

ЛИНЕЙНЫЙ ЭФФЕКТ МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЯ МНОГОДОЛИННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В ГРЕЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

М. Аше, Ю. Г. Завьялов, О. Г. Сарбей

Обычно рассматриваемое магнетосопротивление однородных кристаллов в слабых электрических полях зависит только от четных степеней магнитного поля, что является простым следствием общих соотношений Онзагера [1]. В этих соотношениях предполагается, что между напряженностью электрического поля и вызываемым им током существует линейная связь. В греющих электрических полях, однако, такая связь нарушается, и, можно ожидать, что величина магнетосопротивления будет зависеть от знака магнитного поля. В настоящей работе, в частности, рассматривается линейный по магнитному полю эффект магнетосопротивления в электронном кремнии.

Измерения были выполнены при температуре 77°К на образцах n -Si легированного фосфором и имевшего удельное сопротивление $\rho_{300} = 7 \text{ ом}\cdot\text{см}$. Направление электрического тока лежало в плоскости [110] и составляло угол 24° с направлением оси $\langle 100 \rangle$ в этой плоскости; направление магнитного поля было перпендикулярным току.

Результаты измерений показаны на рис. 1 и 2. Рис. 1, а и б относятся к случаям, когда направление магнитного поля лежало в плоскости [110] и было перпендикулярным ей, соответственно. В первом случае наблюдается уже описанное в [2] отрицательное магнетосопротивление и изменение магнитного поля на противоположное не меняет магнетосопротивления при всех напряженностях электрических полей. Во втором случае с наступлением разогрева электронов появляется зависимость величины магнетосопротивления от знака магнитного поля. Анализ ее показывает, что при $H \rightarrow 0$ в ней преобладает линейный по H член. В соответствии с общими соображениями высказанными выше, линейный эффект отсутствует в слабых электрических полях, где имеет место только квадратичный эффект, он появляется с началом разогрева электронов и проходит через максимум при определенной напряженности электрического поля.

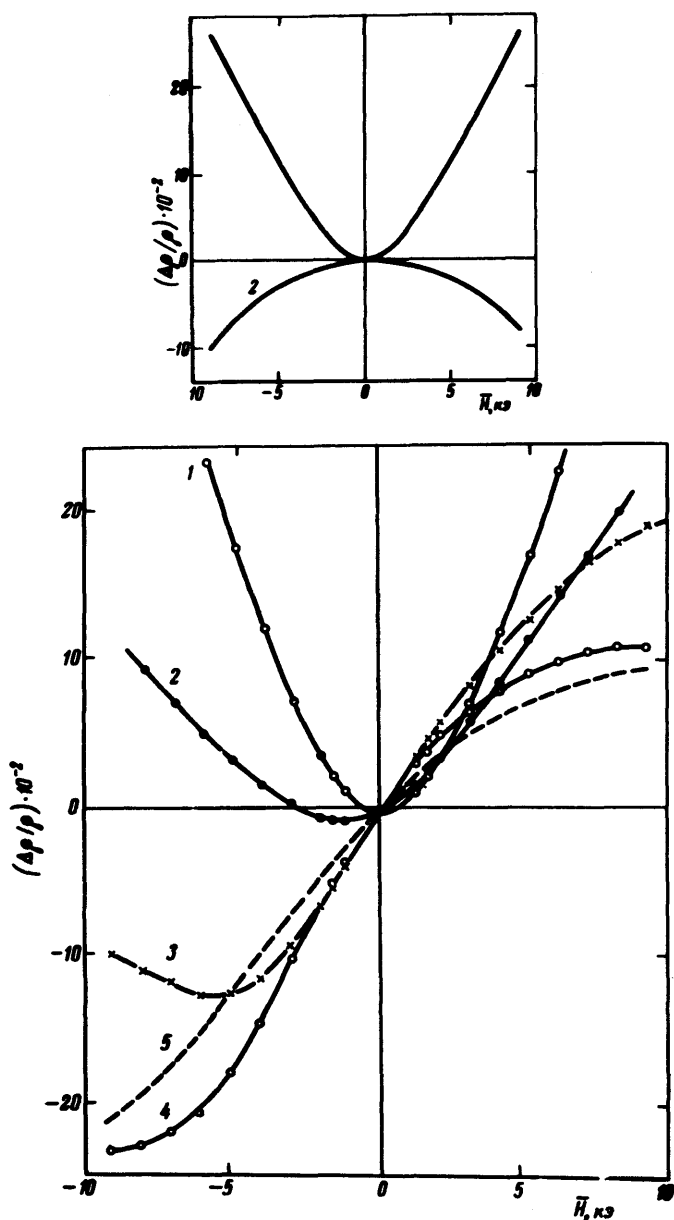


Рис. 1. Зависимости $\Delta\rho/\rho$ от H для различных электрических полей: а – кривая 1 – $\lg E = 0$, кривая 2 – $\lg E = 3,01$; б – кривая 1 – $\lg E = 0$, кривая 2 – $\lg E = 2,21$, кривая 3 – $\lg E = 2,41$, кривая 4 – $\lg E = 2,66$, кривая 5 – $\lg E = 3,01$

