

2SD786 2SD786S

エピタキシャルプレーナ形 NPN シリコントランジスタ
低 $r_{bb'}$ 低雑音増幅用 / Low $r_{bb'}$ Low Noise Amp.
Epitaxial Planar NPN Silicon Transistors

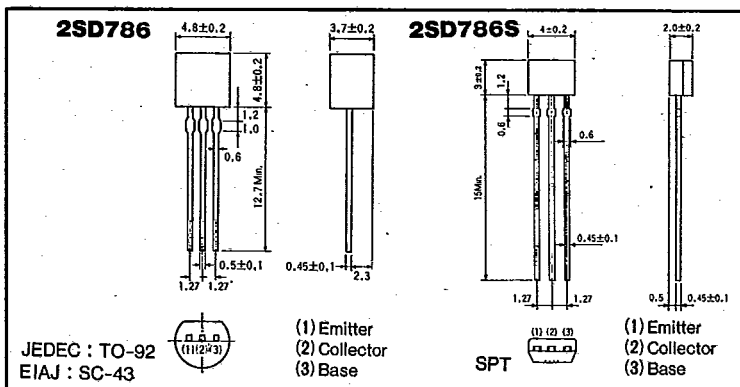
● 特長

- 1) 超低雑音である (低 R_g で低雑音)。
NF=2.5dB Typ.
(at $f=10\text{Hz}$, $R_g=10\Omega$, $V_{CE}=6\text{V}$,
 $I_C=3\text{mA}$)
- 2) $r_{bb'}$ が 4Ω と少なく、電圧性雑音が少ない。
 $e_n=0.55\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (at 10Hz, 10mA)
- 3) 2SB737 とコンプリである。

● Features

- 1) Ultra-low noise. (Good noise response at low R_g): NF=2.5dB (Typ.)
(at $f=10\text{Hz}$, $R_g=10\Omega$, $V_{CE}=6\text{V}$,
 $I_C=3\text{mA}$)
- 2) Low base resistance: $r_{bb'}=4\Omega$.
Low voltage noise: $e_n=0.55\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
(at 10Hz, 10mA)
- 3) Complementary pair with 2SB737.

● 外形寸法図/Dimensions (Unit: mm)



● 絶対最大定格/Absolute Maximum Ratings ($T_a=25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Limits	Unit
コレクタ・ベース間電圧	V_{CBO}	50	V
コレクタ・エミッタ間電圧	V_{CEO}	40	V
エミッタ・ベース間電圧	V_{EBO}	5	V
コレクタ電流	I_C	300	mA
コレクタ損失	P_C	250	mW
接合部温度	T_j	125	$^\circ\text{C}$
保存温度範囲	T_{stg}	-55~125	$^\circ\text{C}$

● 電気的特性/Electrical Characteristics ($T_a=25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
コレクタ・エミッタ降伏電圧	BV_{CEO}	40	—	—	V	$I_C=1\text{mA}$
コレクタ・ベース降伏電圧	BV_{CBO}	50	—	—	V	$I_C=50\mu\text{A}$
エミッタ・ベース降伏電圧	BV_{EBO}	5	—	—	V	$I_E=50\mu\text{A}$
コレクタシャ断電流	I_{CBO}	—	—	0.5	μA	$V_{CB}=30\text{V}$
エミッタシャ断電流	I_{EBO}	—	—	0.5	μA	$V_{EB}=4\text{V}$
直流電流増幅率	h_{FE}	120	—	560	—	$V_{CE}/I_C=6\text{V}/10\text{mA}$
コレクタ・エミッタ飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	—	0.03	0.5	V	$I_C/I_B=50\text{mA}/5\text{mA}$
利得帯域幅積	f_T	—	100	—	MHz	$V_{CE}=6\text{V}$, $I_E=-10\text{mA}$
ベース拡がり抵抗	$r_{bb'}$	—	4	6	Ω	$V_{CE}=6\text{V}$, $I_C=1\text{mA}$, $f=30\text{MHz}$
実効値雑音電圧	NV_1	—	—	150	mV	FLAT AMP ($G_v=80\text{dB}$) $V_{CE}=10\text{V}$, $I_C=1\text{mA}$ $R_g=100\text{k}\Omega$

h_{FE} の値により下表のように分類します。

Item	Q	R	S
h_{FE}	120~270	180~390	270~560

● 標準品・準標準品一覧表

(◎: 標準品 ○: 準標準品)

Type	h_{FE}	包装名 記号	基本発注単位(個)	テーピング			
				1000	1500	3000	2500
2SD786	QRS			◎	◎	◎	—
2SD786S	QRS			◎	—	—	◎

