Физика твердого тела, том 25, в. 3, 1983
Solid State Physics, vol. 25, № 3, 1983

БЛИЖНЯЯ ТОНКАЯ СТРУКТУРА $L_{2,3}$-СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТИТАНА

В. Н. Сивков, А. С. Виноградов

В наших предыдущих работах [1, 2] было показано, что ближняя тонкая структура (БТС) Ti$L_{2,3}$-спектров поглощения определяется в основном распределением силы осцилляторов $2p \to 3d$, ε_d-переходов в атоме титана. Этот вывод был основан на сравнении БТС спектров квантового выхода внешнего рентгеновского фотоэффекта Ti, TiO_2 и K_2TiF_6 в области $L_{2,3}$-порога ионизации атома титана. Поскольку спектр квантового выхода может отражать структуру спектра поглощения вблизи порога с заметными искажениями в относительных интенсивностях деталей структуры [3], то для дальнейшего уточнения БТС в Ti$L_{2,3}$-спектрах поглощения представляет интерес получение спектральной зависимости сечения поглощения σ для металлического титана непосредственно методом пропускания.

БТС $L_{2,3}$-спектров поглощения титана была исследована методом рентгеновского фотопоглощения [4] на рентгеновском спектрометре-монохроматоре РСМ-500 [5]. Для изучения БТС использовалось тормозное излучение вольфрамового анода рентгеновской трубки. Для фильтрации коротковолнового излучения использовался покрытый полистиролом фокусирующий отражатель, установленный под углом 2°50′ к падающему пучку [6]. Рабочий режим рентгеновской трубки составлял 7 кВ, 70 мА, что при ширине щелей спектрометра $S=15$ мм обеспечивало в спектральном интервале 28÷23 Å интенсивность порядка 250 квантов/с.

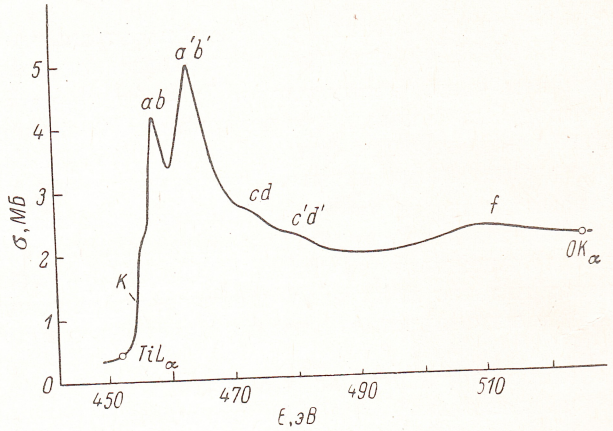
Абсолютные измерения коэффициентов поглощения проводились в следующем порядке: сначала регистрировалась в непрерывной записи интенсивность излучения без поглотителя, потом интенсивность излучения, проходящего через поглотитель. Флуктуации интенсивности при непрерывной записи спектров составляли примерно 3%. Учет влияния фона проводился путем привязки сечений поглощения по значениям, измеренным на монохроматических рентгеновских линиях Ok_α (23.62 Å) и TiL_α (27.42 Å).

Исследуемые образцы в виде свободных титановых пленок приготовлялись методом термического испарения титана с танталовой лодочки в вакууме не ниже $1\cdot10^{-5}$ мм рт. ст. Титан распылялся на полированную стеклянную пластинку, покрытую предварительно слоем маннита. Затем стеклянная пластинка помещалась в дистиллированную воду, где после растворения маннита на поверхности воды оставались свободные титановые пленки. Далее пленка на специальных держателях помещалась в прибор.

Для исследования БТС в области $L_{2,3}$-края поглощения титана применялись пленки толщиной 1160 и 400 Å. Толщина толстой пленки определялась на измерительном микроскопе МИИ-4 с точностью 10%, а толщина тонкой пленки путем сравнения коэффициентов пропускания обеих пленок на монохроматической линии OK_α, что в итоге обеспечивало определение толщины тонкой пленки с погрешностью до 14%.

На рисунке представлен исследованный с энергетическим разрешением $\Delta E \approx 0.7$ эВ $L_{2,3}$-спектр поглощения металлических титановых пленок. Энергетические положения деталей БТС приведены в таблице. При рассмотрении $L_{2,3}$-спектра поглощения титана необходимо отметить прежде всего наличие четкого края поглощения K, двух сильных полос поглощения ab и $a'b'$, двух небольших наплывов cd и $c'd'$ и широкой полосы поглощения в коротковолновой части спектра f.

Нам известны две работы [7, 8], в которых изучалась тонкая структура поглощения титановых пленок в области $L_{2,3}$-порога ионизации атома титана. В первой из них были получены спектры поглощения в узком спектральном интервале вблизи $L_{2,3}$-края поглощения титана, захватывающем только две сильные полосы поглощения. В другой работе спектры были изучены с низким энергетическим разрешением $\Delta E \approx 3$ эВ и имели слабо выраженную тонкую структуру. В связи с этим не представляется



Ближняя тонкая структура $L_{2,3}$-спектра поглощения металлического титана.
Кружками отмечены величины сечений поглощения, измеренные на характеристических рентгеновских линиях. Обозначения деталей БТС сделаны по аналогии с [2].

