

Из выражений (11) следует, что характеристические направления сохраняют свои свойства при просвечивании фотоупругой модели в обратном направлении; первичные характеристические направления превращаются лишь во вторичные и наоборот. Характеристическая разность фаз не зависит от направления просвечивания системы.

Отсюда следует, что если характеристические величины экспериментально определены при просвечивании объемной фотоупругой модели или дискретной унитарной оптической системы в одном направлении, то просвечивание в обратном направлении не может увеличить информацию о параметрах системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абен Х. К., Изв АН СССР, Механика и машиностроение, № 4, 40 (1964).
2. Гантмахер Ф. Р., Теория матриц, М., 1953.
3. Jones R. C., J. Opt. Soc. Am., 31, 488 (1941).

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
28/X 1968

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. XVIII KÕIDE
FÜSIKA * МАТЕМАТИКА. 1969, NR. 1

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ XVIII
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1969, № 1

<https://doi.org/10.3176/phys.math.1969.1.18>

P. AVARMAA, L. REBANE

СТРУКТУРА БЕСФОНОННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ ПОГЛОЩЕНИЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ИОНА NO_2^- В КРИСТАЛЛАХ ГАЛОГЕНИДОВ КАЛИЯ

R. AVARMAA, L. REBANE. IOONI NO_2^- NEELDUMIS. JA LUMINESTSENTSISPEKTRITE
FOONONIVABADE JOONTE STRUKTUUR KAALIUMHALOGENIIDKRISTALLIDES

R. AVARMAA, L. REBANE. ZERO-PHONON LINE STRUCTURE IN ABSORPTION AND
LUMINESCENCE SPECTRA OF NO_2^- ION IN POTASSIUM HALIDE CRYSTALS

В предыдущих работах [1-3] приведены оптические спектры поглощения и люминесценции кристаллов KCl, KBr и KJ с примесью молекулярных ионов NO_2^- и дан анализ вибронной структуры этих спектров как обусловленной взаимодействием электронного перехода в ионе NO_2^- с полносимметричными валентным (ν_1) и деформационным (ν_2) колебаниями молекулы (бесфононные квазилинии) и с колебаниями кристаллооснования вблизи примеси (фононные крылья). В работе [2] отмечалось расщепление некоторых бесфононных линий в спектрах поглощения. Здесь приведены результаты исследования структуры бесфононных линий в спектрах поглощения NO_2^- в кристаллах KCl, KBr и KJ и в спектре люминесценции кристалла KCl- NO_2^- .

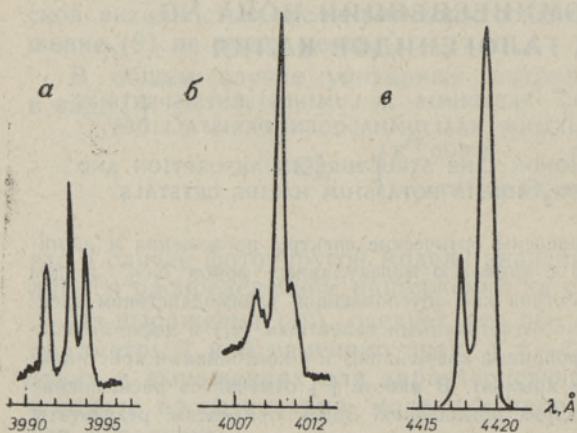
Спектры поглощения фотографировались на спектрографе КС-55 со стеклянной оптикой. Дисперсия в области 4000 Å позволяла разрешать линии в спектре железа с интервалом 0,95 см⁻¹. Спектр люминесценции

| Колебательные квантовые числа | | Длины волн и волновые числа бесфононных линий в спектрах поглощения NO_2^- -центра в кристаллах | | |
|-------------------------------|-------|--|--------------|-----------------------------|
| n_1 | n_2 | KCl | KBr | KJ |
| 0 | 0 | 3992,9 | 4009,8 | 4009,8 |
| | | 25037,2 | 24931,9 | 24932 |
| | | -7 +10 | -8 -5 +8 +11 | +17 |
| 0 | 1 | 3899,7 | 3916,3 | 3915,0 |
| | | 25635,7 | 25527 | 25536 |
| | | -21 -7 +10 +19 | -8 -6 +7 +10 | +18 |
| 1 | 0 | 3836,1 | 3853,5 | 3855,7 |
| | | 26060,8 | 25943,4 | 25929 |
| | | -6 +4 +17 +25 | +19 | |
| 0 | 2 | 3811,0 | | 3824,7 |
| | | 26232,3 | | 26139 |
| | | -19 -7 +11 | | +17 |
| 1 | 1 | 3751,3 | 3768,7 | 3769,0 |
| | | 26650,0 | 26527,2 | 26525 |
| | | -6 +17 +22 | +19 | +17 |
| 0 | 3 | 3726,4 | | |
| | | 26827,6 | | |
| | | -7 +11 | | |
| 2 | 1 | 3608,3 | 3625,9 | $\lambda, \text{Å}$ |
| | | 27706,1 | 27571 | ν, cm^{-1} |
| | | -6 +11 | | $\Delta\nu, \text{cm}^{-1}$ |