Картина появления линейного магнетосопротивления в ограниченном многодолинном полупроводнике может быть описана следующим образом. Направление токов электронов отдельных долин не совпадает с направлением полного тока всех электронов, которое задается контактами к кристаллу. При наложении магнитного поля возникающее холловское поле будет изменять как направление этих токов, так и среднюю

энергию и концентрацию электронов в долинах. В общем случае эти изменения зависят как от четных, так и от нечетных степеней H . Однако, наличие линейных по H членов в средней энергии и концентрации электронов в долинах еще не является достаточным для появления линейного магнетосопротивления: члены, связанные с разными долинами могут компенсировать друг друга. Из соображений симметрии легко

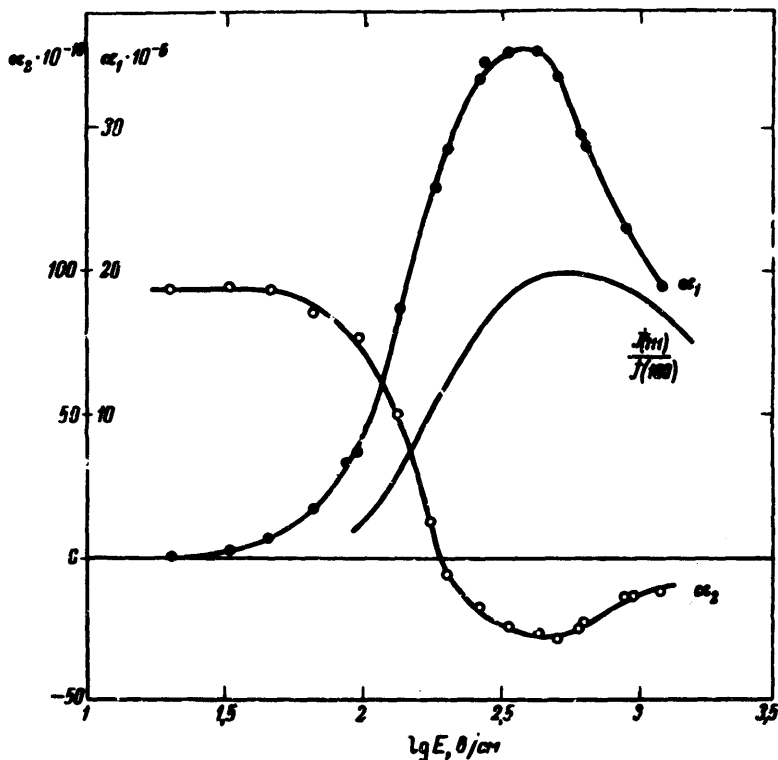


Рис. 2. Зависимость линейного α_1 и квадратичного α_2 магнетосопротивления от электрического поля

видеть, что такая компенсация происходит, например, в описанном выше случае, когда направление тока и магнитного поля в n -Si лежит в плоскости $[110]$. Она имеет место также в германии и кремнии, когда электрический ток направлен вдоль одной из осей симметрии кристалла (кроме оси 100 в n -Si, где нечетные по H члены отсутствуют и для отдельных долин). Вообще, линейное магнетосопротивление должно наблюдаться, если холловское поле имеет компоненту вдоль направления поля анизотропии, которое существует независимо от H в сильном электрическом поле. Из последнего следует, что ход линейного магнетосопротивления должен коррелировать с ходом анизотропии проводимости в греющем электрическом поле. Такая корреляция действительно имеет место, как это видно из рис. 2, где показана зависимость анизотропии проводимос-

ти, характеризуемой здесь отношением $i_{\langle 111 \rangle} / i_{\langle 100 \rangle}$ от электрического поля при $H = 0$.

В заключение авторы хотели бы поблагодарить П.М.Томчука, В.И.Стафеева и К.Репсиса за дискуссию .

Институт физики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
26 февраля 1971 г.

Литература

- [1] Дж. Займан. Электроны и фононы . ИИЛ, 1962, стр. 444.
 - [2] M.Asche, V.M.Bondar, O.G.Sarbey. Phys. Stat. Sol., 31, K143, 1969.
-