

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $Gd_4Sb_3-Dy_4Sb_3$

Назаров Х.Х., Абулхаев В.Д., Рахимов Х.А., Холов Н.Ш.

(Институт химии им. В.И. Никитина Академии наук Республики Таджикистан)

Антимониды тяжёлых редкоземельных элементов (РЗЭ) состава Ln_4Sb_3 ($Ln=Gd, Tb, Dy$) при комнатной температуре являются сильными парамагнетиками с температурой Кюри 235, 175 и 138 К [1] соответственно.

В указанных антимонидах, как и в антимонидах тяжёлых РЗЭ состава Ln_5Sb_3 ($Ln=Gd, Tb, Dy, Ho$), магнитный порядок, по-видимому, определяется взаимодействием ионов по линии связи $Ln-Ln$.

В связи с этим определенным интересом представляет исследование магнитных свойств сплавов, содержащие разные ионы РЗЭ. К таким сплавом могут быть отнесены сплавы, образующиеся, например, в системе $Gd_4Sb_3 - Dy_4Sb_3$.

Целью данной работы явилось получение и исследование магнитных свойств сплавов системы $Gd_4Sb_3 - Dy_4Sb_3$.

Сплавы системы были приготовлены через каждые 10 мол.% Dy_4Sb_3 . В качестве исходных компонентов использовали предварительно синтезированные антимониды Gd_4Sb_3 и Dy_4Sb_3 .

Сплавы системы $Gd_4Sb_3-Dy_4Sb_3$ синтезировали следующим образом. Порошки предварительно синтезированных антимонидов - $Gd_4Sb_3-Dy_4Sb_3$, отвечающие конкретному химическому составу сплава $Gd_{4-x}Dy_xSb_3$ ($x=0,4-3,6$), тщательно смешивали, спрессовывали, помещали в герметичный молибденовый тигель и нагревали (со скоростью 5-10 К/мин) в среде гелия марки ВЧ. Оптимальная температура синтеза составляла 1523 ± 50 К. При этой температуре образцы выдерживали 2-3 часа.

Полученные сплавы, идентифицировали рентгенофазовым и металлографическим методами анализа. Рентгенофазовый анализ сплавов проводили на дифрактометре «ДРОН-2» с использованием отфильтрованного (фильтр-Ni) CuK_α излучения. Металлографический анализ сплавов осуществляли на микроскопе типа «НЕОФОТ-21».

Микротвердость сплавов и соединений измеряли на микротвёрдомере ПМТ-3.

Молярную магнитную восприимчивость (χ_m) сплавов измеряли в диапазоне температур (298-773) К по методике, приведенной в [2].

Рентгенографическим исследованием установлено, что сплавы, образующиеся в системе $Gd_4Sb_3 - Dy_4Sb_3$, представляют собой твёрдые растворы, кристаллизующиеся, как и исходные компоненты - Gd_4Sb_3 и Dy_4Sb_3 , в кубической сингонии типа анти- Th_3P_4 (табл.1)

Из таблицы следует, что параметр элементарной ячейки твёрдых растворов $Gd_{4-x}Dy_xSb_3$ ($x=0,4-3,6$) во всём диапазоне концентраций изменяется аддитивно. Микротвердость твердых растворов в диапазоне концентраций 10-90 % Dy_4Sb_3 изменяется в пределах

Кристаллохимические характеристики, микротвёрдость твёрдых растворов

№ п/п	Антимониды и твёрдые растворы	Сингония	Параметр элементарной ячейки ± 0.0005 нм	Плотность расчётная, кг/м ³	Плотность экспериментальная, кг/м ³
1.	Gd _{3.6} Dy _{0.4} Sb ₃	Кубич.	0.9230	8464	8460
2.	Gd _{3.2} Dy _{0.8} Sb ₃	-//-	0.9220	8510	8506
3.	Gd _{2.8} Dy _{1.2} Sb ₃	-//-	0.9210	8555	8548
4.	Gd _{2.4} Dy _{1.6} Sb ₃	-//-	0.9200	8567	8562
5.	Gd ₂ Dy ₂ Sb ₃	-//-	0.9190	8648	8642
6.	Gd _{1.6} Dy _{2.4} Sb ₃	-//-	0.9185	8680	8676
7.	Gd _{1.2} Dy _{2.8} Sb ₃	-//-	0.9175	8726	8722
8.	Gd _{0.8} Dy _{3.2} Sb ₃	-//-	0.9170	8760	8754
9.	Gd _{0.4} Dy _{3.6} Sb ₃	-//-	0.9165	8791	8788

