

### 6-4 階段接合

**階段接合**：pn 境界で不純物濃度が階段状に変化している接合（接合部で不純物がアクセプタからドナーへ急激に変わっている接合）。

階段接合の空乏層の厚さ  $d$  および静電容量  $C$  を表す式を導く。解析は一次元モデルを仮定する。

Fig.1 に解析モデルの空間電荷分布および電位を示す。ここで、 $N_D$  および  $N_A$  はドナーおよびアクセプタ濃度、 $x_n$  および  $x_p$  はそれぞれ空乏層の両端を示す。

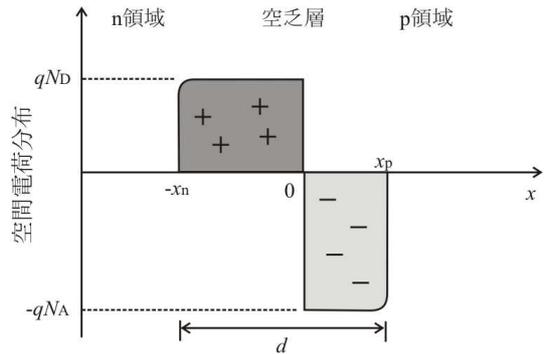


Fig.1 階段接合の電荷分布

#### ポアソン方程式(Poisson equation)

$$\frac{d^2\phi}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\epsilon} \quad \dots(6.9)$$

ここで、誘電率  $\epsilon$  は  $\epsilon = \epsilon_0\epsilon_s$  である（ $\epsilon_0$  は真空の誘電率、 $\epsilon_s$  は物質の比誘電率）。次の i) ~ iii) の各領域における電位  $\phi$  を求める。

i)  $0 \leq x \leq x_p$  の領域（p 領域側の空乏層）

ポアソン方程式より

$$\phi_p = \frac{qN_A}{2\epsilon} x^2 + A_p x + B_p \quad (A_p, B_p \text{ は積分定数})$$

ii)  $-x_n \leq x \leq 0$  の領域（n 領域側の空乏層）

$$\phi_n = -\frac{qN_D}{2\epsilon} x^2 + A_n x + B_n \quad (A_n, B_n \text{ は積分定数})$$

iii)  $x \leq -x_n$      $x_p \leq x$  の領域（空乏層以外の領域）

$$V_D = -(\Phi_p - \Phi_n)$$

次の各境界での連続の条件より、未知定数  $A_n, A_p$  を求める（ $B_n, B_p$  は求めなくても問題ない）。

(1)  $x=0$  での連続性

$$\phi_n(0) = \phi_p(0) \quad \text{および} \quad \frac{d\phi_n(0)}{dx} = \frac{d\phi_p(0)}{dx}$$

より

$$B_n = B_p \equiv B \quad \text{および} \quad A_n = A_p \equiv A$$

(2)  $x=-x_n$  での連続性

$$\phi_n(-x_n) = \Phi_n \quad \text{および} \quad \frac{d\phi_n(-x_n)}{dx} = \frac{d\Phi_n}{dx}$$

より

$$A = -\frac{qN_D}{\epsilon} x_n$$

(3)  $x=x_p$  での連続性

$$\phi_p(x_p) = \Phi_p \quad \text{および} \quad \frac{d\phi_p(x_p)}{dx} = \frac{d\Phi_p}{dx}$$

より

$$A = -\frac{qN_A}{\epsilon} x_p$$

$$\text{ここで、} A = -\frac{qN_D}{\epsilon} x_n = -\frac{qN_A}{\epsilon} x_p \text{ より、} N_D x_n = N_A x_p \quad \dots(6.13)$$

この式は、空乏層内の正負の電荷量は等しいことを示している。

空乏層の厚さ  $d(=x_n+x_p)$  を求める。(6.13)式から  $x_n$  および  $x_p$  を  $d$  で表すと

$$x_n = \frac{N_A}{N_A + N_D} d, \quad x_p = \frac{N_D}{N_A + N_D} d$$

となる。また、p 領域と n 領域の電位差  $V_D$  は

$$\begin{aligned} V_D &= \phi_n(-x_n) - \phi_p(x_p) \\ &= \frac{q}{2\epsilon} (N_D \cdot x_n^2 + N_A \cdot x_p^2) \end{aligned}$$

となる。階段接合の電位分布を Fig.2 に示す。

以上の式より、空乏層の厚さ  $d$  は

$$d = \sqrt{\frac{2\epsilon(N_D + N_A)}{qN_D N_A} V_D} \quad \dots(6.21)$$

と求められる。この式からわかるように、 $d$  は電位差  $V_D$  の平方根に比例する。

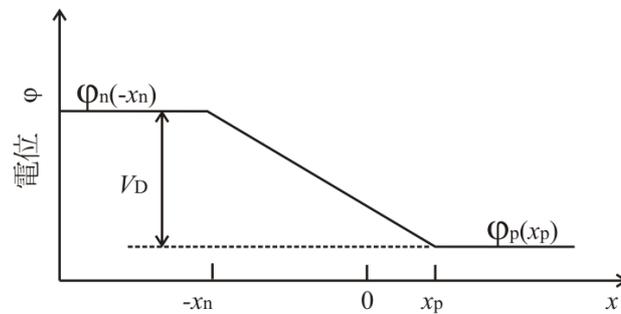


Fig.2 階段接合の電位