

4. Получите (ч. II, 68.25) квазиклассическим методом аналогично тому, как он применен в ч. II, § 73. Опишите валентные электроны как классические осцилляторы с частотам переходов в качестве собственных частот. Введите силы осцилляторов $f_{jj'}$, определенные в задаче 3 к гл. IX ч. II. Покажите, что вклад от прямых переходов валентная зона — зона проводимости в действительную часть диэлектрической постоянной определяется выражением

$$\epsilon_1 \sim \omega^{-2} (2 \sqrt{E_G} - \sqrt{E_G + \hbar \omega}).$$

5. Расширьте трактовку в задаче 4 к гл. IX ч. II путем включения внешнего магнитного поля (мгновенное магнетопоглощение). Подтвердите (ч. II, 74.10) и найдите соответствующее выражение для ϵ_1 .

6. а) Используя приближение времени релаксации, рассчитайте мнимую часть плотности электрического тока при высоких частотах. Приравняв результат мнимой части (ч. II, 73.2), определите оптическую эффективную массу $m_{ор}$. Сравните $m_{ор}$ с эффективной массой m^* , определяемой второй производной от энергии по компонентам волнового вектора:

- 1) для изотропной параболической зоны $E = \hbar^2 k^2 / 2m$;
- 2) для анизотропной параболической зоны

$$E = (\hbar^2/2) (k_1^2/2m_1 + k_2^2/m_2 + k_3^2/m_3);$$

3) для двух зон с эффективными массами m_1 , m_2 , вырожденных при $k = 0$;

4) для изотропной зоны с полностью вырожденным электронным газом.

б) В случаях а2) и а3) какие комбинации эффективных масс появляются в плотности состояний $g(E)$? (Определение *плотности состояний в методе эффективной массы (density of states mass)*.)

в) В случае а2) какая комбинация эффективных масс появляется в циклотронной резонансной частоте ω_c ? Укажите ту комбинацию, которая зависит от ориентации магнитного поля.

7. Результатом взаимодействия зоны проводимости и спин-орбитального расщепления валентной зоны в InSb является не только существенно уменьшенная эффективная масса электрона $m^*(k)$ [$m^*(0) \approx 0,015m$], но также сильно измененный g -фактор электронов [$g^*(0) \approx -50$ сравнительно с $g = +2$ для свободных электронов]. Рассчитайте g -фактор, используя уравнение для зонной структуры InSb, данное в задаче 8 к гл. II, IV ч. I. При наличии магнитного поля уравнение должно быть расширено путем включения члена $\Delta P^2 e B / 3\hbar$ и энергетических параметров, модифицированных в соответствии с ч. I, § 8. Покажите, что в пределе $\Delta \gg E_g$ формула становится просто $g^*(0) = 1 - m/m^*(0)$.

К главам VIII, XI ч. II, к главе 1 данной книги

1. Получите линейный температурный коэффициент расширения $\alpha = -(1/l)(dl/dT)$ ионного кристалла (структура NaCl). Температура должна быть так высока, чтобы могла быть использована статистика Больцмана для расчета среднего отклонения ионов от их положения равновесия при $T = 0$. Опишите ион-ионное взаимодействие с помощью обеих возможностей, рассмотренных в § 4 (экспоненциальный и степенной закон для отталкивающей части взаимодействия).

2. В металлах фононы рассеиваются на свободных электронах в дополнение к механизмам рассеяния, рассмотренным в ч. II, § 94. В этом случае уравнение Больцмана для фононов может быть решено, подобно противоположному случаю рассеяния электронов на фононах (ч. II, § 60). Обсудите процедуру расчета, предполагая, что электронная система остается в равновесии.