● 電気的特性曲線/Electrical Characteristic Curves

T-27-09

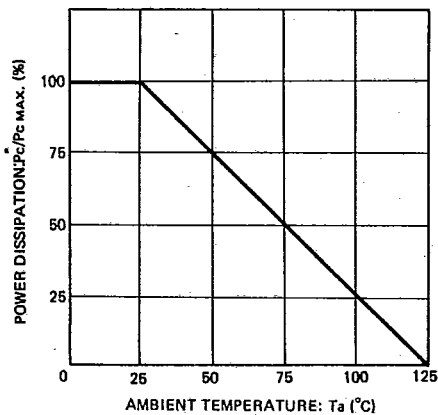


Fig.1 電力軽減曲線

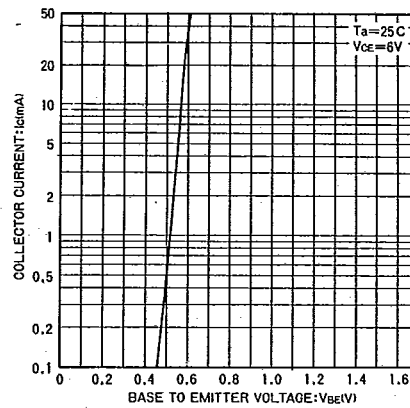


Fig.2 エミッタ接地伝達静特性

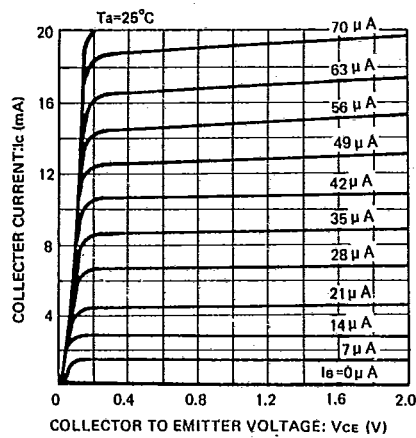


Fig.3 エミッタ接地出力静特性

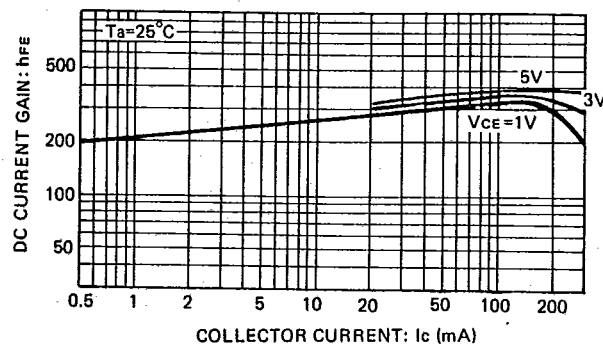


Fig.4 直流電流増幅率—コレクタ電流特性

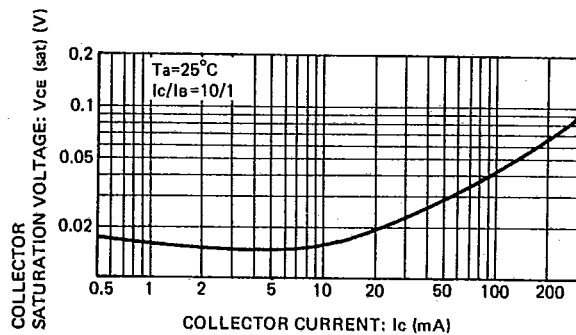


Fig.5 コレクタ・エミッタ飽和電圧—コレクタ電流特性

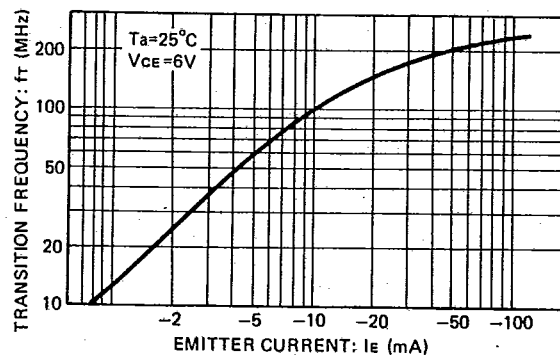