возможным детальное сравнение этих данных с нашими результатами. Отметим также, что полученные нами величины абсолютных сечений σ в районе $L_{2,3}$-порога ионизации атома титана хорошо согласуются с известными из литературы результатами измерений σ на характеристических рентгеновских линиях в диапазоне 10—50 Å [9, 10].

Сравнивая БТС в $L_{2,3}$-спектрах поглощения и квантового выхода [2] металлического титана, необходимо в первую очередь отметить сильное сходство этих спектров как по совокупности элементов БТС, так и по их энергетическим положениям. Но вместе с тем имеются и некоторые различия. Во-первых, полосы поглощения ab и $a'b'$ в $TiL_{2,3}$-спектре квантового выхода выражены менее четко, возможно, вследствие того что этот спектр получен с несколько худшим энергетическим разрешением $\Delta E \approx 1$ эВ, чем спектр поглощения. Во-вторых, наблюдается длинноволновое смещение максимумов ab и $a'b'$, равное 1.3 эВ при переходе от спектра квантового выхода к спектру поглощения. И, в-третьих, относительные интенсивности элементов БТС в $TiL_{2,3}$-спектре квантового выхода сильно искажаются. В частности, отношение интенсивностей полос ab и $a'b'$ к уровню непрерывного поглощения выше края в области 520 эВ в спектре квантового выхода по сравнению со спектром поглощения уменьшается в 1.5 раза, а к уровню перед краем уменьшается примерно в 4 раза. Следует, однако, заметить, что отношение интенсивностей самих полос ab и $a'b'$ практически не меняется при переходе от μ к $\varkappa$ и остается в обоих случаях примерно равными 1.22.

Энергетические положения (в эВ) деталей БТС в $L_{2,3}$-спектре поглощения металлического титана

	E, эВ
K	454.5
ab	457.7
$a'b'$	463.0
cd	470.0
$c'd'$	475.0
χ	455.0

Учитывая большое сходство БТС $L_{2,3}$-спектров поглощения и квантового выхода металлического титана, естественно перенести без существенных изменений результаты выполненной нами ранее интерпретации БТ

спектров квантового выхода [2] на случай спектров поглощения и считать, что сильные полосы ab и $a'b'$ в спектре поглощения связаны с переходами $2p_{3/2}$- и $2p_{1/2}$-электронов в $3d$-состояния атома титана, а наплывы cd и $c'd'$, как те же самые переходы, но с одновременным возбуждением валентного электрона. Появление четкого края поглощения K в $L_{2,3}$-спектре поглощения титана можно отнести к переходам $2p_{3/2}$-электронов титана в свободные состояния дна зоны проводимости в области уровня Ферми. Важно отметить, что энергетическое положение края поглощения K (454.5 эВ) хорошо согласуется с энергией связи $2p_{3/2}$-электронов титана относительно уровня Ферми (453.8 эВ), полученной методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии [11]. Широкую полосу поглощения f можно интерпретировать, согласно [8], как первую EXAFS-осцилляцию в тонкой структуре $L_{2,3}$-спектра поглощения титана.

Литература

[1] А. С. Виноградов, А. Ю. Духняков, В. М. Ипатов, Д. Е. Онопко, А. А. Павлычев, С. А. Титов. ФТТ, *24*, 1417, 1982.
[2] А. С. Виноградов, А. Ю. Духняков, В. М. Ипатов, А. А. Павлычев, В. Н. Сивков. ФТТ, *25*, N 2, 1983.
[3] М. А. Румш, А. П. Лукирский, В. Н. Щемелев. ДАН СССР, *25*, 106, 1961.
[4] А. П. Лукирский. Изв. АН СССР, сер. физ., *25*, 910, 1961.
[5] А. П. Лукирский, И. А. Брытов, Н. И. Комяк. В сб.: Аппаратура и методы рентгеновского анализа, вып. 2, с. 4. Л., Машиностроение, 1967.
[6] А. П. Лукирский, Е. П. Савинов, О. А. Ершов, И. И. Жукова, В. А. Фомичев. Опт. и спектр., *19*, 425, 1965.
[7] D. W. Fischer, W. L. Bann. J. Appl. Phys., *39*, 4757, 1968.
[8] D. Denley, R. S. Williams, P. Perffetti, D. A. Schirley, J. Stöhr. Phys. Rev., *B19*, 1962, 1979.
[9] О. А. Ершов. Автореф. канд. дис., ЛГУ, 1966.
[10] B. L. Henke, E. S. Ebisu. Adv. X-ray Analysis, *17*, 150, 1974.
[11] J. C. Fuggle, N. Martensson, J. Electron. Spectrosc. and Rel. Phen, *21*, 275, 1980.

Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова

Поступило в Редакцию
30 июня 1982 г.
В окончательной редакции
20 октября 1982 г.

Физика твердого тела, том 25, в. 3, 1983
Solid State Physics, vol. 25, № 3, 1983

МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ СПИНОВЫХ ВОЛН В АНТИФЕРРОМАГНЕТИКАХ

В. Л. Преображенский

Один из основных методов исследования спиновых волн (СВ) в антиферромагнетиках использует явление параметрической неустойчивости магнитной подсистемы кристалла в высокочастотном поле [1-3]. Релаксация СВ не всегда позволяет превысить порог их параметрического возбуждения при реально достижимой мощности накачки.

В настоящей работе рассматривается новый процесс нелинейного возбуждения спиновых волн, основанный на специфически сильном магнон-фононном взаимодействии в антиферромагнетиках с анизотропией типа «легкая плоскость» (АФЛП) [4-8].