

Механизм рассеяния	Неквантуемое магнитное поле				Квантовый предел			
	$\frac{d \ln r}{d \ln \mathcal{E}}$	$r_H$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\rho_{\perp}(H, T)$		$\rho_{\parallel}(H, T)$	
					невыврожденный полупроводник	вырожденный полупроводник	невыврожденный полупроводник	вырожденный полупроводник
Ионизированные примеси	1,5	1,93	2,15	0,706	$H_0 T^{3/2}$	$H^2 T^0$	$H_0 T^{3/2}$	$H^2 T$
Акустические фононы (деформационное взаимодействие)	-0,5	1,18	0,38	0,116	$H^2 T^{-1/2}$	$H^3 T$	$HT^{1/2}$	$H^2 T$
Акустические фононы (пьезоэлектрическое взаимодействие)	0,5	1,10	0,89	0,116	$HT^{-1/2}$	$H^4 T$	$H_0 T^{1/2}$	$HT$

нов с изотропным квадратичным законом дисперсии), при  $H \ll H_0$  постоянная Холла равна:

$$R = -r_H / N_3 e c, \quad (13)$$

где  $r_H$  — холл-фактор, величина к-рого определяется зависимостью времени  $\tau$  релаксации носителей от энергии  $\mathcal{E}$  (табл.). Для характеристики эффекта Холла часто используют т. н. холловскую подвижность  $\mu_H = R_H \sigma$ , где  $\sigma$  — электропроводность при  $H=0$ . С дрейфовой подвижностью  $\mu$  она связана соотношением  $\mu_H = \mu r_H$  (на опыте обычно измеряется именно  $\mu_H$ , а по ней судят о величине  $\mu$ ). Поперечное магнетосопротивление определяется выражением  $(\Delta \rho_{\perp} / \rho_{\perp} = \alpha_1 (H/H_0)^2$ , где  $\alpha_1$  зависит от механизма рассеяния (табл.).

При  $H \gg H_0$ , как и в металлах,  $R = (N_3 e c)^{-1}$  и не зависит от механизма рассеяния. Это обстоятельство используется для определения концентрации носителей  $N_3$ . Для поперечного магнетосопротивления теория предсказывает насыщение:  $\Delta \rho_{\perp} / \rho_{\perp} = \alpha_2$ , где  $\alpha_2$  не зависит от  $H$  (табл.). Однако на опыте насыщения часто не наблюдается. Причины этого — в искривлении линий тока в магн. поле; искривление обусловлено наличием в образце неоднородностей, а также конечными размерами образца. Наиб. ярко явление выражено в полупроводниках с большой подвижностью носителей. Магнетосопротивление очень чувствительно к анизотропии энергетич. спектра носителей. Так  $(\Delta \rho / \rho)_{\parallel}$  (отсутствующее в случае изотропного спектра) определяется гофрировкой изоэнергетич. поверхностей в импульсном пространстве (напр., в *p-Ge* и *p-Si*).

Если полупроводник имеет и электроны и дырки с подвижностями  $\mu_n$  и  $\mu_p$ , то при  $H \ll H_0$ , согласно (7) и (8):

$$R = \frac{1}{ec} \frac{N_3 \mu_n^2 - N_4 \mu_p^2}{(N_3 \mu_n + N_4 \mu_p)^2}, \quad (14)$$

откуда  $R=0$  при  $(N_3/N_4) = (\mu_p/\mu_n)^2$ , а не при  $N_3 = N_4$  ( $\mu_n/\mu_p$ , как правило, мало).

