

## МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ: ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ СУРЬМЫ В ВИСМУТЕ

*Б.И.Веркин, Л.Б.Кузьмичева, И.В.Свечкарев*

Кроме квантования спектра, приводящего к появлению диамагнетизма Ландау, магнитное поле возмущает состояния зон, разделенных малым зазором, смешивая их волновые функции. Это может интерпретироваться, как сближение зон, в результате которого занятые состояния нижней, повышая энергию, дают диамагнитный вклад в восприимчивость, состояния верхней — наоборот, дают парамагнитный вклад [1,2]. Отсюда следует необычное свойство рассмотренного механизма — максимальный диамагнетизм в двухзонной модели должен проявляться при отсутствии свободных носителей, т.е. в полупроводниковой ситуации. Столь упрощенная трактовка межзонных вкладов в восприимчивость основана скорее на интуитивных соображениях, чем на строгих теоретических расчетах, так что она, как и результат ее применения, нуждается в экспериментальной

проверке. Для этой цели удобны сплавы висмут-сурьма, где необходимый переход металл-полупроводник реализуется монотонным смещением зон при добавлении сурьмы [3].

Магнитная восприимчивость монокристаллических сплавов с содержанием сурьмы до 14 ат. % была исследована в области температур 4,2 + 300°K.

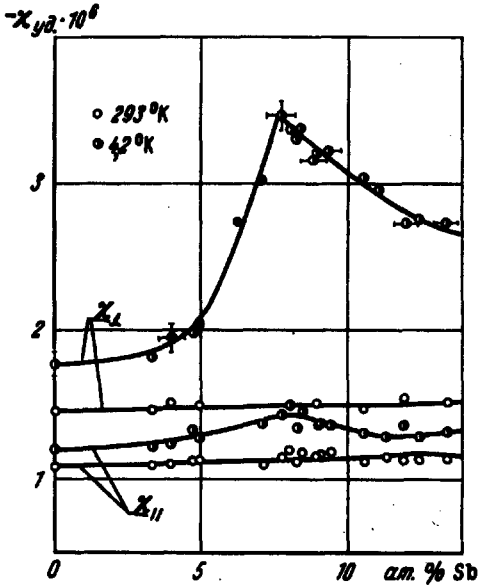


Рис.1

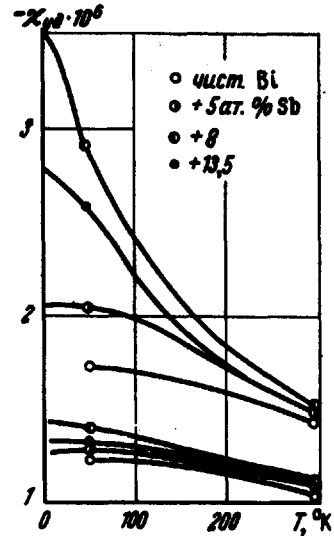


Рис.2

Результаты представлены на рис.1,2 (черная точка рис.1 – данные [4], вертикальные "усы" – неопределенность вследствие зависимости  $\chi$  от поля).

Ниже приводятся особенности полученных данных и сделанные на их основе выводы.

1. Диамагнетизм в направлении бинарной оси ( $\chi_{\perp}$ ) при 4,2°K резко возрастает с уменьшением числа свободных носителей по мере добавления сурьмы и, действительно, достигает максимальной величины в полупроводниковой области. Таким образом, получены непосредственные доказательства межзонной природы диамагнетизма висмута и, главное, правильности использованной качественной трактовки.

2. Максимальная величина  $\chi_{\perp} = -3,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{г}$  совпадает с экспериментальной оценкой для гипотетического чистого висмута, переведенного в полупроводник [2]. Так как  $\chi_{\perp}$  соответствуют наименьшие электронные массы, основной вклад в эффект дают зоны легких носителей, и, следовательно, их структура при введении сурьмы не меняется.

3. Температура, генерируя свободные носители, как и ожидалось, уменьшает диамагнетизм. Поскольку характерное поведение  $\chi_{\perp}$  нивелирует. ся при  $T \sim 200^{\circ}\text{K}$ , эффективно участвующие в межзонных взаимодей-

виях состояния заключены в энергетическом интервале  $\sim 20$  *мэв*, что служит верхней границей энергетического зазора между зонами легких носителей.

4. Максимум диамагнетизма наблюдается при концентрации сурьмы 7,5 ат.%, хотя по данным электропроводности термическая щель возникает при  $\sim 5$  ат.% [3]. Смещение максимума имеет принципиальный характер, так как практически не меняется преднамеренным ухудшением совершенст-

ва сплавов. В рассматриваемом магнетизме наиболее эффективны состояния у экстремумов зон, и в восприимчивости сплавов (в отличие от ряда других свойств) должны проявляться истинные границы зон, учитывающие размытие из-за неупорядоченности решеточного потенциала. Следовательно, обнаруженное смещение позволяет оценить ширину размытия границ зон сплава, которая при 7 ат.% сурьмы составляет  $\sim 3$  *мэв*.

Авторы благодарны И.М.Дмитренко и А.А.Щабло за помощь в работе и изготовление образцов.

Физико-технический институт  
низких температур  
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию  
26 июля 1967 г.

### Литература

- [1] E.N.Adams. *Phys. Rev.*, **89**, 633, 1953; V.Heine. *Proc. Phys. Soc.*, **A69**, 513, 1956; Б.И.Веркин, Л.Б.Кузьмичева, И.В.Свечкарев. *ЖЭТФ*, **50**, 1438, 1966.
- [2] Н.Б.Брандт, М.В.Разумеенко. *ЖЭТФ*, **39**, 276, 1960.
- [3] A.L.Jain. *Phys. Rev.*, **114**, 1518, 1959.
- [4] D.Shoenberg, M.Z.Uddin. *Proc. Roy. Soc.*, **A156**, 687, 1936.