

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ТЕРМООСЦИЛЛЯЦИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ В $Mn_xHg_{1-x}Te$

*О.А.Боднарук, И.Н.Горбатюк, С.В.Золотарев,
О.Д.Пустыльник, И.М.Раренко, Э.Б.Тальянский*

Экспериментально наблюдались термоосцилляции удельного сопротивления $Mn_xHg_{1-x}Te$ ($x \approx 0,07$) в диапазоне температур 4,2 – 40 К в фиксированных магнитных полях. Измерения проводились на совершенных монокристаллических образцах с высокой холловской подвижностью носителей ($\sim 2 \cdot 10^6$ см²/В·с) и температурой Дингля ниже 1 К.

В узкозонных полумагнитных полупроводниках (ПМП) теоретически предсказана возможность наблюдения нового квантового эффекта — термоосцилляций сопротивления, который проявляется в виде осциллирующей зависимости сопротивления кристалла от температуры при фиксированном магнитном поле¹. Этот эффект по своей природе подобен эффекту Шубникова — де Гааза, только в данном случае роль независимой переменной играет не магнитное поле, а температура. Термоосцилляции обусловлены зависимостью от температуры величины намагниченности, которая в результате обменного взаимодействия электронов проводимости с локализованными магнитными моментами ионов магнитного компонента определяют энергию электронов в магнитном поле в ПМП².

Вопрос об экспериментальном обнаружении этого явления до сих пор остается открытым³. В работе¹ сообщалось о наблюдении двух максимумов на температурных зависимостях магнитосопротивления $Mn_xHg_{1-x}Te$ $\rho_B(T)$ при температурах 1,6 и 25 – 40 К в полях $B = 1,2 - 1,5$ Т, которые авторы работы рассматривали как проявления эффекта термоосцилляций. Однако, такая трактовка вызывает возражения. В работе⁴ показано, что термоосцилляции могут наблюдаться в том же диапазоне магнитных полей и температур, что и осцилляции Шубникова — де Гааза (ОШГ), причем амплитуды термоосцилляций не могут быть выше амплитуд ОШГ. Поэтому наблюдение термоосцилляций при температурах, превышающих 25 К, в полях 1,2 – 1,5 Т маловероятно. Появление второго пика может быть также объяснено изменением положения максимума на зависимостях $\rho_T(B_0)$ с ростом температуры в $Mn_xHg_{1-x}Te$ вследствие изменения вклада в проводимость различных типов носителей тока⁴. Кроме того, при температурах 25 – 35 К явно выраженные особенности на зависимостях $\rho(T)$ наблюдались и в отсутствие магнитного поля⁴. По-видимому, экспериментальное наблюдение термоосцилляций возможно только на совершенных кристаллах ПМП, характеризующихся высоким значением холловской подвижности электронов и малым нетепловым уширением уровней Ландау³, характеризующимся величиной температуры Дингля.

В настоящей работе предлагаются результаты исследований гальваномагнитных свойств $Mn_xHg_{1-x}Te$ ($x \approx 0,07$), проведенные с целью обнаружения явления термоосцилляций сопротивления. Коэффициент Холла исследованных образцов зависел от магнитного поля и был отрицателен в области слабых полей. Значения концентраций носителей тока находились в пределах $n = (2 - 5) \cdot 10^{15}$ см⁻³ (4,2 К). Холловская подвижность электронов достигала величин $\mu_H = R_H \sigma = (1 - 1,8) \cdot 10^6$ см²/В·с (рис. 1), что существенно выше ранее опубликованных значений μ_H , в том числе и в работах^{1, 4}. В полях $B = 0,65$ Т при температурах 4,2 – 20 К наблюдались ОШГ (рис. 2). Положение осцилляционных пиков зависело от температуры, а их амплитуда менялась с температурой немонотонным образом (рис. 1). Значения температуры Дингля не превышали 1 К при значениях эффективных масс $m_e^* = (1 - 3) \cdot 10^{-3} m_0$.

