**Явление переноса. Дрейфовый ток**

В однородном полупроводнике при отсутствии внешнего поля свободные электроны и дырки имеют тепловую энергию 3/2\**kT* и перемещаются со случайными скоростями, имеющими порядок 107 см/с. При этом, суммарный ток носителей равен нулю. Если к полупроводнику приложить электрическое поле *E*, то на фоне хаотического движения носителей возникает средняя скорость упорядоченного движения, называемая средняя скорость дрейфа. Плотность дрейфовых токов электронов и дырок (ток на единицу площади) пропорциональны концентрациям и их дрейфовым скоростям.

( *jn* )*E* *qnvn* , ( *jp* )*E* *qpvp* ,

где *vn* и *vp -* дрейфовые скорости электронов и дырок

*q -* заряд электрона

*n* и *p-* концентрации электронов и дырок соответственно.

Дрейфовые скорости в свою очередь пропорциональны полю *E:*

*vn=μnE, vp=μpE*, (1,2)

Коэффициенты пропорциональности *μn, μp* носят название подвижностей электронов и дырок. Их величины определяются механизмами рассеяния носителей в кристаллической решетке полупроводника. В кремнии подвижности электронов и дырок соответственно равны *μn=*1500 см2/В·с, *μp=*600 см2/В·с. Различие величин подвижностей электронов и дырок связано с различием их эффективных масс. Подвижности падают с увеличением концентраций доноров *Nd* и акцепторов *Na ,*с ростом температуры и величины напряженности поля *E.* При полях, превышающих 104 В/см, происходит насыщение дрейфовых скоростей электронов и дырок на уровне 107 см/с. После этого дрейфовые скорости перестают увеличиваться с ростом поля *E*. Носители, движущиеся с насыщенными дрейфовыми скоростями, называют горячими.

С учетом выражений (1,2) плотности дрейфовых токов можно представить в виде

( *jn* )*E* *qμnnE ,* ( *jp* )*E* *qμppE* (3,4)

Направление дрейфовых токов ( *jn* )*E* и ( *jp* )*E* поясняется следующей таблицей:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип носителей | Направление поля | Направление скорости носителей | Направление тока |
| *n* | *E* | *(vn)E* | ( *jn* )*E* |
| *p* | *E* | *(vp)E* | ( *jp* )*E* |

Сравнивая выражения ( *jn* )*E* и( *jp* )*E* в (3,4) с записью закона Ома в дифференциальной форме, *j=σE* определимудельные проводимости, обусловленные движением электронов и дырок,

*σn* = ( *jn* )*E  /E* = *qμnn, σp* = ( *jp* )*E  /E* = *qμpp*

Полный ток дрейфа определяется как сумма электронной и дырочной составляющих

*jE* = ( *jn* )*E* +( *jp* )*E  = q(μnn +μpp)E = σE*

где величина *σ = jE /E* - удельная проводимость материала. Обратная ей величина

ρ = 1/ *σ* является удельным сопротивлением материала. Размерность [Ом·см].

В полупроводнике *n*-типа *n≈Nd, p≈0,* а в полупроводнике *p*- типа p≈*Na, n≈0.*

Следовательно справедливы следующие приближенные равенства:

*σn* = *qμnNd σp* = *qμpNa*