

- [1] Anderson P. W. // Science. 1987. V. 235. N T-10. P. 1196—1198.
 [2] Nagaoka Y. // Phys. Rev. 1966. V. 147. N 1. P. 392—405.
 [3] Nikolaev M. Yu., Ryzhanova N. V., Vedyayev A. V., Zubritskii S. M. // Phys. St. Sol. (b). 1985. V. 128. N 2. P. 513—523.
 [4] Roth L. M. // Phys. Rev. 1969. V. 184. N 2. P. 451—459.
 [5] Goryachev E. G., Kuzmin E. V. // Phys. Lett. A. 1988. V. 131. N 7—8. P. 481—485.
 [6] Nolting W., Borgiel W. // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. N 10. P. 6962—6978.

Институт физики металлов
 УрО АН СССР
 Свердловск

Поступило в Редакцию
 3 сентября 1989 г.
 В окончательной редакции
 1 декабря 1989 г.

УДК 541.67

© Физика твердого тела, том 32, № 5, 1990
 Solid State Physics, vol. 32, N 5, 1990

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА CuFeSe_2 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ

В. Г. Плещев, Р. Ф. Габбасов

Среди тройных алмазоподобных полупроводников особую группу составляют соединения типа AFeX_2 ($\text{A}=\text{Ag}, \text{Cu}$; $\text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) [1, 2], присутствие в которых элемента с незаполненной $3d$ -оболочкой делает возможным существование при определенных условиях магнитного упорядочения при сохранении полупроводникового характера проводимости. Наиболее изученным в этой группе соединений является халькопирит (CuFeS_2), обладающий полупроводниковыми свойствами и антиферромагнитным упорядочением ниже 820 К [3]. Другое соединение из этой группы CuFeSe_2 является малоизученным материалом. Имеющиеся сведения показывают, что данное соединение может существовать с некоторым отклонением от стехиометрического состава [4, 5]. Систематические исследования физических свойств CuFeSe_2 отсутствуют, однако близость его по химическому составу к халькопириту позволяет предполагать и некоторое сходство их физических свойств. Так, по имеющимся данным CuFeSe_2 представляет собой полупроводник с малой шириной запрещенной зоны [2].

В настоящей работе проведены исследования электропроводности σ , коэффициента термоэдс α , магнитной восприимчивости χ образцов $\text{Cu}_{1-x}\text{FeSe}_2$ ($0 \leq x \leq 0.1$) в интервале температур 80—500 К. Образцы для исследований были синтезированы в вакууме методом твердофазных реакций из чистых элементов и по своему составу соответствовали однофазному состоянию. На рис. 1 представлены результаты исследования электропроводности (a) и коэффициента термоэдс (b) для $x=0$ (1), 0.05 (2), 0.08 (3), 0.1 (4).

Поскольку исследуемые образцы отличаются концентрацией дефектов, связанных с отклонением от стехиометрического состава, то низкотемпературные участки зависимостей $\sigma(T)$ могут быть связаны с примесной проводимостью, которая при повышении температуры уступает место собственной. На зависимостях $\ln \sigma(1/T)$ трудно выделить достаточно протяженные линейные участки, поэтому определение энергий активации проводимости представляется затруднительным. Однако приближенная оценка показывает увеличение энергии активации при возрастании температуры примерно на порядок величины до значения, полученного ранее для CuFeSe_2 и равного 0.16 эВ [2]. Коэффициент термоэдс у синтезированных образцов $\text{Cu}_{1-x}\text{FeSe}_2$ также обнаруживает зависимость от состава

соединения. Температурные зависимости α являются для всех образцов характерными для наличия двух типов носителей заряда. При низких температурах преобладающий вклад в проводимость вносят дырки, а при высоких осуществляется проводимость n -типа. Смена знака α происходит в интервале температур 400—450 К.

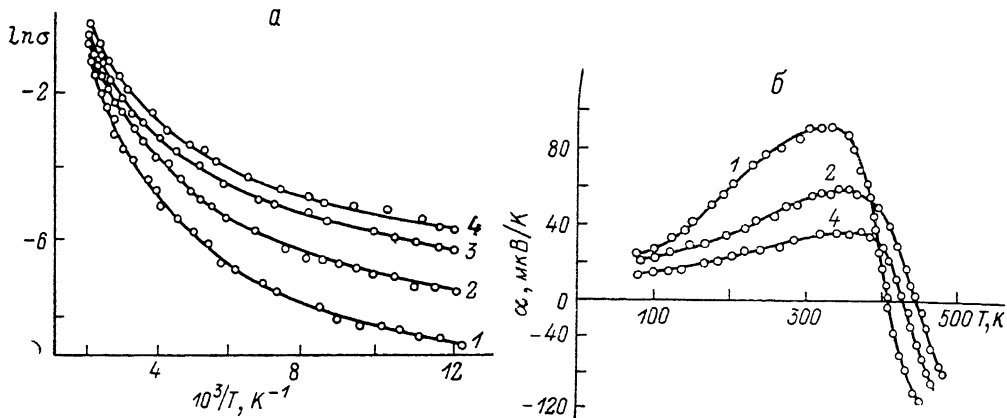


Рис. 1.

