

Письма в ЖЭТФ, том 17, вып. 2, стр. 81 - 84.

20 января 1973 г.

МЕТАМАГНЕТИЗМ В СИСТЕМЕ UAs_zSe_{1-z}

*К. П. Белов, А. С. Дмитриевский, Р. З. Левитин,
Т. Палевски, Ю. Ф. Попов, В. Суски*

В последние годы интенсивно исследуются магнитные свойства твердых растворов моносоединений урана с элементами V и VI групп типа UX_zY_{1-z} , где $X = P, As, Sb, Bi$, $Y = S, Se, Te$. Это обусловлено тем, что соединения UX имеют коллинеарную антиферромагнитную структуру, соединения UY являются коллинеарными ферромагнетиками, а в псевдобинарных твердых растворах этих моносоединений

друг с другом наблюдаются различные коллинеарные и неколлинеарные магнитные структуры [1–5]. Так, например, в системе UAs_zSe_{1-z} в нулевом поле обнаружено по крайней мере семь различных магнитных структур [3]. Соединения с $0 \leq z \leq 0,65$ имеют коллинеарную ферромагнитную структуру, при $0,65 \leq z \leq 0,7$ наблюдаются неколлинеарные антиферромагнитные структуры, которые можно описать как синусоидальную модуляцию Z -составляющей магнитного момента, а при $0,7 \leq z \leq 1$ осуществляются различные типы коллинеарных антиферромагнитных структур. Аналогичные результаты получены при нейтронографических исследованиях систем UAs_zS_{1-z} [2, 4] и UP_zS_{1-z} [5].

Магнитные измерения [6–9] показали, что в ряде антиферромагнитных смешанных соединений UX_zY_{1-z} наблюдается метамагнетизм: в магнитном поле происходит переход из антиферромагнитного в ферромагнитное состояние. Например, соединение $UAs_{0,75}S_{0,25}$ при гелиевых температурах переходит в ферромагнитное состояние в магнитном поле примерно 20 кэ [9], соединение $UP_{0,75}S_{0,25}$ имеет при 30–70°K критическое поле метамагнитного перехода порядка 5–10 кэ [6]. В то же время измерения намагниченности $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ показали, что это соединение при азотных и гелиевых температурах остается антиферромагнитным вплоть до 80 кэ [8].

С целью обнаружения метамагнитного перехода в $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ мы провели измерения намагниченности этого соединения в импульсных магнитных полях до 200 кэ. Образцы $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ были синтезированы и проанализированы способом, изложенным ранее [3]. Намагниченность в сильных импульсных магнитных полях измерялась индукционным методом [10].

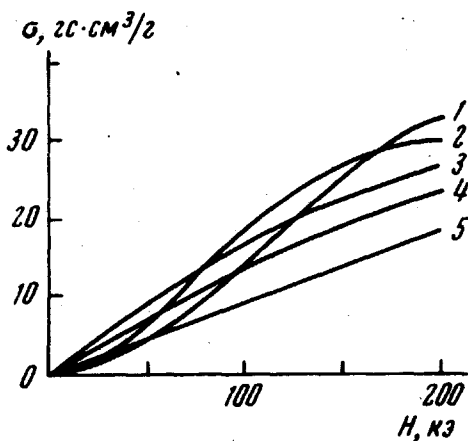


Рис. 1. Зависимость намагниченности соединения $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ от поля: 1 – 80°K, 2 – 100°K, 3 – 120°K, 4 – 130°K, 5 – 140°K.

На рис. 1 показаны зависимости намагниченности соединения $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ от поля при различных температурах. Из рисунка видно, что в магнитоупорядоченном состоянии (ниже примерно 130°K) в магнитных полях, превышающих 100 кэ, наблюдаются отклонения от линейной зависимости намагниченности от поля, а в поле порядка 200 кэ намагниченность приближается к насыщению. На рис. 2 изображены температурные зависимости намагниченности $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ в различ-

ных полях. При возрастании поля максимум намагниченности, характеризующий переход в антиферромагнитное состояние, смещается в сторону более низких температур, а в сильных полях максимум исчезает и кривая температурной зависимости намагниченности приобретает вид типичный для ферромагнетиков. Отметим, что при 80°K в поле 200 кэ намагниченность $\text{UAs}_{0,75}\text{Se}_{0,25}$ составляет $30 \text{ гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$. Это значение близко к теоретически рассчитанной намагниченности насыщения ферромагнитно упорядоченного соединения $\text{UAs}_{0,75}\text{Se}_{0,25} - 35 \text{ гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$ (при расчете момент иона урана в соединении $\text{UAs}_{0,75}\text{Se}_{0,25}$ был принят равным $2\mu_{\text{B}}$ – моменту иона урана, определенному нейтронографически в соединении USe [11]).

