

СРЫВ ДИССИПАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ НЕУПРУГОМ РАССЕЯНИИ В МНОГОДОЛИННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

И.И.Восилюс, И.Б.Левинсон

В работе [1] было показано, что рассеяние электрона на оптических фононах энергии $\hbar\omega_0$ при низких температурах $kT \ll \hbar\omega_0$ может в некотором интервале электрических полей E рассматриваться как абсолютно неупругое. Это значит, что когда энергия электрона ϵ , возрастающая под влиянием поля E , достигает значения $\epsilon = \hbar\omega_0$, мгновенно испускается оптический фонон, и электрон останавливается. Если ускорение остановившегося электрона происходит в магнитном поле H (скрещенном с E), то его максимальная энергия $\epsilon_{\max} = 2mc^2 (E/H)^2$. Поэтому, при $H > H_c = 2(c/v_0)E$ (v_0 — скорость электрона с энергией $\hbar\omega_0$) $\epsilon_{\max} < \hbar\omega_0$, и после первого же рассеяния электрон теряет способность испускать оптические фононы. Это значит, что при $H > H_c$ полностью исчезают диссипативные эффекты. В результате гаусс-амперная характеристика (зависимость тока j от H при фиксированном E) обладает при $H = H_c$ особенностями — скачком диссипативного тока $j_{||}$ и ассиметричным острием холловского тока j_{\perp} [1].

В настоящей заметке указываются эффекты подобного рода, которые могут иметь место в многодолинных полупроводниках. Для простоты мы ограничиваемся случаем двух долин (рис.1) и полагаем $T=0$. Последнее означает, что при $E = 0$ электроны находятся в центрах долин, и что поглощение оптических фононов невозможно. Мы пренебрегаем также другими упругими механизмами рассеяния (примеси и акустические фононы). Специфика эффектов в многодолинной модели связана со следующими двумя обстоятельствами. Во-первых, поля E и H

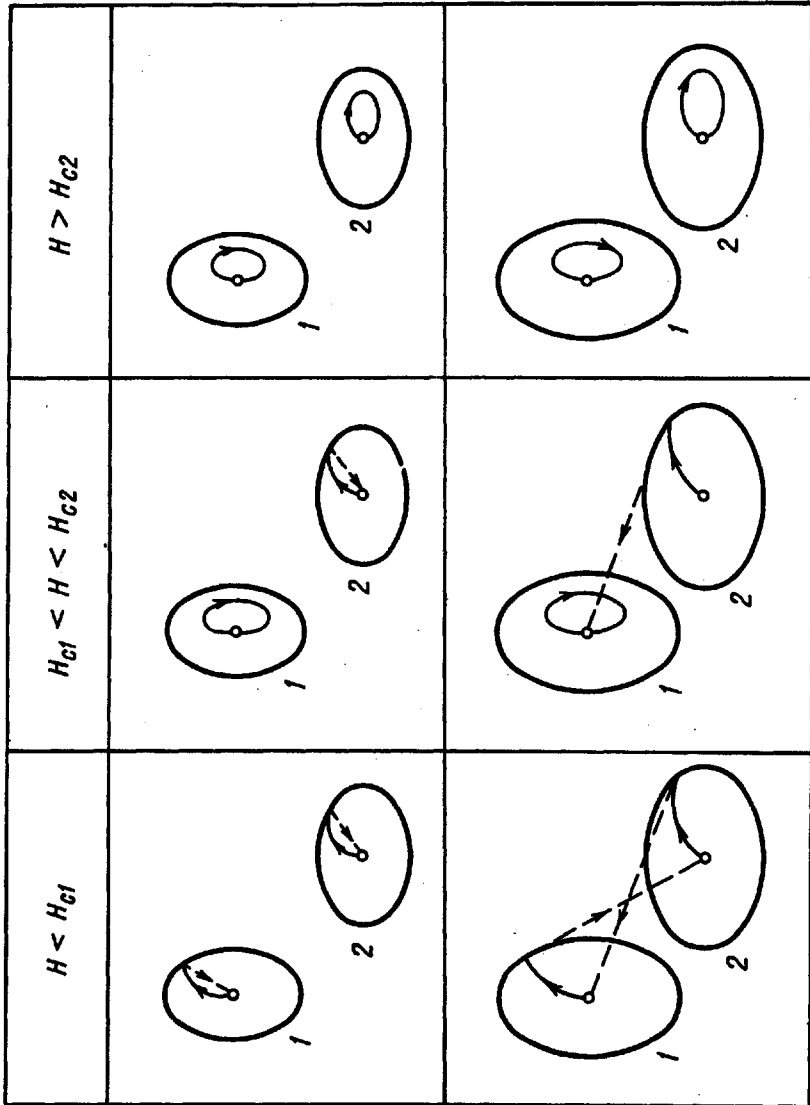


Рис.1

ориентированы по-разному относительно различных долин, и поэтому поля H_c в них различны [2]. Во-вторых, в многодолинном полупроводнике имеет место как внутривалинное g -рассеяние, так и междолинное f -рассеяние. При этом характерная скорость v_0 и критическое поле H_c в каждой долине определяются с помощью энергий внутривалинного фонона $\hbar\omega_g$ и междолинного фонона $\hbar\omega_f$, соответственно. На рис.1 показано движение электронов

