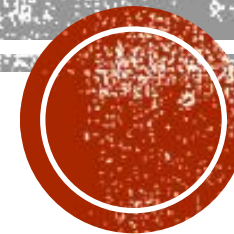


# **ПРИМЕСНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ**

Выполнили :Крайнов Никита и Мария Тирш 11 «Б»



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- Примесный полупроводник - это полупроводник, электрофизические свойства которого определяются, в основном, примесями других химических элементов. Процесс введения примесей в полупроводник называется легированием полупроводника, а сами примеси называют легирующими.



Если к полупроводнику  $n$ -типа приложить электрическое поле, то каждый отрицательный носитель приобретет в этом поле ускорение, набирая скорость до тех пор, пока не рассеется на одном из донорных узлов. Это означает, что носители, которые обычно движутся случайным образом, имея при этом тепловую энергию, начнут в среднем повышать свою скорость дрейфа вдоль линий электрического поля, вызвав ток через кристалл. Скорость дрейфа, как правило, по сравнению с типичными тепловыми скоростями очень мала, так что можно, прикидывая величину тока, принять, что от столкновения к столкновению среднее время странствий носителя постоянно. Допустим, что эффективный электрический заряд отрицательного носителя равен  $q_n$ . Сила, действующая на носитель в электрическом поле  $\mathcal{E}$ , будет равна  $q_n \mathcal{E}$ . В гл. 43, §3 (вып. 4) мы как раз подсчитывали среднюю скорость дрейфа в таких условиях и нашли, что она равна  $F\tau/m$ , где  $F$  - сила, действующая на заряд;  $\tau$  - среднее время свободного пробега между столкновениями, а  $m$  - масса. Вместо нее надо поставить эффективную массу, которую мы подсчитывали в предыдущей главе, но поскольку нас интересует только грубый расчет, то предположим, что эта эффективная масса во всех направлениях одинакова. Мы ее здесь обозначим  $m_n$ . В этом приближении средняя скорость дрейфа будет равна

$$v_{\text{дрейф}} = \frac{q_n \mathcal{E} \tau_n}{m_n} . \quad (12.5)$$



Зная скорость дрейфа, можно найти ток. Плотность электрического тока  $\mathbf{j}$  равна просто числу носителей в единице объема,  $N_n$ , умноженному на среднюю скорость дрейфа и на заряд носителей. Поэтому плотность тока равна

$$\mathbf{j} = N_n v_{\text{дрейф}} q_n = \frac{N_n q_n^2 \tau_n}{m_n} \mathcal{E} \quad (12.6)$$

Мы видим, что плотность тока пропорциональна электрическому полю; такие полупроводниковые материалы подчиняются закону Ома. Коэффициент пропорциональности между  $\mathbf{j}$  и  $\mathcal{E}$ , или проводимость  $\sigma$ , равен

$$\sigma = \frac{N_n q_n^2 \tau_n}{m_n} \quad (12.7)$$



Для материалов  $n$ -типа **проводимость** в общем не зависит от температуры. Во-первых, общее число основных носителей  $N_n$  определяется главным образом плотностью доноров в кристалле (пока температура не настолько низка, чтобы позволять атомам захватить чересчур много носителей), а, во-вторых, среднее время от соударения к соударению,  $\tau_n$ , регулируется главным образом плотностью атомов примеси, а она, ясное дело, от температуры не зависит.

Те же рассуждения можно приложить к веществу  $p$ -типа, переименовав только значения параметров, которые появляются в (12.7). Если в одно и то же время имеется сравнимое количество отрицательных и положительных носителей, то вклады носителей обоего рода надо сложить. Полная **проводимость** определится из

$$\sigma = \frac{N_n q_n^2 \tau_n}{m_n} + \frac{N_p q_p^2 \tau_p}{m_p} . \quad (12.8)$$

Для очень чистых веществ  $N_p$  и  $N_n$  примерно равны. Они будут меньше, чем у материалов с примесями, так что и **проводимость** будет меньше. Кроме того, они будут резко меняться с температурой (по закону  $e^{-E_{\text{щель}}/kT}$ ), так что проводимость с температурой может меняться чрезвычайно быстро.



# ИСТОЧНИК

- [http://sernam.ru/lect\\_f\\_phis9.php?id=10](http://sernam.ru/lect_f_phis9.php?id=10)

