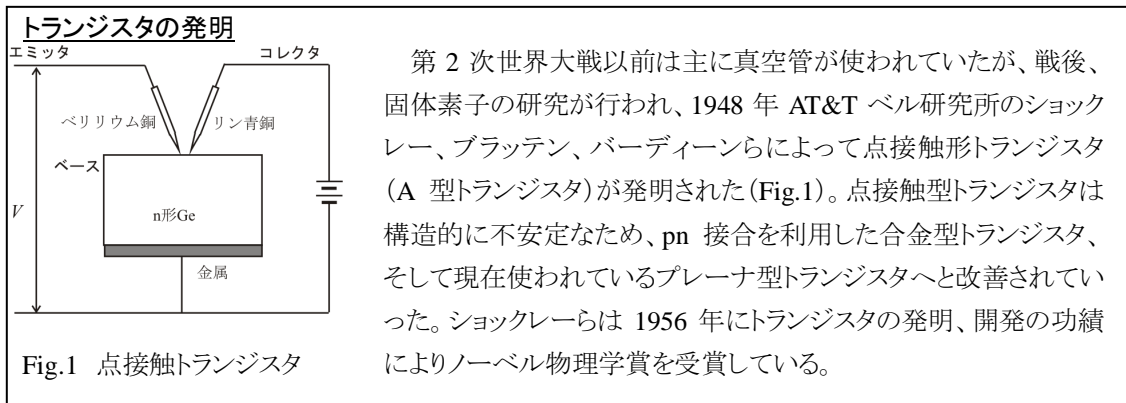


9 バイポーラトランジスタ bipolar transistor

トランジスタ transistor (“transfer”+“resistor”) : 増幅、スイッチング作用を持つ 3 端子の能動素子



トランジスタの分類

・バイポーラトランジスタ (bipolar transistor)

少数キャリアの振る舞いを利用。多数キャリアと少数キャリアの両方が動作に関与する。

例) npn トランジスタ、pnp トランジスタ

・電界効果トランジスタ (FET: Field effect transistor)、別名 : ユニポーラ (unipolar) トランジスタ

キャリアの流れに直交する電界で制御。多数キャリアが動作に関与する。

例) MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET)、接合型 FET (junction-FET)、ショットキー障壁型 (MESFET: Metal-Semiconductor FET / SBFET: Schottky barrier FET)

9-1 バイポーラトランジスタの構造

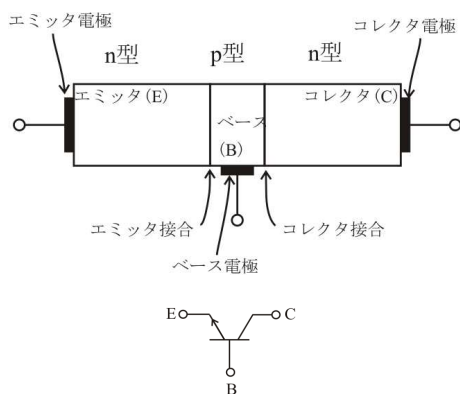


Fig.2 npn 形トランジスタ

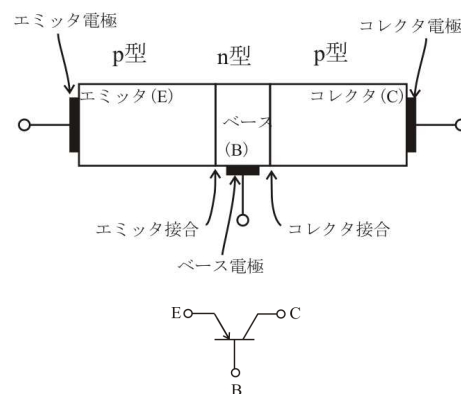


Fig.3 pnp 形トランジスタ

- ・ 3 個の端子 … E : エミッタ (emitter)、B : ベース (base)、C : コレクタ (collector)
- ・ ベース領域は狭く作られている
- ・ 各領域の不純物密度の関係 … エミッタ > ベース > コレクタ
- ・ トランジスタの記号の矢印の向きはエミッタ電流の向きを示す

