

- **p型半導体**
  - Si基板中にB(ボロン)の不純物を導入
  - 正電荷をもつホール(正孔)が電流の担い手(キャリア)
- **n型半導体**
  - Si基板中にP(リン)やAs(ヒ素)の不純物を導入
  - 負電荷をもつ電子が電流の担い手(キャリア)

☆ここまでの復習

30

- p型半導体とn型半導体を接触すると界面で電子と正孔の拡散・結合が生じキャリアのない層(空乏層)が形成される
- 空乏層中にはドナーとアクセプタの作る固定電荷により電界が形成され、電界により電子と正孔の拡散は停止する

図2.8 pn接合と空乏層の形成

31

- PN接合に電界を印加する

- 順バイアス: 界面で電子と正孔が結合することにより電流が流れる
- 逆バイアス: 空乏層の幅が広がるだけで電流は流れない

図2.9 pn接合の整流特性

32

- pn接合の電流電圧特性
- p型が+, n型が-電圧のとき電流が流れる

図2.10 ダイオード記号と整流特性

33

図2.11 p型シリコン基板上的独立したn型領域

34

図2.12 MOSTランジスタの基本構造

35

- 単位面積あたりの酸化膜容量 $C_{ox}$ は以下で示される
 

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox} \times \epsilon_0}{t_{ox}}$$

$\epsilon_{ox} = 3.9 \times \epsilon_0$  (酸化膜の比誘電率)  
 $\epsilon_0 \approx 8.854 \times 10^{-14} [F/cm]$   
 $t_{ox}$ : ゲート酸化膜厚
- ゲート酸化膜容量 $C_g$ は以下で示される
 

$$C_g \approx L \times W \times C_{ox}$$

☆ MOS構造の容量

36

- P型シリコンをつかったMOS構造
  - 金属側が負電位: 蓄積(accumulation)モード
  - 金属側が閾値電圧以下の電位: 空乏(depletion)モード
  - 金属側が閾値電圧以上の電位: 反転(inversion)モード

蓄積状態  
酸化膜近傍に正孔が蓄積される

空乏状態  
酸化膜近傍に空乏層が形成される

反転状態  
酸化膜近傍に電子が誘起される

図2. 13 MOS構造の電気特性

37

- NMOSTランジスタ
 

ゲート電極にしきい値電圧( $V_t$ )以上の正の電圧が印加されると酸化膜界面に電子の反転層が形成されソースドレイン間が導通する

ゲート電極 ( $V_g < V_{tn}$ )

ゲート電極 ( $V_g > V_{tn}$ )  
電子が誘起 (チャネル)

図2. 14 n型MOSTランジスタの特性

38

- ゲート電圧がしきい値( $V_t$ )を超えるとドレイン電流が流れる。(ゲート電流は流れない)

しきい値電圧( $V_{tn}$ )  
通常0.4~0.7V程度

図2. 15 n型MOSTランジスタ電流のゲート電圧依存性

39

- 線形状態:  $V_d < V_g - V_{tn}$
- 飽和状態:  $V_g - V_{tn} < V_d$

$V_{tn} < V_g$  (一定)  
 $V_d < V_g - V_{tn}$  (線形)  
 $V_d = V_g - V_{tn}$  (ピンチオフ)  
 $V_d > V_g - V_{tn}$  (飽和)

図2. 16 n型MOSTランジスタ電流のドレイン電圧依存性

40

- 線形領域と飽和領域とで2つの式であるが、ピンチオフ電圧の定義を覚えておけば線形式からもとまる。

ピンチオフ点  $V_d = V_g - V_{tn}$  とする

$$I_d = \frac{W}{L} \mu_n C_{ox} \left[ (V_g - V_{tn}) V_d - \frac{1}{2} V_d^2 \right]$$

$V_d = V_g - V_{tn}$  を代入値

$$I_d = \frac{W}{L} \mu_n C_{ox} \left[ \frac{1}{2} (V_g - V_{tn})^2 \right]$$

$V_d$  に依存しない一定値

図2. 17 n型MOSTランジスタのソースドレイン電流式

41

• PMOSTランジスタ

ゲート電極にしきい値電圧( $V_t$ )以下の負の電圧が印加されると酸化膜界面に正孔の反転層が形成されソースドレイン間が導通する

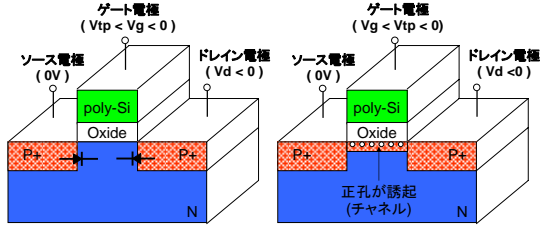


図2. 18 p型MOSトランジスタの特性

42

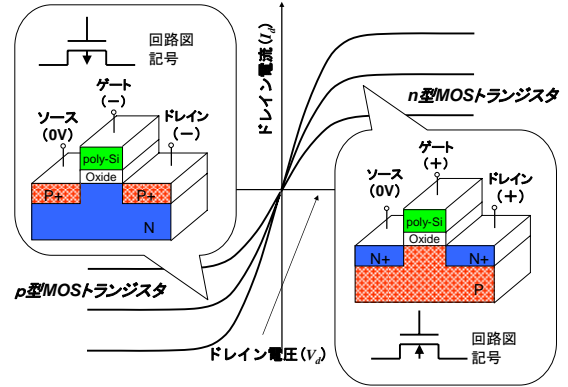


図2. 19 p型とn型MOSトランジスタの電気特性比較

43

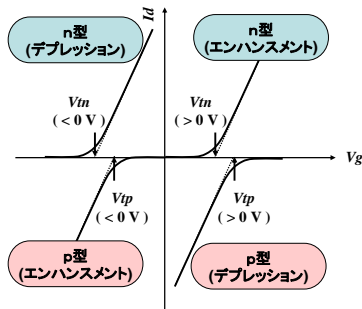


図2. 20 エンハンスメント型とデプレッション型

44

- ベースに流れる電流( $I_B$ )の $\beta$  (エミッタ接地電流利得)倍がコレクタに流れる電流( $I_C$ )となる
- エミッタからベースに注入された電子の一部はベース部で正孔と再結合するが大部分はコレクタに到達する

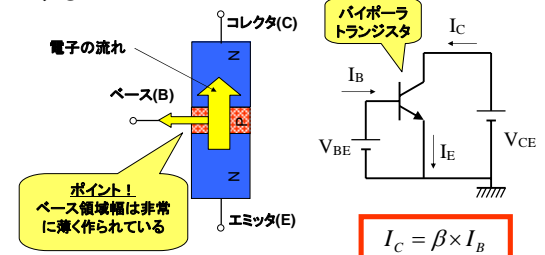


図2. 21 バイポーラトランジスタの構造と電気特性

45