

оптимальных частотах достаточно велики, чтобы использовать их для экспрессного определения калорийности сухих образцов сланцев, калорийности движущейся из шахты сланцево-известняковой массы, для влагометрии сланцев и известняков; этим подтверждена также возможность использования высокочастотных приборов для различения сланцев и известняков в системах автоматической породовыборки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арш Э. И., Высокочастотный автогенераторный контроль в горном деле, М., 1971.
2. Арш Э. И., Красин Л. А., Эрперт А. М., Измерение диэлектрических свойств горных пород с помощью накладного конденсатора, Геология и геофизика, № 4 (1968).

Таллинский политехнический институт

Поступила в редакцию
27/VI 1972EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 22. KOIDE
FÜSIKA * МАТЕМАТИКА. 1973, NR. 1ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 22
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1973, № 1<https://doi.org/10.3176/phys.math.1973.1.16>

УДК 535.33

Б. СОРКИН, А. СААР, М. ЭЛАНГО

 $L_{2,3}$ -СПЕКТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ Cl^- В ХЛОРИДАХB. SORKIN, A. SAAR, M. ELANGO. Cl^- $L_{2,3}$ -KIIRGUSSPEKTRID KLORIIDIDESB. SORKIN, A. SAAR, M. ELANGO. Cl^- $L_{2,3}$ EMISSION SPECTRA IN CHLORIDES

Рентгеновская эмиссионная спектроскопия является одним из основных методов получения информации о структуре заполненных зон в твердых телах. С целью получения информации о распределении $3s$ - и $2p$ -электронов Cl^- в ионных кристаллах нами исследовались $L_{2,3}$ -спектры излучения Cl^- (переход $3s \rightarrow 2p$) в соединениях $LiCl$, $NaCl$, KCl , $RbCl$, $CsCl$, $CaCl_2$, $SrCl_2$, $CuCl_2$ и $PbCl_2$. Для сравнения был измерен $L_{2,3}$ -спектр излучения K^+ в KCl .

Измерения проводились при помощи рентгеновского спектрометра-монохроматора РСМ-500 [1]. Объекты исследования в виде порошков втирались в рифленые медные пластинки и находились в позиции анода рентгеновской трубки, работающей в режиме 2 кв , $5\text{--}15\text{ ма}$ при давлении $5 \cdot 10^{-6}\text{ мм. рт. ст.}$ Дифракционная решетка имела 600 штр./мм и радиус кривизны 2 м . Ширина входной и выходной щелей монохроматора составляла 15 мкм , что обеспечивало спектральное разрешение $0,4\text{ эв}$ в интересующей нас области спектра и скорость счета в типичных условиях около 100 имп./сек. Излучение регистрировалось при помощи проточного пропорционального счетчика с аргон-метановым наполнением вместе с обычной радиометрической аппаратурой [2]. Для гра-

дуировки монохроматора использовались следующие линии излучения, значения энергии которых указаны в скобках) взяты из таблиц [3]: $CK \rightarrow L$ (277 эв); $WN_4 \rightarrow N_6$ (222,1 эв); $WN_5 \rightarrow N_7$ (212,2 эв); $MoM_{4,5} \rightarrow N_{2,3}$ (192,6 эв).

Измеренные спектры приведены на рис. 1. Во всех спектрах четко выделяются две полосы с максимумами при 182,2 и 183,8 эв соответственно (отклонения от среднего значения находятся в пределах $\pm 0,15$ эв) в случае Cl^- и при 259,1 и 261,9 эв в случае K^+ . Сравнение со спектрами кинетической энергии рентгеновских фотоэлектронов [4] не оставляет сомнений в том, что эти полосы обусловлены излучательными переходами электронов 3s-оболочки в расщепленную вследствие