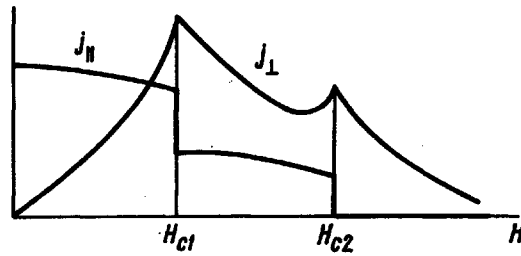


Рис.2

в импульсном пространстве после включения поля E . Верхний ряд рисунков относится к g -рассеянию, нижний — к f -рассеянию. Изображены изоэнергетические поверхности $\epsilon = \hbar\omega_g$ и $\epsilon = \hbar\omega_f$, соответственно, траектории движения электронов (сплошные линии) и переходы при испускании фононов (пунктирные линии). В поле H_c (для некоторой долины) происходит замыкание траектории, начинающейся при $\epsilon = 0$, внутри области $\epsilon < \hbar\omega_g$ или $\epsilon < \hbar\omega_f$ (этой долины). Рисунок соответ-

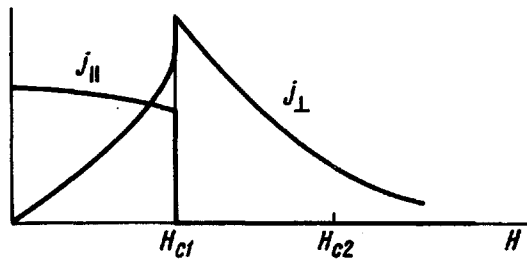


Рис.3

ствует случаю $H_{c1} < H_{c2}$, магнитное поле перпендикулярно плоскости рисунка, электрическое лежит в его плоскости и направлено вертикально. Если константы связи для обоих типов рассеяния одного порядка, то проявляется тот тип фононов, энергия которого меньше.

Рассмотрим сначала g -рассеяние. Так как мы не учитываем упругого междолинного рассеяния, то ток получается просто сложением токов отдельных долин, вычисленных в [2]. Гаусс-амперная характеристика обладает особенностями при двух значениях $H = H_{c1}$ и $H = H_{c2}$, причем особенности такого же типа, как и в случае одной долины (рис.2). Если повернуть E на 45° в плоскости рисунка, то будет

$H_{c1} = H_{c2}$, и особенность гаусс-амперной характеристики будет наблюдаться при одном значении H . В реальных многодолинных моделях число особенностей очень чувствительно к расположению долин. Так, например, при расположении долин в $n - Ge$, минимальное число особенностей — одна ($H \parallel [001]$, $E \parallel [100]$), между тем, как при расположении долин в $n - Si$ число особенностей не меньше двух ($H \parallel [001]$, $E \parallel [110]$). Максимальное число особенностей достигается в полях E и H общего положения и равно числу различно ориентированных долин, то есть четыре в $n - Ge$ и три в $n - Si$.

Перейдем теперь к случаю f -рассеяния. Из рис.1 видно, что в интервале полей $H_{c1} < H < H_{c2}$ все электроны переходят в долину 1. Поэтому при $H = H_{c1}$, в отличие от случая g -рассеяния, ддиссипативный ток исчезает совсем, а холловский ток имеет разрыв (рис.3). При $H > H_{c2}$ электроны возвращаются в долину 2, однако так как все замкнутые траектории дают одинаковый вклад в холловский ток [3], то при $H = H_{c2}$ особенностей гаусс-амперной характеристики не имеется. Таким образом, эффекты рассмотренного типа очень дискриминативны по отношению к междолинному и внутриволинному рассеянию.

Политехнический институт
г.Каунас
Институт физики полупроводников
Академии наук Литовской ССР

Поступило в редакцию
22 июля 1967 г.

Литература

- [1] И.И.Восилюс, И.Б.Левинсон. ЖЭТФ, 50, 1660, 1966.
- [2] И.И.Восилюс, И.Б.Левинсон. ЖЭТФ, 52, 1013, 1967.
- [3] И.М.Лифшиц, М.И.Каганов. УФН 69, 419, 1959; 78, 411, 1962.