

КВАНТОВЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ХОЛЛА В УЗКОЩЕЛЕВОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ $Pb_{0,82}Sn_{0,18}Te$ В СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Г.В.Лашкарев, А.И.Дмитриев, М.В.Радченко, К.Д.Товстюк

В твердом растворе $Pb_{0,82}Sn_{0,18}Te$ n - и p -типа при 4,2 К обнаружены квантовые осцилляции коэффициента Холла в слабых магнитных полях начиная с 10 э. Полученные результаты объясняются особенностями зонного спектра, приводящими к появлению необычной группы носителей тока с крайне малой эффективной массой $m^* \lesssim 1 \cdot 10^{-4} m_0$, которая более, чем на два порядка величины, меньше массы обычных носителей.

В последнее время значительно возрос интерес к полупроводниковым материалам с узкой запрещенной зоной. С научной точки зрения они интересны как связующее звено между металлами и обычными полупроводниками. Одними из таких узкощелевых полупроводников, зонный спектр которых еще слабо изучен, являются твердые растворы $Pb_{1-x}Sn_xTe$.

Обычно к указанным полупроводникам применяют модель зонного спектра, установленного для $PbTe$, в котором экстремумы зоны проводимости и валентной зоны легких дырок локализованы в точках L зоны Бриллюэна, а изоэнергетические поверхности представляют собой эллипсоиды вращения, вытянутые вдоль направления $\langle 111 \rangle$ [1 – 4].

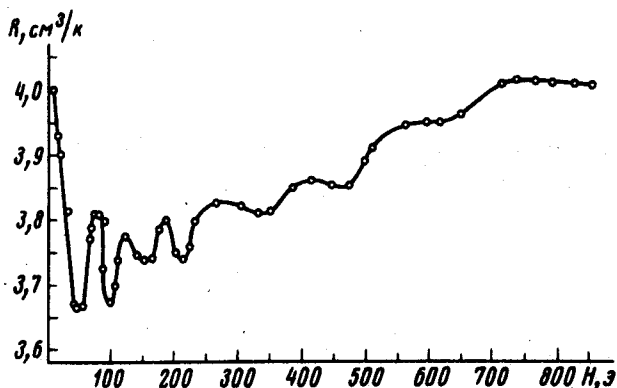
Однако появились экспериментальные работы, свидетельствующие об отклонении формы поверхности Ферми от эллипсоидальной. Так в [4, 5] наблюдались дополнительные семейства частот осцилляций Шубникова – де Гааза, что свидетельствует о наличии у поверхности Ферми более чем одного экстремального сечения. В [6] на основании результатов исследования слабополевого магнитосопротивления в $SnTe$ предложена новая модель поверхности Ферми, согласно которой у основного эллипсоида имеются карманы, вытянутые вдоль осей $\langle 100 \rangle$.

В [7] указывается, что у всех металлов (кроме первой группы) имеются сравнительно малые сечения поверхности Ферми, которые соответствуют малым полостям и перемычкам последней. Оценка показывает, что в них находится до $\sim 10^{-5}$ носителей на атом, имеющих эффективную массу $m^* \sim 10^{-3} m_0$.

В [8] учтена поправка к спектру, возникающая вследствие межэлектронного взаимодействия и приводящая в твердых растворах $Pb_{1-x}Sn_xTe$ с большой диэлектрической проницаемостью к появлению трех пучков волновых векторов k , лежащих в окрестности фермиевской поверхности в определенных диапазонах значений энергии Ферми ϵ_F . Наличие подобных карманов в Bi и $SnTe$ также теоретически предсказано в [9].

Существование у поверхности Ферми искривлений малого радиуса в виде упомянутых выше карманов может приводить к тому, что находящиеся в них носители тока имеют эффективную массу, значительно меньшую, чем обычные, имитируя наличие зоны сверхлегких электронов или дырок [10]. Так в случае, если эффективная масса носителей в карманах $m_k^* \sim 10^{-3} m_0$, следует ожидать появления квантовых осцилляций кинетических коэффициентов в слабых магнитных полях $H < 1$ кэ при гелиевых температурах.