регистрировался фотоэлектрически на спектрофотометре ДФС-12 с оптической шириной щели $1,7 \text{ см}^{-1}$. Образцы помещались в сосуд Дьюара с жидким гелием и имели температуру $4,2^\circ \text{K}$.

В таблице приведены частоты всех зарегистрированных компонентов бесфононных линий. Квантовые числа бесфононных линий по колебаниям ν_1 и ν_2 определяются значениями n_1 и n_2 . В каждой группе для наиболее интенсивного компонента указано положение линии; для остальных компонентов указаны знак и величина смещения.

Бесфононные линии во всех трех основаниях представляют собой группы довольно узких линий. Самые узкие линии составляют группу (0, 0) в спектре поглощения KCl-NO_2^- . Эта группа состоит из трех линий с интервалами 7 и 10 см^{-1} . Ширина линий около 2 см^{-1} . Бесфононные линии, соответствующие возбуждению колебания ν_2 , повторяют эту структуру, но начиная с $n_2 = 3$ линии становятся сильно диффузными, достигая ширины около 10 см^{-1} . По сравнению с этой серией бесфононные линии, соответствующие возбуждению колебания ν_1 (группы (1, 0); (1, 1)), имеют существенно иную структуру.



Структура бесфононных линий спектров NO_2^- -центра при $4,2^\circ \text{K}$:

a — микрофотограмма спектра поглощения группы (0, 0) в KCl; *b* — то же в KBr; *v* — фотоэлектрическая запись группы (0, 3) спектра люминесценции KCl-NO_2^- .

На рисунке приведены микрофотограммы с участков спектра поглощения, содержащих группы (0, 0) в

кристалле KCl (*a*) и KBr (*b*), а также группа (0, 3) спектра люминесценции NO_2^- в кристалле KCl. В кристалле KBr наблюдается структура, сходная с таковой в KCl, но линии ее несколько уширены. Качественно иная картина в кристалле KJ, где в каждой группе есть одна интенсивная и довольно диффузная (даже в группе (0, 0)) линия и только один слабый коротковолновый спутник на расстоянии 17 см^{-1} . Кроме того, в области квазисплошного фонного крыла наблюдались узкие максимумы с $\Delta\nu = 40 \text{ см}^{-1}$ в кристалле KBr и с $\Delta\nu = 71$ и 137 см^{-1} в кристалле KJ.

В спектре люминесценции кристалла KCl- NO_2^- бесфонные линии в серии $n_1 = 0, n_2 = 1, \dots, 6$ состоят из двух компонентов с интервалом 8 см^{-1} и полушириной компонентов около 5 см^{-1} [3]. Как величина расщепления, так и полуширины линий не обнаруживают заметной зависимости от номера группы. Отношение интенсивностей компонентов, равное 1 : 0,36, также не зависит от n_2 .

Обсуждение результатов

Полосы поглощения и люминесценции иона NO_2^- можно приписать сопряженным переходам ${}^1B_2 \leftrightarrow {}^1A_1$ [4, 5]. Другие возбужденные состояния иона значительно отдалены от 1B_2 [6], поэтому мало вероятно, чтобы описанная выше структура бесфонных линий была обусловлена электронным расщеплением.

Наиболее вероятным представляется учет вращательного и либрационного движения примесного иона NO_2^- . Молекулярный ион NO_2^- имеет в невозбужденном состоянии следующие вращательные постоянные: $A = 4,2 \text{ см}^{-1}$ для вращения вокруг оси *a*, параллельной линии, соединяющей атомы кислорода; $B = 0,45 \text{ см}^{-1}$ вокруг оси *b*, совпадающей с осью C_2 молекулы; $C = 0,43 \text{ см}^{-1}$ вокруг оси *c* [7]. В кристалле ось *b* направлена вдоль $\langle 110 \rangle$ и ось *a* вдоль $\langle 001 \rangle$ [7, 8]. Влияние поля кристалла приводит к затормаживанию вращения и к появлению либраций.