Исследование магнитных свойств показало, что в диапазоне 298-773 К температурная зависимость обратной величины молярной магнитной восприимчивости твёрдых растворов Gd_{4-x}Dy_xSb₃ (x=0.4-3.6) следует закону Кюри –Вейсса [3], характерного парамагнитным веществам.

Таблица 2.

Магнитные характеристики антимонидов и твёрдых растворов.

№ п/п	Антимониды и твёрдые растворы	$\chi_m \times 10^6$ при 298 К.	θ_p , К	$\mu_{эфф.} \times 10^{-24}$, А. м ²
1.	Gd _{3.6} Dy _{0.4} Sb ₃	150463.5	238	77.62
2.	Gd _{3.2} Dy _{0.8} Sb ₃	189156.4	242	77.34
3.	Gd _{2.8} Dy _{1.2} Sb ₃	216682.2	254	70.76
4.	Gd _{2.4} Dy _{1.6} Sb ₃	275615.2	240	78.17
5.	Gd ₂ Dy ₂ Sb ₃	164604.0	228	80.2
6.	Gd _{1.6} Dy _{2.4} Sb ₃	133286.4	216	77.8

7.	Gd _{1.2} Dy _{2.8} Sb ₃	116360.2	186	83.18
8.	Gd _{0.8} Dy _{3.2} Sb ₃	106957.2	154	96.54
9.	Gd _{0.4} Dy _{3.6} Sb ₃	98023.52	145	99.04

Значения χ_m и парамагнитной температуры Кюри (θ_p) твёрдых растворов, определенной экстраполяцией линейной части зависимости $1/\chi_m-T$ к оси температур, приведены в табл.2.

Как видно из таблицы, рост молярной магнитной восприимчивости и парамагнитной температуры Кюри твёрдых растворов проявляется в диапазоне концентраций 0-30 мол.% Dy₄Sb₃. В остальном диапазоне концентраций значения χ_m и θ_p уменьшаются.

Установлено, что χ_m и θ_p твёрдых растворов в диапазоне концентраций 10-40 мол.%

Dy₄Sb₃ превышает χ_m и θ_p Gd₄Sb₃ (235 К), а во всем диапазоне концентраций превышает χ_m и θ_p Dy₄Sb₃ (138 К). С нашей точки зрения, это объясняется тем, что диспрозий, замещая атомы гадолиния в кристаллической решетке Gd₄Sb₃ усиливает обменное взаимодействие по линии связи Gd - Dy, влияние которой на магнитные свойства твёрдых растворов проявляется во всем диапазоне концентраций.

Рассчитанные значения эффективных моментов ионов РЗЭ оказались близки к трехзарядным ионам, вычисленных по правилу Хунда (табл. 2).

Таким образом, результаты данной работы указывают на возможность получения на основе антимонидов тяжёлых РЗЭ состава 4:3, в частности, антимонидов Gd₄Sb₃ и Dy₄Sb₃ сплавов с повышенными магнитными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абулхаев В.Д. Синтез и физико-химические свойства сплавов и соединений редкоземельных элементов сурьмой и висмутом: автореф. дисс. д.х.н. – Душанбе.: 1996. -48 с.
2. Чечерников В.И. Установка с использованием магнитных весов. Магнитные измерения. М.: Изд. МГУ. 1963. С. 92-94.
3. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов и полупроводников М.: Металлургия. 1969. -248 с.