Fig.6 利得帯域幅積—エミッタ電流特性

トランジスタ
2SDタイプ

T-27-09

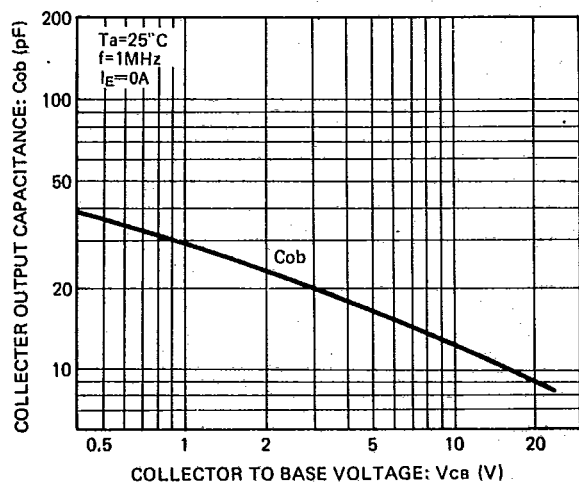


Fig.7 コレクタ出力容量—コレクタ・ベース電圧特性

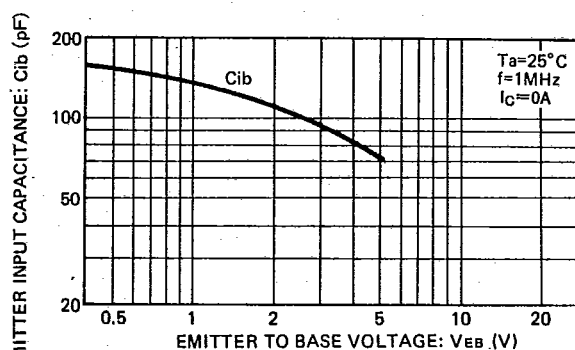


Fig.8 エミッタ入力容量—エミッタ・ベース電圧特性

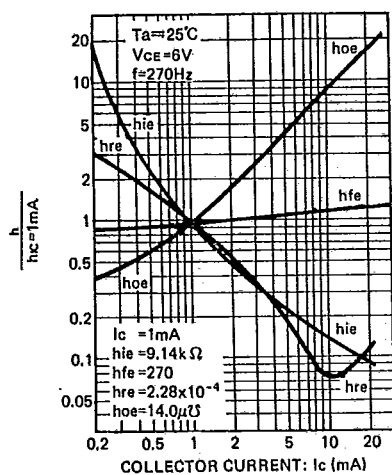


Fig.9 h定数—コレクタ電流特性

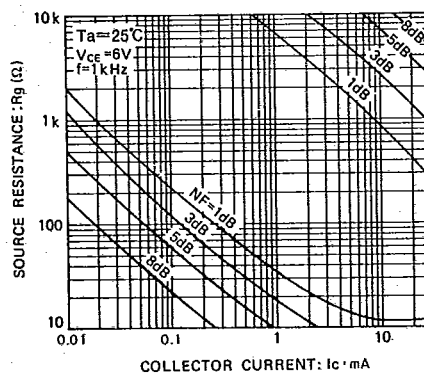


Fig.10 雑音特性 (I)

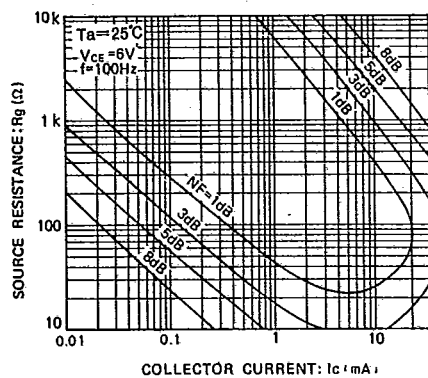


Fig.11 雑音特性 (II)

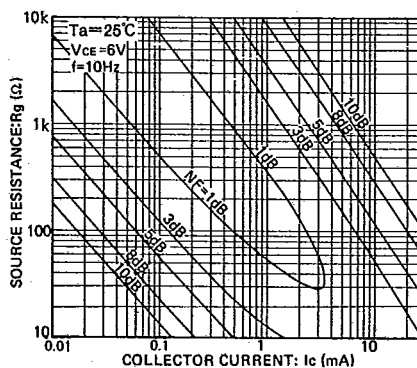


Fig.12 雑音特性 (III)

