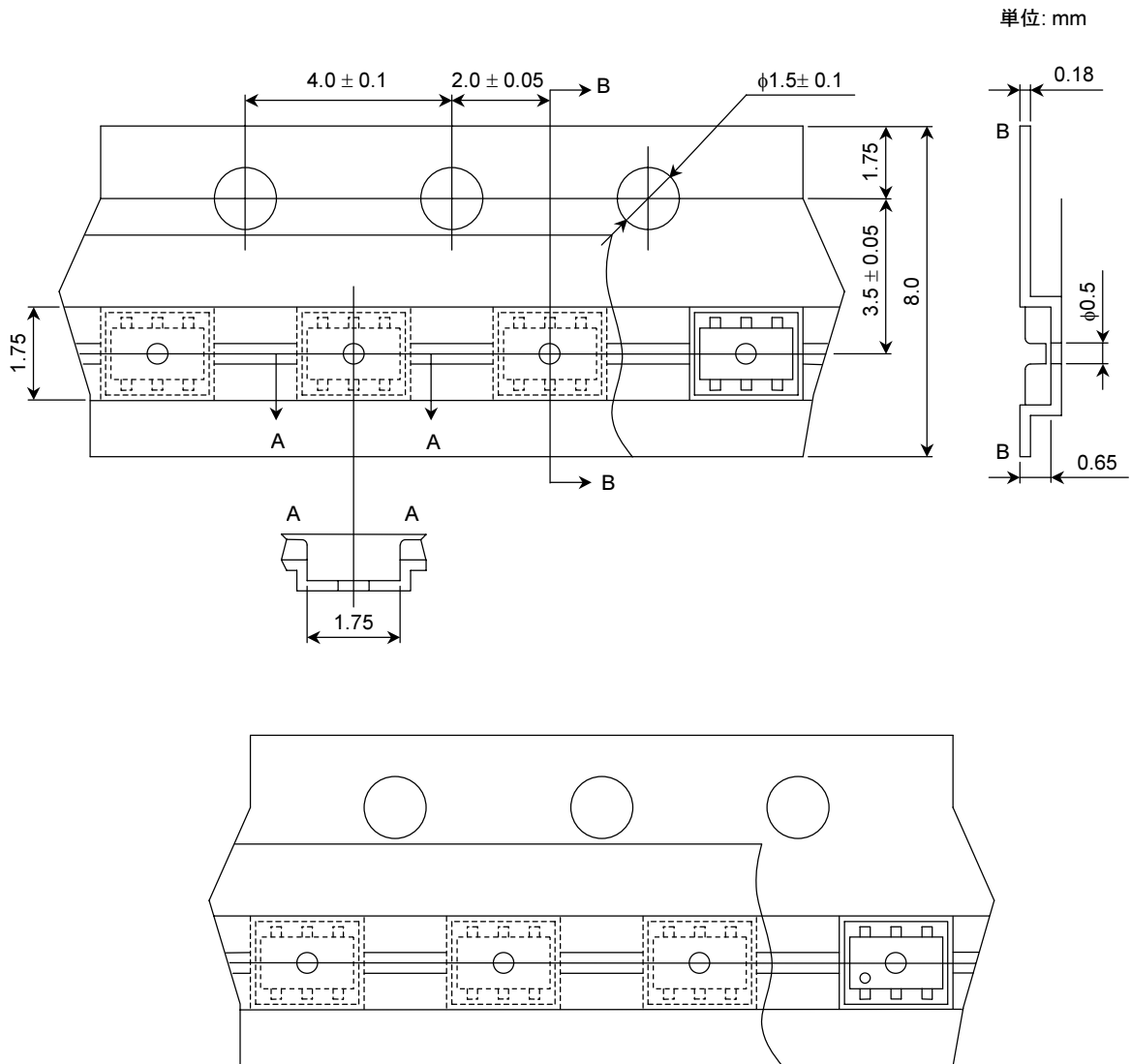


4 mm ピッチ

単位: mm

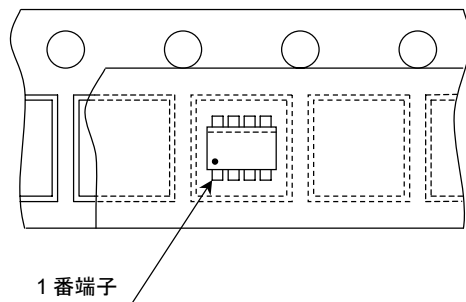
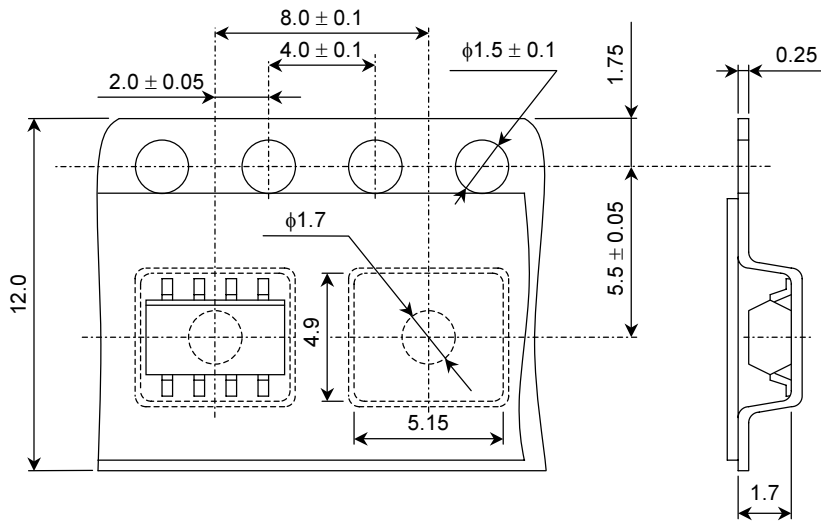


6.3.15 エクストリームスーパーミニタイプ…(ES6)



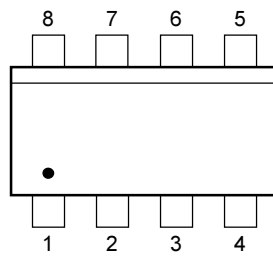
6.3.16 8 端子 FM タイプ…(FM8)

単位: mm



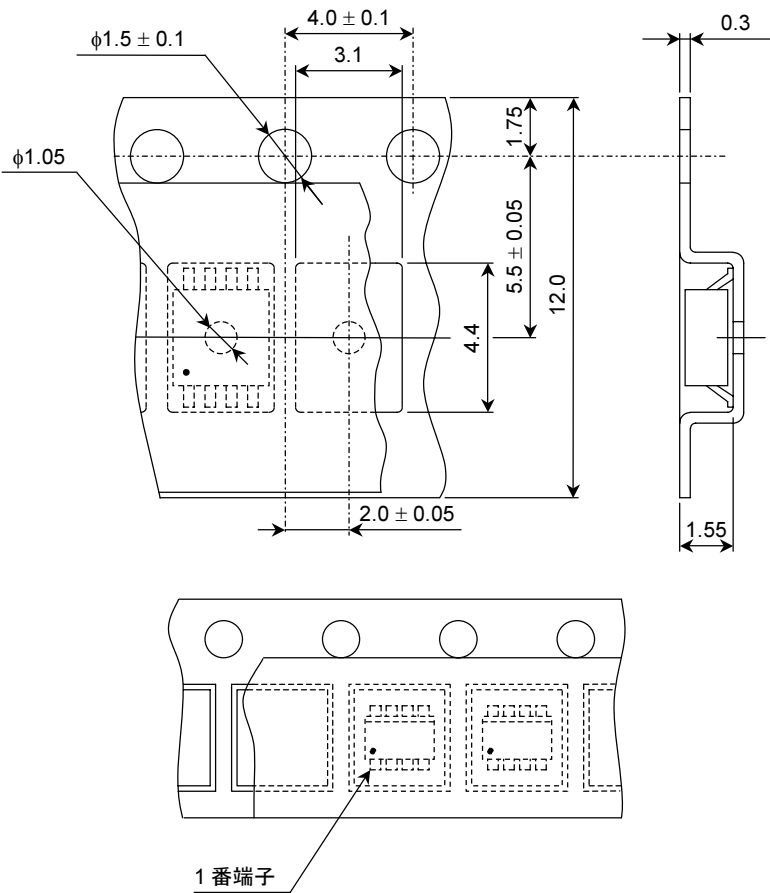
マークの左下が 1 番端子となります。

(例) Top view

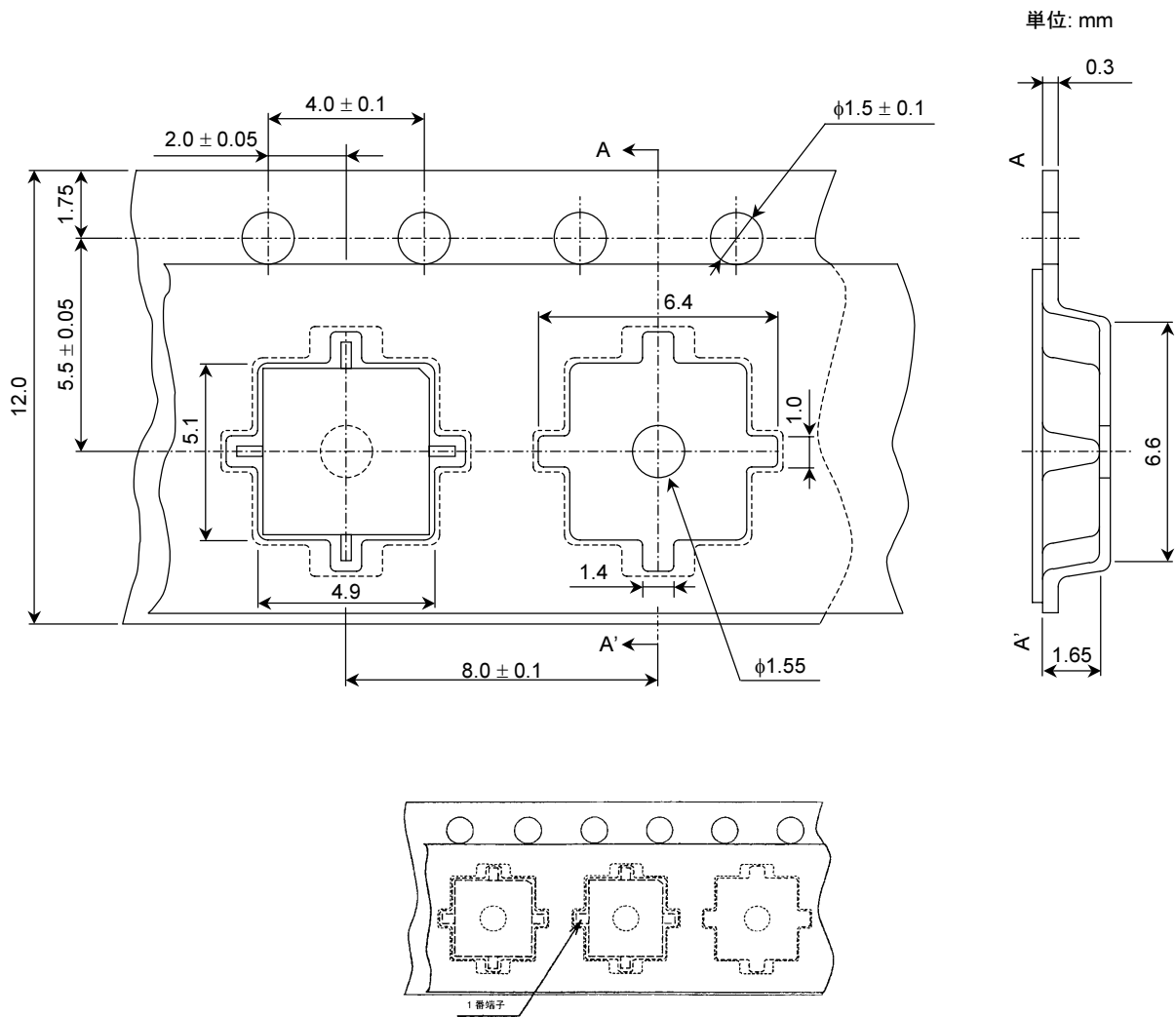


6.3.17 8 端子 SM タイプ…(SM8)

単位: mm

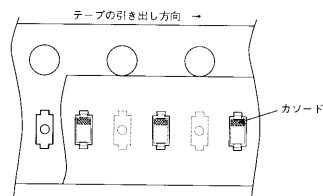
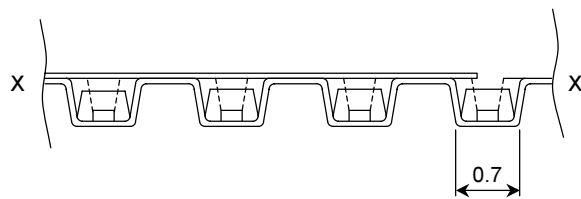
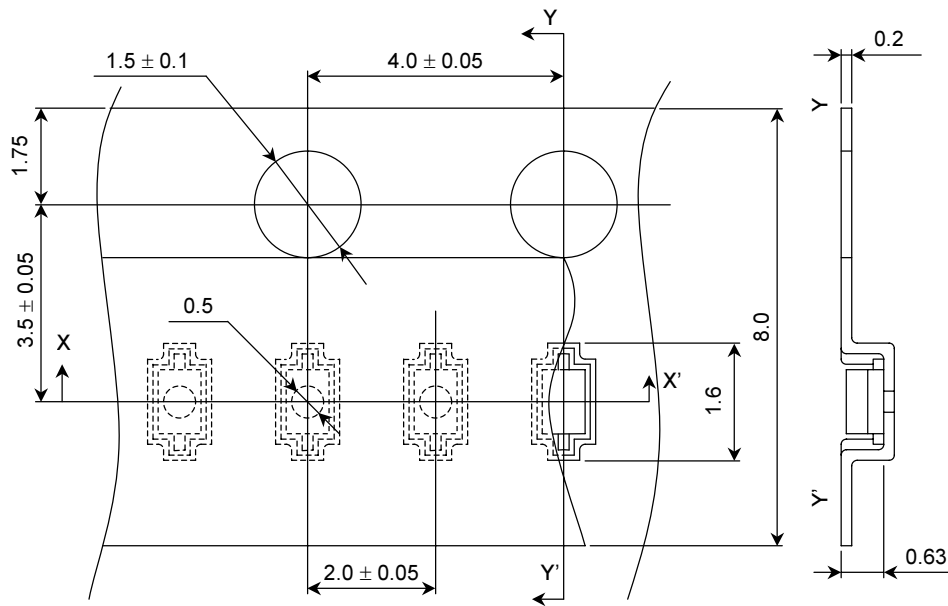


