

Научно-исследовательский  
физико-химический институт  
им. Л. Я. Карпова  
Москва

Поступило в Редакцию  
3 мая 1990 г.

УДК 539.2 : 535

© Физика твердого тела, том 32, № 10, 1990  
Solid State Physics, vol. 32, N 10, 1990

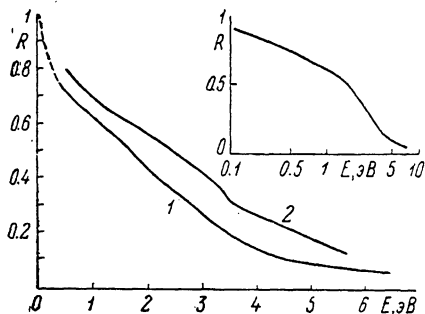
## ОПТИЧЕСКОЕ ОТРАЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА $UFe_{10}Sn_2$

А. Б. Безносков, А. И. Галуза, В. В. Еременко,  
Г. Ратайчак,<sup>1</sup> В. А. Ушаков

Тернарное интерметаллическое соединение  $UFe_{10}Sn_2$  с объемно-центрированной тетрагональной структурой типа  $ThMn_{12}$  принадлежит к новому перспективному семейству жестких ферромагнетиков [1]. Для выяснения природы их свойств необходима детальная информация об их электронной структуре, о которой пока известно немного. Часть нужных сведений

может быть получена из оптических измерений.

В работе измерено оптическое отражение  $UFe_{10}Sn_2$  в спектральной области  $0.3 \leq E \leq 6.4$  эВ, охватывающей основной диапазон энергий



Спектры отражения  $R(E)$  интерметаллидов  $UFe_{10}Sn_2$  (1) и  $U_6Fe$  (2).

На вставке — зависимость  $R(\lg E)$   $UFe_{10}Sn_2$ .

возбуждений системы его валентных электронов. Образец представлял собой пленку толщиной 370 нм с зеркальной отражающей поверхностью размером  $5 \times 6$  мм<sup>2</sup>, напыленную на стекло в вакууме  $\sim 1.3$  нПа.

Измерение спектральной зависимости отражения  $R(E)$  проведено на автоматизированном двухлучевом рефлектометре при угле падения  $\leq 10^\circ$  с применением двойного монохроматора МДР-6 со сменными решетками и источниками излучения (лампы КГМ 12-100 и ДДС-30). При энергии  $E \leq 1.5$  эВ в качестве детектора использовано фотоспротивление ФСВ-16 АН, а выше 1.5 эВ — фотоумножитель ФЭУ-100. Контрольные измерения проведены с помощью лазера ЛГН-113 на длинах волн 0.63 и 3.39 мкм с термоэлементом в качестве детектора. Измерение пропускания  $T$  показало, что в исследованной области спектра глубина проникновения света меньше толщины пленки (полученное значение  $T \sim 10^{-3}$  постоянно по спектру и определяется, по-видимому, наличием в пленке микроотверстий).

Экспериментальный спектр отражения  $UFe_{10}Sn_2$  представлен на рисунке. Там же приведен спектр отражения богатого ураном соединения  $U_6Fe$ , измеренный нами на механически полированном массивном поликристаллическом образце методом оптической эллипсометрии Битти [2]. Близость обоих спектров указывает на близость основных характеристик электронных систем этих соединений и тем самым на важную роль  $5f$ -оболочки урана в формировании оптических свойств  $UFe_{10}Sn_2$ . Сравнение

<sup>1</sup> Институт молекулярной физики ПАН, г. Познань.

с данными отражения Sn и Fe [3] дает основание предположить, что зона проводимости  $UFe_{10}Sn_2$  содержит значительно меньше почти свободных электронов, чем его исходные компоненты.

