

Таким образом, в СМК-состоянии $\lambda(H)$ Ду при всех температурах измерения остается характерной для ФМ-порядка. В крупнозернистом состоянии кривые $\lambda(H)$ для ФМ- и ГАФМ-порядков существенно отличаются.

Список литературы

- [1] Mulyukov Kh.Ya., Korznikova G.F., Abdulov R.Z., Valiev R.Z. J. Magn. Magn. Mater. **89**, 207 (1990).
- [2] Mulyukov Kh.Ya., Korznikova G.F., Valiev R.Z. Mater. Sci. Forum. **62-64**, 627 (1990).
- [3] Mulyukov Kh.Ya., Korznikova G.F., Valiev R.Z. Phys. Stat. Sol. (a) **125**, 609 (1991).
- [4] Mulyukov Kh.Ya., Korznikova G.F., Sagdatkireeva M.B., Timofeyev V.N., Valiev R.Z. J. Magn. Magn. Mater. **110**, 73 (1992).
- [5] Korznikova G.F., Mulyukov Kh.Ya., Timofeyev V.N., Valiev R.Z. J. Magn. Magn. Mater. **135**, 46 (1994).
- [6] Королев А.В., Дерягин А.И., Завалишин В.А., Кузнецов Р.И. ФММ, **68**, 4, 672 (1989).
- [7] Mulyukov Kh.Ya., Khaphizov S.B., Valiev R.Z. Phys. Stat. Sol. (a) **133**, 447 (1992).
- [8] Schaefer H.-E., Kisker H., Kronmuller H., Wurschum R. Nanostruct. Mater. **1**, 6, 523 (1992).
- [9] Мулюков Х.Я., Корзникова Г.Ф. ФММ **78**, 1, 35 (1994).
- [10] Мулюков Х.Я., Корзникова Г.Ф., Никитин С.А. ФТТ **37**, 8, 2481 (1995).
- [11] Никитин С.А. Магнитные свойства редкоземельных металлов и сплавов. М. (1989). 105 с.
- [12] Баширов В.З., Кальянов А.П. ПТЭ, **2**, 223 (1989).

Физика твердого тела, том 38, № 5, 1996
Solid State Physics, vol. 38, N 5, 1996

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОБОДНЫХ ПЛЕНОК Sc МЕТОДАМИ АБСОРБЦИОННОЙ УЛЬТРАМЯГКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ И ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

© В.Н.Сивков, А.С.Виноградов, С.В.Некипелов,
А.В.Угловский, Л.В.Ширяева

Сыктывкарский государственный университет,
167001 Сыктывкар, Россия
(Поступило в Редакцию 19 июля 1995 г.
В окончательной редакции 9 декабря 1995 г.)

Проведенные нами ранее методом прямого фотопоглощения исследования $[^{1-3}]$ ближней тонкой структуры (БТС) $L_{2,3}$ -спектров поглощения (СП) $3d$ -металлов от Ti до Ni показали, что БТС этих спектров состоит из двух полос поглощения, обусловленных переходами $2p_{3/2,1/2} \rightarrow 3d$. Аналогичные результаты были получены методом характеристических потерь быстрых электронов $[^4]$. В отношении БТС $L_{2,3}$ -спектров поглощения Sc в ряде работ $[^{5-7}]$ было обнаружено ее подобие БТС СП $3d$ -металлов. Однако изучение БТС СП Sc в области $L_{2,3}$ -края поглощения с высоким энергетическим разрешением (ЭР) $\Delta E = 0.2 \text{ eV}$ $[^8]$ показало расщепление L_2 - и L_3 -пиков поглощения на две полосы, что не характерно для $L_{2,3}$ -спектров других $3d$ -металлов. С целью разрешения этого противоречия нами проведены исследования на

Энергетические положения (в eV) элементов БТС Sc $L_{2,3}$ -спектров поглощения, исследованных в настоящей работе и работах [5-8]

	K'	a	a'	b	b'	ΔE
Sc ₂ O ₃	—	401.4	403.0	405.6	407.4	0.4
Sc, $d = 340 \text{ \AA}$	400.6	401.8	403.2	405.6	407.4	0.2
Sc, $d = 720 \text{ \AA}$	400.3	401.4	402.8	405.2	406.9	0.2
Sc, $d = 500 \text{ \AA}$	400.0	401.0	402.2	404.5	406.2	0.2
«сэндвич»		400.5	401.9	404.5	405.6	0.2
[6]		~ 402		~ 407		0.5
[5]		401.9		405.9		1
		~ 400		405		~ 1

Примечание. ΔE — энергетическое разрешение (в eV).

спектрометре-монокроматоре РСМ-500 БТС $L_{2,3}$ -спектров поглощения пленок Sc.

Образцы готовились вне объема спектрометра методом термического испарения Sc с молибденовой лодочки в вакууме $1 \cdot 10^{-6}$ mm Hg в виде свободных пленок толщиной 350–800 Å и в виде «сэндвича» (Sc, закрытый с двух сторон Ti). Пленки Sc были рентгеноаморфными, содержание в них примесей составляло не более 0.1%. Толщина пленок измерялась методом Толанского.