6.3.18 PW-X タイプ

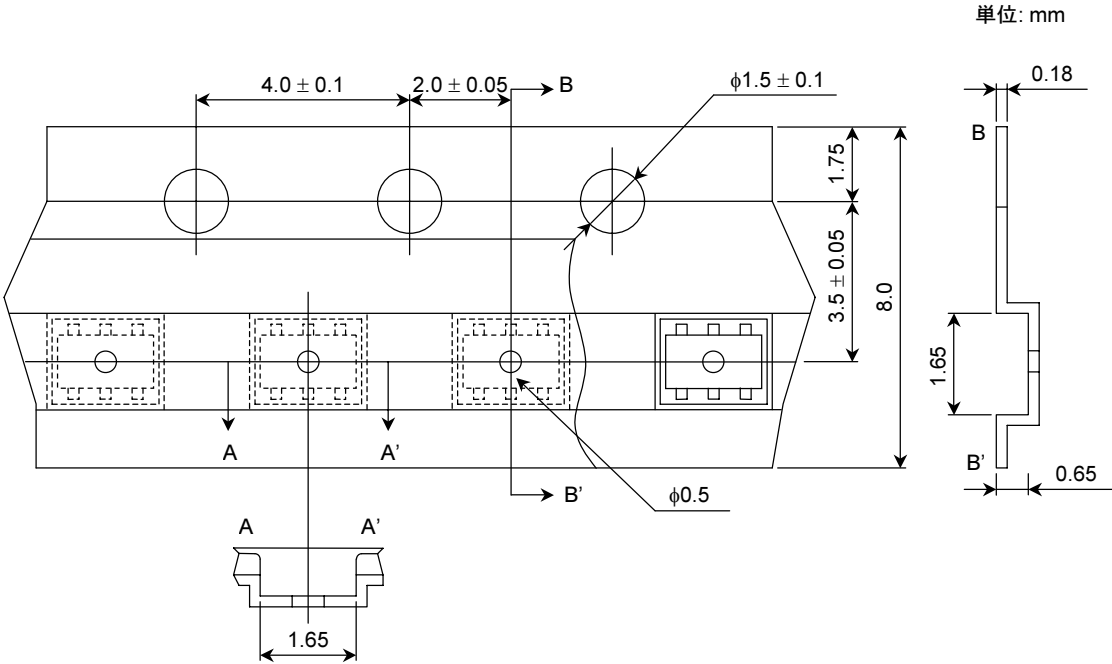


6.3.19 sESC タイプ

単位: mm

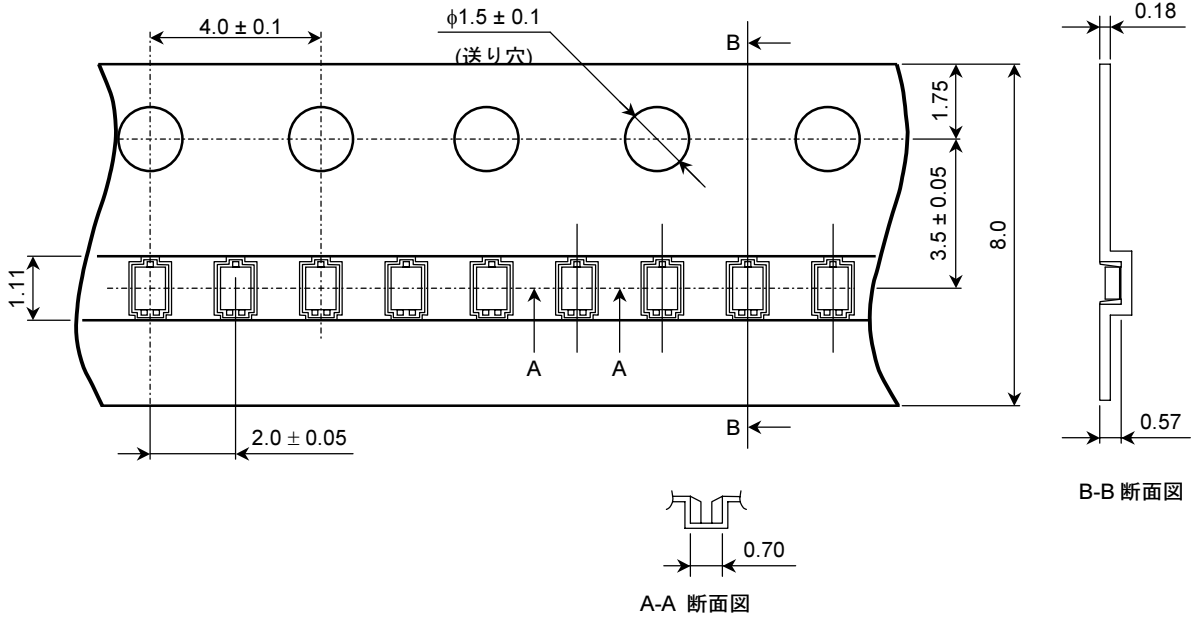


6.3.20 sES6 タイプ



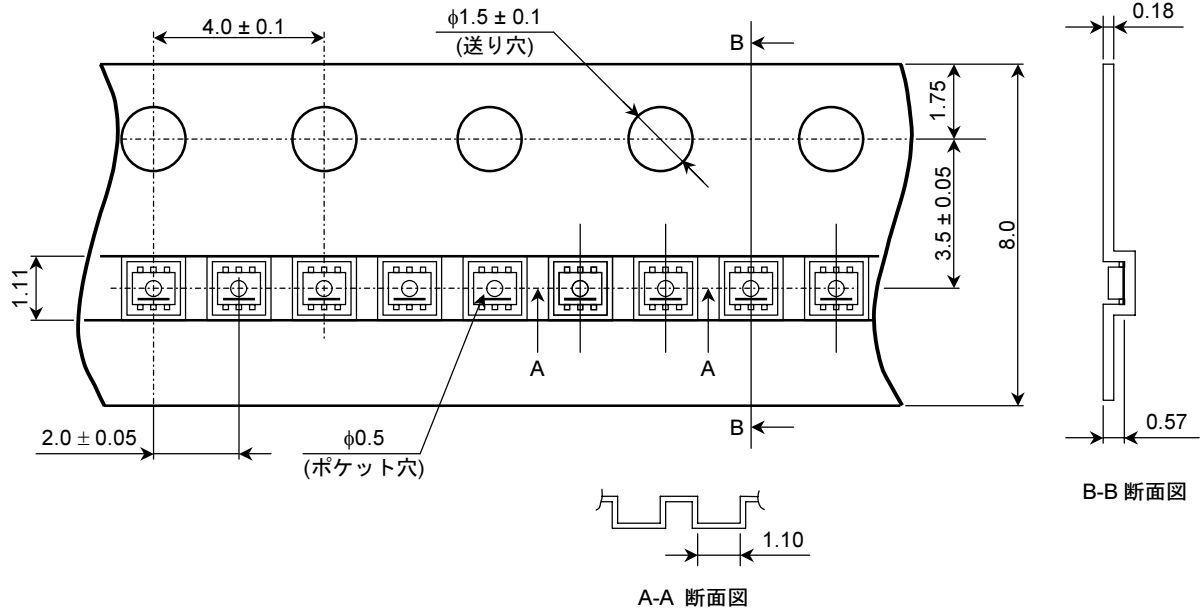
6.3.21 fSM タイプ

単位: mm



6.3.22 fS6 タイプ

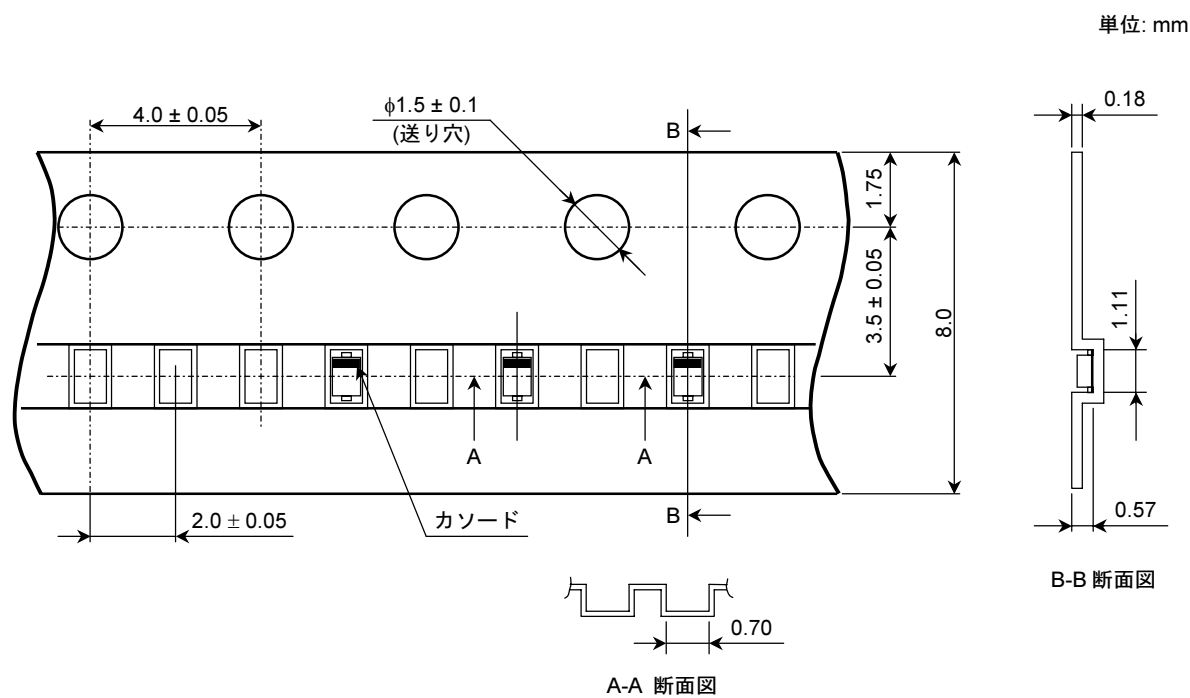
単位: mm



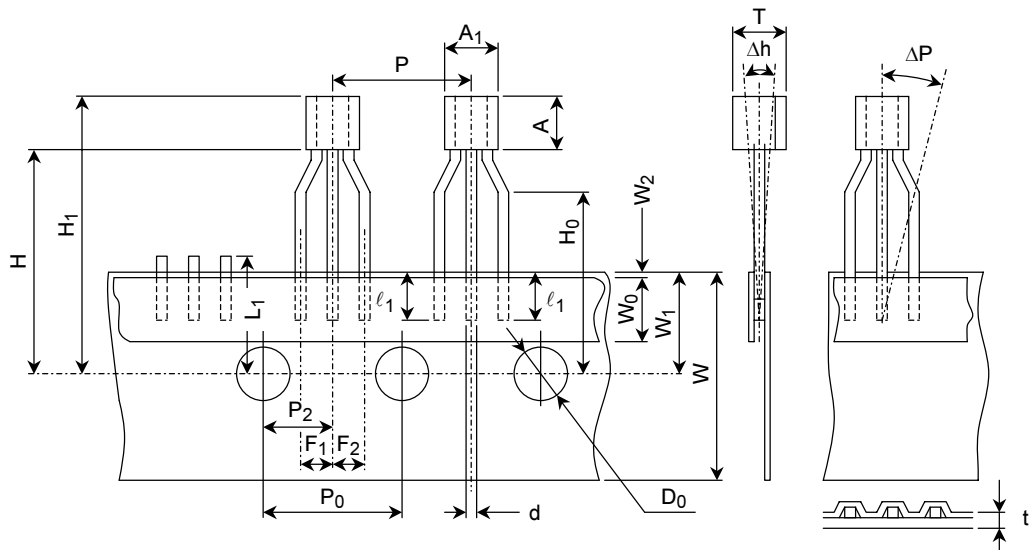
6.3.23 fSC タイプ

テーピング方法

- 1 累積ピッチの寸法許容は、10 ピッチ±0.2mm 以下
- 2 テープ材質: プラスチック
- 3 寸法
 - * 本テーピングには、静電気対策を施しております。

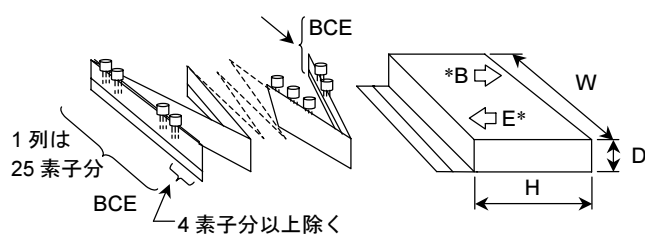


6.3.24 TO-92/MINI ラジアルテーピング



呼 称	記 号	寸 法				備 考
		TO-92 (SC-43)	MINI	TO-92MOD	MSTM	
製 品 横 幅	A ₁	6.0 max	4.5 max	5.1 max	7.1 max	詳細は個別仕様に基づく。
製 品 高 さ	A	9.0 max	3.5 max	8.2 max	4.7 max	
製 品 厚 さ	T	6.0 max	2.6 max	4.1 max	2.7 max	
リード線径 (角線)	d	0.45 [□] typ.	0.4 [□] typ.	0.67 [□] max	0.45 [□] typ.	
貼付リード線長さ	l ₁	2.5 min		3.5 min	2.6 min	
製 品 間 ピ ッ チ	P	12.7 ± 1.0			12.7 ± 0.5	
送 り 穴 ピ ッ チ	P ₀	12.7 ± 0.3			12.7 ± 0.2	累積ピッチ誤差は20ピッチにつき±1 mm。
送 り 穴 位 置 ず れ	P ₂	6.35 ± 0.4				
リ ー ド 線 間 隔	F ₁ /F ₂	2.5 ^{+0.6} _{-0.3}			2.54 ^{+0.3} _{-0.2}	
製 品 タ オ レ (1)	Δh	0 ± 2.0			0 ± 1.0	
テ ー プ 幅	W	18.0 ^{+1.0} _{-0.5}				
貼 付 テ ー プ 幅	W ₀	6.0 ± 0.3				
送 り 穴 位 置 ず れ	W ₁	9.0 ^{+0.75} _{-0.5}		9.0 ± 0.5		
貼 付 テ ー プ ず れ	W ₃	0.5 max				
製 品 下 面 位 置	H	20 max	20 ^{+0.75} _{-0.5}	20 max	19 ± 0.5	
リ ー ド ク リ ン チ 高 さ	H ₀	16.0 ± 0.5			—	
製 品 上 限 位 置	H ₁	32.25 max			25.0 max	
送 り 穴 径	D ₀	4.0 ± 0.2				
テ ー プ 厚 さ (総厚)	t	0.6 ± 0.2				
不 良 品 カ ッ ト 位 置	L ₁	11.0 max				
製 品 タ オ レ (2)	ΔP	0 ± 1.0				

つづら折り方法および包装箱寸法



単位 : mm

外形	W	H	D
TO-92 (SC-43)	336 ± 3	250 ± 3	47 ± 3
MINI	336 ± 3	260 ± 3	47 ± 3
TO-92MOD	336 ± 3	190 ± 3	47 ± 3
MSTM	336 ± 3	230 ± 3	47 ± 3

*: リードの先出し電極を示す。

(例) E: エミッタ先出し

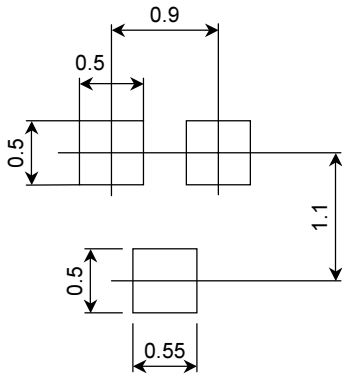
B: ベース先出し

7. 参考パッド寸法

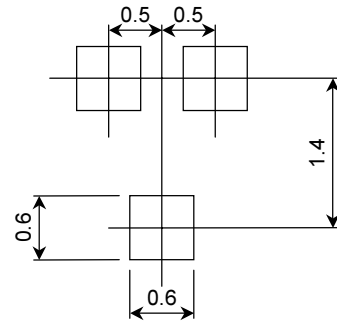
基板実装時の参考パッド寸法を示します。

単位: mm

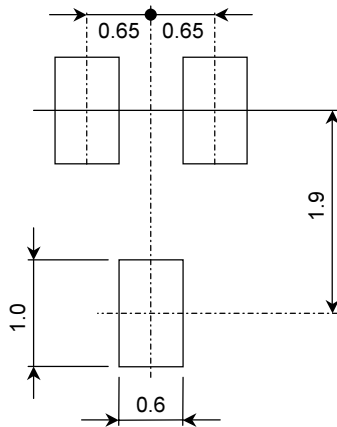
- (1) 3 端子薄型エクストリームスーパーミニ (TESM)



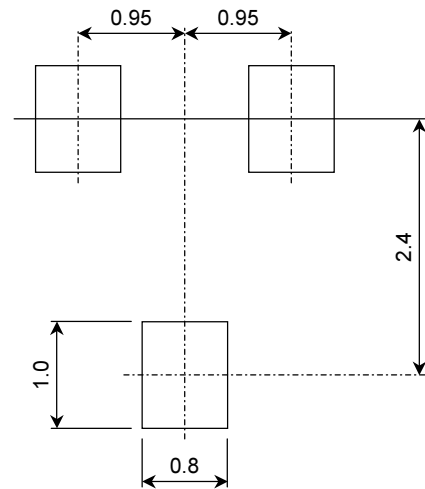
- (2) 3 端子スモールスーパーミニ (SSM)



- (3) 3 端子ウルトラスーパーミニ (USM)
(JEITA: SC-70)

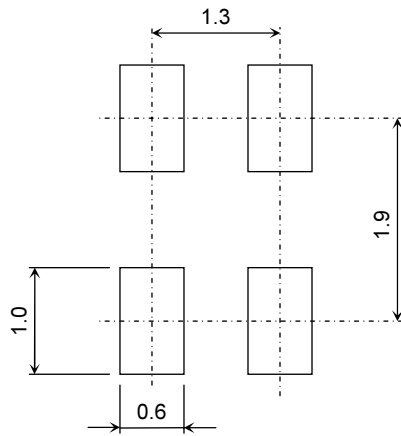


- (4) 3 端子スーパーミニ (SM)
(JEITA: SC-59)

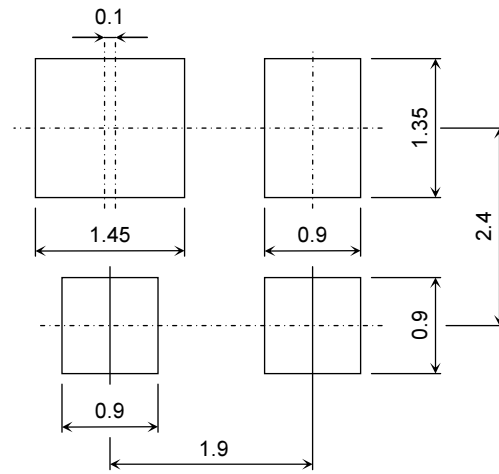


単位: mm

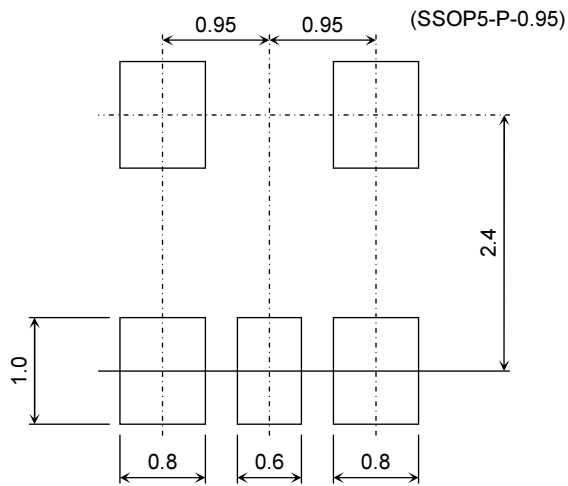
(5) 4 端子ウルトラスーパーミニ (USQ)



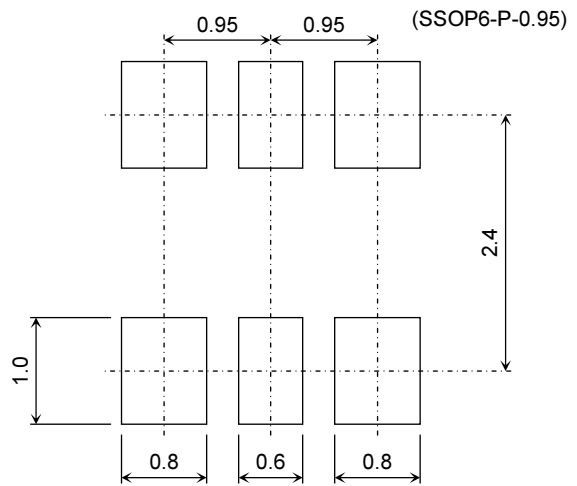
(6) 4 端子スーパーミニ (SMQ)
(JEITA: SC-61B)



(7) 5 端子スーパーミニ (5LEAD) (SMV)

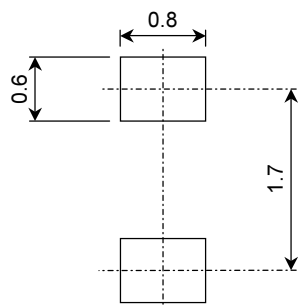


(8) 6 端子スーパーミニ (SM6)

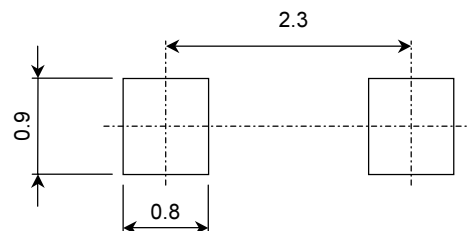


単位: mm

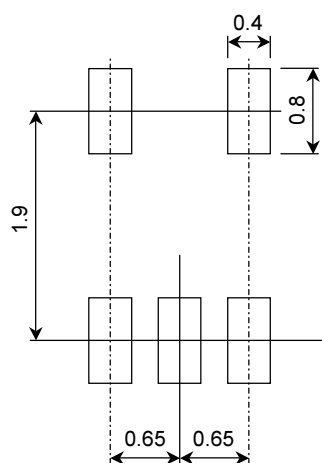
- (9) エクストリームスーパーミニ (ESC)
 超薄型エクストリームスーパーミニ
 (TESC)



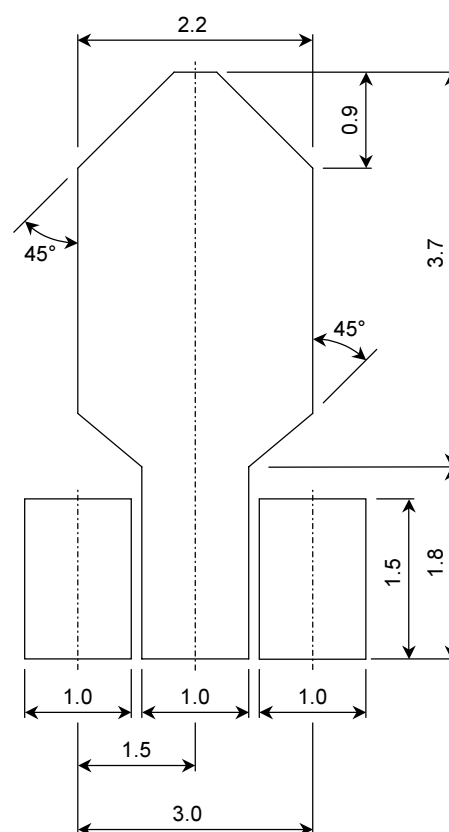
- (10) 2端子ウルトラスーパーミニ (USC)