С целью поиска этого эффекта нами были проведены исследования коэффициента Холла R монокристаллических образцов $Pb_{0,82}Sn_{0,18}Te$ n - и p -типа с концентрациями $(2 + 30) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ в магнитных полях $10 \div + 1000$ э при 4,2 К.



Зависимость коэффициента Холла от магнитного поля для образца $Pb_{0,82}Sn_{0,18}Te$ с концентрацией дырок $1,2 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$

Осциллирующая составляющая ЭДС Холла и магнитосопротивления в таком диапазоне магнитных полей весьма мала. Поэтому для ее непрерывной записи требуется значительное усиление при почти полной компенсации неосциллирующей составляющей. Последнее затрудняется сложной зависимостью последней от магнитного поля. Коэффициент Холла не так сильно зависит от H как магнитосопротивление, что дает возможность наблюдать осцилляции $R(H)$ при ее измерении по точкам в слабых магнитных полях.

Указанные обстоятельства определили методику эксперимента. Измерения R проводились компенсационным методом. Погрешность при этом составляла 3% в полях ~ 10 э и не превышала 1% при $H > 30$ э. Слабополевые осцилляции наблюдались на трех образцах p -типа и на одном образце n -типа. Типичная зависимость $R(H)$ приведена на рисунке. Видно, что амплитуда осцилляций превышает ошибку эксперимента. Отметим, что осцилляции Шубникова — де Гааза, связанные с обычными носителями тока, имеющими $m^* \sim 10^{-2} m_0$, начинаются в области магнитных полей $H \gtrsim 3$ кэ [3].

Оценки величины эффективной магнитной массы необычных носителей тока, ответственных за появление слабополевых осцилляций, были выполнены двумя способами: 1) из условия квантования $\hbar\omega_c/kT \gtrsim 3$, 2) по частоте осцилляций и известной ϵ_F . Оба способа привели к значениям $m^* \lesssim 10^{-4}m_0$.

Таким образом, в твердых растворах $Pb_{0,82}Sn_{0,18}Te$ *n*- и *p*-типа обнаружены квантовые осцилляции коэффициента Холла в очень слабых магнитных полях, свидетельствующие о сложной форме поверхности Ферми в узкощелевых полупроводниках этого типа.

Авторы выражают благодарность В.Б.Орлецкому за предоставление образцов и В.М.Багинскому за полезные дискуссии.

Институт полупроводников
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
12 июля 1976 г.

Литература

- [1] J.R.Burke, B.Houston, H.T.Savage, J.Babiskin, P.G.Silbenmann. Bull. Am. Phys. Soc., 13, 484, 1968.
- [2] J.R.Burke, B.Houston, H.T.Savage. Phys. Rev., B2, 1977, 1970.
- [3] J.Melngailis, T.C.Harman, J.G.Mavroides, J.O.Dimmock. Phys. Rev., 33, 370, 1971.
- [4] J.R.Burke, J.D.Jensen, B.Houston. J. Phys. Chem. Sol., 32, Suppl., № 1, 393, 1971.
- [5] J.R.Burke, R.S.Allgaier, B.B.Houston, Jr., J.Babiskin, P.G.Silbenmann. Phys. Rev. Lett., 14, 360, 1965.
- [6] R.S.Allgaier, B.Houston. Phys. Rev., B3, 2186, 1972.
- [7] И.М.Лифшиц, М.Я.Азбель, М.И.Каганов. Электронная структура металлов, М., изд. Наука, 1971.
- [8] М.Ф.Олексева. К теории взаимодействующих частиц с заданной группой симметрии. Автореферат кандидатской диссертации, Черновцы, 1974.
- [9] С.А.Гордюнин, Л.П.Горьков. Письма в ЖЭТФ, 20, 668, 1974.
- [10] R.S. Allgaier, B.Perl. Phys. Rev., B2, 877, 1970.