Полученные в настоящей работе с ЭР $\Delta E = 0.2$ eV Sc $L_{2,3}$ -спектры поглощения приведены на рис. 1. Там же показан Sc $L_{2,3}$ -спектр поглощения Sc₂O₃, изученный нами методом квантового выхода [9] с ЭР $\Delta E = 0.4$ eV. Энергетические положения (ЭП) элементов БТС этих спектров приведены в таблице, где для сравнения также показаны данные других работ [5-8]. Из таблицы видно, что ЭП элементов БТС Sc $L_{2,3}$ -спектров поглощения свободных пленок Sc без защитного слоя Ti и Sc₂O₃ хорошо согласуются, что указывает на сильное окисление пленок Sc. Из сравнения спектров свободных пленок и «сэндвича» видно явное подобие их БТС, при этом разность энергий полос a и a' , b и b' в этих спектрах хорошо коррелирует. Последнее позволяет предполагать наличие окисла и в пленках Sc, закрытых Ti. Существенно, что ЭП элементов БТС в спектре «сэндвича» по сравнению со спектрами Sc₂O₃ и свободных пленок смещены в длинноволновую область спектра. При этом ЭП L_3 -края поглощения в спектре «сэндвича» (398.8 eV) согласуется с энергией ионизации L_3 -уровня в металлическом Sc, определенной методом фотоэлектронной спектроскопии (398.6 ± 0.2 eV) [10]. Последнее указывает на неполное окисление скандия в «сэндвиче».

Из сравнения ЭП элементов БТС $L_{2,3}$ -спектров поглощения пленок Sc, закрытого Ti, полученных в настоящей работе, с данными других исследований видно, что они хорошо согласуются. Отметим, что в работах [5-7] спектры поглощения исследовались со значительно худшим ЭР, что, вероятно, обусловило слияние пиков a , a' и b , b' в одну полосу поглощения и отсутствие наплыва K . Отметим, что при исследовании БТС $L_{2,3}$ -спектров поглощения пленок Sc с худшим ЭР ($\Delta E = 0.4$ eV)

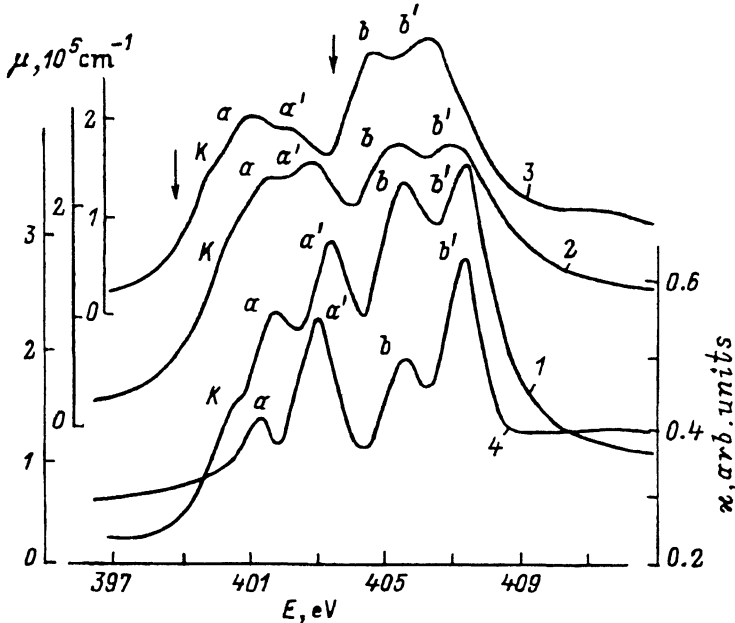


Рис. 1. Sc, $L_{2,3}$ -спектры поглощения свободных пленок скандия толщиной 340 (1), 720 Å (2), «сэндвича» (3) и Sc $L_{2,3}$ -спектр квантового выхода Sc_2O_3 (4). Стрелками указаны энергии ионизации L_3 - и L_2 -уровней (398.6 ± 0.2 и 403.4 ± 0.2 eV соответственно) металлического скандия, определенные методом фотоэлектронной спектроскопии [10]. Точкой отмечено положение L_3 -края поглощения, определенное на половине интенсивности напыля К (398.8 eV).