- (11) 5端子ウルトラスーパーミニ (USV)

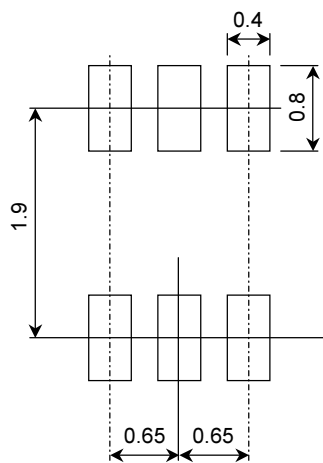


- (12) パワーミニ (JEITA: SC-62)

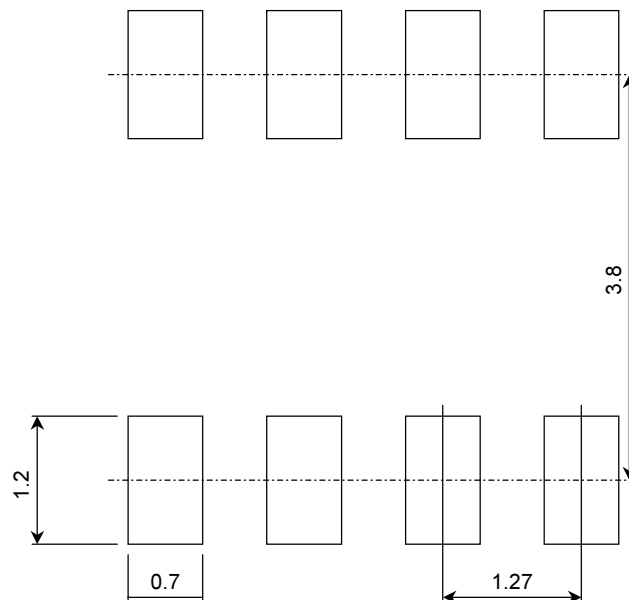


単位: mm

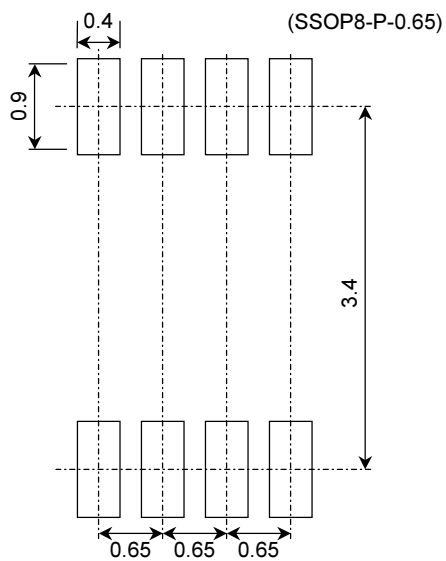
(13) 6 端子ウルトラスーパーミニ
薄型 6 端子ウルトラスーパーミニ
(US6/TU6/UF6)



(14) 8 端子フラットミニ (FM8)

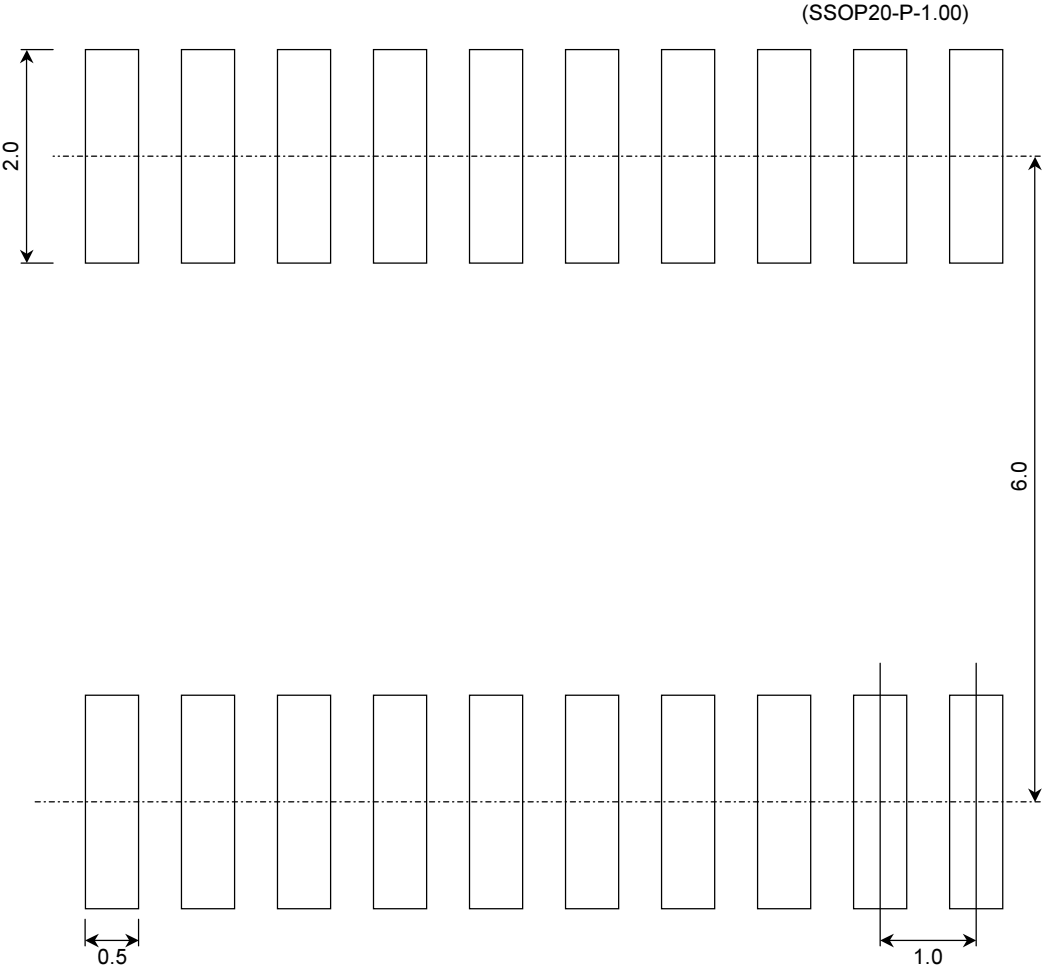


(15) 8 端子スモールフラットミニ (SM8)

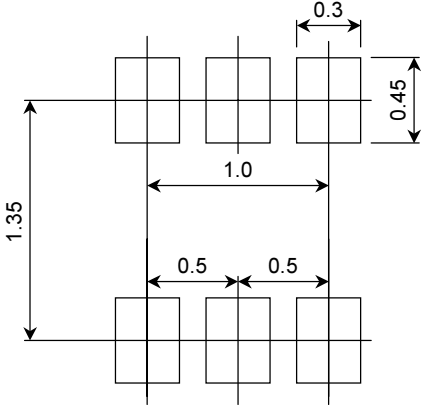


単位: mm

(16) シュリンクスモールアウトラインパッケージ

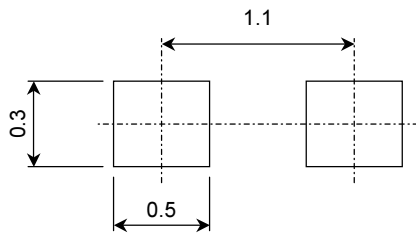


(17) 6 端子エクストリームスーパーミニ (ES6)



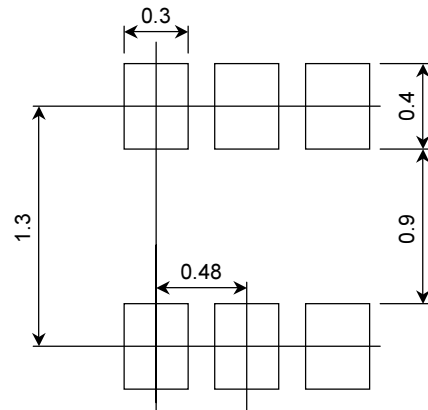
単位: mm

(18) エクストリームスーパーミニ (sESC)

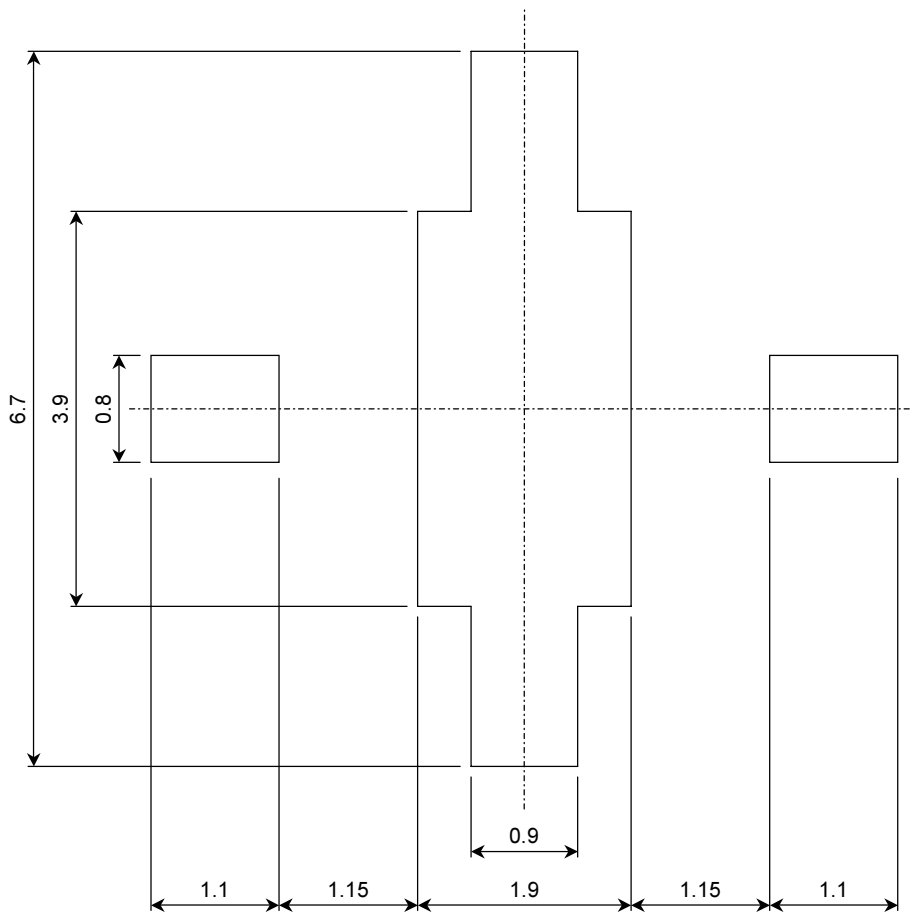


sESC ランドパターン

(19) 6 端子エクストリームスーパーミニ (sES6)

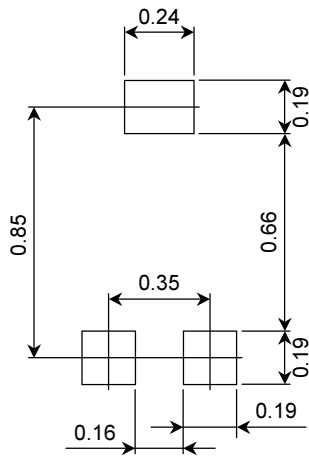


(20) PW-X

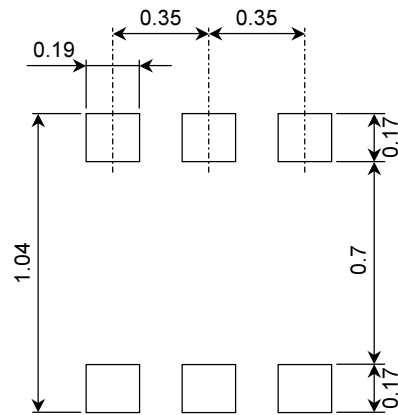


単位: mm

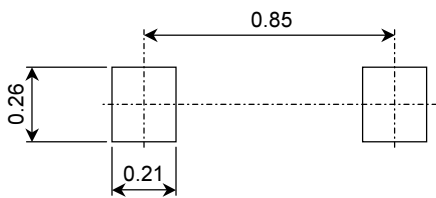
(21) fSM



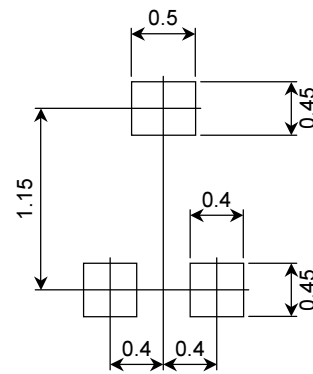
(22) fS6



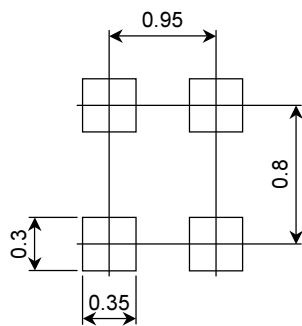
(23) fSC



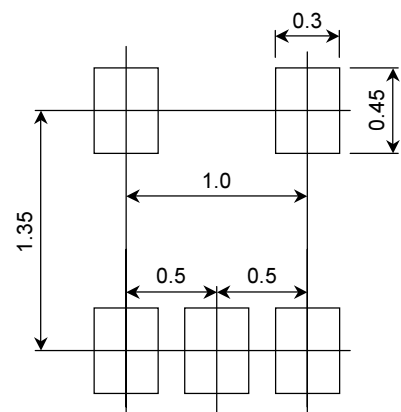
(24) VESM



(25) TESQ

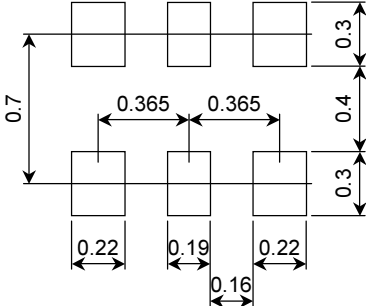


(26) ESV

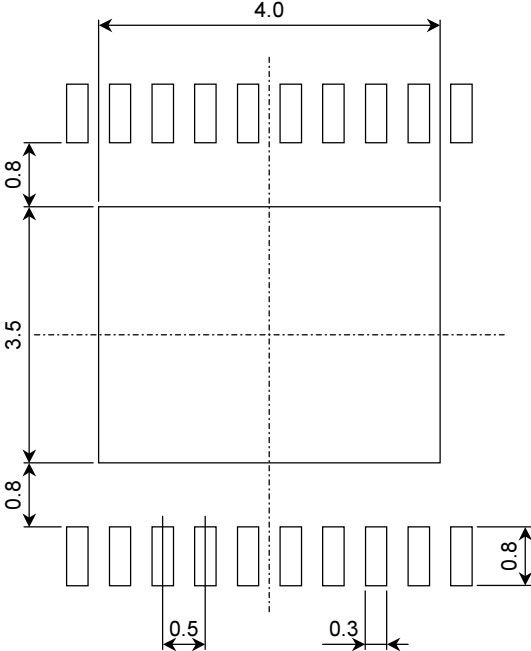


単位: mm

(27) CS6



(28) HSOP20



**[7] 取り扱い上の
ご注意とお願い**

[7] 取り扱い上のご注意とお願い

1. 半導体製品採用に当たってのご注意

1.1 安全設計について

当社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、一般に半導体製品は誤作動したり故障することがあります。

当社半導体製品をご使用いただく場合は、半導体製品の誤作動や故障により、生命・身体・財産が侵害されることのないように、購入者側の責任において、機器の安全設計を行うことをお願いします。

なお、設計に際しては、最新の製品仕様をご確認の上、製品保証範囲内でご使用いただくと共に、考慮されるべき注意事項や条件について「東芝半導体製品の取り扱い上のご注意とお願い」、「半導体信頼性ハンドブック」などをご確認ください。

1.2 用途制限について

本資料に掲載されている製品は、一般的電子機器（コンピュータ、パーソナル機器、事務機器、計測機器、産業用ロボット、家電機器など）に使用されることを意図しています。

特別に高い品質・信頼性が要求され、その故障や誤作動が直接人命を脅かしたり人体に危害を及ぼす恐れのある機器（原子力制御機器、航空宇宙機器、輸送機器、交通信号機器、燃焼制御、医療機器、各種安全装置など）にこれらの製品を使用すること（以下“特定用途”という）は意図もされていませんし、また保証もされていません。




本資料に掲載されている製品を当該特定用途に使用することは、お客様の責任でなされることとなります。

2. 安全上のご注意

本項には、お使いになる方や他の人への危害と財産の損害を未然に防ぎ、デバイスを安全に正しくお使いいただくために、重要な内容を記載しています。

次の内容（表示、図記号）をよく理解してから本文をお読みになり、記載事項をお守りください。

[表示の説明]



表 示	意 味
 危険	“誤った取り扱いをすると、使用者が死亡するまたは重傷 (#1) を負う差し迫った危険が想定されること”を示します。
 警告	“誤った取り扱いをすると、使用者が死亡または重傷 (#1) を負う可能性のあること”を示します。
 注意	“誤った取り扱いをすると使用者が傷害 (#2) を負う可能性または物的損害 (#3) のみが発生する可能性のあること”を示します。

#1: 重傷とは、失明、けが、やけど、感電などで後遺症の残るもの、および治療に入院や通院を要するものをいいます。









#2: 傷害とは、治療に入院や長期の通院を必要としない、けが、やけど、感電などをいいます。

#3: 物的損害とは、装置・機器などにかかわる拡大損害をいいます。




[図記号の説明]

図 記 号	意 味
	禁止 (してはいけないこと) を示します。 具体的な禁止内容は、図記号の中や近くに絵や文字で指示します。
	強制 (必ずすること) を示します。 具体的な強制内容は、図記号の中や近くに絵や文章で指示します。

2.1 半導体製品全般でのご注意

 注意	
 禁止	<p>デバイスは最大定格（電流、電圧、消費電力、温度など）を超えて使用しないでください。 破壊や劣化の原因となり、破裂・燃焼による傷害を負うことがあります。</p>
 禁止	<p>デバイスの逆差し、差し違い、または電源のプラスとマイナスの逆接続はしないでください。 電流や消費電力が最大定格を超え破壊や劣化の原因となり、破裂・燃焼による傷害を負うことがあります。</p>
 禁止	<p>デバイスに通電中は放熱板に触れないでください。 放熱板が高温になっていますので火傷を負うことがあります。</p>
 禁止	<p>デバイスのリード先端に触れないでください。 先端が尖っているタイプがあり刺し傷を負うことがあります。</p>
 強制	<p>評価・検査・試験時には、電極やプローブなどをデバイス端子に接続後に電源を投入してください。 感電による傷害を負うことがあります。</p>
 強制	<p>測定設備やはんだごてなどは漏電がないことを確認のうえアースをしてください。 漏電した場合、デバイスの破壊や感電の恐れがあります。</p>
 強制	<p>ニッパなどによるリードカッティング時は、保護メガネを使用してください。 カッティングくずの飛散により目に傷害を負う恐れがあります。</p>

