

3. Как расщепятся $(2l + 1)$ -кратно вырожденные уровни энергии свободного атома во внутрикристаллическом поле, инвариантном ко всем тем вращениям, которые превращают куб в себя самого? Свободный атом инвариантен по отношению к операциям (бесконечной) группы вращений. Характеристики неприводимых представлений этой группы: $\lambda^{(1)}(\varphi) = \sin(l + 1/2)\varphi/\sin(\varphi/2)$. Точечная группа внутрикристаллического поля имеет 24 элемента в пяти классах и, следовательно, пять неприводимых представлений. Сначала составьте таблицу характеров для этой группы.

4. Рассмотрите полупроводник с изотропной параболической зоной проводимости. Обсудите температурную зависимость химического потенциала и электронной концентрации:

а) если имеются мелкие доноры (концентрация n_D , энергетические уровни E_D),

б) если дополнительно имеются центры рекомбинации акцепторного типа (концентрация $n_A < n_D$, энергетические уровни E_A лежат в середине запрещенной зоны).

5. Рассчитайте времена жизни электронов и дырок в полупроводнике с центрами рекомбинации (акцепторы с уровнями E_A в запрещенной зоне). Рассмотрите явно пределы больших и малых концентраций дефектов n_A . Обсудите механизм рекомбинации в обоих случаях. Сравните два возможных определения: $\delta n(t) \sim \exp(-t/\tau)$ (время затухания) и $\delta n = G\tau$ (стационарное состояние).

6. Пусть полупроводник n -типа (электронная концентрация n_0) содержит центры рекомбинации (n_R, E_R) и ловушки (n_T, E_T), которые отличаются от центров рекомбинации тем, что возможны только переходы между ловушкой и валентной зоной.

а) G электрон-дырочных пар создаются в единицу времени оптическим излучением однородно внутри полупроводника. Можно предположить, что $\delta n, \delta p \ll n_0$. Рассчитайте возникшую фотопроводимость $\delta\sigma = \sigma - \sigma_0$.

б) Предположите, что в момент времени $t = 0$ свет выключается. Обсудите затухание фотопроводимости. Введите τ_i и τ_r соответственно для времени жизни дырки в валентной зоне перед захватом ловушкой и для времени, которое дырка проводит в ловушке.

7. Когда обсуждались гальваномагнитные эффекты в гл. X ч. II, безоговорочно предполагалось нулевое время жизни электрон-дырочных пар. Каковы последствия ненулевого времени жизни? Какие появляются дополнительные эффекты, когда освещают поверхность параллельно или перпендикулярно магнитному полю?

8. Стационарная концентрация электрон-дырочных пар образована на поверхности полупроводника ($x = 0$) оптическим возбуждением. Пары диффундируют через полупроводник к противоположной поверхности $x = a$. Внутри полупроводника концентрация пар затухает за счет рекомбинации зона — зона. Пары, которые достигают поверхности, рекомбинируют там через поверхностные состояния. Каков закон рекомбинации в объеме и на поверхности? Как величина $\delta n(x)$ зависит от τ и от соответствующих параметров, связанных с поверхностными состояниями? Каков эффект различной подвижности электронов и дырок?