Анализ влияния дефектов на электрические свойства алмазоподобных полупроводников, являющихся соединениями переменного состава, показывает, что дефекты, возникающие при недостатке металла, должны обладать акцепторной активностью независимо от того, будет ли характер химической связи в рассматриваемых соединениях преимущественно ионным или ковалентным [6]. В связи с этим возрастание σ при уменьшении содержания меди, наиболее сильно проявляющееся в области низких температур, может быть связано с возрастанием количества достаточно мел-

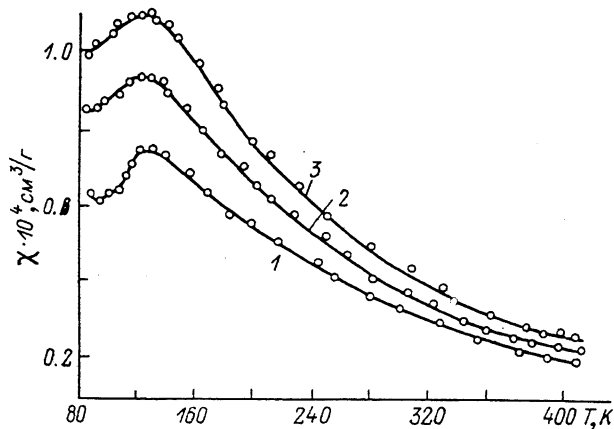


Рис. 2.

ких акцепторных уровней, связанных со структурными дефектами и обуславливающих p -тип проводимости. По мере повышения температуры происходят истощение этих уровней и переход к собственной проводимости с преимущественным вкладом электронов. При этом различие в концентрациях дефектов и связанных с ними неосновных носителей заряда уже не играет существенной роли.

Удельная магнитная восприимчивость также обнаруживает зависимость от состава (рис. 2), в целом увеличиваясь при уменьшении содержания меди в $\text{Cu}_{1-x}\text{FeSe}_2$ (1 — $x=0$, 2 — 0.05, 3 — 0.1), причем различия в значениях χ наиболее существенны в низкотемпературной области, где наи-

более сильно отличаются и величины σ образцов разного состава. Интересными представляются и температурные зависимости магнитной восприимчивости, полученные впервые для CuFeSe_2 . Характерным является наличие максимума при температурах 120—130 К. В целом зависимости $\chi(T)$ подобны таковым для антиферромагнетиков, в которых положение максимума указывает температуру магнитного упорядочения. Значения температур Кюри—Вейсса, полученных экстраполяцией линейной зависимости $\chi^{-1}(T)$ при температурах, больших 150 К, являются отрицательными и составляют для различных образцов —600—700 К, что дополнительно указывает на возможность антиферромагнитного упорядочения в исследованных образцах при низких температурах.

Учитывая близость химического состава и возможное родство кристаллических структур CuFeS_2 и CuFeSe_2 , можно предполагать, что характер взаимодействий, приводящих к магнитоупорядоченному состоянию в CuFeSe_2 , может быть в основном подобен обменным взаимодействиям в халькопирите. Увеличение средних межатомных расстояний, вызванное заменой серы селеном, делает эти взаимодействия более слабыми, в результате чего понижается и температура магнитного упорядочения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Жузе В. П., Сергеева В. М., Штрум Е. Л. // ЖТФ. 1958. Т. 28. № 2. С. 233—238.
- [2] Жузе В. П., Сергеева В. М., Штрум Е. Л. // ЖТФ. 1958. Т. 28. № 10. С. 2098—2108.
- [3] Teranisci T. // J. Phys. Soc. Jap. 1961. V. 16. P. 1881—1887.
- [4] Bernardini G. P., Corsini F., Mazzetti G. // Mater. Res. Bull. 1982. V. 17. N 8. P. 981—991.
- [5] Плещев В. Г., Крушатина Н. А., Тюрина И. В. // Деп. в ВИНТИ. 1987. № 8810-В87.
- [6] Neumann H. // Cryst. Res. and Technol. 1983. V. 18. N 4. P. 483—490.

Уральский государственный университет
им. А. М. Горького
Свердловск

Поступило в Редакцию
7 июля 1989 г.
В окончательной редакции
4 декабря 1989 г.

УДК 537.312.62

© Физика твердого тела, том 23, № 5, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 5, 1990

ВЛИЯНИЕ СЛОИСТОСТИ СТРУКТУРЫ НА КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ В ВИСМУТОВЫХ И ТАЛЛИЕВЫХ ВТСП

И. П. Ипатова, Ю. Э. Китаев, В. Г. Малышкин, Р. А. Эварестов

Теоретические и экспериментальные исследования фононов в монокристаллических висмутовых и таллиевых ВТСП ведутся очень интенсивно [1—4]. В данной работе изучаются соединения класса $(\text{Tl/Bi})_2(\text{Ba/Sr})_2\text{Ca}_{n-1}\text{CuO}_{2n+4}$, обладающие пространственной симметрией $I4/m\bar{m}$ (D_{4h}^{17}) [5, 6].

Поскольку эти кристаллы содержат большое число атомов в примитивной ячейке, расшифровка оптических спектров в таких объектах является весьма сложной задачей. При ее решении, проводя теоретико-групповой анализ фононов в кристаллах ВТСП, обычно изучают объемный кристалл как систему, периодичную в трех измерениях [1—4].
Можно, однако, исходя только из симметричного рассмотрения, получить дополнительную информацию о колебательных спектрах, если учесть,