При анализе свойств переходных металлов, к которым следует отнести  $UFe_{10}Sn_2$  по ряду признаков (магнетизм, проводимость и др.), удобно разделить электронную систему на две части: почти свободные электроны преимущественно  $s$ -типа, эффективная масса  $m^*$  которых близка к массе  $m_e$  свободного электрона, и квазисвязанные электроны преимущественно  $d(f)$ -типа с существенно большей эффективной массой. Первые определяют в основном статическую электропроводность (в данном случае отражение  $R(E)$  при  $E \rightarrow 0$ ) и атомный радиус, вторые — магнитные явления и повышенную жесткость решетки [4]. Основные характеристики системы почти свободных электронов нетрудно оценить по полученной кривой  $R(E)$  в модели «желе» [5]. Экстраполируя отражение в инфракрасной области к единице с помощью соотношения Хагена—Рубенса

$$R \approx 1 - (2E/\pi^2 \sigma_0)^{1/2},$$

где  $\sigma_0$  — статическая проводимость, используя значение  $\hbar\omega_p \approx 4$  эВ, оцениваемое по положению плазменного порога отражения, хорошо проявляющегося на кривой  $R(\lg E)$  (вставка на рисунке), получаем:  $\sigma_0 \approx \approx 6.5 \cdot 10^5$  Ом $^{-1}$ ·м $^{-1}$  (соответствующее удельное сопротивление  $\rho \approx = 1.54$  мкОм·м), концентрация почти свободных электронов  $n = \omega_p^2 m^* / 4\pi e^2 \approx \approx 1.2 \cdot 10^{28}$  м $^{-3}$ , число почти свободных электронов на формульную единицу  $Z \approx 2.2$ , время релаксации  $\tau = 4\pi \sigma_0 / \omega_p^2 \approx 2 \cdot 10^{-15}$  с, импульс Ферми  $k_F = = (3\pi^2 n)^{1/3} \approx 7$  нм, длина свободного пробега  $\lambda_F = \hbar k_F \tau / m^* \approx 1.6$  нм. Соответствующий вклад в модуль всестороннего сжатия

$$K = \pi^{1/3} / 2 n^{5/3} / 3^{1/3} m^* \approx 2.3 \text{ ГПа.}$$

Приведенные данные подтверждают предположение о существенной роли  $5f$ -оболочек урана в формировании электронной структуры  $UFe_{10}Sn_2$ . В процессе образования этого соединения происходят значительные изменения в электронных конфигурациях составляющих его атомов, которые, как мы полагаем, связаны с захватом значительного числа валентных электронов на вакантные места в  $5f$ -оболочках урана. Таким образом, происходит обеднение широких  $s$ — $p$ -зон проводимости электронами за счет заселения узких  $f$ -зон с большой эффективной массой носителей. Значительна также роль основного контингента квазисвязанных состояний  $d$ -электронов. Низкое значение  $K$ , характерное скорее для щелочного металла Rb, чем для металлов переходных групп, свидетельствует, что химическая связь в системе в основном имеет не простой металлический характер, а осуществляется межатомными орбиталями  $d$ — $f$ -типа. Образование виртуальных связанных  $f$ -состояний и виртуальных валентных  $d$ — $f$ -связей является причиной понижения  $R(E)$  соединения в основной области энергий его валентных электронов.

Авторы благодарны В. Суски за полезные обсуждения.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Suski W., Baran A., Mydlarz T. // Phys. Lett. 1989. V. A136. N 1, 2. P. 89—91.
- [2] Соколов А. В. Оптические свойства металлов. М., 1961. 464 с.
- [3] Шумская Н. И. Определитель рудных минералов по спектральным кривым отражения. Л., 1985. 230 с.
- [4] Безносков А. Б., Еременко В. В., Никольский Г. С. Сплавы редких и тугоплавких металлов с особыми физическими свойствами. М., 1979. С. 81—85.
- [5] Пайнс Д. Элементарные возбуждения в твердых телах. М., 1965. 382 с.

Физико-технический институт  
низких температур  
АН УССР  
Харьков

Поступило в Редакцию  
3 мая 1990 г.