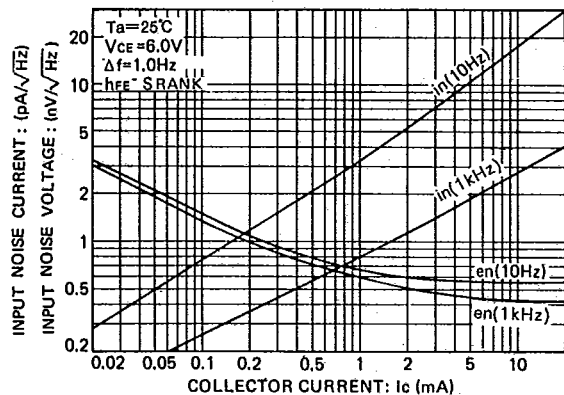


Fig.13 電圧性雑音—コレクタ電流特性
電流性雑音

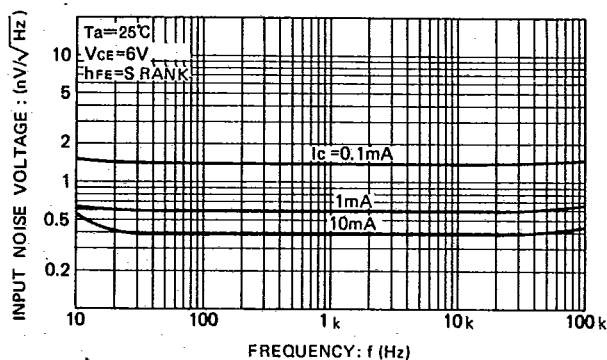


Fig.14 電圧性雑音—周波数特性

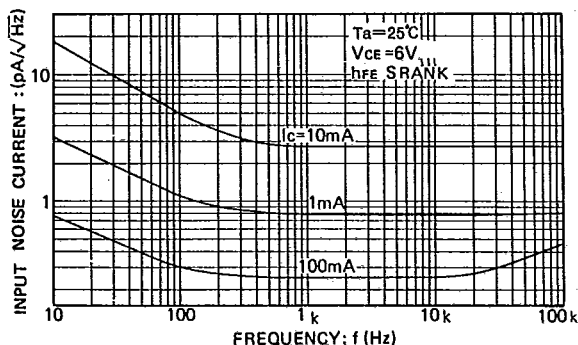


Fig.15 電流性雑音 周波数特性

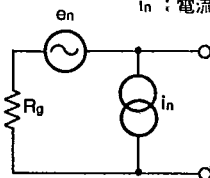
● 2SB737と2SD786の雑音特性について

MC用ヘッドアンプなどは、低信号源抵抗 (R_g) に対する雑音が重要です。これは、MCカートリッジのインピーダンスが2~100Ωと低いからです。

アンプの出力雑音電圧を入力電圧に換算すると、

$$V_i = \sqrt{e_n^2 + 4KT R_g + i_n^2 R_g^2}$$

e_n : 電圧性雑音
 T : 絶対温度
 K : ボルツマン定数
 i_n : 電流性雑音



測定回路

となります。すなわち、低 R_g においては、 e_n (電圧性雑音) が支配的となり、この e_n はつぎの式によって表されます。

$$e_n = \sqrt{4KT \left(r_{bb'} + \frac{r_e}{2} \right) \Delta f}$$

$r_{bb'}$: ベース抵抗

r_e : エミッタ抵抗

(エミッタ接合の交流的な抵抗)

$$r_e = \frac{KT}{q \cdot I_E}$$

e_n を下げるためには、

(1) r_e を下げる (すなわち I_E を大きくする)。

(2) $r_{bb'}$ を下げる。

ことが必要となり、 $r_{bb'}$ 低減のために特殊な拡散技術、またそれに伴うパッシベーションを新たに開発し、2SD786 $\approx 4\Omega$, 2SB737 $\approx 2\Omega$ を達成しました。

これにより e_n は、

$$2SD786 \approx 0.55 \text{ nV} / \sqrt{\text{Hz}} \text{ (at 10Hz, 10mA)}$$

$$2SB737 \approx 0.55 \text{ nV} / \sqrt{\text{Hz}} \text{ (at 10Hz, 10mA)}$$

を得ました。

しかし、 r_e を下げるため電流を流すと、 i_n (電流性雑音) が無視できなくなります。

トランジスタ

2SDタイプ

T-27-09

この I_n はつぎの式によって表せます。

$$I_n = \sqrt{2q \cdot I_B}$$

I_B の増加により I_n は増加し、 I_B を減らすためには h_{FE} を上げることが必要となります。しかし、 h_{FE} を上げると、ベース幅が狭くなり、 $r_{bb'}$ が大きくなります。すなわちベース幅を狭くせずに h_{FE} を上げるという背反事象を解決しなければなりません。当社ではこの点についても特殊な拡散技術で解決しました。

2SD786, 2SB737は多くの新技術で e_n 及び I_n を低減しましたが、この結果、つぎのように従来にない超低雑音を達成しました。

R_g	雑音指数	条 件
10 Ω	2.5dB	$f=10\text{Hz}$, $V_{CE}=6\text{V}$, $I_C=3\text{mA}$
100 Ω	1.0dB	$f=10\text{Hz}$, $V_{CE}=6\text{V}$, $I_C=1\text{mA}$

2SB737, 2SD786を使用することにより、超性能ヘッドアンプが可能となりました。

一例ですが入力換算雑音電圧-159dB, S/N 81dB(at0.125 mV入力)を容易に達成できます。