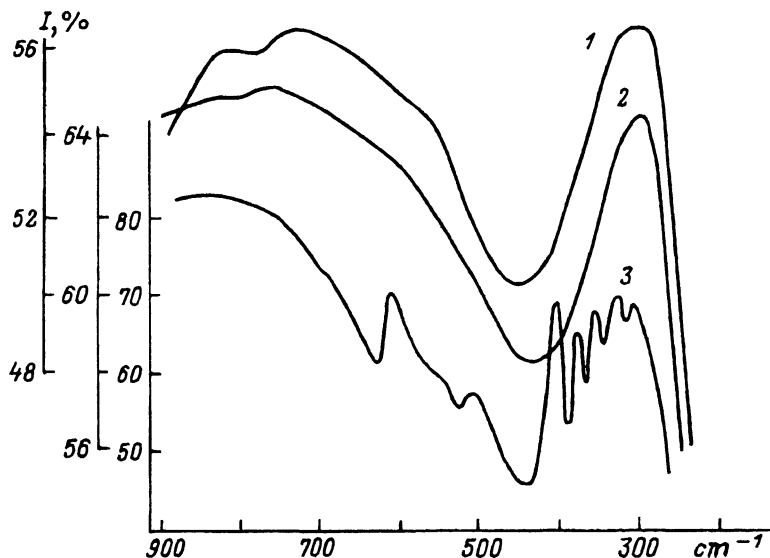


Рис. 2. ИК-спектры поглощения пленки Sc толщиной 450 Å (1), пленки Sc_2O_3 толщиной 500 Å (2) и Sc_2O_3 (3), запрессованной в таблетку KBr (800 mg KBr + 0.2 mg Sc_2O_3).

в спектрах уже не проявляется напыль K . Вероятно, отсутствие элемента K в $Sc L_{2,3}$ -спектре Sc_2O_3 обусловлено тем, что этот спектр был исследован с худшим ЭР ($\Delta E = 0.4 \text{ eV}$) из-за низкого квантового выхода электронов из Sc_2O_3 .

Для оценки степени окисления пленок Sc были проведены исследования пропускания ИК-излучения пленок, напыленных в вакууме на подложку из KRS-5 (Tl_2BrI). Полученные спектры приведены на рис. 2, где показаны также спектры кристаллической Sc_2O_3 и пленки Sc_2O_3 , напыленной на KRS-5 в вакууме с вольфрамовой лодочки. Явное сходство спектров демонстрирует наличие окиси Sc_2O_3 в свободных пленках металлического Sc . Отсутствие в спектрах пропускания пленок узких пиков, вероятно, обусловлено аморфностью и малой толщиной напыленных слоев Sc и Sc_2O_3 . Предполагая равенство плотностей окиси в пленках Sc и порошка Sc_2O_3 ($\rho \approx 3.86 \text{ g/cm}^3$), из сравнения спектров пропускания ИК-излучения пленок Sc и Sc_2O_3 в таблетках KBr можно оценить эффективную толщину окиси в пленках Sc величиной $d_{\text{eff}} \approx 400 \text{ \AA}$. Отсюда следует, что тонкие свободные пленки Sc оказываются полностью окисленными. Это объясняет большое сходство БТС $Sc L_{2,3}$ -спектров поглощения свободной пленки Sc ($d = 340 \text{ \AA}$) и Sc_2O_3 . Отметим, что изучение пропускания ИК-излучения в слоях Sc , напыленных на KRS-5 и закрытых сверху слоем другого металла или CsI, также показали наличие окисла в пленке. Однако оценить d_{eff} окисла в этом случае по пропусканию ИК-излучения невозможно из-за наличия структуры в спектрах защитных пленок.

Таким образом, проведенные исследования показали наличие окиси в пленках Sc , приготовленных методом вакуумного напыления и не имевших контакта с атмосферным кислородом. Это позволяет полагать, что БТС $Sc L_{2,3}$ -спектров поглощения, полученных в настоящей работе и, возможно, в работах [5-8], не соответствует спектрам чистого металлического скандия, и объясняет отличие ее от БТС $L_{2,3}$ -спектров поглощения металлического кальция [5], титана [1-3] и других $3d$ -переходных металлов [2-4], состоящих лишь из двух интенсивных полос поглощения.

Список литературы

- [1] Сивков В.Н., Виноградов А.С. ФТТ 25, 3, 897 (1983).
- [2] Сивков В.Н. Деп. в ВИНТИ, рег. № 8938-B (1985). 16 с.
- [3] Некипелов С.В., Сивков В.Н. ФТТ 36, 9, 2769 (1994).
- [4] Learman R.D., Crunes L.A., Fejes P.L. Phys. Rev. B26, 1, 614 (1982).
- [5] Barth J., Gerken F., Kunz C. Phys. Rev. 15, 6, 3608 (1983).
- [6] Nakamura H., Ichikawa K., Watanabe T. J. Phys. Soc. Jap. 52, 11, 4014 (1983).
- [7] Brousseau-Lahave B., Colliex G., Frandon J., Gasgnier M., Trebbin P. Phys. Stat. Sol. (b) 69, 1, 257 (1975).
- [8] Fink J., Müller-Heizerling Th., Scheerer B., Speier W., Hillebrecht F.U., Fuggle J.C., Zuanen J., Sawatzky G.A. Phys. Rev. B32, 8, 4899 (1985).
- [9] Румш М.А., Лукирский А.П., Шемелев В.Н. Изв. АН СССР. Сер. физ. 25, 8, 1060 (1961).
- [10] Gimzewski J.K., Fabian D.J., Watson L.M., Affrossman S. J. Phys. F. 7, 11, L305 (1977).