

7-4 高周波特性

接合トランジスタの交流動作特性(npn トランジスタ)

エミッタ領域からベース領域に注入された電子の時間的変化を考える。直流バイアス V_E に微小交流成分 $e^{j\omega t}$ が直列に加えられているとする。交流電圧でベース領域に注入される電子密度 $n(x,t) - n_{pB}$ を

$$n(x,t) - n_{pB} = n_1 \cdot e^{j\omega t}$$

と表せるとする。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} n(x,t) &= \frac{\partial}{\partial t} (n_1 \cdot e^{j\omega t} + n_{pB}) \\ &= j\omega (n(x,t) - n_{pB}) \end{aligned}$$

上式を電子の拡散方程式(4.43)式に代入する。

$$\begin{aligned} \frac{d^2 n(x)}{dx^2} &= \frac{1}{D_n} \left(\frac{\partial n(x,t)}{\partial t} + \frac{n(x,t) - n_{pB}}{\tau_n} \right) \\ &= \frac{j\omega\tau_n + 1}{D_n\tau_n} (n(x,t) - n_{pB}) \end{aligned}$$

直流動作における拡散方程式と比較すると、

$$\frac{1}{\tau_n} \Rightarrow \frac{j\omega\tau_n + 1}{\tau_n}$$

(直流) (交流)

と対応させればよいことが分かる。または、交流での拡散距離 L'_{nB} を定義して、

$$L'_{nB} = \sqrt{\frac{D_n\tau_n}{1 + j\omega\tau_n}}$$

直流動作での解析解を $L_{nB} \Rightarrow L'_{nB}$ として置き換えればよい。

遮断周波数

接合トランジスタの電流増幅率は(7.33)式より $\alpha \cong \gamma \cdot \beta^*$ であるので、注入率 γ と到達率 β^* により α の周波数特性が決まる。このうち注入率 γ には L_{nB} の項が含まれないが、到達率 β^* には含まれているため α は β^* によって特徴付けられる周波数依存性を持っている。

到達率 β^* の周波数依存

ベース領域に注入された電子は、拡散によりベース内をコレクタに向かって移動するが、周波数が高くなると、ベース内を走行中に印加信号の極性が変わり電子は反対方向に引き戻されることになる。結果的に、到達率 β^* が周波数によって減少することになる(ある周波数までは一定)。

電流増幅率 α の周波数特性

電流増幅率 α は Fig.2 に示すように、ある周波数まではほぼ一定の値であるが、それ以上の周波数の信号に対しては減少する。

f_α : α 遮断周波数(α cut-off frequency)

電流増幅率が直流における値の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ になる
ときの周波数値

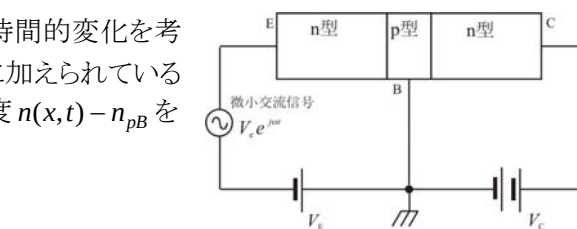


Fig.1 トランジスタの交流動作

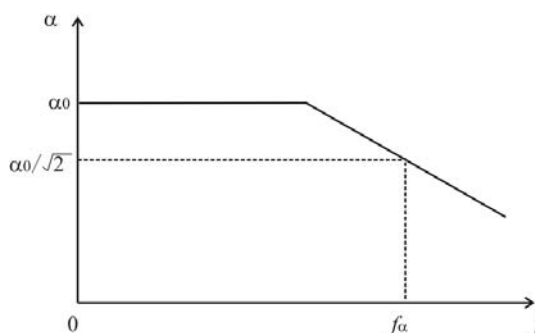


Fig.2 α の周波数特性