

## ГЛАВА 7. НЕВЫПРЯМЛЯЮЩИЙ (ОМИЧЕСКИЙ) КОНТАКТ.

О свойствах контакта металл - полупроводник можно судить по величине падения напряжения в области контакта: если приконтактная область (со стороны полупроводника) обеднена свободными носителями заряда, то почти все напряжение падает на контакте и такой контакт является выпрямляющим. Если обеспечить условие, когда сопротивление контакта  $R_k$  будет намного меньше сопротивления объема образца вне контакта  $R_0$ , то речь идет об омическом контакте.

Осуществление омических контактов на практике связано с большими трудностями. Наличие на поверхности полупроводника и металла посторонних дефектов химического и механического свойства приводит к появлению локальных уровней энергии в запрещенной зоне полупроводника. В результате контактная разность потенциалов в большей степени зависит от этих уровней, нежели от разности работ выхода. В силу этого контакты могут иметь инверсные и обедненные области.

Для устранения отмеченных недостатков в качестве омического контакта используются структуры и  $M-n^+-n$ , где область  $n^+$  соответствует вырожденному полупроводнику (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Контакт  $n^+-n$  относится к группе гомопереходов и является невыпрямляющим.

Трудности, связанные с обработкой поверхности, в этом случае тоже не возникают, поскольку  $n^+-n$ -переход образуется в объеме полупроводника с помощью специального технологического процесса. Изготовить хороший невыпрямляющий контакт между вырожденной областью  $n^+$  и металлом гораздо проще, т.к. даже при образовании в месте контакта барьера (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) его толщина оказывается соизмерима с длиной волны де Бройля ( $\leq 10^{-6}$  см). В результате туннельный ток ( $I_T$  (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, б)) сквозь  $M-n^+-$  барьер оказывается настолько значительным, что обеспечивает необходимую проводимость при любой полярности внешнего смещения на контакте.

Найдем нижнюю границу контактного сопротивления, приведенного к единице площади (приведенное контактное сопротивление), полагая, что всё оно определяется приведенным контактным сопротивлением  $n^+-n$ -перехода:

$$R_{kmin} = \frac{(2\pi m^* kT)^{1/2}}{q^2 n_0}, \quad (7.1)$$

где  $n_0$  - равновесная концентрация электронов в глубине полупроводника.

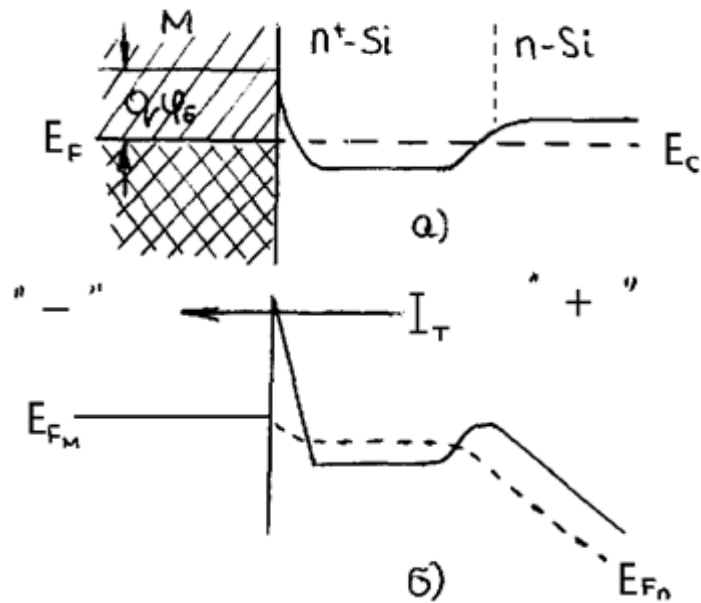


Рисунок 7.1 – Зонная диаграмма омического контакта  $M - n^+ - Si - n - Si$  в отсутствии (а) и при наличии (б) смещения

### Сопротивление планарного контакта

$$R_k = R_{\text{пов}} \frac{d}{W} F_o, \quad (7.2)$$

где  $R_{\text{пов}}$  - поверхностное сопротивление полупроводниковой пленки под контактом ( $\text{Ом}/\square$ );

$W$  - толщина контакта;

$d$  - длина контакта;

$$F_o = \left( \frac{L_T}{d} \right) \text{cth} \left( \frac{d}{L_T} \right);$$

$L_T = \frac{r_k}{R_{\text{пов}}}$  - длина затухания.

Величина  $R_k$  определяется из (7.1).

Связь между уровнем Ферми и концентрацией для сильного вырождения задается соотношением

$$E_F - E_c = \frac{\hbar^2 (3\pi n)^{2/3}}{2m^*}, \quad (7.3)$$

где  $E_F = \frac{\hbar^2 (3\pi n_0)^{2/3}}{2m^*}$  полная концентрация валентных электронов в кристалле.

Записав эффективную плотность состояний у дна зоны проводимости

$$N_C = 2 \left[ \frac{2\pi m_n^* kT}{h^2} \right]^{3/2},$$

можно связать с этим параметром концентрацию электронов в  $n^+$ -области:

$$n^+ = N_C \left[ \frac{E_F - E_C}{kT} \right]^{3/2} \sim (10 \dots 20) N_C.$$

В связи с тем, что область  $p^+$  вырождена, контакт  $p^+$ - $n$  может работать при гелиевых температурах (примесь не "вымораживается") и обладает хорошими инжекционными свойствами, так как  $p^+ > N_c$ .