При  $H \gg H_0$  величина  $R$  зависит от соотношения между  $(H/H_0)^2$  и  $N_3/|N_3 - N_4|$ . Если  $(H/H_0)^2 \gg N_3/|N_3 - N_4|$ , то  $R = R_{\infty}$  [см. (12)]. Если  $(H/H_0)^2 \ll N_3/|N_3 - N_4|$ , то

$$R = -\frac{1}{N_3 e c} \frac{\mu_n - \mu_p}{\mu_n + \mu_p}. \quad (15)$$

Измерения температурных зависимостей постоянной Холла и магнетосопротивления при  $H \ll H_0$  и  $H \gg H_0$  дают информацию об отношении концентраций носителей и их подвижностей при разл. темп-рах.

В *Ge*, *Si* и *InSb* *p*-типа есть 2 сорта дырок, и следует учесть, что в области собств. проводимости имеется 3 типа носителей, а в области примесной проводимости — 2. В последнем случае осн. вклад в электропроводность при  $H=0$  дают тяжёлые дырки, несмотря на то, что их  $m^*$  больше. Времена релаксации обеих

групп дырок практически равны; отношение их концентраций пропорционально отношению плотностей состояний, т. е.  $(m_d^*/m_3^*)^{3/2}$ , а отношение подвижностей —  $(m_d^*/m_3^*)$ . В итоге отношение вкладов в электропроводность порядка  $(m_d^*/m_3^*)^{1/2}$ . Вклад же в  $R$  при  $H \ll H_0$  определяется отношением  $(N_d \mu_d)^2 / (N_3 \mu_3)^2 \approx (m_d^*/m_3^*)^{-1/2}$ . Т. о., постоянную Холла в слабых полях определяют лёгкие дырки, несмотря на то, что концентрация их меньше.

В полупроводниках относительно слабые электрич. поля вызывают неравномерность распределения носителей по энергиям — возникают «горячие» носители заряда, наблюдается нарушение закона Ома (1). Сила Лоренца отклоняет носители от направления дрейфа в электрич. поле. В итоге передача энергии от электрич. поля носителям уменьшается — магн. поле «охлаждает» носители. Соответственно возникают дополнит. изменения кинетич. коэффициентов. Наиб. ярко это проявляется в *многодолинных полупроводниках*, где под действием электрич. поля  $E$  существенно изменяются заселённости долин. Поэтому  $R$  и  $\Delta \rho / \rho$  в многодолинных полупроводниках существенно зависят от  $E$ . Магн. поле изменяет неравновесную заселённость долин. В итоге оказывается, что в электрич. поле возникает нечётная по  $H$  часть магнетосопротивления. Эта часть  $\Delta \rho$  в достаточно сильном электрич. поле может быть больше чётной, так что при соответствующих направлениях  $H$   $\Delta \rho$  становится отрицательным (наблюдалось в *n-Ge* и *n-Si*). Изучение Г. я. в такой ситуации — метод исследования характеристик горячих носителей (см. *Горячие электроны*).

В квантуемых магн. полях в вырожденных полупроводниках, как и в металлах, возникают осцилляции продольного и поперечного магнетосопротивления. Амплитуда осцилляционных пиков зависит от темп-ры носителей; измерения этих величин использовались для изучения зависимости темп-ры электронов от приложенного электрич. поля, причём по кинетике этого процесса удаётся оценить время релаксации энергии электронов. В сильных магн. полях, когда заполнено мало уровней, осцилляции выражены гораздо ярче, чем в типичных металлах. В случае невырожденных носителей зависимости  $(\Delta \rho / \rho)_{\perp}$  и  $(\Delta \rho / \rho)_{\parallel}$  от  $H$  и  $T$  характеризуются степенными функциями, причём показатели степени зависят от механизма рассеяния (табл.). Постоянная Холла при  $H \gg H_{KB}$  не зависит от механизма рассеяния и определяется тем же выражением, что и в классич. области.

Осцилляции поперечного и продольного магнетосопротивления, а также постоянной Холла (со значительно меньшей амплитудой при не слишком низкой темп-ре) наблюдаются в нек-рых полупроводниках (*GaSb*, *PgTe*) за счёт *магнитофононного резонанса* и его аналогов.