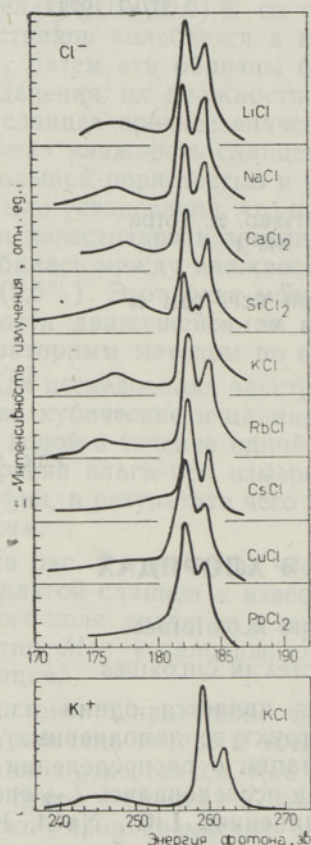


Рис. 1

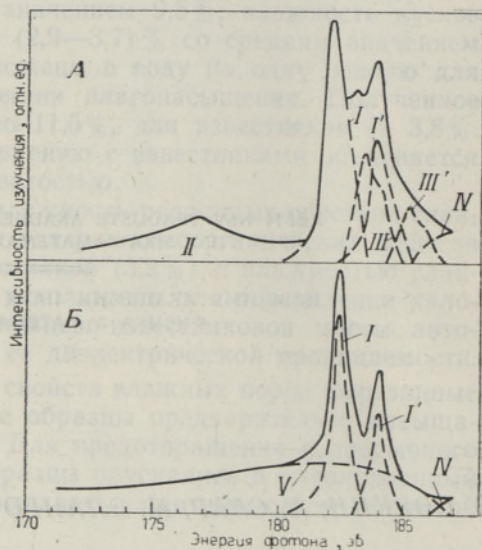


Рис. 2

спин-орбитального взаимодействия 2p-оболочку (переходы $^3P_{3/2, 1/2} \rightarrow ^2S_{1/2}$). Энергетические интервалы между максимумами этих полос в спектрах Cl^- ($1,60 \pm 0,07$ эв) и K^+ (2,8 эв) соответствуют энергиям расщепления 2p-оболочки Cl^- и K^+ .

По своему виду все измеренные спектры могут быть разделены на два типа (рис. 2).

Тип А — Cl^- -спектры KCl (рис. 2, А), $LiCl$, $NaCl$, $CaCl_2$, $SrCl_2$, $RbCl$, K^+ -спектр KCl — характеризуется хорошо выделенным максимумом в области 177 эв и более или менее четко выраженным максимумом между двумя главными максимумами. В спектрах можно выделить несколько компонентов. Главный компонент I и его спин-орбитальный партнер I' выбраны такими, чтобы их вид был похож на функцию плотности 3s-состояний Cl^- , вычисленную теоретически для $LiCl$ и $NaCl$ [5], а отношение интенсивностей соответствовало бы нормальному отношению (2:1) чисел электронов на $p_{3/2}$ и $p_{1/2}$ -подоболочках.

После этого в спектре выделены низкоэнергетическая полоса *II*, полоса *III* со спин-орбитальным партнером *III'* (отсутствует в K^+ -спектре KCl) и высокоэнергетический хвост *IV*.

Тип *B* — Cl^- -спектры $CsCl$ (рис. 2, *B*), $CuCl_2$ и $PbCl_2$ — характеризуется длинным низкоэнергетическим хвостом без максимума. Остается впечатление, что спектр состоит из главных полос *I* и *I'*, наложенных на широкую бесструктурную полосу *V*. Заметен также высокоэнергетический хвост *IV*.

Сателлит *II* обусловлен, по-видимому, конфигурационным взаимодействием состояний $3s3p^62S$, $3s^23p^4ns^2S$ и $3s^23p^4nd^2S$ [6]. Аналогичные сателлиты обнаружены и в спектрах рентгеновских фотоэлектронов некоторых щелочногалогенидных соединений [7]. Они соответствуют процессу, в котором один $3p$ -электрон заполняет $2p$ -дырку, а другой $3p$ -электрон для сохранения углового момента переходит в $3d$ - или $4s$ -состояние того же иона.

Природу сателлита *III* трудно объяснить на основе такой простой атомной картины. Возможно, что она обусловлена аналогичным процессом, как и сателлит *II*, с переходом другого электрона в s - или d -подобное состояние около дна зоны проводимости. Интересно, что в ряду $LiCl \rightarrow CaCl_2 \rightarrow RbCl \rightarrow SrCl_2 \rightarrow NaCl \rightarrow KCl$ этот сателлит приближается к основной полосе и его относительная интенсивность растет.

Сателлит *IV* обусловлен, по всей вероятности, переходами $3s \rightarrow 2p$ в дважды ионизованных ионах Cl^- и K^+ .

Трудно указать причину появления сателлита *V*. Возможно, что он обусловлен такими же процессами, как и сателлиты *II* и *III*, причем отдельные полосы расщеплены кристаллическим полем соединений типа *B* и слиты в одну бесструктурную полосу.

Для более однозначной интерпретации структуры спектров необходимы дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования.

Авторы благодарны Г. С. Завту за обсуждение некоторых аспектов этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукирский А. П., Брытов И. А., Комяк И. И., В сб.: Аппаратура и методы рентгеновского анализа, вып. 2, Л., 1967, с. 4.
2. Саар А. М.-Э., Гришаков Ф. П., Эланго М. А., Тр. ИФА АН ЭССР, № 40, 111 (1972).
3. Bearden J. A., Rev. Mod. Phys., 39, 78 (1967).
4. Эланго М. А., Тр. ИФА АН ЭССР, № 38, 28 (1970).
5. Kunz A. B., Phys. Rev., B2, 5015 (1970); Lipari N. O., Kunz A. B., Phys. Rev., B3, 491 (1971).
6. Cooper J. W., LaVilla R. E., Phys. Rev. Lett., 25, 1745 (1970).
7. Wertheim G. K., Rosencwaig A., Phys. Rev. Lett., 26, 1179 (1971); Thomas J. M., Adams I., Barber M., Solid State Comm., 9, 1571 (1971).

Институт физики и астрономии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
5/VII 1972