エネルギーバンド図

熱平衡状態

npn トランジスタにおける不純物密度の関係

$$\text{エミッタの } N_D > \text{ ベースの } N_A > \text{ コレクタの } N_D$$

熱平衡時では、3 領域のフェルミ準位が一致する。

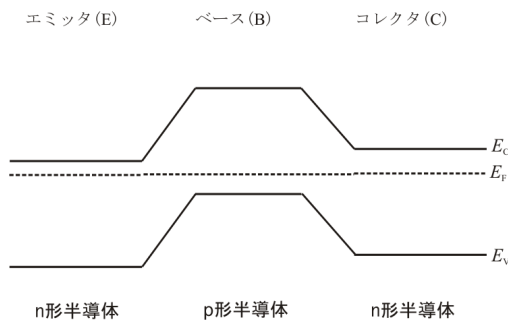


Fig.4 熱平衡時のエネルギーバンド

9-2 バイポーラトランジスタの動作原理

バイアス印加時（活性状態）

エミッタ接合に順バイアス、コレクタ接合に逆バイアスが印加された場合のキャリアの振る舞い

1. エミッタ領域からベース領域へ電子が注入される。
2. 注入された電子は拡散現象によってコレクタ接合へ向かう。
3. コレクタ接合では逆バイアスが印加されているため、電子はドリフトされてコレクタ領域に入る。

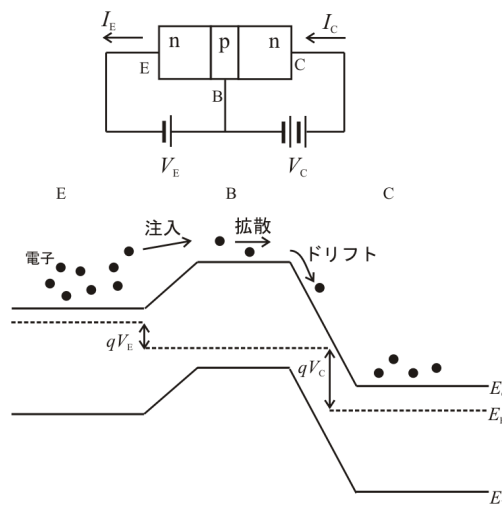


Fig.5 バイアス印加時のエネルギーバンド

増幅作用

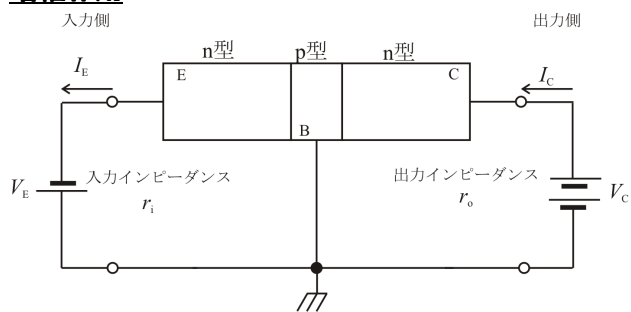


Fig.6 増幅回路

r_i : 入力インピーダンス

r_o : 出力インピーダンス

I_E : 入力電流

I_C : 出力電流

エミッタ接合 : 順方向バイアス

コレクタ接合 : 逆方向バイアス

この増幅回路の電力利得

$$G = \frac{P_o}{P_i} = \frac{I_C^2 r_o}{I_E^2 r_i} \cong \frac{r_o}{r_i}$$

増幅の条件

$$\left[\begin{array}{l} \cdot I_C \cong I_E \text{ とする} \\ \cdot r_o \text{ を大きくする} \\ \cdot r_i \text{ を小さくする} \end{array} \right] \Rightarrow G \gg 1 \quad (\text{増幅する})$$