2.2 バイポーラ IC (車載用)

 注意	
 強制	<p>モータコイルなどの誘導負荷がある場合は、負極性の電流が入らないように逆吸収用ダイオードを接続してください。</p> <p>ON/OFF 時の負荷電流により、デバイスが誤動作あるいは破壊し、傷害を負うことがあります。</p>
 強制	<p>保護機能が内蔵されているデバイスに供給する電源は、安定したものを使用してください。</p> <p>電源が不安定な場合、誤動作を生じ保護機能が正常に働かないことがあります。また、保護機能が正常に働かないと、デバイスが破壊する恐れがあり、傷害を負うことがあります。</p>

3. 一般的な安全上のご注意および使用上のお願い事項

本項には、デバイスを正しく理解頂き、安全・品質・信頼性を確保するための事項を記載しています。

3.1 受け入れから出荷

3.1.1 ESD (静電気放電)

デバイス単体でのハンドリング時は、静電気が発生しにくい環境で、作業者は帯電防止衣服を着用する必要があります。また、デバイスが直接接触する容器などは、帯電防止材料を使用の上、0.5~1.0 MΩの保護抵抗を介してアースしてください。

特に“静電気注意”が明記されているデバイスの場合は下記に従ってください。



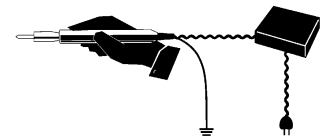
3.1.1.1 作業環境の管理

- (1) 湿度が下がると、摩擦などにより静電気が帯電しやすくなります。湿度は防湿包装製品の開封後の吸湿も考慮し、40~60%を推奨します。
- (2) 作業領域内に設置された装置・治具などは、アースをしてください。
- (3) 作業領域内の床は、導電性マットを敷くなどして、床表面を静電防止（表面抵抗率 $10^4 \sim 10^8 \Omega/\text{sq}$ 、表面・アース間抵抗 $7.5 \times 10^5 \sim 10^8 \Omega$ ）しアースをしてください。
- (4) 作業台の表面は導電性マット（表面抵抗率 $10^4 \sim 10^8 \Omega/\text{sq}$ 、表面・アース間抵抗 $7.5 \times 10^5 \sim 10^8 \Omega$ ）などで静電気拡散性（抵抗成分をもつもの）とし、アースをしてください。作業台表面は金属にしないでください。帯電したデバイスが直接接触した場合に、低抵抗で急激に放電を生じる原因となります。
- (5) 自動化装置を使用の場合は、以下の諸点を守ってください。
 - (a) デバイスのパッケージ表面をバキュームでピックアップする場合は、ピックアップの先端に導電ゴムなどを使用して帯電防止をしてください。
 - (b) デバイスのパッケージ表面への摩擦はできるだけ小さくしてください。機構上で避けられない場合は、摩擦面を小さくするか、摩擦係数、電気抵抗の小さな素材、およびイオナイザーの使用を検討してください。
 - (c) デバイスのリードまたは端子との接触部には、静電気消散性材料を使用してください。
 - (d) デバイスに帯電体（作業服、人体など）が接触しないようにしてください。
 - (e) テープキャリアは、テープの接触する部分に低抵抗素材を用いているものを使用してください。
 - (f) 工程内で使用する治具・工具は、デバイスに接触しないようにしてください。
 - (g) パッケージ帯電を伴う工程では、イオナイザーを用いイオン中和を行ってください。
- (6) 作業領域内の CRT の表面は、VDT フィルタなどで帯電防止し、作業中の ON/OFF はできるだけ避けてください。デバイスなどへの電界誘導の原因となります。
- (7) 作業領域内の帯電電位は定期的に測定し、帯電のないことを確認してください。
- (8) 作業椅子は帯電防止繊維製カバーをし、接地チェーンにより床面にアースしてください。
(座面・接地チェーン間抵抗 $7.5 \times 10^5 \sim 10^{12} \Omega$)

- (9) 保管棚表面は静電防止マットを設置してください。
(表面抵抗率 $10^4 \sim 10^8 \Omega/\text{sq}$ 、表面・アース間抵抗 $7.5 \times 10^5 \sim 10^8 \Omega$)
- (10) デバイスの搬送および一時保管に用いる入れ物（箱や治具、袋など）は、静電気消散性材料または静電防止材料を使用したものを用いてください。
- (11) 台車の製品包装材と接触する面は、静電気導電性の材質を用い、接地チェーンにより床面にアースしてください。
- (12) 静電気管理領域は、静電気対策専用の接地線を設けてください。その接地線は送電回路の接地線（第三種以上）、または地中接地線を使用してください。なお、可能な際は装置類のアースとの分離接地を推奨します。

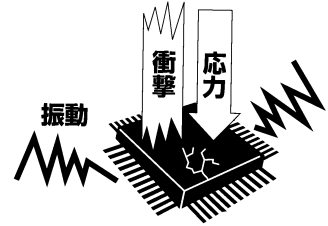
3.1.1.2 作業時の管理

- (1) 作業者は帯電防止服と導電靴（またはヒールストラップ、レッグストラップ）を着用してください。
- (2) 作業者はリストストラップを着け、1 M Ω 程度の抵抗を介してアースしてください
- (3) はんだごてはこて先をアースし、低電圧用（6 V~24 V）のものを使用してください。
- (4) デバイスの端子と接触する可能性のあるピンセットは、静電気防止用のものを使用し、できるだけ金属材料製の使用は避けてください。金属ピンセットは帯電したデバイスが低抵抗で急激に放電する原因となります。バキュームピンセットを用いる場合は、先端に導電性吸着パッドを用い、静電気対策専用の接地線にアースしてください。（抵抗値は $10^4 \sim 10^8 \Omega$ ）
- (5) デバイスおよびその収容容器は、高電界発生部（CRT 上など）の近くに置かないでください。
- (6) デバイスを実装した基板は、帯電防止したボード入れに間隔を開けて置くなどして、直接重ね合わせないようにしてください。摩擦帯電および放電が生じる原因になります。
- (7) 静電気管理領域に持ち込む物品（クリップボードなど）は、極力帯電防止材料を使用したものにしてください。
- (8) 作業者が直接デバイスに触れるときは、極力静電気対策された指サック、グローブなどを着用してください。（抵抗値は $10^8 \Omega$ 以下）
- (9) デバイスの近くに装置類の安全カバーを設ける際は、 $10^9 \Omega$ 以下の抵抗値の材料を使用してください。
- (10) リストストラップを使用できないとき、およびデバイスを摩擦する可能性のあるときは、イオナイザーを使用してください。
- (11) テープキャリア製品に用いている搬送用フィルムは、静電気が帯電しやすい材料を使用しています。取り扱い時にはイオナイザーを使用し、フィルムに帯電しないようにしてください。また、銅箔部に静電気が印加されないように、周辺装置の静電気破壊に対する防止対策を行ってください。



3.1.2 振動・衝撃・応力

デバイスと包装は、丁寧に取り扱いってください。デバイスあるいは包装の落下・衝撃はデバイスを破壊させる原因になります。できるだけ機械的振動や衝撃を与えないようにしてください。デバイスの内部が中空になったキャンタイプや、セラミック封止のデバイスは、内部の結線ワイヤが非固定のため、プラスチック封止のデバイスに比べ振動、衝撃に弱い構造になっています。

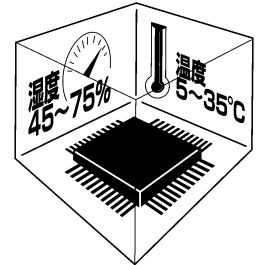


実際のセットにおいて、はんだ付け部分や接続部分などに振動、衝撃または応力が加わった際に断線に至るケースが確認されていますので、振動の多い機器では機構設計に留意が必要です。特に、強い振動または応力が加えられた際に、パッケージまたはチップのクラックが発生したり、ウインドーガラスを用いている CCD などの製品の場合には、表面の傷やガラス接合部の剥離の原因になります。また、パッケージを介して半導体チップに応力が加わった際には、ピエゾ効果によりチップ内部の抵抗変化が起こることがありますので、アナログ回路ではパッケージに対する応力も考慮する必要があります。

3.2 保管

3.2.1 通常包装品

- (1) 水濡れの可能性のある場所や、直射日光のあたる場所では保管しないでください。
- (2) 運搬や保管時は包装箱への注意表示に従ってください。
- (3) 保管場所の温度と湿度は、5~35°C、45~75%を目安としてください。
- (4) 有毒ガス（特に腐食性ガス）の発生する場所や塵埃の多い所では、保管しないでください。
- (5) 温度変化の少ない場所に保管してください。保管時の急激な温度変化は結露が生じ、リードの酸化、腐食などが発生し、はんだ濡れ性が悪くなります。
- (6) デバイスを包装から取り出した後に再び保管する場合は、帯電防止処理された収納容器を使用してください。
- (7) 保管時はデバイスに直接荷重をかけないようにしてください。
- (8) 通常の保管形態で2年程度以上が経過した際には、使用前にはんだ付け性の確認を推奨します。



3.2.2 防湿包装品

防湿包装品は種別で規定された取り扱い方法に、十分配慮して使用いただくことが要求されます。規定された条件が遵守されなかった際には、デバイスの品質および信頼性を損ねる場合があります。ここでは防湿包装品に対する一般的な事項について記載しますが、細部の条件はデバイス間で異なる場合がありますので、取り扱いに際しては個別規格またはデータブックを参照してください。

3.2.2.1 防湿包装に対する一般的な取り扱い上の留意

運搬や保管時は包装箱の注意表示に従ってください。

- (1) 投げたり落としたりしないでください。アルミラミネートの包装材が破れて気密性が損なわれる場合があります。
- (2) 保管環境は 5~30°C、相対湿度 90%以下にしてください。なお、保管期限はシール部への表示の日付けから 12 ヶ月以内です。
- (3) 上記の保管期限が過ぎたとき、および保管期間内であっても包装の開封時に湿度インジケータの 30%表示部がピンク色になっている際は、下表に示す条件で排湿処理を行ってください。なお、開封後に 5~30°C、相対湿度 60%以下で保管した際に、排湿処理なしで使用できる時間を防湿袋に表示しています。この期間過ぎたとき、および期間内であっても高湿度環境で保管した際は、排湿処理を行ってください。



表 3.1

デバイスの包装形態	排湿処理可否および条件
トレイタイプ	「Heatproof」または温度表示がある場合は、125°C で 20 時間（一部の品種で時間指定が異なることがあります）のベーキングを行ってください。
マガジンタイプ	「Heatproof」または温度表示のあるトレイ、またはアルミマガジンに移し変えて 125°C で 20 時間のベーキングを行ってください。
テーピングタイプ	ベーキング処理ができませんので、開封後は規定の時間内に使用してください。

- (4) 排湿処理の実施に際しては、静電気によるデバイスの破壊防止を行ってください。

(5) 湿度インジケータに関して (ご参考)

インジケータは標準温度 25°C における周囲湿度値の大略値を検知します。6 点表示と 3 点表示のものがありますが、順次 3 点表示に統一される計画です。

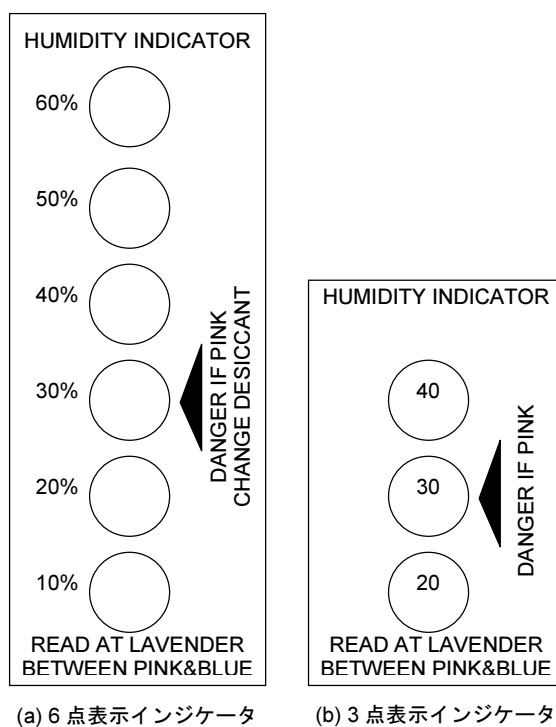


図 3.1 湿度インジケータのイメージ

3.3 設計

電子機器およびシステムの要求信頼度を達成する上で、半導体デバイスは最大定格およびその推奨動作条件に従って使用頂くだけでなく、周囲温度、過渡的ノイズ・サージなどの使用環境条件と実装条件についても、デバイスの信頼性への影響を十分配慮することが必要です。ここでは設計の一般的事項について説明します。設計に当たっては各製品ごとの個別規格を参照してください。

3.3.1 最大定格

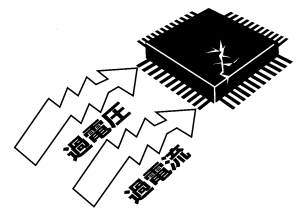
⚠ 注意

デバイスは最大定格（電流、電圧、消費電力、温度）を超えて使用しないでください。破壊や劣化の原因となり、破裂・燃焼による傷害を負うことがあります。

最大定格とは、瞬時たりとも超えてはならない規格であり、複数の定格のいずれに対しても超えることができません。最大定格は製品により異なりますが、各端子の電圧・電流、許容損失または接合部温度、保存温度などがあります。

各端子の電圧・電流値が最大定格を超えた場合は、過電圧・過電流によりデバイス内部の劣化が起こります。

著しい場合には、内部の発熱による配線の溶断や半導体チップの破壊に至ることもあります。保存温度および動作温度などが定格を超えた場合は、デバイスを構成する各種材料の熱膨張係数の差などにより、気密性の低下やボンディング部分のオープンなどを引き起こすことがあります。



3.3.2 保証動作範囲

推奨動作条件は、個別の技術資料・データブックに記載されている動作を保証するために推奨する条件です。さらに、デバイスを高い信頼度で使用していただくために、最大定格の電圧、電流、電力および温度に対してデレーティングしてください。

3.3.3 ディレーティング

デバイスを高い信頼度で使用していただくため、最大定格の電圧、電流、電力および温度に対してディレーティングをして使用してください。

ディレーティングは、アプリケーションにより異なりますので、製品の個別技術資料を参照してください。

3.3.4 未使用端子

デバイスによっては未使用の端子をオープン状態で使用すると、入力不安定になり、消費電流の急激な増加などの異常動作となる場合があります。また、未使用の出力端子に電源、GND および他の出力端子がショートすると、IC の異常動作または破壊などを生じる場合があります。

使用していない入力および出力端子の処置は、製品および各端子により異なるため、個別技術資料・データブックの説明に従ってください。

一例として、CMOS ロジック IC の入力は非常にインピーダンスが高いため、オープン状態での使用はノイズを拾いやすく、不安定な状態となります。この場合、入力が中間レベルであったりすると P チャネル、N チャネル双方のトランジスタが導通状態となり、不要な電源電流が流れることとなります。同一パッケージ内で使用していない入力ゲートは、電源電圧 (Vcc) 端子やアース (GND) 端子に接続しておくことが必要です。放熱フィンの端子処置につきましては、個別技術資料・データブックの説明に従ってください。

3.3.5 ラッチアップ

CMOS 構造のデバイスは、ラッチアップと呼ばれる特有の状態になることがあります。これは CMOS IC 自身が内蔵する寄生の PNP 接合 (サイリスタ構造) が導通し、Vcc—GND 間に数百 mA 以上の大電流が流れ、破壊に至る現象です。

ラッチアップは、入力・出力端子への電圧印加が定格を超えて内部素子に大きな電流が流れた場合、あるいは Vcc 端子の電圧が定格を超えて内部素子が降伏状態になったときに起こります。この場合、定格外の電圧印加が瞬間的なものであっても、いったんラッチアップ状態になると、Vcc—GND 間の大電流が保持され、発熱、発煙の恐れもあるため、次の点に留意してください。

(1) 入出力端子の電圧レベルを Vcc より上げない、または Vss より下げないでください。

電源投入時のタイミングも考慮してください。

(2) 異常ノイズがデバイスに加わらないようにしてください。

(3) 未使用の入力端子の電位を Vcc または Vss に固定してください。

(4) 出力短絡をしないでください。

3.3.6 入力・出力の保護

出力同士を接続したワイヤード論理構成は、出力がショート状態となるため使用できません。もちろん出力を Vcc や GND にショートしないようにしてください。また、3—ステート出力の製品において出力ショート電流を長時間流し続けると、IC の劣化に結びつく場合がありますので、出力がともにイネーブルとならないように設計してください。

3.3.7 負荷容量

デバイスによっては、大きな負荷容量を接続すると遅延時間が大きくなり、大きな充放電電流が流れてノイズの原因になります。また、長時間出力が短絡となるため配線の溶断にもつながります。各製品で推奨する負荷容量を使用してください。

3.3.8 熱設計

半導体デバイスの故障率は、使用温度により大きく加速されます。また、デバイスの内部に加わる温度ストレスは図 3.2に示すように、デバイスの周囲温度とデバイスの消費電力による温度上昇の和となります。熱設計に際しては個別技術資料・データブックの熱設計上の留意を参照してください。

高信頼性確保のために、熱設計に際し次の点に配慮してください。

- (1) デバイスの周囲温度 (T_a) は、周囲からの発熱の影響を避け、できるだけ低く保つことを検討してください。
- (2) デバイスの動的消費電力が比較的大きくなる場合は、強制空冷、基板の材料および放熱フィンの使用なども検討してください。パッケージの熱抵抗を下げることができます。
- (3) デバイス自身についても、消費電力による熱的ストレスを抑えるため、ディレーティングして使用してください。

$$\theta_{ja} = \theta_{jc} + \theta_{ca}$$

$$\theta_{ja} = (T_j - T_a)/P$$

$$\theta_{jc} = (T_j - T_c)/P$$

$$\theta_{ca} = (T_c - T_a)/P$$

θ_{ja} : ジャンクションから周囲への熱抵抗 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

θ_{jc} : ジャンクションからパッケージ表面への熱抵抗、あるいは内部熱抵抗 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

θ_{ca} : パッケージ表面から周囲への熱抵抗、あるいは外部熱抵抗 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

T_j : ジャンクション温度あるいはチップ温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_c : パッケージ表面温度あるいはケース温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_a : 周囲温度 ($^{\circ}\text{C}$)

P : 消費電力 (W)