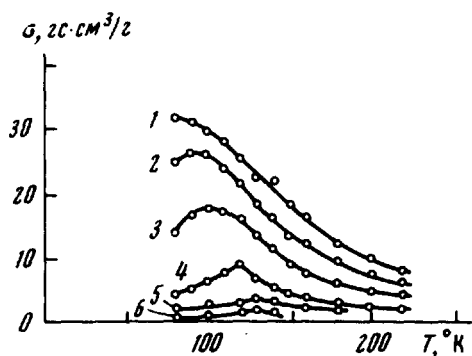


Рис. 2. Зависимость намагниченности соединения $\text{UAs}_{0,75}\text{Se}_{0,25}$ от температуры: 1 – 200 кэ , 2 – 150 кэ , 3 – 100 кэ , 4 – 50 кэ , 5 – 25 кэ (по данным работы [8]), 6 – 10 кэ

Таким образом, из наших измерений следует, что соединение $\text{UAs}_{0,75}\text{Se}_{0,25}$ в поле порядка $100 - 200 \text{ кэ}$ переходит из антиферромагнитного в ферромагнитное состояние.

Обменное взаимодействие в моносоединениях урана с элементами V и VI групп является косвенным и осуществляется через электроны проводимости [12]. В рамках этой модели, как показано в [12], различие типов магнитного упорядочения в моносоединениях урана с элементами V и VI групп обусловлено различным числом электронов проводимости в них: концентрация электронов проводимости составляет один электрон на атом урана в соединениях с элементами V группы и два электрона на атом урана в соединениях с элементами VI группы. Палевски [13] в таком же приближении рассчитал энергии различных ферромагнитных и антиферромагнитных структур в смешанных соединениях $\text{UX}_z\text{Y}_{1-z}$ и показал, что энергии ферро- и антиферромагнитных фаз составов с $z \approx 0,75$ близки друг к другу. Это обстоятельство обуславливает метамгнитные переходы в соединениях $\text{UX}_{0,75}\text{Y}_{0,25}$ в сравнительно слабых полях.

Сравнение полученных нами данных с результатами других авторов [6, 9] (см. также выше) показывает, что в смешанном соединении урана с селеном метамгнитный переход происходит в более сильных полях, чем в аналогичных соединениях с серой и фосфором, т. е. антиферромагнитная структура в соединениях с селеном более устойчива, чем в соединениях с серой и фосфором. Это, возможно, связано с тем, что $\text{UAs}_{0,75}\text{S}_{0,25}$ и $\text{UP}_{0,75}\text{S}_{0,25}$ имеют в отсутствие поля неколлинеарную

магнитную структуру [1, 2, 4, 5], а $UAs_{0,75}Se_{0,25}$ является коллинеарным антиферромагнетиком [3]. Кроме того, по-видимому, на величину поля метамагнитного перехода влияет магнитная анизотропия: в работах [8, 9, 14] показано, что анизотропия моноселенида урана больше, чем моносulfида.

Авторы благодарят проф. В.Тшебятковского и проф. Б.Сталинского за постоянный интерес к работе.

Московский
Государственный Университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
12 декабря 1972 г.

Институт низких температур
и структурных исследований
Польской Академии Наук
Г.Вроцлав

Литература

- [1] G.Lander, M.Kuznietz, D.Cox. Phys. Rev., 188, 963, 1969.
- [2] J.Leciejwicz, A.Muzasik, R.Troć, T.Palewski. Phys. Stat. Sol. (b) 46, 391, 1971.
- [3] J.Leciejwicz, R.Troć, A.Murasik, T.Palewski. Phys. Stat. Sol. (b), 48, 445, 1971.
- [4] G.Lander, M.Mueller, J.Reddy. "AIP Conf. Magnetism and Magnetic Materials, Chicago 1971", N.Y. 1972, p.1371; Phys. Rev., B6, 1880, 1972.
- [5] M.Kuznietz, G.Lander, Y.Baskin. J.Appl. Phys., 40, 1130, 1969.
- [6] J.Crangle, M.Kuznietz, G.Lander, Y.Baskin. J.Phys., C2, 925, 1969.
- [7] W.Trzebiatowski, T.Palewski. Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. sci. chim., 19, 83, 1971.
- [8] T.Palewski, W.Suski, T.Mydlarz. Intern. J. Magn. (в печати)
- [9] W.Suski, T.Polewski, T.Mydlarz. Phys. Stat. Sol. (в печати)
- [10] I.Jacobs, P.Lawrence. Rev. Sci. Instr., 29, 713, 1958.
- [11] F.Wedgwood, M.Kuznietz. Confer. Digest №3 Rare Earths and Actinides, Durham, 1971, p. 1969.
- [12] J.Grunzweig-Genossar, M.Kuznietz, F.Friedman. Phys. Rev., 173, 562, 1969.
- [13] T.Palewski. Prace Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej (в печати).
- [14] W.Suski, V.Rao, R.Troć, W.Wallace. J.Sol. St. Chem. 4, 223, 1972.