Исследование инфракрасных спектров поглощения молекулы NO_2^- в кристаллах галогенидов калия показало, что полосы поглощения, соответствующие колебаниям молекулы, имеют структуру, которая удовлетворительно интерпретируется на основе модели Девоншира [9]. В работах [7, 8] показано, что вращение молекулы в кристаллах вокруг осей *b* и *c* при гелиевых температурах заторможено, в то время как вращение вокруг оси *a* лишь слабо заторможено в кристаллах KCl и KBr и сильно заторможено в кристалле KJ.

Вращательная структура вибронных полос, возникающих при электронно-колебательно-вращательном переходе, должна отличаться от вращательной структуры колебательных полос. В нашем случае три основных компонента с интервалами около 7 и 10 см^{-1} , наблюдаемые в основных кристаллах KCl и KBr, могут быть интерпретированы как взаимодействие электронного перехода ${}^1B_2 \leftarrow {}^1A_1$ со слабо заторможенным вращением вокруг оси *a*. Бедность структуры в KJ объясняется сильной заторможенностью вращения NO_2^- в этой системе. Некоторые компоненты структуры бесфонных линий могут быть обусловлены также либрацией NO_2^- вокруг оси *b*. При интерпретации структуры нельзя исключить возможной роли неоднородного состава центров в кристалле.

Наблюдавшееся в спектре поглощения KCl- NO_2^- уширение линий в серии (0, n_2), начиная с $n_2 = 3$, можно связать с зависимостью кванто-

вого выхода люминесценции от частоты возбуждающего света [10], считая причиной уширения большую вероятность безызлучательных переходов, начиная с $n_2 = 3$.

В заключение авторы выражают благодарность К. Ребане за внимание к работе и ее плодотворное обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Timusk T., Staude W., Phys. Rev. Lett., **13**, 373 (1964).
2. Авармаа Р., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., **17**, № 1, 78 (1968).
3. Ребане Л. А., Авармаа Р. А., Материалы XVII совещания по люминесценции, Иркутск, 1968.
4. Sidman J. W., J. Am. Chem. Soc., **79**, 2669 (1957).
5. Кулюпин Ю. А., Диссертация, ИФ АН УССР, Киев, 1963.
6. McEwen K. L., J. Chem. Phys., **34**, 547 (1961).
7. Narayanamurti V., Seward W. D., Pohl R. O., Phys. Rev., **148**, 481 (1966).
8. Sauer P., Z. Physik, **199**, 270 (1967).
9. Devonshire A. F., Proc. Roy. Soc. (London), **A153**, 601 (1936).
10. Ребане Л., Авармаа Р., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., **17**, № 1, 120 (1968).

Институт физики и астрономии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
5/XI 1968

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. XVIII KÕIDE
FÜSIKA * МАТЕМАТИКА. 1969, NR. 1

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ XVIII
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1969, № 1

Э. ТАММЕТ

О ПОЛЯРИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ ТРЕХ ЧАСТИЦ (μ -МЕЗОАТОМ)

E. TAMMET. POLARISATSIOONIST KOLME OSAKESE SÜSTEEMIS (μ -MESOAAATOM)

E. TAMMET. ABOUT THE POLARIZATION IN THE THREE-PARTICLE SYSTEM (μ -MESIC ATOM)

Согласно теории [1-3], поляризация μ -мезона в мезоатоме со спином ядра $1/2$ составляет 50% от начальной поляризации, фиксируемой в момент поступления μ -мезона на K -оболочку. Магнитное взаимодействие μ -мезона и ядра с электронной оболочкой при этом не учитывается. Цель настоящей работы — оценить эффект этого взаимодействия.

Рассмотрим систему трех первоначально свободных частиц. В момент $t = 0$ включается взаимодействие, оператор которого имеет вид

$$\hat{H} = A s \vec{I} + B s \vec{\sigma} + G \sigma \vec{I}, \quad (1)$$

где A , B , G — постоянные сверхтонкого взаимодействия, а I , σ и s — спины частиц.

Предполагаем, что время жизни системы $\tau \gg \hbar / (A + B + G)$.

Для простоты будем решать только частную задачу, когда спин каждой частицы $1/2$ и вначале поляризована только одна частица.