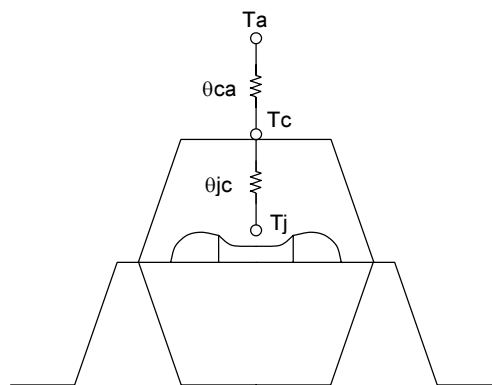


図 3.2 パッケージの熱特性

3.3.9 インタフェース

異なる入出力のデバイスを接続する場合は、入力 V_{IL}/V_{IH} と出力 V_{OL}/V_{OH} のそれぞれのレベルが合わないとは誤動作の原因となります。また、2 電源系システムのような異なる電源電圧のデバイスを接続する場合は、電源の投入や切断の順序を誤るとデバイスを破壊することがあります。各デバイスのインタフェースについては、それぞれの個別技術資料・データブックを参照してください。また、不明な点は当社営業窓口まで問い合わせてください。

3.3.10 デカップリング

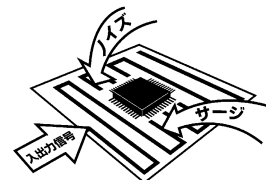
スイッチング時に発生するスパイク電流は、 V_{cc} 、GND の電位を変動させ、出力波形のリングングおよび応答速度遅延の原因になります（通常、電源、GND の配線インピーダンスは 50~100 Ω です）。そのため、高周波に対する電源ラインのインピーダンスを低くしておく必要があります。具体的には V_{cc} 、GND 線は太く短く配線し、 V_{cc} -GND 間に高周波フィルタとしてのデカップリングコンデンサ（0.01~1 μF 程度）を基板の要所要所に挿入することが理想となります。

また、低周波用フィルタとしては、基板単位で 10~100 μF 程度のコンデンサを入れることが適当です。ただし、このコンデンサの容量が大き過ぎる場合（例えば 1000 μF ）は、逆にラッチアップなどを引き起こす原因ともなりますので、適当な容量とすることが必要です。

一方、高速ロジック IC などにおけるノイズの原因は、反射とクロストークおよび電源の共通インピーダンスによる影響が考えられます。反射は信号の遅延、リングング、オーバーシュートおよびアンダーシュートを増加させて雑音余裕度を少なくします。このような反射に対する配線上の対策としては、実装密度を高くし、配線の長さを短くして、配線のインダクタンス (L) やキャパシタンス (C) を減らすことが効果的ですが、配線間のクロストーク問題への考慮も必要となります。実際のパターン設計に際してはこれらの考慮が必要です。

3.3.11 外部ノイズ

プリント基板の入出力信号や信号線が長いときなどは、外部からの誘導によるノイズやサージが印加された場合に、デバイスによっては誤動作を起こす可能性があります。ノイズに関しては信号線の引き回しをしないようにし、さらにインピーダンスを低くしたり、ノイズ除去回路を挿入するなどの、サージに関する保護対策が必要です。



必要な保護については、各製品のデータブックを参照してください。

3.3.12 電磁妨害

OA 機器などから放射される電磁妨害波が原因で、ラジオやテレビへのトラブル事例が増加しています。電波を有効利用し、無線通信の品質を確保するために、各国で対象機器ごとの限度値を定め、電磁妨害波の規制を行っています。

電磁妨害波の種類には、電源線や電話線を伝わる伝導ノイズ、機器から電磁波として直接放射される輻射ノイズがあり、これらの測定および対策方法は異なります。

電磁妨害波対策の難しさは、機器の各部分から発生する電磁波強度を設計段階で計算する手段がないために、試作機の完成後に専用の設備で測定して、初めて電磁妨害波の強度が判明する点にあります。しかし、システムの設計時にいくつかの電磁妨害波防止の手段を講じておけば、完成後の対策をスムーズに行うことが可能です。例えば、幾通りかのシールドの取り付けを可能にしておき、測定結果に基づき最適なシールドを選択するような手段なども効果的です。

3.3.13 周辺回路

半導体デバイスは多くの場合に周辺回路および部品を伴います。入出力信号の電圧・電流などは下記事項に留意しデバイスの仕様に合った設計をしてください。

- (1) 入力端子に対しては、入力電圧・電流が適正でないと誤動作の原因になります。また、仕様によってはプルアップ・ダウン抵抗が内蔵されている場合がありますので、必要電圧および電流を考慮の上設計してください。
- (2) 出力端子に対しては、外部回路のドライブ能力が決められています。それを超えるドライブ能力が必要な場合には補償回路などを挿入するか、外部回路に使用する部品選定をする段階であらかじめ考慮してください。

3.3.14 安全規格

各国で遵守されるべき安全規格が設けられています。これらにはデバイスに対する認証制度、および絶縁設計基準などの要求が含まれる場合があります。国別の安全規格に十分留意し、適合したデバイスの選択と設計をしてください。

3.3.15 その他

- (1) システムの設計時は、用途に応じたフェールセーフなどの対策をしてください。また、実装システムによるシステムデバックを実施してください。
- (2) プラスチックパッケージのデバイスを、高電界中に置くとチャージアップにより表面リークが発生し、誤動作する場合があります。高電界中で使用する場合は、パッケージ表面を導電性のシールド板で遮蔽するなどの処置を考慮してください。
- (3) メモリやマイクロコンピュータなどでは、電源投入やリセットの解除に留意が必要な場合がありますので、各デバイスの個別技術資料・データブックを参照の上、デバイスに合った設計上の配慮をしてください。
- (4) 実装したデバイスの端子上に、外部から導電性物質（金属ピンなど）が落下し、ショート状態にならないように筐体設計上の配慮をしてください。

3.4 検査、試験、評価

3.4.1 アース

⚠ 注意

測定設備やはんだごてなどは、漏電がないことを確認してアースしてください。漏電した場合、デバイスの電氣的破壊や感電の恐れがあります。

3.4.2 検査の順序

⚠ 注意

- ① デバイスの逆差しおよび差し違いのままでの通電はしないでください。電流や消費電力が最大定格を超え、破壊や劣化の原因になるだけでなく、破裂・燃焼により傷害を負うことがあります。なお、逆差しおよび差し違いのままに通電したデバイスは使用しないでください。
 - ② 電圧が交流で 42.4 V (ピーク値)、直流で 60 V を超えて評価・検査・試験時には、電極やプローブなどを接続後に電源を投入してください。感電により傷害を負うことがあります。
- (1) デバイスへの電圧印加は治具などに挿入した後に行ってください。この際、電源の立ち上げ、立ち下げに規定がある場合はその指示に従ってください。
 - (2) デバイスの検査終了後は、デバイスへの印加電圧を **OFF** した後に治具より取り出してください。電源を **ON** のまま取り出すとデバイスの劣化、破壊を招く場合があります。
 - (3) 測定器からのサージ印加がないようにしてください。
 - (4) テープキャリアパッケージ (TCP) では、LSI チップが露出しています。検査の際にはチップクラック、キズなどが発生しないようにしてください。
電氣的な接触もチップ故障の原因となりますので、同接触がないようにしてください。

3.5 実装

デバイスのパッケージには、リード挿入形と表面実装形があります。基板実装時における信頼性への影響は、フラックスなどによる汚染およびはんだ実装時の熱ストレスなどがあります。特に、表面実装デバイスでは、はんだリフローによるパッケージ全体加熱時の熱ストレスが最も大きな問題となります。また、同一パッケージでもチップサイズやフレームデザインなどにより、実装方法が異なる場合があります。詳細はデバイスごとの個別技術資料・データブックを参照してください。

3.5.1 リード加工

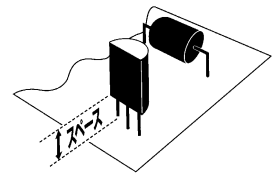
⚠ 注意

- ① ニップパなどによるリードカッティング時は、保護メガネを使用してください。カッティングくずの飛散により目に傷害を負う恐れがあります。
- ② デバイスのリード先端に触れないでください。先端が尖っているタイプがあり刺し傷を負うことがあります

デバイスをプリント基板などに取り付けるに際し、リードを切断したり成形加工をする場合があります。この際にデバイスの内部に異常な力が加わり、機械的に破壊させたり信頼度を低下させたりする原因となることがあります。その原因は主としてデバイス本体とリード間に加わる相対的なストレスによるもので、デバイス内部のリードの損傷、密着性の低下および封止部の破壊などにつながります。リード加工に際しては以下の事項に留意しください。

(面実装タイプのデバイスは対象外です)

- (1) プリント基板のリードの挿入穴間隔は、デバイスのリード間隔と同一寸法基準にて設計を行ってください。
- (2) プリント基板の穴とデバイスリードの間隔が一致しない際は、デバイスの強制挿入を行わないでください。
- (3) デバイスとプリント基板間の最小寸法は、個別技術資料・データブックを参照してください。必要時はリードフォーミングなどで隙間を空けてください。はんだ付け時、プリント基板からデバイスを浮かすための鞍(スペーサ)は使用しないでください。はんだ凝固後も鞍が熱膨張してデバイスに重大なストレスを与えることがあります。
- (4) リードフォーミングを行う場合は、下記に留意してください。
 - (a) リードの折り曲げに際しては、パッケージ寄りの折り曲げ部の一端を固定し、デバイスに機械的な応力が加わらないようにしてください。なお、同一箇所でのリードの曲げ伸ばしは繰り返さないでください。
 - (b) リードフォーミングの実施に際してはリードに損傷を与えないでください。
 - (c) その他、個別技術資料・データブックに規定される注意事項を守ってください。



3.5.2 プリント基板への実装

素子のリード線をプリント板にはんだ付けするとき、リードにストレスを残したままにしておかないような注意が必要です。

それはリードを成形して穴寸法に合わせたり、デバイス本体とプリント板の間にスペースを取るようにし（図 3.6参照）、成形しないで無理に押し込んだり、工具でストレスを残しておく、ストレスのかかっている所が応力腐食やウイスカの発生につながり、断線、短絡の原因となる場合があります。そのため穴寸法はできればリード間隔に合わせることも必要です。

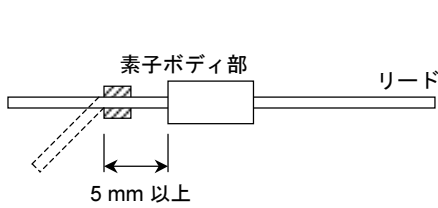


図 3.3 リードの曲げ方

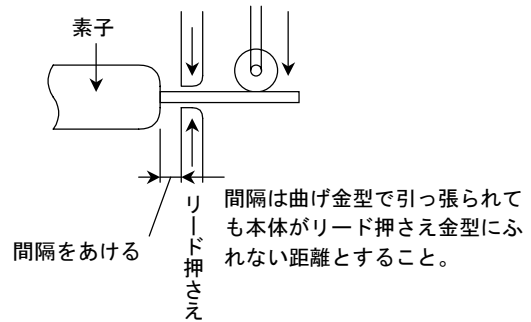


図 3.4 金型使用によるリード線の曲げ方

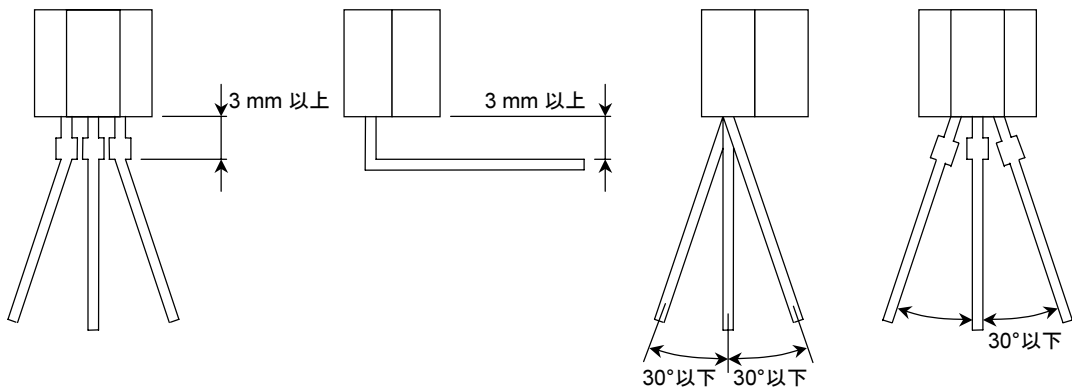


図 3.5 リード線の曲げ方

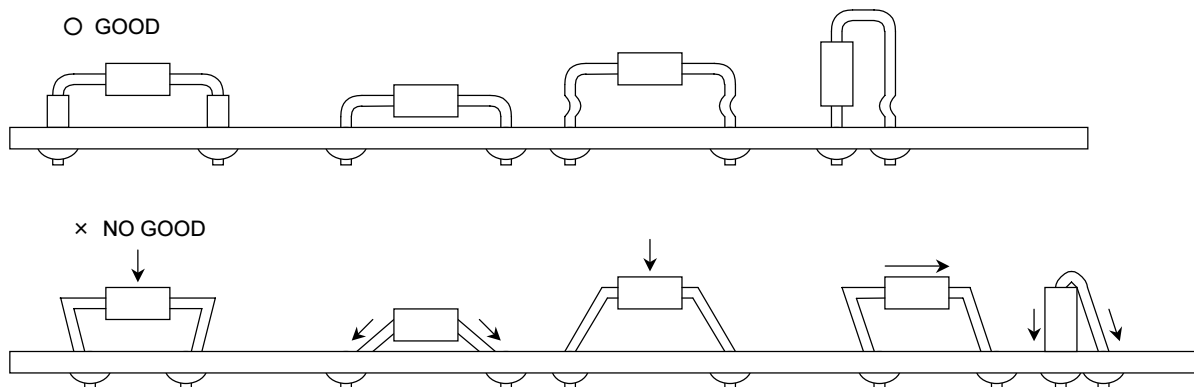


図 3.6 プリント基板実装例

3.5.3 ソケットによる実装

- (1) ソケットによるデバイスの実装は、それぞれのパッケージに合ったソケットを使用してください。
- (2) コンタクト部分の接触圧力が適正なものを使用してください。抜き差しの繰り返しにより接触不良を起こしたり、圧力が高い際には抜き差しする際にデバイスのリードを曲げたり傷つけたりします。
- (3) ソケットをプリント基板にはんだ付けする際は、フラックスがコンタクト部分まで浸入しない構造または完全に洗浄できる構造のものを使用してください。
- (4) プリント基板の防湿などのために塗布するコーティング剤は、ソケットのコンタクト部に付着しないようにしてください。
- (5) ソケットへの抜き差しなどでリードが著しく曲がった場合に、やむを得ず曲げを矯正して使用する場合は一回にとどめ、複数回の矯正使用はしないでください。
- (6) デバイスが実装されたプリント基板に、外部から振動が加わる場合は、デバイスとソケット間で振動しないように、接触圧力の大きいソケットを使用してください。

3.5.4 はんだ付け温度プロファイル

はんだ付けはデバイス個々の技術資料・データブックに記載の方法・条件に従って実施してください。デバイスによりはんだ付けの方法、温度および時間などを制限している場合があります。

3.5.4.1 はんだごての場合

リード部温度を 260°C 10 秒以内、または 350°C 3 秒以内で実施してください。

3.5.4.2 赤外線リフローの場合

- (1) 遠・中赤外線での上下加熱方法を推奨します。(図 3.7参照)

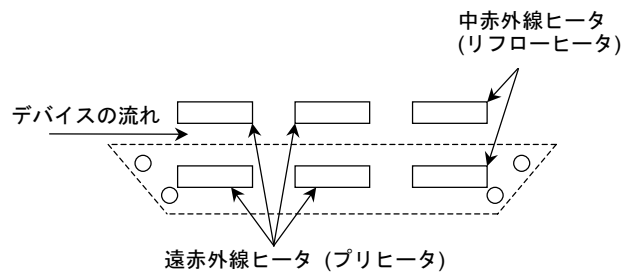


図 3.7 遠・中赤外線での上下加熱方式

- (2) パッケージ表面温度は最大 240°C とし、210°C 以上の時間は 30 秒以内で実施してください。

(3) 推奨温度プロファイルの一例として図 3.8を参照してください。

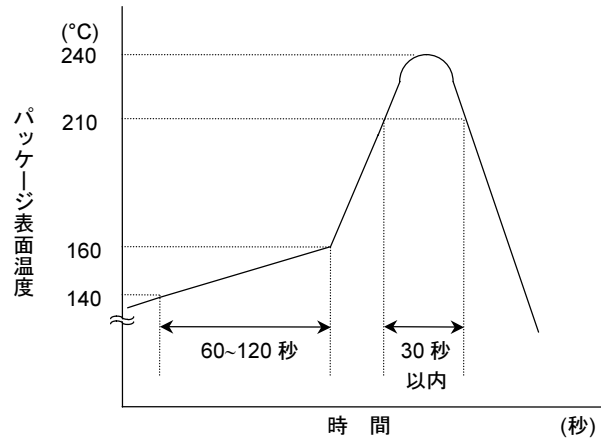


図 3.8 温度プロファイル

3.5.4.3 温風リフローの場合

- (1) パッケージ表面温度は最大 240°C とし、210°C 以上の時間は 30 秒以内で実施してください。
- (2) 推奨温度プロファイルは、上記3.5.4.2 (3) 遠・中赤外線リフローの場合の図 3.8を参照してください。

3.5.4.4 はんだフローの場合

- (1) プリヒートは、150°C で 60~120 秒実施してください。
- (2) リード挿入形パッケージではストッパー部まで、または本体から 1.5 mm 以上離れたところで最大 260°C のはんだフローにおいて 10 秒以内の実施してください。
- (3) 表面実装型パッケージの場合は、熱ストレスを避けるため 250°C 以下で 5 秒以内の実装を推奨します。
- (4) 表面実装型パッケージのはんだフローでの推奨温度プロファイルの一例を図 3.9に示します。

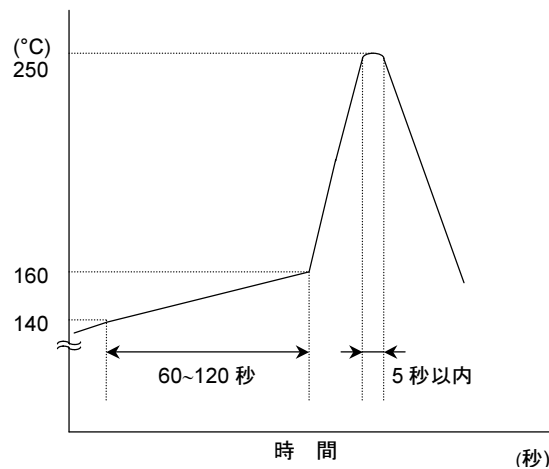


図 3.9 温度プロファイル

3.5.5 フラックス洗浄

- (1) フラックス洗浄は、ナトリウム、塩素などの反応性イオンの残留がないように洗浄してください。有機溶剤によっては、水と反応し塩化水素などの腐食性ガスを発生させ、デバイスの劣化を生じさせる恐れがあります。
 - (2) 水洗浄に際しては、特にナトリウム、塩素などの反応性イオンの残留がないようにしてください。
 - (3) 洗浄中または、洗浄液がデバイスに付着した状態で、ブラシや手で表示マーク面をこすらないでください。表示マークが消える恐れがあります。
 - (4) 浸漬洗浄、シャワー洗浄、およびスチーム洗浄は溶剤の化学的作用により洗浄を行います。溶剤中やスチーム中の浸漬時間は、デバイスへの影響を考慮して、液温 50°C 以下で 1 分以内に処理してください。
 - (5) セラミックを主材料とした気密封止タイプパッケージ (LCC、PGA、CCD など) のデバイスは、超音波洗浄を避けてください。内部の接続ワイヤが超音波に共振して断線する恐れがあります。なお、超音波洗浄が可能なパッケージのデバイスであっても、超音波による洗浄は短時間で行ってください。長時間の洗浄はモールド樹脂とフレーム材との密着性を低下させる恐れがあります。
- 推奨する基本的な条件を下記に示します。