При измерении температурных зависимостей $\rho_B(T)$ в фиксированных магнитных полях, меньших 0,2 Т, были обнаружены осцилляции (рис. 3). В отсутствие магнитного поля какие-либо особенности в поведении зависимости $\rho(T)$ не наблюдались. Амплитуда осцилля-

ций была максимальной в магнитных полях $0,02 - 0,04 \text{ Т}$ и уменьшалась при дальнейшем увеличении поля. В полях $B > 0,2 \text{ Т}$ осцилляции исчезали. Всего удалось наблюдать до четырех осцилляционных пиков, причем два из них лежали в области температур $20 - 40 \text{ К}$, где ОШГ уже не наблюдались. Поэтому объяснить существование этих пиков на основе предложенного механизма возникновения термоосцилляций ^{1, 4} трудно. В то же время, нельзя объяснить эти пики и прохождением максимума зависимости $\rho_T(B_0)$ через фиксированное значение магнитного поля, так как в случае исследованных образцов этот максимум лежал в области полей $B_0 = 1,2 - 1,8 \text{ Т}$, что много больше диапазона тех полей ($B < 0,2 \text{ Тл}$), в которых наблюдались осцилляции.

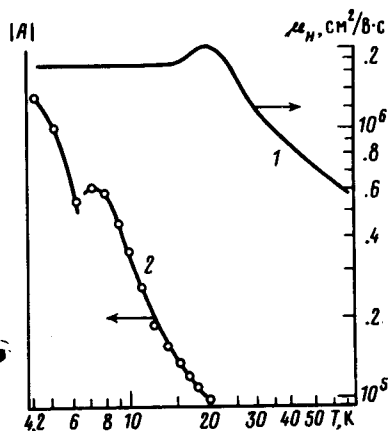


Рис. 1

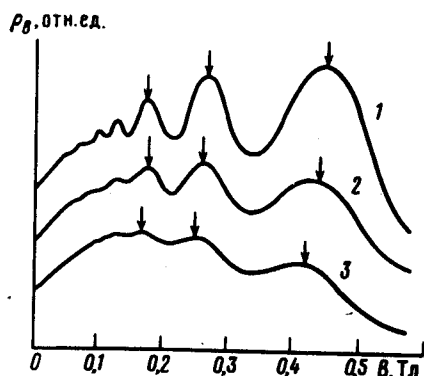


Рис. 2

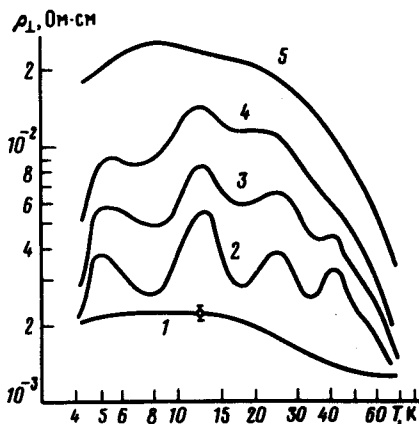


Рис. 3

Рис. 1. Температурные зависимости холловской подвижности носителей (1) и амплитуд осцилляций Шубникова – де Гааза (2)

Рис. 2. Осцилляции Шубникова – де Гааза в поперечном магнитном поле при различных температурах. $T, \text{ К}$: 1 – 4,2; 2 – 6; 3 – 10

Рис. 3. Температурная зависимость удельного сопротивления $\rho(T)$ в различных поперечных магнитных полях. $B, \text{ Т}$: 1 – 0; 2 – 0,04; 3 – 0,08; 4 – 0,2; 5 – 0,6

Таким образом, в совершенных монокристаллах $\text{Mn}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ в слабых магнитных полях обнаружены термоосцилляции сопротивления, исчезающие в отсутствие магнитного поля. Полностью объяснить наблюдавшийся эффект на основе существующей модели не удается.

Литература

1. Dobrowolska M., Dobrowolski W., Galazka R.R., Kossut I. Solid St. Comm., 1979, 28, 25.
2. Bastard G., Rigaux C., Guldner Y., Mycielski J., Mycielski A. J. Phys. Paris, 1978, 39, 87.
3. Brandt N.B., Moshalkov V.V. Advances in Physics, 1984, 33, 193.
4. Davydov A.B., Ponikarov B.B., Tsidelkovski I.M. Phys. Stat. Sol. (b), 1980, 101, 127; ФТП, 1981, 15, 881.

Поступила в редакцию

19 апреля 1985г.