超音波洗浄の推奨条件

周波数 : 27~29 kHz

超音波出力: 300 W 以下 (0.25 W/cm² 以下)

洗浄時間 : 30 秒以下

超音波振動子とプリント基板やデバイスが、直接接触しないように溶剤中に浮遊した状態で行ってください。

3.5.6 無洗浄

アナログ系および高速のデバイスに対しては洗浄することを推奨します。フラックスの等級によっては無洗浄の場合にリード間微小リークや、マイグレーションを起こすことがあります。ただし、ハロゲン含有量が 0.05 W% 以下のフラックスを使用する際は、無洗浄でも問題ないと推定されます。

3.5.7 テープキャリアパッケージ (TCP) の実装

- (1) テープキャリアパッケージの実装は、静電気破壊への対策が必要です。
 - (2) テープからのデバイス切り離し、およびアウトリードボンディング (OLB) 実装を行う際は、作業の安全性に十分に配慮して実施してください。
 - (3) ポリイミド製のベースフィルムは堅く薄いため、身体への受傷および物品への損傷が発生しないようにしてください。
 - (4) 打ち抜きの際は、微細破片の飛散により受傷することがないように飛散防止策をしてください。
 - (5) デバイスを切り離した後のテープ、リールおよびスペーサなどは、産業廃棄物として適切な処理をしてください。
 - (6) TCP デバイスは、LSI チップ裏面が露出しています。従ってチップクラック防止のため LSI 裏面に機械的衝撃が加わらないように実装してください。さらに、電気的な接触についても、LSI 故障の原因となります。LSI チップ裏面に電氣的接触がないように実装してください。
- 特性向上のために LSI チップ裏面を基板に接続する実装の場合は、事前に当社営業窓口にお問い合わせください。

3.5.8 チップの実装

チップで納入されるデバイスは、プラスチックパッケージ製品にくらべ、外的要因により容易に特性劣化および破損が生じます。取り扱いには十分留意してください。

- (1) チップ表面が汚染された雰囲気ないしは物質にさらされないように、整備された環境で実装してください。
- (2) チップの取り扱い時は、静電気にさらさないようにしてください。チップ実装に際しては、特に静電気破壊への対策が必要です。そのため、周辺部品を先に実装し、最後にチップ実装をすることを推奨します。
- (3) チップ実装用の基板 (PCB など) は、基板上に化学薬品 (PCB エッチング時の薬品など) の残留などがないものを使用してください。
- (4) チップの実装は、半導体製品としての適切な電氣的、熱的、機械的な特性を得られるように最適な組み立て方法を用いてください。

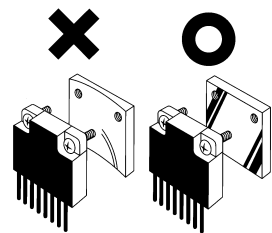
*: チップについての詳細は、個別の仕様書を参照してください。

3.5.9 基板コーティング

高信頼性を必要とする機器、あるいは悪環境下 (湿度、腐食性ガス、塵埃など) で使用される機器にデバイスを使用する場合は、防湿コーティングを行うことがあります。コーティング樹脂の使用に際しては、応力の少ないものを選択してください。

3.5.10 放熱板

- (1) デバイスに放熱板を取り付ける場合は、指定のアクセサリを使用してください。また、取り付ける際に、デバイスに過大な応力を加えないようにしてください。
- (2) デバイスを放熱板に 2 ヶ所以上で取り付ける場合は、ほかの取り付け部を開放したまま 1 ヶ所のみを規定トルク値まで締め付けることはしないで、すべての取り付け部を軽く予備締めした後に規定のトルク値まで締め付けてください。
- (3) 放熱板のネジ穴は規定通りにし、デバイスの取り付け部はバリや凹凸が少ない平坦な面にしてください。
- (4) 放熱板とデバイスとの間にシリコングリースを薄く塗布することで熱伝導がよくなります。この場合、不揮発性のシリコングリースを使用してください。揮発性のシリコングリースは、長期間使用するとひび割れが生じ、放熱効果を悪化させることがあります。
- (5) プラスチックパッケージデバイスの場合、グリースの選定によってはベースオイルがパッケージの内部に浸入してデバイスの寿命を著しく悪化させることがあるので、推奨のシリコングリース (東芝シリコン製 YG6260) を使用してください。その他のものを使用する場合は同等品を選択してください。
- (6) デバイスの動作中は、放熱板が高温になりますので、接触によって火傷をしないようにしてください。



3.5.11 締め付けトルク

- (1) デバイスの個別技術資料・データブックに記載された、規定値以内の締め付けトルクで締め付けてください。
- (2) エアドライバはデバイス本体に接触させないでください。

3.5.12 デバイスの再実装および再使用

次の履歴を経たデバイスは再実装および再使用をしないでください。特性および信頼性面で重大な問題が発生する場合があります。

- (1) はんだ付けから回収されたデバイス。
- (2) 逆差しまたは逆極性で通電されたデバイス。
- (3) リードフォーミングが再実施されたデバイス。

3.6 使用環境

3.6.1 温度

一般に半導体デバイスは、ほかの機構部品などに比べ温度に対して敏感です。各電気的特性は使用温度によって制限されますので、あらかじめ温度特性を把握してディレーティングを考慮した設計を盛り込む必要があります。また、動作保証温度範囲外で使用されますと、電気的特性が保証されないばかりでなくデバイスの劣化を早めます。

3.6.2 湿度

- (1) プラスチックパッケージのデバイスは、その気密性が完全ではありません。従って、高湿度環境での長期使用は、内部への水分侵入により半導体チップの劣化や故障を引き起こす場合があります。また、通常のプリント基板では、高湿度環境で配線間インピーダンスが低下する可能性があります。高い信号源インピーダンスを持つシステムでは、これら基板リークやデバイスのリード間リークが誤動作の原因になります。このような場合には、デバイス表面の防湿処理を検討してください。一方、低湿度では静電気の放電による損傷が問題になりますので、特に防湿処理をしない限り 40~60%の湿度範囲で使用してください。

3.6.3 腐食性ガス

デバイスは腐食性ガスに反応して特性が劣化することがあります。例えばゴム製品の近傍にデバイスを配置する際は、化学反応によって生ずるリードの腐食およびリード間リークに対する配慮が必要です。なぜなら、ゴム製品は高湿度環境で結露するだけでなく、硫黄を含む硫化ガスが発生するためです。

3.6.4 放射線・宇宙線

一般のデバイスは、耐放射線や耐宇宙線の設計がなされていません。従って、放射線の発生する環境では、放射線や宇宙線を防止する遮蔽設計が必要です。

3.6.5 強電界・強磁界

デバイスは、磁界にさらした場合にプラスチック材料や IC チップ内部の分極現象により、インピーダンス変化やリーク電流の増加などの異常現象が起こります。テレビの偏向ヨークの近傍に LSI を実装したことにより、誤動作を起こしたという事例もあります。このような場合には、実装場所の変更や電界・磁界シールドが必要です。特に、交番磁界環境では、起電力が発生するために磁気シールドが必要です。

3.6.6 外乱光 (紫外線、太陽光、蛍光灯、ランプなど)

半導体デバイスに光を与えますと光電効果により起電圧が生じ、誤動作を起こす場合があります。特にパッケージを通してチップが見えるデバイスについては、より高い影響を受けますので、外乱光が入射しない設計にしてください。光半導体や EP-ROM 以外でも影響があります。

3.6.7 塵埃・油

腐食ガスと同様に、デバイスが化学反応する場合がありますので、デバイスの特性に影響を与える塵埃・油などが付着しない環境で使用してください。光デバイスの場合、光学特性にも影響が現れますので設計の際に、特に留意が必要です。

3.6.8 発煙・発火

半導体デバイスやモジュール化したデバイスは、不燃性ではありませんので、故障などの発生時に燃焼する場合があります。また、その際に毒性を持ったガスが発生する恐れがあります。従って、燃焼・発熱体および発火物・引火物の近くでは、使用しないでください。

3.7 廃棄

デバイスおよび包装材の廃棄については、排出事業者自らが適正に処理することを定めた法律や条例がありますので、それら法律を遵守してください。

4. 製品群別特有のご注意および使用上のお願い事項

本項には製品群別固有の留意が必要な事項を記載しています。本項への記載事項は 3.項より優先します。

4.1 バイポーラ IC

4.1.1 車載用 IC

4.1.1.1 設計

⚠ 注意

- ① モータコイルなどの誘導負荷がある場合は、ON 時の突入電流や OFF 時の逆起電力による負極性の電流から、デバイスの誤動作あるいは破壊を防止するための保護回路を接続することが必要です。逆吸入用ダイオードの接続に関しては、デバイスの個別技術資料または車載用 IC データブックを参照してください。デバイスの破壊などにより傷害を負うことがあります。
- ② 保護機能が内蔵されているデバイスは、電源が不安定な場合、誤動作を生じて保護機能が正常に働かないことがあります。デバイスに供給する電源は安定したものを使用してください。
保護機能が正常に働かないと、デバイスが破壊するおそれがあり、破壊などにより傷害を負うことがあります。

(1) 放熱設計

システム電源・ドライバ IC は自己発熱しますので、使用の際には個別技術資料（車載用・汎用バイポーラ IC データブック）を参照の上、IC の熱遮断保護回路が動作する規定接合部温度 (T_j) 以下になるように放熱設計をしてください。

(2) 電源のヒューズ

間違った配線をしたときや電源にパルス性ノイズ入力したときに、IC 破壊を防止するための各種保護回路を内蔵しています。万が一破壊した場合に、大電流が流れ続けないように適切な電源ヒューズを使用してください。なお、IC に内蔵される保護回路の種類は個別技術資料を参照してください。

(3) 電源

デバイスへの急激な電源の立ち上げ、立ち下げはしないでください。

4.1.1.2 実装

(1) 放熱板

外囲器（例：HSIP7-P-2.54）によってはネジ止めをすることによりデバイスの劣化が生じることがありますので事前に当社営業窓口にお問い合わせください。

4.1.2 電話機・通信用 IC

4.1.2.1 設計

パワーアンプおよびシステム電源用に設計されたデバイスは、各出力端子の実効電流能力が 100 mA 以上となるため、外付け部品に不具合（特に帰還抵抗および負帰還コンデンサのリークなど）があった際には、出力直流電圧が増大する場合があります。この結果、デバイスが発熱・発火に至る可能性がありますのでシステム設計および部品の選定に際しては十分考慮してください。なお、詳細についてはデバイスの個別技術資料またはデータブックを参照してください。

4.1.2.2 実装

移動体通信は、軽量・小型化に伴い実装基板の強度不足による歪み、または変形の可能性があります、製品実装時に接続不良となる場合があります。デバイスの端子が確実に接続するよう基板設計・実装には十分配慮してください。

4.1.3 AV 用 IC

テレビ・オーディオ用製品などに代表される民生用機器に使用されるオーディオ用低周波増幅器（パワーIC）、システム電源用およびドライバ IC に使用する場合には以下の点に留意してください。

4.1.3.1 設計

(1) 回路設計

入力および負帰還用コンデンサなどのリーク電流が大きい場合には、パワーIC の出力 DC 電圧が大きくなります。この出力電圧を入力耐電圧が低いスピーカに接続した際には、スピーカが発煙もしくは発火に至る可能性があります。特に出力 DC 電圧を直接スピーカに入力する BTL (Bridge Tied Load) 接続方式のパワーIC を用いる際は、コンデンサおよびスピーカの選定に十分考慮してください。

(2) 放熱設計

パワーIC、システム電源 IC およびドライバ IC は自己発熱します。使用する場合には、IC に内蔵されている熱遮断保護回路の動作する接合部温度 (T_j) が 150°C 以下になるように放熱設計をしてください。詳細については、個別技術資料、ゼネラルオーディオ用 LSI およびカーオーディオ用 LSI データブックを参照してください。また、パワーIC 周辺に使用される部品の動作温度範囲および特性に関しても考慮してください。

(3) 電源のヒューズ

間違った配線をしたときや電源にパルス性ノイズが入力したときに、IC の破壊を防止するための各種保護回路を内蔵しています。万が一破壊した場合に、大電流が流れ続けないように適切な電源ヒューズを使用してください。

4.1.4 モータ用 IC

(1) 設計

- ① モータを駆動する場合は、ON 時の起動電流や OFF 時の逆起電力により、IC の誤動作あるいは破壊を生ずる場合がありますので、電流制限抵抗や逆起電力吸収用ダイオードを接続してください。これらの接続に関しては、IC の個別技術資料またはモータ用 IC データブックを参照してください。
- ② 過電流保護
過電流保護回路は、いかなる場合でも IC を保護するものではありません。定格を超えて使用した際には、保護回路が動作する前に IC が破壊する場合がありますので留意が必要です。
- ③ IC には安定化された電源を使用してください。電源が不安定な際には IC の内部回路が正常に動作せず、IC が破壊する場合がありますので留意が必要です。

(2) 放熱設計

- ① ドライバ IC の使用に際しては、いかなる場合でも接合温度 (T_j) が 150°C 以下になるように放熱設計を行ってください。IC は自己発熱が大きいため、放熱設計が不十分な際には破壊する場合がありますので留意が必要です。
- ② 熱遮断保護回路は、いかなる場合でも IC を保護するものではありません。定格を超えて使用した際には、保護回路が動作する前に IC が破壊する場合がありますので留意が必要です。
- ③ ドライバ IC に放熱板を取りつける際は、過度な機械的ストレスが IC に加わらないようにしてください。また、IC によってはシリコンラバーの使用を禁止しているものもありますので留意が必要です。
- ④ ドライバ IC の放熱設計や放熱板の取り付けに際しては、個別技術資料またはモータ用 IC データブックを参照してください。

(3) 電源のヒューズ

IC が破壊した際に大電流が流れ続けないように、適切な容量の電源ヒューズを使用してください。IC は定格を超えた使い方や、配線や負荷から誘起される異常パルスノイズが原因で破壊する可能性があります。IC の破壊における大電流の流出入を想定し、影響を最小限にするためのヒューズ容量の選定が必要です。

4.1.5 許容損失での注意 (定常状態)

許容損失は、トランジスタ単体時と基板実装時とは異なります。
次に各外圍器別に代表品種による許容損失の変化について示します。

4.1.5.1 スーパーミニトランジスタ

スーパーミニトランジスタの許容損失は単体時 100~150 mW ですが、セラミック基板に実装した場合、基板サイズにより、図 4.1 に示すように増加します。なお、使用トランジスタは 2SA1162/2SC2712 です。

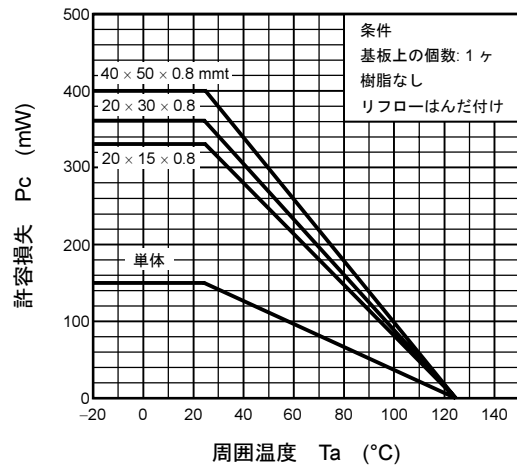


図 4.1 アルミナセラミック基板取り付け時の Pc (max)-Ta 特性 (2SA1162, 2SC2712)

4.1.5.2 パワーミニトランジスタ

パワーミニトランジスタは小形外圍器であるため単体としての許容損失 (Pc max) は 500 mW ですが、基板に実装されるとコレクタフィンから基板への熱放散が大きくなり、実装状態での許容損失は 1.0 W~2.0 W と大きく取れ、TO-92MOD (800~900 mW), TO-126 (1.0~1.2 W) と同等の回路設計が可能となります。

図 4.2 は 2SC2873, 2SA1213 基板実装状態での許容損失例を示しています。

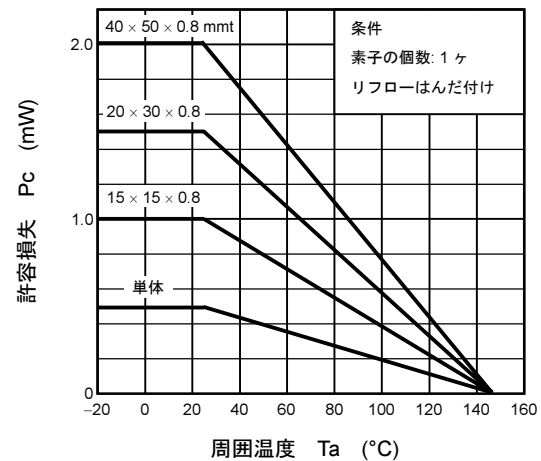


図 4.2 アルミナセラミック基板取り付け時の Pc (max)-Ta 特性 (2SC2873, 2SA1213)

4.1.5.3 パワーモールドトランジスタ

許容損失はストレートタイプの場合は、 $P_c = 1 \text{ W}$ ですが (LB) タイプはコレクタフィン部に基板装着によって許容損失が増加します。アルミナセラミック基板にパワーモールドトランジスタをはんだにより装着した場合 $P_c(1) (1,000 \text{ mm}^2) = 2 \text{ W}$, $P_c(2) (2,500 \text{ mm}^2) = 3 \text{ W}$ と増加します。図 4.3 に許容損失 Pc と周囲温度 Ta との関係を示します。(使用トランジスタは 2SC3074, 2SC1244)

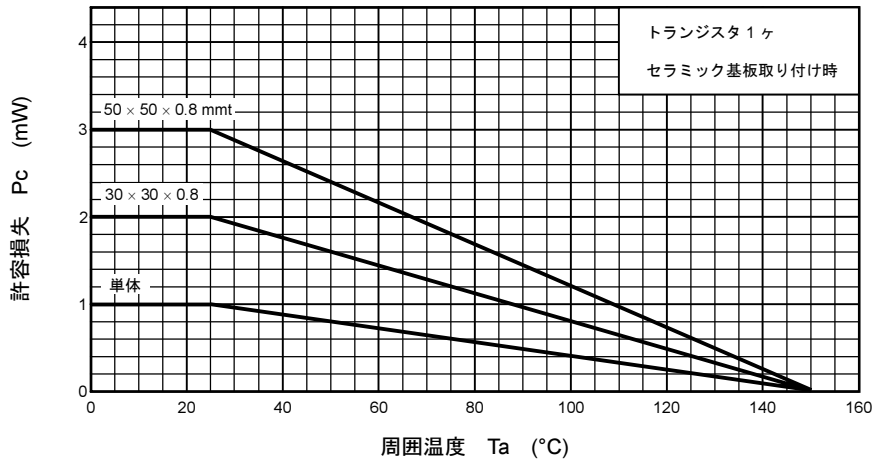
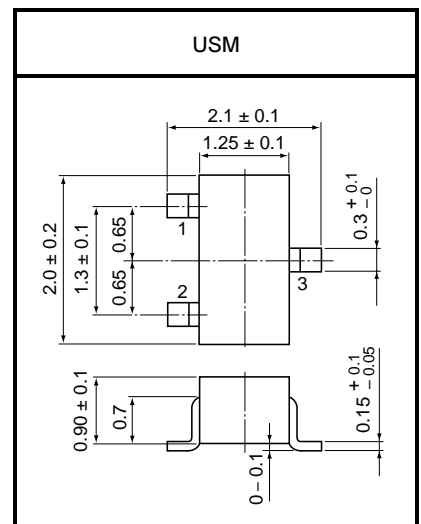
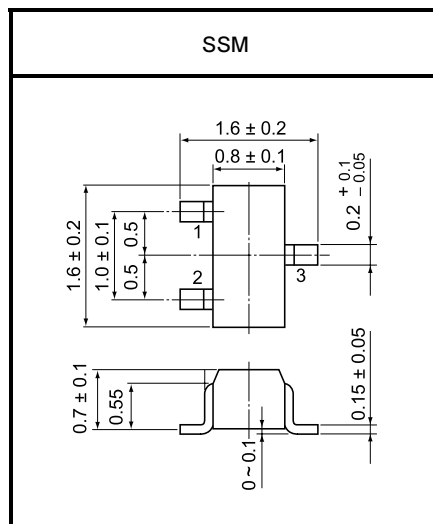
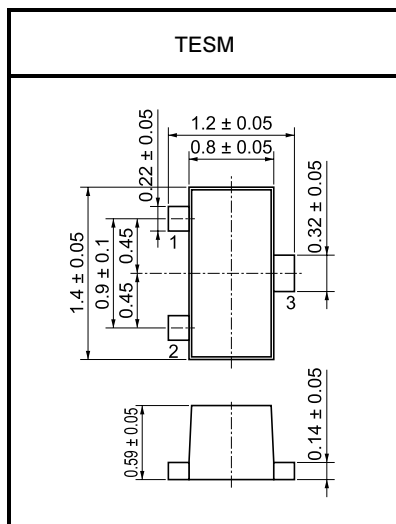
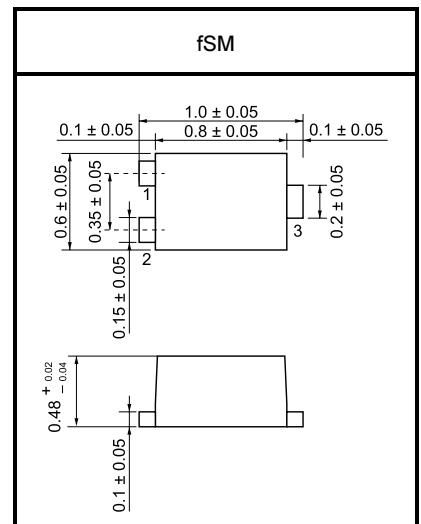
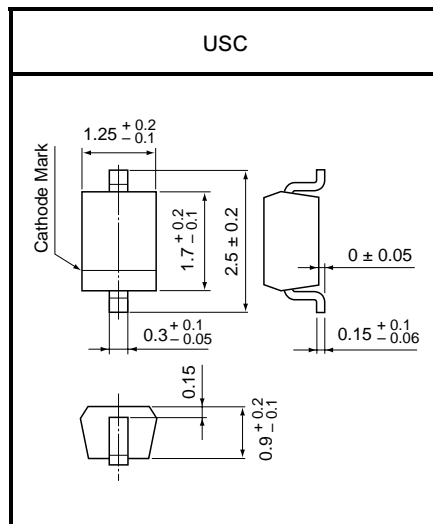
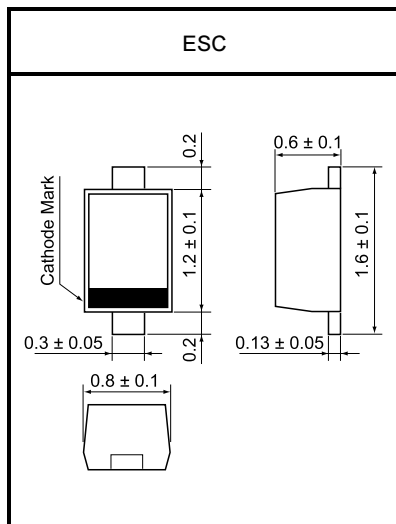
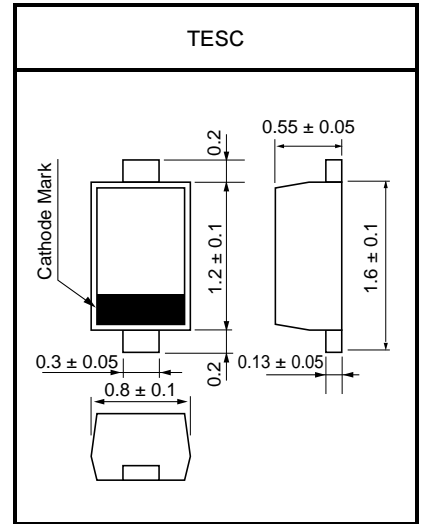
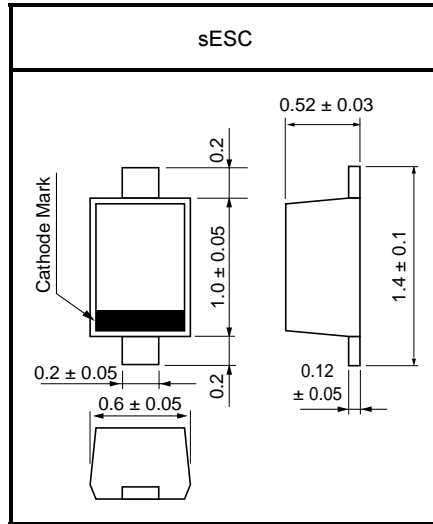
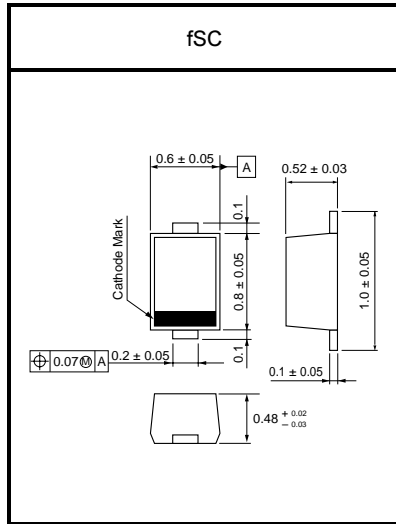


図 4.3 アルミナ, セラミック基板取り付け時の許容損失 P_c と周囲温度 T_a (2SC3074, 2SA1244)

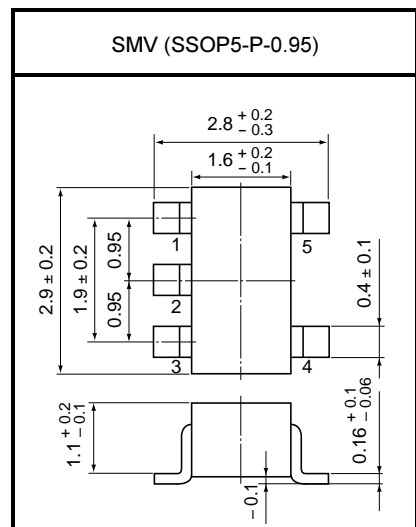
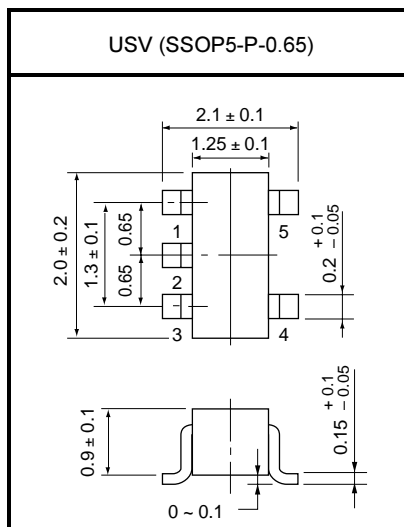
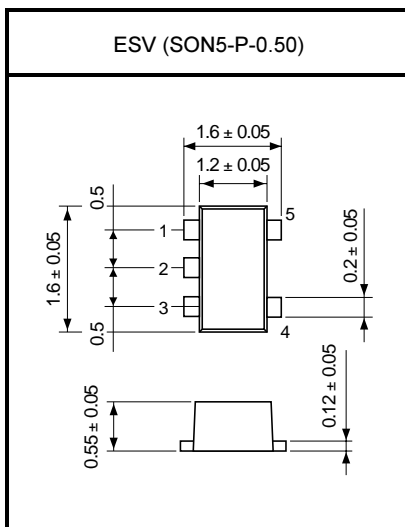
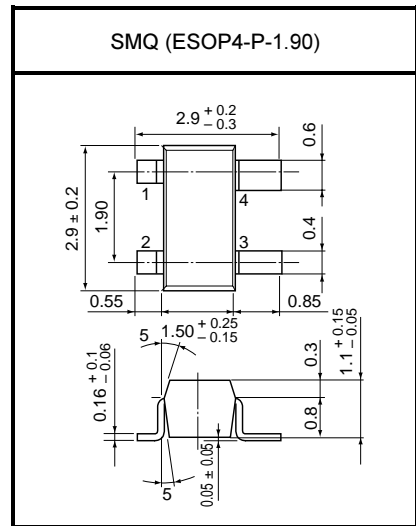
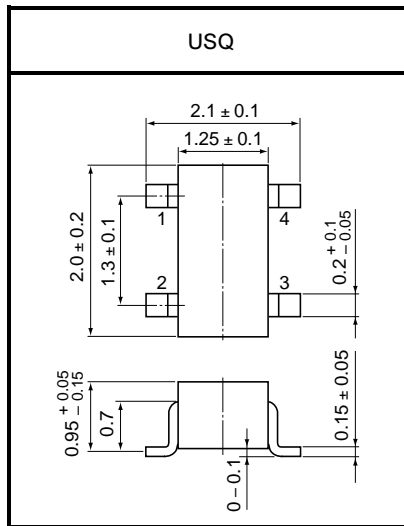
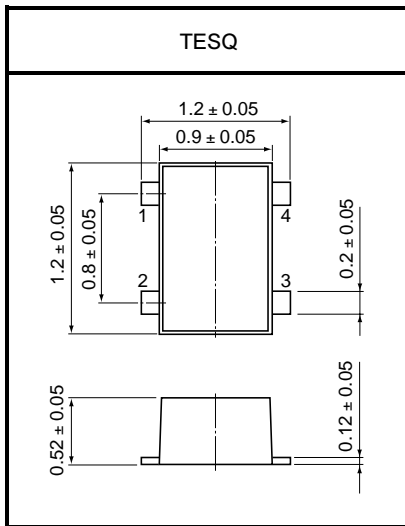
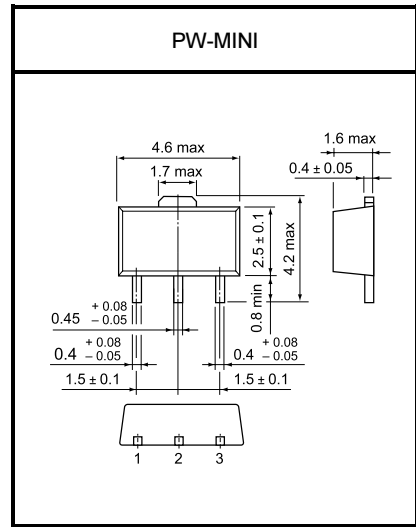
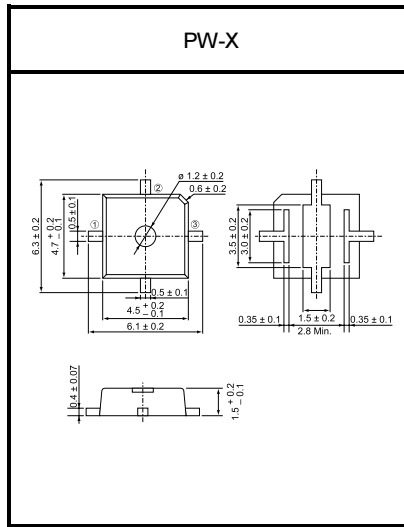
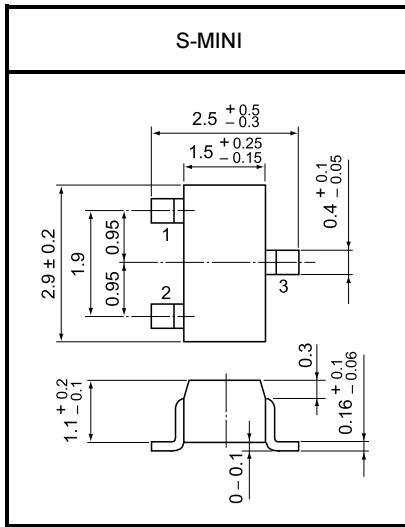
[9] パッケージ外観図

[9] パッケージ外観図

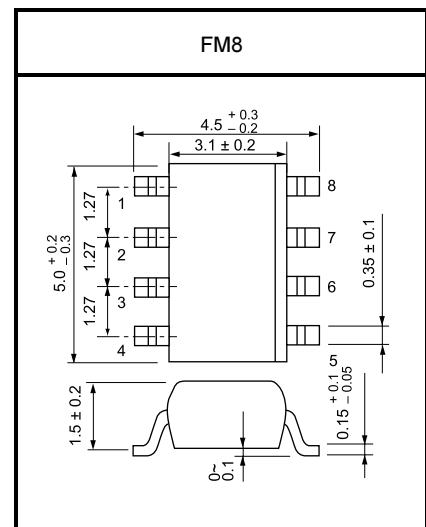
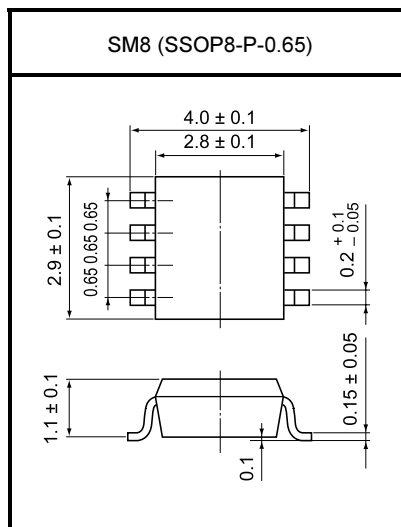
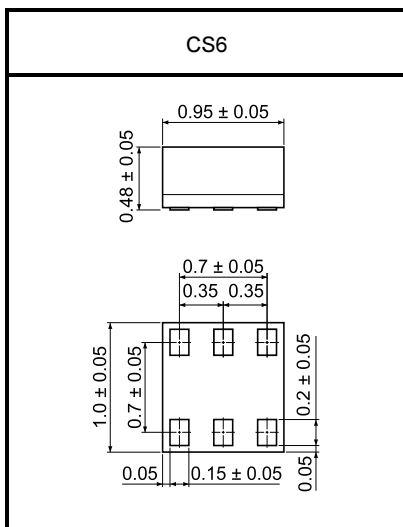
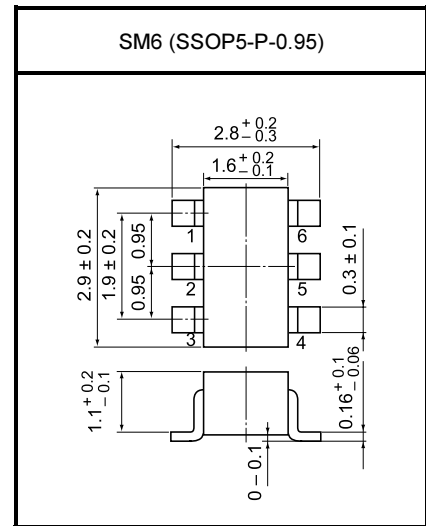
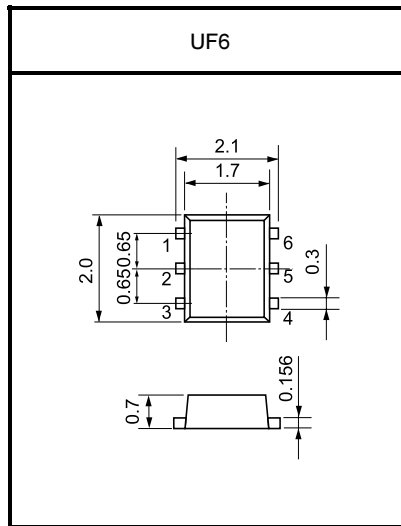
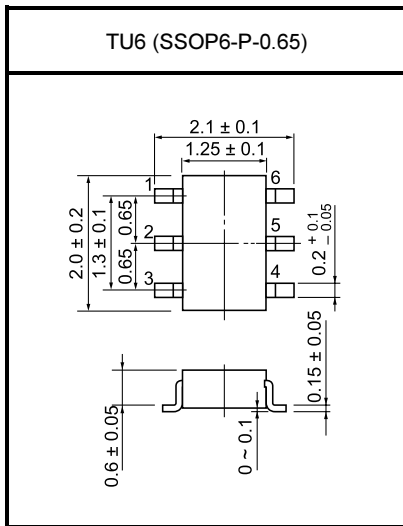
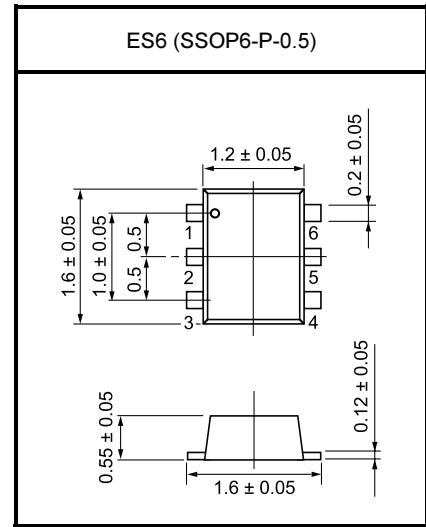
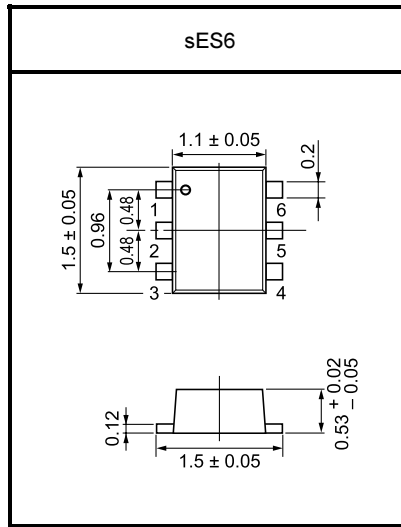
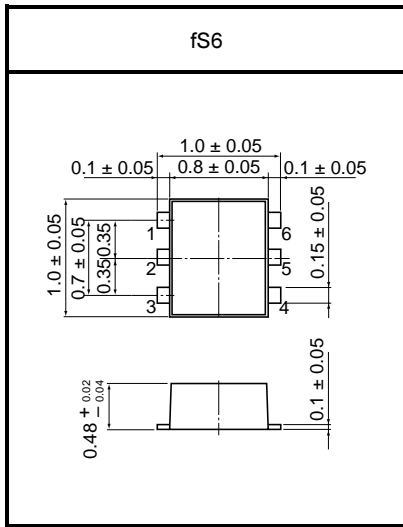
単位: mm



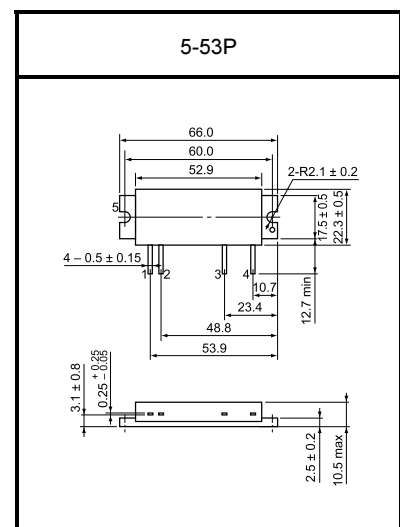
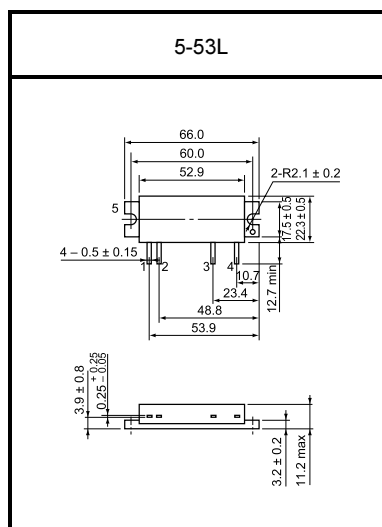
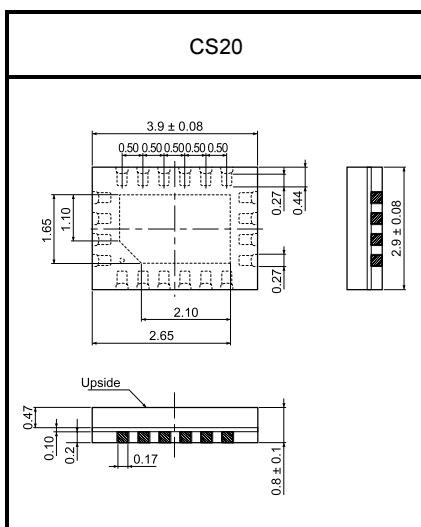
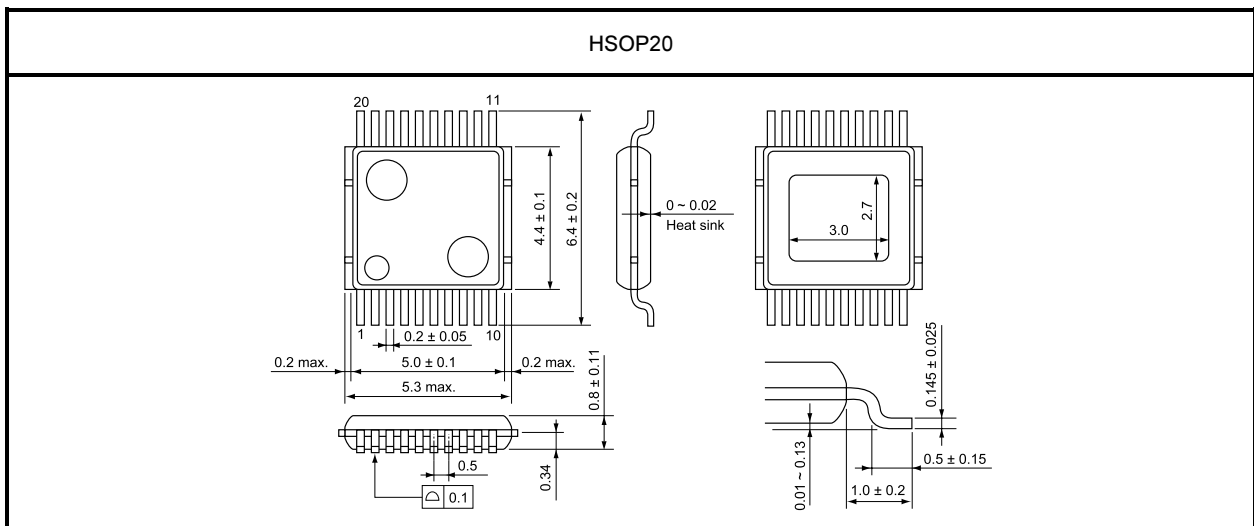
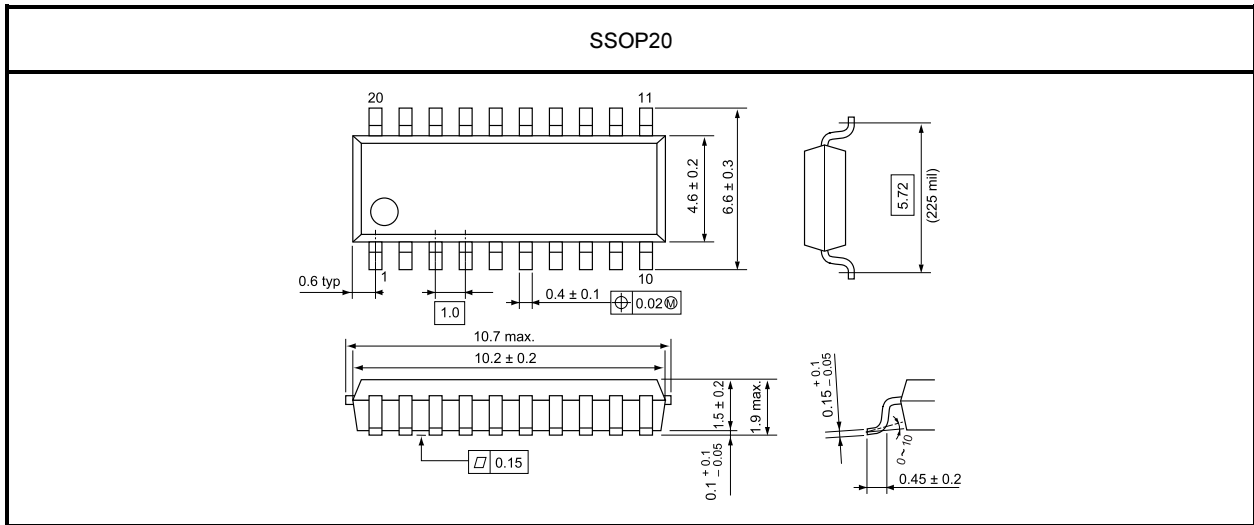
単位: mm



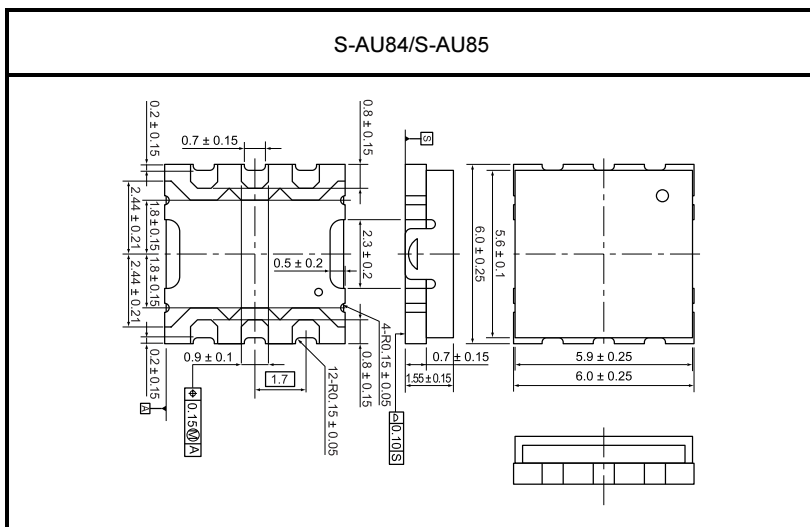
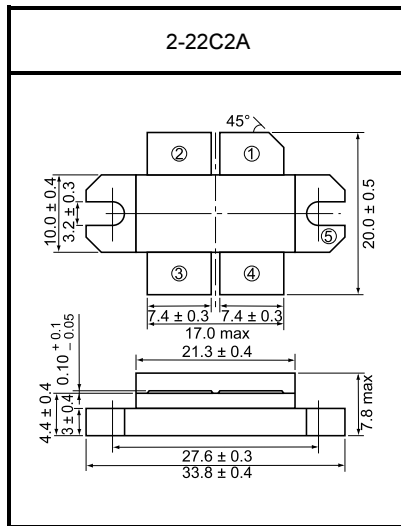
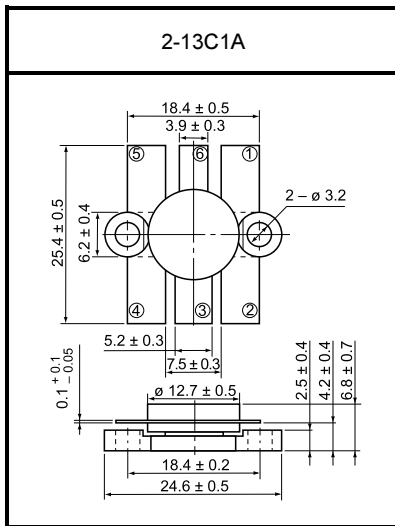
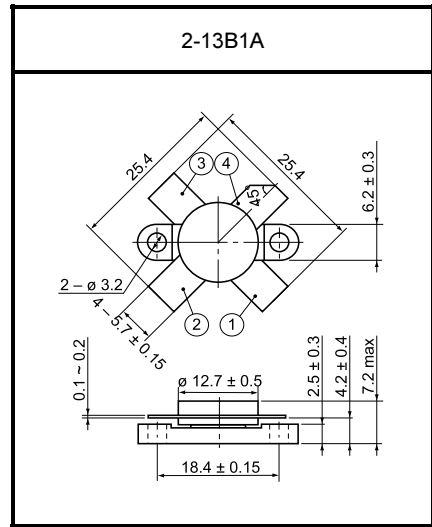
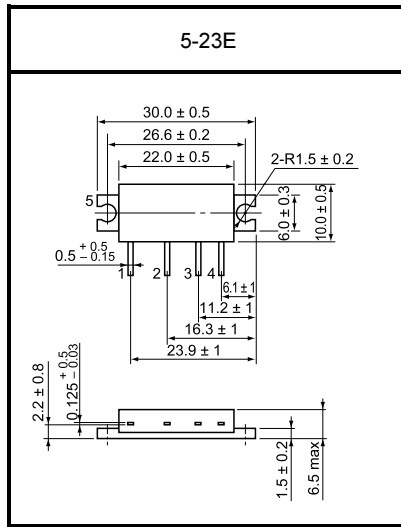
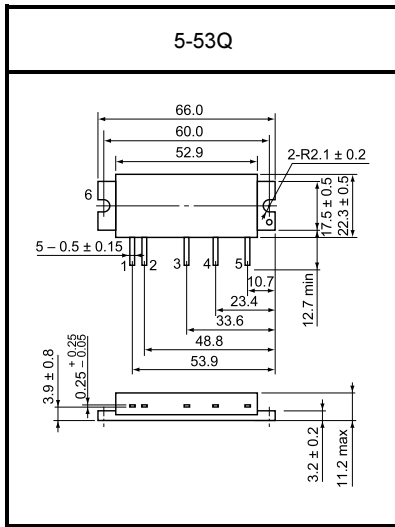
単位: mm



単位: mm



単位: mm



[10] 保守品種一覽表

[10] 保守品種一覧表

次の品種が保守品種となっております。新規採用は代替品種にてご検討くださいますようお願い申し上げます。

保守品種

品 番	代替品種	品 番	代替品種	品 番	代替品種
1S2186	1SS341	2SC5313	—	MT6P03AE	—
1S2236	1SV160	2SC5317	MT3S07T	MT6P03AT	—
1SS238	1SS312, 1SS314	2SK3179	—	MT6P04AE	—
1SS239	1SS154, 1SS271	3SK240	—	MT6P04AT	—
1SS241	1SS314, 1SS381	3SK250	—	S-AU26	—
1SS242	1SS315, 1SS295	3SK274	—	S-AU27AL	S-AU83L
1SV149	—	3SK283	—	S-AU27AM	S-AU83H
1SV153	1SV214	3SK284	—	S-AU27AH	S-AU83H
1SV153A	—	3SK320	—	S-AU35AH	—
1SV161	1SV215	3SK59	3SK126	S-AV6	S-AV35
1SV186	1SV245	HN3C07F	—	S-AV7	S-AV33
1SV204	1SV216	HN3C08F	—	S-AV10L	S-AV33
1SV211	1SV262	HN3C10F	—	S-AV10H	S-AV33
1SV212	1SV229	HN3C13FU	—	S-AV17	S-AV36
1SV217	1SV262	HN3C14FT	—	S-AV22A	—
1SV224	1SV230	HN9C02FT	—	TA4006F	—
JDV2S10T	JDV2S10S	HN9C03FT	—	TA4007F	—
2SC2348	—	HN9C07FT	—	TA4008F	TA4011FU, TA4011AFE
2SC2509	—	HN9C10FT	—	TA4009F	TA4012FU, TA4012AFE
2SC2548	—	HN9C13FT	—	TA4011F	TA4011FU, TA4011AFE
2SC2644	—	HN9C16FT	—	TA4012F	TA4012FU, TA4012AFE
2SC3011	—	HN9C18FT	—	TA4013FU	—
2SC3122	—	HN9C19FT	—	TA4102F	—
2SC3602	—	HN9C21FT	—	TA4103F	—
2SC3662	—	HN9C22FT	—	TA4300F	—
2SC3745	—	MT3S01T	MT3S11T	TA4301F	—
2SC3828	—	MT3S02T	MT3S11T	TG2000F	—
2SC4200	—	MT3S31T	—	TG2003V	—
2SC4201	—	MT3S46T	—	TG2202F	—
2SC4249	—	MT3S46FS	—	TG2205F	TG2216TU
2SC4255	2SC4252	MT4S34U	—	TG2206F	TG2216TU
2SC4392	2SC5107	MT6L69FS	—		
2SC5312	—	MT6L70FS	—		

[11] 廃止品種一覽表

[11] 廃止品種一覧表

次の品種が廃止品種となっております。新規採用は代替品種にてご検討くださいますようお願い申し上げます。

廃止品種

品 番	代替品種	品 番	代替品種	品 番	代替品種
1S2094	—	2SC389A	2SC1923	2SC2783	—
1S2187	1SS315	2SC390	2SC2347	2SC2805	2SC3121
1SS42	—	2SC391	2SC2347	2SC2876	2SC5087
1SS148	—	2SC391A	2SC2347	2SC3006	—
1SS155	1SS314	2SC392	2SC2498	2SC3147	—
1SS240	—	2SC392A	2SC2347	2SC3301	2SC3607
1SV100	—	2SC393	—	2SC3302	2SC5087
1SV123	1SV214	2SC396	2SC1923	2SC3445	2SC5084
1SV158	1SV215	2SC397	2SC2347	2SC3608	MT4S04
1SV226	1SV288	2SC784	2SC1923	2SC4316	2SC5089
1SV238	1SV269	2SC784TM	2SC1923	2SC4318	—
1SV255	—	2SC784TMA	2SC1923	2SC4319	MT4S03
1SV256	1SV216	2SC785	2SC1923	2SC4323	2SC5097
1SV257	1SV279	2SC786	2SC1923	2SK19	2SK192A
1SV258	—	2SC787	—	2SK19TM	2SK192A
1SV260	1SV280	2SC864	2SC383TM	2SK61	2SK161
1SV261	1SV309	2SC941	2SC941TM	2SK61LV	2SK161
1SV274	1SV282	2SC1236	2SC5084	2SK192	2SK192A
1SV275	1SV283	2SC1558	2SC5087	2SK1028	—
2SC381TM	2SC1923	2SC1559	2SC5087	2SK1310	2SK1310A
2SC381TMA	2SC1923	2SC1743	2SC5087	2SK1739	2SK1739A
2SC382	—	2SC2099	—	2SK2496	—
2SC382TM	—	2SC2114	—	2SK2497	—
2SC384	2SC1923	2SC2115	—	2SK2856	—
2SC385	2SC2349	2SC2328	—	2SK3276	—
2SC385A	2SC2349	2SC2395	—	3SK22	—
2SC385ATM	2SC2349	2SC2531	—	3SK23	2SK192A
2SC386	2SC2349	2SC2638	—	3SK28	2SK192A
2SC386A	2SC2349	2SC2639	—	3SK73	3SK195
2SC387	2SC2347	2SC2640	—	3SK77	—
2SC387A	2SC2347	2SC2641	—	3SK78	3SK195
2SC387A (G)	2SC2347	2SC2642	—	3SK90	—
2SC387A (G) TM	2SC2347	2SC2643	—	3SK101	3SK195
2SC387ATM	2SC2347	2SC2652	—	3SK102	—
2SC389	2SC1923	2SC2663	2SC5087	3SK112	—

品番	代替品種	品番	代替品種	品番	代替品種
3SK114	3SK126	S1255	2SC2644	S-AV24	—
3SK115	3SK291	S1256	2SC2644	S-AV26H	—
3SK121	—	S1297	2SC2498	S-AV28	—
3SK140	—	S2531	2SC2498	S-AV29H	—
3SK145	3SK291	S2676	—	S-AV30H	—
3SK146	3SK232	S9A61	—	TG2002V	—
3SK152	3SK292	S-AU6L	—	TG2005F	TG2006F
3SK159	3SK292	S-AU6VL	—	TG2200AF	TG2216TU
3SK160	3SK225	S-AU39	—	TG2200F	TG2216TU
3SK198	3SK291	S-AU64	—	TG2203F	TG2210FT
DLP238	1SS314	S-AU80	—	TG2204F	TG2216TU

高周波用半導体デバイス トランジスタ・FET・セルパック編

発行年月	2005年 2月
発行	株式会社 東芝 セミコンダクター社
発行協力	東芝ドキュメント株式会社
編集	小信号半導体応用技術部

旧版 BDJ0021A

2005 2 (ODP)

BDJ0021B